

МОСКАЛЕНКО О. В., ЦИГАНКОВ С. А.

**НУТРИЦІОЛОГІЯ
ТА БРОМАТОЛОГІЯ**

Навчальний посібник

Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя

МОСКАЛЕНКО О. В., ЦИГАНКОВ С. А.

НУТРИЦІОЛОГІЯ ТА БРОМАТОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Ніжин – 2022

УДК 615.322(075.8)

М81

Рекомендовано Вченою радою
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
(НДУ ім. М. Гоголя)
Протокол № 13 від 03.06.2022 р.

Рецензенти:

Демченко А. М. – доктор фармацевтичних наук, професор кафедри хімії та фармації Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя;

Семеніхін А. В. – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедрою агрономії відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Москаленко О. В., Циганков С. А.

М81 Нутріціологія та броматологія: навч. посібн. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2022. 195 с.

Навчальний посібник розроблений на основі загальних положень що хімічного складу будови та біологічного значення продуктів харчування, їх переробки, зберігання з метою максимального збереження харчової цінності. У посібнику розкрито вплив мікро- та макронутрієнтів на формування харчової цінності продуктів.

Навчальний посібник призначений для студентів закладів вищої освіти, що навчаються за хімічним та фармацевтичним напрямком, а також може бути корисним для викладачів та вчителів хімії різнорівневих закладів освіти з поглибленим вивченням хімічних дисциплін.

УДК 615.322(075.8)

© НДУ ім. М. Гоголя, 2022

© Москаленко О. В., Циганков С. А., 2022

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ I. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	
1.1. Основні харчові речовини.....	7
1.2. Аліментарні	7
1.3. Неаліментарні сполуки.....	8
1.4. Основні напрямки харчової хімії	9
РОЗДІЛ II. БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКІВ	
2.1. Амінокислоти.....	15
2.2. Номенклатура амінокислот	17
2.3. Функції амінокислот в організмі	23
2.4. Високомолекулярні субстанції. Біополімери	27
2.5. Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків	32
2.6. Білки у харчуванні людини	36
РОЗДІЛ III. ХІМІЯ ОСНОВНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	
3.1. Хімія м'яса.....	40
3.1.1. Значення м'ясних страв у харчуванні	42
3.2. Хімія молока.....	47
3.2.1. Загальні характеристики молока	47
3.2.2. Властивості коров'ячого молока	50
3.2.2.1. Фізико-хімічні властивості молока	50
3.2.2.2. Зміна хімічного складу і властивостей молока під впливом різних чинників	52
3.2.2.3. Біохімічні і фізико-хімічні зміни молока.....	54
3.2.3. Фізико-хімічні процеси при виробленні морозива.....	56
3.3. Хімія хліба та зерна.	58
РОЗДІЛ IV. ХАРЧОВІ ДОБАВКИ	
4.1. Загальна характеристика харчових добавок	65
4.2. Харчові добавки, заборонені до застосування в Україні.....	69
4.3. Харчові барвники.....	71
4.3.1. Натуральні (природні) барвники	72
4.3.2. Синтетичні барвники.....	83
4.3.3. Мінеральні (неорганічні) барвники	87
4.3.4. Добавки, які коректують колір.....	89
4.4. Речовини, які змінюють структуру та фізико-хімічні властивості харчових продуктів.....	91
4.4.1. Загусники і гелеутворювачі	91
4.4.1.1. Модифіковані крохмалі	92
4.4.1.2. Целюлоза та її похідні.....	97
4.4.1.3. Пектини	99

4.4.1.4. Галактоманнани.....	101
4.4.1.5. Полісахариди морських рослин.....	102
4.4.1.6. Желатин.....	107
4.4.2. Емульгатори.....	109
4.4.2.1. Класифікація емульгаторів.....	109
4.4.3. Основні групи харчових ПАР.....	113
4.5. Ароматичні та харчові добавки.....	122
4.5.1. Підсолоджуючі речовини.....	123
4.5.2. Цукристі крохмалепродукти.....	124
4.5.3. Цукрозамінники та підсолоджувачі.....	125
4.6. Ароматизатори.....	135
4.6.1. Ефірні олії та запашні речовини.....	138
4.6.2. Харчові ароматизатори, ідентичні до натуральних.....	140
4.6.3. Прянощі та приправи.....	143
4.6.4. Підсилювачі смаку та аромату.....	150

РОЗДІЛ V. ВІТАМІНИ ТА МІКРОЕЛЕМЕНТИ

5.1. Вітаміни та вітаміноподібні речовини.....	157
5.1.1. Жиророзчинні вітаміни.....	157
5.1.2. Взаємодія жиророзчинних вітамінів А, D, Е і К.....	162
5.1.3. Водорозчинні вітаміни.....	163
5.1.4. Вітаміноподібні речовини.....	171
5.2. Мінеральні речовини.....	178
5.2.1. Макроелементи.....	178
5.2.2. Мікроелементи.....	186

Вступ

Метою викладання курсу “Нутріціологія та броматологія” є формування сучасних наукових уявлень про харчування людини, які є найважливішими досягненнями харчової хімії, закріплення у свідомості студентів необхідності забезпечення збалансованим економічно рентабельним харчуванням усіх груп населення.

Вивчення курсу надає можливість студентам набути необхідного рівня теоретичної та практичної підготовки для використання у майбутній практичній діяльності знань щодо хімічної природи основних речовин, що входять до складу живих організмів, а також ознайомитися з хімічними перетвореннями білків, вуглеводів, ліпідів, мінеральних елементів у процесі життєдіяльності людини, із роллю вітамінів та ферментів у цих процесах, принципами здорового способу життя та методами раціонального харчування.

Вивчення курсу “Нутріціологія та броматологія” дасть змогу підготувати майбутнього фахівця, який повинен володіти знаннями про хімічний склад харчової сировини, а також про хімічні та біохімічні перетворення, які відбуваються при зберіганні та використанні продуктів харчування, до вирішення основної задачі – забезпечення населення продукцією, що відповідає за складом потребам організму в харчових речовинах та захисних компонентах.

Одним з найважливіших і складніших завдань є забезпечення населення земної кулі продуктами харчування. Будучи одним з найважливіших чинників навколишнього середовища, харчування з моменту народження до найостаннішого дня життя людини впливає на його організм. Інгрєдєнти харчових речовин, поступаючи в організм людини з їжею і перетворюючись в ході метаболізму в результаті складних біохімічних перетворень на структурні елементи, забезпечують наш організм пластичним матеріалом і енергією, створюють необхідну фізіологічну і розумову працездатність, визначають здоров'я, активність і тривалість життя людини, його здібність до відтворення. Тому стан харчування, є одним з найважливіших чинників, що визначають здоров'я нації.

Продукти харчування повинні не лише задовольняти потреби людини в харчових речовинах і енергії, але і виконувати профілактичні і лікувальні функції.

У більшості населення України, за даними Інституту харчування, виявлені порушення повноцінного харчування, обумовлені як недостатнім споживанням харчових речовин, так і порушенням харчового статусу населення України, в першу чергу нестачею вітамінів, макро- і мікроелементів, повноцінних білків, і нераціональним їх співвідношенням. Найважливіші порушення харчового статусу населення України - надмірне споживання тваринних жирів;

- дефіцит полиненасященних жирних кислот;
- дефіцит повноцінних (тварин) білків;
- дефіцит вітамінів (аскорбінової кислоти, рибофлавіну (В₂), тіаміну, фолиевой кислоти, ретинолу (А) і (β-каротина, токоферола і інших);
- дефіцит мінеральних речовин (кальцію, заліза);
- дефіцит мікроелементів (селену, цинку, йоду, фтору);
- дефіцит харчових волокон.

Негативний вплив робить споживання неякісних, фальсифікованих і небезпечних для здоров'я людини продуктів. На усунення цих недоліків і направлений Закон України "Про захист прав споживачів" від 12 травня 1991 р.; Закон України "Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини" від 23 грудня 1997 р.

РОЗДІЛ I. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

1.1. Основні харчові речовини.

Основні харчові речовини (нутриєнти) – це білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни і вода. Ці харчові речовини називають *живильними*, враховуючи їх провідне значення в життєдіяльності організму і відокремивши від натуральних речовин, що входять до складу продуктів, – смакових, ароматичних, фарбувальних тощо.

До незамінних *харчових речовин*, які не утворюються в організмі або утворюються в недостатній кількості, відносяться білки, деякі жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини і вода. До замінних *харчових речовин відносять* жири і вуглеводи. Надходження з їжею незамінних харчових речовин є обов'язковим. Потрібні в харчуванні і замінні харчові речовини, оскільки при недоліку останніх на їх утворенні в організмі витрачаються інші харчові речовини, порушуються обмінні процеси. Харчові волокна, що складаються з клітковини, пектинів і інших речовин, майже не засвоюються організмом, проте вони потрібні для нормальної діяльності органів травлення і всього організму. Тому харчові волокна є необхідною складовою частиною харчування. Тривалий час харчові речовини поділяли на дві групи: макронутрієнти (білки, жири, вуглеводи) і мікронутрієнти (вітаміни, макро та мікроелементи). Саме ці класи нутрієнтів багато років були предметом досліджень нутриціологів і дієтологів, які займалися питаннями раціонального та лікувально-профілактичного харчування.

Останнім часом встановлено факт існування невідомих раніше факторів їжі, так званих **мінорних нехарчових біологічно активних компонентів**, які покращують якість життя і знижують ризик розвитку багатьох захворювань. Це дозволило обґрунтувати необхідність розширення переліку якщо не есенціальних, то, принаймні, бажаних факторів їжі – біофлавоноїдів, індолів, фітостеролів, ізотіоціанатів тощо. Основним джерелом таких речовин є рослинна їжа – культивовані та дикі рослини.

1.2. Аліментарні¹

Макронутрієнти (від *лат.* - харчування) – клас головних харчових речовин, які є джерелом енергії та структурних матеріалів, присутні в їжі у відносно більшій кількості (від 1 г)

- Вуглеводи
- Ліпіди
- Білки

Мікронутрієнти – клас головних харчових речовин, що виявляють біологічні ефекти на різні функції організму; містяться як правило в невеликих кількостях:

- Вітаміни
- Вітаміноподібні речовини
- Мінеральні речовини
- Полі ненасичені жирні кислоти
- Олігосахариди

¹ Аліментарні – (від англ. - харчовий)

- Фосфоліпіди
- Деякі амінокислоти.
- Парафармацевти²

1.3. Неаліментарні сполуки

1. Технологічні добавки (ХД, БАД)
2. Отруйні речовини харчові волокна
3. Ферменти
4. Пробіотики (еубіотики) – хд мікробного та немікробного походження, які позитивно впливають на організм людини через регуляцію мікрофлори кишечнику.

Представники кожного класу мають характеризуються певним хімічним складом, особливостями фізіологічної дії та рівнем вмісту в харчових продуктах.

Нутріціологія (греч. Nutritio - харчування) – наука про харчування, що вирішує питання дослідження харчових речовин і компонентів, що містяться в продуктах харчування, правила, закони взаємодії їжі, вплив її на організм. Мета нутріціології вивчити закони впливу їжі і процесу споживання на здоров'ї людини, знайти шляхи легкого засвоєння їжі, переробки, утилізації і виведення з організму. А також дослідження мотиви вибору їжі людиною і механізми впливу цього вибору на його здоров'ї.

Нутріцевтики – це есенціальні біологічно активні речовини, які застосовуються для корекції хімічного складу раціону людини.

Парафармацевтики – біологічно активні речовини, які володіють певною фармакологічною активністю та застосовуються для підтримки у фізіологічних межах функціональної активності органів та систем, профілактики патологічних станів та допоміжної терапії.

Еубіотики (пробіотики) – біологічно активні добавки, які містять живі мікроорганізми та нормалізують мікрофлору кишківника

Згідно Закону України “Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини” до біологічно-активних харчових добавок належать речовини і їх суміші, які використовують з метою надання раціону харчування лікувальних або лікувально-профілактичних властивостей. БАД до харчових раціонів є насамперед концентратами біологічно активних речовин, які отримують з натуральних продуктів або синтезують хімічним шляхом і біотехнологічними засобами. При вживанні БАД необхідно враховувати, що їх доцільно призначати на фоні відповідного харчового раціону, оскільки вони не замінюють продукти харчування, а лише доповнює її. Вони не можуть замінити ліки, але є чудовим допоміжним засобом дієтотерапії. Біологічно активні добавки до їжі поділяють на дві основні групи: нутріцевтики і парафармацевтики.

Нутріцевтики – природні інгредієнти їжі, використання яких дозволяє:

- а) ліквідувати дефіцит незамінних харчових речовин;
- б) індивідуалізувати харчування конкретної людини в залежності від його потреб;

² Парафармацевти – речовини їжі, які мають фармакологічну дію (глікозиди, алкалоїди, ефірні олії, орг.кислоти та ін.)

- в) задовільнити фізіологічні потреби в харчових речовинах хворої людини;
- г) обминути пошкоджений патологією ланцюг метаболічного конвеєру;
- д) підвищити за рахунок посилення елементів ферментного захисту клітини стійкість організму до впливу шкідливих факторів навколишнього середовища;
- е) посилити і прискорити зв'язування і виведення токсичних і ксенобіотиків з організму;

ж) спрямовано змінювати обмін окремих речовин, зокрема, токсинів. *Парафармацевтики* - мінорні компоненти їжі – органічні кислоти, біофлавоноїди, біогенні аміни, регуляторні пептиди, деякі олігосахариди та ін. Введення парафармацевтиків в аліментарні програми забезпечує:

- а) необхідне спрямування змін метаболізму окремих речовин, зокрема, токсикантів;
- б) підвищення неспецифічної резистентності організму до дії екзогенних ризик-факторів (адаптогенний ефект);
- в) реалізацію механізму немедикаментозного шляху регулювання і підтримки функцій

Пробіотики – живі або ферментовані (культивовані) мікроорганізми або продукти, які виконують сприятливу дію на здоров'я людини, в більшій кількості вони реалізуються в шлунково-кишковому тракті (ШКТ). Більшість фахівців відносять до бактерій-пробіотиків в основному так звані еубіотики (представники нормальної мікрофлори кишечника і інших порожнин організму). Разом з тим, є достатньо фактичних доказів, які доводять наявність пробіотичних властивостей у молочно-кислих паличок і коків, які не зустрічаються в кишечнику людини, а також інших мікроорганізмів - бактерій, дріжджів і грибів, в тому числі вищих.

Позитивна дія пробіотиків на організм людини міститься в реалізації наступних ефектів:

- а) колонізація ШКТ пробіотичними мікроорганізмами, які виявляють антагонізм у відношенні потенційно-патогенних і патогенних бактерій, вірусів, грибів і дріжджів;
- б) покращення порушеного балансу мікроорганізмів в кишечнику і припинення дисбактеріозів і дисбіозів у цілому;
- в) корисна метаболічна активність - продукція вітамінів К, біотину, ніаціну, піридоксину і фолієвої кислоти; гідроліз жовчних солей і холестерину, участь у регуляції жіночих статевих гормонів і ін.;
- г) оптимізація травлення і нормалізація моторної функції кишечника; д) детоксикація організму.

Пребіотики – речовини, які добре впливають на організм шляхом активізації метаболізму корисних представників кишкової мікрофлори, т.ч. пребіотики можна назвати стимуляторами пробіотиків.

1.4. Основні напрямки харчової хімії

Вирішення всіх перерахованих питань вимагає знання методів дослідження харчової сировини і готових продуктів. Ця наука передбачає як розробку нових принципів і методів аналізу харчових систем, так і встановлення будови окремих

компонентів, їх функцій і взаємозв'язку з іншими компонентами. Окрім цього, харчова хімія приділяє особливу увагу аналізу шкідливих і сторонніх речовин в сировині, напівфабрикатах і готових продуктах.

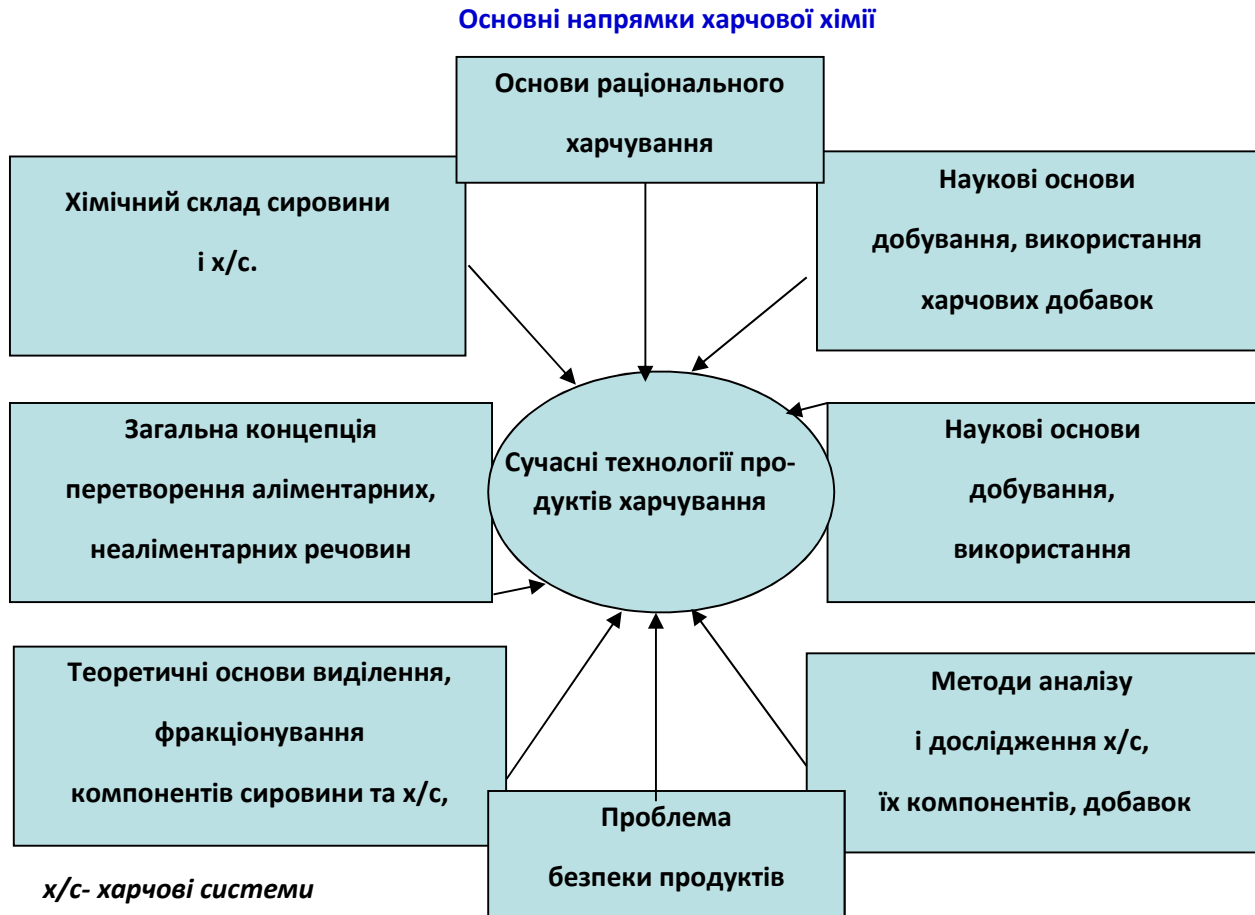


Рис. 1.2. Схема основних напрямків харчової хімії.

Харчова хімія ґрунтується на досягненнях фундаментальних дисциплін, науки про харчування і найтіснішим чином взаємодіє з біотехнологією, мікробіологією, широко використовує в своїй практиці різноманітні методи дослідження. В даний час це галузь знань, що бурхливо розвивається. У максимально укрупненому вигляді всі перераховані вище основні напрями, що входять в область харчової хімії і націлені на створення сучасних технологій продуктів харчування, приведені на рис. 1.2.

Перший напрям присвячений вивченню хімічного складу харчових систем (сировина, напівпродукти, готові продукти), їх повноцінності і екологічній безпеці. Вагомий успіх в цій галузі - створення таблиць хімічного складу харчової сировини і готових продуктів.

Разом з вивченням змісту основних макро- і мікронутриєнтів, останнім часом більше уваги приділяється харчовим речовинам (28-32 нутрієнти), які організм людини не здатний синтезувати (так звані незамінні чинники харчування): незамінним амінокислотам, їх збалансованості; полиненасиченим жирним кислотам (співвідношення між окремими кислотами); вітамінам; харчовим волокнам, а також змісту сторонніх речовин (шкідливі речовини), що потрапляють в продукти харчування по ланцюгу: поле-сировина-переробка сировини-харчові продукти. Спектр останніх

дуже широкий: важкі метали, пестициди, антибіотики і багато інших, а також джерела радіаційного ураження сировини і готових продуктів. Цим небажаним для організму людини стороннім речовинам приділяється останнім часом особлива увага, так само як і неаліментарним речовинам, що спеціально вносяться, їх безпеці.

Другий напрям присвячений перетворенням макро- і мікронутрієнтів, харчових і біологічно активних добавок, а також сторонніх речовин в технологічному потоці, що забезпечує перетворення сировини на готовий продукт. Ці традиційні дослідження мають широкий спектр. Проте, сьогодні все більше уваги приділяється не лише зміні вмісту окремих компонентів, але і продуктам їх взаємодії між собою, а також продуктам їх деструкції і трансформації, зокрема будові і безпеці сполук, що утворюються при цьому, і комплексів, впливу всіх цих процесів на споживчі властивості харчового продукту (харчову цінність, безпеку, текстуру, смак, аромат тощо). Особлива увага цим об'єктам приділяється при застосуванні нових методів дії на сировину і напівфабрикати (температура, НВЧ, УФ-опромінення, УЗ, ферментні препарати тощо). Це добре демонструють реакції Майяра (реакція меланоїдиноутворення), білок-ліпідна і ліпід-білкова взаємодії, білок-вуглеводна, білок-білкові взаємодії, і білків основної сировини, головним чином, рослинних білків з тваринними білками. Результати цих взаємодій роблять величезний вплив на властивості готових продуктів.

Особливу увагу харчова хімія приділяє розробці загальної концепції перетворень аліментарних і неаліментарних речовин в технологічному процесі. Харчова хімія повинна базуватися на знанні складу, структури і властивостей хімічних компонентів харчових систем, а також на теорії про множинність і неоднозначність хімічних перетворень, що відбуваються під впливом різних чинників (фізичних, хімічних, біохімічних і так далі) при зберіганні і переробці сировини в харчові продукти. Вона вивчає вплив особливостей будови компонентів на їх взаємодію між собою, характер виникаючих зв'язків, механізми утворення стійких сполук і комплексів. Вплив на ці перетворення основних технологічних чинників і вміння управляти цими процесами - один з найбільш важливих напрямів сучасної харчової хімії.

Третій напрям, що розглядається в курсі, присвячений розробці теоретичних основ виділення, фракціонування і модифікації компонентів харчової сировини. Ці прийоми широко використовуються в харчовій технології. Вона включає виділення сахарози і крохмалю з цукор- і крахмальовмісної сировини, ліпідів - з олійної сировини, рослинного білка - з сої і інших джерел. Не дивлячись на значущість цих процесів, на практиці їм не завжди приділяється належна увага, особливо сучасними методами комплексного виділення основних компонентів з харчової сировини, отримання вторинних продуктів, модифікації виділених компонентів. Ці питання харчова хімія розглядає з урахуванням біотехнологічних, фізичних і деяких інших прийомів виділення, фракціонування і модифікації харчових речовин.

Однією із найважливіших проблем сучасної науки про харчування і харчову технологію - розробка наукових основ технології отримання і застосування харчових і біологічно активних добавок (БАД). Харчові добавки можуть бути визначені як група природних або синтетичних речовин, що не вживаються зазвичай як харчові продукти або основні компоненти їжі і що спеціально вводяться в сировину, напівпродукти або готові харчові продукти з метою вдосконалення технології, збереження природ-

них якостей харчових продуктів, поліпшення їх органолептичних властивостей і стабільності при зберіганні. Біологічно активні добавки - природні (ідентичні природним) біологічно активні речовини, призначені для вживання одночасно з їжею або введення до складу харчових продуктів. Харчова хімія приділяє цій проблемі особливу увагу. Робота із створення харчових добавок повинна бути комплексною. Одночасно з пошуком і розробкою технології їх отримання повинні проводитися глибокі медичні дослідження по їх безпеці, а також робота за технологією їх введення в продукти харчування. Внесення біологічно активних добавок повинне узгоджуватися з вимогами медицини.

Найважливіший розділ харчової хімії - розробка методів аналізу і дослідження харчових систем, їх компонентів, харчових і біологічно активних добавок, шкідливих речовин. Це один з важливих розділів харчової хімії, в якому вона тісно взаємодіє з аналітичною, фізичною хімією та іншими областями знань. По суті, розвиток цього напрямку харчовій хімії (ефективність і надійність методів дослідження, їх трудомісткість і так далі) багато в чому визначає результати досліджень і отримані результати всіх попередніх напрямів, а також безпека продуктів харчування.

Харчова хімія – приділяє увагу методам виділення, фракціонування, очищення харчових речовин (білки, жири вуглеводи). Невід’ємною частиною харчової хімії є розділи присвячені харчовим та біологічно активними добавкам, небезпечним речовинам у харчовій сировині та продуктах.

Розв’язання цих питань потребує знання методів дослідження харчової сировини та продуктів. Наука передбачає як розробку нових принципів та методів аналізу харчових систем, так і встановлення будови окремих компонентів, їх функцій та взаємодії з іншими компонентами. Крім того, харчова хімія приділяє особливу увагу аналізу шкідливих речовин в харчовій сировині та продуктах.

Методи: органолептичні, хімічні, фізико-хімічні, фізичні.

Харчування здійснюється за рахунок харчових *продуктів*. Тільки при деяких захворюваннях в організм вводять окремі харчові речовини – амінокислоти, вітаміни, глюкозу і ін. Харчові продукти включають природні, рідше – штучні поєднання харчових речовин.

КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

Класифікація харчових продуктів (за В.І. Смоляром)	
Класи	Призначення
1-й клас	Натуральні (природні або звичайні)
2-й клас	Збагачені або функціональні (білком, амінокислотами, вітамінами, клітковиною, пектином, пробіотиками, пребіотиками тощо)
3-й клас	Дефіцитні (з вилученням окремих харчових речовин: білка (безбілкові), жирів, вуглеводів, енергії (малоенергетичні), амінокислот (дефіцитні у відношенні фенілаланіну) тощо)
4-й клас	Продукти-замінники
5-й клас	Відновлені (шляхом додавання води, окремих інгредієнтів тощо)
6-й клас	Спеціалізовані (продукти дитячого харчування, дієтичні або лікувальні, продукти і напої для спортсменів, космонавтів), БАДи (нутрицевтики і парафармацевтики)

7-й клас	Харчові добавки (для покращення органолептичних показників, консерванти, для покращення або скорочення технологічних процесів; всього близько 30 груп)
----------	--

I клас натуральних продуктів складають продукти в тому вигляді, в якому їх створила природа. До нього відносяться також технологічно оброблені, головним чином, термічно оброблені продукти.

До II класу збагачених продуктів відносяться ті, до яких в процесі технологічної обробки додають компоненти, які підвищують рівень тих чи інших харчових речовин з метою покращення їхнього хімічного складу. Оскільки збагачені харчові продукти використовуються у попередженні або лікуванні харчових недоліків первинного та вторинного походження і, отже, ліквідації порушень обміну і функцій організму, то доцільним їх назвати ще функціональними.

III клас харчових продуктів названий дефіцитними. Продукти цього класу не містять або містять вкрай недостатню кількість однієї або кількох харчових речовин. Дефіцитні продукти можуть бути природного походження або з вилученням окремих харчових речовин: білка, жирів, вуглеводів, амінокислот, кофеїну, алкоголю та ін. і застосовуватися як в оздоровчому, так і в лікувальному харчуванні. До дефіцитних продуктів відносяться кава без кофеїну, пиво без алкоголю, продукти без фенілаланіну, які використовують у харчуванні дітей з фенілкетонурією тощо. Дефіцитні продукти можна створювати також штучно, об'єднуючи кілька харчових модулів.

IV клас харчових продуктів – це продукти-замінники, які виробляються харчовою промисловістю з метою покращення обміну речовин, попередження ускладнень при окремих захворюваннях. Поширеним продуктом-замінником є ячмінна кава, яка виробляється харчовою промисловістю для осіб з серцево-судинними хворобами. Мета споживання ячмінної кави – не допустити підвищення кров'яного тиску.

V клас харчових продуктів стосується відновлених продуктів. Харчова промисловість виробляє широкий асортимент продуктів, позбавлених води або окремих інгредієнтів, які під час приготування страв потребують їх обов'язкового додавання.

До VI класу відноситься велика група спеціалізованих продуктів. Перш за все, це велика група продуктів дитячого харчування (для дітей різного віку), зокрема дитячі адаптовані молочні суміші та ін., а також 7 груп дієтичних продуктів, продукти і напої для спортсменів, космонавтів, тощо. До VI класу доцільно віднести постійно зростаючу групу біологічно активних добавок (нутріцевтиків та парафармацевтиків).

VII клас становлять харчові добавки (близько 30 груп), які все ширше використовують у харчовій промисловості. У кінці XX ст. виробництво харчових добавок стало потужною, постійно зростаючою галуззю багатотоннажного виробництва.

Харчова хімія - дисципліна, значення якої все зростає. Знання основ харчової хімії дасть можливість фахівцям вирішити одне з найважливіших питань сучасності - забезпечення населення планети якісними продуктами харчування. У зв'язку з цим нітрохи не втратила своєї актуальності думка І. П. Павлова, сформульована їм в 1904 р. при врученні йому Нобелівській премії: "...над всіма явищами людському життю панує турбота про насущний хліб".

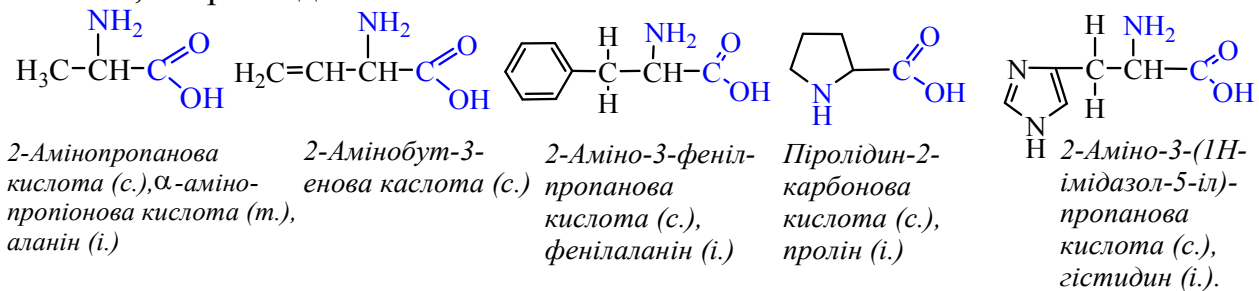
**Запитання для самоконтролю з теми
“ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ”**

1. Назвіть предмет та мету харчової хімії?
2. Як класифікують сучасні продукти харчування?
3. Назвіть історичні етапи розвитку та становлення харчової хімії?
4. Які є основні напрямки харчової хімії?
5. Назвіть основні харчові речовини?
6. В чому полягає харчова цінність продуктів харчування?

РОЗДІЛ II. БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКІВ

2.1. Амінокислоти

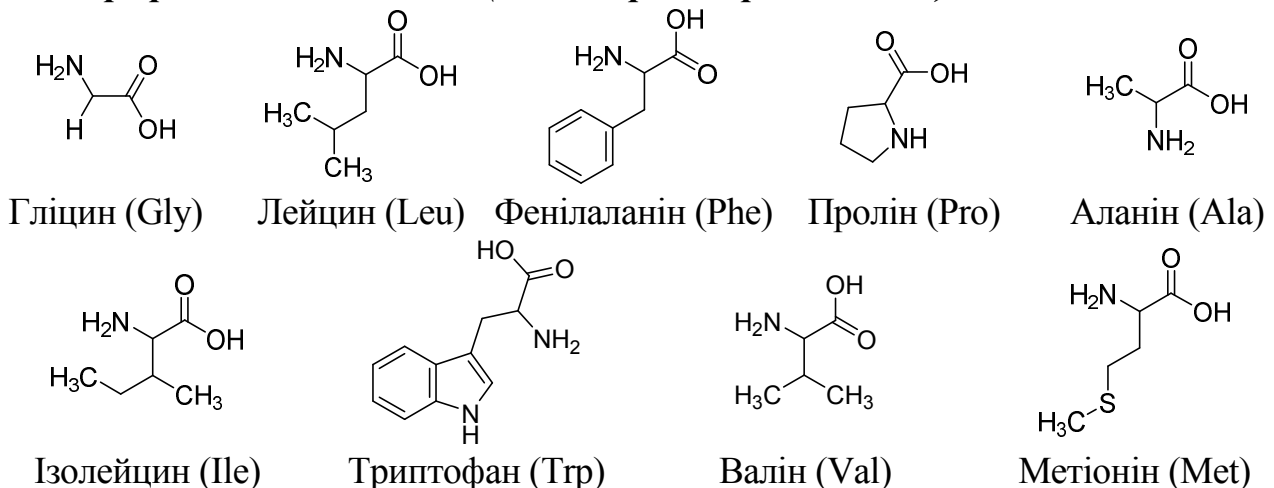
Амінокислоти – органічні біфункціональні сполуки, до складу яких входять дві різні хімічні функціональні групи *аміно*– ($-\text{NH}_2$) та *карбоксильна* ($-\text{COOH}$) групи. Амінокислоти можна розглядати як заміщені карбонові кислоти, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену вуглеводневого радикала замінені аміногрупами. Молекули амінокислот можуть містити дві і більше аміно- або карбоксильні групи. У зв'язку з цим їх класифікують за кількістю функціональних груп на моноаміномонокарбонові, діаміномонокарбонові, моноамінодикарбонові, діамінодикарбонові тощо. За будовою скелету Карбону амінокислоти поділяють на ациклічні (насичені та ненасичені) і циклічні (ароматичні та гетероциклічні), а залежно від взаємного розміщення аміної і карбоксильної груп розрізняють α -, β -, γ -, δ -і т. д. амінокислоти, наприклад:



За будовою амінокислоти, що входять до складу білка, поділяють на *ациклічні* або *амінокислоти жирного ряду* (аланін, валін, лейцин, ізолейцин, пролін, гліцин), *ароматичні* (феніلالанін, тирозин, триптофан), *сульфуровмісні* (цистеїн, метіонін), що містять OH -групу (серин, треонін, тирозин), що містять додаткову карбоксильну групу (аспарагінова та глутамінова кислоти) та додаткову NH_2 -групу (лізин, аргінін, гістидин, також глутамін, аспарагін).

Амінокислоти відрізняються її структурою бокових ланцюгів, від якої залежать хімічні, фізичні властивості і фізіологічні функції білків в організмі. Амінокислоти з гідрофобними боковими групами здебільшого локалізовані в середині білкових макромолекул, тоді як амінокислоти з полярними боковими групами розташовуються на їх поверхні.

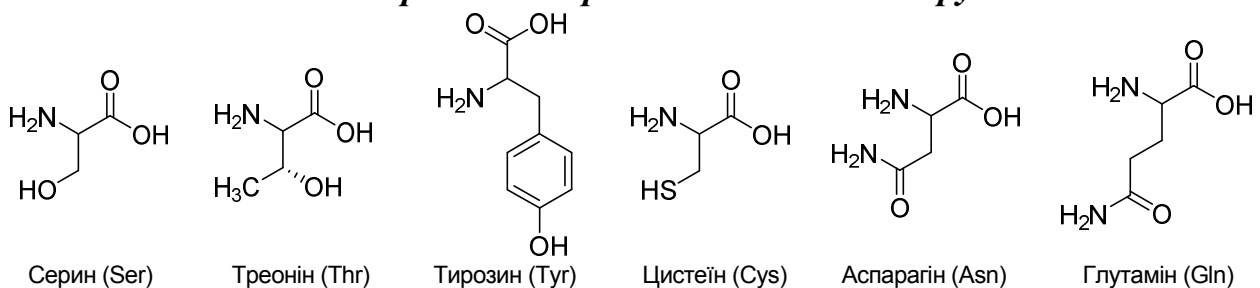
Гідрофобні амінокислоти (з неполярними радикалами):



Дана група містить дев'ять амінокислот, бічні групи яких є неполярними і гідрофобними: гліцин (хоча гліцин і класифікують як неполярну амінокислоту, він не робить жодного внеску у забезпечення гідрофобних взаємодій в молекулах білків); аланін, лейцин та ізолейцин – мають аліфатичні вуглеводневі бічні групи (метильна, бутильна та ізобутильна відповідно); метіонін – сірковмісна амінокислота, його бічний ланцюг представлено неполярним тіоловим естером; імінокислота пролін містить характерну піролідінову циклічну структуру. До складу молекул фенілаланіну і триптофану входять неполярні циклічні структури: фенільна та індольна.

Амінокислоти із неполярними бічними ланцюгами роблять внесок у структуру поліпептидів завдяки гідрофобним взаємодіям. Наприклад, у складі водорозчинних глобулярних білків вони згруповуються всередині молекули. Неполярні групи цих амінокислот також утворюють поверхні контакту інтегральних мембранних білків із гідрофобними частинами ліпідних мембран.

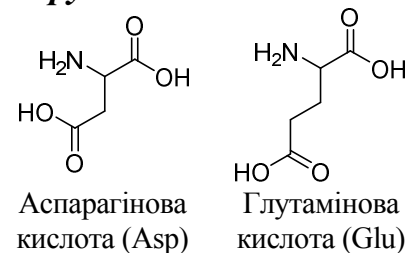
Амінокислоти із полярними незарядженими бічними групами



Серин і треонін містять гідроксильну групу, аспарагін і глутамін – амідну, тирозин – фенольну. До складу цистеїну входить тіольна група -SH, завдяки якій дві молекули (чи їх залишки у складі пептидів) з'єднуються дисульфідним зв'язком, який утворюється окисненням SH-груп. Такі зв'язки є одним із чинників які формують і підтримують структури білків.

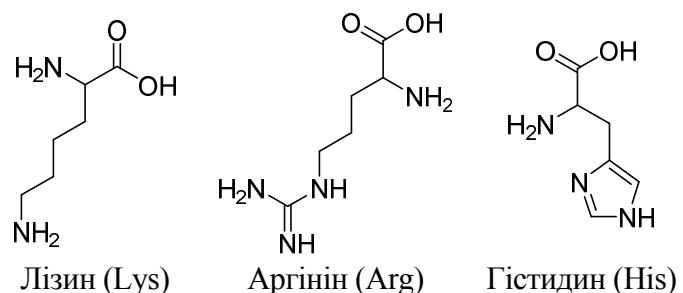
Амінокислоти із негативно зарядженими бічними групами

Дві амінокислоти мають сумарний негативний заряд при рН = 7,0: аспарагінова і глутамінова кислоти. Обидві мають по додатковій карбоксильній групі. Їх іонізовані форми називають аспартатом та глутаматом відповідно. Амідні цих амінокислот – аспарагін і глутамін також входять до складу білків.



Амінокислоти із позитивно зарядженими бічними групами

Три амінокислоти мають позитивно заряджені бічні групи при фізіологічних значеннях рН: лізин, аргінін і гістидин. Лізин має додаткову первинну аміногрупу в ϵ -положенні. До складу аргініну входить гуанідинове угруповання, а гістидин містить імідазолове кільце. Серед усіх протеїногенних амінокислот тільки гістидин має групу, що іонізується за фізіологічного рН ($pK_a = 6,0$). Через це його бічний ланцюг при рН = 7,0 може бути нейтральним або позитивно зарядженим. Завдяки цій властивості гістидин входить до складу активних центрів ферментів, і бере участь у каталізі хімічних реакцій як донор/акцептор протонів.



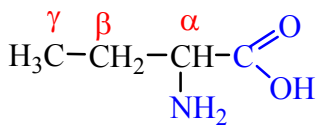
Загальне число амінокислот, які зустрічаються в природі досягає близько 300. Серед них розрізняють:

- а) амінокислоти, які входять до складу білків;
- б) амінокислоти, які утворюються з інших амінокислот, але тільки після включення останніх в процес синтезу білка (їх виявляють в гідролізатах білків);
- в) вільні амінокислоти.

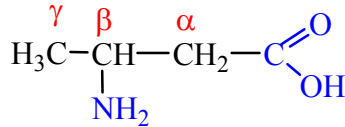
З точки зору харчування виділяють есенціальні (незамінні) амінокислоти – які не синтезуються в організмі людини і надходять з їжею. Рослини та деякі мікроорганізми можуть виробляти всі амінокислоти, потрібні їм для синтезу клітинного білка. Тваринні організми здатні синтезувати лише 10 протеїногенних (*замінних*) амінокислот. Останні 10 не можуть бути отримані за допомогою біосинтезу і повинні постійно надходити у організм у вигляді харчових білків. До таких амінокислот належать: *аргінін, гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан, валін*. Умовно замінні амінокислоти утворюються лише за сприятливих умов: *аргенін, гістидин, цистеїн, тирозин, пролін, глютамін*. Синтез яких може бути порушено у новонароджених або в похилому віці. Присутність у їжі замінних амінокислот не обов'язкова, оскільки організм здатен їх синтезувати. Харчовий білок, що містить усі незамінні амінокислоти, називається *повноцінним*.

2.2. Номенклатура амінокислот

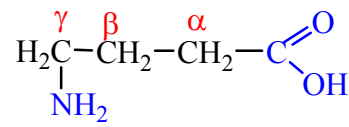
За систематичною номенклатурою назви амінокислот утворюються від назв відповідних кислот з вказуванням місця розташування аміногрупи стосовно карбоксильної групи та додаванням префіксу **аміно**, наприклад:



2-Амінобутанова кислота (с.), α -аміномасляна кислота (т.)



3-Амінобутанова кислота (с.), β -аміномасляна кислота (т.)

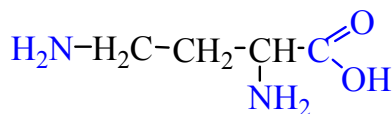


4-Амінобутанова кислота (с.), γ -аміномасляна кислота (т.)

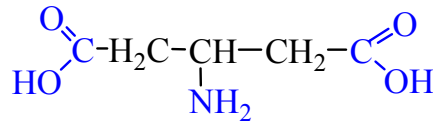
Часто використовується й інший спосіб побудови назв амінокислот, згідно з яким до тривіальної назви карбонової кислоти додається префікс **аміно** та вказується положення аміногрупи літерою грецького алфавіту, наприклад α -аміномасляна, β -аміномасляна та γ -аміномасляна кислоти.

Для α -амінокислот, які відіграють винятково важливу роль у процесах життєдіяльності тварин і рослин, застосовуються тривіальні назви.

Якщо в молекулі амінокислоти міститься дві аміногрупи, то в її назві використовується префікс **діаміно**, три групи NH_2 – **триаміно** й т.д. Наявність двох або трьох карбоксильних груп відбивається у назві суфіксом **-діова** або **-триова кислота**, наприклад:



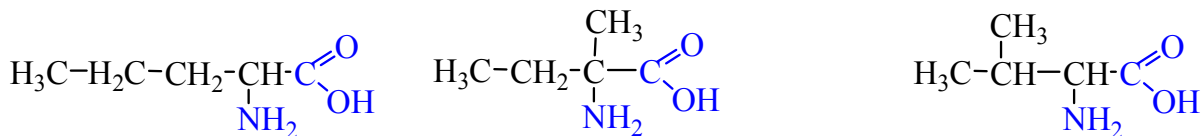
2,4-Діамінобутанова кислота



3-Амінопентандіова кислота .

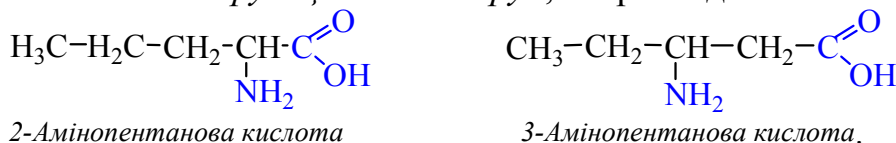
Ізомерія амінокислот. Для амінокислот характерні наступні види ізомерії:

1. Структурна ізомерія (*скелету Карбону*), наприклад:

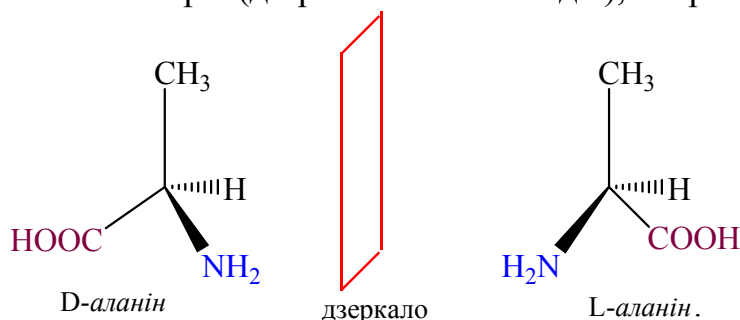


2-Амінопентанова кислота 2-Аміно-2-метилбутанова кислота 2-Аміно-3-метилбутанова кислота.

2. Ізомерія положення функціональних груп, наприклад:



3. Оптична ізомерія. Всі α -амінокислоти, що входять до складу білків, крім гліцину $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$, містять асиметричний атом Карбону (α -атом) і можуть існувати у вигляді оптичних ізомерів (дзеркальних антиподів), наприклад:



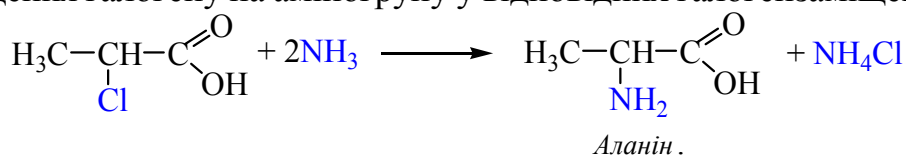
Оптична ізомерія природних α -амінокислот відіграє важливу роль у процесах біосинтезу білка. Більшість природних α -амінокислот належать до *L*-стереохімічного ряду, але деякі пептиди (антибіотики грамїцидин, актиноміцин) містять амінокислоти *D*-ряду. Останні, зазвичай, не засвоюються організмом людини та мають властивості відмінні від амінокислот *L*-ряду. Наприклад, *D*-глутамінова кислота не має смаку, а *L*-глутамінова кислота має смак м'яса. *L*-глутамінову кислоту отримують із клейковини пшениці та використовують як смакову добавку до харчових продуктів. Інші амінокислоти *L*-ряду (валін, треонін, пролін, серин і тощо) мають солодкий смак. Ці амінокислоти привертають до себе увагу як замітники цукру в харчуванні діабетиків.

Одержання амінокислот. α -Амінокислоти *L*-ряду є складовими частинами білків. Амінокислоти *D*-ряду добувають шляхом синтезу. Із *синтетичних методів* одержання амінокислот найважливіші такі:

1. *Мікробіологічний синтез* відбувається у клітинах мікроорганізмів або поза ними під впливом ферментів, які виділяють мікроорганізми. Отже, з нехарчової сировини (вуглеводнів нафти, супутнього та природного газу) за допомогою мікроорганізмів добувають у промислових масштабах такі амінокислоти, як лізин, глутамінову кислоту та деякі інші.

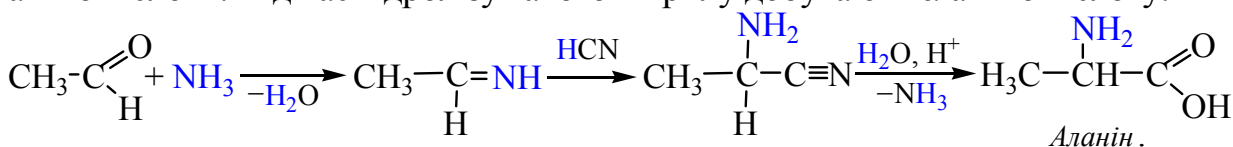
2. *Гідроліз білків.* Природним джерелом добування амінокислот є білкові речовини. Під час їх гідролізу утворюється суміш амінокислот, з якої відповідними методами виділяють окремі амінокислоти. У промислових масштабах гідролізу піддають білкові відходи переважно м'ясної промисловості. Гідролізом білків добувають цистеїн, лейцин, ізолейцин.

3. Заміщення галогену на аміногрупу у відповідних галогензаміщених кислотах:



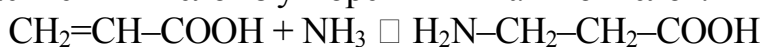
Спочатку в цій реакції утворюється амонійна сіль амінокислоти, яка далі взаємодіє з хлороводнем, що утворюється в процесі реакції і перетворює дану сіль на амінокислоту.

4. Дія амоніаку і гідрогенціаніду на альдегіди або кетони (реакція Штрекера). В умовах цієї реакції карбонільна сполука спочатку взаємодіє з амоніаком і утворює імін, який потім приєднує гідрогенціанід і перетворюється таким чином на нітрил α-амінокислоти. Під час гідролізу такого нітрилу добувають α-амінокислоту:

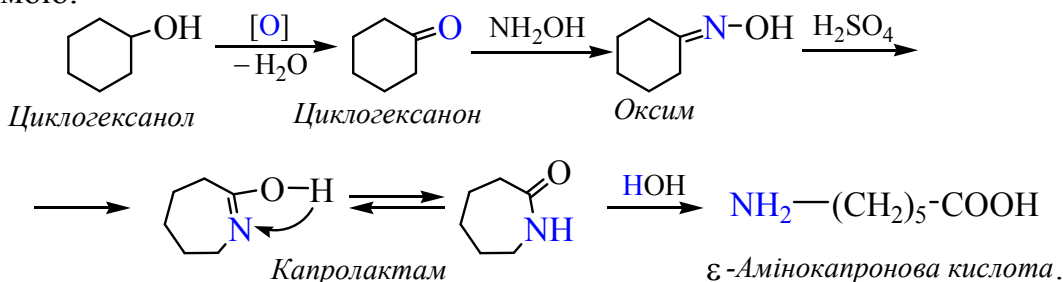


М.Д.Зелінський вдосконалив цей метод добування α-амінокислот, застосувавши в реакції замість HCN суміш KCN і NH₄Cl.

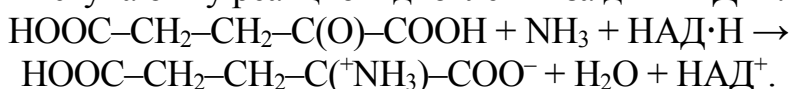
5. Приєднання амоніаку до ненасичених кислот. Приєднання амоніаку до □, □-ненасичених кислот з утворенням □-амінокислот:



6. Для синтетичного добування окремих амінокислот використовують спеціальні методи. Так, ε-амінокапронову кислоту добувають, виходячи з циклогексанолу за такою схемою:

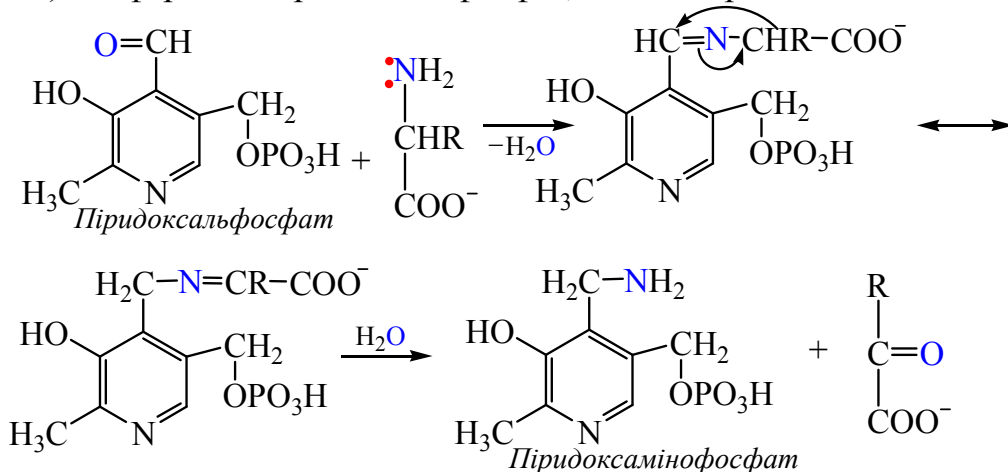


В організмі людини вихідними речовинами у синтезі замісних α-амінокислот є α-кетокислоти, які вступають у реакцію відновлення за дії НАД·Н:



Реакція є стереоспецифічною завдяки стереоспецифічності НАД·Н.

Інший шлях – реакція трансамінування. Каталізують ці реакції ферменти (амінотрансферази) і кофермент піридоксальфосфат, який є переносником аміногрупи:

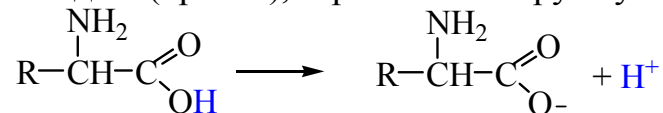


Властивості амінокислот

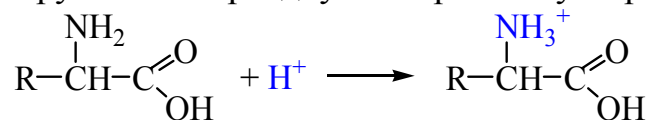
Фізичні властивості. Амінокислоти – безбарвні кристалічні речовини з високою температурою плавлення, причому при нагріванні спостерігається їх розкладання. Добре розчинні у воді, водні розчини, гірше – в органічних розчинниках, проводять струм. α -Амінокислоти *L*-ряду, що входять до складу білків, гіркі на смак або не мають його, а їх *D*-ізимери – солодкі на смак.

Хімічні властивості амінокислот

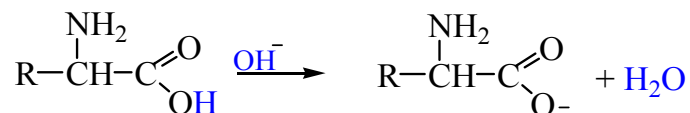
Оскільки в молекулах амінокислот одночасно містяться карбоксильна і амінна групи, то ці речовини виявляють властивості як кислот, так і амінів, тобто є амфотерними сполуками. Амінокислоти мають досить високу хімічну активність. Як карбонові кислоти, похідними яких вони є, амінокислоти дисоціюють у водному розчині. Відщеплюючи один іон водню (протон), карбоксильна група утворює аніон:



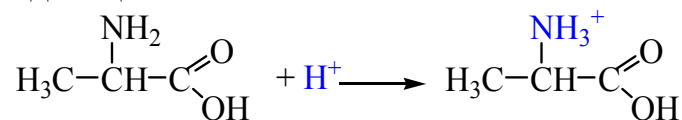
У той же час аміногрупа може приєднувати протон з утворенням катіона:



Однак характер іонізації амінокислот залежить від рН розчину. У лужному середовищі підсилюється дисоціація карбоксильної групи, а аміногрупа практично не дисоціює:

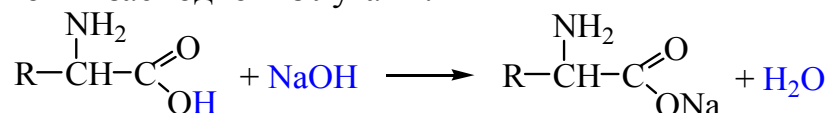


У кислому середовищі, навпаки, відбувається іонізація аміногрупи, у той час як карбоксильна група не дисоціює:

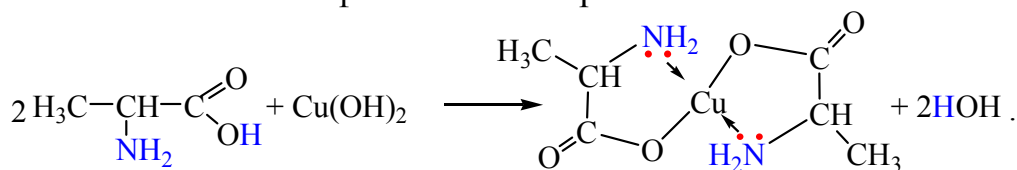


З приведених рівнянь видно, що в лужному середовищі амінокислота існує у вигляді аніона, у кислої – у вигляді катіона. В електричному полі аніони і катіони окремих амінокислот будуть переміщатися відповідно до аноду або катоду. При деякому проміжному значенні рН може відбуватися одночасна дисоціація карбоксильної і протонізація аміної груп. У результаті утвориться біполярний іон (цвіттер-іон), сумарний заряд якого дорівнює нулю, який не переміщається в електричному полі. Цвіттер-йон обумовлює розчинність амінокислот у воді та нерозчинність в неполярних розчинниках. Більшість амінокислот розчинні у воді, але амінокислоти, що містять гідрофобні групи (ізолейцин, лейцин, тирозин) у воді малорозчинні. В організмі йонний стан амінокислот обумовлює їх всмоктування у ШКТ, після гідролітичного розщеплення білків, і транспорт до органів і тканин. Здатність до йонізації в кислому або лужному середовищах використовують для розділення амінокислот йонообмінною хроматографією та електрофорезом.

Значення рН, при якому молекула амінокислоти не має заряду, називається *ізоелектричною точкою* амінокислоти. Отже, амінокислоти варто розглядати як амфотерні електроліти. Вони взаємодіють з лугами:



При взаємодії з *гідроксидами важких металів* амінокислоти розчиняють їх і утворюють комплексні сполуки. Так, з купрум(II) гідроксидом вони утворюють забарвлені в темно-синій або синьо-фіолетовий колір *металокомплекси*:

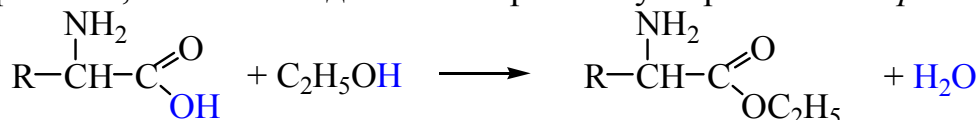


У цій солі атом Купруму сполучений з атомами Нітрогену координаційними (донорно-акцепторними) зв'язками.

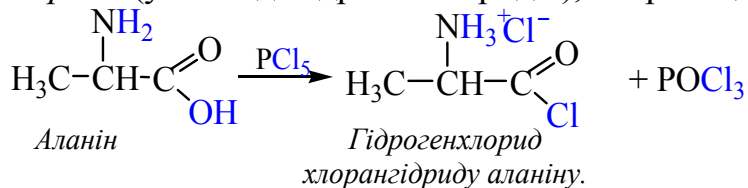
Амінокислоти взаємодіють і з мінеральними кислотами з утворенням відповідних *амонійних солей*:



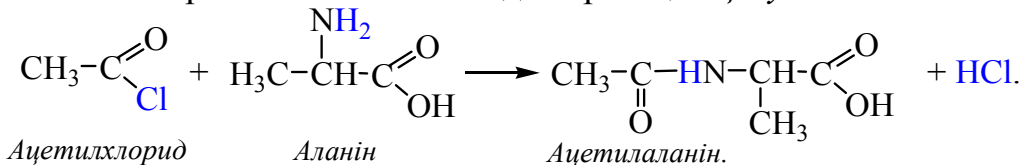
Крім того, вони взаємодіють зі спиртами з утворенням *естерів*:



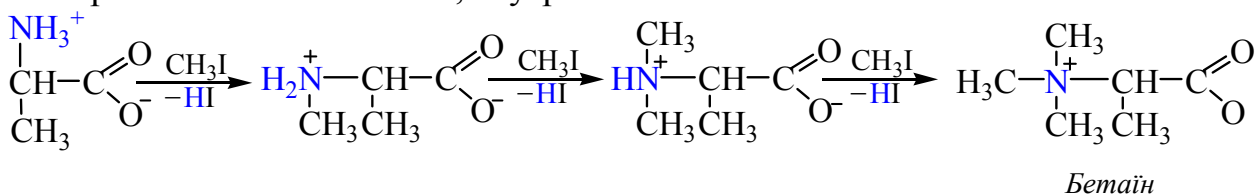
Амінокислоти при взаємодії з хлоруючими засобами (PCl_5 , SOCl_2 , SO_2Cl_2 тощо) утворюють *хлорангідриди* (у вигляді гідрогенхлоридів), наприклад:



У молекулах амінокислот, як і амінів, атом Гідрогену аміногрупи може заміщуватися на залишки карбонових кислот завдяки реакції *ацилювання*:

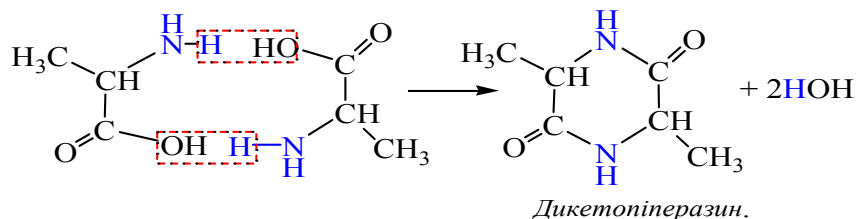


При *алкілюванні* амінокислот, залежно від кількості взятої алкілюючої речовини, утворюються вторинні, третинні алкіловані амінокислоти, а в кінцевому результаті – четвертинні амонійні основи, внутрішні солі яких називають *бетайнами*:

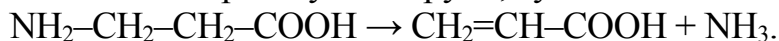


Термічне перетворення амінокислот. Залежно від взаємного розміщення аміногрупи і карбоксильної групи амінокислоти по-різному реагують на нагрівання, що використовують для встановлення їхньої будови.

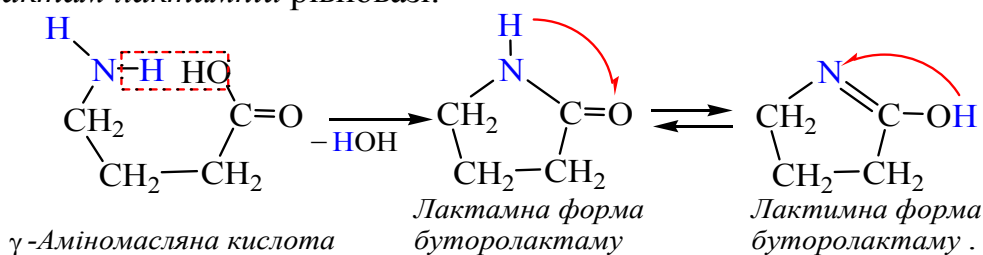
α -Амінокислоти при нагріванні міжмолекулярно *відщеплюють воду*, утворюючи циклічні аміді – *дикетопіперазини*:



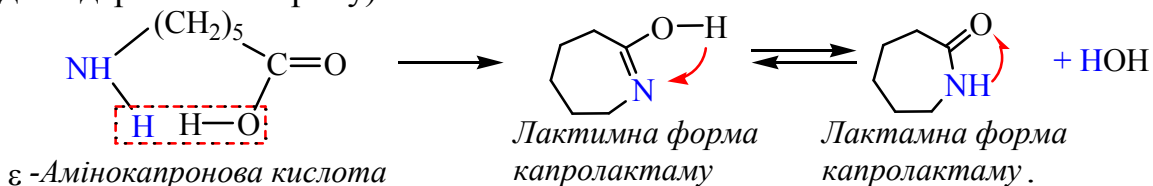
β -Амінокислоти при нагріванні внутрішньомолекулярно *відщеплюють* NH_3 за рахунок аміногрупи і атома Гідрогену CH_2 -групи, сусідньої з COOH -групою:



γ -, δ - і ϵ -Амінокислоти при нагріванні внутрішньомолекулярно *відщеплюють* воду за рахунок зближених у просторі NH_2 - і COOH -груп. При цьому утворюються циклічні внутрішньомолекулярні аміді – *лактами*. Атом Гідрогену NH -групи лактамів виявляє підвищену рухливість, завдяки чому вони можуть існувати як в *лактамній* (кетонній), так і в *лактимній* (енольній) таутомерних формах, перебуваючи у динамічній *лактам-лактимній* рівновазі:

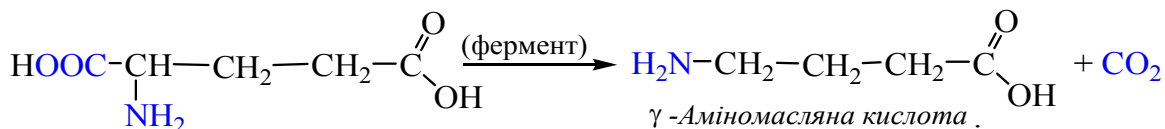


Практичне значення має внутрішньомолекулярна взаємодія функціональних груп \square -амінокапронової кислоти, у результаті якого утворюється \square -капролактам (напівпродукт для одержання капрону):



Лактами виявляють двоїсту властивість і можуть утворювати як N -, так і O -похідні, тобто похідні як лактамної, так і лактимної форм.

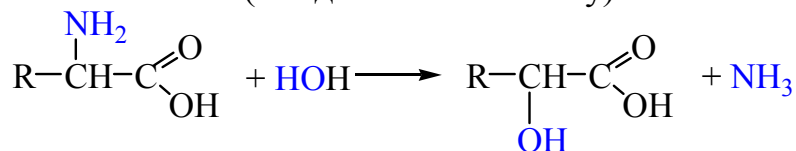
Декарбоксілування амінокислот. У живих організмах α -амінокислоти піддаються різноманітним перетворенням, зокрема декарбоксілуванню. При цьому утворюються аміни, які виявляють високу біологічну активність, тому їх називають *біогенними амінами*. Так, при декарбоксілуванні глутамінової кислоти утворюється γ -аміномасляна кислота:



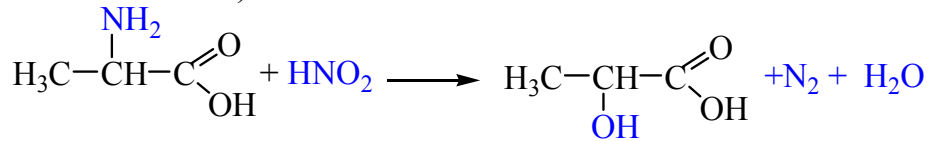
γ -Аміномасляна кислота міститься в мозговій тканині і виконують в організмі функції нейрогуморального інгібітора.

Біогенні аміни утворюються також при декарбоксілуванні таких амінокислот, як аспарагінова, тирозин, триптофан, гістидин та інші, що входять до складу білків.

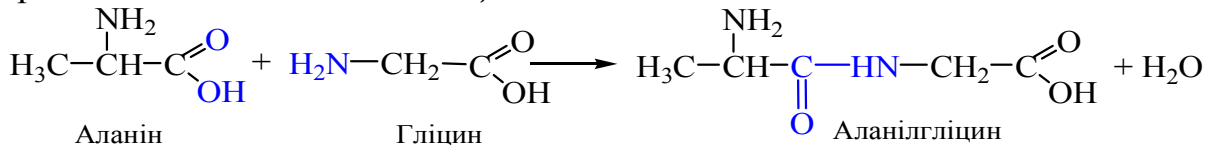
Дезамінування амінокислот (з виділенням амоніаку):



Деазотування амінокислот. При взаємодії α -амінокислот з нітратною кислотою відбувається утворення гідроксикислоти і вивільняється азот. Ця реакція використовується для кількісного аналізу вмісту амінокислот (за об'ємом Нітрогену, який виділяється, *метод Ван-Слайка*):

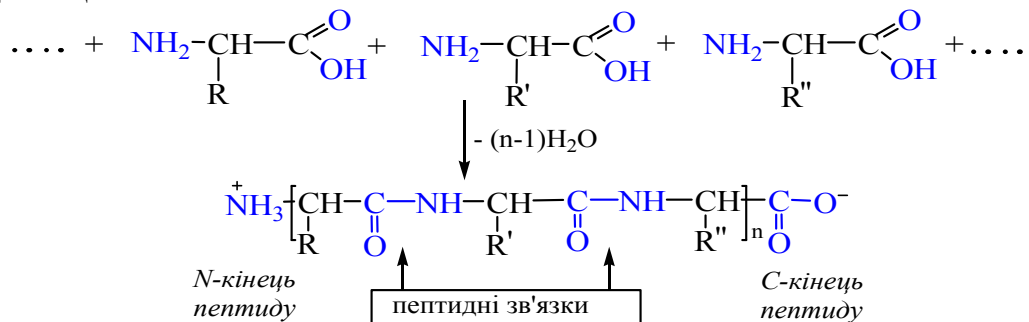


Реакції конденсації амінокислот. Амінокислоти, взаємодіючи одна з іншою, утворюють ди-, три- та поліпептиди. Наприклад, з двох \square -амінокислот (аланін + гліцин) утворюється дипептид – *аланілгліцин*:



Відповідно з трьох молекул амінокислот (гліцин + аланін + гліцин) утворюється трипептид – *гліцилаланілгліцин*, що має таку структурну формулу:

З'єднуючись таким чином між собою, амінокислоти утворюють полімерні ланцюги білкової макромолекули – *пептиди* (аміди, що утворюються внаслідок взаємодії аміногруп і карбоксильних груп амінокислот). Амідна група –NH–CO– називається *пептидним зв'язком*. Формальне утворення пептиду можна представити як реакцію поліконденсації \square -амінокислот :



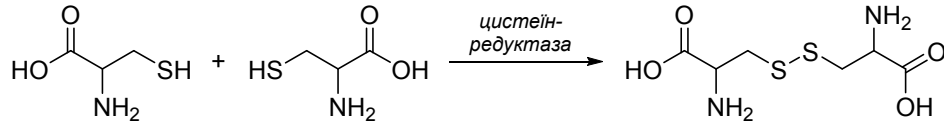
Кінцева частина молекули пептиду, в якій аміногрупа збереглася і не задіяна у пептидному зв'язку, вважається N-кінцем пептиду, а частина пептиду, що містить незадіяну у пептидних зв'язках карбоксильну групу є C-кінцем пептиду.

2.3. Функції амінокислот в організмі

Амінокислоти, як і білки, мають велике біологічне значення. Вони не тільки служать будівельним матеріалом, з яких побудована молекула білка, але й є попередниками багатьох біологічно активних сполук – гормонів, медіаторів нервової системи тощо. Окремі амінокислоти виконують регуляторну функцію – між ними спостерігаються явища взаємної активації і пригнічення при включенні в структуру білкової молекули. У деяких випадках вони виступають енергетичним матеріалом або лікарською речовиною.

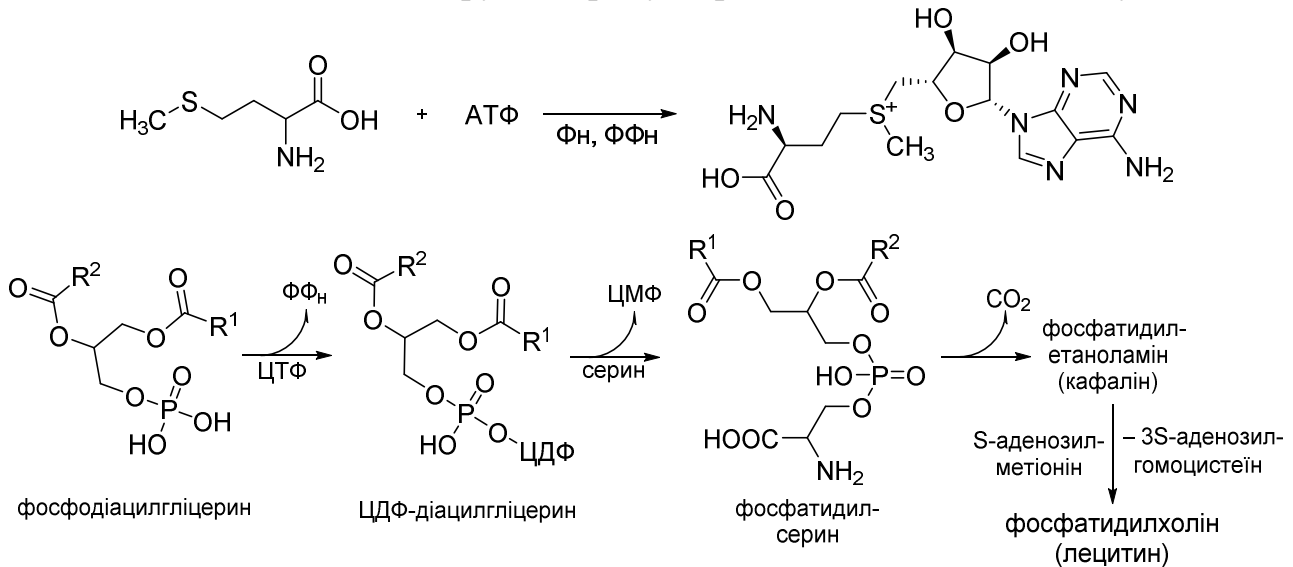
Майже усі α -амінокислоти, які надходять в організм людини, зазнають ряд загальних перетворень (реакції дезамінування, трансамінування і декарбоксилювання), для забезпечення пластичним матеріалом процеси синтезу білків і пептидів та процесу дихання з утворенням АТФ.

В організмі сульфуровмісна амінокислота цистеїн вступає у ферментативну окисно-відновну реакцію з утворенням цистину:



Здатність цистеїну окиснюватись зумовлює захисні і радіопротекторні властивості. В присутності цистеїну знижується інтенсивність окисних процесів в ліпідах і білках, підвищується стійкість організму до йонізуючого випромінювання, стабілізується якість лікарських препаратів. Дисульфідні зв'язки зумовлюють біологічну активність або функціональні властивості білків в складі їжі, особливо в білках пшениці, оскільки надають пружні властивості клейковині.

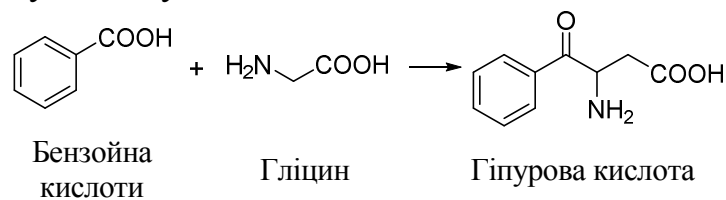
Основна фізіологічна роль метіоніну – участь в синтезі гліцерофосфоліпідів – відщепленням лабільної CH_3 -групи, через утворення S-аденозилметіоніну:



Серин відіграє провідну роль у реакціях синтезу гліцерофосфоліпідів. Естери серину з ортофосфатною кислотою, подібно треоніну, у великій кількості входять до складу складних білків – фосфопротеїнів (казеїну молока і вітеліну яйця).

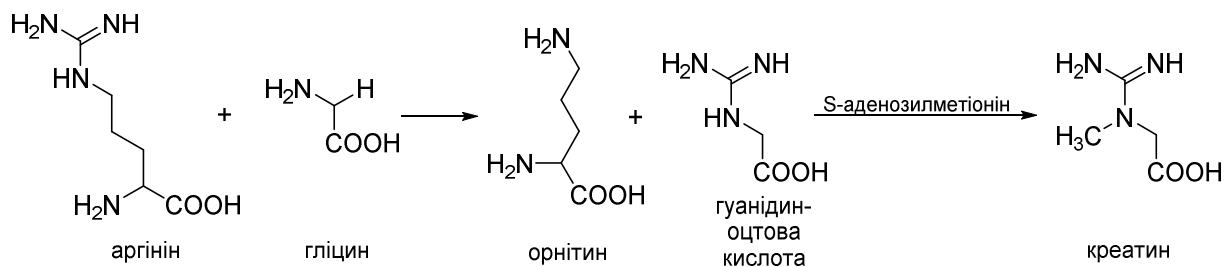
В організмі серин синтезується із гліцину під дією ферменту, що містить тетрагідрофолеву кислоту (ТГФК):

Гліцин – вихідна сполука для пуринового кільця гема крові і утворює "парні сполуки". З жовчаними кислотами, наприклад холевою кислотою, гліцин дає глікохолеву кислоту, а з бензойною – гіпурову кислоту:

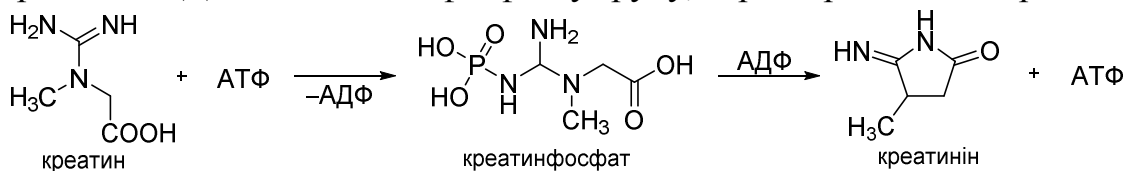


Глікохолева кислота відіграє важливу роль у процесах засвоєння ліпідів, гіпурова – виводить із організму токсичну бензойну кислоту.

Амінокислоти аргінін, гліцин і метіонін приймають участь у синтезі креатину – сполуки, за участі якої в м'язовій тканині відбувається неперервний синтез АТФ:

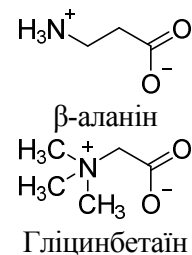


В організмі людини і тварин, за участі креатину, утворюється креатинфосфат, який у реакції з АДФ віддає свою фосфатну групу, перетворюючись в креатинін:



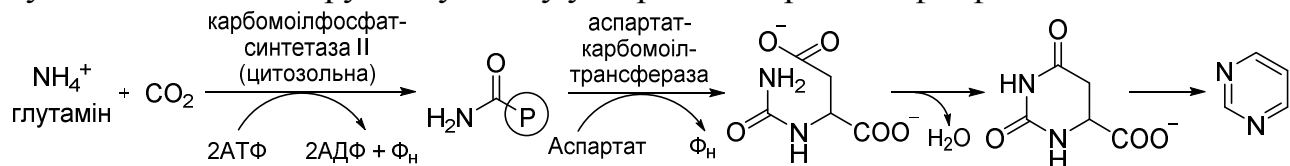
Креатин і циклічний креатинін є складовою м'ясного екстракту, їх співвідношення залежить від рН середовища і температури. Наприклад, при нагріванні м'яса при рН < 7, в екстракті переважає креатинін.

У живих організмах, харчових продуктах і сировині зустрічаються й інші – "рідкісні" – амінокислоти, або їх похідні, які не входять до складу білків. Так, β-аланін – складова м'ясних бульйонів, а бетанін – м'яси, продукту метилювання гліцину, відходів цукрового виробництва.



Амінокислоти цитрулін та орнітин, разом з аргініном, приймають участь у циклі утворення сечовини. Провідну роль у обміні речовин живих організмів відіграють глютамінова та аспарагінова кислоти, які, в основному у формі амідів, приймають участь у процесах розщеплення, синтезу і переносу. Наприклад, глютамін, – основна форма переносу амоніаку в крові людини і в парі з аспарагіновою кислотою є вихідною сполукою утворення піримідинового кільця нуклеотидів.

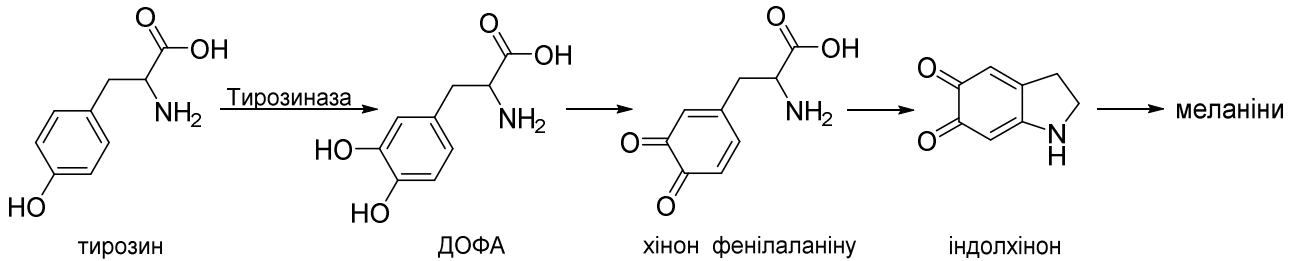
В утворенні однієї молекули бере участь 1 молекула NH_4^+ (глютамін), 1 молекула CO_2 , аміногрупа 1 молекули аспарагінової кислоти, витрачається 4 макроергічні зв'язки трьох молекул АТФ: атом N_1 відповідає аспарагіновій кислоті, N_3 – глютаміну, атоми C_4 , C_5 , C_6 кільця – належать аспарагіновій кислоті, а C_2 – молекулі CO_2 . Молекула CO_2 та амідна група глютаміну утворюють карбомілфосфат:



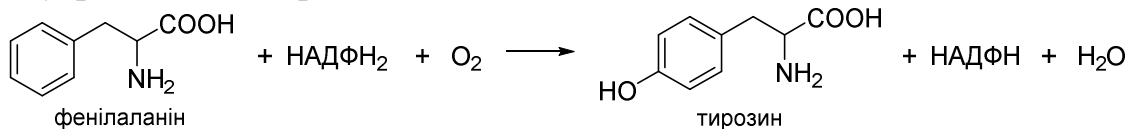
Утворення медіатора γ-аміномасляної кислоти (ГАМК), декарбоксілюванням глютамінової кислоти, відіграє провідну роль в обміні речовин мозку і нервової тканини. Обмін глютамінової кислоти пов'язаний із обміном проліну, який синтезується, відновленням проліндегідрогеназою, із цієї кислоти. Також пролін відіграє провідну роль при формуванні структури колагену і білків клейковини пшениці. Фібрилярні білки сполучної тканини м'яса і колагену, разом з проліном, містять і його похідні – 4-оксипролін і 5-оксилізін, які утворюються окисненням амінокислот після включення їх у білок. Наявність оксипроліну в м'ясних і ковбасних виробках впливає на їх якість і враховується під час їх оцінки.



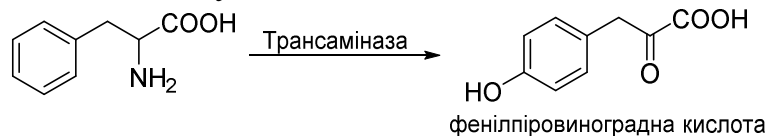
Тирозин, в організмі людини, відповідає за колір волосся, шкіри, очей, у харчових продуктах – за темний колір (наприклад, житнього хліба), оскільки за його участі синтезуються меланіни. Механізм реакції повністю не вивчено, але відомі деякі етапи їх синтезу: дією купрумвмісного ферменту, тирозин трансформується в діоксифенілаланін (ДОФА), який окиснюється і циклізується до індолхінону, який полімеризується до утворення меланінів:



Посилює утворення меланінів ультрафіолетове проміння (під час загару) і можуть стати причиною злякислених новоутворень. При спадковому захворюванні – альбінізмі, відсутності ферменту тирозинази, не спостерігається пігментація шкіри, волосся. В організмі тирозин утворюється з фенілаланіну за участю двохкомпонентного ферменту фенілаланінгідроксилази:

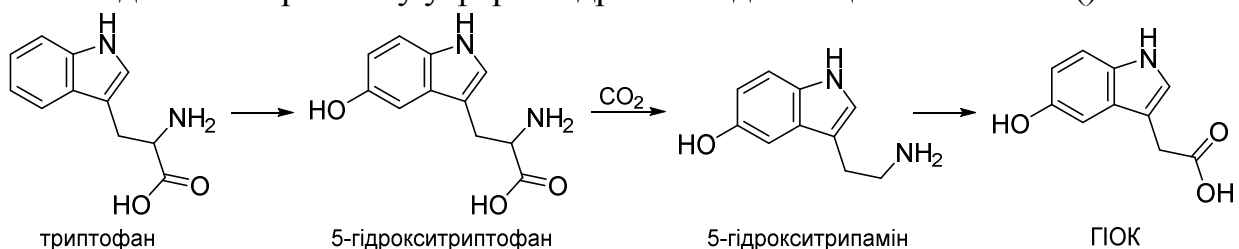


При спадковому захворюванні на фенілкетонурію у людини мутує ген, який кодує синтез одного із компонентів ферменту, що містить біоптерин – переносника гідрогену. Хвороба, супроводжується розумовою відсталістю, характеризується переамінуванням фенілаланіну за вище вказаним механізмом, з подальшим накопиченням фенілпірвіноградної кислоти у сечі:

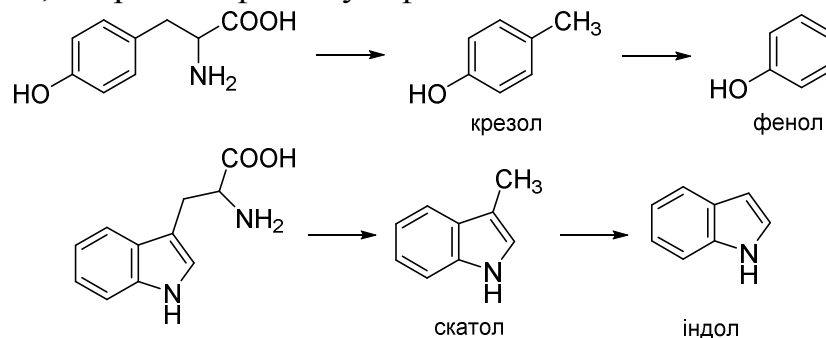


Знизити ступінь розумової відсталості, особливо у ранньому віці, можна зменшенням вмісту фенілаланіну в їжі, щоб його надлишок не мав токсичного впливу на клітини головного мозку. Серед інших вроджених захворювань, пов'язаних із порушенням обміну амінокислот, відмітимо: алкаптонурию – результат недостатці оксидази гомогентизинової кислоти – продукту обміну тирозину; гіперпролінемію – недостатку ферменту проліноксидази; цитруллінемію – порушенням циклу утворення сечовини, оскільки в організмі не синтезується аргінінсукцинатсинтетаза.

Триптофан – незамінна амінокислота, попередник нікотинової кислоти, НАД і НАДФ, серотоніну та індолілоцтової кислоти – гормону росту рослин. Серотонін – синтезується в клітинах кишківника і нервової тканини – виявляє судинозвужувальну дію і виводиться із організму у формі гідрооксиіндолілоцтової кислоти ():



Із тирозину і триптофану, під дією мікробних ферментів, в кишківнику утворюються отруйні продукти – крезол, фенол, скатол, індол, які знешкоджуються в печінці шляхом їх зв'язування з сульфатною або глюкуроною кислотою з утворенням нетоксичних кислот, наприклад фенолсульфатної кислоти.



В результаті декарбоксілювання амінокислот в організмі утворюються деякі важливі біогенні аміни: декарбоксілюванням аспарагінової кислоти утворюється β-аланін, – складова біологічно-активних сполук – КоА і АПБ; декарбоксілюванням лізину та орнітину, дією ферментів кишкової мікрофлори, утворюються отруйні діаміни – кадаверин і путресцин (у здоровому організмі вони повністю знешкоджуються в слизовій оболонці кишківника).

Деякі амінокислоти (ацетилхолін, глютамінова та аспарагінова кислоти, гліцин, ГАМК, гістамін, серотонін, норадреналін) виконують роль медіаторів – речовин, які задіяні у процесах передачі нервових імпульсів від однієї нервової клітини до іншої. При подразненні нервових волокон медіатори взаємодіють із рецепторами і забезпечують характерну їм фізіологічну функцію: регуляцію сну, безсоння, серцево-судинну діяльність, терморегуляцію тіла тощо.

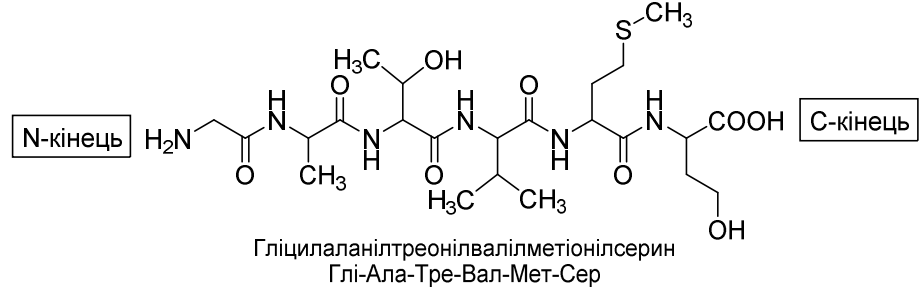
Таким чином, амінокислоти відіграють провідну роль у синтезі біологічно-активних сполук і забезпеченні деяких показників харчової сировини і продуктів.

2.4. Високомолекулярні субстанції. Біополімери

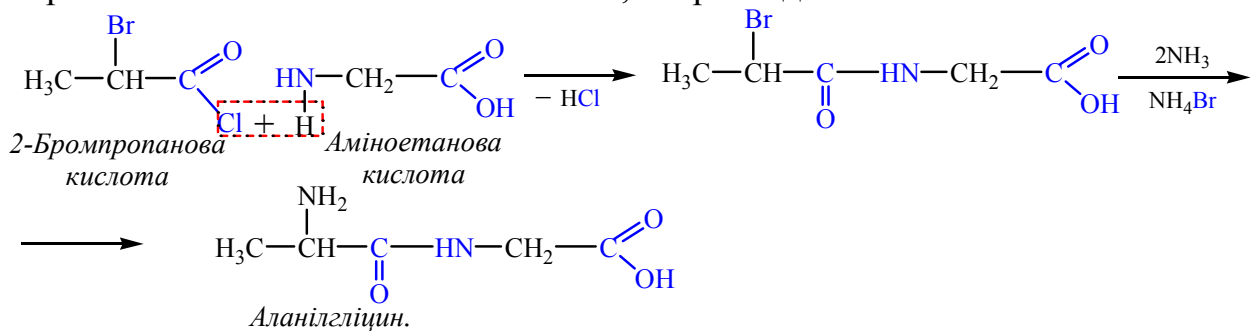
Поліпептидами вважають зазначені біополімери з молекулярною масою до 10000, а пептиди з більшою молекулярною масою вважають *білками*. До середини ХХ ст. вважали, що пептиди – це не окремий клас органічних сполук, а продукти неповного гідролізу білків, які утворюються в ході перетравлювання їжі, в технологічному процесі або при зберіганні харчових продуктів. У 1953 р. В. Дю Віньо встановив амінокислотну послідовність гормонів окситоцину і вазопресину та синтезував їх хімічним шляхом, що стало поворотною точкою в поглядах на фізіологічну роль і значення пептидів. На сьогодні виявлено велику кількість індивідуальних пептидів з унікальною послідовністю амінокислот, які не зустрічаються в гідролізатах природних білків.

В природі існує два види пептидів, один з яких синтезується і виконує фізіологічну роль в процесі життєдіяльності організму, інший утворюється за рахунок хімічного або ферментного гідролізу білків в організмі або поза ним. Пептиди, які утворюються в процесі гідролізу поза організмом (*in vitro*), широко використовуються для аналізу амінокислотної послідовності білків. За допомогою пептидів розшифрована амінокислотна послідовність ферменту лізоциму, гормону підшлункової залози інсуліну, нейротоксину отрути кобри, аспартам амінотрансферази, пепсиногену та пепсину, лактогенного гормону бика.

Пептиди мають невисоку молекулярну масу, широкий набір амінокислотних залишків (до їх складу входять, наприклад, D-амінокислоти) і структурні особливості (циклічні, розгалужені). Назва пептидів утворюється із назви амінокислотних залишків шляхом послідовного їх перерахування, починаючи з NH₂-кінцевого залишку з додаванням суфікса –ил, крім C-кінцевої амінокислоти, назва якої залишається без змін.



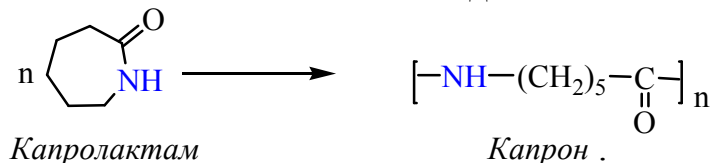
Синтетичні методи добування поліпептидів розробив німецький вчений Е. Фішер із співробітниками. Одним з таких методів є взаємодія хлорангідридів α-галогеночарбонових кислот з α-амінокислотами, наприклад:



За цим методом Е. Фішером і Е. Абдергальденом було синтезовано поліпептиди, до складу яких входило 18–19 залишків амінокислот. Вони за деякими властивостями були подібні до природних речовин – білків.

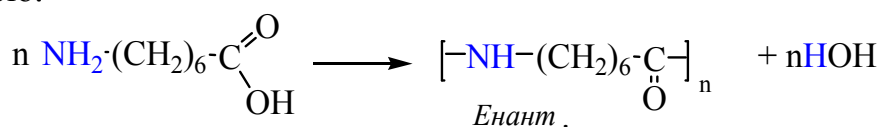
Поліамідні полімери. Поліамідні високомолекулярні сполуки, як і білки, містять пептидну групу, яка сполучає окремі ланки полімерного ланцюга. Одним з таких поліамідів є *найлон*. До синтетичних поліамідних полімерів належать також *капрон* і *енант*.

Капрон добувають шляхом полімеризації капролактаму, яку здійснюють нагріванням його при наявності невеликої кількості води:



Капрон використовують для виготовлення хімічного волокна з такою самою назвою, а також для виготовлення різних деталей машин і механізмів – шестерень, гайок, втулок, стійких до дії мастил і проти корозії.

При поліконденсації аміноенантової кислоти добувають полімер, з якого виготовляють хімічне волокно *енант*. Поліконденсація аміноенантової кислоти відбувається за схемою:



Волокно енант порівняно з капроновим волокном має значно вищу термо-, світло- і хімічну стійкість, а також приблизно в два рази стійкіше від капронового волокна до багаторазових деформацій і стирання.

Енант використовують для виробництва різних трикотажних виробів і корду.

Визначення амінокислотного складу пептиду. Поняття „структура пептиду” включає наступні характеристики:

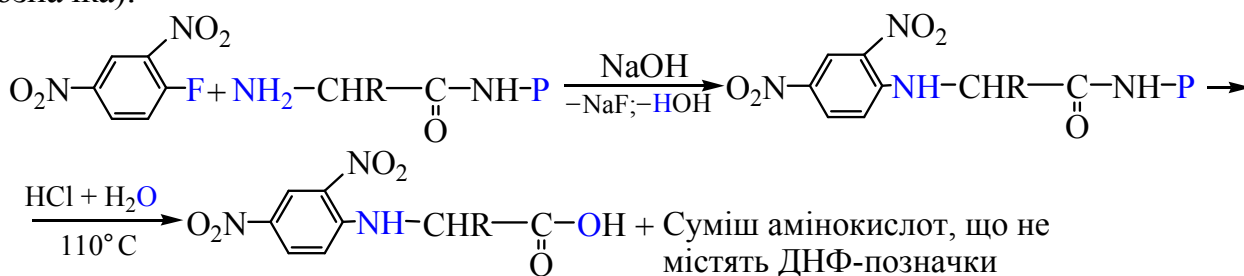
- 1) загальна кількість амінокислотних залишків;
- 2) перелік амінокислот, що утворюють пептид (*амінокислотний склад*);
- 3) послідовність зв'язування амінокислот один з іншим (*амінокислотна послідовність* або *первинна структура пептиду*). Послідовність амінокислотних залишків записується від N- до S-кінця молекули пептиду. Для багатьох природних пептидів встановлена структура, розроблені методи синтезу і встановлена їх роль.

Визначення амінокислотного складу пептиду здійснюється після повного гідролізу речовини. Пептиди і білки підлягають гідролізу за дії 6 н. хлоридної кислоти (температура 110 °С) протягом 24 годин.

Визначення амінокислотної послідовності вимагає проведення у декілька етапів, а саме:

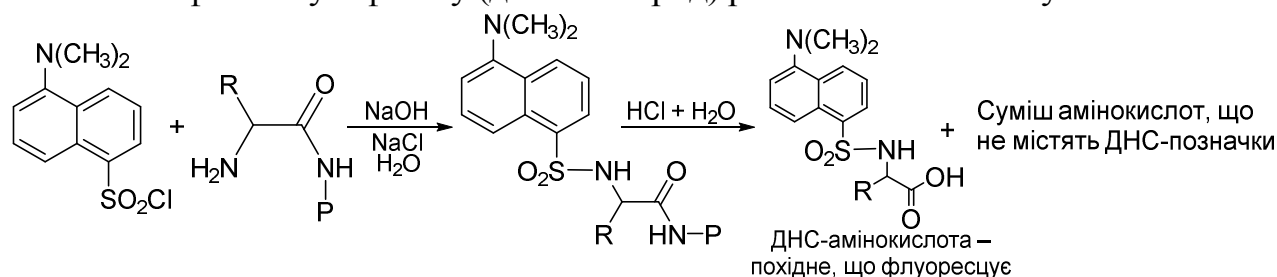
1. *Визначення N-кінцевих амінокислот*

а) *за методом Сенджера* – заміщення атома флуору у молекулі динітрофлуорбензену на N-кінцеву амінокислотну групу у лужному середовищі (2,4-ДНФ-позначка):

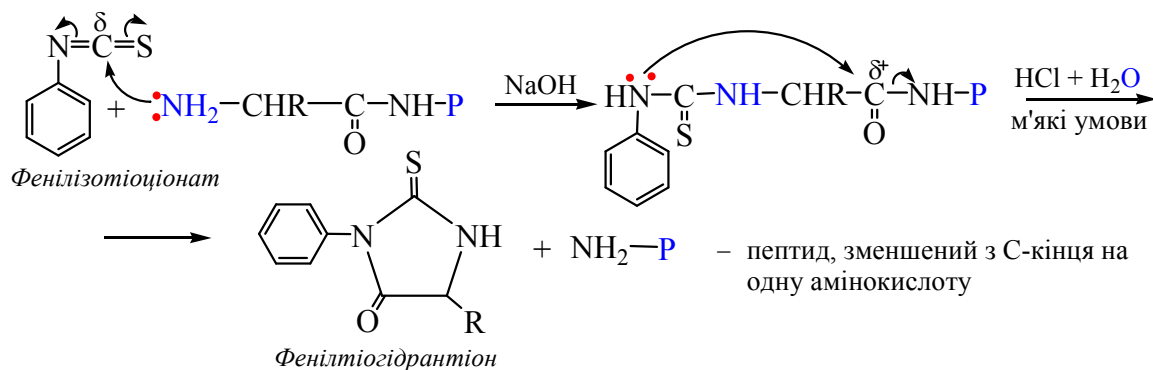


Ця позначка є хромофорною групою, бо має спряжену систему. При подальшому гідролізі позначеного пептиду амінний зв'язок 2,4-динітрофенільної групи не розривається і в суміші амінокислот N-кінцева кислота є поміченою. Аналіз гідролізату тонкошаровою хроматографією дозволяє встановити N-кінцеву кислоту.

б) *Дансильний метод* подібний методу Сенджера, але використання N,N-диметиламінафталенсульфонілу (дансилхлорид) робить його більш чутливим:



2. *Деградація за Едманом.* За дії фенілізотіоціанату у лужному середовищі на N-кінцеву амінокислоту пептиду відбувається утворення похідного ізотіосечовини – фенілтіогідантіону і зменшений на одну амінокислоту пептид:

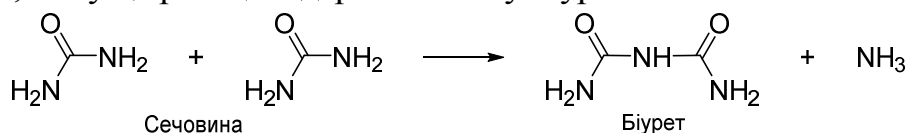


Встановлення амінокислотної послідовності пептиду за методом Едмана називають *секвеніруванням*, яке на сьогодні автоматизоване і дозволяє визначати послідовність відносно невеликих молекул (до 50 амінокислот).

3. Ферментативний гідроліз. Ферментне утворення пептидів відбувається в ШКТ людини у процесі перетравлювання білків їжі. Пептиди і білки в живих системах розщеплюються ферментами – *пептидазами* (у шлунку – пепсин, гастрин і в кишківнику – трипсин, хімотрипсин, аміно- і карбоксипептидази). Розпад коротких пептидів завершується ди- і трипептидазами з утворенням вільних амінокислот, які у подальшому витрачаються на синтез білків та інших активних сполук. При гідролізі білка в ШКТ утворюються радикали кінцевих амінокислот, структура яких залежить від місця дії ферменту (властивість специфічності). Так, при розриві білка пепсином пептиди як N-кінцеві амінокислоти містять фенілаланін і тирозин, а як С-кінцеві – глютамінову кислоту, метіонін, цистин і гліцин; трипсин відщеплює С-кінцеві амінокислоти – лізин і аргінін, хімотрипсин – ароматичні амінокислоти (фенілаланін, тирозин, триптофан тощо) та метіонін.

4. Метод з використанням первинної структури ДНК. Цей метод заснований на тому, що біосинтез кожного білку відбувається у відповідності з інформацією, закодованою у гені, що відповідає за синтез білка. Кожній амінокислоті відповідає певний триплет, тому розшифровка послідовності нуклеотидів у гені, що кодує синтез певного білку, дозволяє розшифрувати послідовність амінокислот у певному білку.

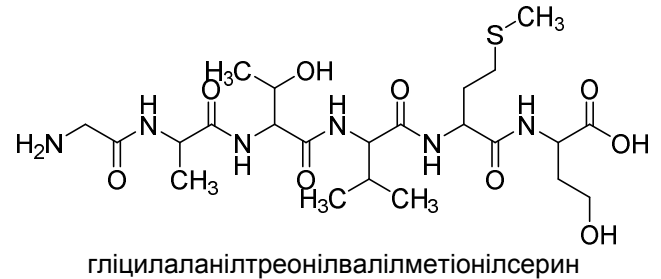
Сучасні уявлення про будову білків. Вивчаючи білки і продукти їх гідролізу, О. Я. Данилевський (1888 р.) встановив, що лужні розчини білків при додаванні розчину купрум (II) сульфату забарвлюються у фіолетовий колір. Таке ж забарвлення дає і сполука, що утворюється з двох молекул сечовини при відщипленні молекули амоніаку, – біурет, тому ця реакція одержала назву біуретової:



На підставі цих даних О. Я. Данилевський зробив припущення, що в основі будови білків лежить біуретова структура –C(O)–NH–. Продукти повного гідролізу білків не давали біуретової реакції, що свідчило про руйнування їх біуретової структури. Отже, можна припустити, що окремі амінокислоти з'єднуються між собою завдяки утворенню зв'язку –CO–NH–, який пізніше стали називати пептидним. Він утворюється в результаті взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти та амінової групи (–NH₂) іншої. Це припущення підтверджено Е. Фішером: синтезувавши понад 200 пептидів, у тому числі поліпептид, що складається з 19 амінокислот, вони довели, що в білках дійсно існує зв'язок, подібний до біуретового.

На початку ХХ ст. Е. Фішер створив поліпептидну теорію будови білка, згідно якої залишки амінокислот у молекулі білка з'єднуються між собою пептидними зв'язками, утворюючи довгі поліпептидні ланцюги. Також була встановлена поліпептидна природа таких гормонів, як вазопресин і окситоцин.

Для поліпептидів були введені повні і скорочені назви. При повному найменуванні пептидів у назві амінокислоти, що приймає участь в утворенні пептидного зв'язку карбоксильною групою, закінчення -ан змінюється на -іл. Закінчення амінокислоти, карбоксильна група якої залишається вільною, не змінюється. Наприклад, гексапептид, що складається з залишків гліцину, аланіну, треоніну, валіну, метіоніну і серину, має назву гліцилаланілтреонілвалілметіонілсерин:

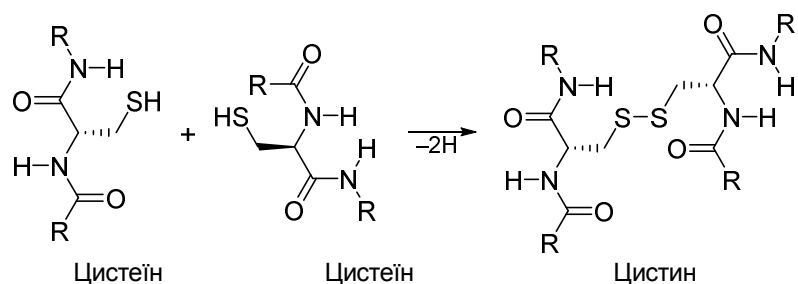


При скороченому найменуванні кожен амінокислотний залишок називають першими трьома буквами його повної назви. Приведений вище гексапептид позначають наступним чином: Глі-Ала-Тре-Вал-Мет-Сер. Аналогічно позначаються і вільні амінокислоти; амід аспарагінової і глутамінової кислот – відповідно Асп і Глн, ізолейцин – Іле, цистеїн – $^{1/2}$ Цис.

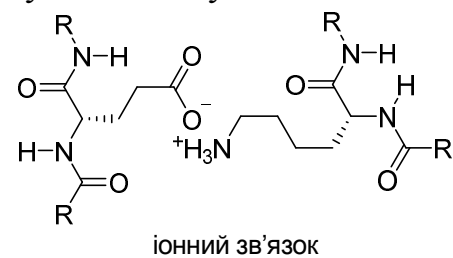
Таким чином, основним хімічним зв'язком у білковій молекулі між залишками амінокислот є пептидний. Цей зв'язок міцний і належить до ковалентному типу.

Іншим видом ковалентного зв'язку є дисульфідні зв'язки, що утворюються в результаті окиснення SH-груп залишків цистеїну:

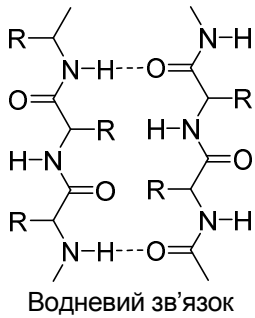
Дисульфідні зв'язки можуть виникати між окремими поліпептидними ланцюгами в місцях, де два залишки цистеїну розташовані один проти іншого, а також між залишками цих амінокислот в одному ланцюгу, коли поліпептидний ланцюг утворює певні вигини і спіралі. У другому випадку дисульфідні зв'язки утримують специфічну конфігурацію поліпептидного ланцюга в просторі, що утворилася при певних умовах існування білка. Стійкість багатьох білків зумовлена кількістю і міцністю цих зв'язків, що немов «прошивають» молекули окремих білків, додаючи їм міцності, нерозчинності тощо. Прикладами таких білків є колаген шкіри, білки волосся, вовни, рогів, еластин і т.д.



Крім пептидного і дисульфідного у молекулі білка існує іонний, чи сольовий, зв'язок, що виникає між різнойменно зарядженими групами амінокислотних залишків аспарагінової і глутамінової кислот, аргініну, лізину і гістидину. Кінцеві і вільні COOH- і NH₂-групи можуть знаходитися в іонізованому стані. У результаті електростатичного притягання утворюється, що може поєднувати витки як однієї, так і різних поліпептидних ланцюгів:



Також в молекулі білка існують водневі зв'язки, що утворюються між частково електровід'ємними

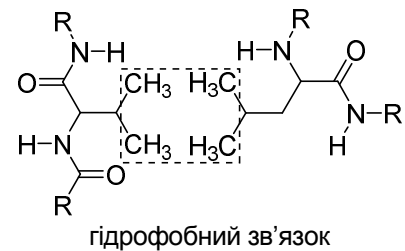


атомами Оксигену карбонілу одного пептидного зв'язку і частково електропозитивним атомом Гідрогену імінної групи – іншої. Водневий зв'язок, як і дисульфідний, з'єднує поліпептидні ланцюги чи їх окремі ділянки:

Водневий зв'язок набагато слабкіший, ніж пептидний, дисульфідний або іонний. Але оскільки в утворенні цього зв'язку приймають участь усі пептидні зв'язки, то білкова система в максимальному ступені насичена водневими зв'язками. Тому вони мають

дуже велике значення в стабілізації білкової молекули.

Розглянуті хімічні зв'язки мають яскраво виражений полярний характер. Однак у білках існують вуглеводневі радикали таких амінокислот, як аланін, валін, лейцин, ізолейцин, фенілаланін, триптофан, що не несуть електричного заряду і не розчиняються у воді. Радикали цих кислот називають гідрофобними групами (-CH₃, -C₂H₅ і т.д.) Між такими групами також можуть виникати сили взаємного притягання, у результаті чого утворюється слабкий *гідрофобний зв'язок*:



Завдяки тому, що молекули води виштовхують гідрофобні радикали зазначених амінокислот з білкової молекули, утворюється система, що нагадує колоїдну частку, усередині якої розміщена гідрофобна, зовні – гідрофільна частини молекули білку. Зближення цих радикалів обумовлено характером взаємодії гідрофобних груп з водою, молекули якої утворюють структуру, що нагадує кристали льоду.

Необхідно відзначити, що слабкі хімічні зв'язки (електростатична взаємодія між вільними і кінцевими NH₂- і COOH-групами, водневі зв'язки, а також гідрофобна взаємодія) відіграють важливу роль у підтримці і стабілізації строго визначеної конфігурації білкової молекули в просторі.

Найважливіші протеїногенні амінокислоти. Їх фізіологічне значення. На даний час відомо понад 150 амінокислот. Однак у якості структурних елементів білків виявлено лише 22 α-амінокислоти, проте до складу більшості білків постійно входить 20 амінокислот. Ці амінокислоти називають протеїногенними. Решта амінокислот входить до складу фізіологічно активних речовин (коферментів, гормонів, антибіотиків) або міститься в тканинах і органах тварин і рослин у вільному стані, виконуючи певні біологічні функції.

2.5. Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків

Всі живі організми різняться за здатністю синтезувати амінокислоти, які необхідні для біосинтезу білків. Організм людини синтезує лише частину амінокислот (замінні), інші надходять з їжею (незамінні). Замінні амінокислоти перетворюються в організмі одна в одну або синтезуються із проміжних продуктів вуглеводного або ліпідного обміну. Незамінні – утворюються лише в рослинах та деяких мікроорганізмах, наприклад, E.coli.

Як було зазначено вище, незамінні амінокислоти представлені ароматичними (фенілаланін, триптофан), аліфатичними (лейцин, валін, ізолейцин, лізин), сульфурвмісними (метіонін) і гідроксивмісними (треонін). Оскільки метіонін та фенілаланін є

вихідними амінокислотами для синтезу цистеїну і тирозину, то достатня кількість їх у їжі забезпечує синтез останніх в організмі.

До частково замінних належать аргінін і гістидин, оскільки в організмі їх синтез відбувається дуже повільно. Нехватка аргініну і гістидину, у дорослої людини, у загальному не впливає на розвиток, але може викликати екзему або порушення синтезу гемоглобіну. Молодий організм – потребує для розвитку аргінін і гістидин.

Насправді норми споживання білка встановлюються, виходячи з уявлень про білковий склад харчових продуктів, про співвідношення повноцінних і неповноцінних білків у раціоні. Основною складністю при розрахунку нормативів споживання білків є різноманітність їх амінокислотного складу і неоднакова потреба організму в різних амінокислотах. У зв'язку з цим встановлено критерії якості білка:

- співвідношення замінних та незамінних амінокислот – у білку має бути не менше 32% незамінних амінокислот;
- близькість амінокислотного складу білка до амінокислотного складу усередненого білка тіла людини;
- легкість перетравлювання в ШКТ.

Відсутність у раціоні хоча б однієї незамінної амінокислоти викликає негативний азотистий баланс (призводить до неповного засвоєння інших АК), порушує діяльність ЦНС, негативно впливає на ріст і викликає важкі клінічні наслідки. Ця закономірність підкоряється закону Лібіха, згідно якого, розвиток живих організмів визначається тією незамінною складовою, якої найменше. Залежність функціонування організму від кількості незамінних амінокислот застосовують при визначенні біологічної цінності білка хімічними методами (метод Mitchell&Block, 1946), за яким розраховують (у відсотках або за відносною величиною) показник амінокислотного скору (а.с.): відношення вмісту незамінної амінокислоти (а.к.) у досліджуваному білку до її кількості в еталонному білку:

$$\text{Амінокислотний скор} = \frac{\text{мг а.к. в 1г білка}}{\text{мг а.к. в 1г еталону}} \times 100$$

Еталонний (ідеальний) білок має збалансований амінокислотний склад та повноцінно відповідає потребам організму людини у кожній незамінній амінокислоті. Наприклад, максимально близьким до ідеального білку є білок куриного яйця.

Таблиця 3.1

Рекомендовані склади і добова потреба людини в незамінних амінокислотах (згідно ФАО і ВООЗ, 1985 р.)

Незамінні амінокислоти	ФАО/ВООЗ			Мг/кг маси тіла
	Діти 2-5 років	Діти 10-12 років	Підлітки	
Ізолейцин	28	28	13	10
Лейцин	66	44	19	14
Лізин	58	44	16	12
Метіонін+цистин	25	22	17	13
Фенілаланін+тирозин	63	22	19	14
Треонін	34	28	9	7
Триптофан	11	9	5	3,5
Валін	35	25	13	10

Амінокислота, скор якої найнижчий, називають першою лімітуючою амінокислотою (та, що надходить у мінімальній і недостатній кількості) і він визначає біологічну цінність і ступінь засвоєння білків. Відсутність цієї амінокислоти перешкоджає використанню (включенню до складу білка) інших амінокислот, яких може бути достатньо. Наочно показник біологічної цінності відповідає найнижчій дошці бочки Лібіха. Повна ємність бочки відповідає "ідеальному" білку, а висота дошки – біологічній цінності білка.

Інший метод визначення біологічної цінності білків ґрунтується на визначенні індексу незамінних амінокислот (ІНАК) – модифікація хімічного скору (Oser, 1951) і дозволяє враховувати кількість всіх незамінних кислот:

$$\text{ІНАК} = \sqrt[n]{\frac{\text{Ліз}_\delta}{\text{Ліз}_\epsilon} \times \frac{\text{Три}_\delta}{\text{Три}_\epsilon} \times \dots \times \frac{\text{Гіс}_\delta}{\text{Гіс}_\epsilon}}$$

де n – число амінокислот; б, е – індекси – вміст амінокислоти в досліджуваному та еталонному білках, відповідно.

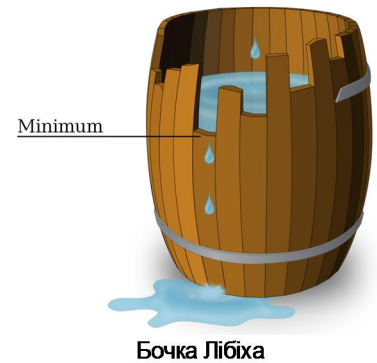
Крім хімічних, широко застосовують і біологічні методи із залученням мікроорганізмів і тварин. Основними показниками при цьому є приріс (ріст тварин) за певний проміжок часу, витрати білка і енергії на одиницю приросту, коефіцієнти перетравлення і відкладення нітрогену в тілі, доступність амінокислот. Показник, який визначає відношення приросту тварин (в г) до кількості вживаного білка (в г), називають коефіцієнтом ефективності білку – КЕБ (Osborn, 1919). Для порівняння, при визначенні коефіцієнта ефективності білку, використовують контроль – групу тварин із стандартним білком – казеїном, в кількості, яка забезпечує 10% білка в раціоні. В досліді на щурах ефективність казеїнового білка становить 2,5.

Тваринні і рослинні білки суттєво різняться за біологічною цінністю. Амінокислотний склад тваринних білків близький до таких у людини. Тваринні білки, на відміну від рослинних – неповноцінних (через відносно низький вміст лізину, триптофану, треоніну тощо), є повноцінними.

Таблиця 3.2.

Біологічна цінність основних білковмісних продуктів харчування і вміст і них незамінних амінокислот (мг/100 г)

Харчові продукти	Білок, %	Лімітуючі АК		Іле	Лей	Ліз	Мет	Цис	Фен	Три	Три	Тре	Вал
		1-ша	2-га										
Молоко	3,2	Мет 97	–	189	283	261	83	26	175	184	50	153	191
Яловичина	21,6	Вал 92	–	939	1624	1742	588	310	904	800	273	875	1148
Кури	18,2	Іле 95	Вал 96	693	1412	1588	471	224	744	641	126	885	877
Риба (тріска)	16	–	–	700	1300	1500	500	200	800	600	210	900	900
Яйце (білок)	11,1	–	–	628	917	683	413	277	673	397	169	483	735



Бочка Лібіха

Картопля	2	Мет 68	Лей 90	86	128	135	26	97	98	90	28	97	122
Соя	34,9	Мет 87	–	1810	2670	2090	520	550	1610	1060	450	1390	2090
Мука пшенична (в/с)	10,3	Ліз 43	Тре 75	430	806	250	153	200	500	250	100	311	471
Мука житня	10,7	Ліз 61	Тре 74	400	690	360	150	210	600	290	130	320	520
Рис	7	Ліз 67	Тре 85	330	620	260	160	137	370	290	100	240	420
Гречка	12,6	Ліз 76	Тре 79	460	745	530	320	330	592	430	180	400	590

В табл. 3.2 наведено вміст незамінних амінокислот, з урахуванням лімітуючих, в найбільш поширених харчових продуктах. Згідно таблиці можна скласти (орієнтовно) харчовий раціон, комбінуючи білки різного походження з метою доповнення їх за амінокислотним складом. Наприклад, білки пшениці містять недостатню кількість лізину (1-ша лімітуюча АК) і треоніну (2-га лімітуюча АК), але ці амінокислоти наявні, у надлишку, в казеїні молока. При цьому, нестача сульфурвмісних амінокислот в казеїні компенсується їх вмістом у білках пшениці. Відмітимо, що при надлишковому вживання тваринних білків в організм надходить надлишок насичених жирних кислот і холестерину. Тому, рекомендовано так складати дієти, щоб вони містили достатньо рослинного білка із різних джерел. Наприклад, комбінація кукурудзи з квасолею повноцінно забезпечує білком і усуває дефіцит триптофану, лізину, метіоніну. Слід зауважити, для збереження нормальної ваги і працездатності людини, необхідно враховувати не лише кількість і співвідношення незамінних амінокислот, але і загальний вміст нітрогену, оскільки недостатня його кількість знижує біологічну цінність білків.

Крім амінокислотного складу, біологічну цінність білків характеризує ступінь їх засвоєння, який, залежить від структурних особливостей, активності ферментів, глибини гідролізу в ШКТ та типу обробки білків у процесі приготуванні їжі (теплової, гідротермічної тощо). Наприклад, білки шкіри і кератин волосся, завдяки фібрилярній структурі, не використовують, не зважаючи на їх близький амінокислотний склад до білків тіла. Обробка білків, при приготуванні їжі (теплова, розварювання, протирання і подрібнення), прискорює перетравлення білків, особливо рослинних, проте нагрівання до високих температур (>100°C) утруднює його.

Слід відмітити, що тваринні білки характеризуються вищою засвоюваністю (всмоктується >90% амінокислот), ніж рослинні (60-80%). За швидкістю засвоєння білків у ШКТ, харчові продукти можна розташувати у наступний ряд:

риба > молочні продукти > м'ясо > хліб > крупи.

Однією з причин низького засвоєння білків є їх взаємодія з полісахаридами (целюлозою, геміцелюлозами), які ускладнюють доступ ферментів до поліпептидів.

У дітей при нестачі білка в їжі затримується ріст, відстає фізичний і розумовий розвиток, змінюється склад кісткової тканини, знижується активність імунної системи та опір до захворювань, гальмується діяльність ендокринних залоз. Виразним порушенням споживання білків є квашіоркор – нестача тваринних білків в їжі. В результаті виникає дисбаланс амінокислотного складу їжі та нестача незамінних амінокислот. Захворювання найбільш характерно для країн Азії та Африки і його

початок збігається із закінченням періоду лактації дитини (1,5-3 роки), коли вона позбавляється повноцінного білка і переходить на рослинне харчування дорослих. У хворих спостерігається виснаження, зупинка росту, набряклість, анемія, порушення інтелекту і пам'яті, розумова відсталість, гіпопротеїнемія та аміноацидурія.

2.6. Білки у харчуванні людини

Білки або протеїни – високомолекулярні нітрогеновмісні органічні сполуки, молекули яких побудовані із залишків амінокислот. Назва білок (або білкові речовини) у вітчизняній літературі прийнято називати клас сполук, які за аналогією з білком курячого яйця при денатурації набувають білого кольору. Термін "протеїни" (грец. *proteios* – першорядний) введено Берцеліусом (1838р.). Цей термін достатньо точно відображає біологічне значення найважливішого класу сполук – забезпечення складної ієрархії молекулярної структури та специфічних функцій живих організмів.

В природі існує близько 10^{10} - 10^{12} різних білків, що становлять основу усіх видів живих організмів, починаючи від вірусів і закінчуючи людиною. Велика різноманітність білків зумовлена здатністю 20 протеїногенних α -амінокислот взаємодіяти між собою з утворенням полімерних молекул з молекулярною масою від 5 тис. до 1 млн. (і більше) дальтон. Наприклад, включення до складу білка залишків тільки 15 амінокислот приводить до отримання приблизно $1,3 \cdot 10^{12}$ ізомерів. Неважко уявити, яке різноманіття білків з усіма особливостями структурної організації можливе в природі за умови включення в полімерний ланцюг сотні і більше протеїногенних амінокислот.

Кожний вид живих організмів характеризується індивідуальним набором білків, який визначається спадковою інформацією, закодованою в ДНК. Інформація про лінійну послідовність нуклеотидів ДНК переписується в лінійну послідовність амінокислотних залишків, яка, в свою чергу, забезпечує формування тривимірної стійкої структури індивідуального білка. Розміщення білкових молекул у просторі визначає їх біологічні функції.

Основними біологічними функціями білків є структурна (кератин волосся, нігтів, колаген сполучної тканини, еластин, муцини слизових виділень), каталітична (ферменти), транспортна (гемоглобін, міоглобін, альбуміни сироватки), захисна (антитіла, фіброген крові), скорочувальна (актин, міозин м'язової тканини), гормональна (інсулін підшлункової залози, гормон росту, гастрит шлунку) та резервна (овальбумін яйця, казеїн молока, феритин селезінки). Резервна, або поживна, функція заключається у використанні білків як джерела амінокислот, які витрачаються на синтез білків та інших активних сполук, що регулюють процеси обміну, наприклад, в плоді, який розвивається або паростках рослин. Такі білки відкладаються про запас в процесах дозрівання насіння і життєдіяльності тварин. Тому їх ще називають запасними. Запасні білки рослинного походження, згідно Осборна, відносяться до класів проламінів (гліадин пшениці, гордеїн ячменю, кукурудзи) і глютеїнів (орезинін рису, глютенін пшениці). Такі білки достатньо широко розповсюджені у природі і у відносно великій кількості входять до складу харчів та кормів для тварин.

Білкові речовини беруть участь також в багатьох інших важливих процесах в організмі, таких як збудження, координація рухів, диференціювання клітин. Враховуючи, що білки складають значну частину сухої речовини не тільки живих організмів, але й продуктів харчування, а також те, що вони мають певні специфічні функції,

які не є характерними для інших класів сполук, визначення складу та структурно-функціональної організації поліпептидів містить в собі відповідь на вирішення багатьох важливих проблем у виробництві, зберіганні та вживанні харчових виробів.

Всі елементи клітин знаходяться в процесі постійного оновлення, під час якого розклад врівноважується ресинтезом, тобто має місце стаціонарний стан фіксації рівноваги. Про стаціонарний стан і цілісність організму свідчить рівновага між швидкістю синтезу і розпаду білків тіла. Постійний обмін та оновлення здійснюється між білками тканин та «фондом» вільних амінокислот, які утворюються в процесі перетравлювання їжі та надходять у кров. Білки в організмі людини, незалежно від її віку, оновлюються постійно. В молодому організмі, який росте, швидкість синтезу білків перевищує швидкість їх розпаду; під час важких захворювань чи голодування – навпаки. Найшвидше оновлюються білки печінки і слизової оболонки кишківника (до 10 днів), найповільніше (до 180 днів) – білки м'язів (міозин), сполучної тканини (колаген) і мозку (мієлін). Період оновлення гормонів вимірюється годинами або навіть хвилинами (інсулін). Швидкість оновлення білків виражається часом, необхідним для обміну половини всіх молекул. Ця величина називається період півжиття ($T_{1/2}$). Середнє значення $T_{1/2}$ для білків всього організму складає близько 3 тижнів. Загальна швидкість синтезу білків у людини досягає 500 г в день, що майже в 5 раз перевищує споживання їх з їжею. Досягнення такого результату здійснюється за рахунок повторного використання продуктів розпаду білків і попередників амінокислот в організмі.

Ефективність обміну білків в значній мірі залежить від кількісного і якісного складу їжі. Під час надходження білків (з їжею) менше за рекомендовані норми, в організмі починають розпадатися білки тканин (печінки, плазми крові тощо), а утворені амінокислоти – витрачатися на синтез ферментів, гормонів та інших необхідних для підтримки життєдіяльності організму біологічно-активних сполук. Підвищена кількість білків в складі їжі значного впливу на обмін речовин в організмі людини не має, при цьому надлишок продуктів обміну нітрогену виводиться з сечею. Стан білкового обміну в більшій мірі залежить від нестачі або відсутності незамінних амінокислот. Клітини організму людини не можуть синтезувати необхідні білки, якщо в складі їжі відсутня хоча б одна незамінна амінокислота. Синтез білків також порушується, якщо частина амінокислоти руйнується в кишківнику патогенною мікрофлорою, амінокислоти погано всмоктуються, протеолітичні ферменти шлунково-кишкового тракту мало активні. Видалення частини амінокислот з організму з продуктами обміну речовин зумовлює його негативний азотистий баланс.

Показник азотистого балансу використовується для оцінки ступеня забезпеченості людини білковою їжею. Це різниця між кількістю нітрогену, що надходить з їжею, та кількістю нітрогену, що виводиться у вигляді кінцевих продуктів обміну, виражена у г/доба. При позитивному балансі кількість нітрогену, що виводиться з організму, менша за кількість нітрогену, що надходить в організм, при від'ємному – навпаки. Позитивний азотистий баланс характерний для молодого організму та вагітних жінок, негативний – для людей, їжа яких бідна на білки, для хворих з порушеннями процесів травлення їжі та людей похилого віку.

Стан, за якого кількість нітрогену, що надходить в організм, дорівнює кількості нітрогену, що виводиться з організму, характерний для азотистої рівноваги. Азотисту

рівновагу має здорова доросла людина, яка вживає повноцінні білки в необхідній кількості. Азотистий баланс такого організму дорівнює нулю.

На стан азотистого обміну організму істотно впливають жири та калорійність їжі, вітаміни (В₁, В₂, В₆, РР), мінеральні речовини і гормони. Наприклад, гормони щитовидної залози та низькокалорійна дієта стимулюють розпад білків, а гормони росту і статевих залоз, навпаки, сприяють їх синтезу. Таким чином, організм людини потребує забезпечення його білковою їжею, в іншому випадку можуть розвиватися патологічні процеси і настає смерть організму.

Середня добова фізіологічна потреба людини в білках постійно досліджується та періодично висвітлюється в рішеннях ВООЗ, ФАО та національних організацій різних країн. Ці величини мають орієнтовний характер, так як вони знаходяться на стадії постійного уточнення в залежності від віку людини, статі, характеру професійної діяльності, фізіологічного стану, клімату, індивідуальних та національних особливостей та ступеня забруднення навколишнього середовища. Згідно рекомендацій ВООЗ та ФАО, величина оптимальної потреби в білках становить 60-100 г на добу, або 12-15% від загальної калорійності їжі. В загальній кількості енергії частка білків тваринного та рослинного походження становить 6-8%. В перерахунку на 1 кг маси тіла потреба у білках на добу в дорослої людини в середньому дорівнює приблизно 1 г, тоді як для дітей, залежно від віку, вона коливається від 1,05 до 4,00 г.

Ці дані відображають загальні вимоги до оптимального рівня білка для забезпечення здоров'я людини. Наприклад, Чіттенден (Chittenden, 1904 р.) встановив, що споживання 44-53 г білка на день сприяє нормальному фізіологічному стану дорослої людини (вагою 70 кг). Відомі випадки, коли люди добре почували себе і під час вживання підвищеної кількості білка в день, наприклад, м'яса до 337 г на добу (Shah, 1953). У харчуванні слід дотримуватись норм, які рекомендуються.

Рекомендовані норми споживання основних харчових речовин для основних груп населення включають 73-120 г білка на добу для чоловіків і 60-90 г для жінок, в тому числі білка тваринного походження 43-65 і 43-49 г, відповідно. Нижня межа відноситься до тих, чия діяльність не пов'язана з фізичною працею, верхня – до людей, що займаються важкою фізичною працею. В середньому, для дорослого чоловіка в віці 30 років необхідний рівень споживання білка в перерахунку на нітроген дорівнює 9,0-9,2 г на добу на 1 кг маси. Для людей, які перенесли важкі інфекційні захворювання, хірургічні втручання, мають захворювання органів травлення, дихання, потреба в білку збільшується в середньому до 110-120 г в день, а в високобілковій дієті, наприклад, у діабетиків кількість білку може досягати 135-140 г. Білок обмежується до 20-40 г на добу під час захворювань, пов'язаних з нирковою недостатністю, подагрі.

Запитання для самоконтролю з теми

"БІЛКОВІ РЕЧОВИНИ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІЛКІВ"

1. Якими методами вивчається амінокислотний (АК) склад білків?
2. Які властивості АК? Які реакції характерні для всіх АК? Як виглядає алгоритм вивчення АК?
3. Звідки виникли поняття "замінні" та "незамінні" АК? Які особливості будови ізоамінокислот? Що таке імінокислоти?

4. Що таке небілкові АК організму вищих тварин та людини? Які особливості амінокислотного складу білків рослинної та тваринної сировини?
5. Як АК зв'язані в лінійну послідовність поліпептидних ланцюгів?
6. Якими зв'язками досягається формування стійкої просторової структури білків? Які зв'язки виникають між радиками АК? Які характерні ковалентні зв'язки в молекулі білка?
7. Як утворюються пептидні зв'язки? Яка роль ковалентних дисульфідних зв'язків? Як впливають на конформацію білкової молекули нековалентні гідрофобні взаємодії?
8. Чи розшифрована послідовність АК в білках? Чи синтезовано штучні пептиди з природними властивостями?
9. Якими структурами характеризується будова молекул білків? Яка будова колагенової спіралі?
10. Назвіть найбільш відомі методи виділення і очищення білків.
11. Що характерно для альбумінів та глобулінів?
12. Що таке протеїноїди? Як класифікуються протеїди?
13. Яке значення білків в організмі людини? Основні джерела білків в організмі людини.
14. Які основні функціональні властивості білків? Яке значення білків в технологічних процесах виробництва харчових продуктів?
15. Які рекомендовані норми білків в харчуванні і фактори, які на їх впливають?
16. В чому харчова та біологічна цінність білків? Методи визначення біологічної цінності білків?
17. Основні методи якісного та кількісного визначення білків у продуктах харчування та сировині?

РОЗДІЛ III. ХІМІЯ ОСНОВНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

3.1. Хімія м'яса.

М'ясо, молоко та продукти, які отримують із них, містять необхідні організму білки, що сприятливо збалансовані і добре засвоюються.

М'ясо – м'язові тканини різноманітних тварин що вживаються у їжу. Важливий продукт харчування, основне джерело тваринного білка та одне з головних джерел білка взагалі. М'ясо наземних ссавців містить усі необхідні для людини речовини. За походженням розрізняють м'ясо великих ссавців та птицю. Білки м'язової тканини м'яса тварин повноцінні, за збалансованістю амінокислот яловичина, баранина і свинина мало відрізняються одна від одної. Білки сполучної тканини і хрящів є неповноцінними. В організмі людини і тварин білки м'язів виконують скорочувальну функцію, білки сполучної тканини та хрящів – структурну. Функції всіх цих видів білків ґрунтуються на їх фібрилярній природі.

М'ясо - продукт забою сільськогосподарських та їстівних диких тварин у вигляді туші або частини туші (напівтуші, четвертини, відруби), що являє собою сукупність м'язової, жирової, сполучної та кісткової тканини (м'ясо на кістках) або без неї (безкісткове м'ясо). Також, м'ясом іноді називають деякі субпродукти: язик, печінку, нирки, мозок і серце, діафрагми, м'ясо голів та стравохід тощо. М'ясо використовується переважно як харчовий продукт.

Головна харчова цінність м'яса – в білках. Вміст білка в м'ясних продуктах коливається від 11 до 22%. Яловичина містить 18-20%, жирна свинина близько 12%, беконна свинина 17%, баранина 16-20% білка. Головними м'язовими білками є міозин і актин, молекулярна функція яких полягає в забезпеченні механізму м'язового скорочування і розслаблення за участі АТФ. Міозин становить 55% м'язового білка за масою. Це – гексамер з молекулярною масою 460 кД.

В м'язових клітинах міститься водорозчинний хромопротеїд міоглобін, який містить простетичну групу – гем-циклічний тетрапірол, наявністю якого пояснюється червоний колір цього білка. Тетрапіроли складаються із чотирьох молекул піролу, зв'язаних чотирма α -метиновими містками з утворенням плоскої кільцевої структури. В центрі плоского кільця розміщено атом феруму (Fe^{2+}), окиснення якого призводить до втрати біологічної активності міоглобіну.

Найбільш поширеним білком у тваринному світі є колаген – головна макромолекула шкіри, сухожилля, кровоносних судин, кісток, рогівки очей та хрящів. Він забезпечує позаклітинну структуру в сполучній тваринній тканині, існуючи не менш ніж в п'яти різних типах. Головною особливістю колагенових молекул є триспіральна структура, кожний α -ланцюг (субодиниця) якого – лівозакручена спіраль. У спіралі на кожний завиток припадає по три амінокислотних залишки. Три ліві α -спіралі закручуються в праві суперспіралі, які в свою чергу об'єднуються в фібрили.

Колаген – позаклітинний білок, але він синтезується всередині клітини у вигляді молекул-попередників, проходячи через ендоплазматичний ретикулум та комплекс Гольджі. В результаті процесу посттрансляційної модифікації потрійна спіраль колагену стабілізується між- і внутрішньоланцюговими дисульфідними зв'язками, О-глікозидними зв'язками між залишками сахаридів і гідроксилізіну та перехресним

зв'язуванням ланцюгів і спіральних молекул фібрил через Шиффові основи та альдольну конденсацію.

В еластичних фібрилах сполучної тканини виявлений білок еластин, який подібний за властивостями до колагену. Еластин міститься в зв'язках та стінках кровоносних судин. Цей білок багатий на гліцин, аланін і лізин, але бідний на пролін. Відмінною особливістю еластину є наявність в його структурі поперечних зв'язків особливого характеру. Альдегідні групи, які утворились в результаті окиснення аміногруп бокових ланцюгів залишків лізину і оксилізину, взаємодіють з аміногрупою за допомогою реакцій альдольної конденсації, дегідратації та окиснення, утворюють десмозин та ізодесмозин. Всі чотири аміно- та карбоксильні групи беруть участь в утворенні пептидних зв'язків.

М'ясо, яке містить багато сполучної тканини, залишається жорстким навіть після теплової обробки; засвоюваність колагену та еластину в ньому дуже низьке. Однак за необхідності посилення рухової функції кишківника доцільне використання продуктів, багатих сполучною тканиною. В дієтах застосовують желатин – продукт неповного гідролізу колагену. За амінокислотним складом желатин неповноцінний, але желатиноподібні продукти із нього перетравлюються без напруження секретії органів травлення.

Білки м'яса, особливо яловичини, є повноцінними. Однак від 3 до 15% білків (в залежності від відрубу - мінімум в вирізці) припадає на білки сполучної тканини - колаген і в меншій мірі еластин. Обидва вони неповноцінні, оскільки містять надто мало цистину і зовсім не містять триптофану. Від кількості і якості сполучної тканини залежать спосіб і тривалість приготування: чим її більше і чим вона міцніша, тим довше треба нагрівати м'ясо.

Жирність м'яса коливається в більш широких межах, ніж вміст білка (від 2 до 17% у яловичини і баранини, а у свинини і до 50%). Жири містять переважно насичені жирні кислоти, однак у свинячому жирі чимало (до 10,5%) поліненасичених кислот, у тому числі 9,5% ліноленової, 0,6% лінолевої і 0,4% арахідонової, біологічно найбільш активною. З тваринних жирів свинячий, безумовно, найбільш повноцінний.

У м'ясі і м'ясних продуктах досить багато вітамінів групи В: до 0,6 мг% тіаміну, до 0,2 мг% рибофлавіну і до 5 мг% ніацину. З мінеральних речовин (загальний вміст близько 1%) варто відзначити фосфор, калій, цинк і залізо, причому залізо знаходиться в гемоглобінній, легкозасвоюваній формі - воно засвоюється в три рази краще, ніж залізо з рослинних джерел.

М'ясні продукти взагалі, а особливо печінка і нирки, відрізняються значним вмістом екстрактивних речовин, включаючи азотисті - креатин, карнозин, пуринові основи тощо. Останні, часто називають "пурини", при варінні наполовину переходять у бульйон, тому у відварному м'ясі їх менше, ніж у смаженому або тушкованому. Оскільки пурини перетворюються в організмі людини в сечову кислоту і можуть при надмірному вживанні викликати відкладення солей і подагру, то згідно рекомендації дієтологів, з віком і при порушеннях обміну речовин обмежувати вживання бульйонів і смаженого м'яса.

М'ясо піддається різним видам кулінарної обробки - варіння, смаження, тушкування. При такій обробці розм'якшуються тканини, проте частково втрачаються деякі корисні речовини. Найбільше білків втрачається, до того ж безповоротно, коли

м'ясо смажать, - 8-12%. При варінні в бульйон переходить приблизно 10% білків, але бульйон ми використовуємо в їжу, тому загальні втрати невеликі - не більше 2%. Трохи більше білка пропадає при тушкуванні - від 4 до 8%. Втрати жиру при варінні досягають 25-35%, і знову через перехід в бульйон; при тушкуванні вони набагато менші - 4-8%.

Теплова обробка відбивається і на вітамінах. Харчова цінність м'яса залежить від кількості і співвідношення білків, жирів, вітамінів, мінеральних речовин, а також ступеня засвоюваності їх організмом людини. Білки м'язової тканини засвоюються на 96%, тваринні жири – на 92,4–97,5%. Енергетична цінність м'яса залежно від виду, вгодованості і віку тварин становить у середньому 377-2046 кДж.

3.1.1. Значення м'ясних страв у харчуванні.

М'ясні гарячі страви є важливим джерелом повноцінних білків, жирів, мінеральних і екстрактивних речовин, вітамінів А та групи В. Амінокислотний склад білків м'язових волокон близький до оптимального, коефіцієнт засвоєння їх дуже високий (97%). Жири підвищують калорійність страв, а також є джерелом енергії. Екстрактивні речовини надають стравам своєрідного приємного смаку й аромату, сприяють виділенню травних соків, збудженню апетиту і поліпшують засвоюваність їжі. М'ясо поєднують з овочами, які використовують як гарнір або тушкують разом з ними, завдяки чому мінеральний склад м'ясних страв збагачується лужними сполуками, досягається оптимальне співвідношення кальцію і фосфору, підвищується вітамінна активність. Гарніри з круп і макаронних виробів збагачують м'ясні страви вуглеводами, вітамінами і мінеральними речовинами. Більшість м'ясних страв подають з різноманітними соусами (з хрину, гірчиш, грибів, цибулі, часнику, м'яти, шавлю, чорносливу), які поліпшують смак і зовнішній вигляд. Залежно від способу теплової обробки м'ясні гарячі страви поділяють на варені, смажені, тушковані і запечені.

У процесі теплової обробки м'яса білки, жири, мінеральні речовини зазнають складних змін. Повноцінні білки м'язових волокон при нагріванні зсідуються і витискують рідину, яка міститься в них, разом з розчиненими в ній речовинами. При цьому м'язові волокна ущільнюються, втрачають здатність вбирати воду, маса м'яса зменшується.

Сполучна тканина м'яса складається з неповноцінних білків колагену й еластину. Колаген під дією тепла і при достатній кількості вологи перетворюється на глютин, який розчиняється у гарячій воді.

М'ясо вважається готовим при перетворенні 45% колагену в глютин. При цьому зв'язок між колагеновими волокнами послаблюється, і воно розм'якшується. Тривалість розм'якшення м'яса залежить від кількості колагену і його стійкості проти дії тепла. На стійкість колагену впливають різні фактори: порода, вік, угодваність, стать тварин тощо. Частина м'яса, які містять нестійкий колаген, розм'якшуються за 10–15 хв., а стійкий – за 2–3 год. Процес переходу колагену у глютин починається при температурі більш як 50°C і особливо швидко відбувається при температурі понад 100°C.

При смаженні м'ясо, що містить стійкий колаген, залишається твердим оскільки волога з нього випаровується швидше, ніж відбувається перехід колагену у глютин. Колагенові волокна при цьому стають коротшими на половину своєї початкової довжини, а шматочки м'яса деформуються. Тому для смаження використовують м'ясо,

що містить нестійкий колаген. Перед смаженням шматочки його відбивають, роблять надсічки, перерізають сполучну тканину, щоб запобігти деформації.

М'ясо з великим вмістом колагену використовують для варіння і тушкування. У кислому середовищі перехід колагену відбувається швидше. Тому перед смаженням м'ясо маринують, а в процесі тушкування додають кислі соуси або томатне пюре. Неповноцінний білок м'яса еластин під час теплової обробки майже не змінюється і не засвоюється організмом людини. Екстрактивні речовини, мінеральні солі, розчинні білки під час варіння м'яса переходять у відвар, білки переходять у відвар доти, доки м'ясо не прогріється. Тому солити воду, в якій вариться м'ясо, треба після того, як воно добре прогріється, і білки втратять здатність розчинятися. При смаженні з поверхні м'яса волога частково випаровується, а частково переміщується вглиб виробів. Вироби слід смажити на добре розігрітій з жиром сковороді при сильному нагріванні. При цьому швидко утворюється кірочка, яка запобігає витіканню клітинного соку. Колір рум'яної кірочки зумовлений меланоїдиновими утвореннями, в ній концентруються білки, мінеральні та екстрактивні речовини м'яса, які надають йому особливого приємного смаку й аромату. Червоний колір м'яса залежить від барвника міоглобіну, внаслідок розпаду якого у процесі теплової обробки він змінюється.

Вміст жиру під час теплової обробки зменшується, оскільки при смаженні він витоплюється, а при варінні переходить у бульйон і спливає на поверхню. М'ясні гарячі страви готують у соусному відділенні гарячого цеху. Варять і тушкують м'ясо в казанах, каструлях, сотейниках; смажать на пательнях, грилях, електропательнях, жаровнях і на рожнах; запікають на листах, порційних пательнях. Температура при подаванні готових м'ясних страв повинна бути не нижчою за 65°C.

Державне нормування показників якості і безпеки м'яса, м'ясної сировини та м'ясних продуктів проводять шляхом встановлення норм цих показників у нормативно-правових актах, стандартах та інших нормативних документах на продукцію.

У процесі розроблення, прийняття, внесення змін, а також перевірки нормативно-правових актів, стандартів та інших нормативних документів на м'ясо, м'ясну сировину та м'ясні продукти необхідно враховувати такі вимоги:

забороняється використання:

- у м'ясних продуктах вищого сорту – м'яса механічного обвалювання, шкірки свинячої, крохмалю харчового, борошна пшеничного, гідратованих продуктів із сої та її похідних, а також стабілізаторів, емульгаторів, консервантів, барвників, антиоксидантів, карагенінів, згущувачів тощо (крім нітриту натрію, фосфатів, аскорбінової кислоти, аскорбінату натрію), сумішей прянощів, до складу яких входять харчові добавки;
- у продуктах дитячого та дієтичного харчування, а також у консервах та напівфабрикатах – м'яса механічного обвалювання;
- дозволяється використання м'яса механічного обвалювання, шкірки свинячої, крохмалю харчового, борошна пшеничного, гідратованих продуктів сої та її похідних, харчових добавок, а також сумішей прянощів, до складу яких входять харчові добавки, за умови, що їх загальна кількість не перевищує у м'ясних продуктах першого сорту 30 відсотків загальної маси сировини, зокрема м'яса механічного обвалювання – 10 відсотків, другого сорту – відповідно 40 і 20 відсотків, третього сорту – відповідно 50 і 30 відсотків.

У консервах і напівфабрикатах дозволяється використання шкірки свинячої, крохмалю харчового, борошна пшеничного, гідратованих продуктів сої та її похідних, харчових добавок, а також сумішей прянощів, до складу яких входять харчові добавки, але не більше 25 відсотків загальної маси сировини.

Дозволяється використання білкових стабілізаторів, шкірки свинячої у виробництві вищого сорту кров'яних, ліверних ковбас та сальтисонів.

З метою забезпечення належної якості і безпеки м'яса, м'ясної сировини та м'ясних продуктів забороняється приймання на переробку суб'єктами господарювання сільськогосподарських чи диких тварин, птиці без ветеринарної довідки або свідоцтва, чи сертифіката, якими засвідчується стан їх здоров'я.

Забороняється присвоєння новим видам м'ясних продуктів загальновідомих назв, а також додавання окремих слів до загальновідомих назв.

М'ясні продукти, за винятком напівфабрикатів та консервів (крім яловичини тушкованої), повинні виготовлятися за сортами.

Забороняється відокремлення процесу пакування м'ясних продуктів від технологічного циклу виробництва продукції.

Упаковка для м'яса, м'ясної сировини та м'ясних продуктів повинна бути виготовлена з матеріалів, дозволених для використання центральним органом виконавчої влади з питань охорони здоров'я. Пакувальні матеріали, що вступають у контакт з м'ясом, м'ясною сировиною та м'ясними продуктами, повинні бути нейтральними до них.

Маркування м'яса, м'ясної сировини та м'ясних продуктів здійснюється з урахуванням вимог Закону України "Про забезпечення якості та безпеки харчових продуктів і продовольчої сировини".

Технологічне обладнання, тара, інвентар та транспортні засоби, в яких перевозяться і зберігаються м'ясо, м'ясна сировина та м'ясні продукти, повинні виготовлятися з матеріалів, дозволених центральним органом виконавчої влади з питань охорони здоров'я.

М'ясо, м'ясна сировина та м'ясні продукти, що ввозяться в Україну, підлягають обов'язковому контролю відповідно до законодавства.

Законом можуть бути встановлені також інші вимоги щодо забезпечення якості і безпеки м'ясної сировини та м'ясних продуктів.

Домашня птиця характеризується скоростиглістю, економічністю вирощування і високим виходом їстівних частин тушок. Основну частку переробленої птиці складають кури і курчата, які за переважаючою продуктивністю ділять на м'ясні, яєчні і м'ясо-яєчні. Качки мають високу стиглість і яйценосність. Приплід від однієї качки може дати до 75 кг м'яса на рік. Всі породи гусей та індиків за їх продуктивністю відносять до м'ясного типу. М'ясо індиків ніжне, соковите і не дуже жирне. Морфологічний і хімічний склад м'яса птиці. Тіло птиці відрізняється від тіла забійних тварин будовою скелета, мускулатури, внутрішніх органів і шкіряним покривом. Кістки тонші, твердіші і міцніші. Частка кісткової тканини складає 13–16% від живої маси курей. Мускульна тканина у птиці щільна і дрібноволокниста. У порівнянні із забійними тваринами, вона менше пронизана сполучною тканиною, більш ніжна і пухка, а тому краще засвоюється організмом людини. У молодих і м'ясних птахів м'язова волокна товстіші, ніж у дорослих і яєчних порід, м'язова тканина самців товстіша і

жорсткіша, ніж у самок. Грудні (філейні) м'язи курей та індиків білі з рожевим відтінком (біле м'ясо), а решта червоного кольору. М'ясо гусей і качок має темне (червонувате) забарвлення. Червоне м'ясо містить менше, ніж біле, азотистих екстрактивних речовин і більше жиру. Найбільш розвинуті грудні м'язи, вин і більше жиру. Найбільш розвинуті грудні м'язи, частка яких майже рівна масі інших м'язів.

Жирові відкладення у птиці розміщені під шкірою, на внутрішніх органах і між м'язовими пучками. В м'ясі птиці "мармуровість" відсутня.

Шкіра у птиці тонка, рухлива, від біло-рожевого до жовтого кольору різних відтінків. Співвідношення між окремими складовими частинами тіла залежить від виду, статі, віку, вгодованості. Наприклад, вихід їстівних частин у курчат бройлерів 49 днів складає 52–55%, каченят такого ж віку – 49–53, індичат 120 днів – 60–63, гусят 63 днів – 50–54%.

Хімічний склад м'яса залежить від виду, віку, вгодованості птиці та інших факторів. Вміст білків коливається від 15,2% (гуси I категорії) до 21,6% (індики II категорії). М'ясо птиці II категорії містить на 1,8–3,2% більше білків, ніж м'ясо I категорії. У ньому в 2–3 рази менше неповноцінних білків, ніж у яловичині. Для м'яса курей і бройлерів I категорії лімітованою є амінокислота ізолейцин, амінокислотний скор якої відповідно 90 і 88%, а м'яса курей II категорії – валін (86%). Метіонін з цистеїном лімітовані в індичині (79%) і качатині I категорії (90%).

Вміст ліпідів коливається в значних межах у різних видах м'яса птиці. Найменше їх накопичується у м'ясі курчат-бройлерів II (5,2%) і I категорій (12,3%). М'ясо курей відповідних категорій містить в 1,5 рази більше цих сполук. Найбільше ліпідів містять гусятина і качатина як першої (39 і 38%), так і другої (27,7 і 24,2%) категорій. М'ясо дорослої птиці багате на екстрактивні речовини, які використовують у дієтичному і лікувальному харчуванні. Вітамінний і мінеральний склад м'яса птиці близький до м'яса тварин. Дозрівання м'яса птиці проходить інтенсивніше, що поліпшує смакові властивості і засвоюваність цієї продукції. М'ясо качок дозріває скоріше, ніж м'ясо курей і гусей.

М'ясо птиці має приємний смак і аромат, зумовлені близько 180 компонентами, які являють собою різні кислоти, спирти, складні ефіри, сірковміщуючі сполуки, ароматичні вуглеводні тощо. Первинна обробка домашньої птиці проводиться за такою схемою: підготовка до забою, забій і знекровлення, обскубування, потрошіння, охолодження, сортування і пакування.

Патрання – це видалення всіх внутрішніх органів, голови, шиї (без шкіри), ніг. Допускається випускати тушки з легенями і нирками. Випускають також патрані тушки з комплектом потрухів (печінка, серце, м'язовий шлунок) і шиєю, які упаковані в полімерну плівку, целофан або пергамент і вкладені в порожнину тушки. Напівпатрані тушки формують для надання їм привабливого вигляду і округлої форми: у сухопутної птиці крила притискають до тушки, ноги – до грудей; у водоплаваючої ноги закладають за спину, голову з шиєю підвертають до спини. Потім тушки охолоджують, сортують за вгодованістю і якістю обробки, маркують і пакують. Класифікація м'яса птиці ведеться за рядом ознак. Залежно від виду птиці розрізняють м'ясо курей, качок, гусей, індичок і цесарок.

За віком виділяють м'ясо молоді і дорослої птиці.

Про шкідливість вживання немитих продуктів відомо давно, однак, мало хто знає при цьому, що всілякі мікроби часто стають причиною розвитку таких захворювань, як алергія, виразка, гастрит, діабет і навіть підвищений вагу. Тому попередня обробка продуктів перед їх приготуванням для сучасної людини набуває особливого значення. Особливо, це актуально для дачі, де санітарні умови в гіршу сторону відрізняються від обстановки міської квартири. Отже, що з вмісту дачної кухні становить підвищену небезпеку для здоров'я?

Перш за все, свіже м'ясо – відмінне середовище для розмноження збудників різних хвороб. Особливо це стосується свинини. Саме виходить від неї потенційна загроза здоров'ю і навіть життю є дійсною причиною заборони на її вживання в мусульманських країнах, велика частина яких розташована, як відомо, в жаркому кліматичному поясі.

Однак, заморожене м'ясо, яке найчастіше зустрічається в наших супермаркетах, таїть не менше небезпек. Наприклад, сальмонела здатна жити в ньому більше місяця, тоді як статистика показує, що з моменту заморозки курятини до її використання проходить значно менший термін. Думка, що теплова обробка м'яса та м'ясних продуктів вбиває всі відомі мікроби, а значить, хвилюватися нема про що не в повній мірі описує дійсність. Це, дійсно, так, але проблема в тому, що в процесі приготування їжі м'ясо може стикатися з іншими продуктами, які вживаються сирими, наприклад, овочами. Причому контакт може бути опосередкованим, тобто не прямим. Таке трапляється, якщо овочі шаткують на тій же дошці, що перед цим використовувалася для оброблення м'яса. Щоб уникнути розповсюдження зарази таким чином, потрібно обробляти м'ясо ізольовано від інших продуктів, тобто обробляти на окремій дошці, призначеній тільки для цих цілей, а по завершенні ретельно мити стіл, ніж, посуд і, звичайно ж, руки. Відбивати м'ясо краще попередньо помістивши його в спеціальний пакет. Не менш серйозне джерело загрози – сирі яйця. Їх шкаралупа є хорошим прихистком для сальмонельозу. Значно знизити цей ризик може ретельне промивання яйця гарячою водою, а також збільшення часу теплової обробки при смаженні або варінні до 7 хвилин. Якщо обробка яєць займає у вас менше часу, то ви сильно ризикуєте! Чудово відчують себе личинки паразитів на свіжій рибі. Тому ніколи не варто купувати копчений або в'ялений продукт на базарі, де він не пройшов відповідної перевірки. При самостійній засолюванні кількість використовуваної солі має становити близько 20% від живої маси риби. З великою обережністю треба ставитися до суші – вони дуже часто стають причиною небезпечних отруєнь. Безпечно зберігання овочів також пов'язане з цілою низкою умов, особливо, на дачі, де вони потрапляють в холодильник безпосередньо з грядок. Причому багато бактерії, що живуть на овочах, не бояться низьких температур і активно розмножуються в холодильниках. Так що перед тим, як помістити на зберігання моркву, капусту, помідори або огірки їх потрібно ретельно промити, після чого упакувати в чисті поліетиленові пакети.

Дуже важливо уважно сортувати овочі, так як навіть незначні пошкодження на шкірці сприяють активному розмноженню уцілілих при обробці бактерій. А пророслий картопля це джерело отруйної речовини – солонина, великі дози якого смертельно небезпечні.

Часто на дачі овочеві салати готують заздалегідь і у великих кількостях. При цьому ризик розповсюдження хвороботворних мікроорганізмів значно підвищується.

Ось чому хоча б і важлива попередня обробка овочів водою, змивання з них мікробів. До того ж краще поміщати нарізані овочі в герметично закритих ємностях, не перевищуючи рекомендовані терміни зберігання.

Дача нерозривно пов'язана з консервацією, яка може стати джерелом ботулізму. Пам'ятайте, категорично забороняється використовувати вміст банок зі вздувшимися кришками.

3.2. Хімія молока.

2.2.1. Загальні характеристики молока

Молоко - один із самих цінних продуктів харчування людини. По харчовій цінності воно може замінити будь-який продукт, але жоден продукт не замінить молоко. Молоко та молочні продукти широко застосовують при лікуванні і профілактиці різних хвороб людини. Особливе значення мають молочні продукти при лікуванні хвороб печінки, легень, шлунково-кишкового тракту тощо.

Молоко містить всі необхідні для харчування людини речовини - білки, жири, вуглеводи, які знаходяться в збалансованих співвідношеннях і дуже легко засвоюються організмом. Крім того, в ньому містяться багато ферменти, вітаміни, мінеральні речовини та інші важливі елементи живлення, необхідні для забезпечення нормального обміну речовин.

Молоко – це гетерогенна система, в якій як дисперсна фаза виступають емульговані жирові глобули та колоїдні міцели казеїну, а як дисперсне середовище – розчин білків, лактози, солей і вітамінів. Особливу цінність мають білки молока. Ступінь засвоєння білків молока становить 96-98%. Загальний вміст білків коливається в межах від 2,9 до 3,5%. Серед них виділяють дві основні групи: казеїни та сироваткові білки (табл. 2.1). В молоці міститься більше 20 ферментів (ксантиноксидаза, пероксидаза, каталаза, ліпаза, холінестераза, α -амілаза, лізоцим, протеаза тощо), а також гормони (пролактин, окситоцин, кортикостероїди, тироксин, трийодтиронін тощо) і білки в складі оболонки жирових кульок. Хімічний склад молока не лише визначає його харчову і біологічну цінність, але і впливає на технологічну переробку, вихід і якість готової продукції.

Таблиця 2.1

Склад та молекулярні характеристики білкових компонентів молока

Компоненти	Вміст		Молекулярна маса, кД	ІЕТ
	% від загальних білків	г/л		
Казеїн:	78-85			
α S1-казеїн	43-54	12-15	23,0	4,4-4,8
α S2-казеїн		3-4	25,0	–
β -казеїн	25-35	9-11	24,0	4,8-5,1
χ -казеїн	8-15	2-4	19,0	5,4-5,8
Білки сироватки:	15-25	6-8		
β -лактоглобулін	7-12	3,6	18,3	5,1
α -лактальбумін	2-5	1,7	14,2	4,2-4,5
імуноглобуліни	1,5-2,5	0,6	150-1000	5,5-8,3
альбумін сироватки крові	0,7-1,3	0,4	69,0	4,7-4,9

Основні білки молока – казеїни, які легко перетравлюються і є джерелами незамінних амінокислот, кальцію, фосфору та деяких фізіологічно-активних пептидів. Так, під дією хімозину на κ-казеїн в шлунку вивільняються гліко- та фосфоропептиди, які регулюють секрецію шлункового соку, моделюють фізико-хімічні властивості білків (розчинність, в'язкість, заряд, денатурацію), здійснюють захист від протеолізу і впливають на проникність мембран клітин. Важливими фізіологічними функціями характеризуються і сироваткові білки. Імуноглобуліни виконують захисну функцію, лактоферин та лізоцим (фермент) є носіями антибактеріальних властивостей, а лактоферин і β-лактоглобулін виконують транспортну роль, вони переносять в кишківник мікро- та мікроелементи, вітаміни і ліпіди. α-Лактальбумін необхідний для синтезу лактози в молоці із УДФ-галактози та глюкози.

Деякі амінокислоти легко утворюються в організмі з інших кислот, але є й такі, які повинні надходити з їжею (людський організм не здатний їх синтезувати). Ці амінокислоти (лізин, триптофан, метіонін, фенілаланін, лейцин, ізолейцин, треонін, валін) називають незамінним. За вмістом незамінних амінокислот білки молока відносять до білків високої біологічної цінності. Особливо багаті незамінними амінокислотами сироваткові білки молока.

Для більшості компонентів казеїну, α-лактальбуміну, β-лактоглобуліну та компонентів протеозо-пептонної фракції розшифровані первинні і деякі фрагменти вторинної, третинної, четвертинної структур. Так, молекули казеїну містять невелику кількість α-спіралей – 1-6% (тоді як, наприклад, α-лактальбумін складається із 26% α-спіралі, β-конформації) і тільки решта кількості білка – невпорядкована структурна організація.

У процесі утворення четвертинної структури казеїну велику роль відіграють гідрофобні взаємодії та фосфат-кальцієві мостики; меншу – електростатичні та водневі зв'язки. Фосфаткальцієві мостики є основою казеїнкальцієвого ортофосфатного комплексу, у вигляді якого казеїн міститься в молоці:

Кальцій у складі комплексу виконує роль структуроутворювача, створюючи мостик між серинфосфатними групами двох молекул казеїну, а залишки ортофосфатної кислоти посилюють кислі властивості білка, зумовлені присутністю в поліпептидах β- і γ-карбоксільних груп аспарагінової та глютамінової кислот. Казеїн із молока осаджується за рН 4,6-4,7, у момент, коли на його молекулах настає рівність позитивних і негативних зарядів. Нерозчинний казеїн зв'язує воду в достатньо великих кількостях (більше 2 г на 1 г білка), що дуже важливо для стійкості частинок білка в сирому, пастеризованому або стерилізованому молоці. Гідрофільні властивості казеїну посилюються під час взаємодії його з β-лактоглобуліном, яка спостерігається в процесі теплової обробки молока, і від них залежать структурно-механічні властивості згустків, що утворюються під час кислотного згортання або отримання сирної маси у процесі дозрівання сирів.



Білки молока характеризуються високою біологічною цінністю, вони містять у достатніх кількостях (надлишок) лізин та триптофан та невелику кількість (нестача) сульфурвмісних амінокислот. Білки сироватки містять незамінні амінокислоти в значно більших кількостях, ніж казеїн, включаючи лізин, треонін, триптофан, метіонін та цистеїн.

На частку сироваткових білків від загальної кількості білків в молоці припадає 0,5-0,8%. β -Лактоглобулін стійкий у кислому середовищі шлунка до дії пепсину, тому розщеплюється тільки в кишківнику трипсином і химотрипсином. У процесі пастеризації молока білок денатурується, утворюючи комплекси з κ -казеїном, і осаджується разом з ним під час кислотної та сичужної коагуляції. Податливість даного комплексу до дії сичужного ферменту знижується. α -Лактальбумін не осаджується в ізоелектричній точці (рН 4,6), не згортається під дією сичужного ферменту і термостабільний за рахунок великої кількості дисульфідних зв'язків. Імуноглобуліни за хімічною природою є глікопротеїдами. Вони виконують свою функцію, викликаючи аглютинацію мікроорганізмів та інших чужорідних клітин. Виділені три основні групи імуноглобулінів: G, A і M. Серед них є мономери та полімери, які складаються із важких і легких поліпептидних ланцюгів з молекулярними масами 50 кД і 25 кД, відповідно.

Розрізняють два основних типи молочної сироватки: солодку, яка утворюється під час виробництва сирів, і кислу, яку отримують у процесі осадження сиру та казеїнів. Для застосування молочної сироватки як добавки в хлібопекарній, кондитерській промисловості, для виробництва сумішей для дитячого харчування її концентрують методами сушіння, ультрафільтрації, електродіалізом та осадженням білка у вигляді комплексів з поліелектролітами. Для отримання ізолятів, концентратів та копреципітатів застосовують термоденатурацію з наступним осадженням білка в ІЕТ (рН 4,5-4,6) і комплексоутворення з аніонними полісахаридами (КМЦ, альгінати та пектини). Ці способи дозволяють виділити до 70-90% повноцінного білка молочної сироватки і урізноманітнювати його функціональні властивості.

Велике значення в харчуванні людини має молочний жир. Жири є джерелом енергії і виконують різноманітні функції в організмі людини. Біологічна цінність жирів визначається наявністю в них поліненасичених жирних кислот (лінолевої, ліноленової та арахідонової). Ці жирні кислоти не синтезуються в організмі людини.

Молочний жир містить недостатню кількість поліненасичених жирних кислот. Присутність у молочному жирі значних кількостей фосфоліпідів і вітамінів (А, D, Е) підвищує його біологічну цінність. Крім того, молочний жир, в порівнянні з іншими жирами, краще засвоюється організмом людини. Цьому сприяють, по-перше, відносно низька температура плавлення жиру (27-34 ° С), по-друге, знаходження його в молоці в емульгованому стані - у вигляді дрібних жирових кульок.

До складу молока входить цінний вуглевод - лактоза (молочний цукор), використовуваний організмом як джерело енергії. Надходження лактози в кишечник дитини сприяє розвитку корисної мікрофлори, яка, утворюючи молочну кислоту, пригнічує гнильні процеси.

Не менш цінні й мінеральні компоненти молока. Перш за все, слід відзначити високий вміст солей кальцію і фосфору, які потрібні організму для формування кісткової тканини, відновлення крові, діяльності мозку і т. д. Обидва елементи знаходяться в молоці не тільки в прекрасно засвоєній формі, але і в добре збалансованих співвідношеннях, що дозволяє організму максимально їх засвоювати. Близько 80% добової потреби людини в кальції задовольняється за рахунок молочних продуктів.

У молоці містяться такі важливі макроелементи, як калій, натрій, магній, хлор, а також мікроелементи - цинк, кобальт, марганець, мідь, залізо, йод, які беруть участь у побудові ферментів, гормонів і вітамінів.

Молоко є майже всіх видів вітамінів. Так, добова потреба в відносно дефіцитному вітаміні В₂ задовольняється на 42-50% за рахунок молока і молочних продуктів. Також основним джерелом вітаміну А в харчуванні людини є вершкове масло. Молоко являє собою біологічну рідину, яка утворюється в молочній залозі ссавців і призначена для вигодовування новонародженого.

Зміст окремих компонентів у молоці не постійно, вона змінюється в залежності від стадії лактації, породи тварин, стану здоров'я кормів, пори року, віку, індивідуальних особливостей, умов утримання, техніки доїння тощо.

3.2.2. Властивості коров'ячого молока

Свіже натуральне молоко, отримане від здорових тварин, характеризується певними фізико-хімічними, органолептичними і технологічними властивостями. Однак вони можуть різко змінюватися під впливом різних факторів (стадія лактації, хвороби тварин та ін), а також при фальсифікації молока. Тому їх визначення дозволяє оцінити натуральність, якість та придатність молока до переробки в ті чи інші молочні продукти.

3.2.2.1. Фізико-хімічні властивості молока

Титруєма кислотність. Титруєма кислотність виражається в умовних одиницях - градусах Тернера³. Кислотність свіжого молока, в середньому, становить 16-18 °Т. Титруєма кислотність молока обумовлена наявністю деяких аніонів фосфорної і лимонної кислот, білків (казеїн і сироваткові білки) і діоксиду вуглецю. Білки дають 4-5°Т, дигідрофосфат і дигідроцитрати - близько 1°Т, СО₂ та інші складові частини молока - 1-2°Т.

Кислотність молока в окремих тварин може змінюватися в досить широких межах. Вона залежить від раціонів годівлі, породи, віку, індивідуальних особливостей тварини тощо. Особливо сильно змінюється кислотність молока протягом лактаційного періоду і при захворюваннях тварин. У перші дні після отелення кислотність молока (молозива) дуже висока за рахунок великого вмісту білків і солей. Потім, у міру встановлення нормального хімічного складу молока, кислотність знижується. Стародойне молоко має низьку кислотність.

Свіже натуральне молоко з підвищеною природною кислотністю (від 19 до 21°Т) придатне для виробництва кисломолочних продуктів і сиру. При зберіганні сирого молока кислотність підвищується в міру розвитку в ньому мікроорганізмів, що зброджують молочний цукор з утворенням молочної кислоти.

Активна кислотність. Активна кислотність виражається концентрацією водневих іонів, або водневим показником (рН). Водневий показник свіжого молока коливається в межах 6,55-6,75. Активна кислотність не збігається з титруємою. При зберіганні сирого молока кислотність, що титрується змінюється значно швидше, ніж

³ Під градусами Тернера розуміють кількість кубічних сантиметрів 0,1 н. розчину натрій гідроксиду, яке витрачається на нейтралізацію (титрування) 100 см³ молока, розведеного вдвічі водою.

активна. Розбіжності активної і титруючої кислотності пояснюється буферністю молока, яка обумовлена вмістом у ньому білків і суміші фосфатів і цитратів. Буферні властивості білків молока пояснюються наявністю аміних і карбоксильних груп. Буферні властивості фосфатів проявляються у взаємному переході гідрофосфату в дигідрофосфат і навпаки. Буферні властивості складових частин молока відіграють велику роль у життєдіяльності організмів при виготовленні кисломолочних продуктів і сиру. Так, рН кефіру при титруємій кислотності 80°Т має величину рівну 4,76. Аналогічно, в сирі при високій титруємій кислотності рН становить лише 5,3-5,5, що пояснюється буферними властивостями білків сирної маси. При такій активній кислотності в сирі і кисломолочних продуктах можливий розвиток молочнокислих бактерій.

Окисно-відновний потенціал. Окисно-відновний потенціал молока характеризує здатність його складових віддавати або приєднувати електрони (атоми водню).

Молоко містить ряд сполук, здатних легко окиснюватися і відновлюватися. Окисно-відновну систему молока утворюють аскорбінова кислота, токофероли, рибофлавін, цистеїн, оксидоредуктаза, кисень та інші легко відновлюються і речовини, що окиснюються. Від окисно-відновного потенціалу залежать розвиток в молоці, закваках, сирної маси молочнокислих бактерій і перебіг біохімічних процесів (розпад білків, амінокислот, жиру, накопичення ароматичної речовини діацетила тощо).

Густина молока. Густина молока – це маса молока при 20°С, укладена в одиниці об'єму (кг/м³). Її визначають аерометричним методом.

Густина молока залежить від температури і вмісту в ньому складових частин, які мають наступну густина (кг/м³): молочний жир - 922, білки - 1391, молочний цукор - 1610, солі - 2857.

Оскільки хімічний склад молока змінний, то і густина його коливається в досить широких межах – від 1027 до 1032 кг/м³.

Густина молока, відразу після доїння, нижча густини, виміряної через кілька годин, на 0,8-1,5 кг/м³. Тому її слід контролювати через 2 години після доїння.

Густина молока змінюється протягом лактаційного періоду і під впливом різних факторів (хвороб, породи тварини тощо). У перші дні після отелення молоко (молозиво) характеризується високим вмістом білків, внаслідок чого густина його досягає 1400 кг/м³. Густина молока, отриманого від хворих тварин, нижче, ніж густина молока здорових тварин. Це пояснюється змінами складових частин молока.

За густиною молока судять про його натуральність: додавання до молока води зменшує його густина (10% доданої води знижує густина в середньому на 3 кг/м³).

В'язкість. Під в'язкістю, або внутрішнім тертям, розуміють властивість рідини чинити опір при переміщенні однієї частини її щодо іншої.

У середньому, в'язкість молока при 20° С дорівнює $1,8 \cdot 10^{-3}$ Па · с з коливаннями від $1,3 \cdot 10^{-3}$ до $2,2 \cdot 10^{-3}$ Па · с. В'язкість молока залежить від вмісту білків, жиру і їх агрегатного стану. В результаті охолодження, зберігання, перекачування, гомогенізації й теплової обробки в'язкість молока змінюється.

Поверхневий натяг. Поверхневий натяг молока при 20° С, в середньому, дорівнює $44 \cdot 10^{-3}$ Н/м. Більш низький поверхневий натяг молока, в порівнянні з поверхневим натягом води, пояснюється наявністю в молоці речовин, що знижують поверхневий натяг, - поверхнево-активних речовин (ПАР). До них належать білки плазми молока, білки оболонок жирових кульок, фосфоліпіди, жирні кислоти.

Поверхневий натяг молока непостійний і залежить від температури, хімічного складу, режиму технологічної обробки, тривалості зберігання молока, вмісту в ньому кисню, стану білків, молочного жиру, активності ліпази та інших факторів. Поверхневий натяг знижується зі збільшенням температури молока і при його прогорканні.

Осмотичний тиск і температура замерзання. Осмотичний тиск молока нормального хімічного складу величина порівняно стала і, в середньому, дорівнює 0,66 МПа. Воно обумовлено, в основному, високодисперсними речовинами - молочним цукром і солями (хлоридами, фосфатами натрію і калію). Білки незначно впливають на осмотичний тиск молока, жир взагалі не впливає.

Осмотичний тиск зазвичай розраховують по температурі замерзання молока. Температура замерзання молока, в середньому, дорівнює $-0,540^{\circ}\text{C}$ (з коливаннями від $-0,505$ до $-0,575^{\circ}\text{C}$). Температура замерзання молока, як і осмотичний тиск, – величина відносно стала. Вона змінюється при розбавленні молока водою, додаванні до нього соди, підвищенні кислотності, зміні хімічного складу молока при захворюванні тварини. При розведенні молока, температура замерзання підвищується, тому за температурою замерзання визначають натуральність молока (кріоскопічний метод).

3.2.2.2. Зміна хімічного складу і властивостей молока під впливом різних чинників

Стадія лактації. Тривалість лактаційного періоду у корів, в середньому, становить 305 днів. Його можна розділити на три періоди: молозивного (триває 7-10, а іноді 15 днів після отелення), період виділення нормального молока (285-277 днів) і період отримання стародойного молока (7-15 днів перед запуском корови).

Молоко, отримане в перші дні після отелення, називається молозивом. Воно значно відрізняється від нормального молока за органолептичними, фізико-хімічними властивостями, хімічним складом та придатністю до технологічної переробки. Молозиво має жовто-бурий колір, солонуватий смак, специфічний запах, густу в'язку консистенцію. Воно містить більше білків, жиру, мінеральних речовин, менше лактози, ніж нормальне молоко. У ньому міститься більше каротину, вітамінів (А, D, В₁, В₂ тощо), ферментів (каталази, пероксидази), а також імуноглобулінів, лізоциму і лейкоцитів. У зв'язку з високим вмістом білків і солей кислотність молока досягає 40°T і вище. Внаслідок наявності в ньому великої кількості глобулінів і альбумінів воно легко згортається при нагріванні. Через 6-10 днів після отелення молоко набуває нормальні властивості.

Молозиво непридатне для виробництва молочних продуктів, так як воно згортається при нагріванні, погано коагулює під дією сичужного ферменту, має змінений склад жиру, дрібні жирові кульки, солонуватий присмак. Продукти, приготовані з молока з домішкою молозива, швидко псуються і мають неприємний смак.

Молоко, отримане в перші 7 днів після отелення, не підлягає здачі на молочні підприємства. Подальші зміни хімічного складу протягом лактаційного періоду (при повноцінному годуванні і нормальних умовах утримання) незначні.

У стародойному молоці підвищується вміст жиру, білків, ферментів, мінеральних речовин, зменшується вміст молочного цукру, кислотність знижується до $15-16^{\circ}\text{T}$, а іноді до $6-12^{\circ}\text{T}$. Смак стародойного молока за підвищеного кількості вільних

жирних кислот, що утворюються при дії на жир ліпази, і хлоридів стає гіркувато-солонуватим. У ньому погано розвиваються молочнокислі бактерії. Молоко погано згортається сичужним ферментом, має дрібні жирові кульки і казеїнові міцели. Стародойное молоко можна переробляти. Молоко в останні 7 днів лактації не підлягає здачі на молочний підприємства.

Порода худоби. Корови різних порід мають неоднакову продуктивність і склад молока. Висока жирність молока у корів червоної Горбатовської, Тагільської порід, низька - у корів чорно-рябої породи. Максимальний вміст білків (3,2-3,5%) характерно для молока корів Джерсійські, червоної Горбатовський, ярославської, симентальської порід, середнє (3,1-3,2%) - для молока корів червоної степової, швіцкої і Бестужевських порід, і мінімальне (2,9-3,1%) - для молока корів чорно-рябої породи.

Технологічні властивості молока різних порід худоби неоднакові. Наприклад, молоко корів симентальської, костромської, швіцкої порід містить більше кальцію і швидше згортається сичужним ферментом, ніж молоко корів чорно-рябої і червоної степової порід, що характеризується дрібними міцелами казеїну і високою термостійкістю. Жирові кульки крупніші в молоці корів червоної Горбатовської, ярославської порід, і дрібніші в молоці корів червоної степової та чорно-рябої.

Стан здоров'я тварин. Стан здоров'я тварин значно впливає на продуктивність і якість молока. При захворюванні тварин (туберкульоз, бруцельоз тощо) можуть різко змінюватися хімічний склад і властивості молока. У молоці корів, хворих на туберкульоз в початковій стадії, підвищується вміст жиру, зменшується кількість білка. Кислотність молока знижується до 14°Т, смак молока не змінюється. Надалі різко зменшується вміст молочного цукру, жиру, збільшується вміст білка, кислотність знижується до 7°Т, молоко набуває мильний, солоний смак.

У молоці корів, підозрілих по захворюванню на лейкоз, незначно збільшується кількість сухих речовин, жиру і зменшується кількість казеїну і молочного цукру. Воно містить підвищену кількість лейкоцитів, клітин мікроорганізмів.

При захворюванні худоби ящуром спостерігається різке падіння надоїв. У молоці збільшується вміст сухих речовин, жиру і лейкоцитів. Кислотність молока знижується, воно набуває гіркуватий присмак. У ньому погано розвиваються молочнокислі бактерії.

Молоко корів хворих на мастит змінюється залежно від ступеня захворювання. У такому молоці знижується кількість сухих речовин, жиру, молочного цукру, вітамінів, кальцію, вміст казеїну, а кількість сироваткових білків зростає. У молоці підвищений вміст лейкоцитів і інших соматичних клітин, бактерій, ферментів, хлоридів. Воно має солонуватий смак. Титруєма кислотність молока знижується до 12-15°Т, рН підвищується до 6,83-7,19, густина знижується до 1024 - 1025 кг/м³.

Маститне молоко погано згортається сичужним ферментом, при цьому виходить в'ялий згусток, виділення сироватки погіршується. Молочнокислі бактерії в такому молоці розвиваються повільно.

Раціон годівлі. Згодовування тваринам великої кількості лляних і соняшникових макух призводить до підвищення жирності молока і збільшенню в молочному жирі кількості ненасичених жирних кислот. Жир набуває м'якої, масткої консистенції, має

знижену точку плавлення, нестійкий при зберіганні. При згодовуванні великих кількостей кормового буряка, картоплі, соломи в молочному жирі підвищується вміст насичених жирних кислот, і він набуває твердої і крихкої консистенції.

Якщо тваринам дають корм, бідний солями кальцію (барда, кислий жом, силос), або їх випасають на болотистих луках і пасовищах з кислими травами, то може утворитися сичужно-мляве молоко, яке характеризується низьким вмістом кальцію.

Окремі види кормів впливають на смак і запах молока. Так, при згодовуванні тваринам великих кількостей кормового буряка, капусти, силосу (особливо силосу із кукурудзи та брукви), зеленої жита, зеленого ячменю молоко набуває кормового присмаку. При поїданні коровами деяких бур'янів і трав (полин, жовтець, пижмо, дикий часник, цибуля, польовий хвощ тощо) молоко набуває неприємних присмаків - гіркий, часниковий, цибульний, мильний тощо.

Час року. Склад збірного молока та молока окремих тварин протягом року непостійний. Під впливом одночасно діючих факторів (стадія лактації, раціон годівлі, умови утримання тощо) відбуваються сезонні зміни вмісту основних компонентів молока та деякі його властивості. Найбільшим сезонним змінам піддаються вміст жиру і білка.

Мінімальний вміст жиру і білка спостерігається в молоці навесні і на початку літа, максимальний - восени і взимку. Навесні молоко характеризується меншою кількістю кальцію, вільних амінокислот, вітамінів. У ньому гірше розвиваються молочнокислі бактерії, знижується їх енергія кислотоутворення.

Отже, в молоці, залежно від пори року, змінюється вміст основних компонентів, що визначають витрату сировини, і його технологічні властивості (сичужне згортання, термостійкість). Найменше сухих речовин, жиру, білків, мінеральних речовин, вітамінів міститься в молоці навесні. Все це необхідно враховувати при виробництві сиру, сиру, масла, консервів та інших молочних продуктів.

3.2.2.3. Біохімічні і фізико-хімічні зміни молока

Найбільш сучасним і ефективним способом очищення молока від механічних забруднень є очищення в сепараторах-молокоочисниках. При сепаруванні разом з механічними домішками частково видаляються великі білкові частинки, дрібні жирові кульки, а також лейкоцити і мікроорганізми. Очищення молока не викликає істотних змін його складових частин. Титруєма кислотність молока зменшується на 0,5 - 4,0°Т.

Відцентровим очищенням на сепараторах-молокоочисниках не можна провести повне видалення з молока мікроорганізмів. Найбільш ефективним способом бактеріального очищення молока в сироварінні, є бактофугування на сепараторах-бактофугах, які працюють за тим же принципом, що і молоко-очищувачі.

Кислотність молока в результаті бактофугування знижується на 1-2°Т. Розміри жирових кульок змінюються незначно, однак бактофугування при 8-10° С може викликати часткове підзбивання жиру і зниження жирності молока на 0,1-0,2%.

Склад і фізико-хімічні властивості молока - в'язкість, густина, кислотність і ступінь диспергування жиру впливають на ступінь знежирення молока. Попередня обробка молока (перекачування, перемішування, пастеризація тощо) негативно впливає на ступінь знежирення, так як при обробці можуть відбуватися дроблення жирових

кульок і часткове підзбивання жиру. Тривале зберігання молока (при низьких температурах) перед сепаруванням призводить до підвищення кислотності, в'язкості, густини молока і тим самим знижує ступінь його знежирення.

Ступінь знежирення залежить від температури молока. Оптимальною температурою сепарування прийнято вважати 35-45°C, більш високі температури застосовують лише при отриманні високожирних вершків. Підвищення температури сепарування зазвичай супроводжується дробленням жирових кульок і вспениванням знежиреного молока і вершків.

Менш інтенсивне дроблення жирових кульок спостерігається при сепаруванні холодного молока (1-5°C). Однак сепарування при низьких температурах призводить до зниження продуктивності сепаратора, оскільки в'язкість молока підвищується.

При розробці асортименту та рецептур молочних продуктів для дитячого харчування за еталон приймають жіноче молоко. За складом воно відрізняється від молока сільськогосподарських тварин (ближче всього до нього кобиляче молоко). Основна сировина при виробництві дитячих молочних продуктів - коров'яче молоко, тому необхідно знати відмінність його складу від складу жіночого молока.

Білків у жіночому молоці в 3-3,5 рази менше, ніж у коров'ячому, вуглеводів майже в 1,6 рази більше, вміст жиру приблизно однаково, мінеральних речовин в 3 рази менше (знижений вміст солей і білків обумовлює низьку кислотність і буферну ємність жіночого молока). Є і якісні відмінності окремих складових частин молока.

Жіноче молоко містить близько 1,0% білків. У коров'ячому молоці переважає казеїн (близько 80%), в жіночому молоці, що відноситься до альбумінової типу, - сироваткові білки (близько 65%). Від співвідношення білкових фракцій залежить характер білкового згустку, що утворюється в шлунку дитини під дією сичужного ферменту. При згортанні жіночого молока білки випадають у вигляді дрібних пластівців. Тому вони легше перетравлюються і засвоюються, чим білки коров'ячого молока, які утворюють щільний, важкодоступний для впливу шлункового соку згусток. Утворення щільного згустку з коров'ячого молока сприяють також більш великий розмір казеїнових частинок (80 нм у порівнянні з 42 нм в жіночому молоці) і підвищений вміст у ньому солей кальцію.

При цьому є відмінності фракційного складу казеїну - у коров'ячому молоці переважають α S- і β -казеїни, в жіночому - β -казеїн. Основним сироватковим білком коров'ячого молока є β -лактоглобулін, жіночого молока - α -лактальбуміну і імуноглобуліни.

Білки жіночого молока містять, у порівнянні з білками коров'ячого молока, більше незамінних амінокислот, які знаходяться в найбільш сприятливих для немовляти співвідношеннях.

Жир жіночого молока більш тонко диспергований, ніж жир коров'ячого. Розмір жирових кульок жіночого молока коливається від 0,5 до 5 мкм. У жирі жіночого молока міститься менше високотопких тригліцеридів і більше легкотопких, ніж в жирі коров'ячого. Все це сприяє кращому всмоктуванню, розщепленню і засвоєнню жиру організмом дитини. Різний жирно-кислотний склад і молочного жиру: жир жіночого молока містить в 1,5-2 рази більше ненасичених кислот, ніж жир коров'ячого. У жирі жіночого молока значно більше незамінних поліненасичених жирних кислот. Так, лі-

нолевої кислоти в ньому в 5-10 разів більше, ніж в жирі коров'ячого молока. Він містить дуже важливу для дитячого організму арахідонову кислоту, якої майже немає в жирі коров'ячого молока.

Жіноче молоко, на відміну від коров'ячого, містить більше молочного цукру (близько 6%). Але, поряд з молочним цукром, в ньому представлені складніші олігосахариди (0,3 - 1%), що стимулюють ріст біфідобактерій. Біфідобактерії відіграють важливу роль у розвитку дитячого організму, запобігаючи розмноження гнільних і патогенних бактерій в кишечнику.

Мінеральних речовин в жіночому молоці майже в 3 рази менше, ніж у коров'ячому, у тому числі в ньому в 3-4 рази менше кальцію, магнію, натрію, в 6 разів менше фосфору тощо. Жіноче молоко значно багатше коров'ячого мікроелементами - залізом, міддю, йодом тощо.

Жіноче молоко значно багатше коров'ячого вітамінами А, Е, С, РР, але біднішими вітамінами В₁, В₂, В₆, В₁₂ і біотином.

Для жіночого молока характерна висока активність гідролітичних ферментів - ліпази, амілази, протеази (грудна дитина має слабку ферментну систему, ферменти молока матері допомагають йому в перетравленні їжі). Воно містить також у багато разів більше лізоциму і лактоферину (вміст яких становить 39 і 150 мг на 100 мл), які разом з імуноглобуліном та іншими бактерицидними речовинами обумовлюють високі антибактеріальні властивості жіночого молока.

3.2.3. Фізико-хімічні процеси при виробленні морозива

Морозиво має високу харчову цінність. Воно містить молочний жир, білки, вуглеводи, мінеральні речовини та вітаміни, які легко засвоює організм. Основний процес, що обумовлює структуру і консистенцію готового продукту, – це процес охолодження (фрізерування) суміші, який залежить від складу суміші, режимів пастеризації, гомогенізації, охолодження і швидкості заморожування суміші.

Вміст у суміші жиру і СЗМЗ⁴, а також вид і кількість введеного стабілізатора впливають на структуру і консистенцію морозива.

Збільшення в суміші кількості жиру і СЗМЗ позитивно діє на структуру морозива: в продукті утворюються дрібні кристали льоду, оскільки з'являється механічна перешкода їх зростанню. Оптимальним, вважають, вміст СЗМЗ у морозиві 8-12%. Вміст СЗМЗ вище 12% суттєво підвищує в'язкість суміші і може викликати посилену кристалізацію лактози. Випадання великих (вище 10 мкм) кристалів лактози призводить до вад морозива - борошністого і піщанистого. Для попередження вад необхідно стежити за співвідношенням вмісту води і СЗМЗ, яке повинно становити не менше 6,6.

Покращення структури морозива спостерігається при збільшенні вмісту в суміші сахарози, яка знижує температуру замерзання суміші і позитивно впливає на кристалізацію води. Однак вміст сахарози вище 17% погіршує консистенцію морозива. Зменшується його збитість, продукт набуває досить густої консистенції, швидше плавиться. Його заморожують і зберігають при більш низьких температурах.

Суттєво на структуру і консистенцію морозива впливають стабілізатори. Всі стабілізатори виявляють високу водоз'язуючу здатність. Зв'язуючи значні кількості

⁴ сухий знежирений молочний залишок

вільної води, вони підвищують в'язкість сумішей і перешкоджають утворенню великих кристалів льоду при заморожуванні. Морозиво набуває дрібнокристалічної структури і еластичну консистенцію. Крім того, стабілізатори забезпечують високу збитість сумішей, утворює стійкі піни і підвищують опірність морозива таненню. Суміші, що містять зайву кількість стабілізаторів, мають високу в'язкість, погано збиваються, що обумовлює тягучу, тістоподібну консистенцію морозива.

Якість готового продукту багато в чому залежить від режимів пастеризації і гомогенізації суміші. Суміші для морозива містять більше сухих речовин у порівнянні з молоком, тому вимагають застосування більш високих температур пастеризації або більш тривалих термінів витримки. Режими пастеризації встановлюють залежно від виду морозива і типу апарату.

Гомогенізація суміші сприяє поліпшенню структури морозива. У результаті гомогенізації підвищується дисперсність жиру, збільшуються в'язкість і збитість суміші.

Тиск гомогенізації встановлюють залежно від вмісту жиру і СЗМЗ у суміші: чим вони вищі, тим нижче має бути тиск.

Від правильного проведення заморожування суміші залежать структура і консистенція готового продукту. Заморожування проводять у дві стадії: часткове заморожування вологи (45-55% всієї кількості) з одночасним збиванням суміші до фрізування і остаточне перетворення в лід залишків вологи при загартуванні морозива.

У процесі заморожування суміші створюється структура морозива, від якої залежать консистенція і смакові якості продукту. Структура морозива визначається, в першу чергу, розмірами кристалів льоду. Розмір кристалів льоду в морозиві високої якості повинен становити 20 - 55 мкм.

На структуру морозива впливають швидкість заморожування і ступінь збивання суміші. При швидкому заморожуванні суміші утворюється багато дрібних кристалів льоду, розмір яких несуттєво зростає при загартуванні морозива. При повільному заморожуванні утворюється мало центрів кристалізації, при загартовуванні – утворюються крупні кристали льоду, морозиво набуває грубої структури.

Збитість суміші характеризується ступенем насичення її повітрям при фрізеруванні. Для отримання морозива високої якості необхідно, щоб пухирці повітря були дрібними (розміром не більше 100-150 мкм), рівномірно розподілені по всьому об'єму продукту. Великі пухирці повітря в морозиві небажані. Вони утворюються найчастіше при дуже високій збитості молочних сумішей. Морозиво з високою ступенем збитості набуває пластівчастої структури. При недостатній збитості, продукт має грубу структуру і дуже густу консистенцію.

Збитість залежить від складу суміші та режимів технологічної обробки. Вона підвищується при введенні стабілізаторів, збільшенні вмісту СЗМЗ і зменшенні розміру жирових кульок. Збитість знижується з підвищенням вмісту сахарози, жиру, стабілізаторів, з утворенням скупчень жирових кульок при високих тисках гомогенізації тощо. Збитість морозива на молочній основі повинна бути 50-90% і 40-70% - для морозива на плодово-ягідної основі.

3.3. Хімія хліба та зерна

Зерно є основним продуктом сільського господарства. Із зерна виробляють важливі продукти харчування: муку, крупу, хлібні і макаронні вироби. Зерно необхідне для успішного розвитку тваринництва і птахівництва, що пов'язане із збільшенням виробництва м'яса, молока, масла та інших продуктів. Зернові культури служать сировиною для отримання крохмалю, патоки, спирту і інших продуктів.

Хліб – харчовий продукт, що випікається з борошна. Хліб являє собою групу основних продуктів, які виробляються випічкою або смаженням. Вихідним матеріалом є тісто, яке включає борошно і воду, в які зазвичай додають живі дріжджі, кисле тісто або хімічний розпушувач тіста. Можливі й інші добавки. Зовнішню верхню частину називають скоринкою хліба, внутрішню – м'якушкою хліба. Хліб є популярним харчовим продуктом європейців, жителів Близького Сходу та представників індійських культур.

Всесвітнє збільшення виробництва зерна - головне завдання сільського господарства. Поряд із збільшенням виробництва зерна особлива увага приділяється поліпшенню якості зерна, і перш за все на розширення виробництва твердих сортів пшениці, а також найважливіших круп'яних і фуражних культур.

Проблемі харчування завжди приділяли велику увагу в усіх країнах світу і основним напрямком вирішення цієї проблеми є забезпечення фізіологічних потреб населення в харчових речовинах і енергії залежно від норм споживання, що враховують стать, вік та інтенсивність праці людини. Неповноцінність харчування – це дефіцит повноцінного білка (10–26% потреби); "прихований голод" макро- і мікроелементів; дефіцит вітамінів, передусім, антиоксидантного характеру і фолієвої кислоти; нестача поліненасичених жирних кислот.

Як відомо, хліб – всьому голова, необхідний і корисний продукт, що вживається людиною кожного дня. Тому дуже важливо, щоб він був не лише смачним, але й корисним. За рахунок вживання хлібобулочних виробів більш ніж наполовину задовольняється добова потреба людини у вуглеводах, на 30-40% – у білках. Хімічний склад хлібобулочних виробів залежить в основному від сорту борошна, з якого вони виготовлені, та рецептури, в якій вказують кількість добавок (наприклад, яйця, цукор, масло тощо) в кілограмах на 100 кг борошна. Основною складовою хліба є вуглеводи. Їх уміст складає від 40% у хлібі житньому з обойного борошна до 70% у сухарях. Це крохмаль і продукти його гідролізу - декстрини: оліго-, ахро- і еретродекстрини; моносахариди - глюкоза, фруктоза, пентоза, арабіноза, ксилоза, галактоза; дисахариди - сахароза, мальтоза, лактоза. Крохмаль є важливим компонентом харчових продуктів, оскільки виконує роль загущувача та зв'язуючого агента. В одних випадках він присутній в сировині, яка перероблюється (наприклад, хлібобулочні вироби).

Серед вуглеводів присутні і нерозчинні полісахариди: целюлоза, геміцелюлоза, клітковина, пектин та пектинові речовини. Целюлоза – компонент клітинних стінок. Переважно асоціюється з різними геміцелюлозами та лігніном; тип і розмір цих асоціацій спричиняє характерну текстуру харчових рослин. Однак більшість текстуральних змін під час дозрівання та збору рослин відбувається завдяки змінам пектину.

Целюлоза – моноглюкан, що складається з лінійних ланцюгів β -D-(1,4)-глюкопіранозних одиниць. Виняткова лінійність целюлози дає можливість молекулам асоціювати, що відбувається в деревах та інших рослинах. Целюлоза має аморфні та

кристалічні ділянки; саме аморфні зони піддаються впливу розчинників і хімічних реагентів.

Відомо, що клітинні стінки рослин являють собою комплексну матрицю, що складається з целюлози, лігніну та геміцелюлоз. Геміцелюлози – клас полісахаридів, не засвоюваних людським організмом. Основна геміцелюлоза в харчових продуктах – ксилан. Цей полімер складається в основному з β -D-(1,4)-ксилопіранозних одиниць, часто містить β -L-арабінофуранозні бокові ланцюги від третьої позиції декількох D-ксилозних кілець. Інші типові складові – метилові естери D-глюкуронової кислоти; D- і L-галактоза; ацетильні естерні групи. Присутність геміцелюлоз у пекарських виробках має важливе значення завдяки їх здатності зв'язувати воду. Під час приготування пшеничного тіста геміцелюлози покращують якість замісу, зменшують енергію перемішування, беруть участь у формуванні структури тіста, зокрема в формуванні клейковини, що в підсумку сприятливо впливає на отримання хорошого об'єму хліба. Безумовний інтерес при виробництві хлібобулочних виробів є те, що геміцелюлози гальмують черствіння хліба.

Інша важлива функція геміцелюлоз у харчових продуктах полягає в тому, що вони, як харчові волокна, утворюють частину неперетравленого комплексу, що важливо для перистальтики кишківника. Хоча ефект цих полісахаридів щодо жовчних кислот та метаболізму стероїдів недостатньо вивчений, відомо, що вони важливі для видалення жовчних кислот і зниження рівня холестерину в крові. Встановлено, що харчові волокна, в тому числі геміцелюлози, знижують ризик кардіологічних захворювань і злоякісних новоутворень прямої кишки, а для хворих на діабет – потребу в інсуліні.

В рослинній клітині пектин⁵ виконує функцію структуруючого агента в центральному шарі клітинної стінки. Крім того, завдяки своїй сильній здатності до набухання та своєму колоїдному характеру, пектин регулює водний обмін рослин. Пектин разом з іншими некрохмальовмісними полісахаридами утворює групу харчових волокон. Крім того, пектин має детоксикаційні властивості, оскільки здатний зв'язувати токсичні елементи та радіонукліди і виводити їх з людського організму. Це робить пектин і пектинвмісні продукти цінною добавкою при виробництві харчових продуктів лікувально-профілактичного призначення.

Білкові речовини у хлібі складають 6,5-11%. Вони представлені власне білками, а також продуктами їх гідролізу - пептидами, поліпептидами, амідами, амінокислотами. Серед амінокислот присутні всі незамінні (валін, лейцин, ізолейцин, метіонін, треонін, лізин, фенілаланін, триптофан). Аналіз сумарного амінокислотного складу рослинних білків злакових культур з позицій складу еталонного білка для харчування людей (ФАО, 1973) свідчить, що всі вони, бідні на лізин – 2,2-3,8% (виключенням є овес) та на ізолейцин (виключення – рис і сорго). Крім того, білки пшениці, сорго, ячменю і жита містять метіонін (1,6-1,7 мг/100 г білка); пшениці – треонін (2,6%), кукурудзи – триптофан (0,6%). Найбільш збалансований амінокислотний склад мають овес, жито та рис.

Амінокислотний склад сумарних білків злаків визначають за амінокислотним складом окремих фракцій, в основу класифікації яких покладений принцип розчин-

⁵ Назва "пектин" походить від грецького слова "пектос", що означає "желеподібний", "застиглий".

ності (Т. Осборн, 1907): послідовною обробкою борошна або розмолотого зерна водою, 5-10%-м розчином NaCl, 60-80%-м водним розчином спирту і 0,1-0,2%-м розчином NaOH екстрагують білкові фракції: альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни. До складу білків входять склеропротеїни (нерозчинні білки, виконують структурну функцію і малодоступні для травлення) оболонки і периферичних шарів зерна. Особливістю білків цієї фракції є міцний зв'язок з лігніно-полісахаридним комплексом. Поряд з білками, зерно містить небілковий нітроген (0,7-12,9% від загального нітрогену), який включає вільні амінокислоти (50-60%), пептиди, нуклеотиди тощо. Кількість небілкового нітрогену змінюється залежно від ступеня зрілості та проростання зерна (табл. 2.5)

Таблиця 2.5

Вміст білкових фракцій в зерні злакових

Культура	Нітроген фракцій (% від білкового нітрогену)				
	Альбуміни	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни	Склеропротеїни
Пшениця м'яка	5,2	12,6	35,6	28,2	8,7
Жито	24,5	13,9	31,1	23,3	7,2
Ячмінь	6,4	7,5	41,6	26,6	17,9
Кукурудза	9,6	4,7	29,9	40,3	15,5
Овес	7,8	32,6	14,3	35,5	11,8
Гречка	21,7	42,6	1,1	12,3	23,3
Рис	11,2	4,8	4,4	63,2	16,4

Для альбумінів відмінною особливістю є високий вміст лізину (3,9-8,2%), треоніну (2,4-7,7%), метіоніну (1,7-3,3%), ізолейцину (3,1-6,0%) і триптофану (6,7-16,9%). Найбільш високий вміст лізину в альбумінах вівса, рису і проса (6,5-8,2%), нижчий – в альбумінах пшениці, ячменю та жита (3,9-4,5%). Високий вміст треоніну (4,7-7,7%) характерний для альбумінів ячменю, жита, вівса; низький (2,4%) – для альбумінів пшениці.

Глобулінова фракція злакових культур бідніша, ніж альбумінова за вмістом лізину (2,8-6,0%), триптофану (0,5-1,3%) і метіоніну (1,1-2,7%). Обидві фракції різняться високим вмістом глютамінової та аспарагінової кислот, але низьким – проліну.

Характерною особливістю проламінів є високий вміст залишків глютамінової кислоти (13,7-43,3%), проліну (6,3-19,3%) та невелика кількість йоногенних груп, оскільки дикарбонові кислоти майже повністю амідовані. Проламіни відрізняються низьким вмістом лізину. Невелика кількість лізину міститься в зеїні кукурудзи (0,2%), гліадині пшениці і секаліні жита (0,6-0,7%). Високий відсоток лізину (3,3%) міститься в авеніні вівса. Невелика кількість лізину зміститься в проламінах і відносно великий вміст даної фракції в сумарному білку відображається на загальній незбалансованості зерна більшості злакових культур. Проламіни бідні на треонін, триптофан, аргінін і гістидин. Зеїн кукурудзи, оризин рису і кафірин сорго відрізняються високим вмістом лейцину (16,9-18,6%). Злаки відрізняються і за вмістом цистеїну та метіоніну. Так, гліадин пшениці в середньому містить 1,2% метіоніну і 1,9% цистину, а авенін вівса – 3,7 і 4,2%, відповідно.

Глютеїни за амінокислотним складом займають проміжне положення між проламінами та глобулінами. Вміст лізину, аргініну, гістидину в глютеїнах більший, ніж в проламінах. Так, вміст лізину в глютеїні пшениці становить 2,6%, жита – 2,3%, ячменю – 4,0%, а вівса – 5,0%. За вмістом лізину і цистеїну різні сорти зерна також

відрізняються. Наприклад, глютенін пшениці Акмолінка 1 містить менше цистеїну (5,18%), ніж глютенін сорту Саратовська 29 (7,34%). Глютеніни ячменю, рису та вівса відрізняються від глютеніну пшениці з вищим рівнем лізину. У рисі 80% усього білка припадає на глютеліни (оризенін), цим забезпечується задовільний вміст лізину (2,6-4,0%) в загальному білку рисового зерна. Переважаючими фракціями вівса є глобуліни і глютеліни, які містять 5,0-5,5% лізину, що також забезпечує добру збалансованість даної культури за лізином.

Білки нерівномірно розподілені між морфологічними частинами зерна. Основна їх кількість (65-75%) припадає на ендосперм, менша – на алейроновий шар (до 15,5%) і зародок (до 22%). В алейроновому шарі та зародку концентрація білку висока. В зародку пшениці міститься 33,3% білка, кукурудзи – 26,5%, вівса – 19,4%. Алейроновий шар пшениці і кукурудзи містить більше 19% білка. В ендоспермі білки розподілені нерівномірно, концентрація їх зменшується по мірі просування від субалейронового шару до центру. Субалейроновим шаром називається периферійна зона зерна, яка розміщена під алейроновим шаром. Вміст білку в ній для кукурудзи – 27,7%, сорго – 29–30%, ячменю – 21–24%, рису – 29%. Центральна частина ендосперму містить невелику кількість білку (7-9%). В загальному ж розподіл білку по частинах зерна залежить від виду культури, його сорту і ґрунтово-кліматичних умов вирощування.

Внаслідок спиртового та молочнокислого бродіння тіста, а також подальшого випікання, у хлібі утворюються органічні кислоти (0,3-1,3%), переважно молочна, оцтова, винна, яблучна, щавлева, мурашина та інші органічні речовини – спирти, альдегіди, кетони.

Хліб є основним джерелом біологічно-активних речовин – вітамінів (вітамінів групи В – тиаміну (В₁), рибофлавіну (В₂), нікотинової кислоти (РР), а також вітаміну Е – токоферолу) та мінеральних речовин, уміст яких складає від 1,2 до 2,5%. Найменше у хлібних виробках жирів, які внесені разом з борошном (0,6-1,2%). Жири представлені тригліцеридами, насиченими та ненасиченими жирними кислотами.

Харчова цінність хлібопродуктів залежить від виду і сорту борошна, рецептурних добавок і вологості виробу. Так, енергетична цінність здобних виробів значно вища, ніж хліба з того ж сорту борошна, що обумовлене вмістом у їх рецептурі цукру, жиру, яєць, і значно меншою вологістю, ніж вологість хліба. Вироби з житнього борошна мають нижчу енергетичну, але вищу біологічну цінність у порівнянні з виробами із пшеничного борошна (вищий вміст незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин). За підрахунками, при вживанні житнього або пшеничного хліба з обойного борошна повністю покривається потреба у вітаміні РР і на $\frac{2}{3}$ - у вітаміні В₁, потреба в рибофлавіні покривається тільки на 15%. При вживанні хліба вищого ґатунку потреба в трьох вітамінах залишається непокритою. Хліб добре засвоюється організмом. Це пояснюється тим, що він має розпушену, еластичну м'якушку, в якій білки оптимально денатуровані, крохмаль клейстерезований, цукри розчинні, жири емульговані, оболонки розм'якшені. Такий стан сполук хліба робить їх легкодоступними для дії ферментів шлунково-кишкового тракту.

У світі інтенсивно проводяться дослідження, які присвячені залежності хлібопекарських якостей пшениці від поліпептидного складу глютенінової фракції в

зв'язку з відмінностями сортів і класів на генетичному рівні. Встановлено, що найбільш виражений вплив на реологічні властивості клейковини та якість хліба має наявність високомолекулярних субодиниць глютеніну (100 кД) або відношення високо- і низькомолекулярних субодиниць. Всього виявлено близько 25 субодиниць з високомолекулярною масою, 3-5 з них присутні в кожному сорті. Кожній субодиниці присвоєно номер залежно від рухливості в ПААГ з ДДС-Na, і з'ясовується конкретна роль в забезпеченні якості зерна. Наприклад, 98% американських сортів пшениці, які характеризуються високою "силою" і доброю еластичністю тіста, містять субодиниці 5+10, синтез яких кодується хромосомою 1Д, тоді як англійські сорти пшениці з низькою якістю містять ці субодиниці лише у 19% зразків. Така ж картина спостерігається і у відношенні високомолекулярних субодиниць 7+8 і 7+9, які кодуються хромосомою В₁.

Реологічні властивості клейковини та якість пшеничного хліба залежать не лише від присутності високомолекулярних субодиниць (60%), але і від наявності хромосоми 1BL/1RS (7%), поліморфізму низькомолекулярного глютеніну, гліадину (α -, β -, γ -, ω -), кількості білка та активності α -амілози (31%). Глютенін надає клейковині пружних властивостей, а гліадін зумовлює еластичність та зв'язаність, тобто ні глютенін, ні гліадін окремо не мають характерних реологічних властивостей клейковини, тільки взаємодія цих фракцій в єдиному комплексі утворює клейковинний білок з усіма притаманними йому властивостями. Припускають, що "поліпептидні ланцюги гліадину в різних місцях та різними зв'язками сполучаються з полімеризованими молекулами глютенінової фракції, поєднуючи їх в складну тривимірну сітку переплечених поліпептидних ланцюгів" (А. Вакар, 1975). У структурі такої сітки значущу роль, крім ковалентних дисульфідних зв'язків, відіграють нековалентні взаємодії: водневі, електростатичні (йонні) зв'язки і гідрофобні взаємодії. Всі ці взаємодії відіграють важливу роль при поясненні відмінностей реологічних властивостей міцної та слабкої клейковини (розтяжності, зв'язаності, пружності, еластичності).

Амінокислотний склад клейковинного білка та відношення гліадинової і глютенінової фракцій не є показниками його якості, тоді як розчинність, вміст водневих, дисульфідних зв'язків і віскозиметричні характеристики співвідносяться з відмінностями реологічних характеристик клейковини. Міцна клейковина відрізняється від слабкої меншою розчинністю в різних розчинниках, великою кількістю водневих і дисульфідних зв'язків, меншими значеннями характеристичної в'язкості (η), питомого гідродинамічного об'єму та осьового відношення частин. Частинки міцної клейковини мають ущільнену структуру, слабкої – розпушену.

Гліадин та глютенін відіграють головну роль у забезпеченні якості клейковини. При цьому необхідно враховувати роль небілкових сполук у формуванні її структури. За рахунок високої реакційної здатності груп молекул білку, можлива їх взаємодія з ліпідами і вуглеводами та утворення літопротеїнових і глікопротеїнових комплексів, які впливають на структуру та властивості клейковини. Загальновізнана гіпотеза, згідно якої фосфоліпіди є частиною ліпопротеїну, який виконує роль шаруватої структури між білковими пластинками і забезпечує деформацію ковзання (Гросскрейтц, 1960).

Хліб вважається соціальним продуктом (він доступний для всіх верств населення та є одним з найбільш вживаних продуктів), тому дуже важливо робити його

функціональним і в першу чергу слідкувати за його якістю. Якість хлібобулочних виробів нормується державними стандартами. Її визначають за органолептичними та фізико-хімічними показниками; контролюють також уміст важких металів, мікотоксинів та радіонуклідів. Органолептично визначають форму хліба, колір і зовнішній вигляд скоринки, смак і запах, еластичність, пористість, свіжість м'якушки і повну масу виробів. Смак, свіжість, запах, хрускіт (його наявність або відсутність) визначають дегустацією; колір м'якушки, пористість – візуально на зрізі хліба; еластичність м'якушки - натисканням пальцем на зріз хліба; повну масу виробів – одночасним зважуванням не менше 10 шт.

Для оцінки за фізико-хімічними показниками визначають вологість, кислотність, пористість, набрякання хліба, вміст у ньому жиру й цукру. Оцінюють ці показники за середньою пробєю. При підвищеній вологості м'якушка хліба липка, волога на дотик, нееластична, після легкого натискання пальцями не набуває початкової форми, хліб важкий. При заниженому вмісті вологи у виробі м'якушка їх ущільнена. Серед різних хлібних виробів вища вологість у житніх сортів хліба (48-51%), а нижча – у пшеничних з борошна високої якості (43-45%).

Кислотність хліба зумовлена бродінням тіста. Кислоти, що містяться у хлібних виробі, позитивно впливають на їх фізико-хімічні властивості і смак. Кислотність хліба виражається у градусах кислотності, яка для житніх сортів не перевищує 12, житньо-пшеничних – 11 і пшеничних 3–4°.

Під пористістю хліба розуміють відношення об'єму пор м'якушки до загального об'єму м'якушки і виражають у відсотках. Пористість житнього хліба має бути не менше 45-48%, пшеничного – 63-72%. Хліб з підвищеними вологістю й кислотністю й зниженою пористістю вважається нестандартним і не допускається в продаж населенню. Він може бути використаний для приготування сухарів, хлібного квасу або повертається на переробку для випікання нижчих сортів хліба. Збільшення вологості й кислотності хліба погіршує його смакові властивості й знижує харчову цінність. Вживання хліба з підвищеною кислотністю може стати причиною загострення захворювань органів травлення. Тому, на нашу думку, цей показник є визначальним і в першу чергу говорить нам про якість хлібобулочних виробів. Нині існують наступні варіанти поліпшення харчової цінності хлібобулочних виробів: додавання до борошна апейронового шару зерна та зародка, які містять достатню кількість мінеральних речовин, вітамінів та рослинного білка; включення в борошно вищої якості висівок, багатих вітамінами групи В і мінеральними речовинами; додавання до борошна, отриманого з чистого ендосперму, синтетичних вітамінів, амінокислот і мінеральних речовин; включення в борошно вищого гатунку натуральних продуктів, багатих вітамінами, білками і мінеральними речовинами. В якості таких натуральних продуктів можна використовувати дріжджі, зародки злаків, соєве борошно, сухе молоко; вирощування нових сортів культур за допомогою селекції. Нові сорти злаків повинні містити достатню кількість вітамінів, мінеральних солей і білків.

**Запитання для самоконтролю з теми
"ХІМІЯ ОСНОВНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ"**

1. Які компоненти входять в хімічний склад зерна?
2. Які білки входять до складу зерна?
3. Які вуглеводи входять до складу зерна?
4. Які вітаміни входять до складу зерна?
5. Наведіть приклади ліпідів, які входять до складу зерна?
6. Назвіть дефекти борошна та методи їх усунення?
7. Назвіть хлібопекарські якості пшеничного борошна?
8. В чому полягає харчова цінність зерна, борошна та хліба?
9. Які відбуваються біохімічні зміни при зберіганні борошна та круп?
10. Яка роль молока і молочних продуктів у харчуванні людини?
11. Назвіть хімічний склад молока?
12. Назвіть властивості молока?
13. Які основні органічні сполуки входять до складу молока?
14. Які мінеральні речовини входять до складу молока?
15. Які речовини обумовлюють смак молока?
16. Які відбуваються зміни в молоці при переробці?
17. Назвіть приклади кисломолочних продуктів?
18. В чому полягає харчова цінність молока?
19. Що таке м'ясо?
20. В чому полягає харчова цінність м'яса?
21. Які основні органічні сполуки входять до складу м'яса?
22. Які вітаміни входять до складу м'яса?
23. Які речовини обумовлюють смак вина?
24. Охарактеризуйте значення м'яса в харчуванні людини?
25. Які повинні бути вимоги до якості м'ясної сировини?
26. Які норми зберігання м'яса та м'ясних продуктів?
27. Що лежить за основу під час обробки м'яса та м'ясних продуктів?

РОЗДІЛ IV. ХАРЧОВІ ДОБАВКИ

4.1. Загальна характеристика харчових добавок

Харчові добавки⁶ – природні, ідентичні до природних або штучні (синтетичні) речовини, які не є окремими харчовими продуктами. Їх додають згідно ТУ на різних етапах виробництва, зберігання, транспортування готового продукту з метою оптимізації виробничого процесу або окремих його стадій, збільшення стійкості до псування, збереження структури і зовнішнього вигляду продукту або для змін деяких органолептичних властивостей.

Основною метою застосування харчових добавок є:

1. Удосконалення технології підготовки і переробки харчової сировини, виготовлення, фасування, транспортування і зберігання продуктів харчування. При цьому добавки не повинні маскувати наслідків використання неякісної або зіпсованої сировини, чи проведення технологічних операцій в антисанітарних умовах.
2. Збереження природних якостей харчового продукту.
3. Поліпшення органолептичних властивостей або структури харчових продуктів та збільшення їх стабільності при зберіганні.

Застосування харчових добавок допустимо за умови, що вони не загрожують здоров'ю людини при тривалому зберіганні та неможливості вирішення технологічних завдань іншими методами.

Усі харчові добавки можна поділити на⁷:

- речовини, які поліпшують зовнішній вигляд харчових продуктів (барвники, стабілізатори забарвлення, відбілювачі);
- речовини, які регулюють смак продукту (смакові добавки, підсолоджувачі, кислоти та регулятори кислотності);
- речовини, які регулюють консистенцію і формують текстуру (загущувачі, geleутворювачі, стабілізатори, емульгатори та ін.);
- речовини, які підвищують терміни зберігання продуктів харчування (консерванти, антиоксиданти та ін.).

Біологічно-активні речовини (вітаміни, мікроелементи, амінокислоти тощо, а також ароматизатори, які виділяють в окрему групу), що підвищують харчову цінність продуктів харчування, не відносять до харчових добавок.

Слід розрізняти відмінність між "харчовими добавками" і "технологічними допоміжними матеріалами", які використовують в ході технологічного процесу.

Тому, харчові добавки або прямі харчові добавки – це речовини, які вносять у харчові продукти для виконання ними певних функцій.

Асортимент харчових добавок, які використовують у виробництві харчових продуктів у різних країнах, сягає понад 500 найменувань (не враховуючи комбіновані добавки, індивідуальні запашні речовини, ароматизатори). Для уніфікації їх застосування, Європейською Радою розроблено систему цифрової кодифікації харчових добавок "E"⁸, яку включено до кодексу харчових продуктів (Codex Alimentarius, Ed.2,

⁶ Згідно закону щодо якості та безпеки харчових продуктів: «**харчові добавки** – природні або штучні речовини та їх сполуки, які спеціально вводяться в харчові продукти в процесі їх виготовлення з метою надання харчовим продуктам певних властивостей і (або) збереження якості харчових продуктів».

⁷ Наведена класифікація ґрунтується на їх технологічних функціях.

⁸ Індекс E фахівці ототожнюють як із словом Європа, так і з абрєвіатурами EG/EV, а також зі словами ebsbar/edible,

V.1) Міжнародна цифрова система кодифікації харчових добавок INS (International Numbering System) кожній харчовій добавці привласнює цифровий три- або чотиризначний код (у Європі з літерою E), який використовують у поєднанні з назвами функціональних класів, що відображають класи харчових добавок за технологічними функціями (підкласами).

При присвоєнні конкретній речовині статусу харчової добавки та ID з індексом «E» необхідно враховувати:

а) безпечність конкретної речовини;

б) можливість бути застосованою/рекомендованою в межах встановленої безпеки і технологічної необхідності за умови, що застосування цієї речовини не вводить в оману споживача щодо типу і складу харчового продукту;

в) критерії чистоти для даної речовини, які необхідні для досягнення певного рівня якості продуктів харчування.

Отже, згідно сучасної системи цифрової кодифікації, харчові добавки, згідно їх призначення, класифікують/поділяють на:

- E100-E182 – барвники;
- E200 і далі – консерванти;
- E300 і далі – антиокислювачі (антиоксиданти);
- E400 і далі – стабілізатори консистенції;
- E450 і далі, E1000 – емульгатори;
- E500 і далі – регулятори кислотності, розпушувачі;
- E600 і далі – підсилювачі смаку та аромату;
- E700-E800 – запасні індекси для іншої можливої інформації;
- E900 і далі – глазуруючі агенти, поліпшувачі хліба.

Багато харчових добавок мають комплексні функції, які проявляються залежно від особливостей харчової системи. Наприклад, добавка E339 (фосфати натрію) може проявляти властивості регулятора кислотності, емульгатора, стабілізатора, комплексоутворювача та водоутримуючого агента (табл. 1.1).

Найважливішою умовою забезпечення безпеки харчових продуктів є дотримання допустимої норми добового споживання (ДДС) харчових добавок. Зростає кількість комбінованих харчових добавок, що містять біологічно активні добавки (БАД) та інші компоненти.

Таблиця 1.1

Функціональні класи харчових добавок

Функціональні класи (для маркування)	Підкласи (технологічні функції)	Властивості
Антиоксиданти	Антиоксиданти, синергісти антиокислювачів, комплексоутворювачі	Підвищують термін зберігання продуктів, захищають від псування, викликаного, наприклад, гіркотою жирів або зміною кольору
Речовини для обробки борошна	Відбілюючі добавки, покращувачі тіста, покращувачі муки	Речовини, що добавляють до муки для покращення її хлібопекарських якостей або кольору

(з нім. та англ. – істивний).

Речовини, що попереджують злипання і грудкування	Добавки, які попереджують затвердіння; речовини, що зменшують липкість; висушуючі добавки, присипки, розділюючі речовини	Знижують тенденцію частин харчового продукту прилипати один до одного
Речовини, що сприяють збереженню кольору	Фіксатори кольору, стабілізатори кольору	Стабілізують, зберігають або підсилюють забарвлення продукту
Вологоутримуючі агенти	Добавки, які утримують вологу/воду; змочуючі добавки	Оберігають їжу від висихання нейтралізацією впливу атмосферного повітря з низькою вологістю
Гелеутворювачі	Гелеутворювачі	Текстурують їжу шляхом утворення гелю
Глазуратори	Плівкоутворювачі, поліруючі речовини	Речовини, котрі під час змащування ними зовнішньої поверхні продукту надають блиск або утворюють захисний шар
Згущувачі	Згущувачі, текстуратори	Підвищують в'язкість харчових продуктів
Кислоти	Кислотоутворювачі	Підвищують кислотність і/або надають кислого смаку їжі
Консерванти	Протимікробні і проти-грибкові добавки, добавки для боротьби з бактеріофагами, хімічні стерилізуючі добавки під час дозрівання вин, дезінфектанти	Підвищують термін зберігання продуктів, захищають від псування, викликаного мікроорганізмами
Барвники	Барвники	Підсилюють або відновлюють колір продукту
Функціональні класи (для маркування)	Підкласи (технологічні функції)	Дефініції
Наповнювачі	Наповнювачі	Речовини, інші ніж вода та повітря, які збільшують об'єм продукту, не впливаючи на його енергетичну цінність
Піногасники	Піногасники	Попереджують або знижують утворення піни
Піноутворювачі	Збиваючі добавки, аеруючі добавки	Створюють умови для рівномірної дифузії газоутворюючої фази в рідкі і тверді харчові продукти
Підсолоджувачі	Підсолоджувачі, штучні підсолоджувачі	Речовини нецукрової природи, котрі надають харчовим продуктам і готовій їжі солодкий смак
Пропеленти	Пропеленти	Гази, інші ніж повітря, що витискають продукт з контейнера
Розрихлювачі	Розрихлювачі; речовини, що сприяють життєдіяльності дріжджів	Речовини або суміші речовин, котрі звільняють газ і збільшують, таким чином, об'єм тіста
Регулятори кислотності	Кислоти, луги, основи, буфери, регулятори рН	Змінюють або регулюють кислотність або лужність харчових продуктів
Стабілізатори	Зв'язуючі речовини, ущільнювачі, волого- і водоутримуючі речовини, стабілізатори піни	Дозволяють зберігати однорідну суміш двох або більше речовин, що не змішуються в харчовому продукті або готовій їжі

Ущільнювачі (рослинних тканин)	Ущільнювачі (рослинних тканин)	Утворюють або зберігають тканини фруктів і овочів щільними і свіжими, взаємодіють з агентами гелювання – для утворення гелю або зміцнення гелю
Підсилювачі смаку та аромату	Підсилювачі смаку; модифікатори смаку; добавки, які сприяють розварюванню	Підсилюють природний смак і (або) запах харчових продуктів
емульгатори	Емульгатори, пом'якшувачі добавки, поверхнево-активні добавки, змочуючі агенти	Утворюють або підтримують однорідну суміш двох або більше фаз, що не змішуються таких як масло і вода в харчових продуктах
Емульгуючі солі	Солі, комплексоутворювачі	Взаємодіють з білками сирів з ціллю попередження відділення жиру при виготовленні плавлених сирів

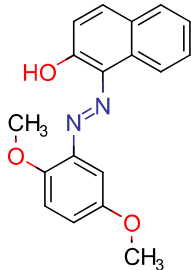
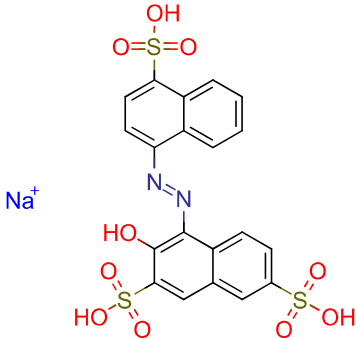
Основним критерієм застосування харчових добавок є безпека конкретної речовини. Застосування харчових добавок не повинно підвищувати ризики негативного впливу продукту на здоров'я людини, а також знижувати його харчову цінність (за винятком продуктів спеціального та дієтичного призначення). Харчові добавки повинні вноситися в харчові продукти в мінімально необхідній для досягнення технологічного ефекту кількості, але не більше встановлених Санітарними правилами меж. При їх впровадженні/застосуванні враховують:

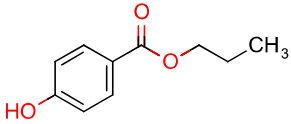
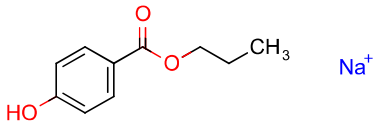
- ГДЖ (мг/кг) у продуктах харчування;
- ДД (мг/кг маси тіла) – допустиму добову дозу;
- ДДС (мг/добу) – допустиме добове споживання – добуток ДД на середню величину маси тіла – 60 кг.

Харчові добавки, заборонені до застосування в Україні при виробництві харчових продуктів показані в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Харчові добавки, заборонені в Україні

Харчова добавка	Код	
Цитрусовий червоний 2	E121	
Амарант	E123	

Пропіловий естер <i>n</i> -гідроксибензойної кислоти	E216	
Натрієва сіль пропілового естеру <i>n</i> -гідроксибензойної кислоти	E217	
Формальдегід	E240	$\text{O}=\text{CH}_2$
Бромат калію	E924	KBrO_3
Бромат кальцію	E924b	$\text{Ca}(\text{BrO}_3)_2$

Більшість харчових добавок, як правило, не мають харчового значення для людського організму, хоча деякі з них є біологічно активними речовинами.

Застосування харчових добавок, як чужорідних (зазвичай неїстівних) інгредієнтів, у виробництві харчових продуктів, регламентується ВООЗ (1987/1991) "Принципи оцінки безпеки харчових добавок і контамінантів у продуктах харчування" та підзаконними актами Міністерства охорони здоров'я України. В Україні дозволено застосування тих харчових добавок, які мають дозвіл держсанепіднагляду згідно Санітарних правил.

Крім "класичних" харчових добавок останнього часу набули популярності харчові добавки комплексної дії – суміші харчових добавок однакового або різного технологічного призначення, які виготовлені промисловим способом, до складу яких можуть входити, крім харчових добавок, і біологічно активні добавки, ароматизатори та деякі види харчової сировини (макроінгредієнти): борошно, цукор, крохмаль, білок, спеції тощо. Найбільшого поширення вони набули при виробництві хліба, борошняних кондитерських виробів, у м'ясній промисловості тощо.

Комплексні суміші харчових добавок і деяких допоміжних засобів, які отримали умовну назву "технологічні добавки", знайшли широке застосування та дозволили вирішити ряд технологічних проблем, а саме:

- прискорити ряд технологічних процесів (ферментні препарати, хімічні каталізатори окремих технологічних процесів тощо);
- регулювати та покращувати текстури харчових систем і готових продуктів (емульгатори, гелеутворювачі, стабілізатори тощо);
- запобігти грудкуванню і злежуванню продукту;
- покращити якість сировини та готових продуктів (відбілювачі борошна, фіксатори міоглобіну тощо);
- поліпшити зовнішній вигляд продуктів (поліруючі засоби);
- вдосконалити процеси екстракції (нові види екстрагуючих речовин);
- ряд самостійних питань при виробництві окремих харчових продуктів.

Виокремлення із загальної кількості харчових добавок окремої групи технологічних добавок має умовний характер, оскільки в окремих випадках без них неможливе проходження самого технологічного процесу. Наприклад, екстрагуючі речовини і каталізатори процесу гідрування жирів, що є допоміжними речовинами, які не вдосконалюють технологічний процес, а роблять можливим його проходження.

4.2. Харчові добавки, заборонені до застосування в Україні

Цитрусовий червоний 2 (E121, Citrus Red № 2, Citrus Red 2, C.I. Solvent Red 80)

– синтетичний харчовий барвник із гамою кольорів від жовтого до насиченого помаранчевого та темно-червоного. Не розчинний у воді, розчиняється у деяких органічних розчинниках. Застосовувався для підфарбовування шкірки апельсинів. Може утримуватися в солодких газованих водах, морозиві, льодяниках. Провокує утворення злоякісних ракових пухлин. Мінімальна добова доза не встановлена.

Амарант (E123, Amaranth) Належить до барвників синтетичного походження. Фарбує продукт у синювато-червоний, червоно-коричневий або червоно-фіолетовий колір. Розчинний у воді. Використовувався в харчовій промисловості як добавка в приготуванні кексів, у виробництві желе і сухих сніданків, виробництві напівфабрикатів для бісквітів і різних напоїв; у косметичній промисловості (губні помади, рум'яна та інших видів декоративної косметики; для фарбування паперу, різних тканин, шкіри. Призводить до змін у печінці і впливає на репродуктивні функції. Збільшує ризик виникнення ракових утворень в організмі щурів. Викликає алергічні реакції (кропив'янку, свербіж), впливає на функціонування печінки та нирок.

Пропілпарабен (E216, E-216, Propylparaben) харчова добавка, яка використовується як консервант, виявляє кислотні властивості. Має білий колір, іноді набуває сірого відтінку. Малорозчинний у воді, розчиняється у спирті, пропіленгліколі, має низьку токсичність, не надає сенсibiliзуючої і подразнюючої дії. Існує в природі (у деяких видах рослин і комах), для промисловості його добувають синтетичним шляхом. Виявляє антимікробну активність і має властивості інгібувати ріст бактерій, плісняви і різних грибків. Використовують як консервант у косметичних засобах для зовнішнього застосування (лосьйонах, шампунях, гелях, кремах тощо). Для харчової продукції вона не є безпечною тому не використовується в таких продуктах, як цукерки, шоколад, паштети чи супи. Впливає на тонус судин, піднімає тиск, може викликати рак молочної залози у жінок, а чоловіків може призвести до безпліддя.

Натрієва сіль пропілового естеру *n*-гідроксибензойної кислоти (E217, Sodium propyl *para*-hydroxybenzoate) – харчова добавка, використовується в харчовій промисловості як консервант. За своїм хімічним складом практично не відрізняється від E216. Отримують синтетичним шляхом. Гарно розчинна у воді. У харчовій промисловості використовується як і консервант E216 в кондитерських виробках, що містять м'ясо. Впливає на тонус судин та може піднімати тиск. Здатний викликати астму, кропив'янку, можливе оніміння в роті, подразнення шлунку або контактний алергічний дерматит. Є канцерогеном, здатен викликати різні алергічні реакції.

Формальдегід (E240, E-240, Formaldehyde) – харчова добавка, консервант, безбарвна газоподібна речовина, що має гострий запах. Використовують при консервації біологічного матеріалу, наприклад, при створенні анатомічної або іншої біомоделі; антисептик; як консервант у вакцинах. Як канцероген, викликає лейкоз.

Бромат кальцію (E924b, E-924b, calcium bromate, calcium bromate improving agent) – синтетична сполука солей бромної кислоти і вапна, білі або безбарвні кристали. Заборонений завдяки своїй канцерогенній дії. Може бути використано в харчовій індустрії як покращувач властивостей хлібобулочних і здобних виробів, розпушувач для борошна, піногасник. У свій час E-924b входила до складу безалкогольних газованих напоїв.

4.3. Харчові барвники

Сучасні харчові технології включають різні методи обробки харчової сировини (кип'ятіння, стерилізацію, смаження тощо) та зберігання. При цьому продукти харчування можуть змінювати своє первинне забарвлення, а іноді набувають неестетичного зовнішнього вигляду. Зазвичай, це пов'язано з перетворенням хлорофілів у феофітин або зі зміною кольору природніх барвників при зміни рН середовища або утворення комплексів з іонами металів. Наприклад, під час консервування овочів і фруктів. Крім того, досить часто барвники застосовують для фальсифікації продуктів харчування: підфарбовування, що не відповідає рецептурі та технології, – для імітації високої якості кінцевого продукту.

На сьогодні в Україні при фарбуванні харчових продуктів використовують 60 найменувань натуральних (природних), синтетичних (органічні і неорганічні) барвників, включаючи добавки, які входять в одну групу сполук з єдиним Е-номером і позначаються малими буквами і малими римськими цифрами. Основна група речовин, які визначають зовнішній вигляд продуктів харчування – це харчові барвники (функціональний клас 7, табл. 1.1).

Натуральні барвники

Куркуміни	E100
Рибофлавін	E101
Алканет, алканін	E103
Карміни, Кошеніль	E120
Хлорофіл	E140
Мідні комплекси хлорофілів і хлорофілін	E141
Цукрові колери	E150(a-d)
Каротини	E160
Каротиноїди	E161
Червоний буряковий	E162
Антоціани	E163
Таніни харчові	E181
Червоний рисовий	–

Мінеральні барвники

Вугілля	E152
Вугілля деревне	E153
Вуглекислі солі кальцію	E170
Діоксид титану	E171
Оксиди та гідроксиди феруму	E172
Срібло	E174
Золото	E175
Ультрамарин	–

Синтетичні барвники

Тартразин	E102
Жовтий хіноліновий	E104
Жовтий 2G	E107
Жовтий «сонячний захід»	E110
Азорубін, Кармуазин	E122
Понсо 4R, Гранатовий 4R	E124
Червоний 2G	E128
Червоний чарівний AC	E129
Синій патентований V	E131

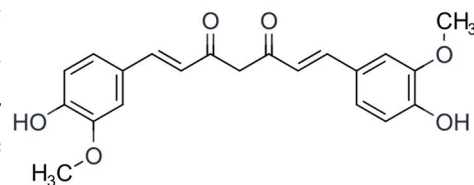
Індигокармін	E132
Синій блискучий FCF	E133
Зелений S	E142
Зелений міцний FCF	E143
Чорний блискучий PN	E151
Коричневий NT	E155
Орсейл, Орсін	E182
Червоні для карамелі 1,2	–
Червоний 3	–

Слід відмітити, що деякі барвники є харчовими добавками комплексної дії. Наприклад, E170 (вуглекислі солі кальцію) – поверхневий барвник, стабілізатор, запобігає злежуванню і E181 (таніни харчові) – барвник, емульгатор, стабілізатор. Заборонені до застосування в Україні барвники перераховано в табл. 1.2. Харчові барвники застосовуються при виробництві кондитерських виробів, напоїв, маргаринів, деяких видів консервів, сухих сніданків, плавлених сирів, морозива.

4.3.1. Натуральні (природні) барвники

Натуральні барвники переважно мають природне походження. Їх отримують у вигляді суміші сполук, на склад якої впливає як джерело так і технологічний процес отримання. Тому досить важко забезпечити його сталість. Серед натуральних барвників виділяють каротиноїди, антоціани, флавоноїди, хлорофіли. Вони, як правило, не токсичні, але для деяких з них встановлено добові дози. Деякі натуральні барвники або їх суміші виявляють біологічну активність, підвищують харчову цінність харчового продукту. Як сировину для отримання натуральних харчових барвників використовують різні частини дикорослих і культурних рослин, відходи їх переробки на виноробних, соко- і консервних заводах. Крім цього, деякі з них одержують хімічним або мікробіологічним синтезом. Природні барвники, враховуючи і модифіковані, чутливі до дії кисню повітря (каротиноїди), кислот і лугів (антоціани), температури, можуть піддаватися мікробіологічному псуванню.

Куркумін (E100, E-100, жовтий імбир, Curcumin) – яскраво-жовті натуральні барвники, які одержують із рослини куркуми (*Curcuma longa*, L.). За своєю хімічною природою, куркуміни - поліфеноли, легко розчинні у спирті та ефірі, нерозчинний у воді. Солі куркуміну розчиняються у воді, а це розширює спектр його застосування. У лужному середовищі набуває буро-червоного кольору, в мінеральних кислотах – колір не змінює. Виробляють із рослини *Curcuma Longa* (куркума) та деяких інших рослин сімейства імбирних. Після застосування цього барвника, продукти набувають жовтого або помаранчевого кольору. До цієї групи відноситься *турмерік* (E100ii) – порошок кореневища куркуми.

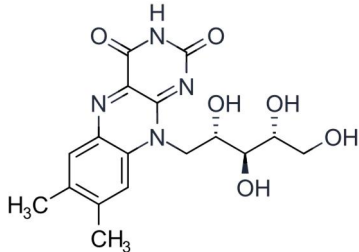


Використовують у приправах до м'яса, птиці, риби, кондитерській продукції, деяких видах алкоголю, в косметиці, борошняних виробках, в консервах.

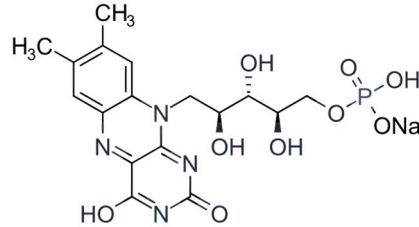
Встановлено, що куркумін виявляє протипухлинні та протизапальні властивості, допомагає при хворі Альцгеймера, підвищує імунітет організму до різних інфекцій.

Рибофлавін (E101, E101i, E-101, вітамін B2, Riboflavin (Vitamin B2) – є барвником жовтого кольору, складається з рибози та жовтого пігменту флавіна. У природі в

надлишку знаходиться в аличі, баклажанах, перці, петрушці, кропі, малині, айві, яблуках, суниці, абрикосах, спаржі, квасолі, салаті. Також надає природне забарвлення яйцям, молоку, овочам та печінці. У промисловості одержують синтетичним шляхом. Погано розчиняється у воді та спирті. Стабільний у кислому середовищі, у лужному втрачає свої властивості і руйнується. Стійкий при підвищенні температури, розкладається при дії світла.



E101i



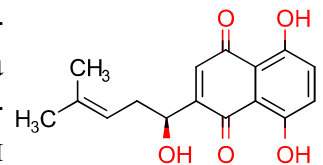
E101ii

Рибофлавін і натрієву сіль рибофлавін-5'фосфату (E101ii) активно застосовують при виготовленні дитячих каш, арахісової олії, хліба, сухих сніданків. Дозволено до застосування у всіх країнах світу.

Харчова добавка E101 практично не має токсичності, оскільки слабозрчинний у воді і, як наслідок, погано всмоктується кишечником. Мінімальну небезпеку може мати лише штучно отриманий рибофлавін через можливість попадання до його складу побічних продуктів синтетичного виробництва.

Рибофлавін бере участь у процесах утворення антитіл, еритроцитів, він є необхідним елементом регуляції росту та репродуктивних функцій, необхідний для повноцінної роботи щитовидної залози. Недостатність рибофламіну в організмі може викликати ангулярний стоматит, хейлоз, глосит, порушення роботи органів зору, м'язова слабкість.

Алканет, алканін (E103, E-103, Alkannin) –надає продуктам відтінків та кольорів від золотистого до червоно-бордового, який є похідним 1,4-нафтохінону. Добувають екстракцією з коріння *Alkanna tinctoria*. Стабільний за нормального тиску і температури, при окисненні розпадається на прості речовини, такі як оксиди Сульфуру, Карбону та Нітрогену. Розчинний у жирах, але не має широкого застосування для їх забарвлення по причині малої стабільності і нехарактерного для жирів кольору.



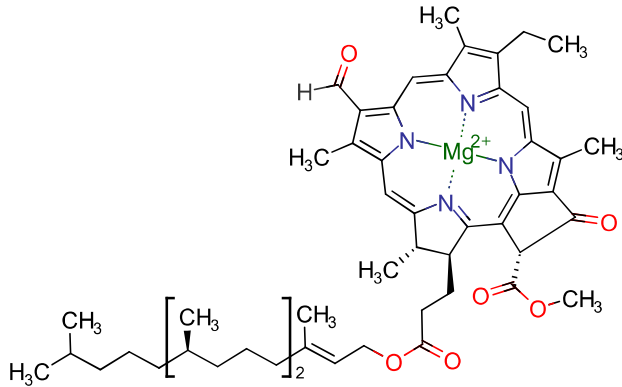
Добавка E103 допомагає повернути початкове забарвлення продуктів, втрачене ними при обробці та приготуванні; її додають до масляних настоек і мазей, щоб надати їм яскравий, насичений колір; у косметичні засоби (помати та блиск для губ, бальзами, лосьйони, мило, лаки); у дешеві вина для більш "благородного" кольору; в різні солодощі та продукти харчування для їх підфарбовування.

Нерегулярне вживання добавки в невеликих кількостях не завдає живому організму істотної шкоди, але за умови регулярного вживання, виникає висока ймовірність розвитку злоякісних пухлин. Тому її використання заборонено у низці країн, у тому числі в Україні. При короткочасному контакті зі шкірою, слизовими оболонками, очима є причиною подразнень та висипань.

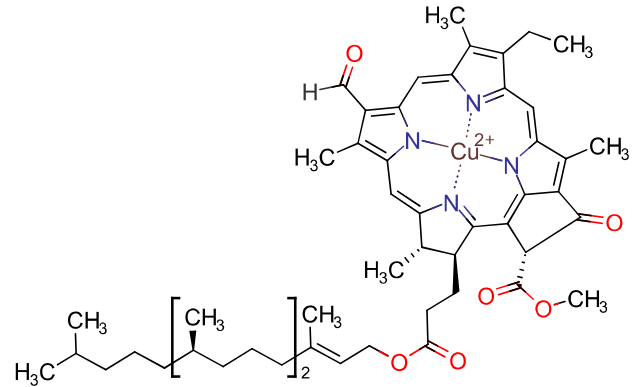
Хлорофіли (магнійзаміщені похідні порфірину, E140, E-140, Chlorophylls) – є барвником натурального походження різних відтінків (від оливково-зеленого до темно-

зеленого), добре розчиняється у воді, жирах, має велику чутливість до високих температур і світла. Для отримання хлорофілу використовують процес екстракції з кропиви, злаків, броколі за допомогою розчинників (ацетон, метанол, етанол тощо).

Мають обмежене застосування в харчовій промисловості по причині нестійкості за підвищеної температури. У кислих середовищах зелений колір змінюється на оливковий, а потім, внаслідок утворення феофітину, – на брудно-жовто-бурий.



Магнійзаміщені похідні порфірину



Купрумвмісний комплекс хлорофіліну

Практичного значення можуть мати купрумвмісні комплекси (E141i) – сполуки з інтенсивним зеленим забарвленням, та натрієві і калієві солі купрумвмісного комплексу хлорофіліну (E141ii). Хлорофіл і його купрумвмісні похідні розчиняються в оліях, хлорофілін та його купрумвмісні похідні – у воді.

Застосовується у виробництві морозива, кремів, різних десертів, пудингів, кисло-молочних продуктів, соусів, майонезу; овочів в оцті, олії чи розсолі, а також при приготуванні желе та джемів та інших продуктів, напоїв.

Хлорофіл відносять до категорії безпечних речовин та виявляє антиканцерогенні властивості, оскільки він знижує активність ензимів, які сприяють перетворенню деяких хімічних препаратів на канцерогени. Крім того очищає організм, виводячи з нього різні токсичні речовини.

Цукрові колери (E150: Цукровий колер I (простий), E150a, E-150a, Plain caramel; Цукровий колер II, E150b, Caustic sulfite caramel; Цукровий колер III, E150c, Ammonia caramel; Цукровий колер IV, E150d, Sulphite ammonia caramel).

Цукровий колер I (простий), E150a, E-150a, Plain caramel – карамельний колер (простий), карамельний барвник, карамелізований цукор або просто палений цукор. Отримують підігрівом цукру. Іноді для прискорення процесу карамелізації використовують кислоти (азотну, фосфорну, молочну або лимонну) або луги. У чистому вигляді – буває рідкому і твердому стані, з темно-шоколадним кольором. Не розчиняється у жирах, але гарно розчиняється у воді.

Використовують як наповнювач при виготовленні: варення, джемів, желе; йогуртів із штучними ароматизаторами; консервованих грибів, сухих супів, мармеладу із цитрусу; деяких сортів вин, оцту, овочевих консервів, вареної ковбаси, сосисок, паштетів, шоколаду, чіпсів, заморожених десертів, соусів, приправ, газованих напоїв, спиртні напої (вина, віскі, пиво) та кондитерські вироби.

Харчова добавка E150 безпечна для здоров'я.

Цукровий колер II, E150b, E-150b, Caustic sulfite caramel – сульфітний карамельний колер. Існує у рідкому, твердому або розсипчастому вигляді, має запах спаленого

цукру. Процес отримання схожий з процесом отримання E150a, єдина різниця - додають сульфідні сполуки.

Використовують як харчову добавку в усі продукти харчування: варене м'ясо, ковбаси, сардельки, вироби з подрібненого м'яса, мармелад, желе, фруктові консерви, овочі в олії/розсолі, оцет, алкогольні (вина, сидр, пиво), безалкогольні (Coca-Cola і Pepsi), міцні алкогольні напої.

Харчова добавка нешкідлива для організму. Використовують для фарбування лікарських та косметичних препаратів.

Цукровий колер III, E150c, E-150c, Ammonia caramel – аміачний цукровий колер. Існує в твердому та рідкому станах з відтінками від шоколадного до темнішого. Має гіркий смак і аромат паленого цукру. Добре розчиняється у воді, не розчинний в етиловому спирті. Одержують із цукристих речовин шляхом регульованого нагрівання, з подальшим додаванням амонійних сполук.

Використовують при виробництві: кисломолочних продуктів (ряжанка, йогурт, кефір, кисляка, біокефір тощо), оцет, алкогольних напоїв (вина, пиво), гірких содових напоїв (лимонад, мінеральна газувана вода), кола тощо), консервованих овочах крім оливки (в розсолі, олії або усусі), сухі сніданки з зернових (кукурудзяні пластівці, повітряний рис, кукурудзяні палички), консерви з фруктів (джеми, варення, мармелади), м'ясні вироби (сардельки, варені ковбаси, сосиски, паштет).

При високих дозах споживання – виникає загроза розвитку захворювань шлунково-кишкового тракту.

Цукровий колер IV, E150d, E-150d, Sulphite ammonia caramel – аміачно-сульфідний колер, від золотисто-коричневого до темно-коричневого кольору, добре розчинний у воді. Не піддається впливу яскравого світла і високих температур. Має гіркий присмак та запах паленого цукру, буває у рідкому та твердому станах. Стійкий до дії кислот. Одержують нагріванням цукристих речовин (глюкоза, фруктоза, сахароза, інвертний сироп) з додаванням амонійних та сульфідних сполук.

Використовують при виробництві: фруктових консервів (компот, джем, пюре, варення), овочеві консерви (овочеві, овочеві закусочні, м'ясо-овочеві консерви, соуси, маринади, квашені та солоні овочі), мармелади з цитрус супи та бульйони, грибні консерви, оцет, спиртні напої (пиво, вина, сидр, лікер, коньяк, гіркі настоянки, віскі), кондитерські вироби та їстівні прикраси для їх декору (печиво, пряники, булочки, креми, покриття), гіркі содові напої, вироби з м'яса (ковбаси, паштети, сардельки, сосиски, варене м'ясо, м'ясні делікатеси), заморожені десерти.

У помірних дозах безпечний, але при надмірних кількостях добавки в організмі виникає ризик захворювань шлунково-кишкового тракту.

Каротиноїди – вуглеводні ізопреноїдного ряду (каротини, лат. *carota* – морква) та їх оксигенвмісні похідні – рослинні червоно-жовті пігменти, які забарвлюють ряд овочів, фруктів, жирів, яєчного жовтка тощо. Забарвлення каротиноїдів обумовлене наявністю в їх структурі спряжених подвійних π-зв'язків – хромофорів. Каротиноїди нерозчинні у воді, розчинні в жирах та органічних розчинниках.

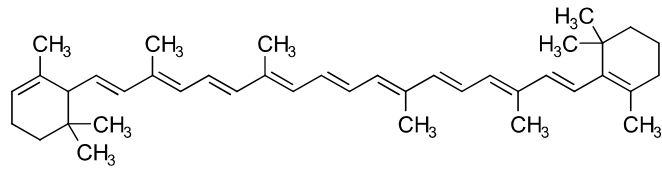
α-, β- і γ-Каротини (E160a, E-160a, alpha-Carotene, beta-Carotene, gamma-Carotene) – харчові барвники жовто-жовтогарячого кольору. Розрізняють:

- Натуральні екстракти каротинів з моркви, кукурудзи, пальмової олії, червоного перця, шпинату, чорної смородини, персиків, абрикосу, чорниці та агрусу.

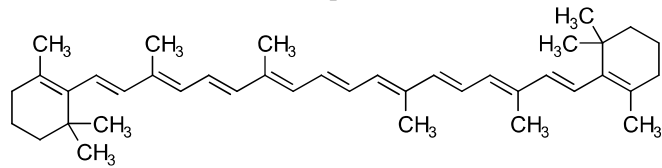
- Бета-каротин синтетичний – одержують синтетично шляхом, але за властивостями схожий на натуральні каротини. Отримують не лише синтетичним шляхом, але й виділяють із природних джерел разом з іншими каротинодами.

Натуральний каротин – антиоксидант та джерело вітаміну А. Стійкий до дії сонячних променів та високих температур. Забарвлює продукти у жовто-жовтогарячий колір і деякі його відтінки: блідо-жовтий, лимонний, морквяний.

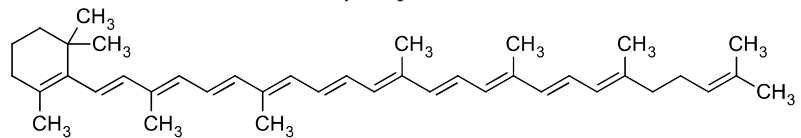
Натуральний каротин використовується для фарбування таких продуктів, як згущене молоко, вершки, сир, сир, йогурти, а також ряд інших молочних продуктів, у тому числі соковмісні сироватки. Синтетичний β-каротин використовується як харчова добавка для приготування маргарину, майонезу, ряду кондитерських та хлібобулочних виробів, а також деяких видів безалкогольних напоїв.



α-Каротин



β-Каротин



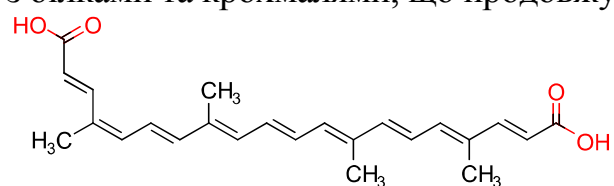
γ-Каротин

Оскільки каротини є антиоксидантами, вони перешкоджають накопиченню в організмі продуктів перекисного окислення ліпідів; профілактичний засіб щодо зниження зору, онкологічних та серцево-судинних захворювань; є радіпротекторами. За деякими джерелами, у великих дозах синтетичні бета-каротини можуть провокувати рак легень у курців і раку передміхурової залози у чоловіків.

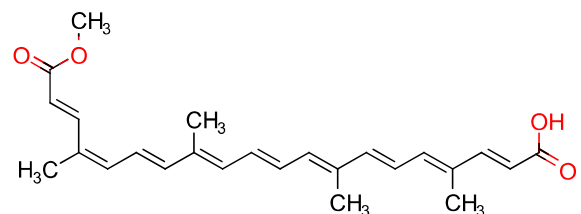
Екстракт аннато (E160b, біксин, норбіксин, E-160b, Annatto, bixin, norbixin) – барвник, водний екстракт з коріння *Bixa orellana* L, що має забарвлення жовтого, жовто-жовтогарячого або рожевого кольору. Добре розчиняється в жирах. Стійкий до дії світла та кислот. Здатний до взаємодії з білками та крохмалями, що продовжує термін придатності продукту.

Біксин та норбіксин – екстракти аннато, змінюють колір продукту за високих температур, що надає різних відтінків одному й тому ж продукту. Використовують для фарбування йогуртів, сирів, пудингів, олій, маргаринів, готових сніданків, хлібобулочних виробів, алкогольних напоїв та кондитерських виробів. Має низьку токсичність, але дітям краще уникати вживання для попередження алергічних реакцій. Можуть спричиняти підвищення артеріального тиску.

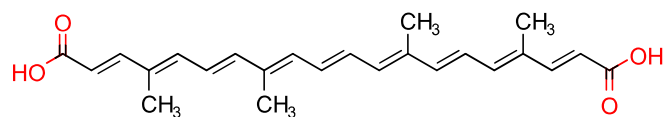
Масломолі паприки (E160c, екстракт паприки, олія паприки, капсаїцин, капсантин, капсорубін, E-160c, Paprika oleoresin) – екстракти з червоного перцю



Аннато



Біксин



Норбіксин

Capsicum annuum L. або *Capsicum frutescens* є натуральним харчовим барвником жовто-жовтогарячого кольору і містить (від 97% до 98%) *капсаїцину*, основної смакової сполуки, що надає пікантність у вищих концентраціях, і *капсантину* і *капсорубіну*. Екстракт містить жирні кислоти: лінолеву, ліноленову, пальмітинову, стеаринову, олеїнову. Стійкий до дії світла, високої температури, довго зберігає колір продукту. У малих дозах гострий присмак добавки не відчувається. Для посилення смаку застосовують великі дози барвника. Основним пігментом є каротиноїд капсантин, який не виявляє А-вітамінної активності.

Використовують для фарбування майонезу, маргарину, вершкового масла, соусів, морозива, сирів, йогуртів, копчених продуктів, сухих сніданків, кулінарних виробів, джемів, ковбасних виробів. Добавка відноситься до безпечної категорії. Алергічні реакції на маслосмоли паприки також не виявлено.

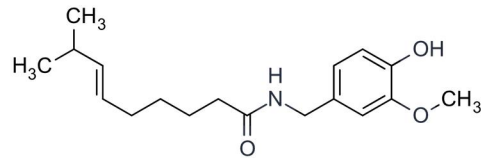
Лікопін (E160d, E-160d, Лусорене) – харчовий барвник червоного кольору, міститься в помідорах, а також у грейпфрутах та кавунах. У харчовій промисловості застосовують натуральний барвник, а також синтетичний та генетично модифікований, для фарбування джемів, мармеладу, супів швидкого приготування, йогуртів, деяких безалкогольних напоїв.

Лікопін не має негативного впливу на організм, алергічних реакцій не виявлено. Сприяє підвищенню потенції у чоловіків,

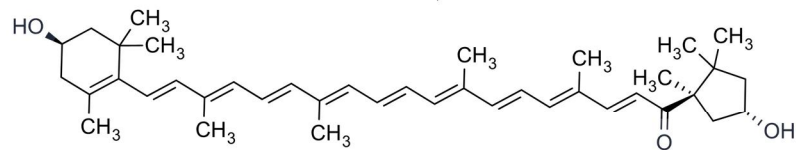
Каротиновий альдегід (E160e, E-160e, β-апокаротиновий альдегід, β-аро-8'-carotenal (apocarotenal) – синтетичний барвник, похідний добавки E160a. Каротиновий альдегід стійкий до впливу температури, не розкладається на світлі, зберігає термін придатності продуктів та відновлює їх колір після термічної обробки.

Барвник надає продуктам всіх відтінків від жовтого до червоного. E-160e використовується у харчовій промисловості для фарбування всіх видів сирів: твердих, плавлених, вершкових.

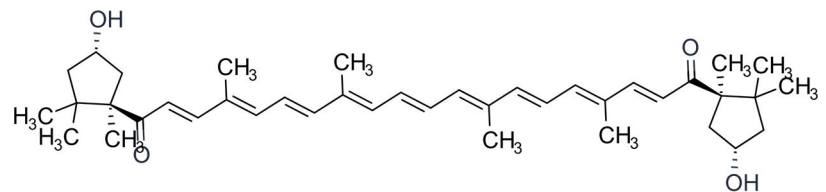
Каротиновий альдегід вважається добавкою з нульовим рівнем небезпеки. Однак у ряді випадків можливі алергічні реакції.



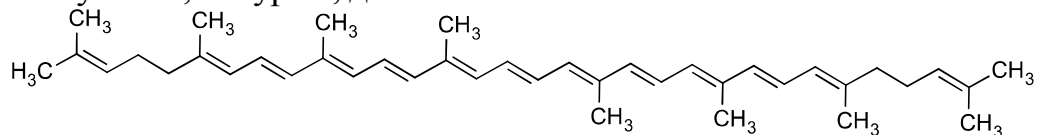
Капсаїцин



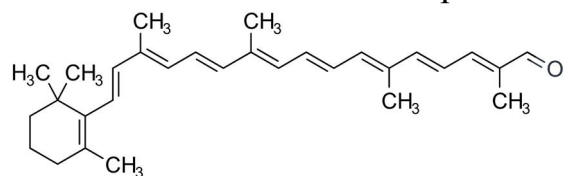
Капсантин



Капсорубін

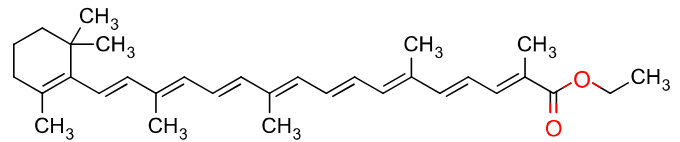


Лікопін



Каротиновий альдегід

Етиловий естер каротинової кислоти (E160f, E-160f, Ethyl ester of beta-apo-8'-carotenic acid) – синтетичний аналог харчового барвника E160a. Надає продуктам жовтого, помаранчевого, рожевого та червоного забарвлення. Стійкий до дії світла та температури.



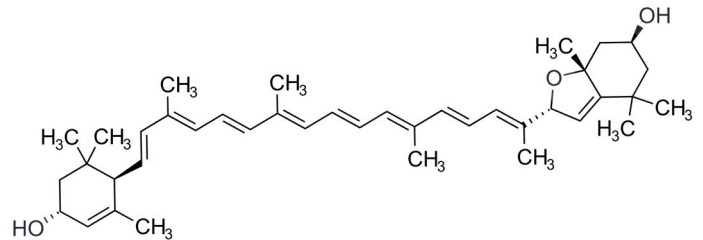
Етиловий естер каротинової кислоти

Використовують як барвник для консервованих фруктів, хлібобулочних та макаронних виробів, морозива, глазурованих сирків, соусів, приправ, копченої риби, алкогольних та газованих напоїв.

Етиловий естер каротинової кислоти до кінця не вивчений, тому даних про негативний вплив на організм немає. Добавка заборонена, оскільки вона токсично діє на деякі органи та системи. Можливі алергічні реакції на барвник.

Флавоксантин (E161a, E-161a, Flavoxantin, Flavoxanthin) – харчовий барвник жовтого кольору, як рослинного так і тваринного походження. Належить до класу ксантофілів-барвників (каротиноїди, ксантофіли). В основному одержують з ягід, коренеплодів, листя, квітів та відходів переробки рослинності.

Колір залежить від концентрації розчину – від жовтого до оранжево-червоного. Розчинний у хлороформі, в оліях рослинного походження, органічних розчинниках, нерозчинний у воді.

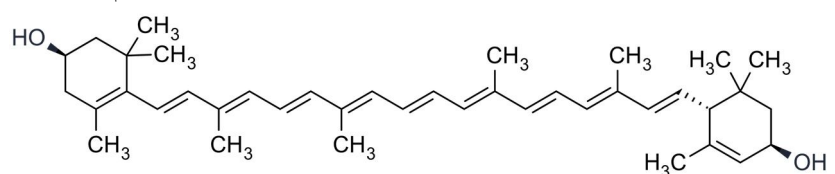


Флавоксантин

Використовують для забарвлення або для відновлення кольору після термічної обробки. Заборонений для використання на території ЄС. Викликає розлади шлунку та подразнення органів шлунково-кишкового тракту.

Лютеїн (E161b, E-161b, Lutein) – природний барвник жовтого кольору, належить до групи ксантофілів. Міститься у червоно-жовтих фруктах та овочах (кукурудза, шпинат, авокадо, броколі, хурма, морква, чорний виноград, помаранчевий болгарський перець) та жовтках курячих яєць.

Застосовують у харчовій промисловості, як барвник жовтого кольору, у косметичних препаратах, біологічно активних добавках та частині медикаментів, застосування яких дозволено без рецепта лікаря.



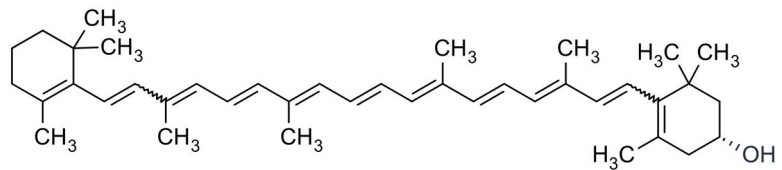
Лютеїн

Незважаючи на відсутність побічних ефектів, добавка E161b не була протестована в Україні та не внесена до реєстру офіційно дозволених харчових добавок.

Лютеїн має велике значення для підтримання зору в нормі, може збільшувати його гостроту; її рекомендують тим, у кого висока ймовірність помутніння кришталика та дегенерація сітківки ока; як антиоксидант; для профілактики зору, артриту, інсульту. Корисно вводити лютеїн у раціон тих, хто веде сидячий спосіб життя та працює за комп'ютером.

Криптоксантин (E161c, E-161c, Cryptoxanthin) – барвник природного походження, належить до групи каротиноїдів. Залежно від концентрації, барвник має колір від жовтого до насиченого помаранчевого, червонувано-помаранчкового. Одержують у процесі переробки рослин (ягоди, коріння, суцвіття деяких видів рослин) або живих організмів. Більшість властивостей та характеристик добавки аналогічні флавоксантину.

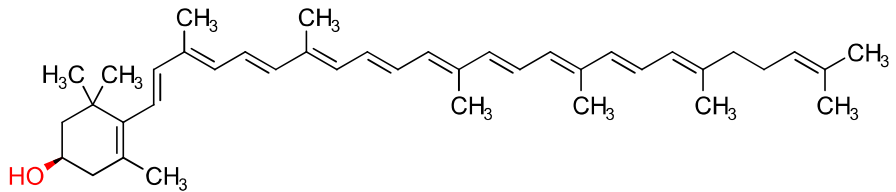
До 2008 року використовували для підфарбовування продуктів харчування або для покращення зовнішнього вигляду після



Криптоксантин

термічної обробки. Криптоксантин не пройшов випробування в ЄС та був заборонений для використання у харчовій промисловості. За неперевіреними даними вживання призводить до порушень роботи шлунково-кишкового тракту та захворювань органів, що беруть участь у процесі травлення. Не є алергіком.

Рубіксантин (E161d, E-161d, Rubixanthin) – барвник природного походження, який можна охарактеризувати як каротиноїд і ксантофіл через яскраво виражений жовтого кольору.



Рубіксантин

Залежно від концентрації відтінки жовтої

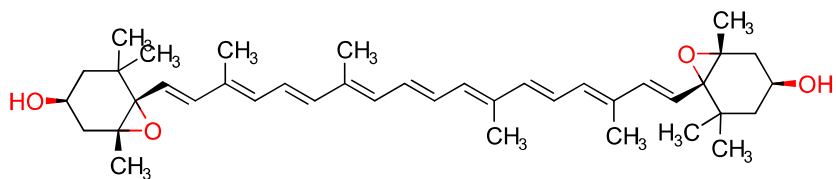
гами варіюють від жовтого до яскравого помаранчево-червоного. Розчиняється, рослинних оліях, органічних розчинниках, нерозчинний у воді.

Основною сировиною для отримання є квіти троянди. Використовували як відновник кольору для продуктів, які втратили вигляд після термічної обробки.

Заборонено для використання у харчовій галузі у країнах Європейського Союзу. Дослідження свідчать про високий ризик розвитку хвороб шлунково-кишкового тракту. Може викликати алергічні реакції.

Віолоксантин (E161e, E-161e, Violaxanthin, CI Natural Yellow 27, xanthophylle) – природний барвник жовтого кольору. Залежно від концентрації, набуває різних відтінків – від світло-жовтого до насиченого яскравого помаранчево-червоного кольору.

Гарно розчинний у хлороформі, в оліях рослинного походження, органічних розчинниках, не розчинний у воді. У природі міститься в квітках *Viola tricolor*, фруктах тощо.

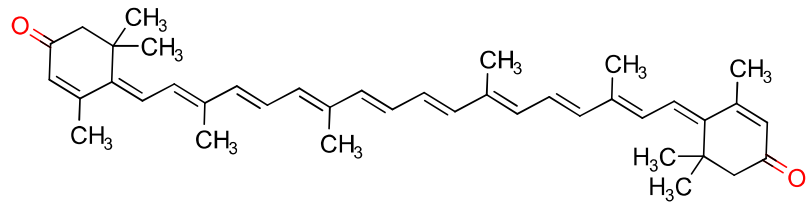


Віолоксантин

В останні роки в харчовій індустрії не використовують, через небезпеку для здоров'я людини. Може викликати хвороби органів ШКТ, алергічні реакції, запальні процеси слизових оболонок.

Родоксантин (E161f, E-161f, Rhodoxanthin) – природний барвник, колір якого, залежно від концентрації, варіюється від жовтого до яскравого помаранчево-червоного кольору. Добре розчинний у хлороформі, рослинній олії та органічних розчинниках, малорозчинний у воді. Одержують з голок хвойних дерев або з ягідного тису та інших чагарників, а також пір'я деяких порід птахів.

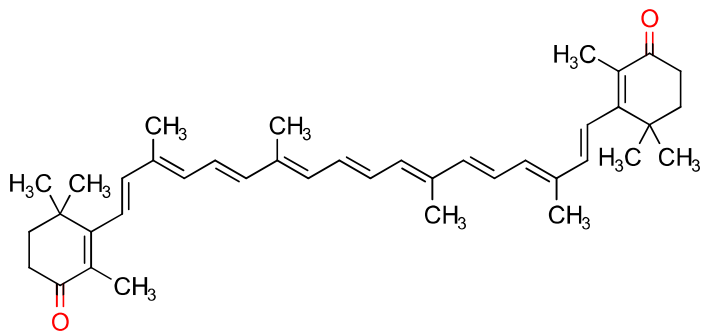
Заборонено у країнах ЄС. Родоксантин може негативно впливати на здоров'я людини, провокувати розлад шлунку, захворювання органів ШКТ, алергічні реакції.



Родоксантин

Кантаксантин (E161g, E-161g, Canthaxanthin, food orange 8, canthaxanthine) – барвник класу каротиноїдів помаранчевого кольору. За звичайних умов – кристалічний порошок забарвлений в інтенсивний фіолетовий колір, у розчині – набуває забарвлення від помаранчевого до червоного. Добре розчинний у хлороформі, олії, не розчинний в етанолі та воді. У природі міститься у їстівних грибах, бактеріях, рибі, ракоподібних, зелених водоростях тощо. Добавка чутлива до перепадів температури і світла. В ідеалі, харчовий барвник повинен зберігатись у темному місці з прохолодною температурою, в атмосфері інертного газу.

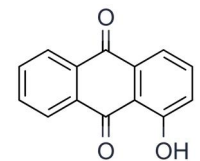
Використовують як барвник рослинних та тваринних жирів, для надання більш апетитного кольору; при виробництві маргарину, майонезу, джемів, желе, фруктових консервацій та різноманітних кондитерських виробів; у консервованих та заморожених креветках, бульйонах тощо. У країнах ЄС використовують лише при виробництві та фарбуванні страбурзького соусу.



Кантаксантин

У харчовій добавки виявлено побічні ефекти: втрата нічного зору, зміна кольору шкірних покривів, підвищена чутливість до яскравого світла, поява рецидивуючої кропив'янки тощо.

Антрахінонові барвники містять як хромофорну групу гідроксиантрахінон, який має стабільне забарвлення. Своїм забарвленням антрахінонові барвники зобов'язані наявності системи спряжених подвійних зв'язків. Спектр поглинання незаміщеного антрахінону має максимум в ультрафіолетовій ділянці спектра, а його край у видимій ділянці надає йому слабо-жовтого забарвлення. До антрахінонових барвників відносять:



Гідроксиантрахінон

Гідроксиантрахінонові (алізаринові) барвники	Алізарін
	Алізариновий помаранчевий
	Алізариновий каштановий Б
	Алізариновий синій Бс
	Алізариновий червоний С
	Хінізарин
Аміноантрахінонові барвники	
Дисперсні барвники	Дисперсний фіолетовий К
	Дисперсний рожевий Ж

	Дисперсний синій 3
Катіонні барвники	Катіонний фіолетовий 4С
	Катіонний синій 4К
	Астразон синій ФГЛ
Кислотні барвники	Кислотний синій антрахіноновий 3
	Кислотний чисто-блакитний антрахіноновий 3
	Кислотний яскраво-фіолетовий антрахіноновий 4К
Активні барвники	Монохлортріазиновий Активний яскраво-блакитний
	Піримидинові активні барвники
	Вінілсульфонові активні барвники: Активний блакитний 2КТ

До природних пігментів цієї групи належать алізарин, кармін, алканін, які дозволені до використання в Україні:

Карміни (E120, E-120, кошеніль, кармінова кислота, Carmines) – червоно-пурпуровий барвник (основний компонент кармінова кислота). За різних рН середовища набуває різних відтінків: у сильнокислому – помаранчевий колір, у нейтральному – червоний колір, у слабкокислому – пурпуровий.



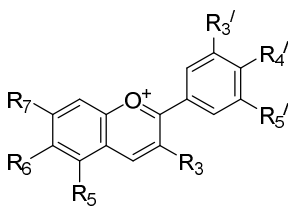
Отримують екстракцією з кошенілю – висушених і розтертих жіночих особин комах виду *Dactylopius coccus* (Sacta). Останнім часом кармін отримують синтетичним шляхом. Стійкий до високих температур, дії кисню повітря, світла.

Барвник використовували для фарбування килимів, тканин (відомі на весь світ червоні мундири англійської армії), пряжі, їм писали картини та мініатюри. Застосовують при виробництві ковбас, баликів, рибної продукції; додають до молочної, кондитерської продукції, алкогольних та безалкогольних напоїв, желе, соків, глазурі, соусів, кетчупів тощо.

Кармін E120 визнано безпечною харчовою добавкою. Якщо продукти харчування виготовлялися без порушень технології, побічні ефекти після їх вживання не спостерігалися. Виробники зобов'язані розміщувати інформацію про добавку на етикетці продукту, оскільки кармін здатен викликати анафілактичний шок або контактну алергію.

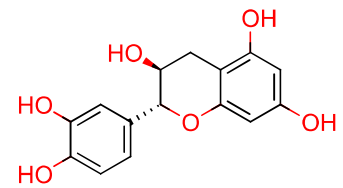
Антоціанові барвники, Антоціани (E163, E-163, Anthocyanins) – група водорозчинних природних барвників – фенольні сполуки, які є моно- і диглікозидами. Гідролізом розпадаються на вуглеводи (галактозу, глюкозу, рамнозу тощо) і аглікони – антоціаніди (пеларгонідин, ціанідин, дельфінідин тощо, одного цукру – глюкози, трьох кислот – оцтової, кумарової та кавової).

Основна структура	Антоціанідин	R ₃ '	R ₄ '	R ₅ '	R ₃	R ₅	R ₆	R ₇
	Аурантинідин	H	O	H	O	O	O	O
	Ціанідин	O	O	H	O	O	H	O
	Дельфінідин	O	O	O	O	O	H	O
	Європінідин	OCH ₃	O	O	O	OCH ₃	H	O
	Пеларгонідин	H	O	H	O	O	H	O
	Мальвідин	OCH ₃	O	OCH ₃	O	O	H	O
	Пеонідин	OCH ₃	O	H	O	O	H	O
	Петунідин	O	O	OCH ₃	O	O	H	O
	Розинідин	OCH ₃	O	H	O	O	H	OCH ₃

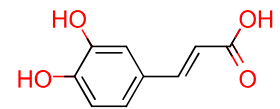


Антоціани містяться у вишнях, чорниці, чорній смородині, чорноплідній горобині, журавлині, полуниці, шипшині, червоному винограді, чорній бузині, капусти. Одержують їх екстракцією сульфатованою або підкисленою водою, етанолом, метанолом або CO₂. Антоціани можуть містити домішки – цукор, таніни, мінеральні речовини та компоненти сировини. Склад виноградного екстракту ускладнюється полімерними продуктами, що утворюються при асоціації з катехінами та флавоноїдами. Тому точна специфікація антоціанового барвника неможлива. Структури деяких компонентів наведено нижче.

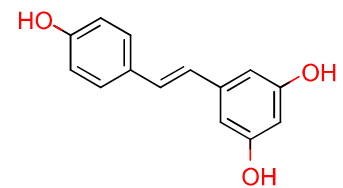
E163 легко розчиняються у воді, практично не розчинний у спирті. За звичайних умов – рідкі, порошкоподібні і пастоподібні, із легким специфічним запахом. Забарвлення природних антоціанів залежить від багатьох факторів: будови, рН середовища, комплексоутворення з металами, здатності адсорбуватися на полісахаридах, температури, світла. Найбільш стійке – червоне забарвлення – антоціани мають у кислому середовищі при рН = 1,5-2; при рН = 3,4-5 – червоно-пурпурне або пурпурне. У лужному середовищі відбувається зміна забарвлення: при рН = 6,7-8 – синє або синьо-зелене, а за рН = 9 – зелене, яке переходить у жовте при рН = 10. Також забарвлення змінюється при утворенні комплексів з різними йонами металів: солі магнію і кальцію дають синій, а калію – червоно-пурпурний колір. Збільшення числа метильних груп в молекулі антоціанінів зміщує забарвлення у бік червоних відтінків.



Катехін



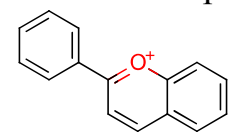
Кавова кислота



Резвератрол

Безпечні для життя та здоров'я людини, дозволені до використання у харчовій промисловості у всіх країнах світу. Антоціани застосовують при лікуванні деяких хвороб органів травлення, попереджають розвиток раку стравоходу та товстої кишки. Особливо корисними є ягоди малини, оскільки багаті на антоціани.

Енобарвник (E163ii, енобарвник, anthocyanins, grape skin extract, enocianina, enocianina, eno, anthocyane, enocyanine) отримують з віджиму темних сортів винограду та ягід бузини, чорної смородини, шток-троянди, ожини, чорниці, вишні у вигляді рідини інтенсивно червоного кольору – суміш антоціанінів і катехінів. Забарвлення залежить від рН середовища: червоне – у підкислених середовищах, в нейтральних і слаболужних – синій відтінок.

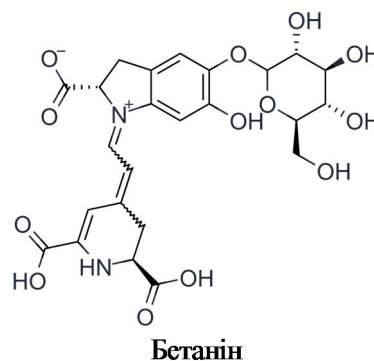


Енобарвник

Застосовують, у присутності органічних кислот (для створення необхідного рН середовища), при фарбуванні кондитерських виробів, продуктів із перероблених фруктів, безалкогольних напоїв, вина, майонезів, соусів, деяких сортів твердого сиру. Через залежність кольору від кислотності середовища, їх не використовують для фарбування молочних та кисломолочних продуктів у червоний колір (утворюється синє забарвлення).

Бетанін (E162, E-162, Betanin, Beetroot Red) – концентрований або висушений екстракт або сік коренеплодів буряків червоного *Beta vulgaris*, листового (мангольд) *Beta vulgaris var. cycla*, плодів кактусів *Opuntia ficus-indica* та ягод *Phytolacca Americana* (є отруйною через вміст сапоніну (фітолактатоксину), що має проносну та блювотну дію). Важливість беталаїнів, як харчових барвників, зумовлена виключно буряковим барвником. Серед супутніх пігментів – ізобетанін, пребетанін та ізопребетанін (останні два є моносulfоефірами бетаніну та ізобетаніну відповідно).

Одержують пресуванням бланшованих коренеплодів, фільтрацією та концентруванням під вакуумом до вмісту сухих речовин 60-65% (може бути висушено, наприклад, мальтодекстрином) або сушінням зрілих плодів з наступним розмелюванням. Такий порошок не є барвником, а є харчовим продуктом із вторинними барвниками.



Бетанін термолабільний як у присутності, так і за відсутності кисню, розпадається під дією світла. Катіони заліза, міді, олова, алюмінію пришвидшують цей процес. З урахуванням цих обмежень, бурякові препарати використовують для фарбування продуктів з невеликим терміном зберігання, упакованих (для зменшення дії світла, кисню та високої вологості), які не піддаються тривалому нагріванню або високим температурам, а саме: для молочних продуктів (морозиво, йогурт), салатних дресингів, заморожених продуктів, сумішей для тортів та тістечок, желатинових десертів, м'ясних продуктів, соусів, сумішей для підливок, сухих сумішей для напоїв, маршмелоу, карамелі, жувальної тощо).

Харчовий барвник сприяє засвоєнню та розщепленню рослинних та тваринних білків. Крім того, бере участь в утворенні в організмі людини холіну, що сприяє поліпшенню роботи клітин печінки. Зумовлює підвищенню міцності капілярів, перешкоджає спазму судин, нормалізує артеріальний тиск. Крім цього, бетанін позитивно впливає на кров, загалом знижуючи можливість інфаркту; виявляє антирадіаційні властивості; перешкоджає утворенню злоякісних пухлин та є засобом профілактики онкологічних захворювань.

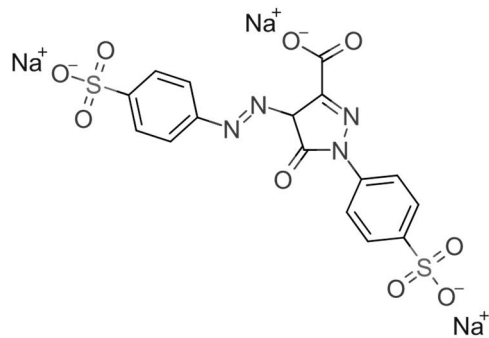
4.3.2. Синтетичні барвники

Синтетичні барвники мають суттєві переваги у порівнянні з більшістю натуральних барвників. Вони дають яскраві, легко відтворювані кольори і малочутливі до різних впливів у ході технологічного процесу.

Синтетичні харчові барвники – представники різних класів органічних сполук: азобарвники (тартразин – E102; жовтий "сонячний захід FCF" – E110; азорубін (кармуазін) – E122; понсо 4R (яскраво-червоний 4R) – E124; чорний блискучий – E151); триарилметанові барвники (синій патентований V – E131; синій блискучий – E133; зелений S – E142); хінолінові (хіноліновий жовтий – E104); індигоїдні (індигокармін – E132). Всі вони добре розчинні у воді, більшість утворює нерозчинні комплекси з йонами металів, які застосовують для фарбування порошкоподібних продуктів.

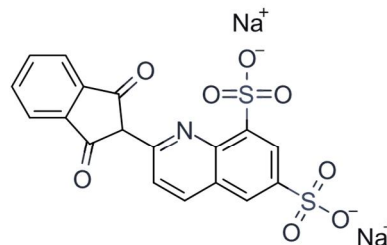
Тартразин

E102



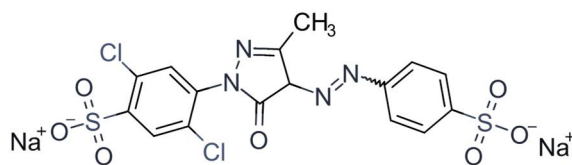
Хіноліновий жовтий

E104



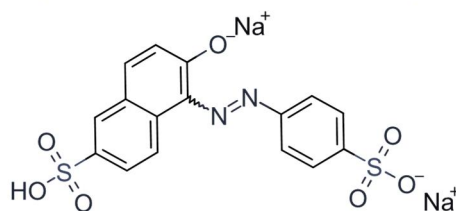
Жовтий 2G

E107



Жовтий «сонячний захід FCF»

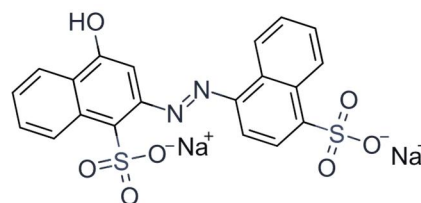
E110



Червоні барвники

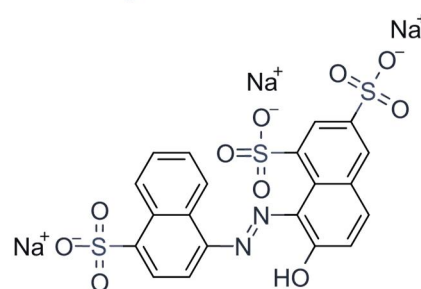
Азорубін (кармуазін)

E122



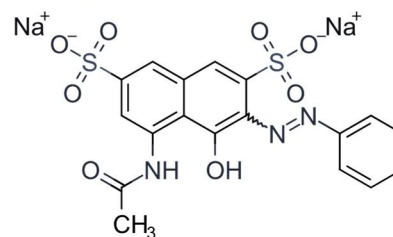
Понсо 4R (яскраво-червоний 4R)

E124



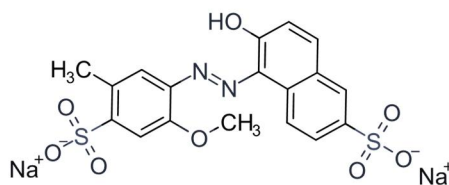
Червоний 2G

E128



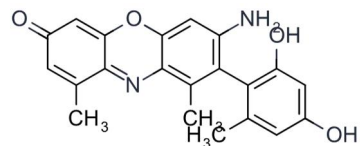
Червоний чарівний AC

E129



Орсейл
(Орсін-червоний для карамелі)

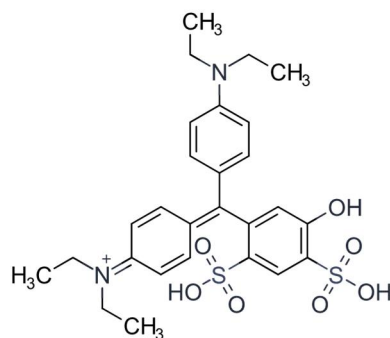
E182



Блакитні барвники

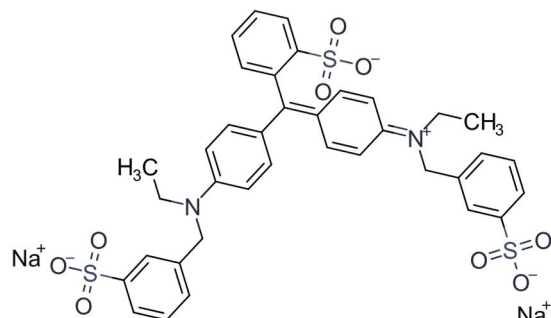
Синій патентований V

E131



Синій блискучий FCF

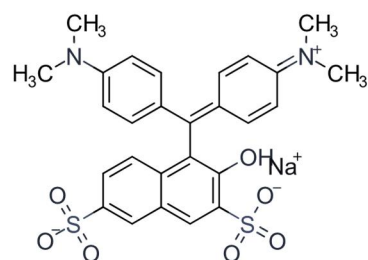
E133



Зелені барвники

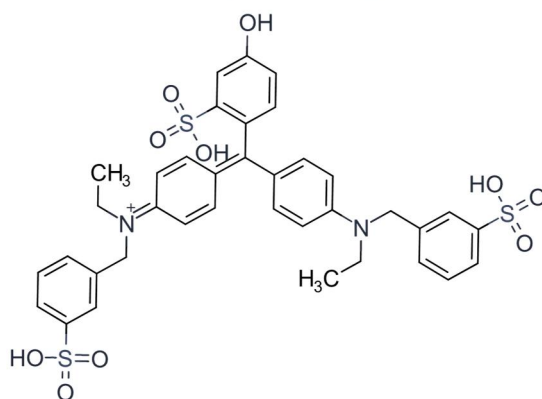
Зелений S

E142



Зелений міцний FCF

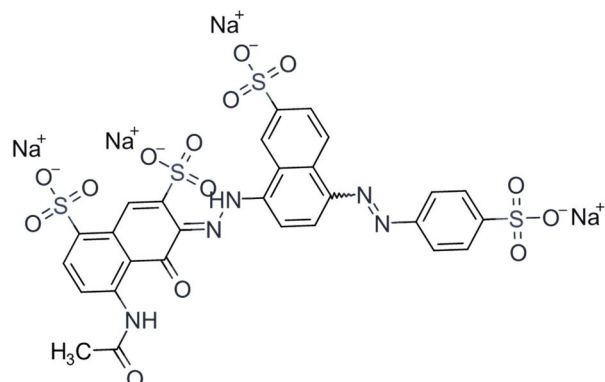
E143



Темно-фіолетовий барвник

Чорний блискучий РН (діамантовий чорний)

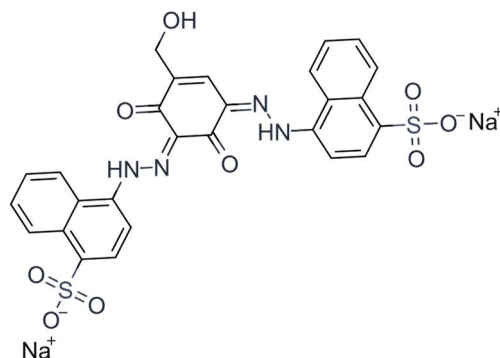
E151



Коричневий барвник

Коричневий НТ

E155



У харчовій технології синтетичні барвники застосовують не лише у вигляді індивідуальних сполук, з вмістом діючої речовини не менше 70-85%, а й у сумішах, а також можуть бути розбавлені різними наповнювачами (кухонною сіллю, натрій сульфатом, глюкозою, сахарозою, лактозою, крохмалем, харчовими жирами тощо). При фарбуванні харчових продуктів використовують водні розчини барвників та, при фарбуванні сухих напівфабрикатів (концентратів напоїв, сухих пекарських сумішей, желе тощо) – порошкоподібні барвники.

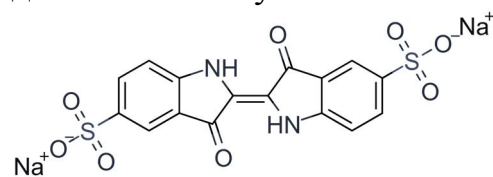
Комбінацією барвників можна отримати кольори і відтінки, які не дають індивідуальні барвники. При виборі барвника враховують не лише дозу, колір і бажану інтенсивність забарвлення, а й фізико-хімічні властивості харчових систем, в які його вносять, а також особливості технологічного процесу.

Широке застосування синтетичних барвників пов'язане з їх високою стійкістю до змін рН середовища, нагрівання, дії світла, легкістю дозування, стійкістю забарвлення при зберіганні продукту. У більшості випадків вони є дешевшими за натуральні барвники.

Дозволено до застосування в Україні наступні синтетичні барвники:

Індигокармін (E132, E-132, індиготин, Indigo carmine, indigotine, FD&C Blue 2) – барвник синтетичного походження, являє собою порошок або гранули темно-синього кольору. Існує природне джерело індигокарміну – рослина індигоноска, з листя і стебел якої отримували барвник. Добре розчинний у воді, його розчини мають інтенсивний синій колір. Добавка має високу чутливість до світла. Змішуючи з іншими барвниками, індигоготин дає зелений, фіолетовий, коричневий та чорний кольори.

Застосовують при виготовленні безалкогольних напоїв, морозива, печива, кондитерських виробів та десертів, лікерів.



Індигокармін

Належить до категорії середньо небезпечних хімічних речовин – здатен викликати алергічні реакції, нудоту, порушення роботи серця. Барвник використовують у багатьох країнах світу, включаючи країни ЄС, США та Україну.

Тартразин (E102, E-102, Tartrazine) – одним з найдешевших синтетичних барвників, добре розчинний у воді, його розчини мають помаранчево-жовтий колір. Через свою легку розчинність у воді, легко змішується з іншими барвниками, для отримання потрібного відтінку або кольору. Розкладається на прості хімічні сполуки при дії сонячного проміння.

Використовують при виробництві напоїв, морозива, цукерок, тортів, тістечок, джемів, желе; при консервації овочів, фруктів, гірчиці, йогуртів та десертів; у супах та пюре швидкого приготування.

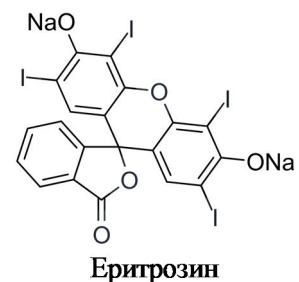


Харчова добавка провокує деструкцію

цистеїну та цистину; викликає кропивницю, синдром Меркельссона-Розенталя, що виражається ураженням лицьового нерву, появою тріщин на язиці та набряку Квінке; шкірні висипання та інші прояви алергічних реакцій; підвищує гіперактивність, знижує концентрацію уваги.

В даний час він дозволений у більшості країн ЄС, у тому числі в Україні.

Еритрозин (E127, E-127, Erythrosine) – блакитно-рожевий барвник синтетичного походження, порошок або гранулят, добре розчинний у воді, спирті і не розчинний в оліях та жирах. Існує у вигляді алюмінієвого лаку, не розчинного у воді, спиртах та жирах.



Використовують добавку або самостійно, або з іншими харчовими барвниками. Застосовується в харчовій промисловості для забарвлення фруктових продуктів; у виготовленні печива, бісквітів, зацукрованої вишні, желе, джемів, кисломолочних продуктів, заморожених та законсервованих креветок; при консервуванні яблук та груш, полуниці, малини. При приготуванні соків не використовують, оскільки в кислому середовищі утворюються важкорозчинні кислоти та випадає осад.

Належить до категорії небезпечних, оскільки викликає підвищену збудливість та гіперактивну поведінку у дітей; спричиняє астму; негативно впливає на печінку, щитовидну залозу, серце, шлунок, викликаючи їх захворювання та дисфункцію; негативно впливає на репродуктивну функцію організму; виявляє канцерогенну дію. Барвник використовується у країнах ЄС та США.

4.3.3. Мінеральні (неорганічні) барвники

Крім органічних барвників, у харчовій промисловості застосовують і мінеральні пігменти і метали. В Україні дозволено до застосування 7 мінеральних барвників та пігментів.

Таблиця 2.1 Мінеральні барвники, дозволені для застосування в Україні

Код	Назва	Колір водних або масляних розчинів
E 152	Вугілля	Чорний
E 153	Деревне вугілля	Чорний
E 170	Вуглекислі солі кальцію	Білий
E 171	Діоксид титану	Білий
E 172	Оксиди феруму:	

	(i) ферум (+2;+3) оксид чорний	Чорний
	(ii) ферум (+3) оксид червоний	Червоний
	(iii) ферум (+3) оксид жовтий	Жовтий
E 174	Срібло	-
E 175	Золото	-

Останнім часом розширюється застосування нерозчинних пігментів – лаків – для фарбування поверхні виробів, продуктів взаємодії барвників з гідроксидами або солями металів (головним чином, алюмінієм).

Вугілля, (E152, Чорний 7984, E-152, Black 7984) – синтетичний барвник, коричневого або чорного кольору, порошок або гранули, стійкі до дії світла та високої температури. Використовують у харчовій промисловості, при виробництві сирів, кондитерських виробів, напівфабрикатів.

За деякими джерелами, виявляє канцерогенність; є алергеном, і може спровокувати реакції гіперчутливості (набряк Квінке, кропив'янка, анафілактичний шок), приступи астми; протипоказане для людей із підвищеною чутливістю до саліцилатів. Добавка E152 заборонена до застосування в США, Австралії та Японії.

Деревне вугілля (E153, E-153, Carbon black) – харчовий барвник природного походження. Застосовують у харчовій промисловості як барвник в джемах, фруктових соках, сирах, желейних цукерках та кондитерських виробках.

За деякими даними є канцерогеном; при контакті зі шкірою і при вдиханні виявляє подразнюючу та токсичну дію; сприяє розвитку захворювань шлунково-кишкового тракту, але оскільки дана добавка не всмоктується в кишечнику і виводиться в незмінному вигляді з організму, такі захворювання досить рідкісні. Добавка є помірно токсичною, дозволена в багатьох країнах, крім США.

Карбонати кальцію (E170, E-170, Calcium carbonate) – білий кристалічний порошок – крейда. Використовують у харчовому виробництві як розпушувач і регулятор кислотності; як стабілізатор у виробництві шоколаду, в какао порошках, у сортах твердих сирів, виноградного соку, у концентрованому молоці та вершках; у продукції особистої гігієни у виготовленні пасти для зубів.

В організмі людини карбонат харчової відіграє роль, як засіб, що згортає кров, стабілізує тиск крові в організмі та регулює внутрішні процеси. Корисний при нестачі кальцію в організмі.

Негативний вплив помічено лише при передозуванні, яке може викликати різні відхилення. При великих дозах викликає інтоксикація організму. Невеликому передозуванні викликає гіперкальціємію – ускладнення, блювання, болі у животі, зміну психіки, роздратування, порушує координацію рухів. У нормальних дозах не викликає жодних побічних дій. Дозволений у використанні як харчовий барвник на території України.

Діоксид титану (E171, E-171, Titanium dioxide, титанові білила) – відбілююча речовина. При нагріванні забарвлюється блідо-жовтий відтінок. Барвник використовують у харчовій промисловості для ефекту відбілювання. Не розчинний у воді.

Використовують для підфарбовування/відбілювання при виробництві сухого молока, швидких сніданків, жувальної гумки, крабових паличок.

Виявляє гентоксичність – здатність пошкоджувати генетичний матеріал у клітинах; може призводити до канцерогенних ефектів (при вдиханні порошку барвника

може спричинити ракові захворювання); не бажані передозування, особливо людям із слабким імунітетом; може викликати хвороби печінки та нирок.

Оксиди заліза (E172, E-172, Iron oxides) – барвник мінерального походження, без запаху та смаку, вологостійкий, дозволяє продовжити терміни зберігання вироблених на його основі товарів. Поділяється на: чорний (E172i), червоний (E172ii) та жовтий (E172iii) пігменти. Використовують для підфарбовування продуктів у червоні, чорні та жовті кольори при виробництві штучної ікри; кондитерських виробів (шоколаду, льодяників, тістечок) тощо.

Стимулює продукування вільних радикалів і може призвести до сильних ушкоджень тканин при серцевих нападах, таких як інсульт; діабету, пороку серця та гіпотрийдизму; надлишок заліза в організмі може викликати онкологічні захворювання, наприклад, рак печінки (особливо схильні до нього люди з генетичним захворюванням на гемохромоз (накопичення заліза в печінці)).

Срібло (E174, E-174, Silver) – барвник мінерального походження, для фарбування продуктів та надання їм товарного вигляду. Має обмежене застосування у харчовій промисловості (при виготовленні кондитерських виробів та різних десертів) через його високу вартість.

Барвник E174 заборонено при виготовленні дитячого харчування. Постійне вживання срібла з харчовими продуктами може викликати порушення в організмі людини, наприклад аргірію; викликає хвороби нирок та різні відхилення, пов'язані з нормальним функціонуванням нервової системи в цілому тощо.

Золото (E175, E-175, Gold) – барвник мінерального походження, використовують у харчовій промисловості для прикрашання тортів та цукерок; при приготуванні лікеру. Харчова добавка E175 є нешкідливою в малих дозах. Деякі сполуки золота можуть бути небезпечними і викликати інтоксикації в органах людини.

4.3.4. Добавки, які коректують колір

У харчовій промисловості широко використовують сполуки, які змінюють забарвлення продукту в результаті взаємодії з компонентами сировини і готових продуктів. Серед них відмітимо відбілюючі речовини – запобігають руйнуванню одних природних пігментів і руйнують інші або утворюють небажані забарвлені сполуки при отриманні харчових продуктів. Іноді ці сполуки виявляють комплексну дію, наприклад, консервуючу, стабілізуючу тощо.

Сульфур(IV) оксид – SO_2 (E220, E-220, Sulfur dioxide), його розчин H_2SO_3 та солі – NaHSO_3 , $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, NaHSO_3 (E221, E222, E223) – є антиоксидантами, відбілювачами та стабілізаторами забарвлення, гальмують ферментативне псування свіжих овочів і фруктів, сповільнюють утворення меланоїдинів, запобігають окислювальному розщепленню вітаміну С; руйнують вітаміни В₁ і Е, впливають на будову білків, руйнуючи дисульфідні містки, що може викликати небажані наслідки.

Сірчистий ангідрид, за звичайних умов, безбарвний газ із різким запахом. Має природне походження, але для харчової промислової його одержують синтетично спалювання сірки або випалення сульфідних руд (піриту). SO_2 швидко окиснюється в організмі і тому легко виводиться із сечею.

Застосовують при виробництві сушених, консервованих та морожених овочей та фруктів, желюючих фруктових екстрактів, картопляних та грибних продуктів,

джему, мармеладу, повидла (з низьким рівнем або зовсім без цукру), безалкогольних напоїв, пива, желатину, цукерок та кондитерських виробів з високим вмістом цукру, ракоподібних головоногих, приправ, які виготовлені на основі лимонного соку, в'яленої та соленої риби та ковбасних виробів. Добавка E220, при виготовленні вина, зв'язує ацетальдегід, що стабілізує забарвлення, а також сприяє утворенню окисно-відновного потенціалу, що підвищує мікробіологічну стійкість вина та запобігає бактеріальним змінам.

Добавка E220 є токсичною. Здатна викликати алергічні реакції, особливо в астматиків.

Нітрит калію (E249, E-249, KNO_2 , Potassium nitrite) – білий або жовтуватий кристалічний гігроскопічний порошок, добре розчинний у воді. На повітрі повільно окиснюється до KNO_3 . Природним джерелом нітритів є біологічне утворення з нітратів, що містяться у різних харчових продуктах. Входить до складу людської слини. Отримують відновленням розплаву калій нітрату за допомогою свинцю: пропускаючи сульфур діоксид через прогріту суміш Нітрату калію та Оксиду кальцію.

Харчову добавку використовують як покращувач і фіксатор забарвлення виробів з риби та м'яса (дозволені за п'ятьма стандартами як стабілізатор при виробництві м'ясних консервів); як консервантно-бактерицидний препарат і фіксатор забарвлення при виготовленні ковбас, м'ясних сирокочених продуктів, солено-копчених, в'ялених, варених ковбас та інших м'ясних продуктів і консерв.

Добавка E249 має мутагенний вплив на більшість мікроорганізмів. Нітрит калію має високу реакційну здатність, особливо при утворенні нітрозамінів. За деякими даними може виявляти канцерогенний ефект.

Нітрит натрію (E250, E-250, NaNO_2 , Sodium nitrite) – білий гігроскопічний кристалічний порошок з злегка жовтуватим відтінком, добре розчинний у воді. На повітрі повільно окиснюється до нітрату натрію NaNO_3 . Зараз для отримання нітриту натрію в промисловому виробництві застосовують реакцію взаємодії сполук натрію з сполуками, що містять нітрит-іон у водному середовищі.

Нітрит натрію використовують у харчовій промисловості у суміші з харчовою сіллю як фіксатор кольору і консервант в м'ясних і рибних продуктах, який забезпечує виробу з риби або м'яса характерним рожево-червоним ("природним кольором") забарвлення; захищає продукти від окислення і дії бактерій (стримує розвиток у продуктах бактерій *Clostridium botulinum*, які є збудниками ботулізму).

Харчова добавка E250 всмоктується із ШКТ, виявляє судинорозширювальну, проносну та бронхолітичну властивість, знімає спазми в кишечнику. Застосовують при лікуванні серпоподібної анемії, отруєнь ціанідами, серцевого нападу, ішемії серця, аневризму головного мозку та легеневої гіпертензії у дітей. Добавка E250 має загальноотруйну та токсичну властивість ($\text{LD}_{50} = 2\text{--}6$ г), а також канцерогенний ефект – при термічній обробці або в організмі людини може вступати в реакцію з амінами, що містяться в малих кількостях у продуктах харчування та організмі людини, з утворенням N-нітрозамінів – сильних канцерогенів (сприяє виникненню раку кишківника та легенів). У деяких випадках добавку E 250 можна замінити безпечним сорбатом калію E202, але він не надає м'ясу того забарвлення і аромату, які дають нітрити.

Однак всі негативні властивості нітритів ніяк не можуть проявлятися при концентраціях, що застосовуються в харчовій промисловості.

Нітрат натрію (E251, E-251, NaNO₃, Sodium nitrate) – використовують при консервуванні м'ясних продуктів, для збереження світло-рожевого кольору забарвлення переробленого м'яса, при приготуванні копченої риби та шпрот, при виробництві твердих сирів і при консервуванні оселедця. Отримують з природних покладів шляхом вилуговування і кристалізації. Нітрат натрію виявляє слабкий бактерицидний ефект лише проти анаеробних бактерій.

Внаслідок того, що нітрати беруть участь в утворенні нітрозамінів, їх застосовують дуже обережно і обмежено. Велика частина нітратів, потрапляючи в шлунок і кишечник, перетворюється на особливо токсичні нітрити і канцерогени. Не рекомендується вживання продуктів, що мають добавку E251 людям, які мають захворювання вегетосудинної системи, гіпертонікам, печінки та кишечника, дисбактеріоз, холецистит.

4.4. Речовини, які змінюють структуру та фізико-хімічні властивості харчових продуктів

До цієї групи харчових добавок належать речовини, які створюють необхідні або змінюють існуючі властивості харчових продуктів; добавки, що регулюють або формують консистенцію. До них належать добавки різних функціональних класів – загусники, гелеутворювачі, стабілізатори, ПАР (емульгатори та піноутворювачі).

Хімічна природа харчових добавок цієї групи досить різноманітна. Вона містить продукти природного походження, а також продукти одержані штучним шляхом. Використовують їх у вигляді індивідуальних сполук або сумішей.

Застосування в сучасній харчовій технології емульгаторів, стабілізаторів та загусників дозволяє створити широкий асортимент структурованих і текстурованих продуктів емульсійної і гелевої природи (маргарини, майонези, соуси, пасти, зефір, мармелад тощо). Стабілізатори застосовують при виробництві супів (сухі, консервовані, заморожені), соусів (майонези, томатні соуси), бульйонних продуктів, продуктів для консервованих страв тощо.

4.4.1. Загусники і гелеутворювачі

До цієї групи харчових добавок належать сполуки наступних функціональних класів: а) загусники (клас 23) – підвищують в'язкість продукту; б) гелеутворювачі (клас 15) – надають харчовому продукту властивості гелю.

Загусники і гелеутворювачі, введені до рідкої системи, зв'язують воду, в результаті чого змінюється консистенція харчового продукту і система втрачає свою рухливість. Ефект зміни консистенції визначається особливостями хімічної будови добавки. За хімічною природою добавки цієї групи – полімери, молекули яких містять гідрофільні групи, які приймають участь в обмінних взаємодіях не лише з йонами гідрогену або металів, а і з органічними молекулами меншої молекулярної маси.

Основна функція застосування добавок цієї групи – підвищення в'язкості або формування структури гелю різної щільності. Головною умовою ефективності застосування загусників і гелеутворювачів є їх повне розчинення, яке обумовлюється хімічною будовою останніх. Слід відмітити, що більшість загусників і гелеутворювачів

належать до полісахаридів або їх похідних (гліканів), містять гідрофільні гідроксильні групи і, в основному, розчинні у воді. Винятком є желатин, що має білкову природу та належить не до добавок, а до харчових інгредієнтів. Розчинність загусників і гелеутворювачів підвищується введенням до молекули йонізованих груп (сульфатних і карбоксильних), які збільшують гідрофільність (карагенан, альгінати); наявності в молекулах полісахаридів бічних ланцюгів, які віддаляють (розсовують) ланцюги полісахаридів один від одного і, відповідно, підвищують гідратацію останніх (ксантани). На розчинення загусників і гелеутворювачів суттєво впливають перемішування і нагрівання. На зменшення розчинності полісахаридів та їх похідних впливають фактори, що призводять до утворення зв'язків між ланцюгами вуглеводів: наявність нерозгалужених зон, відсутність на окремих ділянках йонізованих груп (камедь ріжкового дерева); присутність полівалентних катіонів (особливо Ca^{2+}), які поперечно зшивають ланцюги полісахаридів (пектини).

Чимало сполук, що належать до даної групи харчових добавок, виявляють властивості стабілізатора: введення до харчової системи загусника або гелеутворювача, в малих концентраціях, підвищує її в'язкість і, відповідно, запобігає розділенню системи до вихідних компонентів (наприклад, явище седиментації).

Залежно від хімічної будови загусники і гелеутворювачі полісахаридної природи поділяють за різними класифікаційними ознаками (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Класифікація харчових добавок полісахаридної природи залежно від структури

Класифікаційна ознака	Характеристика	Основні представники
Будова полімерного ланцюга	Лінійна	Альгінати, карагінани, модифіковані целюлози, фурацелеран, пектини
	Розгалужена	Галактоманани (гуарова камедь і камедь ріжкового дерева), ксантани, гуміарабік, камедь гхатти, камедь караї, трагакант
Природа мономерних залишків	Гомоглікани	Модифіковані целюлози, модифіковані крохмалі
	Гетероглікани	Альгінати, карагінани, галактоманани, пектини
	Тригетероглікани	Ксантани, камедь караї, геланова камедь
	Тетрагетероглікани	Гуміарабік
	Пентагетероглікани	Камедь гхати, тригакант
Заряд	Нейтральний	Похідні целюлози, амінопектини, галактоманани
	Аніонний (кислотний)	Альгінати, карагінати, пектини, ксантани, трагакант, камедь караї, гуміарабік, камедь гхати, фурацелеран

Основними представниками є модифіковані крохмалі і целюлози, пектини, полісахариди морських водоростей, камеді тощо. В Україні до застосування у виробництві харчових продуктів дозволено 50 добавок.

4.4.1.1. Модифіковані крохмалі

На відміну від нативних рослинних крохмалів, які є харчовими продуктами, більшість модифікованих крохмалів (E1400–1451) відносять до харчових добавок.

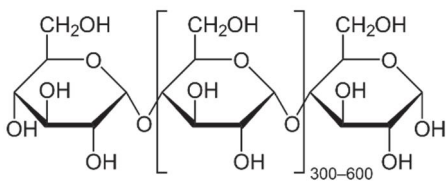
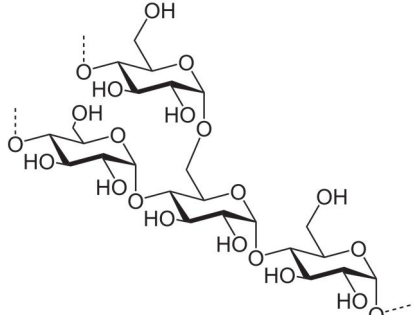
Модифіковані крохмалі	Код	Дозволені в Україні
Декстрин, Dextrins, roasted starch white and yellow	E1400	+
Крохмаль, оброблений кислотою, Alkaline modified starch	E1401	–
Крохмаль, оброблений лугом, Alkaline modified starch	E1402	–
Крохмаль вибілений, Oxidized starch	1403	–

Крохмаль окислений, Oxideized starch	E1404	+
Крохмаль, оброблений ферментними препаратами, Enzyme treated starch	E1405	+
Монокрахмальфосфат, Monostarch phosphate	E1410	+
Дикрахмальгліцерин "зшитий", Distarch glycerol	E1411	-
Дикрахмальфосфат, Distarch phosphate esterified with sodium	E1412	+
Фосфатований дикрахмальфосфат, Phosphated distarch phosphate	E1413	+
Ацетильований дикрахмальфосфат, Acetylated distarch phosphate	E1414	+
Крохмаль ацетатний, етерифікований оцтовим ангідридом, Starch acetate esterified with acetic anhydride	E1420	+
Крохмаль ацетатний, етерифікований вініл-ацетатом, Starch acetate esterified with vinyl acetate	E1421	+
Ацетилдикрахмальадипат, Acetylated Distarch Adipate	E1422s	+
Крохмаль оксипропілований, Гідроксипропілкрохмаль, Hydroxupropyl starch	E 1440	+
Дикрахмальфосфат оксипропілований "зшитий", Гідроксипро-піл-дикрахмальфосфат "зшитий", Hydroxupropyl distarch phosphate	E1442	+
Крахмала и натриевой соли октенилянтарной кислоты эфир, Крахмалнатрийоктенилсукцинат, Starch sodium octenyl succinate	E1450	+
Ацетилований окислений крохмаль, Acetylated oxidised starch	E1451	+

До групи модифікованих крохмалів відносять продукти фракціонування, деструкції та модифікацій нативних крохмалів, що являють собою суміш гомоглюканів (полімерні похідні глюкози) лінійної і розгалуженої будови – амілози і амілопектину.

Таблиця 3.2

Будова та характеристика основних фракцій крохмалю

Основні характеристики	Амілоза	Амілопектин
Будова		
Тип глікозидного зв'язку	α -(1,4)	α -(1,4) в лінійній частині; α -(1,6) в точках розгалуження
M_r	До 500 тис.	1-6 млн.
Розчинність	Розчинна в гарячій воді	Набухає в гарячій воді з утворенням клейстеру
Вміст в крохмалі, %	15-20	80-85

Залежно від виду джерела (картопля, рис, кукурудза тощо), особливостей хімічної будови гомоглюканів, їх властивостей, співвідношення в нативному крохмалі, визначають його здатність розчинятися у воді при нагріванні з утворенням в'язких коліодних розчинів (клейстерів). Не завжди їх властивості відповідають необхідним вимогам. Прикладом можуть бути нативні кукурудзяні крохмалі, які при термічній обробці утворюють гумоподібні клейстери і небажані гелі. Крім того, типовим явищем для клейстерів, утворених нативними крохмалями, є явище синерезису.

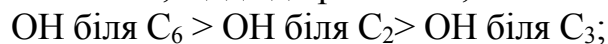
Використовуючи фізичні, хімічні, біологічні способи обробки нативних крохмалів можна суттєво змінити їх будову, що впливає на фізико-хімічні властивості клейстерів (розчинність, стійкість до нагрівання, дії кислот тощо). За змінами, які відбуваються в нативних крохмалях, можна виділити критерії, що дозволяють виокремити види модифікованих крохмалів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Основні види модифікованих крохмалів

Критерії	Основні групи	Основні підгрупи
Набухання	Набухаючі крохмалі	Розчинні в холодній воді (інстант-крохмалі ⁹). Набухають у холодній воді
Деполімеризація	Розщеплені крохмалі	Декстрини. Гідролізовані кислотами. Гідролізовані ферментами. Окиснені
Стабілізація	Стабілізовані крохмалі	ацетильовані; фосфатні; оксиалкільні
Поперечне зшивання полімерних ланцюгів	Зшиті крохмалі	хлороксидом фосфору; епіхлоргідринном; адипіною кислотою

Згідно табл. 3.3., модифікацію нативних крохмалів проводять по ОН-групам залишків глюкози, активність яких, щодо дії реагентів, змінюється в ряду:



Набухаючі крохмалі. Інстант-крохмалі, отримують нагріванням крохмальної суспензії за умов, які без значної деструкції крохмальних молекул, забезпечують швидку клейстеризацію. Отриману масу висушують і отримують модифікований крохмаль, який називають преклейстерним. Інстант-крохмалі належать до харчових інгредієнтів, тому вони їх не вносять до переліку харчових добавок і не надають власного цифрового коду. Один з напрямків їх застосування – виробництво пудингів швидкого приготування.

Набухаючі у холодній воді крохмалі, одержують термічною обробкою нативного кукурудзяного крохмалю в етанолі (концентрація етанолу – 75–90%) при температурі 150-175°C, або розпилюванням з наступним висушуванням крохмальної суспензії в сушарці. Аналогічно інстант-крохмалю, набухаючі у холодній воді крохмалі також не відносять до харчових добавок.

Здатність крохмалів набухати в холодній воді без нагрівання знаходить застосування в технології виробництва десертів, мармеладу, тіста, що містить ягоди, які, за відсутності стабілізатора, до початку випічки осідають на дно.

Як вихідні сполуки для отримання розчинних і набухаючих крохмалів використовують як нативні, так і хімічно модифіковані вуглеводи. У випадку модифікованих, одержують набухаючі крохмалі, які зберігають ті корисні властивості, які досягнуто модифікацією, наприклад, є стійкими до дії кислот, виявляють високу стабільність у циклах заморожування-розморожування. Саме такі крохмалі є харчовими добавками з кодами, які відповідають видами хімічної модифікації.

Розщеплені крохмалі – продукти, які внаслідок фізико-хімічної обробки, мають коротші, ніж нативні крохмалі, ланцюги. Дана група включає декстрини, продукти кислотного або ферментативного гідролізу і окиснені крохмалі.

⁹ крохмалі, здатні розчинятися в холодній воді

Декстрини (E1400, Декстрини, крохмаль оброблений термічно білий та жовтий, E-1400, Dextrins, roasted starch white and yellow) – полісахарид (модифікований крохмаль), отримують при сухому нагріванні нативних крохмалів (кукурудзяний або картопляний) у присутності кислотних каталізаторів або без них. Залежно від умов термообробки одержують білі або жовті декстрини. Жовтий декстрин отримують нагріванням сухого крохмалю до 200°C із можливою присутністю кислот. Білий декстрин одержують частковим розпадом вологого крохмалю з або без каталізатора. У ротовій порожнині людини декстрини утворюються при розщепленні крохмалю α -амілазами.

Використовують при виробництві хліба для збагачення (поліпшення хлібопекарських властивостей) борошна; сприяє утворенню золотистої скоринки хліба; підвищує термін зберігання готової продукції; у кондитерському виробництві додають в глазурі та начинки; як добавка до заморожених продуктів; при виробництві ковбас як наповнювач або сполучна речовина.

Добавка E1400 є продуктом переробки крохмалю, що легко засвоюється організмом, не має шкідливого впливу на здоров'я людини.

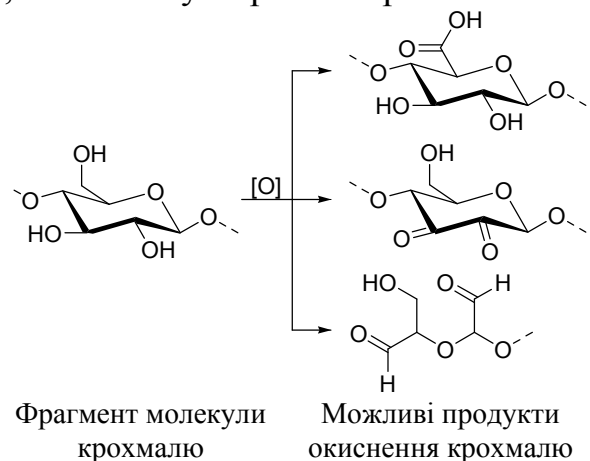
Гідролізовані крохмалі отримують обробкою розчинами кислот або ферментів (амілаз) крохмальних суспензій. Склад та властивості гідролізованих крохмалів залежать від умов гідролізу та набору реагентів. Застосовують при виробництві кондитерських виробів (пастила і желе, жувальні гумки тощо).

Склад і властивості окиснених крохмалів обумовлено окисниками (H_2O_2 , $KMnO_4$, $HClO_3$, KIO_4 тощо). Подібно кислотам, окисники утворюють крохмалі з короткими молекулярними ланцюгами. Застосовують їх для стабілізації морозива, при виробництві мармеладу, лукуму, хлібопекарстві. Розбавлені розчини високоокиснених крохмалів тривалий час зберігають прозорість, що обумовлює їх застосування у приготуванні прозорих супів.

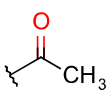
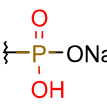
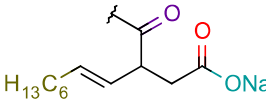
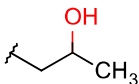
Залежно від умов, можуть окиснюватися різні групи глюкопіранозних структурних одиниць:

Стабілізовані крохмалі – продукти хімічної модифікації вуглеводів по гідроксильним групам з утворенням етерів та естерів, які різняться від вихідних нативних крохмалів меншою схильністю до міжмолекулярних взаємодій (табл. 3.4).

Естери отримують реакцією між гідроксильними групами молекул крохмалю і ацилюючим або фосфорилуючим агентами (наприклад, ангідридами карбонових кислот). Введення в молекулу крохмалю вуглеводневих фрагментів призводить до розділення гідрофобних ділянок. Внаслідок цього молекули набувають здатності до концентрування на межі поділу фаз, стабілізуючи при цьому дисперсні системи, наприклад, емульсії.



Характеристики етерифікованих крохмалів

Етерифіковані крохмалі		Групи	Характеристики
Естери	Ацетильовані		Підвищена прозорість і стабільність клейстера за низьких температур, полегшена теплова обробка
	Фосфорильовані		Підвищена прозорість і стабільність клейстера, стійкість до заморожування-розморожування
	Естерифіковані октенілбурштиноювою кислотою		Емульгуюча та стабілізуюча здатність
Етери	Гідроксипропільовані		Підвищена прозорість і стабільність клейстера за низьких температур, полегшена теплова обробка, стійкість до заморожування-розморожування

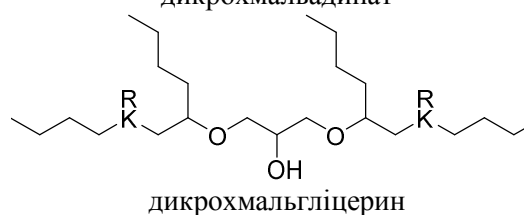
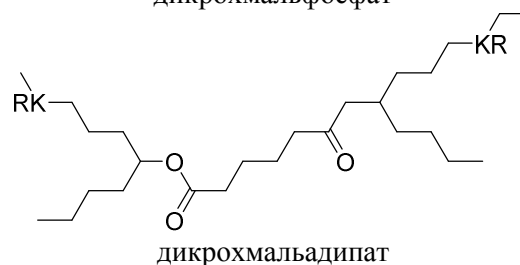
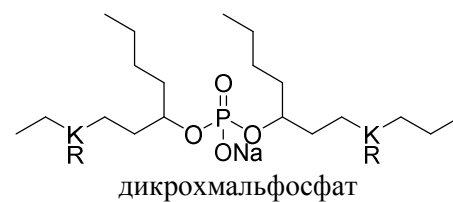
Крохмаль оксипропільований (E1440, E-1440, E1440s, E-1440s, Hydroxypropyl starch) – напівсинтетична речовина, отримують штучно з крохмалю етерифікацією останнього окисом пропілену (до 10% від загальної маси), зі ступенем заміщення гідроксильних груп 0,02-0,2 відповідно. Добре розчиняється у гарячій воді, в холодній – набухає, частково розчиняється в гліколях, не розчиняється у жирних розчинниках. За своїми властивостями гідроксипропілкрохмаль схожий на ацетильовані модифікації, має високу прозорість клейстеру і здатний утворювати гелі за невисоких температур. Стійкий при варінні та стерилізації.

Головною технологічною функцією добавки є збільшення в'язкості або формування структури гелю різної міцності. Здатність набухати в холодній воді застосовують при виробництві десертів, здоби, що містить фрукти та ягоди тощо. Як загусник входить до складу ароматизованих кисломолочних продуктів.

Не рекомендують вживати продукти, що містять добавку E1440, матерям у період лактації, вагітним жінкам, немовлятам і маленьким дітям. Вживання продуктів харчування з добавкою E 1440 викликає збільшення апендикса.

Зшиті крохмалі – продукти поперечного зшивання крохмальних молекул між собою, шляхом взаємодії гідроксильних груп з біфункціональними реагентами. В основному, для харчових цілей, використовують дикрохмальні естери ортофосфатної і адипінової кислот, а також дикрохмальгліцерини:

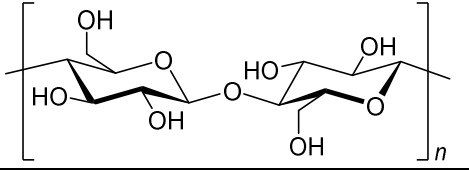
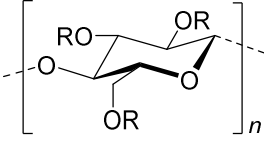
Більшість зшитих крохмалів мають не більше одного поперечного зв'язку на тисячу глюкопіранозних залишків. Цього достатньо для зміни властивостей модифікованих крохмалів у порівнянні з вихідними, а саме: знижену швидкість набухання і клейстеризації, підвищує в'язкість, стійкість до високих температур, тривалого нагрівання, низького рН, механіч-



них навантажень тощо. Стійкість до підкислення і фізичного впливу пропорційна кількості поперечних зв'язків між ланцюгами. Завдяки таким властивостям, зшиті крохмалі застосовують в харчових технологіях при тривалій термічній та механічній обробці, у процесах з пролонгованим набуханням крохмальних гранул, з підвищенням в'язкості і формування текстури, а саме: при отриманні екструдованих продуктів, стерилізованих консервів, випічки (наприклад, пирогів з фруктовим начинням), консервованих супів тощо.

4.4.1.2. Целюлоза та її похідні

До групи харчових добавок целюлозної природи (E460-E467) входять продукти механічної та хімічної модифікації нативної целюлози.

Целюлоза мікрокристалічна	E460		
Метилцелюлоза	E461		R = H або CH ₃
Етилцелюлоза	E462		R = H або CH ₂ CH ₃
Гідроксипропілцелюлоза	E463		R = H або CH ₂ CH(OH)CH ₃
Гідроксипропілметилцелюлоза	E464		R = H або CH ₃ або CH ₂ CH(OH)CH ₃
Етилметилцелюлоза	E465		R = H або CH ₃ або CH ₂ CH ₃
Карбоксиметилцелюлоза	E466		R = H або CH ₂ COOH або CH ₂ COONa
Етилгідроксиетилцелюлоза	E467		R = H або CH ₂ CH ₂ OH

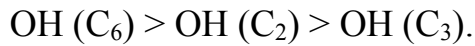
β -Глікозидний зв'язок, на рівні вторинних і третинних структур, призводить до утворення лінійних молекул з ділянками кристалічності (високоорієнтованими), які включають і аморфні (неорієнтовані) ділянки. Така будова зумовлює високу механічну міцність волокон, їх інертність щодо дії різних розчинників та реагентів.

Целюлоза мікрокристалічна (E460, E-460, Cellulose, Microcrystalline cellulose) – харчова добавка є текстуруючою речовиною (застосовують для запобігання злежуванню та комкуванню харчових продуктів), стабілізатором; використовують в якості емульгатора, освітлювача, наповнювача і роздільника речовин. Мікрокристалічна целюлоза – сипучий порошок білого кольору без запаху. Отримують з одерев'янілих волокон рослин. В готовій речовині допускають домішки лігніну та хлорованих речовин. Харчову добавку E460 використовують у двох модифікаціях:

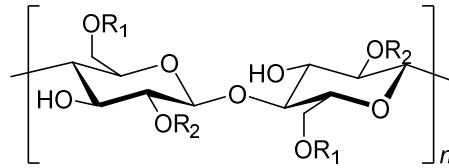
E460i – мікрокристалічна целюлоза (частково гідролізована кислотою за аморфним ділянкам і потім подрібнена; характеризується короткими молекулами);

E460ii – порошкоподібна целюлоза. Одержують із рослинної сировини (дерева, бавовна) видаленням геміцелюлоз і лігніну, з наступним подрібненням.

Хімічною модифікацією целюлози можна змінити її властивості і, як наслідок, до зміни властивостей харчових систем. Модифікацію целюлози проводять за реакційноздатними та легкодоступними гідроксильними групами β -D-глюкопіранозних залишків, які за реакційною здатністю розташовуються в наступній послідовності (C₂, C₃ і C₆ – атоми карбону β -D-глюкопіранозних залишків):



До харчових добавок належать сім хімічних модифікацій целюлози, загальний вигляд яких (табл. 3.5):



Таблиця 3.5

Модифіковані целюлози і їх технологічні функції

Код	Назва	R ₁	R ₂	Технологічні функції
E461	Метилцелюлоза	CH ₃	H	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E462	Етилцелюлоза	CH ₂ CH ₃	H	Наповнювач, зв'язуючий агент
E463	Гідроксипропіл-целюлоза	CH ₂ CH(OH)CH ₃	H	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E464	Гідроксипропілметил-целюлоза	CH ₂ CH(OH)CH ₃	CH ₃	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E465	Метилетилцелюлоза	CH ₃	CH ₂ CH ₃	Загусник, стабілізатор, емульгатор, піноутворюв.
E466	Карбоксиметил-целюлоза (натрієва сіль)	CH ₂ COOH або CH ₂ COONa	H	Загусник, стабілізатор
E467	Етилгідроксиетил-целюлоза	CH ₂ CH ₃	CH ₂ CH ₂ (OH)	Загусник, стабілізатор, емульгатор

Синтез етерів целюлози починають підвищенням її реакційної здатності, оскільки розміщення целюлозних волокон, перешкоджає взаємодії гідроксильних груп з реагентами. Целюлозу піддають набуханню або переводять в розчинний стан у гетерофазному середовищі (дисперсія целюлози в ацетоні або ізопропанолі), обробляють целюлозу розчином їдкою натру з утворенням алкаліцелюлози (мерсеризація). Харчові похідні целюлози отримують взаємодією алкалімодифікації з галогеналканами (метильовані та етильовані похідні) або епоксидами (етилену, пропілену). Комбінуючи реагенти, отримують змішані похідні – метилетилцелюлозу, метилгідроксипропілцелюлозу тощо.

У харчовій промисловості використовують при виробництві: хлібобулочних та кондитерських виробів, соусів, молочних продуктів із низькою калорійністю, як емульгатори та стабілізатори при виробництві безалкогольних напоїв, суспензій і емульсій, забезпечують необхідну консистенцію та смакові властивості, фільтруючих матеріалів для продуктів.

Мікрокристалічна целюлоза є невсмоктуваною та незасвоюваною баластною речовиною, оскільки в ШКТ не піддається деструкції і виділяється без змін. Допустима норма добового споживання – 25 мг на кілограм маси тіла людини. Найбільш застосовуваною модифікацією натуральної целюлози є порошкоподібна мікрокристалічна целюлоза МКЦ, яка є харчовим інгредієнтом і дозволяє знизити калорійність продуктів, не впливаючи на їх органолептичні якості. Її дозування визначають конкретним технологічними потребами.

4.4.1.3. Пектини

Пектини (грец. *pektos* – згорнутий, замерзлий, E440, E-440, Pectins) разом з галактоманнанами (гуаровою камеддю і камеддю ріжкового дерева) – група високомолекулярних гетерогліканів (гетерополісахариди, основу яких складають рамногалактуронани), які входять до складу стінок клітин і міжклітинних утворень вищих рослин, і через бічні ланцюги з'єднані з геміцелюлозами (наприклад, галактаном) і волокнами целюлози. У формі – "протопектину" – не розчинні у воді. Головний ланцюг утворюють похідні полігалактуронової (пектової) кислоти, які з'єднані між собою 1,4- α -глікозидним.

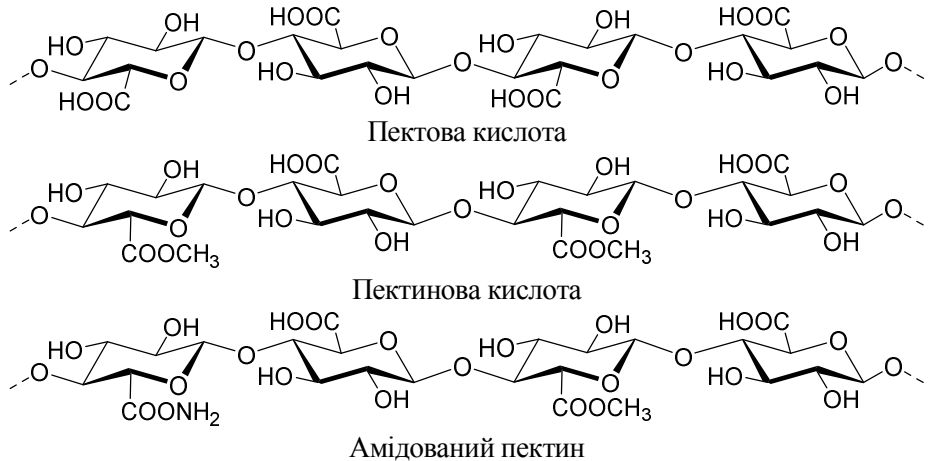
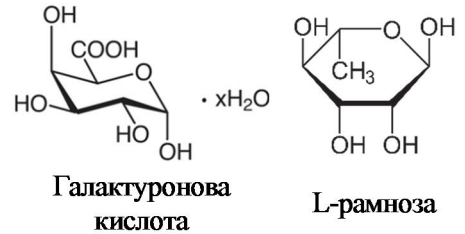
У розчині ланцюг полігалактуронової (пектової) кислоти має вигляд спіралі, що містить три молекули галактуронової кислоти на виток, у яку нерівномірно через 1,2- α -глікозидні зв'язки включені молекули L-рамнози, яка надає молекулі зигзагоподібної форми.

Частина карбоксильних груп полігалактуронової кислоти етерифікована метанолом, а вторинні гідроксильні групи (C₂ і C₃) – частково ацетильовані. Полімерні молекули пектинів містять до 1000 мономерних залишків ($M_r = 50\text{--}150000$). Хімічною модифікацією частини вільних карбоксильних груп переводять в амідну форму (амідовані пектини).

У промисловості пектини отримують кислотним (HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄) або ферментативним гідролізом жому цитрусових, яблук або буряків. Розщеплення проводять між пектиновими молекулами і нейтральними полісахаридами і не чіпають міцні глікозидні зв'язки в полімерній пектиновій молекулі і естерні в молекулах високоестерифікованих пектинів. Одержаний пектин сушать, подрібнюють і стандартизують (додають глюкозу/декстрозу або ретардатор – солі одновалентного катіона та харчової кислоти (молочної, винної, лимонної) щоб запобігти процесам гелеутворення.

У деяких випадках ступінь естерифікації примусово занижують контрольованою деестерифікацією кислотним, лужним (NaOH або амоніак (аміноліз)) або ферментативним (пектинестеразою) способами. Згідно ступеня естерифікації, пектини поділяють на високоестерифіковані і низькоестерифіковані (ступінь естерифікації перших більше 50%, других менше 50%).

На сьогодні харчова промисловість випускає високоестерифікований (яблучний, цитрусовий), низькоестерифікований (буряковий, з соняшнику) пектини, а також комбіновані – суміш пектинів різного ступеня естерифікації. Їх склад та властивості (розподіл карбоксильних груп по молекулі: в яблучних пектинів – він рівномірний, а в цитрусових – ні) залежать від джерела сировини.



Ступінь естерифікації впливає і на деякі фізико-хімічні властивості пектинів: розчинність, рН, гелеутворююча ефективність і здатність утворювати комплекси з катіонами металів та білками. За розчинністю пектини поділяють на нерозчинні та розчинні. Розчинність пектинів у воді зростає зі збільшенням ступеня естерифікації молекул і зменшенням молекулярної маси. Наприклад, пектова кислота, яка не має естерифікованих карбоксильних груп, не розчинна у воді. Розчинність підвищується в присутності цукрів. Розчинний пектин входить до складу соку рослини, а нерозчинний – клітковини. У міру дозрівання плодів, а також у процесі зберігання, нерозчинний пектин здатний переходити в розчинний.

Наявність в пектинах вільних дисоціюючих карбоксильних груп зумовлює кислу реакцію їх водних розчинів (для 2,5%-го розчину пектину рН ~3).

Гелева структура в розчинах пектинів реалізується шляхом взаємодії молекул між собою. Її утворення залежить від молекулярної маси, ступеня естерифікації, характеру розподілу карбоксильних груп, температури, рН середовища та вмісту дегідратуючих речовин. Просторова структура гелю може утворюватися у два способи:

- шляхом цукрово-кислотного гелеутворення – зміною сил електростатичного відштовхування пектинових молекул у кислому середовищі за присутності дегідратуючих речовин (сахарози);
- за участі йонів полівалентних металів.

Знову ж таки, ступінь естерифікації визначає тип асоціації пектинових молекул. Вискоестерифіковані пектини утворюють гелі при рН 3,1-3,5 у присутності сухих речовин (сахарози, >65%), низкоестерифіковані – як за першим типом, так і за присутності катіонів полівалентних металів (наприклад, Ca^{2+} , незалежно від концентрації сахарози, у діапазоні рН = 2,5–6,5). Пектини із високим ступенем естерифікації утворюють високоеластичні гелі (здатні повертатися в початковий стан після деформації), а пектини низького ступеня естерифікації, залежно від концентрації катіонів Ca^{2+} , можуть давати як високов'язкі (не відновлюють вихідну форму після деформації) так і високоеластичні гелі.

Комплексоутворююча здатність пектинів залежить від кількості вільних карбоксильних груп, тобто від ступеня естерифікації молекул, і не залежить від молекулярної маси. При зниженні ступеня естерифікації пектинових молекул і підвищенні дисоціації вільних карбоксильних груп (при підвищенні рН) зростає здатність до зв'язування з полівалентними катіонами. Крім комплексів з металами, високоестерифіковані пектини утворюють пектин-протеїнові комплекси. Наприклад, у кислому середовищі (рН = 4,0–4,2) пектини взаємодіють з казеїном молока, що змінює заряд білків і, відповідно, забезпечує їх стабільність у кислому середовищі.

Використовується пектин у харчовій промисловості при виробництві: цукерок, начинок кондитерських та фруктових, виробів з пастили та желе, молочних продуктів, морозива та десертів, кулінарних жирів та олій, майонезів, кетчупів та соусів, мармеладу, дитячого та дієтичного харчування, капсул та оболонок у фармацевтичному виробництві, зефірів. Серед низкоестерифікованих пектинів найбільш затребувані – неамідовані, які застосовують при виробництві сухих киселів, діабетичних кондитерських виробів тощо.

Натуральний та очищений пектин не призводить до утворення енергетичного запасу, оскільки є абсолютно нейтральним. Пектин і продукти його містять здатні виводити солі важких металів з організму людини: ртуть, свинець, цинк, ізомери ітрію і стронцію. Добавка сприяє сорбуванню та виведенню з організму токсинів, холестерину, жовчних кислот, сечовини та інші шкідливі біологічних речовини.

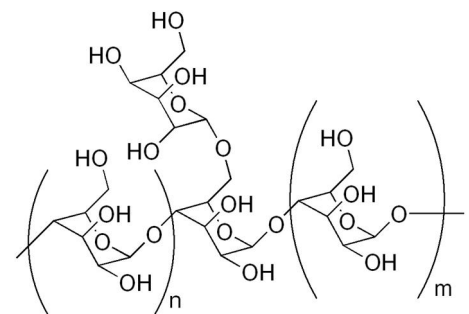
4.4.1.4. Галактоманнани

Галактоманнани – нейтральні полісахариди (гетероглікани), що складаються з манозних залишків з галактозними бічними групами (1,4-β-D-маннопіранозного остова з розгалуженням у C₆-положенні, зв'язаного з α-D-галактозою (1,6-α-D-галактопіранозою)). Містяться в насінні стручкових рослин і виконують функцію запобігання зневодненню насіння. Галактоманнани використовують у харчових продуктах для підвищення в'язкості водної фази.

Залежно від співвідношення "галактоза : манноза" розрізняють:

камедь пажитника	маноза : галактоза	~1 : 1
гуарова камедь	маноза : галактоза	~2 : 1
камедь тара	маноза : галактоза	~3 : 1
камедь бобів ріжкового дерева або камедь ріжкового дерева	маноза : галактоза	~4 : 1
камедь касії	маноза : галактоза	~5 : 1

Комерційні препарати рослинних галактоманнанів називають камеді. Найбільш поширеними харчовими добавками серед є галактоманнанів є насіння – гуара (*Cyamopsis tetra-gonolobus*), і ріжкового дерева (*Ceratonia siligua*). У камеді гуара (*гуарани*) залишок галактози з'єднаний з кожним другим залишком манози, а у камеді ріжкового дерева – з кожним четвертим (рис. 3.3). Крім того, для галактоманнанів ріжкового дерева характерним є не рівномірний розподіл галактопіранозних залишків уздовж полімерного ланцюга маннану. Тобто, ланцюг галактоманнанів має нерегулярну (блочну) структуру із чергуванням лінійних і розгалужених ділянок. Характер розподілу цих ділянок, а також співвідношення галактози і манози впливають на властивості галактоманнанів.



Структурний фрагмент молекули галактоманнану з манозовим скелетом (внизу) та залишком галактози (вгорі)

Технологія отримання гуарани та камеді ріжкового дерева ґрунтується на водній екстракції із подрібненої рослинної сировини (наприклад, зі стручків середземноморської акації).

Розчинність галактоманнанів у воді залежить не лише від їх будови, але і інших факторів (температура, перемішування): гуарана, камедь з високим ступенем заміщення первинних гідроксильних груп у залишках манози, добре розчинна у холодній воді, утворюючи в'язкий розчин із слабкою міцністю, а камедь ріжкового дерева, з обмеженим ступенем заміщення – лише у гарячій. Процес розчинення тривалий, який прискорюється перемішуванням або нагріванням до температури 80°C (за більш високих температур можлива термічна деструкція галактоманнанів).

Камедь ріжкового дерева (E410, E-410, Locust bean gum) – стабілізатор, застосовують для збереження консистенції продукту і для збільшення в'язкості; зберігає

та передає смак харчових продуктів; загальмовує кристалізацію льоду і створює гель з певною структурою; застосовують як консервант.

Використовують у виробництві заморожених десертів та морозива, соусів, сирів та у хлібобулочному виробництві; як гелеутворювач при виготовленні десертів, плавлених сирів, соусів, кетчупів, консервованих грибів та овочів, м'ясних консервів та страв, хлібобулочних виробів, будь-якого морозива.

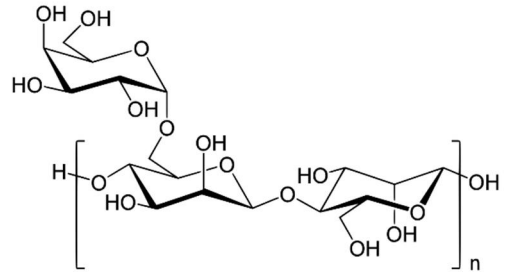
У харчовій промисловості використовується у поєднанні з іншими подібними стабілізаторами. Камедь не має алергенних властивостей. При прямому контакті не викликає подразнення шкірних покривів та слизових оболонок. Сприяє зниженню рівня холестерину в крові людини та дає відчуття насичення.

Гуарова камедь (E412, E-412, Guar gum) – стабілізатором здатний зберегти та покращувати в'язкість та консистенцію харчових продуктів, знижує швидкість утворення кристалів льоду.

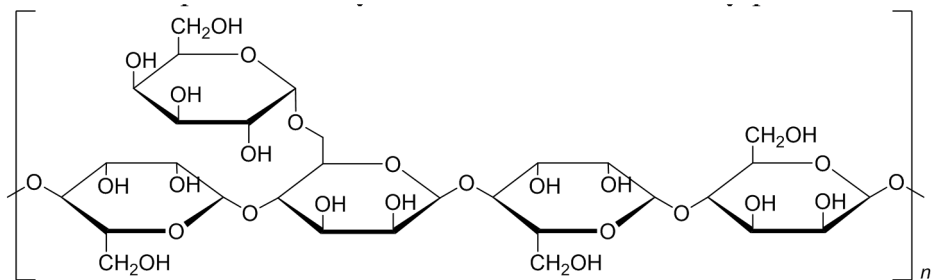
Застосовують в харчовому виробництві як в індивідуальному стані, так і в поєднанні з іншими подібними загусниками. Широко застосовується у м'ясній та м'ясопереробній промисловості.

Використовують в харчовій промисловості як загусник і стабілізатор або як структуратор при виробництві: хлібобулочних виробів, начинок та кремів, заморожених молочних продуктів та десертів, морозива та фруктового льоду, желе та джемів, жирів, олій та соусів, концентратів соків та сиропів.

Гуарова камедь має гарну біологічну активність і може бути антикоагулянтном; виявляє антивірусну та антиракову активність і сприяє виведенню важких металів з організму. Використовують у дієтичних продуктах та дитячому харчуванні. Додаток не є алергеном.



Фрагмент молекули галактоманнанів: камедь гуара



Фрагмент молекули галактоманнанів: камедь ріжкового дерева

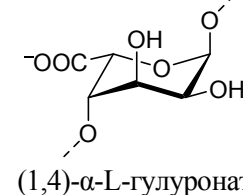
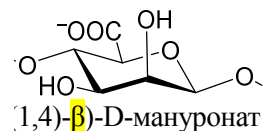
4.4.1.5. Полісахариди морських рослин

До цієї підгрупи харчових добавок (альгінати, карагінани і агароїди) входять полісахариди, які одержують з червоних і бурих морських водоростей.

Альгінова кислота (E400) та її солі (E401-E405) належать до полісахаридів бурих морських водоростей родів *Laminaria* і *Macrocystis* (лат. alga – водорість), які побудовані із залишків піранозних форм β-D-маннуринової і α-L-гулуринової кислот, які утворюють лінійні ланцюги з (1,4)-глікозидними зв'язками.

Залишки мономерів цих кислот розміщуються блоками вздовж полімерного ланцюга. Розрізняють три типи блоків:

- гомополімерні блоки з залишків β-D-маннуринової кислоти (М-блоки);
- гомополімерні блоки з залишків α-L-гулуринової кислоти (Г-блоки);
- гетерополімерні блоки з чергуванням залишків обох кислот (М-Г-блоки).



Такі типи блоків полімерних молекул утворюють зони кристалічності (Г-блоки), зони гнучкості або аморфні зони (М-блоки) і зони із проміжною жорсткістю (М-Г-блоки). Залежно від джерела сировини, змінюється і співвідношення полімерів і характер їх розподілу в молекулах альгінатів.

Отримують альгінати лужною екстракцією розчинами соди або лугів у вигляді розчинних натрієвих або калієвих солей. Підкисленням екстракту виділяють обмежено стабільні альгінові кислоти, які, як правило, переводять у солі. Серед похідних альгінової кислоти, статус харчових добавок мають 5 сполук (табл. 3.6).

Розчинність альгінатів у воді залежить від природи катіона в мономерних залишках. Вільні альгінові кислоти погано розчинні у холодній воді, але в ній набухають, зв'язуючи 200-300-кратну кількість води; розчинні в гарячій воді, розчинах лугів з утворенням гелів при підкисненні. Натрієві і калієві солі легко розчинні у воді утворюючи високов'язкі системи. Солі з двовалентними катіонами – або гелі або нерозчинні альгінати.

Таблиця 3.6

Харчові альгінати

Код	Назва	Мономерний залишок	Природа катіона в мономерному залишку
E400	Альгінова кислота		H ⁺
E401	Альгінат натрію		Na ⁺
E402	Альгінат калію		K ⁺
E403	Альгінат амонію		NH ₄ ⁺
E404	Альгінат кальцію		1/2Ca ²⁺
E405	Пропіленглікольальгінат (ПГА)		

В'язкість розчинів альгінатів залежить від довжини їх молекули, згідно цього, торгові харчові добавки мають визначену молекулярну масу. Відповідно в'язкість розчинів змінюється пропорційно концентрації добавки. За низьких концентрацій, в'язкість підвищують введенням невеликої кількості йонів Ca²⁺, які, зв'язуючи молекули, призводять до підвищення молекулярної маси і, як наслідок, до зростання в'язкості. Висока доза йонів Ca²⁺ призводить до гелеутворення.

Утворення гелевої структури відбувається взаємодією молекул альгінатів в Г-блоках, за присутності йонів Ca²⁺. Відповідно гелеутворююча здатність і міцність гелів зв'язані з кількістю і довжиною зон кристалічності (Г-блоків).

Агар (агар-агар) (E406, E-406, Agar) – суміш полісахаридів агарози (залишки β -D-галактопіранози і 3,6-ангідро- α -L-галактопіранози, з'єднаних β -(1,4)- і α -(1,3)- зв'язками) і агаропектину (суміш полісахаридів, які містять глюкуронову кислоту і естернозв'язану сульфатну кислоту). Не має ні смаку, ні запаху, ні кольору.

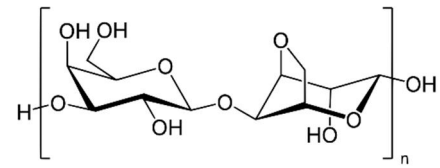
Агар є стабілізатором, застосовуваним для забезпечення стабільної консистенції продукту і здатним збільшувати показники в'язкості. Гелі, що мають в своїй основі агар, відмінно зберігають аромат і смакові якості основних продуктів. Подібні структуроутворювачі можуть бути як каламутними так і прозорими залежно від того, які добавки для них використовують.

Агар-агар отримують з червоних морських водоростей (*Gracilaria*, *Gelidium*, *Ahnfeltia*). Залежно від виду водоростей склад полісахаридів може змінюватися. Агар не розчинний у холодній воді, але в ній набухає, у гарячій – утворює колоїдний розчин, який при охолодженні дає термостабільний гель. Утворення гелю відбувається за рахунок подвійних спіралей та їх асоціації незалежно від концентрації катіонів, цукру або кислоти. Гелеутворююча здатність агару в 10р. вища за желатин. Добавку E406 визнано найсильнішим желеутворюючим агентом з усіх відомих, чистих колоїдів. При нагріванні, у присутності кислоти, здатність до желеутворення знижується. Гелі стабільні за $pH > 4,5$ і термозворотні. Температура плавлення – $\sim 80^{\circ}C$.

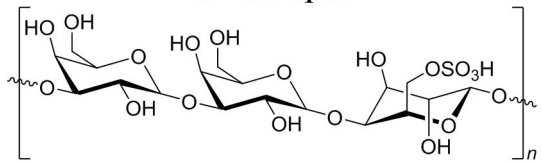
Застосовують у харчовій промисловості для виробництва желеподібних продуктів: різних видів мармеладу, пудингів та холодців, желеподібних кремів та помадок у кондитерському виробництві, імітації ікри цінних порід риб, морозива та зефіру, молочних продуктів, сирів, йогуртів.

Добавка E-406 не лише гарний желеутворювач, а й джерело мінералів та солей для організму людини. Сприяє виведенню з організму шлаків та токсинів, нормалізує роботу печінки та сприяє покращенню обмінних процесів. На сьогоднішній день агар є єдиним природним замінником желатину. Дозволений до застосування для виробництва дитячого та лікувального харчування.

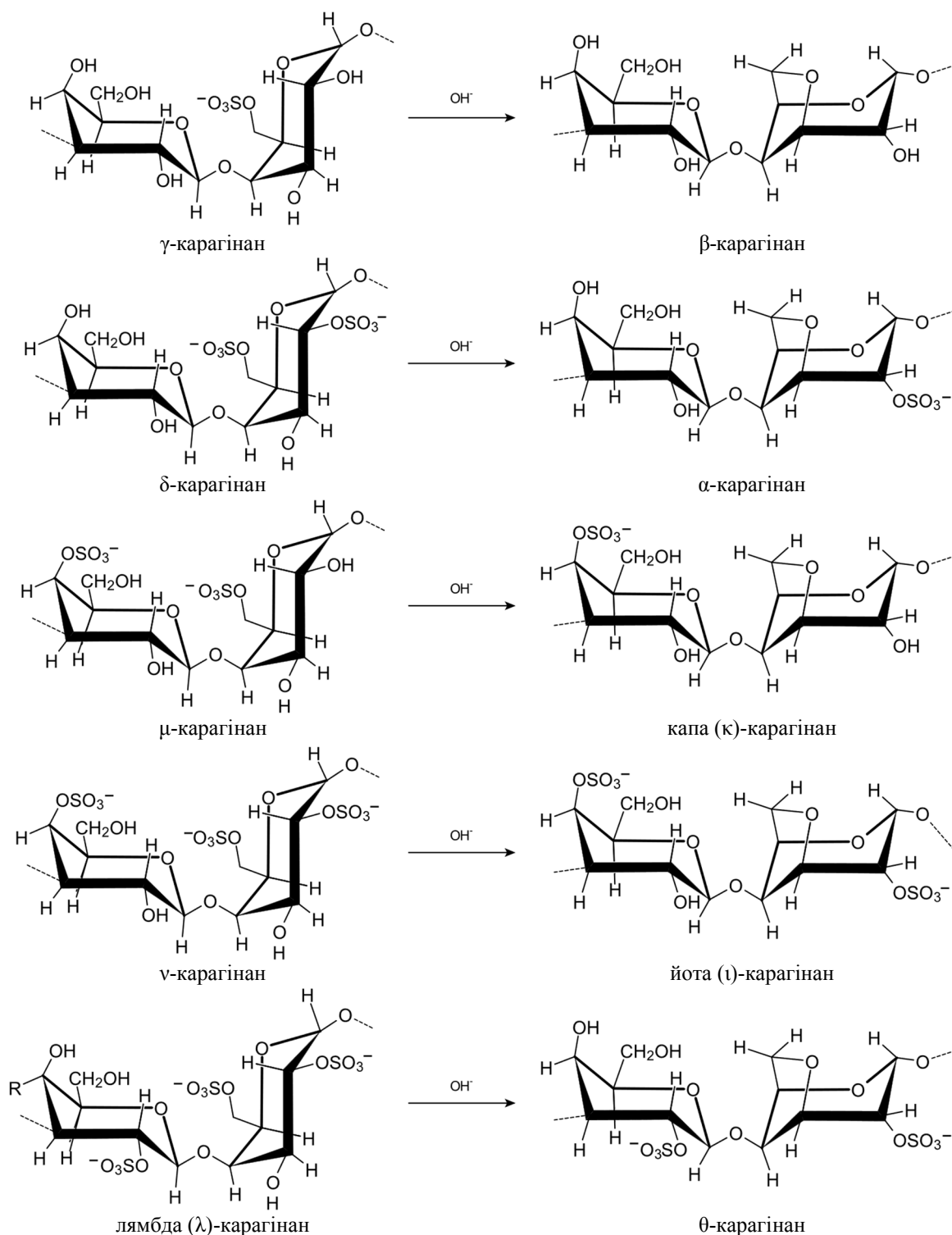
Карагінани та їх солі (E407, E-407, Carrageenan) – полісахариди (відомі як "ірландський мох"), містяться в червоних морських водоростях *Chondrus Crispis*, *Eucheuma Spinosum*, *Gigartina species*. За хімічною природою близькі до агароїдів – нерозгалужених сульфатованих гетерогліканів, побудованих із залишків D-га-лактопіранози із чергуванням α -(1,3)- і β -(1,4)-зв'язків між ними, тобто з повторюваних дисахаридних ланок β -D-галактопіранози і 3,6-ангідро- α -D-галактопіранози. Різні види червоних водоростей дають різні види форми карагінанів, які мають гарну еластичність і їх застосовують при желюванні продукції або для виготовлення суспензії. Карагенан та його солі – стабілізатори, зберігають в'язкість продуктів, їх консистенцію, є природними загусниками.



Ланка агарози



Ланка агаропектину



Залежно від будови повторюваних дисахаридних ланок розрізняють три основних типи: капа (κ)-карагінан, йота (ι)-карагінан, лямбда (λ)-карагінан.

Сульфатні групи в карагінанах можуть бути заміщені катіонами Na^+ , K^+ , NH_4^+ . Товарні харчові добавки містять супутній полісахарид – фурцелеран (гібридний β/κ-карагеноан)¹⁰.

Умовою гелеутворення є конформаційний стан моносахаридних залишків. У дисахаридних ланках карагі-



¹⁰ Фурцелеран – це нестехіометрично недостатньо сульфатований κ-карагеноан, де кожен 3-й або 4-й 3-зв'язано-β-галактозамономер містить групу сульфатного ефіру в 4-му положенні.

нанів галактопіранозні залишки перебувають у конформації "крісла". Наприклад, у κ - і ι -ізомерах, правий залишок має конформацію 4C_1 , а лівий – 1C_4 , у λ -ізомеру обидва галактопіранозні залишки перебувають у конформації 4C_1 . Наявність саме таких типів конформації в галактопіранозних залишках зумовлює утворення подвійних спіралей, асоціація яких призводить до утворення гелевих структур. Гелеутворення відбувається за температури нижче 49–55°C. Вони стійкі за кімнатної температури, але при нагріванні (вища за температуру гелеутворення на 5-10°C) легко переходять у рідкий стан. При охолодженні – знову утворюється гель.

Відмітимо і відмінність механізму гелеутворення для різних форм карагінанів. κ -Карагінан зв'язує воду і утворює міцний гель в присутності йонів K^+ , а ι - і λ -форми за цих умов майже не реагують. ι -Форма утворює гель лише за присутності катіонів Ca^{2+} , які зшивають окремі молекули карагінану з формуванням спіралі.

Наявність негативних зарядів (OSO_3^{2-} -групи) в ι -карагінанах не дозволяють спіралям ι -форми агрегувати з таким же ступенем, як і для κ -форми. Тому ι -карагінани утворюють еластичні прозорі гелі, які не схильні до синерезису і є стійкими за умов заморожування-розморожування. λ -Карагінани більш високосульфатовані, ніж ι -карагінани, відповідно для них існує ймовірність утворення гелю, оскільки сульфатні естери блокують приєднання катіонів K^+ і, відповідно, блокується утворення спіралей через йонізацію OSO_3^{2-} -груп навіть при $pH < 7$. За таких умов полімерні молекули зберігають довільний розподіл і утворюють в'язкі розчини при охолодженні.

Карагінан використовується як стабілізатор пластичності та в'язкості при виробництві різних продуктів.

Присутність OSO_3^{2-} -груп в молекулах карагінанів зумовлює їх до комплексоутворення з казеїном молока, який має високу концентрацію позитивних зарядів. Ця взаємодія, в поєднанні з високою водопоглинаючою здатністю, збільшує міцність гелю в ~ 10 разів. Тобто у молочній системі, міцність гелю досягається за концентрації карагінанів в ~ 10 разів меншій, ніж у водному середовищі.

У харчовій промисловості карагінан та його солі використовують при виробництві: молочних, м'ясних та рибних продуктів харчування, як стабілізуючий агент у молочних напоях з наповнювачами з ягід та фруктів, для отримання кремової консистенції морозива та вершків, для забезпечення кристалізації льоду, для можливості утримання вологи та приготування розсолів у м'ясопереробній промисловості, як агент для утворення желе, кондитерських виробів та мармеладів.

Карагінан і його солі мають гарну біологічну активність і здатні виконувати функцію антикоагулянту. Також виявляє антивірусну та антиракову активність і сприяє виведенню важких металів з організму. Завдяки своїм властивостям карагінани використовуються в дієтичних продуктах та дитячому харчуванні. Додаток не є алергеном і не викликає подразнення слизових оболонок людини. Є випадки негативного впливу на ШКТ, і дітям не рекомендується, особливо якщо є проблеми з ШКТ. Останнім часом почали надходити відомості про виявлення в його складі оксиду етилену, здатного призвести до утворення канцерогенів.

Ксантанова камедь (E415, E-415, камедь кукурудзяного цукру, Xanthan gum) – високомолекулярний полісахарид, які утворюються при аеробній ферментації цукрів (патоки, кукурудзяного сиропу) бактеріями *Xanthomonas campestris*. Стабілізатор, забезпечує сталість консистенції продукту, збільшує показники в'язкості.

За хімічною природою це гетерополісахарид з молекулярною масою $\sim 2 \cdot 10^6$, молекули якого утворені β -D-глюкозою, α -D-манозою і α -D-глюкуроною кислотою із співвідношенням 2 : 2 : 1.

Молекули (β -D-глюкози, через 1,4-глі-козидний зв'язок, утворюють основний ланцюг, де кожен другий глюкозний залишок має бічну ланку з трьох моносахаридних одиниць, в якому залишок глюкуронової кислоти розміщується між двома залишками α -D-манози. Кінцевий залишок манози може містити піруватну групу, а маноза, приєднана до основного ланцюга, – ацетатну групу біля C₆. Кожне друге бічне відгалуження містить піруватну групу, проте співвідношення піруватних і ацетатних груп залежить від виду мікроорганізму та умов отримання. Наявність карбоксильних груп зумовлюють аніонну природу камеді.

Ксантани розчиняються у воді за кімнатної температури, крім того, добре розчинні в гарячому і холодному молоці, в розчинах солі і цукру. Їх розчинність у воді обумовлена наявністю регулярних бічних ланок з кислотними групами.

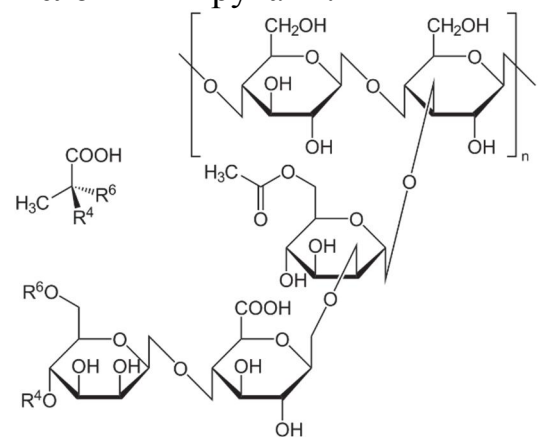
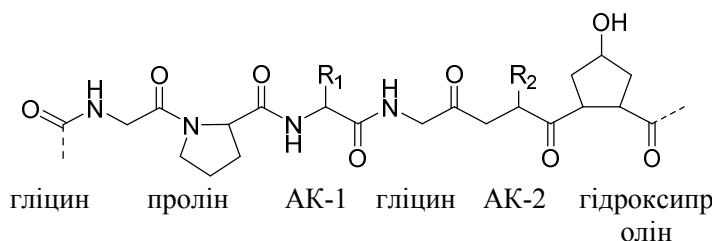
Молекули ксантанів – характеризуються підвищеною міцністю і великою розтяжністю. Легко взаємодіють із різними речовинами і утворюють стійкі суспензії та еластичні м'які гелі. Ксантани є загусниками за температур до 100°C, утворюючи розчини високої в'язкості, яка мало залежить від температури і стабільна в діапазоні рН від 1 до 13. Речовини на основі ксантанової камеді є термооборотними.

У харчовій промисловості використовують при виробництві молочних, м'ясних та рибних продуктів харчування, як стабілізуючий агент у молочних напоях з наповнювачами з ягід та фруктів (для стабілізації таких напоїв як шоколадне молоко, оскільки частки какао здатні випадати в осад. Дію добавки можна посилити додаванням фосфатів), для отримання кремової консистенції морозива та вершків, забезпечення кристалізації льоду, можливості утримання вологи та приготування розсолів у м'ясопереробній промисловості, як агент для утворення желе, кондитерських виробів та мармеладів.

Допустима норма добового споживання не обмежена, проте при високих концентраціях камеді в організмі може бути здуття живота та метеоризм. Ксантанова камедь дозволена до застосування при виробництві дитячого та дієтичного харчування. Не вважається алергеном.

4.4.1.6. Желатин

Желатин (*фр. gelatine*, від лат. *gelātus* – твердий або заморожений, E428, не класифікується як добавка) – суміш лінійних поліпептидів (M_r від 50 000 до 70 000) та їх агрегатів (з M_r до 300 000), без смаку і запаху, в'язкий. У сухому вигляді на 98-99% складається з білка, але не є повноцінним харчовим білком, оскільки в ньому відсутній триптофан, мало ізолейцину, треоніну та метіоніну. Аміно-



Структурна одиниця ксантану

кислотний склад включає до 19 амінокислот (гліцин – 26–34% (відповідає за щільну упаковку ланцюгів), пролін – 10–18% (обмежує конформацію), гідроксипролін – 7–15%, глутамінова – 10–12%, аспарагінова кислоти – 6–7%, аланін – 8–11% і аргінін – 8–9%). Гліцин та пролін є важливими амінокислотами для гелеутворюючих властивостей желатину. Безбарвний або жовтуватого відтінку.

Фрагмент молекули желатину має такий вигляд (АК – амінокислота):

Желатин – єдиний гелеутворювач білкової природи, який широко використовується в харчовій промисловості. Він легко гідратується теплою і гарячою водою, утворюючи низьков'язкі розчини. Електрокінетичні властивості (ізоелектрична точка варіює між 9,4 для амідної і 4,8 для карбоксильної форм) желатину в розчині, визначаються п'ятьма електроактивними амінокислотами. Основними функціональними групами желатину (95% всіх йонізованих груп), які обумовлюють заряд, є:

COOH-групи аспарагінової і глутамінової кислот;

NH₂-групи лізину і гідроксилізину;

NH–C(NH)–NH₂-групи аргініну.

У колагені 35% кислотних груп знаходиться в амідній формі, яка лужним гідролізом перетворюється у кислотну.

Желатин отримують гідролізом колагену (кислотним або лужним гідролізом нерозчинний колаген переводять у розчинний желатин, з подальшим виділенням, очищенням, висушуванням та стандартизацією) із сполучних тканин тваринної сировини. Основними джерелами сировини є шкіра та кістки великої рогатої худоби, свиней, риби та птиці. Вид гідролізу колагену залежить від сировини. Желатин типу А отримують кислотним гідролізом (соляною, фосфорною, сульфатною та навіть органічними кислотами) м'якої колагенвмісної сировини (шкур свиней). При отриманні желатину типу Б сировиною є кістки, і гідроліз проводять лужним способом (розчинами вапна або гідроксиду натрію). Кістки, зазвичай, попередньо розмелюють, знежирюють та сушать.

Желатин розчинний у воді, молоці, розчинах солей і цукру за температур вищих 40°C. Розчини желатину виявляють низьку в'язкість, яка залежить від рН і мінімальна в ізоелектричній точці. При охолодженні, в'язкість водного розчину желатину зростає з утворенням гелю (золь-гель перехід). Умовою утворення гелю є висока концентрація желатину і температура, нижча точки кристалізації (~30°C).

При охолодженні розчину желатину, ділянки, багаті на амінокислоти різних поліпептидних ланцюгів, утворюють спіральну конфігурацію. Водневі зв'язки, як за участі води так і за її відсутності, стабілізують утворену структуру і розподілені по всій довжині ланцюга. Це явище обумовлює унікальні властивості желатинових гелів. Желатин утворює термічнооборотні гелі. На відміну від полісахаридів, утворення гелю не залежить від рН і не вимагає присутності цукрів, солей або катіонів.

Використовують у харчовій промисловості для приготування желатинових десертів, зефіру, цукерок, кукурудзяних та кондитерських виробів, фруктові желе; як стабілізатор, загусник або текстуризатор йогуртів, вершкового сиру і маргарину; в продуктах із зниженим вмістом жиру для імітації відчуття у жиру і для створення об'єму; для освітлення соків та оцту тощо.

4.4.2. Емульгатори

Дана група харчових (функціональний клас 9) включає речовини які забезпечують утворення і збереження однорідної дисперсії речовин, що не змішуються. Тобто, "емульгатор" або "емульгуючий агент" здатен утворювати і стабілізувати емульсію за рахунок концентрування на поверхні поділу фаз і знижувати міжфазні поверхневий натяг¹¹. Як перші харчові емульгатори використовували камеді, сапоніни, лецитин тощо.

Молекули класичних емульгаторів (ПАР) мають дифільну будову – містять полярні гідрофільні і неполярні гідрофобні групи – які зв'язані між собою і розташовані на протилежних кінцях неполярної сполучної ланки (основи). Гідрофільні групи – розчинні у воді, гідрофобні – у неполярних розчинниках. Відповідно, така дифільна будова обумовлює утворення асоціатів в об'ємній фазі розчинник-міцела. Здатність до утворення асоціатів міцелярного типу залежить від будови молекул ПАР, а саме від співвідношення розмірів полярної і неполярної частин, яке виражають показником гідрофільно-ліпофільного балансу. Тобто, чим вища гідрофільність, тим більша величина гідрофільно-ліпофільного балансу; при цьому проявляється здатність молекул ПАР до утворення класичних міцел і стабілізації прямих емульсій (олія/вода) і навпаки, чим нижча гідрофільність тим менше значення гідрофільно-ліпофільного балансу, тим вища здатність до асоціації у вигляді обернених міцел і стабілізації зворотних емульсій (вода/олія).

4.4.2.1. Класифікація емульгаторів

Класифікують емульгатори за різними ознаками (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Класифікація емульгаторів

Класифікаційна ознака	Основні підкласи
Заряд поверхнево-активної частини:	
Негативний	Аніонні (аніоноактивні)
Позитивний	Катіонні (катіонактивні)
Нейтральний	Нейногенні
Позитивний або негативний (рН)	Амфотерні
І позитивний, і негативний (два)	Цвіттер-йонні
Гідрофільно-ліпофільний баланс:	
4-6	Емульгатори вода/олія
7-9	Змочуючі агенти
8-18	Емульгатори олія/вода
Розчинність:	
у воді	Водорозчинні (гідрофільні, ліпофільні)
в олії	Маслорозчинні (ліпофільні, гідрофобні)
Функціональні групи:	
-COOH	Кислоти
-OH	Спирти
-COOR	Естери

В аніонних емульгаторах гідрофільні групи – йонні форми карбоксильних і сульфонільних груп, у катіонних – йонні форми третинних або четвертинних амонієвих

¹¹ Для даної групи харчових добавок терміни емульгатор, емульгуючий агент і поверхнево-активна речовина (ПАР) можуть розглядатися як синоніми.

основ та їх солей, у нейоногенних – гідрокси- і кетогрупи, етерні тощо; у цвіттер-йонних, як гідрофільні групи, виступають йонні угруповання, які одночасно мають і позитивний, і негативний заряди. Прикладом є лецитин, у якого гідрофільна група одночасно містить негативно заряджений залишок ортофосфатної кислоти і катіонну групу четвертинної амонійної основи холіну.

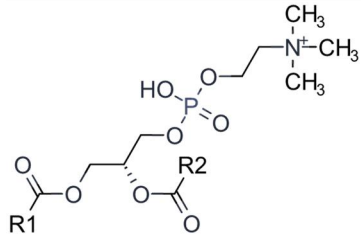
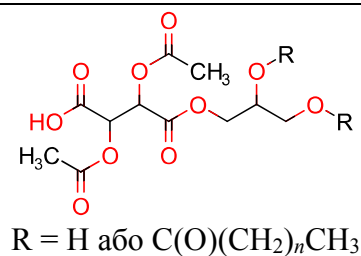
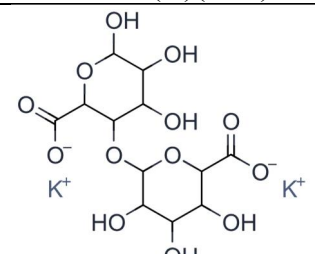
До основних видів харчових емульгаторів належать нейоногенні ПАР. Винятком є цвіттер-йонний лецитин і аніонактивні лактилати. За хімічною природою до основних харчових емульгаторів належать похідні одно- і багатоатомних спиртів, моно- і дисахаридів, структурною основою яких є залишки кислот (табл. 3.9).

У харчовій промисловості застосовують ПАР, які є багатокомпонентними системами і випускаються під різними торговими марками. При цьому, хімічна назва діючої речовини може відповідати лише частині продукту.

Відмітимо, що деякі представники даного класу харчових добавок можуть виявляти і суміжні функції, наприклад – стабілізатору (функціональний клас 21).

Таблиця 3.9

Деякі характеристики харчових емульгаторів

Емульгатори	Код	Формула	ГЛБ	Розчинність		Міцело- утворення
				в олії	у воді	
Лецитин	E322		3-4	Р	Д	Зворотні міцели
Модифікований лецитин			7-12	Р	Д	Міцели
Моно- і дигліцериди	E471		3-4	Р	Д	Зворотні міцели
Ацетильовані моногліцериди (естери оцтової кислоти моно- та дигліцеридів жирних кислот)	E472a		2-3	Р	Н	Зворотні міцели
Лактильовані естери моно – і дигліцеридів (естери молочної кислоти моно- та дигліцеридів жирних кислот)	E472		3-4	Р	Н	Зворотні міцели
Естери діацетилвинної кислоти з моно – і дигліцедами (складні ефіри діацетилвинної кислоти моно- та дигліцеридів жирних кислот)	E472e	 R = H або C(O)(CH ₂) _n CH ₃	8-10	Р	Д	Міцели
Естери сахарози	E473		3-16	Д	Д	Міцели, зворотні міцели

Стеароїллактат натрію	E481		10-12	P	Д	Міцели
Стеароїллактат кальцію	E482		5-6	P	Д	Зворотні міцели
Сорбітан моностеарат	E491		3-6	P	Д	Зворотні міцели
Полісорбат 80	E433					
Полісорбат 60	E435		14-15	P	P	Міцели
Полісорбат 65	E436		10-11	P	Д	Міцели

Загальною характеристикою, яка об'єднує емульгатори і відрізняє їх від інших класів харчових добавок – це поверхнева активність. До основних функцій емульгаторів у харчових системах належать: диспергування (емульгування та піноутворення; солюбілізація; комплексоутворення з крохмалем; взаємодія з білками; зміна в'язкості; модифікація кристалів; змочування і змащування тощо.

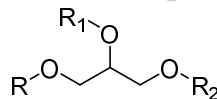
Ліпофільна (гідрофобна) частина дифільних молекул (табл. 3.9) має однакову хімічну природу і утворена залишками (ацилами) вищих жирних кислот. Структурні особливості, які зумовлюють відмінності поверхнево-активних властивостей, пов'язані з будовою гідрофільної (ліпофобної) частини молекул ПАР.

4.4.3. Основні групи харчових ПАР

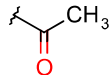
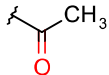
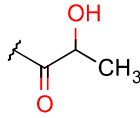
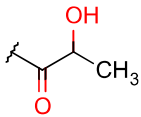
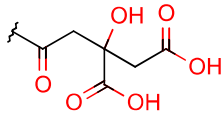
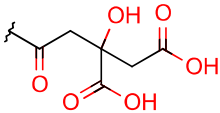
Моно-, діацилгліцерини та їх похідні (E471, E472a-g) – найбільш відома група емульгаторів, їх частка в загальному споживанні харчових емульгаторів становить ~60%. Модифікація моно- і діацилгліцеринів кислотами дозволяє змінювати ГЛБ молекул (табл.3.9) і, відповідно, їх поверхневу активність на межі розділу фаз. Як харчові добавки дозволено 7 естерних модифікацій неповних ацилгліцеринів, наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Харчові добавки гліцеридної природи



R – ацил жирної кислоти

Код	Назва	R ₁	R ₂
E471	Моногліцериди жирних кислот (Monoglycerides of fatty acids)	H	H
	Дигліцериди жирних кислот (Diglycerides of fatty acids)	R	H
E472a	Естери оцтової кислоти і моногліцеридів жирних кислот (Esters of acetic acid and monoglycerides of fatty acids)		H
	Естери оцтової кислоти і дигліцеридів жирних кислот (Esters of acetic acid and diglycerides of fatty acids)	R	
E472b	Естери молочної кислоти і моногліцеридів жирних кислот (Lactic acid esters of monoglycerides of fatty acids).		H
	Естери молочної кислоти і дигліцеридів жирних кислот (Lactic acid esters of diglycerides of fatty acids).	R	
E472c	Естери лимонної кислоти і моногліцеридів жирних кислот (Citric acid esters monoglycerides of fatty acids).		H
	Естери лимонної кислоти і дигліцеридів жирних кислот (Citric acid esters diglycerides of fatty acids).	R	

E472d	Естери винної кислоти і моногліцеридів жирних кислот (Tartaric acid esters of monoglycerides of fatty acids).		H
	Естери винної кислоти і дигліцеридів жирних кислот (Tartaric acid esters of diglycerides of fatty acids).	R	
E472e	Естери діацетилвинної кислоти і моногліцеридів жирних кислот (Esters of glyceroltartaric and fatty acids).		H
	Естери діацетилвинної кислоти і дигліцеридів жирних кислот (Esters of diacetyltartaric and fatty acids).	R	
E472f	Змішані естери винної і оцтової кислот і моно-, дигліцеридів (Mixed esters of glycerol, tartaric, acetic and fatty acids).	E472a та E472d	
E472g	Естери бурштинової кислоти і моногліцеридів (Сукциніловані моногліцериди, Succinylated monoglycerides)		H

До групи харчових добавок гліцеридної природи належать неповні ацилгліцерини (гліцериди), які одержують гліцеролізом жирів та олій або естерифікацією гліцерину високомолекулярними жирними кислотами, а також продукти їх естерифікації за первинною гідроксильною групою низькомолекулярними кислотами – оцтовою, молочною, винною, діацетилвинною, лимонною.

Естери жирних натуральних кислот – неповні ацилгліцерини (гліцериди) – переважно рослинного походження, однак у деяких випадках можуть бути використані і жири тваринного походження.

Отримують естери гліцеролізом жирів та олій або естерифікацією гліцерину високомолекулярними кислотами, а також продукти їх естерифікації низькомолекулярними кислотами – оцтовою, молочною, винною, діацетилвинною, лимонною тощо. Одержувана речовина складається з суміші різних компонентів, що має будову, схожість із засвоюваними натуральними жирами. Допустимі домішки: кислоти жирні, гліцерин вільний, жири нейтральні, полігліцеринові естери, органічні кислоти тощо.

Відомі різні типи моногліцеридів, які, залежно від виду вихідної сировини та технології отримання, можуть містити від 40 до 60% моноестеру в суміші з ди- (34-50%) і тригліцеридами (3,5-10%) з температурою плавлення від 40 до 70°C.

При молекулярній дистиляції продуктів гліцеролізу отримують дистильовані моногліцериди, що містять не менше 90% моноестеру – суміш α - і β -кристалічних форм, з яких найбільш активною є α -форма, вміст якої варіює в інтервалі 40-90%.

Харчові добавки E472a-g мають структуру олії, порошку, лусочок або твердого воску (білого, жовтого та коричневого кольору), деякі добавки не мають вираженого запаху або мають сильний запах оцту. Розчинні в бензолах, етанолі та хлороформі.

Застосовують харчові добавки E471, E472a-g як емульгатори, піноутворювачі, стабілізатори та антиокислювачі у суміші з токоферолом при:

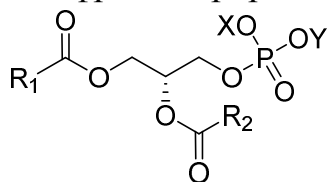
- виробництві молочних продуктів (морозива, йогуртів);
- виробництві десертів, маргаринів, майонезів та різних продуктів, що мають високий вміст жирів;
- крекерів, печива та сухариків;
- як засобів для обробки борошна, що перешкоджають утворенню грудок та злежуванню;
- виробництві сухих вершків для кави та соусів;
- здатні продовжити життєдіяльність клітин дріжджів та захистити ароматизатори від зміни смаку;
- виробництві ковбас для запобігання окисленню та поділу фаршу та жиру;
- надають нові властивості пшеничній клейковині, що дозволяє покращити якість борошна навіть із пшениці, що має слабку клейковину. Сприяє збільшенню об'єму хлібобулочних виробів, поліпшенню утворення пор у випічці;
- дозволяє зекономити на витрачанні жирів при виробництві здобних та кондитерських виробів.

Організм людини засвоює харчові добавки E471, E472a-g як інші жири. У зв'язку з тим, що добавки E471, E472a-g використовується переважно у продуктах з високим вмістом жирів, слід відмовитися від вживання таких продуктів людям, які мають захворювання печінки та порушення роботи жовчовивідних шляхів. Добавки E471, E472a-g не токсичні і не викликає подразнень слизових оболонок.

Фосфоліпід. Найбільш затребуваними з даної групи харчових добавок є природні *лецитини* (E322), синтетичний аналог яких (E442) – *амонієві фосфатиди*. Згідно директиви Європейської Ради "лецитини – суміш фракцій фосфатидів, отриманих з тваринних або рослинних об'єктів фізичними методами (включають використання ферментів), в якій вміст речовин, нерозчинних в ацетоні (власне фосфоліпідів), становить не менше 56-60%".

Основними фракціями лецитинів є фосфатидилхоліни, тобто лецитини (до 25%), фосфатидилетаноламіни (до 25%), фосфатидилсерини (до 15%), фосфатидилінозиди, фосфатидові (фосфатидні) кислоти (5-10 %).

Амонієві фосфатиди – суміш амонієвих солей фосфорних кислот, які є продуктами взаємодії ортофосфатної кислоти з одним, двома або трьома залишками ацетилглицеринів. Загальна формула і основні фракції природних і синтетичних фосфоліпідів:

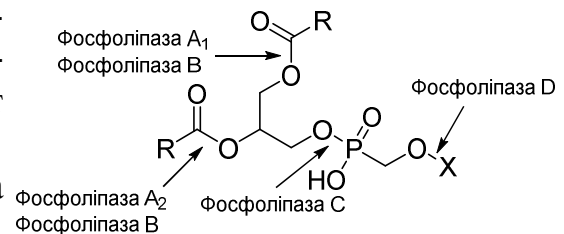


		X	Y:
E322	Лецитини		
	фосфатидні кислоти		H
	фосфатидилхолхоліни	H	
	фосфатидилетаноламіни (кефаліни)		

	фосфатидилсерини		
	фосфатидилінозити		
E442	амонієві фосфати	NH ₄ ⁺	
	амонієва сіль фосфатидної кислоти		Н
	амонієва сіль бісфосфатидної кислоти		Залишок діацилгліцерину
	амонієва сіль семілізобісфосфатидної кислоти		Залишок моноацилгліцерину

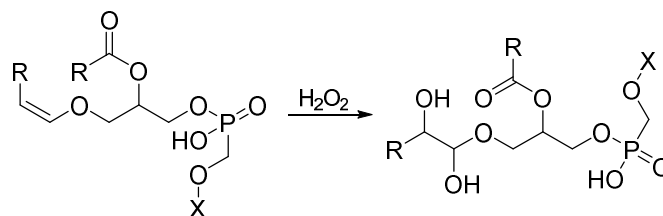
Основним джерелом отримання лецитинів для харчової промисловості є олійні культури (соя, рідше – соняшник), звідки їх виділяють гідратацією олій.

Модифікують стандартні фосфоліпіди у два способи – ферментативним і хімічним. Продукти ферментативної модифікації фосфоліпазами А₁ і А₂ (гідролізовані фосфоліпіди) – лізоформи (лізофосфатидилхолін, лізофосфатидилетаноламін тощо) отримують напрямленим відщепленням. Дією фосфоліпази В відбувається диестерифікація по першому і другому положеннях; фосфоліпази С і D, не впливають на залишки вищих жирних кислот, гідролізують за фосфорнокислою групою до утворення діацилгліцеринів (фосфоліпаза С) або фосфатидних кислот (фосфоліпаза D):



Хімічну модифікацію проводять за двома напрямками:

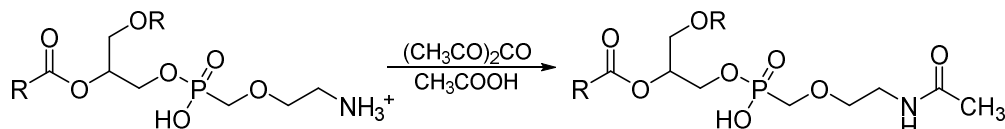
– обробкою гідроген пероксидом у присутності молочної кислоти з утворенням гідроксильованих лецитинів:



гідроксильований лецитин

де, CH=CH-R, R – залишки кислот.

– отримання ацетильованих похідних:



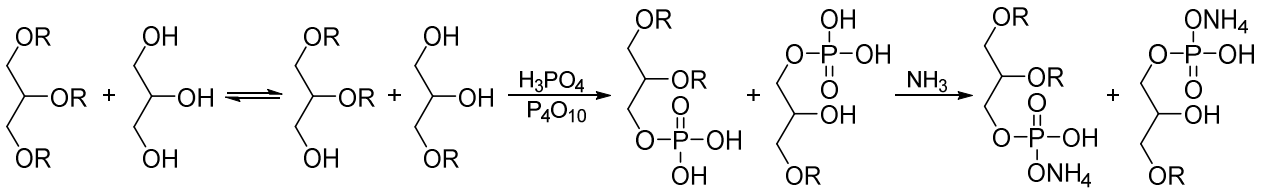
ацетильований лецитин

де R – залишки кислот.

Модифікація фосфоліпідів призводить до зміни гідрофільно-ліпофільного балансу, а, отже, і поверхневої активності, що визначає умови застосування фосфоліпідів у харчових системах. Наприклад, величини гідрофільно-ліпофільного балансу різних модифікованих лецитину:

Гідроксильований 10 > Гідролізований 8 > Ацетильований 6 > Стандартний 4

Одержання синтетичних аналогів лецитину ґрунтується на гліцеролізі рослинної сировини (олій та жирів) з подальшим фосфорилуванням ацилгліцеринів у фосфорним ангідридом і нейтралізацією утворених кислот газоподібним амоніаком:



де R – залишки кислот.

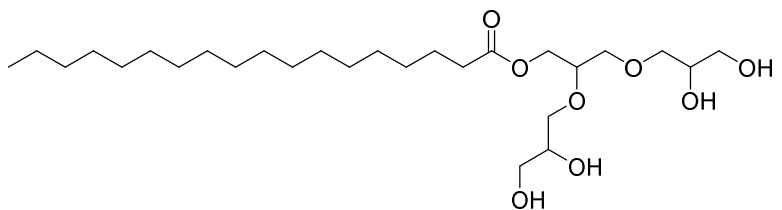
Особливості емульгуючих властивостей фосфоліпідів та їх солей зумовлені здатністю до утворення та стабілізації як прямих, так і зворотних емульсій, що дозволяє розширити можливості їх застосування: від майонезів і салатних соусів (прямі емульсії) до маргаринів різного жирнокислотного складу і вмісту жирової фази (зворотні емульсії).

Іншою відмінністю фосфоліпідів є їх здатність до утворення ліпосом (ліпідних везикул). Їх використання в харчових продуктах обумовлено захистом окремих інгредієнтів від зовнішнього впливу (захист дріжджів від охолодження в заморожених напівфабрикатах і піці), збереження вологи (морозиво) або органічних, наприклад, смакових речовин (хліб і бісквіти) тощо.

На відміну від інших харчових добавок, фосфоліпідів виявляють високу фізіологічну активність, щодо зменшення рівня холестерину, поліпшення функції печінки і стану ЦНС і ПНС, гальмуванням процесів старіння організму і нормалізації імунобіологічної реакції організму.

Естери полігліцерину (E475, E-475, ефіри полігліцеридів та жирних кислот, Polyglycerol esters of fatty acids) – суміш естерів жирних кислот з полігліцерином, є стабілізуючими агентами для збереження в'язкості та покращення консистенції харчових продуктів, також використовують як стабілізатори та емульгатори.

Отримують естери полігліцеридів за конденсацією гліцерину та переестерифікацією жирами або жирними кислотами (пальмітиною, стеариною, олеїною). Допустимі домішки: полігліцерин або вільний гліцерин, моно- та тригліцерини. Має структуру маслянистої в'язкої рідини світло-бурштинового кольору. При підвищенні частки гліцерину ефіри набувають крихкості та твердості, що дозволяє подрібнювати їх до стану порошку.



Естери полігліцерину

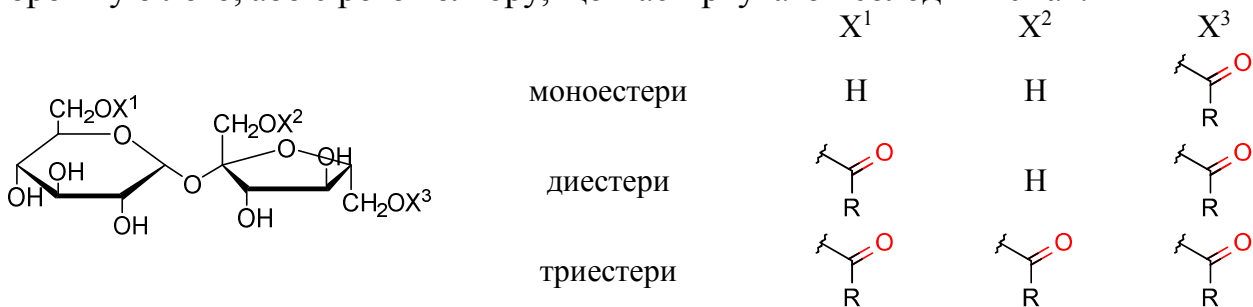
Естери полігліцерину є нейногенними ПАР і виявляють як гідрофільні, так і ліпофільні властивості (значення ГЛБ від 5 до 13), які залежать від ступеня полімеризації (зазвичай, $n = 1, 2, 3$ або 4).

Естери полігліцеридів та жирних кислот використовують у харчовій промисловості, емульгатори, піногасники, замутнювачі, при виробництві емульгованих жирів та інших засобів, що використовуються при випіканні здоби; маргаринів, напівжирних маргаринів, майонезів, рідких сумішей для морозива та жирових емульсій; готових страв та пряних соусів, готових приправ; жирів для смаження, столових жирів, масел, антиспіноувачів; ароматизаторів та основ напоїв; жувальних гумок та цукерок; біологічно активних добавок тощо.

Естери полігліцеридів розщеплюються в організмі людини ферментом ліпазою до вільних полігліцеридів, які виводяться нирками.

Ефіри полігліцеридів не є алергенами і не завдають негативного впливу на організм людини, не мають токсичної дії і не викликають подразнення шкірних покривів. Обмежено використовують при виробництві дитячого харчування. Людям, які мають захворювання кишкового відділу, до вживання продуктів з добавкою E475 слід ставитись з обережністю. У виробництві дієтичного харчування добавка використовується як речовина, що сприяє оптимізувати обмінні процеси.

Естери сахарози (E473, E-473, естери сахарози та жирних кислот, Potassium alginate) – суміш моно-, ди- і триестерів сахарози з природними вищими жирними кислотами – стабілізатори, зберігають в'язкість і покращують консистенцію харчових продуктів. Використовують як емульгатори, засоби для обробки борошна та для виробництва харчових покриттів. Добавка має структуру гелю, м'яких шматочків або порошку білого, або сірого кольору, що має гіркувато - солодкий смак.



Отримують естери шляхом переестерифікації метилових або етилових естерами жирних кислот і сахарози в середовищі органічного розчинника (диметилсульфоксиду або диметилформаміду). Отримані естери екстрагують етилацетатом, ізопропанолом, ізобутанолом, метилетилкетонем або диметилформамідом. Залишковий вміст диметилсульфоксиду або диметилформаміду в харчовій добавці не повинен перевищувати 1 і 2 мг/кг відповідно.

Загальний вміст естерів повинен бути не менше 80% при вмісті сахарози не більше 5%. Харчова добавка E473 – нейногенний емульгатор, характеризується різною гідрофільністю, яка залежить від вмісту моноестеру:

Вміст моноестеру	70	60	50	40	30	10
Значення ГЛБ	15	13	11	8	6	2

До складу харчової добавки E-473 входять цукор і жир або жирні кислоти, проте складність їх отримання не дозволяє вважати естери ідеальними емульгуючими агентами. Добавка важко розчиняється у воді, а її переробка вимагає обов'язкового розчинення в спирті або в гліколі.

Естери належать до емульгаторів системи олія-вода. На відміну від моноестерів, триестери не розчинні ні в жирах, ні у воді, проте ефективні у складі покращувачів для виготовлення хлібобулочних виробів.

Застосовують при виробництві: вершків, молочних напоїв, морозива, фруктових наповнювачів; десертів, кондитерських виробів, мусів, кремів; дієтичних продуктів, продуктів для зниження ваги; хлібобулочних та борошняних виробів, кексів; порошків для приготування напоїв, соусів; поверхневих обробок для фруктів.

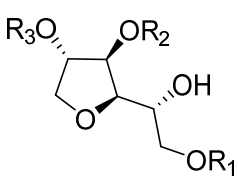
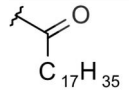
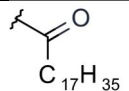
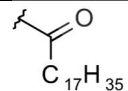
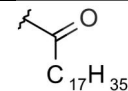
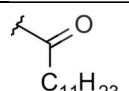
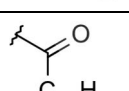
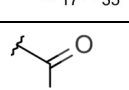
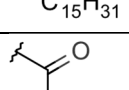
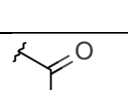
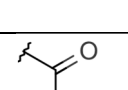
В організмі людини E473 розщеплюється за допомогою ферментів на цукор та жирні кислоти. Естери сахарози та жирних кислот не є алергенами і не завдають негативного впливу на організм людини.

Естери сорбітану (E491-E496) – естери шестиатомного спирту сорбіту в ангідроформі (ангідросорбіту) з природними вищими жирними кислотами – лауриноюю,

пальмітиною, стеариною, олеїною. Естери ангідрсорбіту і жирних кислот (табл. 3.11) мають назву сорбітан (спани або спени). Статус харчових добавок мають шість сорбітанів.

Таблиця 3.11

Харчові сорбітани

Код	Назва		R ₁	R ₂	R ₃
E491	Сорбітанмоностеарат (СПЕН 60, Sorbitan monostearate)			H	H
E492	Сорбітантристеарат (СПЕН 65, Sorbitan tristearate)				
E493	Сорбітанмонолаурат (СПЕН 20, Sorbitan monolaurate)			H	H
E494*	Сорбітанмоноолеат (СПЕН 80, Sorbitan monooleate)			H	H
E495*	Сорбітанмонопальмітат (СПЕН 40, Sorbitan monopalmitate)			H	H
E496*	Сорбітантриолеат (СПЕН 85, Sorbitan trioleat)				

* заборонена до застосування в Україні

Добавки цієї підгрупи є ліпофільними нейногенними емульгаторами. ГЛБ для сорбітанмоностеарату лежить в інтервалі 3-6.

Спени являють собою порошок, або в'язку маслянисту або воскоподібну речовину від кремового до жовтувато-коричневого кольору. Мають слабкий характерний запах. Естери сорбітану розчинні у теплих спиртах та рідких вуглеводнях (ацетоні, толуолі, ефірах), утворюють дисперсію в жирах та оліях. Практично нерозчинні у холодній воді, теплій воді утворюють дисперсію.

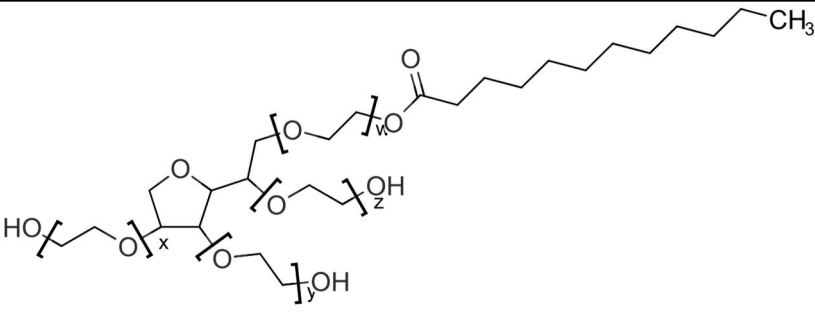
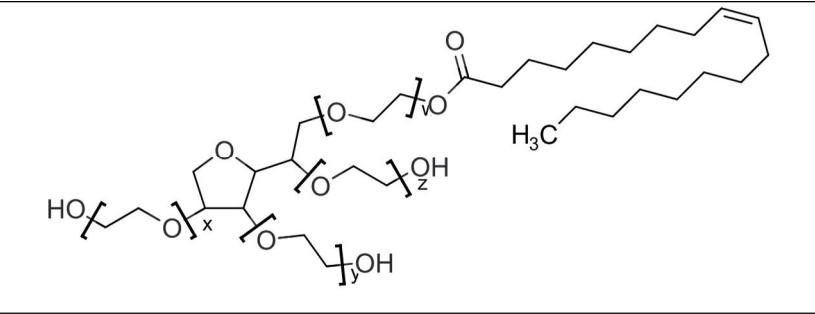
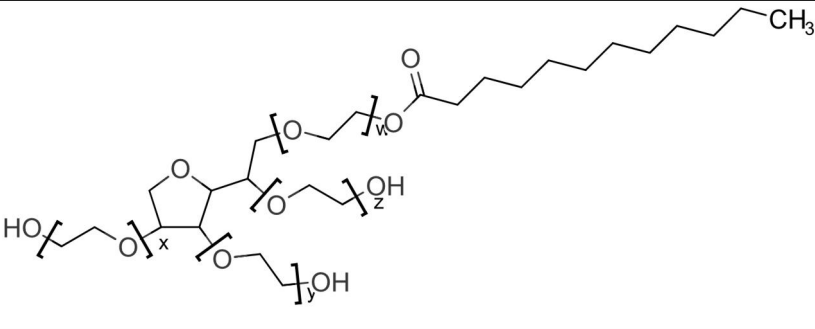
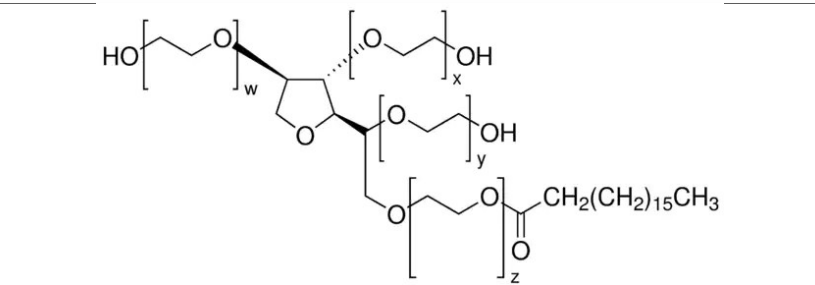
Отримують естери етерифікацією сорбіту вищими жирними кислотами. При утворенні допустимі домішки – вільні сорбітани, вільні жирні кислоти та їх солі. Деякі естери можуть бути виділені із продуктів тваринного походження.

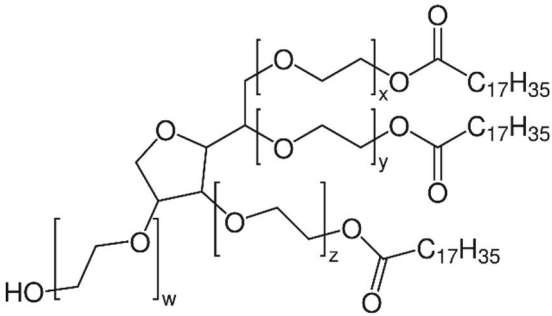
Основні галузі використання – виробництво борошняних кондитерських виробів, вершків для кави, сухих дріжджів. Застосовують як емульгатор при виробництві здобних виробів, напоїв, соусів; при виготовленні хлібобулочних виробів, шоколадних цукерок; додають у хлібопекарські дріжджі та біологічно-активні добавки окремо або в суміші з іншими сорбітанами; як стабілізатор консистенції, загусник, текстуратор, сполучний агент у рідкі концентрати чаю, фруктові та трав'яні відвари, морозиво, що містить рослинний жир, і фруктовий лід; при виготовленні заміників молока та вершків, кондитерських виробів, жувальної гумки, глазури та начинок; як модифікатор кристалів жиру при виробництві маргаринів; використовують як піногасник, глазурувальник для фруктів і як носій-наповнювач при виготовленні харчових барвників; додають у біологічно-активні добавки.

В організмі людини естери сорбітану розпадається на сорбіт та вищі жирні кислоти, які повністю засвоюються. Не викликають небезпеки при попаданні на шкіру

або слизову оболонку шлунка, мають слабку подразнюючу дію. Надмірне вживання може призвести до фіброзу, затримки росту та збільшення печінки.

Естери поліоксietиленсорбітану (E432-E436) – оксietильовані сорбітани – естери ангідрсорбіту з жирними кислотами, в молекулах яких вільні гідроксильні групи повністю або частково заміщено групами $O-[CH_2-CH_2-O]_n-H$. Естери поліоксietиленсорбітану – стабілізатори, які застосовують для збереження в'язкості та консистенції харчових продуктів та поліпшення їх властивостей. Мають структуру воску, гелю або масляної рідини лимонного кольору зі слабким гіркуватим присмаком та характерним запахом. Комерційні препарати добавок цієї групи мають назву полісорбати або твіни. У перелік добавок, дозволених до застосування у виробництві харчових продуктів, включені 5 полісорбатів.

E432	Поліоксietиленсорбітан монолаурат Polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate	
E433	Поліоксietиленсорбітан моноолеат Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate (polysorbate 80)	
E434	Поліоксietилен сорбітан монопальмітат Polyoxyethylene (20) sorbitan monopalmitate (polysorbate 40)	
E435	Поліоксietилен сорбітан моностеарат Polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate (polysorbate 60)	

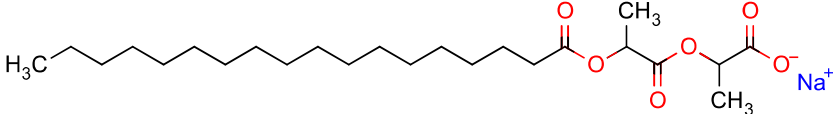
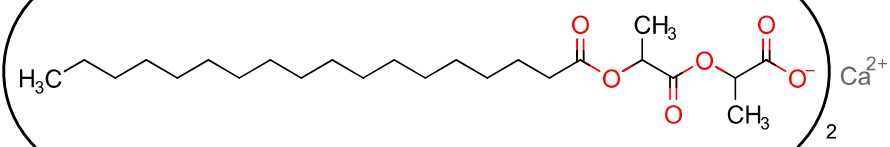
E436	Поліоксіетилен сорбітан тристеарат Polyoxyethylene (20) sorbitan tristearate (polysorbate 65)	
------	---	--

Отримують естери поліоксиетиленсорбітану взаємодією оксиду етилену з естерами ангідрсорбіту і жирних кислот в середовищі 1,4-діоксану. У процесі отримання утворюються допустимі домішки: лауринова кислота вільна, розчинники і поліоксиетилені.

Конденсація оксиетиленових ланцюгів надає еестерам кислот і сорбітану підвищену термостійкість і стійкість до гідролізу, а також високі показники змочуваності та водорозчинності. Етоксилування молекул сорбітану призводить до підвищення гідрофільності ПАР, яка залежить від числа залишків вищих жирних кислот. ГЛБ для полісорбату 60 становить 14,4, а для полісорбату 65 – 10-11.

Основні галузі застосування – морозиво, вершки для кави, заморожені десерти, кекси та інші кондитерські вироби. Поліоксиетиленсорбітани застосовують у харчовій промисловості як емульгатори, диспергуючі агенти, а також як піноутворювач (у продуктах, з високою кислотністю, – як піноутворювач, а в жирах як агент, що перешкоджає спінуванню). Основні галузі використання добавки - виробництво жирів та маргаринів, додавання до жирів для випічки (покрощує якість хлібобулочних виробів), виробництво вершків, морозива, кексів тощо.

Естери молочної кислоти (лактилати, E481 і E482) – похідні молочної кислоти з стеариною або олеїною кислотами у вигляді їх Na^+ або Ca^{2+} солей.

E481	Лактилати натрію Sodium stearoyl-2-lactylate	
E482	Лактилати кальцію Calcium stearoyl-2-lactylate	

Лактилати – емульгатори, піноутворювачі та стабілізатори, здатні зберігати та покращувати в'язкість та консистенцію харчових продуктів. Мають структуру твердого білого воску, маслянистої речовини або м'якого воску світло-жовтого кольору з легким мильним присмаком і запахом. Стеароїллактати натрію і кальцію належать до групи аніоноактивних ПАР з негативним зарядом на поверхнево-активній частині молекули. Значення ГЛБ для стеароїллактату натрію становить 10-12, для кальцієвої солі – 5-6.

Добавки E-481 і E482 є комбінацією молочної та стеаринової кислот. Джерелом стеаринової кислоти є рослинні олії, хоча на практиці часто використовуються і тваринні жири. Отримують добавку шляхом естерифікації гідроксильних груп молочної

кислоти з жирними кислотами з подальшою нейтралізацією натрій або кальцій гідроксидом вільних карбоксильних груп в молекулах синтезованих естерів. Допустимі домішки: молочна і полімолочна, жирні кислоти та їх солі.

Застосовують у харчовій промисловості при виготовленні: жирових та масляних емульсій; спиртних напоїв певної міцності, лікерів; хлібобулочних та кондитерських виробів, кондитерських борошняних виробів; сухих сніданків, рису швидкого приготування, десертів; м'ясних консервів; порошків для приготування гарячих напоїв; гірчиці; біологічно активних продуктів для зниження ваги.

Додавання стеароїллактатів натрію і кальцію дозволяє якісно покращувати переробку сировини. Завдяки цьому покращуються якості збивання тіста, морозива, десертів, маргарину. Добавки застосовують при виробництві сухих вершків для кави та соусів.

E481 та E482 не є токсичними та не викликають алергічних реакцій. У виробництві дієтичного та дитячого харчування добавки використовують лише за дотримання технологічних умов.

4.5. Ароматичні та харчові добавки

До цієї групи харчових добавок належать: підсилювачі смаку та аромату (flavor enhancers, flavor potentiators, taste enhancers, flavor modulators); інтенсивні підсолоджувачі (intense sweeteners, high intensity sweeteners, low-calorie sweeteners); цукрозамінники (bulk sweeteners sugar substitutes); регулятори кислотності (acidulants, acids); солоні речовини (substances with a salty taste).

Кожному харчовому продукту притаманні індивідуальні, характерні лише йому смак і аромат. У їх формуванні приймають участь сотні сполук, що гармонують одна з одною та утворюються в процесі росту рослин (ефірні олії), під дією мікроорганізмів або ферментів (квашена капуста, сири, кисломолочні продукти), за умови приготуванні їжі (смаження, випічка) тощо. З продуктів харчування виділено понад 5000 різних аромато- та смакоутворювальних речовин: вуглеводнів, гетероциклічних та карбонільних сполук, спиртів, кислот, етерів та естерів тощо. Кількість аромато- та смакоутворюючих речовин носить індивідуальний характер і залежить від харчової сировини. Наприклад, у винах їх – ~400, у яблуках – ~200, у цитрусових – понад 300 тощо. Незважаючи на таку різноманітність ароматичних компонентів, їх сумарний вміст у продукті може становити тисячні частки від його маси. Зазвичай частина цих сполук – фізіологічно невідчутні супутні речовини.

Загально відомо, що одна або кілька сполук визначають основний аромат харчової сировини, а решта – його нюанси. Наприклад, виноград містить 300 ароматоутворюючих речовин, проте специфічний аромат винограду сорту Мускат залежить лише від 17 хімічних сполук; аромат лимону залежить від наявності цитралю; малини - *n*-гідроксифеніл-3-бутанон; яблук – етил-2-метил-бутират; часнику - аллілдисульфід; ванілі – 4-окси-3-метоксибензальдеїд (ванілін); гіркою мигдалю – бензальдегід; банана – ізоамілацетат; анісу – анетол тощо.

Характерний аромат кондитерським виробам надає не лише сировина (какао-боби, мигдаль, горіхи, смажена кава, ваніль, молочні продукти, фрукти, ягоди, вина тощо), а і спеціальні ароматизуючі добавки (індивідуальні речовини, наприклад, ванілін або спеціальні ароматичні композиції).

При оцінці харчових продуктів особливу увагу споживач приділяє їх смаку та аромату, які залежать не лише від харчових добавок, а також від взаємодії сполук, які містить сировина, у ході технологічного процесу обробки сировини.

Смак і аромат продуктів харчування визначаються факторами, а саме:

1. Складом сировини, наявністю в ній смакоароматичних компонентів.
2. Смаковими речовинами, які вносять у харчові системи під час технологічного процесу: підсолоджувачі, ефірні олії, запашні речовини, ароматизатори, прянощі, кухонна сіль, харчові кислоти, підсилювачі смаку та аромату тощо.
3. Речовини, які визначають смак і аромат готових харчових виробів та є результатом хімічних, біохімічних і мікробіологічних процесів, які відбувається при отриманні харчових продуктів.
4. Добавки, які вносяться до готових виробів (сіль, підсолоджувачі, спеції, соуси тощо).

4.5.1. Підсолоджуючі речовини

Першими підсолоджувачами, які почала використовувати людина, були мед, соки та плоди рослин. Можливо, схильність до солодкого смаку виробилися у людини в процесі еволюції, оскільки солодкий смак типовий для багатьох стиглих плодів рослин (дозрівання фруктів супроводжується зниженням кислотності, що маскує солодкий смак).

У харчовій промисловості, кулінарії, під час приготування їжі широко застосовують речовини, які мають солодкий смак, – підсолоджуючі речовини (підсолоджувачі). До цього класу харчових добавок (функціональний клас 22) відносять речовини нецукрової природи, які надають харчовим продуктам солодкого смаку, однак на практиці в цю групу часто включають всі солодкі добавки (інгредієнти).

Існують різні їх класифікації: за походженням (натуральні та штучні), калорійністю (висококалорійні, низькокалорійні, практично некалорійні), ступенем солодкості (підсолоджувачі з високим або низьким цукровим еквівалентом), за хімічним складом тощо.

Розрізняють замінники цукру та інтенсивні підсолоджувачі. Перші мають солодкість близьку до солодкості цукру і тому виконують у продукті роль солодкої речовини і наповнювача. Інтенсивні підсолоджувачі, речовини нецукрової природи, що застосовують для надання продукту солодкого смаку, в десятки, сотні і навіть тисячі разів солодші за цукор, тому їх застосовують у виключно у малих дозах, а для компенсації втрат у масі (при заміні цукру на підсолоджувач) використовують воду (у напоях), молоко (у молочних продуктах) та інші дешеві наповнювачі. Підсолоджувачі не несуть енергетичного навантаження, не вимагають для засвоєння інсуліну, не викликають карієсу і придатні для виробництва низькокалорійних та діабетичних продуктів харчування.

Профіль смаку підсолоджувачів не завжди збігається з профілем смаку цукру: солодкість може наступати пізніше або раніше, зберігатися довше або відразу зникати, бути сильнішим або слабшим за цукор, мати гіркуватий, солоний та інші присмаки. Тому для наближення профілю солодкості в реальних продуктах зазвичай використовують суміші підсолоджувачів. Крім того, при змішуванні підсолоджувачі часто виявляють синергізм – взаємне посилення солодкості, що дозволяє досягати їх

економії. Дозування підсолоджувачів розраховують, виходячи із орієнтовного коефіцієнта солодкості, а потім корегують за результатами дегустації.

Орієнтовний коефіцієнт солодкості – відносна величина, яка показує, у скільки разів менше необхідно використати підсолоджувача, ніж сахарози, для приготування розчину, еквівалентного солодкості 9% розчину сахарози. Основні підсолоджувачі мають такі орієнтовні $K_{сл}$: ацесульфам К – 200; аспартам – 200; цикламова кислота та її солі – 30; сахарин та його солі – 500; сукралоза – 600; неогесперидин дигідрохалкон – 800–2000. Коефіцієнт солодкості підсолоджувачів не є сталою величиною і може змінюватися в широких межах. Вона залежить від концентрації підсолоджувача, кислотності харчового продукту, присутності інших смакових речовин, особливо солодких.

При виборі підсолоджувача для продуктів із тривалим (кілька років) терміном придатності, звертають увагу на його стабільність при зберіганні. Як правило, при тривалому зберіганні підсолоджувачі повільно розкладаються на складові, які є нешкідливими для людини, але несолодкі.

У харчових продуктах, у яких технологічні функції цукру важливіші за його солодкість, рекомендують цукор замінювати не на підсолоджувачі, а на замінники цукру.

У харчовій промисловості підсолоджувачі застосовують при виробництві напоїв, жувальної гумки, соусів, консервування фруктів та овочів, молочної, хлібобулочної, кондитерської продукції, підсолоджувачів для продажу населенню.

4.5.2. Цукристі крохмалепродукти

У харчовій промисловості зростає виробництво і споживання цукрих крохмальовмісних продуктів, які одержані частковим або повним гідролізом крохмалю, з подальшою можливою модифікацією окремих продуктів гідролізу. До першої групи класичних підсолоджувачів належать *крохмальні патоки* (мальтодекстрини, низькооцукрені, карамельні, високооцукрені, мальтозні, глюкозо-мальтозні тощо). Продуктами повного гідролізу крохмалю, з можливою подальшою їх модифікацією, є моногідрат і ангідридна глюкоза, фруктоза, глюкозні, глюкозно-фруктозні сиропи із різним вмістом фруктози.

Останнім часом набули поширення цукристі речовини зернового походження, без виділення крохмалю (зернові сиропи, солодкі вуглеводневі добавки тощо).

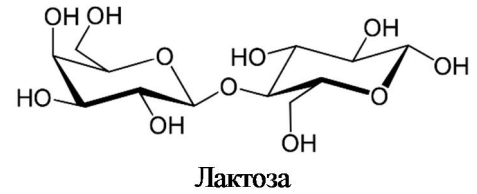
Збільшення виробництва цукрих крохмальовмісних продуктів (наприклад, глюкозно-фруктозні сиропи), пов'язане з їх солодким смаком, легкою засвоюваністю та суттєвою економічною вигодою. Крім основної функції підсолоджувача, вони паралельно є структуроутворювачами, наповнювачами, джерелом сухих речовин, а в деяких випадках – і консервантами.

Мед – продукт переробки квіткового нектару бджолами і містить: понад 75% моно- та дисахаридів (~40% фруктози, 35% глюкози і 2% сахарози) і 5,5% крохмалю; вітаміни (мг на 100 г): С – 2,0; В₆ – 0,1; фолацин – 0,015; в малих дозах – В₁ і В₂; мікроелементи (мкг): ферум – 800; йод – 2,0; флуор – 100 тощо; органічні кислоти – 1,2%. Склад, колір, аромат меду визначається нектаром рослин, з яких його було зібрано. Використовують його в кондитерській і хлібопекарській промисловості, при виготовленні напоїв, безпосередньо вживають в їжу.

Солодовий екстракт – водний екстракт з ячмінного солоду, що містить моно- і олігосахариди (глюкозу, фруктозу, мальтозу, сахарозу (~5%) тощо), білки, мінеральні компоненти, ферменти. Використовують у кондитерській промисловості, для приготування продуктів дитячого харчування.

Лактоза (лат. *lactis* – молоко) або **молочний цукор** – вуглевод групи дисахаридів, який складається із залишків глюкози і галактози і має відновні властивості. Використовують при виробництві дитячого харчування, спеціальних кондитерських виробів.

Важливу роль відіграє у виробництві молочних продуктів. Під дією різних мікроорганізмів, що вводять у молоко (як закваски та їх ферменти), молочний цукор зброджується, з утворенням, залежно від виду бактерій, молочну, масляну чи лимонну кислоти, спирт, CO₂ тощо. З лактози отримують лактулозу – препарат для лікування кишкових розладів.



4.5.3. Цукрозамінники та підсолоджувачі

Останнім часом, з урахуванням вимог нутриціології, зростає тенденція використання цукрозамінників не лише у виробництві дієтичних харчових продуктів і напоїв, що призвело до розширення асортименту замінників сахарози, як природніх (в нативному або модифікованому вигляді), так і синтетичних (з урахуванням синтетичних інтенсивних підсолоджувачів). Так, у США понад 60% харчових продуктів, що раніше виготовляли з додаванням цукру, тепер містять замінники цукру. Популярність замінників цукру з високим цукрозним еквівалентом пояснюється економічною вигодою і простотою застосування. Оскільки замінники не містять глюкозидний фрагмент, то їх успішно використовують у процесі виробництва продуктів харчування і замінників цукру для діабетиків. Високий коефіцієнт солодкості ($K_{сл}$) дозволяє виробляти низькокалорійні, дешеві дієтичні продукти, повністю або частково позбавлені легкозасвоюваних вуглеводів.

Порівняльна оцінка груп підсолоджувачів за енергетичним рівнем та коефіцієнтом солодкості приведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Порівнювальна оцінка окремих замінників цукру і підсолоджувачів

Показники	Цукор	Підсолоджувачі	Поліоли	Фруктоза
Енергетичний рівень, ккал/г	4,0	Практично безкалорійні	2,4	4,0
Коефіцієнт солодкості	1,0	30-3500	0,5-0,7	1,2
Вплив на рівень інсуліну	Сильний	Не впливають	Слабкий	Слабкий
Вплив на травну систему	Нейтральний	Не впливають	Можлива послаблююча дія	Нейтральний
Вплив на здоров'я зубів	Може викликати карієс	Не впливають	Не впливають	Може викликати карієс

Згідно даних таблиці, поліоли та підсолоджувачі за своїми характеристиками суттєво відрізняються від сахарози.

В Україні дозволено до використання у харчовій промисловості 12 інтенсивних підсолоджувачів і замінників цукру, а також стевія (порошок листя і сироп з них) – препарат рослинного походження (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Підсолоджуючі речовини (підсолоджувачі)

Код	Назва	Технологічні функції
E420	Сорбіт	Підсолоджувач, вологоутримуючий агент
E950	Ацесульфам калію	Підсолоджувач
E951	Аспартам	Підсолоджувач, підсилювач смаку і аромату
E952	Цикломова кислота і її натрієва, калієва і кальцієва солі	Підсолоджувач
E953	Ізомальтит	Підсолоджувач, добавка, що попереджує злипання і комкування, наповнювач, глазуруючий агент
E954	Сахарин і його Na ⁺ , K ⁺ і Ca ²⁺ солі	Підсолоджувач
E955	Сукралоза	Підсолоджувач
E957	Тауматин	Підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату
E958	Гліциризин	Підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату
E959	Неогесперидин - дигідрохалкон	Підсолоджувач
E965	Мальтит і мальтитний сироп	Підсолоджувач, стабілізатор, емульгатор
E966	Лактат	Підсолоджувач, текстуратор
E967	Ксиліт	Підсолоджувач, вологоутримуючий агент, стабілізатор, емульгатор

У той же час, виключення сахарози з рецептур борошняних кондитерських виробів в технологічному відношенні є складним завданням, оскільки сахароза є не лише підсолоджувачем, а й впливає на структурно-механічні властивості тіста, є пластифікатором: обмежує набухання білків борошна, впливає на органолептичні показники готової продукції та терміни її зберігання.

Підсолоджувачі – група адитивів, які використовують з метою надання солодкого смаку продуктам харчування. На відміну від натуральної цукрози, замінники за своєю дією в організмі не так швидко, не створюють перевантажень для підшлункової залози, у помірних кількостях не призводять до різкого підвищення рівня глюкози в крові. Фізіологічна теплотворна здатність підсолоджувачів в порівнянні з цукром або дуже низька або відсутня. Підсолоджувачі бувають натуральні, синтетичні та штучні. Серед природних, відмітимо групу білоквмісних підсолоджувачів (міракулін, монелін, тауматин, пентадин, мабінлін і браззеїн) через їх високу солодкість, низьку калорійність і можливу безпеку.

Міракулін – модифікатор смаку, глікопротеїн, містить 373 залишки 18 амінокислот; вуглеводний компонент містить залишки глюкозаміну (31%), фруктози (22%), галактози (7%), ксилози (10%), інших моноз (30%). Належить до родини інгібіторів протеази Kunitz STI. Міракулін – тетрамер, що складається з двох димерів, зв'язаних між собою дисульфідним містком. Одержують із плодів *Richazdella dulcifica*.

Міракулін не є солодким сам по собі, але може змінити сприйняття кислоти на солодкість навіть протягом тривалого періоду після споживання. Коли смакові рецептори піддаються дії міракуліну, білок зв'язується з рецепторами. Це призводить до



Димерний міракуліновий білок з насіння *Murraya koenigii*.

того, що кисла їжа, така як citrusові, сприймається як солодка. Ефект триває близько години. Тривалість та інтенсивність ефекту зміни солодкості залежить від різних факторів, таких як концентрація, тривалість контакту з язиком та концентрація кислоти. Міракулін остаточно розкладається шляхом денатурації при високих температурах, при рН нижче 3 або вище 12.

Оскільки міракулін є легкорозчинним білком і відносно термостабільним, він є потенційним підсолоджувачем кислої їжі (наприклад, безалкогольних напоїв). У той час як спроби виявити його в дріжджах і рослинах тютюну зазнали невдачі, дослідникам вдалося виготовити генетично модифіковані бактерії кишкової палички, салату і помідорів, які експресують міракулін.

Монелін – гідрофільний білок, побудований з двох поліпептидних ланцюгів, які містять 50 або 44 залишки амінокислот відповідно. Джерело – ягода *Dioscoreophyllum cumminsii*. У 1500-3000 разів солодший за сахарозу. Стабільний за рН 2-9. Під час нагрівання, особливо за інших значень рН, – термолабільний, втрачає солодкий смак. Нагрівання понад 50 °С при низькому рН денатурує білки з втратою солодкості.

Монеллін має повільний початок солодкості та тривалий післясмак. Солодкість монеліну залежить від рН; білок не солодкий нижче рН 2 і вище рН 9. Змішування солодкого протеїну з масовими та/або інтенсивними підсолоджувачами зменшує стійку солодкість і демонструє синергетичний солодкий ефект. Однак він може мати обмежене застосування, оскільки денатурує за умов високої температури, що робить його непридатним для обробленої їжі. Може бути актуальним як неуглеводневий підсолоджувач для діабетиків.



Кристалічна структура одноланцюгового білка монеліну

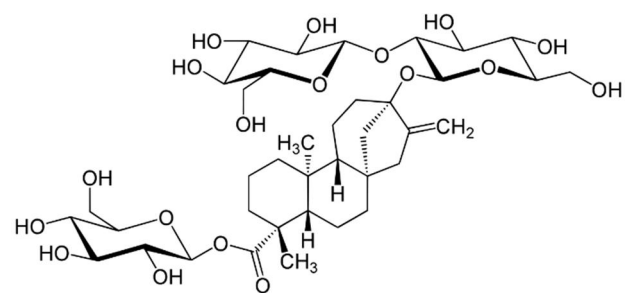
Тауматин (E957, талін, *thaumatin*) – низькокалорійний підсолоджувач і модифікатор смаку (підсилювач смаку та аромату). Білковий продукт, виділений з плодів *Thaumatococcus danielli*. Солодша за сахарозу в 1600-2500 разів. Незважаючи на те, що він дуже солодкий, смак тауматину помітно відрізняється від смаку цукру. Солодкість тауматину наростає дуже повільно. Сприяття триває тривалий час, залишаючи лакричний присмак у високих концентраціях. Добре розчиняється у воді, стійкий до нагрівання та стабільний у кислих умовах.



Тауматин

Визначальним фактором солодкості є четвертинна структура білка. Вплив температури на ступінь солодкості неоднозначна і залежить від рН середовища, наявності солей і кисню. Вплив на ступінь солодкості має присутність в молекулі тауматину йонів Al^{3+} . Йонний аддукт тауматин-алюміній має солодкість, яка в 3500 разів перевищує солодкість сахарози ($K_{сл} 3500$). Під час використання тауматину для випічки та смаження його солодкість слабшає.

Стевіозид – глікозиди, що виділяють з листя рослини *Stevia rebaudiana*, а також основні інгредієнти (або прекурсори) багатьох підсолоджувачів, що продаються під загальною назвою *stevia* та кількома торговими

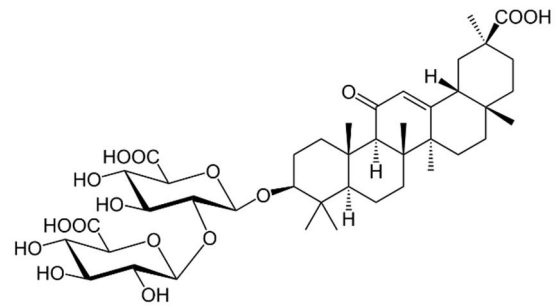


Стевіозид

назвами. Вони також зустрічаються в споріднених видах *S. phlebophylla* (але не в інших видах *Stevia*) і в *Rubus chingii*. Добре розчинний у воді, $K_{сл}$ 300. Термолабільний. Невеликі кількості викликають відчуття приємного солодкого смаку, у великих кількостях має гіркий смак. Глікозиди стевіолу з *Stevia rebaudiana* в 30-320 разів солодші за сахарозу, хоча в літературі існують розбіжності щодо цих даних. Термостійкі, рН стабільні та не бродять.

Стевіол глікозиди не викликають глікемічної відповіді при прийомі, оскільки люди не можуть метаболізувати стевію. Створені технології отримання борошняних кондитерських виробів, мармеладу, желейних і збивних цукерок з використанням листа, стебла стевії.

Гліциризин (E958, лакриця, гліциризинова кислота, Glycyrrhizin) – підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату, головний компонент кореня *Glycyrrhiza glabra* (солодки). Корінь містить гліциризин (6-14%), крохмаль, цукор, білок, флавоноїди, солі. Основний солодкий компонент – гліциризинова кислота – глікозид тритерпенгліцетинової кислоти, зв'язаний з O- β -D-глюкуронозил-(1,2)- β -D-глюкуроновою кислотою. Гліциризин – безбарвна кристалічна речовина, нерозчинна у холодній, але розчинна в гарячій воді, етанолі. За структурою це сапонін, який використовують як емульгатор і гелеутворювач.



Гліциризин

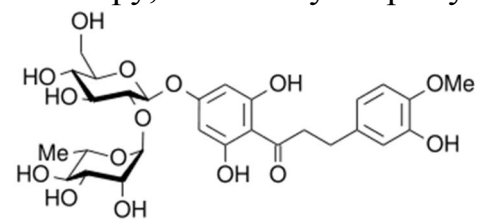
Гліциризин – безбарвна кристалічна речовина, нерозчинна у холодній, але розчинна в гарячій воді, етанолі. За структурою це сапонін, який використовують як емульгатор і гелеутворювач.

Гліциризин отримують у вигляді екстракту з кореня солодки після мацерації та кип'ятіння у воді. Виділяється після обробки етиловим спиртом або оцтовою кислотою у вигляді гліциризинової кислоти, калієвих або амонієвих солей. Екстракт солодки (гліциризин) продається у вигляді рідини, пасти або порошку.

Схвалений для використання як підсолоджувач (в 50-100 разів солодший за сахарозу, але не має яскраво вираженого солодкого смаку, має специфічний присмак і тривалий післясмак («лакричний смак») та запах) і ароматизатор у промислових продуктах харчування, напоях, цукерках, дієтичних добавках і приправах. У присутності сахарози проявляє синергетичний ефект. Екстракти з коренів солодки застосовують в кондитерській та тютюновій промисловості.

Найбільш поширеним побічним ефектом використання гліциризину, через вживання чорної солодки, є зниження рівня калію в крові, що може вплинути на баланс рідини в організмі та функцію нервової системи. Хронічне споживання чорної солодки, навіть у помірних кількостях, може спричинити нерегулярний серцевий ритм. У крайніх випадках, в результаті надмірного споживання, може наступити смерть.

Неогесперидин дигідрохалкон (E959, E-959, неогесперидин, цитроза neohesperidin dihydrochalcon, NHDC) – порошок білого кольору, без запаху. Отримують модифікацією нарингіну шкірки грейпфрутів. Обмежено розчинний у воді, добре – у спирті, не розчинний у жирних розчинниках. Високий ступінь солодкості ($K_{сл}$ 1800-2500) дозволяє використовувати його в малих дозах. При застосуванні з іншими підсолоджувачами його $K_{сл}$ зростає. Речовина має присмак,



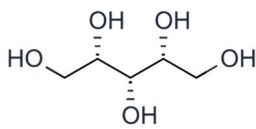
Неогесперидин дигідрохалкон

який можна порівняти з ментолом. Не токсичний і рекомендується для застосування в суміші з іншими підсолоджувачами.

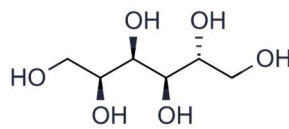
У харчовій промисловості неогесперидин дигідрохалкон використовують для надання солодкості низькокалорійним продуктам і продуктам для діабетиків. Входить до складу жувальної гумки, жирової бутербродної емульсії, м'ясних продуктів, мармеладу, фруктового желе, низькокалорійного пива, безалкогольних напоїв, соків, молочних продуктів, консервів з риби та морепродуктів (моллюсків, ракоподібних), слабоалкогольних напоїв, десертів. Крім того, міститься в лікєро-горілчаній продукції, сумішах алкогольних напоїв на основі пива, вина та сидру з безалкогольними напоями. Входить до складу сухих сніданків, супів швидкого приготування, низькокалорійних кондитерських виробів, морозива, фруктового льоду, вафель, гірчиці, соусів. У фармацевтиці використовують при виготовленні сиропів, жувальних таблеток, комплексів вітамінів та мінералів, драже.

В організмі людини швидко всмоктується, її ланцюжок глікозидний відщеплюється і виводиться з організму. Неогесперидин дигідрохалкон вважається нешкідливою харчовою добавкою природного походження.

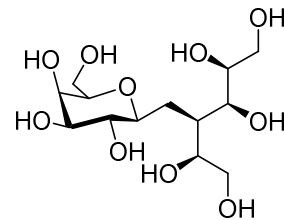
Цукрозамінники. Багатоатомні спирти (поліоли) належать до групи цукрозамінників. Серед них застосування як підсолоджувачі мають: *ксиліт* (E967), *сорбіт* (E420) і *лактит* (E966). Їх іноді називають цукровими спиртами:



E967



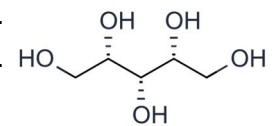
E420



E966

Солодкість ксиліту і сорбіту в порівнянні з сахарозою 0,85 і 0,6 відповідно. Вони практично повністю засвоюються організмом.

Ксиліт (E967, E-967, ксилітол, xylitol) – багатоатомний спирт, неактивний оптичний ізомер – кристалічний білий порошок, з невлотимим запахом і вираженим солодким смаком, за інтенсивністю приблизно рівного цукру. Залишає характерний холодок на язиці. Добре розчиняється у воді, посередньо в оцтовій кислоті, гліколях, піридині, не розчиняється у жирних розчинниках. Стійкий до нагрівання і дії кислот. Ксиліт застосовують як підсолоджувач, стабілізатор, вологоутримуючий агент, емульгатор.



Ксиліт

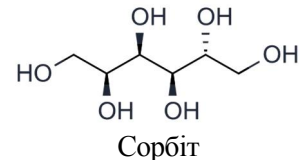
У природі ксиліт міститься у фруктах, овочах, ксилані деревини берези, качанах кукурудзи, соняшниковому лушпинні, лушпинні бавовни. Отримують з відходів сільськогосподарської діяльності відновлення ксилози під тиском. Незважаючи на те, що калорійність ксиліту близька до цукру, а солодкість співвідносна із сахарозою, біологічна цінність його дуже низька (не впливає на рівень глюкози крові). Тому, добавка є популярним цукрозамінником для діабетиків і людей, які страждають на ожиріння.

У харчовій промисловості ксиліт застосовують при виготовленні низькокалорійної та продукції зі зниженим вмістом цукру: десертів на основі молочних продуктів, фруктів та овочів, зерновмісних продуктів, сухих сніданків, фруктового льоду, моро-

зива, мармеладу, джему, желе, покритих глазур'ю фруктів, цукерок, карамелі, шоколаду, сухофруктів, здоби, борошняних кондитерських виробів, жувальної гумки, гірчиці, соусів, м'ясних і ковбасних виробів, майонезу.

Вважається, що харчова добавка E967 є безпечною та інсулінозалежною речовиною; перешкоджає утворенню карієсу. Надмірне вживання цукрозамінника (разово більше 20 г) призводить до здуття живота, метеоризму, проносу.

Сорбіт (E420, E-420, Сорбітовий сироп, Sorbitol) – шестиатомний спирт – біла кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Замінник цукру, значно солодший від останнього і має меншу калорійність. Сорбітовий сироп – стабілізатор, подібний пектину, зберігає в'язкість та консистенцію харчових продуктів; застосовують як вологоутримуючий агент, емульгатор та підсолоджувач, структуроутворювач та текстуратор.

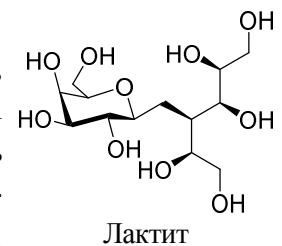


Повільне всмоктування його в кишечнику сприяє зростанню бактерій, що синтезують вітаміни групи В, завдяки чому здатний зменшити в організмі дефіцит вітамінів цієї групи - тіаміну, піридоксину, біотину.

Добавку E-420 застосовують у кондитерському виробництві для виготовлення виробів для дієтичного харчування. Сорбіт використовується як заміник цукру для людей хворих на діабет, а також при приготуванні джемів та цукерок. Застосовують як утримуючий вологу агент, у м'ясопереробному виробництві; структуроутворюючий агент – покращує консистенцію продукту; емульгатор –сприяє змішуванню продуктів; стабілізатор – зберігає форму і текстуру продуктів.

При великих дозах вживання сорбіту може проявлятися дискомфорт у ШКТ та метеоризм. Небезпечною є доза, що перевищує 50 г/доба. Не є алергеном, але може подразнювати слизові оболонки організму. Негативно впливає на органи зору. При тривалому прийомі може виникати діабетична ретинопатія та порушення функцій клітин в організмі людини. Сорбіт заборонено до застосування при виробництві дитячого харчування.

Лактит (E966, E-966, лактитол, гідрована лактоза, лактат, lactitol) – синтетичний вуглеводневий спирт – слабогігоскопічні кристали білого кольору, без запаху, розчинний у воді. Отримують каталітичним гідруванням молочного цукру. Лактит – низькокалорійний (в 2р. менша, ніж калорійність сахарози) заміник цукру і текстуратор. Має солодкий смак, не залишає присмаку в роті, за інтенсивністю дорівнює ~30–40% солодкості сахарози.

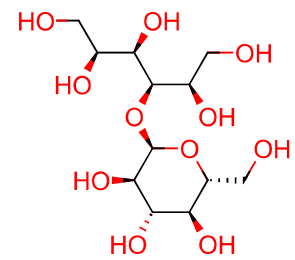


За своїми фізико-хімічними властивостями близький до сахарози і не вимагає технологічних змін при виробництві борошняних виробів. У харчовій промисловості використовують як заміник цукру для виробництва низькокалорійних продуктів та продуктів, призначених для хворих на цукровий діабет. Входить до складу десертів, молочних та кисломолочних продуктів, перероблених овочів та фруктів, морозива, фруктового льоду, сухих сніданків на зерновій основі, желе, мармеладу, покритих глазур'ю фруктів та фруктових десертів. Застосовують для виготовлення цукерок, карамелі, шоколаду, продукції із сухофруктів, здоби, борошняних кондитерських виробів, жуйки, гірчиці, різних соусів.

Лактит визнаний безпечним замінником цукру. Вживання більш ніж 50 г цієї добавки призводить до розладу шлунка, проносу, здуття живота. Оскільки харчова добавка є інсулінозалежною, її застосовують як замінник цукру діабетикам. Лактит не стимулює виникнення карієсу. Завдяки цьому його використовують при виробництві зубних паст.

Мальтит і мальтитний сироп (E965, E-965, мальтитол, гідрована мальтоза, hydrogenated maltose, maltitol, palatinit, maltitol syrup) – підсолоджувач, стабілізатор, емульгатор – білий кристалічний порошок, без запаху, розчинний у воді, гірше – у спиртах, нерозчинний у жирних розчинниках. Стійкий до гідролізу. Одержують із крохмалю (картопляного або кукурудзяного) каталітичним гідруванням мальтози або високомальтозних сиропів. Містить домішки мальтотріозу, сорбіту.

Харчова добавка має яскраво виражений солодкий смак, що за інтенсивністю становить близько 80% від солодкості цукру. Наявність домішок довголанцюгових цукрів знижує не лише здатність мальтиту до кристалізації, а і температуру плавлення. Калорійність харчової добавки значно нижча, ніж у фруктози чи цукру. Має незначний вплив на рівень глюкози крові, через що її можна вживати хворим на цукровий діабет.

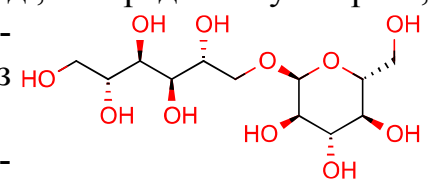


Мальтитол

У харчовій промисловості використовують як підсолоджувач десертів та аналогічних продуктів. Входить до складу сухих сніданків, фруктового льоду, морозива, джемів, желе, мармеладу, глазурованих фруктових продуктів. Застосовують при виготовленні низькокалорійних здобної випічки та хлібобулочних виробів, у жувальній гумці, карамелі, цукерках, шоколаді, безалкогольних та слабоалкогольних напоях, сухофруктах. Також може входити до складу гірчиці, соусів, спеціалізованих дієтичних продуктів.

Харчова добавка є нешкідливою для людського організму. Відомо, що вживання понад 90 г цього замінника цукру на добу призводить до здуття живота, метеоризму, проносу. У той же час, мальтит не сприяє розвитку карієсу, що мінімально впливає на рівень цукру в крові.

Ізомальтит (E953, E-953, ізомальтол, ізомальт, isomalt, isomaltitol) – підсолоджувач, перешкоджає злежуванню і грудкуванню, наповнювач, глазуруючий агент – білі або безбарвні гігроскопічні кристали або кристалічний порошок, без запаху, має яскраво виражений солодкий смак, добре розчинний у воді, посередньо – у спиртах, не розчиняється у жирних розчинниках. Одержують ферментативною ізомеризацією сахарози в ізомальтулозу, з наступним каталітичним гідруванням.



Ізомальтол

За ступенем солодкості ізомальтол приблизно в половину слабший за сахарозу. Застосовують ізомальт при виготовленні продуктів для хворих на цукровий діабет.

Палатиніт єдиний у світі цукрозамінник, створений виключно з рослинної сировини, що має смак ідентичний цукру.

У харчовій промисловості ізомальт застосовують для виготовлення низькокалорійних продуктів і продукції для діабетиків. Підсолоджувач може входити до складу молочних, фруктових, яєчно-жирових та зернових десертів, фруктового льоду, морозива, желейних цукерок, мармеладу, джемів, покритих глазур'ю фруктів, цукерок, шоколаду, карамелі, здоби, випічки, жувальної гумки, гірчиці та соусів.

Ізомальт нешкідлива харчова добавка, оскільки одержують його із природної сировини. Не має негативного впливу на зуби та емаль, запобігає утворенню зубного нальоту та карієсу. Низький калорійний індекс ізомальту дозволяє вживати його хворим на діабет та ожиріння без негативних наслідків і без набору ваги. Добавка є баластною речовиною і має властивості клітковини – створює відчуття заповненого шлунку та ситості. Одноразове вживання більше 20-30 г ізомальту призводить до здуття живота, газоутворення і проносу.

Інтенсивні синтетичні підсолоджувачі. Останнім часом особлива увага приділяється інтенсивним підсолоджувачам синтетичного походження.

Ацесульфам калію (E950, E-950, сунет, ацесульфам К, отизон, acesulfame, acesulfame potassium) – безбарвні кристали або білий кристалічний порошок, термічно і хімічно стійкий, добре розчинний у воді, посередньо – у спиртах. Належить до групи оксатіацинондіоксидів, вперше описаний у 1967 р. Карлом Клаусом (Hoechst AG, Німеччина). Отримують з ацетооцтової кислоти.

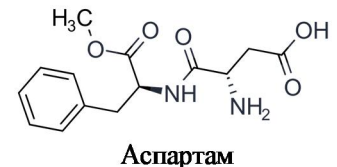
Харчова добавка має виражений солодкий смак (у 200 р перевищує солодкість сахарози). У великих дозах – набуває гіркуватого присмаку з металевим післясмаком, через що в харчовій промисловості його комбінують з аспартамом.



У харчовій промисловості ацесульфам калію використовують як підсолоджувач кондитерських виробів без вмісту цукру або зі зниженою калорійністю (на основі какао або крохмалю); використовують для виготовлення сухофруктів, молочних продуктів, джемів, мармеладу, жиру, у борошняних та хлібобулочних кондитерських виробках; застосовують у дієтичному харчуванні, сухих сніданках на основі зернових та висівок; при виготовленні овочевих та фруктових, рибних консервів, консервів з м'ясопродуктів та ракоподібних, соусів, кетчупів, гірчиці, супів швидкого приготування; входить до складу фруктових соків, безалкогольних напоїв, слабоалкогольних напоїв, жувальної гумки та коктейлів тощо.

В організмі не метаболізується і виводиться через нирки. Не призводить до карієсу. Добавка вважається безпечною речовиною (не токсичний, не канцерогенний, не виявлено мутагенної та тератогенної дії), дозволеною до використання у всіх країнах світу самостійно або у комбінації з іншими підсолоджувачами.

Аспартам (E951, E-951, нутрасвіт, сладекс, N-L-аспартил-L-фенілаланінметилловий ефір, aspartame) – підсилювач смаку та аромату – білі кристали, без запаху, з яскраво вираженим солодким смаком (~200р солодша за цукор або сахарозу), добре розчинна у воді, спирті, посередньо – у жирних розчинниках. Отримують синтезом L-амінокислот (фенілаланіну та аспарагінової кислоти). Відкрито Дж. М. Шлаттером (G.D. Searle & Company, США, 1965 р.).



Аспартам не має специфічного післясмаку або побічного присмаку. При нагріванні (вище 30° С) солодкий смак зникає, а сама речовина розкладається до формальдегіду і метанолу. Тому добавку застосовують лише при виготовленні продуктів, що не потребують термічної обробки.

Аспартам є другим у світі за поширеністю підсолоджувачем. Оскільки для надання солодкості продукту необхідно набагато менше аспартаму, ніж цукру, тому

його калорійність не враховується. Через це його часто застосовують при виготовленні низькокалорійних та дієтичних продуктів. Входить до складу безалкогольних та слабоалкогольних напоїв, жувальних гумок, гарячого шоколаду швидкого приготування, різноманітних цукерок та драже, йогуртів, солодких молочних продуктів, кондитерських виробів. Використовують як цукрозамінники для людей, які страждають на діабет.

Тривалий прийом харчової добавки призводить до головного болю, мігрені, алергічних реакцій, депресивних станів, безсоння. Люди, які страждають на ожиріння, регулярно приймають підсолоджувач на основі аспартаму, найчастіше не знижують вагу, а набирають його ще більше, і досить стрімко. Крім того, напої, що містять харчову добавку E951, не тільки не вгамовують спрагу, а навпаки, посилюють її. Продукти, що містять аспартам, протипоказані людям, хворим на фенілкетонурію. Також речовина збуджує апетит, що негативно позначається на загальному самопочутті людини. Пройшов ретельну перевірку на токсичність, канцерогенність і є нешкідливим. Не сприяє розвитку карієсу зубів.

Цикламова кислота та її натрієва, калієва і кальцієва солі (E 952, E-952, цикламат натрію, калію, кальцію, цикламат, cyclamic acid and Na, K, Ca salts, cyclamates, cyclohexanesulfamic acid) – білий кристалічний порошок, без запаху, має виражений солодкий смак (перевищує цукор за солодкістю в 30-50р.). За високих концентрацій відчувається металевий післясмак. Добре розчинна у воді, посередньо – у спиртах, не розчиняється в жирних розчинниках. Отримують цикламову кислоту та її солі шляхом синтезу з амідосульфокислоти та циклогексиламіну. Цикламова кислота та її солі є термостійкою та стійкою до гідролізу. Цикламат (відкриті в 1937 р. в США) належать до підсолоджувачів "старого" покоління. При змішуванні з іншими підсолоджувачами виявляє властивість синергічного посилення солодощі.



У харчовій індустрії цикламова кислота та її солі використовують у суміші з іншими підсолоджувачами при виробництві десертів, морозива, фруктового льоду, фруктових та овочевих продуктів без цукру або зі зниженою калорійністю, безалкогольних та слабоалкогольних напоїв, пива, вина, сидру, кондитерських виробів зі зниженою калорійністю, консервованих фруктів, джемів, мармеладі, варення, жувальної гумки, здоби.

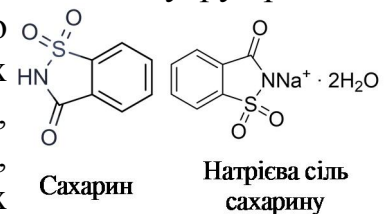
Концентрація, за якої добавка є безпечною, становить не більше 10 мг/кг маси тіла. Перевищення цієї дози може спричинити появу злоякісних новоутворень. Заборонено вживати продукти, що містять добавку E952, вагітним жінкам, особливо на ранніх термінах вагітності, оскільки добавка виявляє тератогенний ефект. Заборонено до використання в США, Японії, Канаді, Сінгапурі, Південній Кореї, Індонезії. Всесвітня організація охорони здоров'я визнала харчову добавку E952 безпечною за умов дотримання норм її вживання.

Сахарин та його натрієві, калієві та кальцієві солі (E954, E-954, Сульфамід бензойної кислоти, бензосульфамід, E 954 Англ: E954, E-954, gluside, j-benzosulfamide, saccharin та його sodium, potassium and calcium salts) – білий або безбарвний кристалі-

чний порошок або кристали, без запаху, із вираженим солодким смаком (~500 р. солодший за цукор). Добре розчиняється у воді, посередньо – у спиртах, нерозчиняється – у жирних розчинниках. Має специфічний металево-гіркуватий присмак, який усувається шляхом змішування з іншими цукрозамінниками. Стійкий до гідролізу, термостійкий. При вживанні з їжею виводиться з організму людини разом із сечею, її вигляд залишається незмінним.

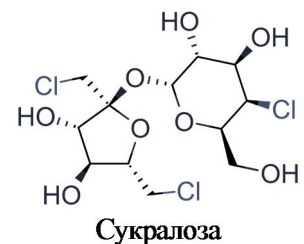
При нагріванні (рН < 7) частково розкладається з відщеплення NH-групи з утворенням *o*-сульфобензой-ної кислоти, яка має неприємний присмак фенолу.

У харчовій промисловості сахарин використовують як заміник цукру при виготовленні продуктів, призначених для хворих на діабет або ожирінням. Застосовують при виробництві безалкогольних солодких напоїв та солодоців та слабоалкогольних напоїв, десертів, швидких сухих сніданків та закусок, морозива, фруктового льоду, супів швидкого приготування, фруктових та овочевих консервацій, консервів із риби, моллюсків; при виготовленні кисло-солодких соусів, кондитерських та хлібобулочних виробів, шоколаду, солодких молочних та кисломолочних продуктів, варення, мармеладу, джему, жувальної гумки.



Прийнято вважати, що безпечна норма сахарину не повинна перевищувати 5 мг/кг ваги тіла на добу. При проведенні лабораторних досліджень на гризунах було встановлено, що вживання харчової добавки призводить до раку сечового міхура. Сахарин є інсуліннезалежним продуктом (не стимулює підвищення рівня глюкози крові). Не викликає карієсу. Може стати причиною гіперглікемії.

Сукралоза (E955, E-955, трихлоргалактосахароза, sucralose) – інтенсивний штучний термостабільний підсолоджувач "нового" покоління (розроблений "Tate & Lyle" (Великобританія) у 1976 р.). Сукралоза, яку отримують із звичайного цукру (хлоруванням сахарози), має смакові характеристики подібні цукру. Перевищує солодкість сахарози від 320 до 1000 разів, втричі солодший за аспартам і ацесульфам калію, і вдвічі солодший за натрій сахарин. Використовують як заміну інших штучних або природних підсолоджувачів, таких як аспартам, ацесульфам калію або кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози.



Основна маса сукралози не засвоюється (засвоюється лише 11–27%) і безпосередньо виводиться з ШКТ з каловими масами, з кровотоку – виводиться нирками із сечею, при цьому 20–30% метаболізується. Тобто, в середньому метаболізується лише 2–8% споживаної сукралози.

Досліди на тваринах показують, що може існувати зв'язок між сукралозою та зменшенням кількості корисних кишкових бактерій. Крім того, сукралоза не є біологічно інертною сполукою і може впливати на рівень глюкози та інсуліну. Дослідження в 2019 році показали, що при нагріванні сукралози до 120°C вона втрачає хлор і розкладається на шкідливі сполуки. Згідно VfR (Німецький Федеральний інститут оцінки ризику) приготування харчових продуктів (випікання, обсмажування або смаження у фритюрі), що містять сукралозу, може призвести до утворення канцерогенних хлорпропанолів, поліхлорованих дибензодіоксинів і поліхлорованих дибензофуранів. Оскільки температура кипіння води становить 100°C, немає реко-

мендацій щодо варених продуктів або напоїв, що містять сукралозу. Згідно досліджень 2020 року, споживання сукралози у поєднанні з вуглеводами погіршує чутливість до інсуліну та спричиняє порушення обміну речовин, що пов'язано зі зниженням реакції на цукор.

Суміші підсолоджувачів. Індивідуальні підсолоджувачі не завжди за смаковими показниками відповідають цукру. При використанні сумішей підсолоджувачів можна досягти поліпшення смакових якостей і зменшити їх витрату завдяки синергічному ефекту (взаємного посилення властивостей). "Якісний" синергізм проявляється у покращенні смаку при застосуванні суміші різних підсолоджувачів. Наприклад, солодкість калій ацетосульфаму відчувається миттєво, але недовго, а аспартаму – навпаки. Таким чином, комбінуючи співвідношення компонентів суміші можна максимально наблизити її смак до смаку цукру. "Кількісний" синергізм – взаємне посилення солодкості різних підсолоджувачів. Наприклад, суміш рівних частин аспартаму і калію ацетосульфаму масою 320 мг мають таку ж солодкість як 500 мг кожного з цих підсолоджувачів окремо. Сучасна харчова промисловість зазвичай використовує готові суміші підсолоджувачів, у яких досягнуто оптимальне співвідношення між солодкістю (поліпшення смаку, тривалість відчуття солодкості, синергетичний ефект, кількість замінного цукру (повне або часткове)), ціною і технологічними характеристиками.

Відомо, що, наприклад безалкогольні напої, містять розчини цукру невисокої концентрації які є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. У таких продуктах заміна цукру на підсолоджувачі дає додатковий, консервуючий ефект. У той же час застосування підсолоджувачів у таких продуктах як джеми, креми тощо потребує додаткового використання консервуючих речовин. Наприклад, варення, що, по суті, є висококонцентрованим розчином цукру (з масовою часткою цукру 60...65%) мають високий осмотичний тиск. Мікроорганізми, у такому розчині зневоднюються та втрачають здатність до розмноження. Розчини підсолоджувачів у кремах і джемах не мають такого високого осмотичного тиску і без застосування консервантів будуть піддаватися мікробіологічному псуванню.

Тому, виробництво підсолоджувачів, їх асортимент, в тому числі комплексних (сумішей), асортимент продуктів з їх застосуванням постійно розширюються. Тривають пошуки і нових підсолоджувачів.

4.6. Ароматизатори

Харчовий ароматизатор - добавка, що покращує аромат і смак харчового продукту і є смакоароматичною речовиною або сумішшю смакоароматичних речовин з розчинником або сухим носієм (наповнювачем) або без них. До складу ароматизатора може входити традиційна харчова сировина та харчові добавки. Соки (у тому числі концентровані), варення, сиропи, вина, коньяки, лікери та інші подібні продукти, а також прянощі (свіжі, сухі, механічно оброблені) не відносять до ароматизаторів, оскільки вказану сировину можна використовувати як харчовий продукт або інгредієнт їжі та, отже, його не вважають добавкою. Ароматизатори поділяють на натуральні, ідентичні натуральним та штучні.

Натуральні ароматизатори включають лише натуральні ароматичні компоненти - хімічні сполуки або їх суміші, виділені із натуральної сировини із застосуванням фізичних методів, а також отримані за допомогою біотехнології. Одним з різновидів натуральних ароматизаторів є есенції - водно-спиртові витяжки або дистиляти летких речовин (ефірні олії і настої, прянощі та продукти їх переробки) із рослинної сировини.

Ідентичні натуральним ароматизатори – містять у своєму складі щонайменше один компонент, ідентичний натуральному, можуть містити і натуральні компоненти – хімічні сполуки, ідентифіковані у сировині рослинного чи тваринного походження, але отримані хімічним і/або мікробіологічним синтезом або виділені з натуральної сировини із застосуванням хімічних методів.

Штучні ароматизатори або штучні ароматичні компоненти – мають своєму складі щонайменше один штучний компонент, можуть містити натуральні та ідентичні натуральним компоненти – хімічні сполуки, які не ідентифіковані у сировині рослинного або тваринного походження та отримані шляхом хімічного синтезу.

Ароматизатори надають харчовим продуктам смаку та аромату. Відмітимо, що смак та аромат готового харчового продукту залежить від складу сировини, характеру і вмісту ароматоутворюючих речовин (I), особливостей технологічних умов її переробки (II) (час, температура, наявність ферментів, хімізм процесів, характер утворених сполук тощо), додавання ароматизаторів або смакових та ароматоутворюючих речовини, що "оживлюють" смак тощо. Тобто, смак та аромат готового харчового продукту (III) є результатом вище перерахованого. Велику роль, що обумовлюють смак та аромат продуктів харчування, належить "ключовим" сполукам, тобто тим сполукам, що визначають "тон" аромату харчового продукту, наприклад: в лимонах – цитраль, в малині – *n*-гідроксифеніл-3-бутанон, в часнику – алілсульфід, в кміні – карвон, в ванілі – ванілін тощо.

Тобто, аромат та смак харчового продукту – інтегральний чинник, який обумовлений наявністю суміші органічних та неорганічних сполук, які містила сировина (I); утворилися в ході технологічного процесу, під впливом різних чинників (II) і внесених у ході технологічного процесу ароматизаторів (II, III).

Застосування ароматизаторів дозволяє¹²:

- створити широкий асортимент однотипних харчових продуктів, що різняться за смаком та ароматом: льодяникові карамелі, мармелад, безалкогольні та слабоалкогольні напої, желе, морозиво, йогурти, жувальна гумка тощо;
- відновити смак та аромат, частково втрачений при зберіганні чи переробці – заморожуванні, пастеризації, консервуванні, концентруванні тощо;
- стандартизувати смакоароматичні характеристики харчової продукції, незалежно від щорічних коливань якості вихідної сільськогосподарської сировини;
- посилити натуральний смак і аромат продуктів;

¹² У Європі та Північній Америці керуються документами «Список запашних речовин, що застосовуються у виробництві ароматизаторів та харчових продуктів» Європейської Ради – «Flavouring substances and natural sources of flavourings» (3 Ed., Strasbourg, 1981, 4 Ed., Strasbourg, 1992) або "Список речовин, загальноприйнятих як безпечні" Асоціації виробників ароматизаторів та екстрактів FEMA-GRAS США. У документі Європейської Ради наведено перелік рослин, рекомендованих як джерела сировини для виробництва ароматизаторів. Для отримання ароматичних компонентів можуть використовуватися плоди, кора, смолисті виділення, гілки, листя, квіти та коріння.

- надати аромат продукції, яка має цінні поживні якості, але позбавлена аромату (наприклад, продуктів переробки сої);
- надати аромату продукції, що отримують із використанням технологічних процесів, які не відновлюють природного аромату (наприклад, приготування їжі в мікрохвильових печах);
- позбавити харчову продукцію неприємних присмаків.

Заборонено застосування ароматизаторів для маскування зміни аромату зіпсованих харчових продуктів або виготовлених із недоброякісної сировини.

Ароматизатори випускають у вигляді рідких (розчини або емульсії), сухих та пастоподібних продуктів. Рідкі ароматизатори (як розчинники використовують спирт, олії, пропіленгліколь, триацетил (E1518), воду тощо), як правило, дешевші за аналогічні сухі і призначені для більшості харчових продуктів (кондитерських виробів та випічки, напоїв, масложирової та молочної продукції, морозива тощо). Емульсійні ароматизатори застосовують для замутих напоїв, ковбасних виробів, м'ясних та рибних напівфабрикатів, соусів, кетчупів, майонезів, приправ тощо. Сухі ароматизатори призначені для виробництва харчових концентратів, м'ясних та ковбасних виробів, екструдованих продуктів тощо.

Ароматизатори одержують у результаті фізичних (екстракція, дистиляція, розчинення, змішування) або хімічних (синтез, реакція Майяра, димоутворення при горінні або піролізі) процесів.

Рідкі ароматизатори одержують розчиненням рецептурних кількостей ароматичних компонентів у 1,2-пропіленгліколі, етанолі тощо з подальшою фільтрацією. Рідкі емульсійні ароматизатори одержують емульгуванням ароматичних компонентів у воді з використанням спеціального обладнання та добавок.

Сухі ароматизатори виробляють нанесенням ароматичних компонентів на порошкоподібний носій (сіль, цукор, крохмалі та їх похідні тощо) при перемішуванні. Цей метод застосовний лише для малолетких і стійких до окиснення ароматичних компонентів. Інший варіант передбачає подальше інкапсулювання (наприклад, смолою акації), що частково запобігає втратам летких речовин та їх окисненню. Найбільш ефективний, але дорогий метод полягає в отриманні емульсії ароматичної композиції в розчині інкапсулюючого агента (смоли акації, мальтодекстрину тощо) з подальшим сушінням.

"Реакційні" або "технологічні" ароматизатори (рідкі, сухі, пастоподібні) одержують за реакцією Майяра взаємодією цукрів і амінокислот, у тому числі гідроліза-тів білків, при нагріванні. Ароматизатори копчення одержують абсорбцією димів, що використовуються в традиційному копченні, розчинником (водою) з подальшим очищенням.

Широкий асортимент ароматизаторів, їх природа, різноманітність джерел отримання, їх хімічний склад (більшість з них використовують у вигляді багатокомпонентної суміші), різноманіття комбінацій компонентів ставлять складні завдання при їх гігієнічній оцінці. При виборі та дозуванні ароматизатора керуються рекомендаціями фірми виробника, хоча оптимальну дозу може бути підібрана лише споживачем з урахуванням специфіки технологій та конкретики продукції.

4.6.1. Ефірні олії та запашні речовини

Ефірні олії – багатокомпонентні суміші летких органічних сполук (ароматичних, аліциклічних та аліфатичних карбонільних сполук, спиртів, кислот, етерів, естерів тощо), що продукуються рослинами і зумовлюють їх унікальний запах. Часто у цій суміші переважає один або кілька основних компонентів. Ефірні олії відомі з давніх часів. Єгиптяни за 6000 років до нашої ери отримували з рослин скипидар та деякі ефірні олії. У Японії понад 2000 років тому не лише отримували м'ятну олію, а й виділяли з неї ментол. Ефірні олії застосовували для запашних курінь, як косметичні та лікарські засоби, при бальзамуванні.

Всього з ефірних олій виділено більше тисячі індивідуальних сполук. Наприклад, у розова олія містить понад 200 компонентів, проте 50% маси олії складають гераніол та цитронелол; у м'ятна олія – понад 100 компонентів, основними з яких є ментол, ментон, ментилацетат та цинеол; анісова олія – на 80–90% складається з анетолу, а лемонграсова – 75–80% цитралю. Вміст окремих компонентів змінюється в широких межах навіть для рослин одного виду і залежить від місця зростання, кліматичних особливостей, стадії вегетації і строків збирання сировини, особливостей обробки, тривалості та умов зберігання сировини, технології їх виділення і переробки тощо.

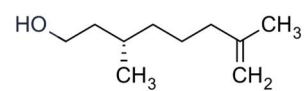
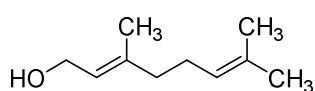
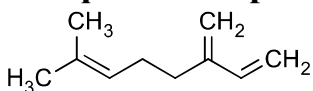
Ефіроолійна флора налічує ~3000 видів рослин, з яких промислове значення мають 150–200. Більшість ефірних олій одержують із тропічних або субтропічних рослин, і лише деякі (коріандр, аніс, м'ята) культивують у помірних широтах. Багаті на ефірні олії рослини родини Губоцвіті (*Lamiaceae*) – м'ята, лаванда, шавлія, базилік, пачулі тощо, а також Селерові (*Apiaceae* або *Umbelliferae*) – аніс, ажгон, кмин, коріандр, фенхель тощо. Ефірні олії у вільному стані або у вигляді глікозидів містяться в листі, стеблах, квітках, коренях, насінні, корі та деревині. Вміст їх у рослинах коливається у різних межах: квітки троянди містять 0,02–0,10% ефірних олій, а бруньки гвоздики – 20–22%. Максимальну кількість ефірних олій рослини мають у період цвітіння та дозрівання насіння.

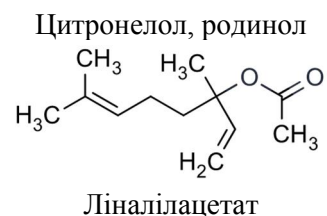
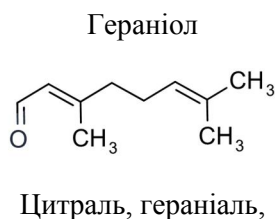
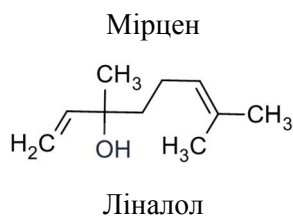
Загальновідомо, що рослини, у різний період своєї вегетації, пахнуть по-різному. Причиною є зміна складу ефірних олій, які визначають аромат рослини. Наприклад, основною складовою коріандрової олії в період цвітіння є деканаль, а ефірної олії насіння коріандру – ліналоол; олія молодої зелені нектівучої м'яти містить ментофуран, який майже відсутній в ефірній олії квітучої м'яти. Склад ефірної олії залежить від місця та кліматичних умов зростання сировини, від часу її збирання, технологічних особливостей переробки тощо.

Хімічна природа сполук, що входять до складу ефірних олій, дуже різноманітна і включає сполуки різних класів: вуглеводи, спирти, феноли та їх похідні, кислоти, етери та естери, терпеноїди (терпени та їх оксигенвмісні похідні).

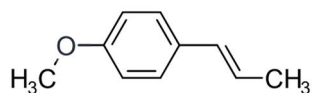
Основними способами отримання ефірних олій для харчових цілей є перегонка з водяною парою, холодне пресування та екстракція леткими розчинниками (спиртом, двоокисом вуглецю тощо). Товарні ефірні олії мають стандартний вміст основних компонентів, який досягається змішуванням різних партій олій.

Аліфатичні терпеноїди

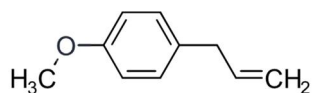




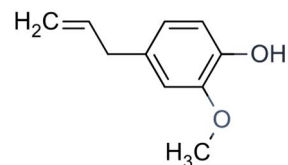
Ароматичні і гетероциклічні сполуки



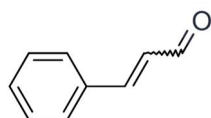
Анетол



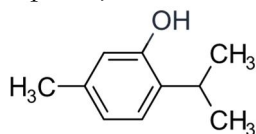
Естрагол, метилхавікол



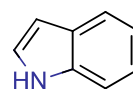
2-метокси-4-алілфенол



3-феніл-2-пропеналь

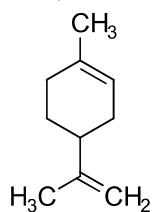


Тимол

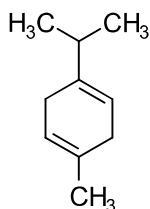


Індол

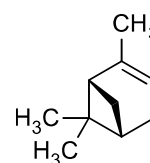
Моноциклічні терпеноїди



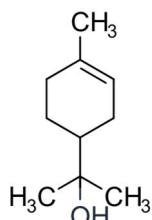
Лимонне



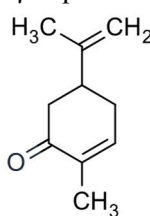
γ-терпінен



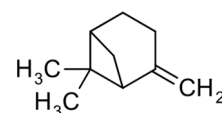
α-пінен



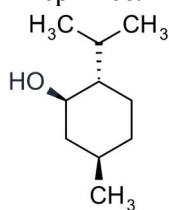
терпінеол



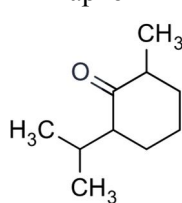
карвон



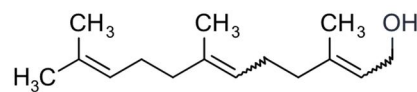
β-пінен



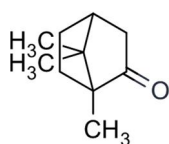
ментол



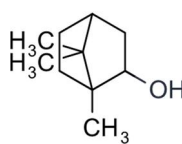
ментон



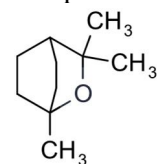
Фарнезол



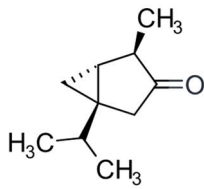
Камфора



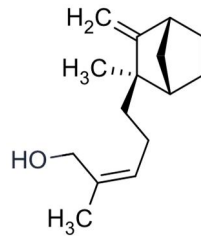
Борнеол



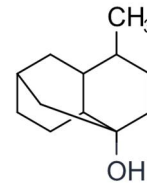
евкаліптом



Туйон



цис-β-санталол



(+) і (-) лачулол

Вміст перелічених, а також інших компонентів у складі ефірних олій, може варіювати і залежить, зокрема, від методів їх виділення. Виділяють з вихідної сировини (рослинного або тваринного походження) екстракцією (органічними розчинниками з подальшою їх відгонкою (олеорезини)), холодним пресуванням, перегонкою з водяною парою, поглинання свіжим жиром ("анфлераж") або мацерацією, CO₂-екстракцією та іншими способами. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки та впливає на склад продуктів. На вибір методу виділення впливають кількість та якість (склад) ефірних олій, особливості сировини (сира – квіти лаванди, зелена маса бузку, підв'ялена – м'ята, висушена – ірис, після ферментативної обробки – квіти троянди тощо).

Останнім часом широкого поширення набули екстракти пряних рослин, які містять нелеткі смакові речовини і пігменти. Спиртові та водні витяжки ароматичних речовин із рослинної сировини є харчовими есенціями. За ароматом, есенції поділяють на: фруктово-ягідні (лимонна, апельсинова, мандаринова, полунична, сунична, малинова, вишнева, ананасна, грушева, чорно-смородинова тощо), винно-лікерні (мають аромат вин, лікерів та інших спиртових напоїв: ромова, коньячна, зубровка, бенедиктова, шартрез, кюрассо тощо) та інші (використовують при виготовленні кондитерських виробів різного асортименту: ванільна, м'ятна, кавова, медова, вершкова, ірисна, мигдальна, флердоранжева тощо).

Для приготування есенцій застосовують різні запашні речовини, що містять ефірні олії, наприклад апельсинову, мандаринову, лимонну, м'ятну, гвоздичну, розову, анісову тощо. До складу есенцій також належать спиртові настої кави, бруньок чорної смородини, полуниці, малини, трави зубрівки (Чаполоч пахуча, *Hierochloë odorata* (L.) P.Beauv.) тощо. В есенції з найбільшою концентрацією вміст запашних речовин сягає 50%.

Виробництво харчових продуктів із використанням виключно натуральних ароматизаторів неможливе з різних причин:

- висока вартість вихідної сировини;
- обмеженість природних сировинних ресурсів;
- недостатня стабільність існуючих натуральних ароматів.

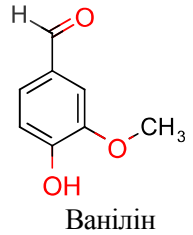
Дані проблеми можна вирішити за допомогою ароматичних речовин із групи "ідентичні натуральним". Розвиток органічного синтезу дозволив отримати індивідуальні компоненти ефірних олій, зробити їх доступними і дешевими, створити різноманіття ароматичних сумішей і комбінацій, навіть з використанням природних ефірних олій.

4.6.2. Харчові ароматизатори, ідентичні до натуральних

Ідентичні до натуральних – "такий самий, як і природний" – ароматизатори або складні композиції ароматичних речовин (у відповідному розчиннику або змішані з

твердими носіями: крохмалем, лактозою, білками, кухонною сіллю тощо), ідентифікованих у складі натуральних продуктів, але одержаних методами хімічного синтезу (досить присутність у суміші хоча б одного компонента, одержаного таким шляхом). До їх складу може входити до 20-30 компонентів різної хімічної природи.

Для більшості ідентичних натуральних ароматизаторів характерна висока стабільність, інтенсивність та відносна дешевизна. Так ванілін, що є ідентичним продуктом натуральному, повністю відповідає ваніліну, що міститься в стручках ванілі. При цьому на ароматизацію продукту потрібно в 40 разів менше ваніліну, ніж дорогої ванілі. До того ж потреба у ванільному ароматі настільки велика, що у природі просто відсутня необхідна кількість цієї рослини. Крім того, ідентичний натуральному ароматизатор може бути нешкідливішим за ароматизатор, отриманий з природної сировини. Наприклад, траву Підмаренник запашний (*Galium odoratum* L.), що містить кумарин, заборонено до застосування у виробництві продуктів харчування. У той же час ароматизатор, в якому кумарин відсутній, дозволено як продукт ідентичний натуральному. Коптильні ароматизатори набагато безпечніше для здоров'я, ніж коптильний дим, багатий на канцерогенні сполуки.

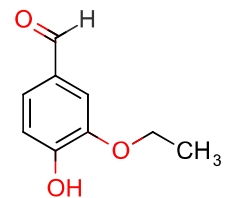


Ванілін

Виробництво ідентичних до натуральних ароматичних речовин економічно доцільно; за своєю будовою вони відповідають природним сполукам, а їх композиції дозволяють отримати комбінації речовин, які відрізняються стабільністю, заданим ароматом та зручні у використанні.

Штучні (синтетичні) ароматизатори (які включають компоненти, що не мають природних аналогів) – суміші ароматичних речовин, які містять щонайменше одну штучну речовину, якої в природі не існує. Вони характеризуються високою стабільністю, інтенсивністю та дешевизною. Наприклад, штучним ароматизатором є арованілон (етилванілін), який використовується харчовою промисловістю.

Кількість ароматизаторів велика. Вони надають аромат та урізноманітнюють асортимент напоїв, кремів, морозива, йогуртів, жувальної гумки тощо; стабілізують та відновлюють аромат (втрачений у процесі обробки) консервованих та інших продуктів. Витрата ароматизатора становить 50–200 г на 100 кг готового продукту.

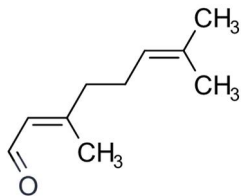


Етилванілін

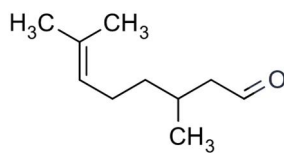
Серед синтетичних ароматизаторів відмітимо естери, утворені жирними або ароматичними кислотами і спиртами, мають плодовий або винний запах: етиловий естер мурашиної кислоти – має ромовий запах; ізоаміловий естер оцтової кислоти – грушевий; етиловий естер масляної кислоти – ананасовий; ізоаміловий естер ізовалеріанової кислоти – яблучний тощо. До синтетичних запашних речовин, які використовують для ароматизації кондитерських виробів, належать бензальдегід – із запахом гіркою мигдалю; ментол – з м'ятним запахом; цитраль – з лимонним запахом; α -іонон – із запахом фіалки, при сильному розведенні (0,9 частин на 1 млн) має запах малини.

У випадках, коли рівномірного розподілу ароматизатора у харчових виробках (кремах, йогуртах, напоях та інших продуктах) досягти не вдається, ароматичні компоненти вносять в емульсії, які потім додають у ці продукти.

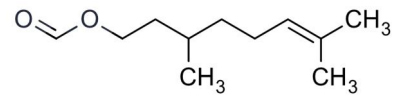
Ізопреноїди та їх похідні: *цитраль* і *цитронелаль* – мають запах лимона; *цитронелілформіат* – надає продуктам фруктового запаху; *ліналілформіат*, *цитранелілацетат* – має запах коріандру; *ліналілацетат* – бергамотний запах.



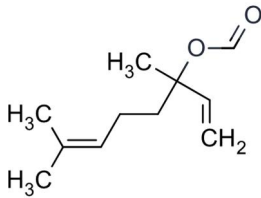
цитраль



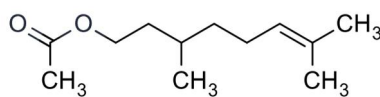
цитронелаль



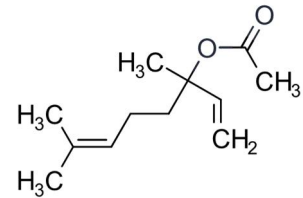
цитронелілформіат



ліналілформіат

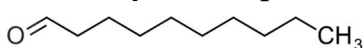


цитранелілацетат

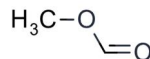


ліналілацетат

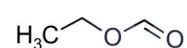
Сполуки аліфатичного ряду



Дециловий альдегід
має запах апельсину

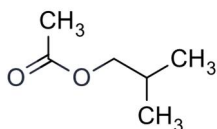


Метилформіат

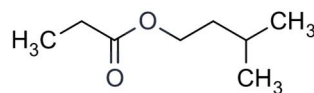


Етилформіат

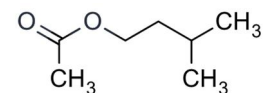
фруктовий запах



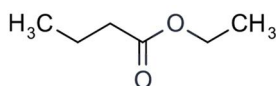
Ізобутилацетат
фруктовий аромат



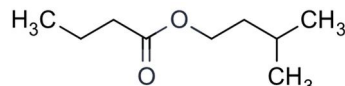
Ізоамілпропіонат
бергамотний аромат



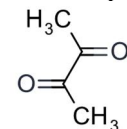
Ізоамілацетат
грушевий аромат



Етилбутират
ананасовий аромат

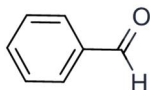


Ізоамілбутират
фруктовий аромат

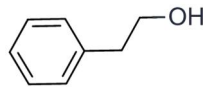


Діацетил
запах вершкового масла

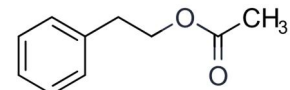
Ароматичні сполуки



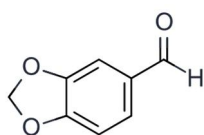
Бензальдегід
запах свіжомеленого мигдалю



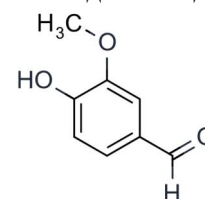
Фенілетиловий спирт
запах троянди



2-фенілетилацетат
запах троянди, жасмину з фруктовим і медовим відтінками



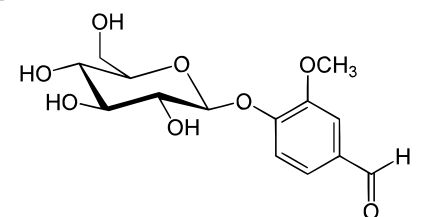
Геліотропін,
3,4-метилendioксибензальдегід
має квітковий пряний аромат



ванілін,
4-гідрокси-3-метоксибензальдегід
сильний характерний запах ванілі

Ванілін – кристалічна речовина, безбарвні голчасті кристали із запахом ванілі. Розчинний у воді, спирті, ефірі, хлороформі та інших розчинниках. Міститься в стручках ванілі (у формі β -D-глюкозиду; зелені стручки не мають ні смаку, ні запаху ванілі), в перуанському і толуанському бальзамах, в бензойній смолі. Обмежено розчинний у воді.

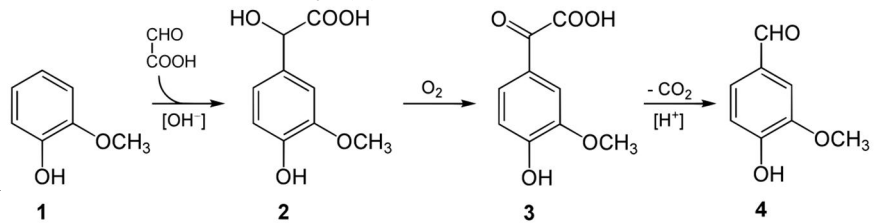
Ванілін вперше синтезовано з евгенолу, пізніше – з лігніну. На сьогодні основним методом є двостадійний



β -D-глюкозид ваніліну

процес, у якому гваякол (1) реагує з гліоксиловою кислотою. Отриману ванілілмгдалеву кислоту (2) окиснюють до 4-гідрокси-3-метоксифенілгліоксилової кислоти (3) з подальшим декарбоксилюванням до ваніліну (4).

Основну частину ваніліну використовують як ароматизатор, зазвичай у солодких продуктах (на виробництво морозива та шоколаду використовують до 75% ваніліну), кондитерських виробів і випічки, кремах, безалкогольних напоях.



Ванілін може викликати мігрені, алергічні реакції (може бути алергія на синтетичну ваніль, але не на натуральну ваніль, або навпаки, або на те й інше). Рослини ванільної орхідеї може спровокувати контактний дерматит (ванілізм), якщо вони контактують із соком рослини.

Вибір ароматизатора та спосіб внесення (повинен бути рівномірно розподілений по харчовій системі) для конкретного харчового продукту визначається фізико-хімічними властивостями харчових систем, технологією виробництва, характером готового виробу. Наприклад, у м'ясні вироби, сири, соуси ароматизатори додають з сіллю, в креми, сухі напої - з цукровою пудрою. Внесення ароматизаторів не ускладнює технологію харчового процесу.

Інформація щодо внесеного у готовий харчовий продукт ароматизатора повинна бути відображена на етикетці (натуральний, ідентичний до натурального, штучний).

4.6.3. Прянощі та приправи

З давніх-давен людина використовувала ароматні рослини (прянощі), які відбивали специфічний запах м'яса диких тварин, збуджували апетит, покращували травлення. Прянощі та інші смакові добавки об'єднують рослинну сировину, що містить ефірні олії, вітаміни, мінеральні солі та інші речовини, які покращують органолептичні властивості продуктів, збуджують діяльність травних органів, посилюючи засвоюваність харчових продуктів і, будучи до того ж лікарськими рослинами, впливають на обмін речовин, діяльність нервової та серцево-судинної системи, на загальний стан людини. Пряні рослини містять фітонциди, що розширює сферу їх застосування. На сьогодні відомо більше 150 видів прянощів, але найбільш широко застосовують ~40.

Як прянощі вживають висушені, а іноді і розмелені частини рослин (квіти та плоди, коріння, кора, листя) в яких максимально накопичуються речовини, що мають смак та аромат. Згідно того, яку рослинну сировину використовують на отримання прянощів, їх поділяють на:

- Насіннєві: гірчиця, мускатний горіх, кардамон.
- Плодові: аніс, бадьян, кмин, коріандр, кардамон, перець, ваніль, фенхель, перець червоний стручковий (стручки).
- Квіткові: гвоздика, шафран.
- Листові: лавровий лист, буркун (квіти і листя), м'ята перцева.
- Корові: кориця китайська, кориця цейлонська.
- Кореневі: імбир, дягель, куркума, зеоданія, калчан, петрушка.

– Вся трава: майоран, материнка, кріп, петрушка, полин, естрагон.

Кім того, всі прянощі поділяти на: класичні та місцеві. Останнім часом стали виділяти і третю групу - штучні прянощі (замінники натуральних) – суміші хімічних речовин, які визначають смак та аромат природних прянощів.

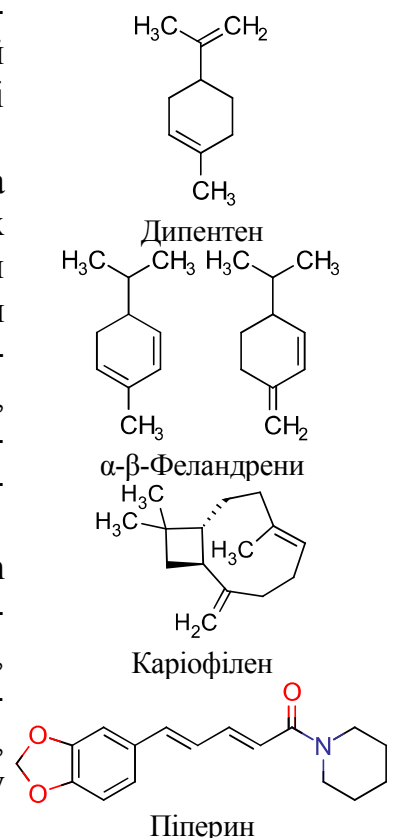
Класичні (екзотичні, заморські) – давно відомі прянощі, які отримали всесвітнє визнання і мають сильний, яскраво виражений смак та аромат. Використовують їх виключно сухими (для зручності транспортування). Застосовують у консервній, м'ясомолочній, рибній та інших галузях харчової промисловості.

Місцеві прянощі, тобто вживані поблизу місць зростання, у свою чергу можуть бути традиційними (кріп, петрушка, цибуля, часник, коріандр, хрін тощо), використання яких обмежено країною або окремим регіоном країни, і малопоширені (перцеві – майоран садовий, вітекс священний та коноплеподібний, чабер садовий та гірський, гісоп, монарда трубчаста тощо; гвоздиково-коричні – базилік евгенольний та звичайний, гравілат міський, колюрія гравілатоподібна; ароматичні – меліса лимонна, лопух анісовий, чабер запашний, базилік запашний, монарда лимонна, цефалофора ароматна тощо. Малопоширені прянощі походять з країн Середземномор'я, де вони – багаторічні чагарники, а у нас – однорічні рослини.

Згідно означень, прянощі, на відміну від приправ (які надають їжі лише певний смак – солоний, кислий, солодкий та їх поєднання, а ароматичні речовини – лише аромат), не є харчовими добавками, вони лише надають аромат у поєднанні з характерним присмаком, помітним лише в їжі (особливо при нагріванні). Вони знайшли широке застосування в харчуванні, у промисловому виробництві харчових продуктів, на підприємствах громадського харчування, в домашній кулінарії. Прянощі не застосовують у значних кількостях, як приправи, і вони не можуть бути самостійними стравами. Прянощі вживають лише як добавки, необхідні надання їжі певного акценту (іноді вирішального). Спроби збільшити дозу прянощів ведуть до різкої зміни їх якісного на їжу. Прянощі мають здатність пригнічувати розвиток бактерій (бактерицидність), головним чином бактерій гниття, і тим самим сприяє тривалішому збереженню їжі (консервуванню).

Останні роки змінилися підходи щодо виробництва прянощів. Це пов'язано із сучасним виробництвом харчових продуктів. Традиційні технології одержання та застосування прянощів поступається новим підходам, запровадження яких обумовлено точним дозуванням прянощів, стабільністю їх смаку та аромату незалежно від місця походження, пори року, змін якостей при зберіганні, наявності забруднюючих домішок тощо. Реалізація цих підходів дозволяє отримати стабільні за якістю продукти.

Чорний перець – плоди тропічної ліани *Piper nigrum* родини Перцеві (*Piperaceae*), – найпоширеніша і найпопулярніша пряність. Запах чорному перцю надає ефірна олія, вміст якої 1–2%. Основні компоненти цієї олії – терпени і сесквітерпени, дипентен (суміш оптичних ізомерів лимонену), α - β -феландрени та каріофілен. Пекуче-гіркий смак чорному



перцю надає алкалоїд піперин (piper – лат. "перець"), вміст якого становить до 9%. Алкалоїд, на відміну від ефірної олії, нелеткий, тому при зберіганні запах поступово слабшає, а смак зберігається.

З тієї ж рослини, ліани *Piper nigrum*, отримують – білий та зелений перець. Білий добувають з дозрілих червоних ягід перцю. За смаком менш гострий, за ароматом – сильніший за чорний перець.

Зелений перець готують з недозрілих ягід.

Червоний перець – під терміном "червоний перець" розуміють кілька видів рослин роду *Capsicum* родини Пасльонові (*Solanaceae*). Найбільш часто зустрічаються капсикум овочевий (перець овочевий, перець болгарський) *Capsicum annuum*, капсикум кайєнський (перець чилі, перець гострий, перець гіркий) *Capsicum frutescens*, капсикум ягодоносний *Capsicum baccatum*, капсикум китайський (хабанеро) *Capsicum chinense*, капсикум пубесценс *Capsicum pubescens*. Як пряність поділяють на пекучий, середньопекучий, слабопекучий і солодкий. Зазвичай використовують висушеним цілим або меленим.

Головним компонентом плодів червоного перцю є алкалоїд капсаїцин (ваніліламід дециленової кислоти) (див. *Натуральні (природні) барвники, масломоли паприки, E160c*). Він надає перцю пекучого смаку і гостроти. У червоному перці досить високий вміст аскорбінової кислоти, вітамінів А і В, каротину та цукрів. Молотий перець, приготований із цілих стручків (з насінням), – більш пекучий, ніж той, який отримано лише із зовнішньої оболонки.

У кулінарії використовують для приготування супів, головним чином томатних, юшки, гуляшу, всіх видів м'яса, риби, квасолі, капусти, рису, для різних соусів, різних видів ковбас, м'ясних виробів, додається до салатів та закусок.

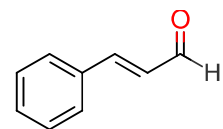
Кориця – кора дворічних бічних пагонів чагарника *Cinnamomum zeylanicum* (*Cinnamomum*) Лаврові (*Laugaceae*). Найбільш відомі чотири види кориці:

- Цейлонська кориця *Cinnamomum zeylanicum* (благородна кориця, справжня кориця);
- Китайська кориця *Cinnamomum cassia* (ароматна кориця, індійська кориця, проста кориця, касія, касія-канель);
- Малабарська кориця *Cinnamomum Tamla* (коричне дерево, бура кориця, кориця дерева, касія-віра);
- Циннамон або пряна кориця *Cinnamomum culilauan*.

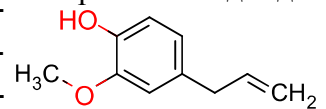
Залежно від призначення отримують у вигляді паличок, меленої чи струганої.

Головний діючий компонент кориці - коричний альдегід - іноді використовують як її заміник. Заміна ця не цілком еквівалентна. Без добавок евгенолу, фелландрена, смол та таніну справжнього коричневого запаху та смаку не досягти.

Немолоту корицю використовують у рідких стравах, компотах, глінтвейнах, маринадах, а порошок додають у тісто, сир, каву тощо. Застосовують у кондитерських виробках – бісквітах, пряниках, пудингах та запіканках (яблучні пироги, повидло, фруктовий соус) тощо; при виробництві кетчупів та приправ типу "карі"; у консервній промисловості при виробленні маринадів із грибів, овочів та фруктів; у лікєро-горілчаній промисловості для отримання лікєрів та пуншів.



Коричний альдегід



Евгенол

Гвоздика або **пряність "гвоздика"** – висушені не розкриті бутони гвоздичного дерева *Caryophyllus aromaticus*, родина Миртові (Myrtaceae). У ботанічному розумінні гвоздика не споріднена до квітки гвоздика. Сам термін "гвоздика" пов'язаний із формою висушеного бутону квітки цього дерева – круглий капелюшок на тонкій ніжці. Бутони гвоздики – не єдина пряність гвоздичного дерева. Його плоди мають той же аромат, але тонший.

Містить ефірну олію – основний (до 85%) компонент цієї олії – евгенол. Крім евгенолу, олія містить ацетилевгенол, метиламілкетон, що також має гвоздичний запах, а також, поряд з іншими сесквітерпенами, каріофілен. Його назва походить від латинського назви гвоздики – *Caryophyllus*. Каріофілен, зазвичай, отримують із гвоздичної олії. Вміст ефірних олій у різних частинах бутону різний: сам бутон містить менше евгенолу, що має різкий запах, але більше інших ароматичних речовин. Тому запах черешка – сильніший і різкіший, а аромат капелюшка тонший і складніший. Капелюшок містить менше гірких речовин, ніж черешок. Відповідно, до солодких страв додають капелюшки, а в м'ясні страви та маринади – черешки.

Розчинність компонентів олії у воді різна. Тобто, з урахуванням цього, можна регулювати смак страв – тонкий аромат і відсутність гіркоти – часом додавання пряності до їжі, що готується. Наприклад, у бульйон, до м'яса гвоздику додають за 15 хв до готовності, а у компот – за 3–5 хв. Тривала термічна обробка їжі призводить до випаровування ароматних компонентів і залишається лише гіркота.

Використовують гвоздику в кондитерському, рибоконсервному та ковбасному виробництвах; для приготування маринаду до риби, м'яса; додають у тісто, сир, у спиртні напої тощо.

Імбир – багаторічна трав'яниста тропічна рослина *Zingiber officinale*, родина Імбирні (Zingiberaceae), бульби якої використовують як пряність: неочищений або чорний імбир і очищений або білий (сірий) імбир.

Оскільки білий імбир отримують при ошпарюванні кореневищ окропом і подальшому сушінні на сонці, а іноді і відбілюванні хлором, розчином вапна, то частина запашних речовин і ефірних олій втрачається. Аромат імбиру обумовлений наявністю ефірних олій. Вміст ефірної олії в сухих кореневищах становить 1,5-3%, головним її компонентом є цингіберен (зінгіберен) – сесквітерпени –



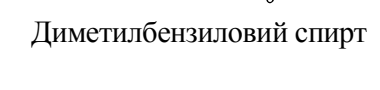
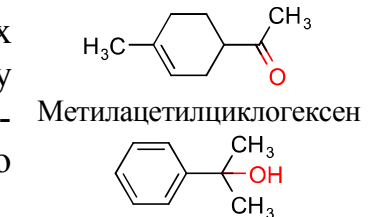
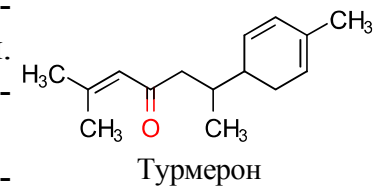
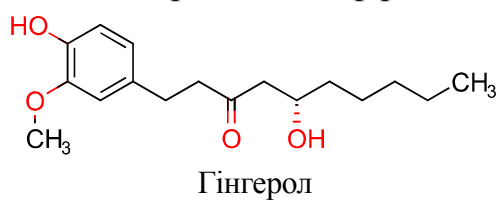
до 70%; присутні камфен, цинеол, бісаболен, борнеол, цитраль, ліналоол, вітаміни С, В₁, В₂ та незамінні амінокислоти. Смак визначають малолеткі цингероли. Пекучий смак обумовлений гінгеролом.

Використовують при виробництві кондитерських виробів (льодяники, варення, печиво, кекси, бісквіти), солодких страв (компоти, пудинги), в алкогольних напоях; вживають у пресервах з м'яса та птиці, у чаї, як самостійний продукт (зацукрований імбир, варення, імбир з шоколадною глазур'ю тощо); входить до складу каррі та багатьох пряних сумішей.

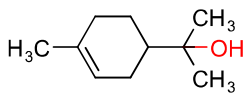
Використовують при виробництві кондитерських виробів (льодяники, варення, печиво, кекси, бісквіти), солодких страв (компоти, пудинги), в алкогольних напоях; вживають у пресервах з м'яса та птиці, у чаї, як самостійний продукт (зацукрований імбир, варення, імбир з шоколадною глазур'ю тощо); входить до складу каррі та багатьох пряних сумішей.

Використовують при виробництві кондитерських виробів (льодяники, варення, печиво, кекси, бісквіти), солодких страв (компоти, пудинги), в алкогольних напоях; вживають у пресервах з м'яса та птиці, у чаї, як самостійний продукт (зацукрований імбир, варення, імбир з шоколадною глазур'ю тощо); входить до складу каррі та багатьох пряних сумішей.

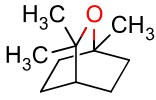
Гінгерол



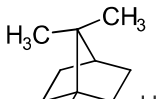
Куркума – пряність (на азійський манер – зарчава, англійською – турмерик) – найближчий родич імбиру, одержують з рослини куркума довга *Curcuma longa*, родина Імбирні (*Zingiberaceae*). Аромат близький до імбирного, але слабший. Куркума має яскраво-жовтий колір, що робить її одночасно пряністю та харчовою фарбою (див. "Натуральні барвники").



Терпінеол



Цинеол



Борнеол

Крім *Curcuma longa*, з 40 видів куркуми, лише три використовують у харчовій промисловості:

– куркума ароматна (*Curcuma aromatica*). Її неправильно називають "індійським шафраном". Використовують у кондитерському виробництві, де цінується вище куркуми довгої;

– куркума зедоарія (*Curcuma zedoaria*), або цитварний корінь – має трохи камфорний аромат і гірко-пекучий смак. Використовують у виробництві лікерів;

– куркума кругла (*Curcuma leucorrhizae*) – рослина, яку використовують для виробництва куркумового крохмалю.

Куркумін розчиняється у жирах, погано у воді. Тому нею приправляють жирні страви (плов, дичину).

До складу ефірних олій куркуми входять не лише терпени та цингіберени, що й імбир, а і сабінен, сесквітерпеновий кетон – турмерон, диметилбензиловий спирт, метилацетилциклогексен тощо.

Кардамон – трав'яниста багаторічна рослина справжній кардамон або зелений кардамон *Elettaria cardamomum*, родина Імбирні (*Zingiberaceae*), плоди, а саме насіння, якої використовують як пряність. Те, що часто називають білим кардамоном, насправді сіамський кардамон *Amomum kervanum*. Чорний кардамон (коричневий, великий, довгий або непальський) походить від виду *Amomum subulatum*.

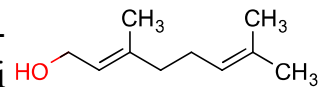
Кардамон має тонкий аромат (присутні лимонні та камфорні нотки). Діючий компонент – терпени лимонен і сабінен, а також терпінеол, цинеол та борнеол. Два останні присутні у вільному стані, так і у вигляді естерів.

Кардамон застосовують у випічці. Додають його в супи і до м'яса, компоти тощо. Використовують у поєднанні із мускатним горіхом для приготування соусу до риби тощо.

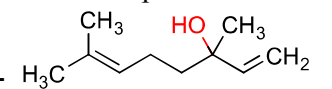
Мускатний горіх та мускатний цвіт (мацис) – прянощі отримують з плодів мускатного дерева – мускатника (*Myristica fragrans*) із родини Мускатникові (*Myristicaceae*).

Мускатний цвіт (мацис, мес) буває кількох сортів, але більше цінуються пенангський та банданський сорти.

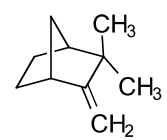
Аромат мускатного горіху і мускатного цвіту забезпечують терпени: дипентен, борнеол, гераніол, ліналоол, камфен і α - β -пі-



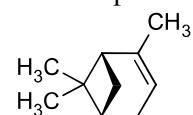
Гераніол



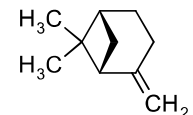
Ліналоол



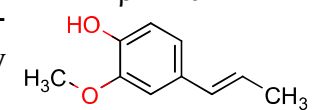
Камфен



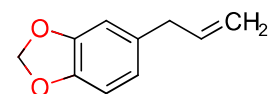
α -Пінен



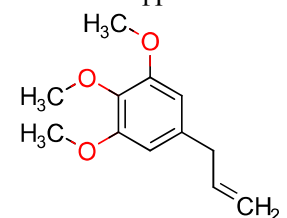
β -Пінен



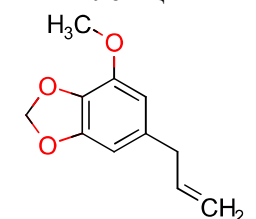
Ізоєвгенол



Сафрол



Елеміцин



Міристицин

нени, сафрол, елеміцин, міристицин, евгенол та ізоевгенол. Евгенол забезпечує аромат гвоздики, але зміна положення подвійного зв'язку призводить до різкого ослаблення гвоздикового аромату та посилення вираженого мускатного. Сполука міристицин, отримала назву назву від родового імені мускатного горіха і, можливо, відповідає за його наркотичну дію. Проте назва *Myristica* дала назву і міристиновій кислоті – $C_{13}H_{27}COOH$. Олія мускатного горіха – це практично чистий тримиристиновий естер гліцерину.

Незважаючи на те, що мускатний горіх і мускатний цвіт мають одне походження (*Myristica fragrans*), але їх аромат відрізняється, що впливає на сфери застосування. В одних стравах ці прянощі використовуються самостійно, в інших – у поєднанні один з одним, причому співвідношення їх може коливатися. Використовують мускатний горіх і мускатний цвіт для приготування солодких страв, птиці, овочів та м'яса, риби, грибних страв тощо.

Духмяний перець – точніше, запашні перці – під такою назвою в торгівлі зустрічаються кілька прянощів, причому жодна з них не має жодного відношення до рослин родини Перцеві (*Piperaceae*). Основною властивістю всіх "запашних перців" є їх підвищений і надзвичайно стійкий аромат.

Ямайський перець (*Pimenta officinalis* або *Pimenta dioica*, гвоздиківий перець, ормуш, англійський перець, пімент) рослина родини Миртові (*Myrtaceae*).

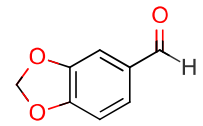
У розтертому вигляді ямайський перець має гарний рівний темно-бежеве забарвлення із червонуватим відтінком. А як пряність ямайський перець поєднує у собі аромати гвоздики, кориці, мускатного горіха та чорного перцю ("катрепис" – чотирипряність). Евгенол, каріофілен та фелландрен – загальні компоненти для цих рослин (чорний перець не містить евгенол). Але своєрідність кожної із прянощів створюється додатковими компонентами. Для ямайського перцю це цинеол, що має евкаліптовий аромат.

Застосовують ямайський перець у приготуванні маринадів, страв з дичини та копченостей, риби, овочевих супів, компотів.

Японський перець (*Zanthoxylum piperitum*, перечник, чуань-цзяо, хуацзе) – чагарник родини Рутові (*Rutaceae*) – має тонкий і водночас сильний аромат, в якому, ніби, присутній аромат цитрусових. Використовують для ароматизації страв із молюсків і ракоподібних (трепанги, морські гребінці, кальмари, голотурії, краби, креветки, лангусти), соусів до рибних салатів і як добавка до зеленого чаю.

Малагета (мелегетський перець, райське зерно, *Aframomum melegueta*) – трав'яниста рослина із родини Імбирні (*Zingiberaceae*). Характеризується пекучим смаком у поєднанні з гострим ароматом. У країнах Африки використовують для приготування м'ясних та овочевих страв, в Америці – для ароматизації лікерів, настоянок, оцтів, в Англії – для ароматизації віскі, бренді та елю.

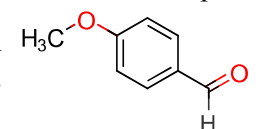
Ваніль – плоди (ісп. *vainilla* – стручочок) ліани родини Зозулинцеві (*Orchidaceae*). Є два ботанічні види, які використовуються для отримання прянощів – Ваніль плосколиста *Vanilla planifolia* (високої якості) та *Vanilla pompona* (низької якості).



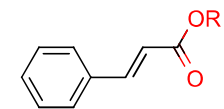
Геліотропін
(піперонал)



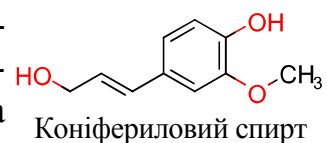
анісовий спирт



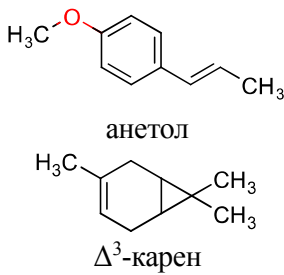
анісовий альдегід



естери коричної
кислоти



Коніферилловий спирт



Недозрілі стручки – позбавлені аромату, ферментовані – набувають аромату та коричневого кольору. При ферментації та дозріванні гідролітичні ферменти розщеплюють глюкованілін, що міститься в стручках. Аналогічно гідролізується інший глікозид, утворений ваніліновим спиртом. Вивільнений ванілінол окиснюється до альдегіду – ваніліну. Аромат ванілі визначається не лише вмістом ваніліну, а і геліотропін (піперонал), анісовий спирт, анісовий альдегід, естери коричної кислоти та ще з десятків інших компонентів.

Використовують для приготування кондитерських виробів, шоколаду, випічки, кремів, суфле, варення, пудингів, компотів; додають у холодні страви, бісквіти, торти тощо. Ванільний аромат відрізняє витримані (15–20 років) коньяки: коніфериловий спирт, що міститься в деревині дубових бочок, окиснюється до ваніліну.

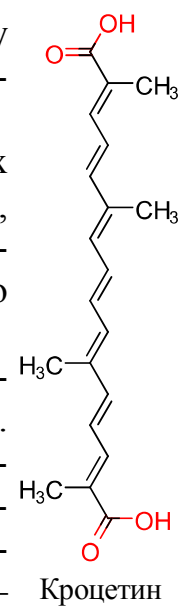
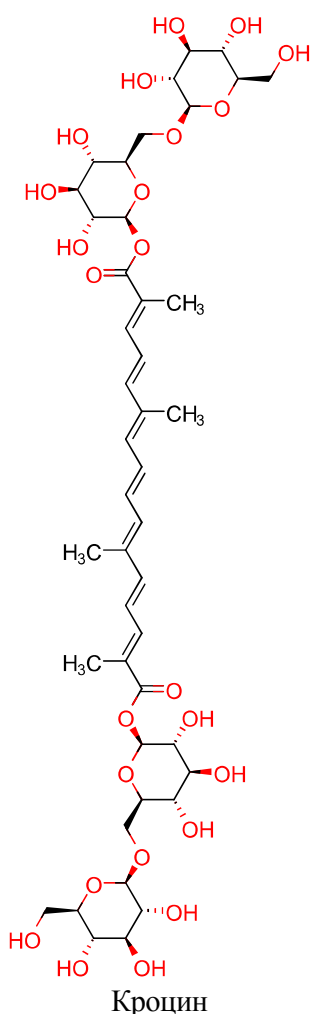
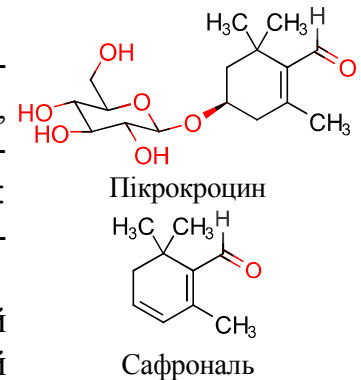
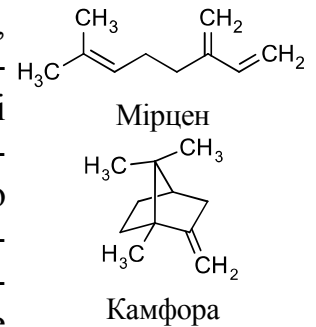
Бодян – (зірчастий, індійський, китайський, сибірський або корабельний аніс) – плоди дерева Бодян справжній (*Illicium verum*) із родини Лимонникові (*Schisandraceae*). Плоди містять ефірну олію, що містить анетол (85-90%), лімонин, цинеол, терпенеол, пінен, Δ^3 -карен, феландрін. Аромат олії пряний та солодкуватий, приємний на смак. При нагріванні – аромат збагачується за рахунок менш летких речовин.

Як прянощі використовують сухі зрілі плоди: у меленому вигляді крупнозернистий порошок. У європейській кухні бодян додають до солодких страв, випічки та напоїв. У Південно-Східній Азії – обов'язкова приправа до м'яса та птиці.

Лавровий лист. Пряність – листя ароматного вічнозеленого дерева або великого чагарнику із зеленим голим (гладким) листям – Лавр благородний (*Laurus nobilis*) із родини Лаврові (*Lauraceae*). Листя містить ефірну олію багату на лауринову кислоту, лауран (ізомер ейкозану), пінен, цинеол, мірцен, лимонен, камфору тощо.

Лавровий лист – традиційна добавка до кислих та солоних страв (смажене та тушковане м'ясо, риба, супи, квасоля, капуста). Оскільки, при тривалому нагріванні з лаврового листа екстрагується гіркота, то його додають до готової страви.

Шафран – багаторічна рослина Шафран посівний (*Crocus sativus*) із родини Півникові (*Iridaceae*). Як пряність використовують приймочки квіток шафрану – висушені, переплутані між собою темно-червоно-бурі та світло-жовті нитки. Чим темніший шафран, тим краще він за якістю. Аромат сильний, смак – гіркувато-пряний. За гіркуватий смак відповідають пікрокроцин та сафрональ.



Шафран не лише пряність, а і гарний та інтенсивний барвник. На сьогодні барвник використовують для підфарбовування вершкового масла, сирів, лікерів і деяких безалкогольних напоїв. Головні барвники - кроцин і кроцетин. Крім кроцину в шафрані містяться каротин і лікопін – жиророзчинні барвники моркви та томатів.

Ефірна олія шафрану не лише впливає на смак їжі, а і покращує її збереження, що особливо важливо у кліматі Південно-Східної та Середньої Азії – місцях традиційного застосування цієї прянощі. Погано поєднується з іншими прянощами і тому не входить до складу пряних сумішей, а вживається у малих дозах майже завжди самостійно.

4.6.4. Підсилювачі смаку та аромату

Підсилювачі (модифікатори) смаку та аромату підсилюють (модифікують) сприйняття смаку та аромату шляхом стимулювання закінчень смакових нервів, хоча самі підсилювачі можуть не мати ні власного запаху, ні смаку. Вони дозволяють посилити, відновити та стабілізувати смак та аромат або його окремі складові, що втрачаються при переробці та зберіганні харчового продукту, а також пом'якшити окремі небажані складові смаку та аромату. До цієї групи належать: похідні глутамінової, гуанілової, інозинової кислот, рибонуклеотиди та похідні мальтолу. Їх внесення в продукти харчування (на стадії технологічного процесу або в їжу перед її вживанням) відновлює, втрачені під час їх промислового приготування або при кулінарній обробці, природні смакові властивості продуктів. Деякі з них мають консервуючу дію.

В Україні дозволено застосування наступні модифікатори смаку:

Глутамінова кислота	E620	5'-Рибонуклеотиди кальцію	E634
Глутамат натрію 1-заміщений	E621	5'-Рибонуклеотиди натрію 2-заміщені	E635
Глутамат калію 1-заміщений	E622	Мальтол	E636
Глутамат кальцію	E623	Етилмальтол	E637
Глутамат амонію 1-заміщений	E624	Гліцин	E640
Глутамат магнію	E625	L-лейцин	E641
Гуанілова кислота	E626	Лізин гідрохлорид	E642
5'-Гуанілат натрію 2-заміщений	E627	Сукралоза	E955
5'-Гуанілат калію 2-заміщений	E628	Тауматин	E957
5'-Гуанілат кальцію	E629	Гліциризин	E958
Інозинова кислота	E630	Неогесперидин дигідрохалкон	E959
5'-Інозинат натрію 2-заміщений	E631	Протеази	E1101
Інозинат калію	E632	Ліпази	E1104
5'-Інозинат кальцію	E633	Ванілін	

Глутамінова кислота (E620, E-620, L-глутамінова кислота, L- α -аміноглутарова кислота, L-glutamic acid, L-2-amino-pentanedioic acid, L- α -aminoglutaric acid, L-(+)-glutamic acid);

Глутамат натрію (E621, E-621, глутамат натрію, L-глутамат натрію, «китайська сіль», 2-амінопентадіоат натрію, сіль мононатрієва, глутамінат натрію, глутамат натрію, monosodium L-glutamate, MSG);

Глутамат калію однозаміщений (E622, E-622, L-глутамат калію, глутамат калію, глутамінат калію, 2-амінопентадіоат калію, monopotassium L-glutamate, potassium glutamate, MPG);

Диглутамат кальцію (E623, E-623, L-глутамат кальцію, диглутамат кальцію, глютамат кальцію, глутамінат кальцію, 2-амінопентадіоат кальцію, calcium glutamate, monocalcium di-L-glutamate);

Глутамат амонію однозаміщений (E624, E-624, глютамат амонію, глутамат амонію, L-глутамат амонію, глутамінат амонію, 2-амінопентадіоат амонію, monoammonium L-glutamate, ammonium gluta);

Глутамінат магнію (E625, E-625, магнію глютамат, L-2-амінопектадіоат магнію, 2-амінопентадіоат магнію, глутамат магнію, magnesium di-L-glutamate, magnesium glutamate) – білі або безбарвні кристали, можливий як кристалічний порошок. Кислота погано, а її солі – добре розчинні у воді, погано або практично не розчинні в етанолі. Без запаху, мають характерний смак. Отримують глутамінову кислоту та її солі шляхом мікробіологічного синтезу.

Кислота та її солі стимулюють закінчення смакових нервів, підсилюють смакові відчуття, до появи "почуття задоволеності" (глутаміновий ефект). Стимулююча дія харчової добавки E620 та її солей E620–25 має вибірковий характер: більше посилює гіркий і солоний смак, найменше – солодкий.

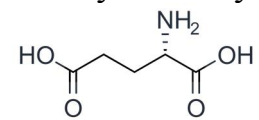
Глутаміновий ефект спостерігається в свіжозібраних фруктах і овочах, свіжому м'ясі та деяких інших продуктах, присутність в яких невеликих кількостей глутамінової кислоти та її солей впливає на смак та аромат. Зниження вмісту глутамінової кислоти та її похідних при зберіганні свіжих продуктів, їх переробки впливає на смак та аромат цих продуктів. Додаткове внесення глутамінової кислоти або її натрієвої солі, частково відновлює смак. Оптимальний вплив глутамінової кислоти та її солей спостерігається в слабокислому середовищі (рН 4-6,5), при подальшому зниженні рН спостерігається зменшення "глутамінового ефекту" аж до повного його зникнення. Похідні глутамінової кислоти мають стабілізуючу дію, сповільнюють окиснення жирів у продуктах тваринництва, маргариновій продукції тощо.

Добавку E620 використовують як підсилювач смаку харчових продуктів: бульйонів, кулінарних виробів, напівфабрикатів та продуктів швидкого приготування. Не рекомендується використовувати у дитячому харчуванні.

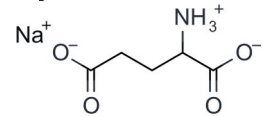
Підсилювач смаку та аромату E-621 додають у консервовані страви, концентрати готових перших та других страв, призначених для швидкого приготування. Також він присутній у рибних та м'ясних консервах, паштетах, чіпсах, соусах, крекерах, майонезах, кетчупах та інших готових продуктах з додаванням солі.

Добавку E-622 застосовують для посилення смаку та аромату сухих бульйонів, великої кількості кулінарних страв та виробів, продуктів харчування швидкого приготування та снєків – чіпсів, сухариків, м'ясних та рибних консервів.

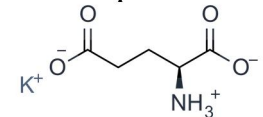
Добавка E623 використовується в ролі підсилювача смаку та запаху. Її додають у готові бульйони, низку кулінарних виробів, напівфабрикати, сухі обіди, продукти



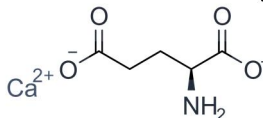
Глутамінова кислота



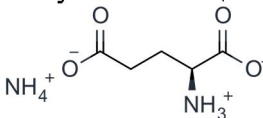
Глутамат натрію 1-заміщений



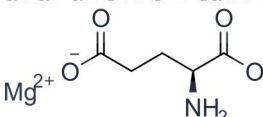
Глутамат калію 1-заміщений



Глутамат кальцію



Глутамат амонію 1-заміщений



Глутамат магнію

швидкого приготування, снеки. Також E623 знаходиться в деяких прянощах та приправах, призначених для роздрібної торгівлі.

Добавка E624 використовується дуже мало, останнім часом у продуктах харчування майже не зустрічається. Через низьку практичну цінність і можливі негативні наслідки для здоров'я, добавка E-624 заборонена для використання в харчовій індустрії на території деяких країн.

Харчова добавка E-625 практично не застосовується. Раніше глутамат магнію був присутній у деяких видах консервованих продуктів (м'ясні та рибні консерви, паштети, вермішель та супи, призначені для швидкого приготування).

Організм розпізнає глутамінову кислоту та її солі як нуклеїнову кислоту, яка вона всмоктується та метаболізується. Дані харчові добавки здатні викликати "синдром китайського ресторану". Він проявляється у загальній слабкості, прискореному серцебитті, тимчасовій втраті чутливості в області спини та потилиці. Може провокувати втрату зору та витончення очної сітківки. Приводить до глаукоми. За останніми даними зарубіжних джерел, при тривалому вживанні глутамінової кислоти та її солей може призвести до ряду захворювань, таких як: хвороба Альцгеймера, аутизм, синдром дефіциту уваги, діабет, синдром гіперактивності, мігрень тощо. Заборонена для вживання вагітними та жінками у період лактації, а також протипоказана для використання при виготовленні дитячого харчування.

Гуанілова кислота (E626, E-626, нуклеїнова кислота, рибонуклеїнова кислота, 5'-гуанілова кислота, 5'-guanylic acid, GMP);

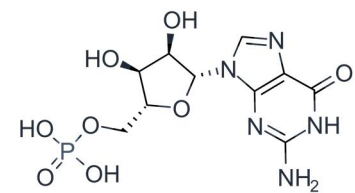
Гуанілат натрію двозаміщений (E627, E-627, рибонуклеотид натрію, нуклеотид натрію, GMP, disodium 5'-guanylate, sodium guanilate);

5'-Гуанілат калію (E628, E-628, нуклеотид калію, рибонуклеотид калію, dipotassium 5'-guanilate);

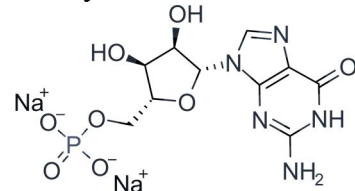
5'-Гуанілат кальцію (E629, E-629, рибонуклеотид кальцію, нуклеотид кальцію, calcium 5'-guanylate) – гуанілова кислота та її солі безбарвні або білі кристали або безбарвний чи білий кристалічний порошок, без запаху, але має специфічний смак. Кислота посередньо, а її солі добре розчинні у воді, посередньо розчинні в етанолі, абсолютно не розчинні в ефірі. У природі міститься у тканинах різних грибів, тварин і риб (переважно морських). Отримують гуанілову кислоту та її солі у промисловості з екстракту дріжджів ферментацією глюкози. Мають значно сильніший (в 200-250 разів) "смаковий" ефект, ніж похідні глутамінової кислоти (найбільш ефективний 5'-динатрій гуанілат)

Останнім часом добавка E626 у харчовій індустрії використовується не активно. В основному її додають до соусів, різних готових закусок, консервованих продуктів, супів і вермішелі швидкого приготування.

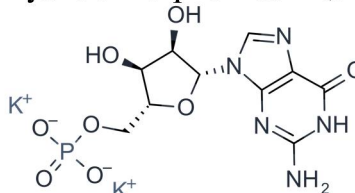
Ефект посилення смаку та запаху при використанні добавки E-627 у десятки разів вищий, ніж при використанні глутамату натрію E621. Тим не менш, добавку E627



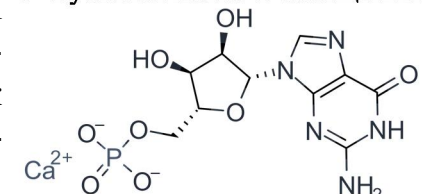
Гуанілова кислота



5'-Гуанілат натрію 2-заміщений



5'-Гуанілат калію 2-заміщений



5'-Гуанілат кальцію

оптимально застосовувати у суміші з інозинатом та глютаматом натрію. Це надає продуктам більш гармонійний та природний смак. Застосовують при виробництві ковбасних виробів, різноманітних м'ясних продуктів, супів та макаронів швидкого приготування, чіпсів, сухариків, деяких кондитерських виробів та овочевих консервів.

Добавку E628 у харчовій індустрії використовують мало. В основному застосовують суміш інозіату та гуанілату натрію. 5'-Гуанілат калію додавали при виготовленні супів та макаронів швидкого приготування, соусів, чіпсів, різних снєків та консервів.

У харчовій індустрії E629 використовують рідко. Зазвичай для посилення смаку та запаху застосовують інозинат та гуанілат натрію. 5'-Гуанілат кальцію може бути присутній у деяких прянощах, приправах, м'ясних і ковбасних виробках, супах і макаронах швидкого приготування, напівфабрикатах, м'ясних та рибних консервах.

Гуанілову кислоту а її солі не рекомендують вживати людям, які страждають на бронхіальну астму, алергікам, вагітним і жінкам у період лактації. Добавки E626–29 можуть викликати яскраво виражені алергічні реакції: провокують астматичні напади у хворих на бронхіальну астму; часто є причиною виникнення кропив'янки, зневоднення, безсоння, а також ревматизму та подагри; заборонено застосовувати у дитячому харчуванні, оскільки є причиною гіперактивності дітей.

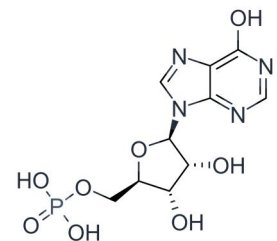
Інозинова кислота (E630, E-630, нуклеїнова кислота, рибонуклеїнова кислота, 5'-inosinic acid, IMP);

Інозинат натрію двозаміщений (E631, E-631, сіль натрієва 5'-інозинової кислоти, нуклеотид натрію, рибонуклеотид натрію, IMP, disodium 5'-inosinate, sodium inosinate);

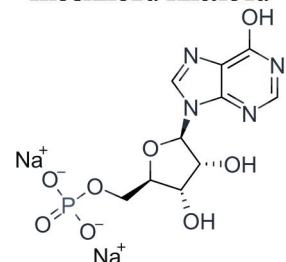
Інозанат калію двозаміщений (E632, E-632, калієва сіль 5'-інозинової кислоти, рибонуклеотид калію, нуклеотид калію, dipotassium 5'-inosinate);

5'-Інозинат кальцію (E633, E-633, нуклеотид кальцію, рибонуклеотид кальцію, кальцієва сіль 5'-інозинової кислоти, calcium 5'-inosinate) – безбарвний або білий порошок кристалічної структури, або білі або безбарвні кристали, без специфічного запаху, має характерний виражений смак. Кислота посередньо, а її солі добре розчинні у воді, посередньо розчинні в етанолі, абсолютно не розчинні в ефірі. У природі інозинова кислота та її солі містяться в різних грибах, а також тканинах тварин і риб, в основному морських. У харчовій промисловості одержують при ферментації глюкози з риби (найчастіше це сардини) або м'яса, також виробляють із ферментів цукру. Інозинова кислота та її солі мають більший "смаковий ефект", ніж солі глютамінової кислоти. Найбільш ефективний – динатрій 5'-інозинат (~45-50 разів).

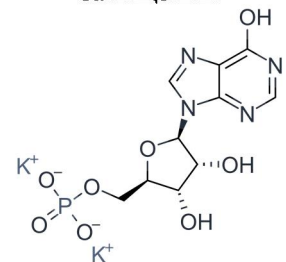
Інозинову кислоту в харчовій промисловості практично не використовують. Зазвичай роль модифікатора смаку та запаху відіграє суміш інозинату та гуанілату на-



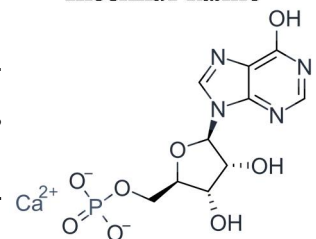
Інозинова кислота



5'-Інозинат натрію 2-заміщений



Інозинат калію



5'-Інозинат кальцію

трію. В основному добавку Е-630 використовують як підсилювач аромату. Найчастіше застосовують при виготовленні бульйонів та супів швидкого приготування, додають до деяких приправ та спецій, призначених для роздрібного продажу.

Інозинат натрію двозаміщений посилює смакові та ароматичні властивості продуктів, які були частково або повністю втрачені після термічної обробки або зберігання. У чистому вигляді практично не використовують. Зазвичай це суміш інозинату та гуанілату натрію, з часткою глутамату. Використовують у м'ясних виробках, ковбасах, сосисках, консервах, а також у супах та бульйонах швидкого приготування.

У харчовій промисловості добавка Е-632 практично не використовується. Зрідка використовують при виробництві бульйонів та сухих супів швидкого приготування; деяких видів картопляних чіпсів, підлив і соусів, сухих закусок з рису. Зазвичай застосовують суміш інозинату та гуанілату натрію.

У харчовій індустрії Е633 використовують мало. Зазвичай застосовують суміш інозинату і гуанілата натрію при виготовленні продуктів харчування швидкого приготування (бульйони, вермішель, супи), напівфабрикатів (м'ясні, рибні та овочеві), консервів, снєків і закусок.

Добавки можуть принести шкоду, тому необхідно обережним алергікам, людям, які страждають на подагру і ревматизм, астматикам. Встановлено, що добавки можуть стати причиною розвитку кишкових та шлункових розладів різного ступеня. Також вживання продуктів, що містять добавки, не рекомендується алергікам, вагітним та жінкам у період лактації, також його необхідно виключати з дитячого меню.

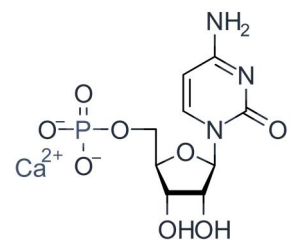
5'-Рибонуклеотиди кальцію (Е634, Е-634, нуклеотиди кальцію, calcium nucleotides, calcium 5'-ribonucleotides);

5'-Рибонуклеотиди натрію (Е635, Е-635, нуклеотиди натрію, sodium 5'-ribonucleotides, sodium nucleotides) – білі або безбарвні кристали, або білуватий або чисто білий кристалічний порошок, не має певного запаху, має характерний і специфічний смак, добре розчинні у воді, посередньо в етанолі, практично не розчинні в ефірі. У природі знаходиться у різних видах грибів, у тканинах тварин та риб, переважно морських. У промисловості одержують ферментацією глюкози.

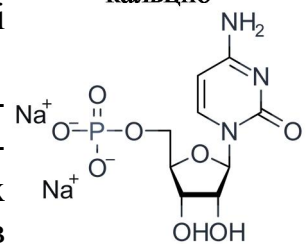
У харчовій індустрії Е634 використовують мало, в основному застосовують суміш глутамату, гуанілату та інозинату натрію. Якщо в Е634 все ж таки використовується, то в продуктах швидкого приготування (супи, макарони, заправки та соуси), в снєках, чіпсах, сухариках, готових м'ясних виробках, в м'ясних, рибних та овочевих консервах.

Рибонуклеотид натрію Е635 посилює втрачені при термічній обробці аромат та смак продукту, надає продуктам м'який та гармонійний смак. Додають у м'ясні вироби, різні ковбаси, сосиски, супи, бульйони та макарони швидкого приготування, деяку кондитерську продукцію.

Харчові добавки можуть спричинити кишкові та шлункові розлади різного ступеня тяжкості; можуть спровокувати алергічну реакцію, у хворих на бронхіальну астму – не купований напад задухи; погіршує загальний стан людей, які страждають на



5'-Рибонуклеотиди кальцію

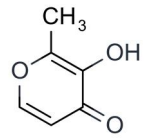


5'-Рибонуклеотиди натрію 2-заміщені

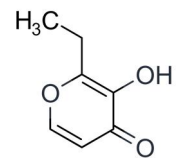
подагру та ревматизм. Також не рекомендується вживати продукти, що містять харчові добавки, маленьким дітям, вагітним та жінкам у період лактації. Через виявлені шкідливі властивості, модифікатор смаку та запаху E635 заборонено до використання в харчовій індустрії деяких країн ЄС.

Мальтол (E636, E-636, палатон, пралінол, maltol);

Етилмальтол (E637, E-637, етиловий мальтол, ethylmaltol) – порошки кристалічної структури, чистого білого кольору або брудно-білого, мають характерний карамельно-фруктовий аромат і солодкий, фруктовий смак. E636 посередньо розчиняється у воді, гліцерині, етанолі та хлороформі, E637 добре розчиняється в етанолі та хлороформі, посередньо – у Етилмальтол воді. У природі міститься в паленому цукрі, молоці, солоді, цикорії, голках дерев хвойних порід (особливо – сибірської ялиці), хлібній шкоринці. Також утворюється при карамелізації цукру. У промисловості отримують лужним гідролізом солей стрептоміцину, а також хвойних голок.



Мальтол

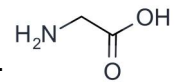


Мальтол – один з перших ароматизаторів, виявлених у хлібі, застосовують у хлібопекарстві, борошняних кондитерських виробках. Мальтол і етилмальтол – більшою мірою ароматизатори, ніж підсилювачі і модифікатори смаку. Застосовують для посилення смаку солодких продуктів харчування, має широкий спектр застосування в кондитерській галузі (різні есенції, шоколад, випічка, охолоджувальні напої), а також у хлібо-булочних виробках, овочевих та фруктових консервах, чаю, какао, тютюні і каві, кисломолочних продуктах, морозиві. У низькокалорійній молочній та кисломолочній продукції створюють ефект жирності та багатства смаку, пом'якшує гостроту і приглушує різкість оцтової кислоти.

Добавки є потенційно небезпечними для здоров'я людини. Більшість країн Європи відмовилися від використання цього ароматизатора та підсилювача смаку.

Інші сполуки: *гліцин*, *L-лейцин*, *лізин* і *бензойна смола* мають обмежене застосування.

Гліцин та його солі натрію (E640, E-640, аміноетанова кислота, глікокол, амінооцтова кислота, Gly, glycine) – безбарвні кристали або кристаличний порошок без кольору та запаху, добре розчинний у воді, нерозчинний у спирті та ефірі. У природі міститься у всіх живих організмах. У промисловості одержують взаємодією амоніаку з хлороцтовою кислотою.



Гліцин

Використовують як оптимізатор смаку та запаху напоїв, в основному алкогольних; ароматизатор, м'яко солодкий і протистійть присмаку сахарину, виявляє консервуючі властивості, можливо, завдяки утворенню комплексу з йонами металів (гліцин та сульфат заліза беруть участь у збагаченні солі іонами заліза, а сполуку кальцію та гліцину використовують для збагачення кальцієм напоїв).

У поодиноких випадках гліцин може викликати алергічну реакцію. Добавка E640 виступає регулятором обмінних процесів в організмі, приводить у дію захисне загальмовування ЦНС, знижує психічну та емоційну напругу, благотворно позначається на розумовій працездатності. Помічено, що гліцин покращує настрій, полегшує засинання, наводить ритм сну до норми. Дослідження показали, що гліцин може знижувати токсичні та руйнівні дії алкоголю на нервову систему.

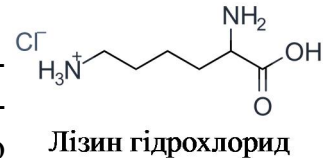
L-лейцин (E641, E-641, L- α -амінокапронова кислота, Leu, L-leucine) – безбарвний або білий кристалічний порошок. Обмежено розчинний у воді і етанолі, нерозчинний в ефірі. У промисловості одержують з ациламіномалонату або ізовалеріанового альдегіду.



У харчовій галузі використовують як модифікатор аромату і смаку готових бульйонів, великої кількості кулінарних виробів, цілого ряду продуктів швидкого приготування, таких як супи, макарони, картопляне пюре; ковбасних та м'ясних виробів, консервів.

У багатьох країнах ЄС добавка заборонена для застосування у харчовій галузі. Дослідження показали, що E641 призводить до деградації м'язових тканин, пригнічує центральну нервову систему, провокує неврологічні розлади.

Лізин гідрохлорид (E642, E-642, моногідрохлорид L- α , ϵ -діаміно-*n*-капронової кислоти, Lys, моногідрохлорид L-2,6-діаміногексанової кислоти, lysine hydrochloride) – порошок бежевого кольору. Добре розчиняється у воді. У промисловості отримують при амінуванні α -галогенкапролактаму або за мікробіологічним синтезом. Одержують з м'яса, риби, пшеничної зав'язі, молочних продуктів, овочів, жита, фруктів.



У харчовій індустрії застосовують як підсилювач і модифікатор смаку і запаху при виробництві макаронних, хлібобулочних та кондитерських виробів, таким чином поповнюючи дефіцит білка у продуктах. Найбільше його у пиві та інших алкогольних та безалкогольних напоях.

Лабораторні дослідження показали, що нестача лізину є однією з причин розвитку імунодефіциту. Лізин підтримує здоров'я серцевого м'яза, утримує на необхідному рівні енергію організму; бере участь у процесі відновлення тканин та формуванні колагену, засвоєнні кальцію та транспорту із крові у кісткові тканини; уповільнюється пошкодження кристалика ока, зокрема у людей, хворих на діабет.

До солоних речовин відносять натрій хлорид (кухонну сіль) – харчова добавка, яка поліпшує смакові властивості харчових продуктів. Консервант. Знаходить широке застосування в багатьох галузях харчової промисловості. Відіграє важливу роль у підтримці водно-сольового обміну в організмі.

Запитання для самоконтролю з теми “ХАРЧОВІ ДОБАВКИ”

1. Що таке харчова добавка?
2. Що таке інгредієнти?
3. Які ви знаєте види харчових добавок та інгредієнтів?
4. Як класифікують харчові добавки?
5. Як класифікують інгредієнти?
6. Які ви знаєте основні характеристики добавок?
7. Навіщо використовують харчові добавки?
8. Назвіть, як отримують ферментні препарати?

РОЗДІЛ V. ВІТАМІНИ ТА МІКРОЕЛЕМЕНТИ

5.1. Вітаміни та вітаміноподібні речовини

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки різноманітної хімічної природи, які не синтезуються або синтезуються у малих кількостях в організмі людини та більшості тварин. Вони надходять з їжею і необхідні для каталітичної активності ферментів, які визначають перебіг біохімічних і фізіологічних процесів у живому організмі. Вітаміни належать до незамінних мікрокомпонентів їжі на відміну від макрокомпонентів – білків, ліпідів і вуглеводів.

Вітаміни поділяють на *водо-* і *жиророзчинні*.

До *водорозчинних* належать вітаміни С, групи В, Р і РР, до *жиророзчинних* – вітаміни А, D, Е і К.

Виокремлюють також групу *вітаміноподібних речовин*, до яких належать холін, інозит, вітамін П, карнітин, оротова, пангамова (вітамін В₁₅) і параамінобензойна кислоти, вітамін Р.

Потреба людини у вітамінах залежить від її віку, стану здоров'я, характеру діяльності, пори року, вмісту в їжі основних макрокомпонентів харчування.

Розрізняють три ступені забезпечення організму вітамінами:

- авітаміноз – вітаміни відсутні повністю;
- гіповітаміноз – недостатність вітамінів, іноді відсутність якого-небудь одного чи кількох вітамінів;
- гіпервітаміноз – надлишкове їхнє надходження.

Найчастіше настає гіповітаміноз, особливо в зимовий і весняний періоди. Авітамінози є причиною серйозних захворювань, найчастіше з летальним кінцем. Потенційна токсичність надлишку в організмі жиророзчинних вітамінів різна. Жиророзчинні вітаміни можуть накопичуватися в жировій тканині, підвищена їх доза, внаслідок надмірного споживання продуктів чи додаткового приймання препаратів вітамінів, може призвести до появи симптомів токсичної дії.

Водорозчинні вітаміни в організмі не накопичуються, оскільки їх надлишок виводиться з організму. Але передозування цих вітамінів несе небезпеку. Наприклад, ніацин, надлишок якого спричиняє ушкодження печінки, і вітаміну В₆, передозування якого призводить до порушень нервової системи.

5.1.1. Жиророзчинні вітаміни

Вітамін А (ретинол) – група близьких за хімічною будовою речовин, яка включає ретиноїди: ретинол (вітамін А₁, аксерофтол), дегідроретинол (вітамін А₂), ретиналь (ретинен, альдегід вітаміну А₁), ретиноєву кислоту і кілька провітамінів – каротиноїдів, серед яких найважливішим є β-каротин. Усі ці речовини добре розчиняються в неполярних органічних розчинниках і погано розчиняються у воді. Необхідний для нормального зору, росту, клітинної диференціації, відтворення і цілісності імунної системи. Депонуються в печінці, здатні накопичуватися в тканинах. Ретиноїди містяться в продуктах тваринного походження, а каротиноїди – у рослинних продуктах. Попередниками вітаміну А є каротиноїди – речовини-барвники, що зумовлюють колір моркви, гарбуза, грейпфрута, а також томатів і таких плодів, як абрикоси, манго, папайя. У разі передозування ретиноїдами може виникнути токсичність.

Із 500 відомих каротиноїдів близько 50 можуть перетворюватися в організмі на вітамін А. Найважливішим серед них є β-каротин. З нього в організмі утворюються дві молекули ретинолу.

Добова потреба організму у вітаміні А становить 1,0-2,5 мг чи 6 мг каротину.

Потреба у вітаміні зростає під час вагітності, лактації, захворювань кишечника, підшлункової залози, печінки і жовчовивідних шляхів.

За гіповітамінозу А з'являється сухість шкіри та слизових оболонок, розвивається «куряча сліпота» (різке погіршення зору в сутінках), сповільнюється ріст кісток і зубів, знижується резистентність організму.

Ознаки гіпервітамінозу А – головний біль, блювота, облісіння, пересихання слизової оболонки, порушення в кістковій тканині і ураження печінки. Зазвичай ці ознаки з'являються тільки після хронічного приймання доз ретинолу, які перевищують 15 мг для дорослих і 6 мг для дітей на добу. Однак треба зазначити, що надлишок β-каротину не небезпечний. Єдиний побічний ефект підвищених доз β-каротину, на відміну від вітаміну А, – поява жовтуватого відтінку шкіри, особливо помітного на долонях і ступнях. У поєднанні з алкоголем добавки β-каротину можуть спричинити перевантаження печінки.

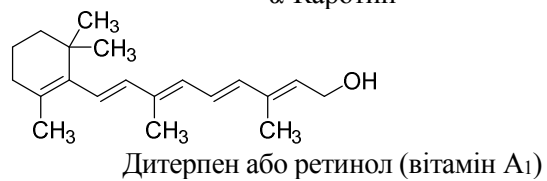
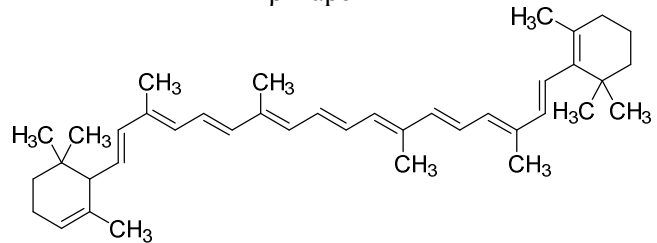
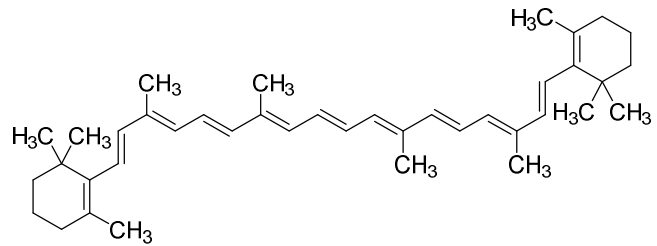
Біологічна роль каротину в організмі обумовлена тим, що він не лише є попередником вітаміну А, а й виявляє антиоксидантні властивості. Ступінь засвоєння каротину залежить від виду продукту і способу його кулінарної обробки. Так, із нарізаної великими шматками моркви засвоюється 5% каротину, із дрібно натертої -20%, а за додавання до неї рослинної олії або сметани – близько 50%.

Вміст вітаміну А в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

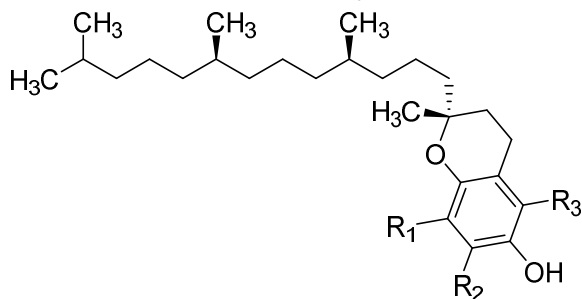
Вміст вітаміну А в харчових продуктах

Вміст, мкг/100 г			
Бараняча печінка	30,3	Абрикоси	1620
Яловича печінка	26,34	Капуста брокколі	1500
Червоний перець чилі	13,5	Зелена цибуля	1200
Печінка курчати	12,96	Папайя	1050
Морква	7,26	Персики	990
Сушені абрикоси	6,6	Сушений чорнослив	960
Петрушка	6,54	Гарбуз	960
Шпинат	5,1	Збиті вершки	924
Манго	4,86	Яйця	708
Червоний солодкий перець	2,88	Вишня	600
Цикорій	1980		



Токофероли (вітамін Е) – клас метильованих фенолів, які виявляють активність вітаміну Е, яку було виявлено за фактором плодючості в раціоні щурів, його назвали токоферол, від грецького τόκος τόκος «народження» та φέρειν phérein. «виносити або нести», тобто «виносити вагітність», із закінченням -ol – спирт. Токотрієноли, які є спорідненими сполуками, також мають активність вітаміну Е. Усі ці різноманітні похідні з вітамінною активністю можна правильно назвати «вітаміном Е». Токофероли та токотрієноли є жиророзчинними антиоксидантами, але також вони виконують багато інших функцій в організмі.

Вітамін Е основний представник групи антиоксидантних вітамінів, який сприяє сповільненню окисних процесів, стимулює м'язову діяльність, перешкоджає окисненню вітаміну А.



α-токоферол, $R^1 = R^2 = R^3 = \text{CH}_3$

β-токоферол, $R^1 = R^3 = \text{CH}_3; R^2 = \text{H}$

γ-токоферол, $R^1 = R^2 = \text{CH}_3; R^3 = \text{H}$

δ-токоферол, $R^1 = R^2 = R^3 = \text{H}$

Потреба у вітаміні Е підвищена у людей, які проживають на забруднених радіонуклідами територіях, оскільки, своєю антиоксидантною дією, зменшує негативну дію радіонуклідів. Він є метаболітом, який необхідний для нормального розвитку і функціонування статевої системи у людини, оскільки впливає на репродуктивні органи; посилює імунітет; сприяє внутрішньому і зовнішньому рубцюванню в місцях розрізів після хірургічного втручання тощо.

Фізіологічна потреба становить для дорослих 10 мг, для дітей – 3-15 мг на добу, але їх засвоєння залежить від характеру і кількості жирів у раціоні. Щодоби людина отримує з їжею ~20-30 мг токоферолу, а всмоктується в кишківнику лише 50%.

Гіповітаміноз вітаміну Е спостерігається за умови перевантаження раціону поліненасиченими жирними кислотами, великого фізичного навантаження, штучного вигодовування грудних дітей, у хворих з ураженнями системи травлення тощо.

Гіпервітаміноз, при споживанні вітаміну Е в дозі 150 мг і більше, спричиняє втому, слабкість, надмірну швидкість згортання крові.

Вміст токоферолу в деяких харчових продуктах наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

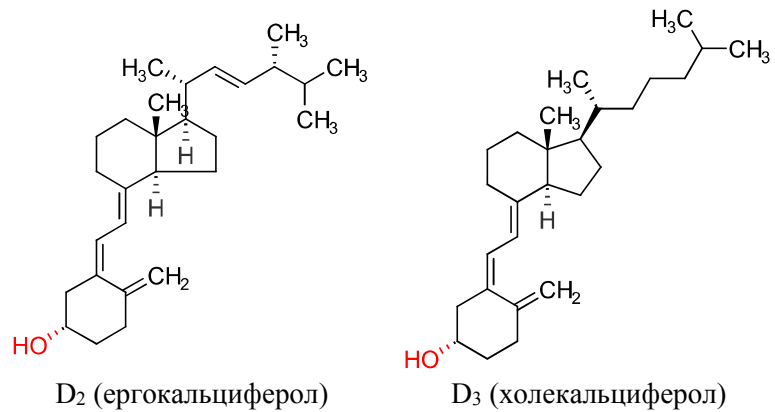
Вміст вітаміну Е в харчових продуктах

Вміст мкг/100 г			
Пшенична олія	2700	Пшеничні висівки	37,5
Соняшникова олія	1100	Лосось	31,25
Мигдальна олія	600	Житнє зерно	28,75
Кукурудзяна олія	562,5	Житній хліб	27,5
Кунжутова олія	362,5	Горіхи пекан	23,75
Пророщена пшениця	275	Житні крекери	23,75
Арахіс	225	Хліб із цільних зерен пшениці	17,5
Оливкова олія	225	Морква	12,5
Соєва олія	175	Горох	12,375
Смажений арахіс	162,5	Волоські горіхи	11,5

Арахісова олія	137,5	Банани	11
Вершкове масло	107,5	Яйця	10,375
Шпинат	40	Помідори	9
Вівсяна крупа	37,5	Баранина	3,625

Вітамін D (кальциферол) – це група жиророзчинних секостероїдів – є регулятором кальцієво-фосфорного обміну, сприяє всмоктуванню кальцію, магнію та фосфату і відкладенню його в кістках та багато інших біологічних ефектів. У людини найважливішими сполуками цієї групи є вітамін D₃ (холекальциферол) і вітамін D₂ (ергокальциферол).

Основним природним джерелом вітаміну є синтез холекальциферолу в нижніх шарах епідермісу шкіри за допомогою хімічної реакції, яка залежить від впливу сонця (зокрема, УФ-випромінювання), тому вітамін D називають «вітаміном сонячного світла». Засмагла шкіра, створюючи фільтр для променів, запобігає надмірному виробленню вітаміну D. Холекальциферол та ергокальциферол можна вживати з їжею та добавками. Лише деякі продукти, такі як м'ясо жирної риби, природно містять значну кількість вітаміну D.



Вітамін D, що надходить з їжі або синтезується шкірою, є біологічно неактивним. Він активується двома етапами гідроксилування білкового ферменту, перший у печінці, а другий у нирках. Оскільки вітамін D може синтезуватися в достатній кількості більшістю ссавців, він не є необхідним і тому технічно не є вітаміном. Натомість його можна вважати гормоном, з активацією прогормону вітаміну D, що призводить до утворення активної форми кальцитріолу, який потім впливає на ядерні рецептори в багатьох місцях.

Холекальциферол перетворюється в печінці на кальцифедіол (25-гідроксихолекальциферол); Ергокальциферол перетворюється на 25-гідроксіергокальциферол. Кальцифедіол додатково гідроксильоється нирками та деякими клітинами імунної системи з утворенням кальцитріолу (1,25-дигідроксихолекальциферолу), біологічно активної форми вітаміну D. Кальцитріол циркулює як гормон в крові, відіграючи основну роль у регуляції концентрації кальцію та фосфату, а також сприяння здоровому росту та ремоделюванню кісток. Кальцитріол також має інші впливи, зокрема на ріст клітин, нервово-м'язову та імунну функції та зменшення запалення. Добавки вітаміну D дають для лікування або профілактики остеопорозу та рахіту. За винятком профілактики рахіту та остеопорозу в групах ризику, будь-яка користь від добавок вітаміну D для опорно-рухового апарату чи загального здоров'я може бути незначною.

Добова потреба у вітаміні D становить до 0,01 мг.

Недостатність кальциферолу призводить до рахіту. У дорослих різновид цього захворювання називають остеопорозом (демінералізація кісток) або остеопорозом (розм'якшення кісток).

Надлишок вітаміну D в організмі дуже небезпечний, оскільки при передозуванні кальциферолу розвивається метастатичне зневапнювання м'яких тканин, у тому числі

артерій, відкладенням у них солей кальцію, що призводить до смерті. Тяжкий гіпервітаміноз D розвивається в дітей після приймання більш як 75 мг вітаміну.

Токсична дія надлишку кальциферолу проявляється лише за умови приймання екзогенних природних джерел, наприклад, риб'ячого жиру, або препаратів вітаміну.

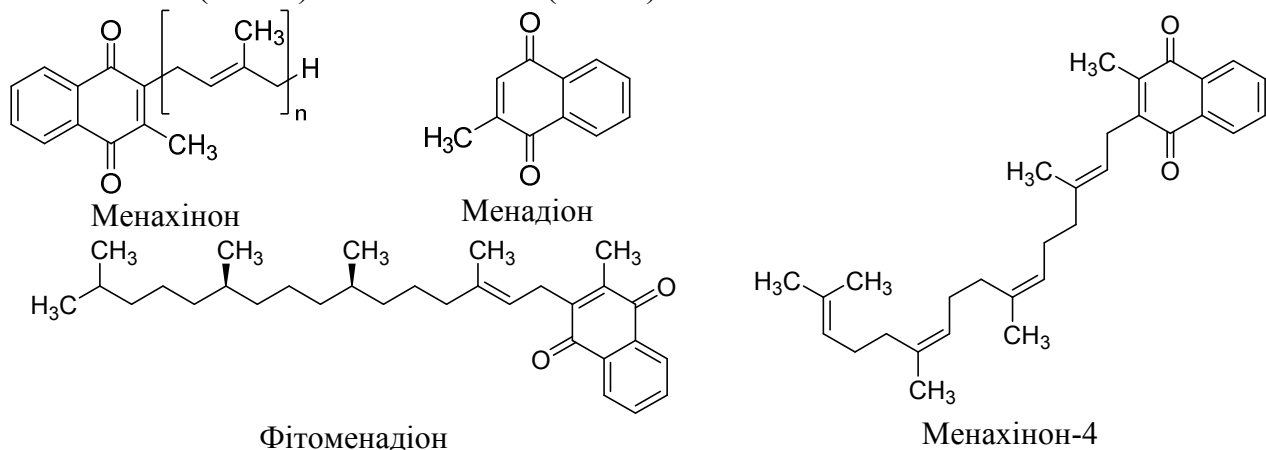
Вміст вітаміну D в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Вміст вітаміну D в харчових продуктах

мкг/100г			
Варений яєчний жовток		1,75	
Яловича печінка, варена, тушкована		1,25	
Риб'ячий жир, наприклад риб'ячий жир		250,0	
Лосось, рожевий, варений, сухе тепло		130,0	
Скумбрія, тихоокеанська		11,5	
Тунець, консервований в олії		6,75	
Сардини, консервовані в олії, злити		4,75	
<i>Cladonia arbuscula</i> (лишайник)	вітамін D ₃	1,68–5,1	67,5–205
	вітамін D ₂	0,55–1,375	220–55
<i>Agaricus bisporus</i> (звичайний гриб): D ₂ + D ₃			
Портобелло	Сирий	$8 \cdot 10^{-3}$	0,25
	Під впливом УФ	0,28	11,15
Криміні	Сирий	$3 \cdot 10^{-3}$	0,075
	Під впливом УФ	8,0	32,0

Вітамін К належить до структурно подібних жиророзчинних вітамінів, що включає похідні 2-метил-1,4-нафтохінону(3-) та включає два природних вітаміни: вітамін К₁-ряду (філохінон) і вітамін К₂-ряду (менахінон). Вітамін К₂, у свою чергу, складається з ряду споріднених підтипів з різною довжиною бічних вуглецевих ланцюгів, утворених ізопреноїдними групами атомів. Двома найбільш вивченими є менахінон-4 (МК-4) і менахінон-7 (МК-7).



Бере участь у процесах згортання крові – у синтезі в печінці функціонально активної форми білка – протромбіну, який необхідний для для постсинтезної модифікації певних білків, необхідних для згортання крові (К від нім. Koagulation, «згортання») або для контролю зв'язування кальцію в кістках та інших тканинах.

Людському організму потрібен вітамін К. Повний синтез включає остаточну модифікацію цих так званих «білків Gla» ферментом гамма-глутамілкарбоксилаза, яка використовує вітамін К як кофактор. Наявність некарбоксильованих білків свідчить про дефіцит вітаміну К. Карбоксилювання дозволяє їм зв'язувати (хелатувати) іони

кальцію, чого вони не можуть зробити інакше. Дослідження показують, що дефіцит вітаміну К також може послабити кістки, потенційно сприяючи остеопорозу, і може сприяти кальцифікації артерій та інших м'яких тканин.

Вітамін К₁ виробляється рослинами і міститься в найбільшій кількості в зелених листових овочах, оскільки він безпосередньо бере участь у фотосинтезі. Тварини можуть перетворювати його на К₂, варіант МК-4. Бактерії кишкової флори також можуть перетворювати К₁ на МК-4. Усі форми К₂, крім МК-4, продукуються лише бактеріями. Вітамін К₃ (менадіон), синтетична форма вітаміну К, використовувалася для лікування дефіциту вітаміну К, але оскільки він перешкоджає функціонуванню глутатіону, його більше не використовують у такому вигляді в харчуванні людини.

Потреба дорослої людини у вітаміні К становить 0, 2-0,3 мг/доб.

Недостатність вітаміну К зумовлює сповільнення згортання крові. Основними причинами дефіциту цього вітаміну в людини є порушення його всмоктування в травному каналі, зумовлене хронічними ентеритами, ентероколітами, ураженнями печінки. Токсичні ефекти за надлишку вітаміну К не встановлено.

Вміст вітаміну К в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Вміст вітаміну К в харчових продуктах

К ₁ (мкг/100 г)			
Зелень відварена	530	Шматочки манго	6.9
Шпинат відварений	445	Груші	6.2
Зелень ріпи відварити	425	Картопля запечена, включаючи шкірку	6.0
Шпинат сирий 1 скл	145	Батат запечений	2.6
Брюссельська капуста відварена	110	Хліб цілнозерновий	2.5
Капуста сира	82	Хліб білий	2.2
Брокколи відварити	81	Курка	2.7–3.3
Спаржа відварена	48	Моллюски	2.2
Ківі, очищені, нарізані	36	Сир	1.4–1.7
Пекінська капуста варена	29	Яловичина	0,9
Чорниця заморожена	21	Свиняча ковбаса	0,9
Морква сира	17	Йогурт цільне молоко	0,4
Лісові горіхи подрібнені	16	Молоко незбиране або нежирне	0,2
Виноград	11	Риба	0,1
Томатні продукти	9.2	Яйця	0,1
Оливкова олія	8.1	Жіноче молоко	0,85–9,2
Кабачки відварені	7.6		
К ₂ МК-4 до МК-7 (мкг/100 г)			
Гусак	31	Молоко, незбиране	0,9
курка	8.9	Молоко, знежирене	0,0
Свинина	2.1	Йогурт, незбиране молоко	0,9
Яловичина	1.1	Вершкове масло	15
Лосось	0,5	Сир, твердий	8–10
Жовток	32	Сир, м'який	3.6
Яєчний білок	0,9	Натто	1103 (90% МК-7)

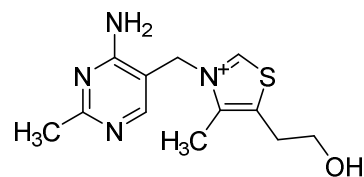
5.1.2. Взаємодія жиророзчинних вітамінів А, D, Е і К

У деяких випадках важко визначити токсичність жиророзчинних вітамінів через їх взаємодію. Велика доза одного вітаміну може зменшити токсичність іншого.

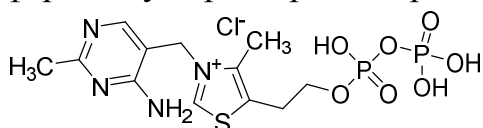
Наприклад, токсичні ефекти вітамінів А і D можуть бути посилені за дефіциту вітаміну Е або вітаміну К, а вітаміни А і Е можуть виявитися антагоністичними.

5.1.3. Водорозчинні вітаміни

Вітамін В₁ (тіамін, аневрин) один з вітамінів групи В, який існує у вигляді хлоридної солі. Розчинний у воді, метанолі та гліцерині, але практично нерозчинний у менш полярних органічних розчинниках. В організмі утворює похідні; найбільш описаний серед них – тіамініпрофосфат (ТФР), кофермент у перетворенні пірвіноградної кислоти в ацетальдегід, в обміні вуглеводів,



Вітамін В₁



Тіамініпрофосфат (ТФР)

аміно- і жирних кислот.

Хімічна структура складається з амінопіримідинового та тіазолієвого кільця, з'єднаних метиленовим містком. Тіазол заміщений метильними та гідроксиетиловими бічними ланцюгами. Тіамін стабільний при рН < 7, але нестійкий у лужних розчинах і при нагріванні.

Добова потреба тіаміну для здорової людини становить 1,5-2,5 мг, яка зростає у жінок під час вагітності й грудного вигодовування немовлят, захворювань ШКТ, гострих і хронічних інфекцій, оперативних втручань, опіків, цукрового діабету, лікування будь-яких захворювань антибіотиками.

Нехватка цього вітаміну призводить до зниження апетиту, маси тіла, виділення шлункового і кишкового соків, порушення серцевої діяльності і виникнення захворювання бері-бері. Хвороба має чотири типи:

- суха бері-бері – втрата апетиту, зниження ваги, в'ялий, пригнічений стан, розумовий розлад;
- волога бері-бері – скупчення великої кількості води в організмі;
- дитяча бері-бері – уражує грудних дітей, матері яких страждають недостатністю тіаміну;
- синдром Верніке-Корсікова – властивий алкоголікам.

За надлишку тіаміну в організмі людини токсичних ефектів не встановлено. Нирки легко виводять з організму надлишок цього вітаміну. Експерименти не виявили будь-яких проявів токсичності навіть за доз 500 мг.

Вміст тіаміну в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.4.

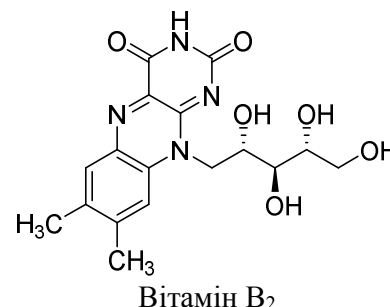
Таблиця 5.4

Вміст вітаміну В₁ у харчових продуктах

мг/100 г			
Шипшина (суха)	0,15	Крупа гречана	0,53
Шипшина (свіжа)	0,05	Яйця	0,07
Капуста	0,06	Хліб білий	0,21
Капуста цвітна	0,10	Печінка яловича	0,30
Чорна смородина	0,02	Яловичина	0,07
Апельсини	0,04	Курятина	0,07
Суниця	0,03	М'ясо кролика	0,08
Обліпиха	0,10	Томати	0,06
Горох	0,81	Сир (м'який)	0,05
Квасоля	0,50	Сир	0,05

Горошок зелений	0,34	Кета (риба)	0,33
Цибуля зелений	0,02	Ікра чорна	0,30
Буряк	0,02	Дріжджі	0,60
Гриби білі свіжі	0,02	Чай	0,07
Гриби сушені	0,27	Кава	-
Пшоно	0,02	Молоко	0,047

Вітамін В₂ (рибофлавін) водорозчинним вітаміном і входить до групи вітамінів групи В. На відміну від фолієвої кислоти та вітаміну В₆, які зустрічаються в кількох хімічно споріднених формах, відомих як вітамери, рибофлавін є однією хімічною сполукою. У своїй очищеній твердій формі рибофлавін являє собою жовто-оранжевий кристалічний порошок з легким запахом і гірким смаком. Він розчинний у полярних розчинниках, таких як вода та водні розчини хлориду натрію, і слабо розчинний у спиртах. Не розчиняється в неполярних або слабополярних органічних розчинниках, таких як хлороформ, бензол або ацетон. При зберіганні у розчині або у вигляді сухого порошку, без доступу світла, рибофлавін є термостабільним. При нагріванні – розкладається з виділенням токсичних парів, що містять оксид азоту.



Рибофлавін вихідна сполука в синтезі коферментів флавінмононуклеотиду (FMN) і флавінаденіндинуклеотиду (FAD), який зв'язується з 75% генів, кодованих флавін-залежним білком, у геномі всіх видів (флавопротеом) і служить коферментом для 84 % кодованих людиною флавопротеїнів. Рибофлавін поліпшує стан шкіри, нервової системи, слизових оболонок, функцію печінки і кровотворення.

Рекомендована норма – 1,3-2,4 мг/доб, яка зростає при гастритах зі зниженою секрецією, захворювань кишечника, гепатитах, хворобі шкіри, очей, недокрів'я тощо.

При гіповітамінозі з'являються болючі тріщини у куточках рота, лущенням шкіри, слабкістю і втомою очей. Рани і порізи довго не загоюються. Токсичного впливу при надлишку вітаміну не встановлено, оскільки ШКТ людини не здатний всмоктувати небезпечну кількість рибофлавіну.

Вміст рибофлавіну в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.5.

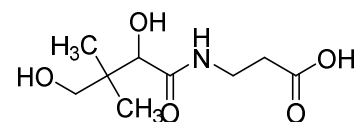
Таблиця 5.5

Вміст вітаміну В₂ у харчових продуктах

мг/100 г			
Шипшина (суха)	0,84	Крупа гречана	0,20
Шипшина (свіжа)	0,33	Яйця	0,44
Капуста	0,08	Хліб білий	0,2
Капуста цвітна	0,10	Печінка яловича	2,19
Чорна смородина	0,02	Яловичина	0,18
Апельсини	0,03	Курятина	0,15
Суниця	0,05	М'ясо кролика	0,10
Обліпиха	0,05	Томати	0,04
Горох	0,15	Сир (м'який)	0,30
Квасоля	0,18	Сир	0,5
Горошок зелений	0,19	Кета (риба)	0,20
Цибуля зелений	0,10	Ікра чорна	0,36
Буряк	0,04	Дріжджі	0,68

Гриби білі свіжі	0,30	Чай	1,0
Гриби сушені	3,23	Кава	1,0
Пшоно	0,04	Молоко	0,198

Вітамін В₅ (пантотенова кислота) – водорозчинний вітамін, один з вітамінів групи В – є комбінацією пантоєвої кислоти та β-аланіну (від *грец.* pantos – «звідусіль», оскільки мінімальна кількість пантотенової кислоти міститься майже в кожній їжі. Він синтезується з амінокислоти β-аланіну та пантоєвої кислоти. Є вихідною в синтезі коензиму А (КоА), кофактора багатьох ферментативних процесів, бере участь у синтезі жирних кислот, здійснюючи перенесення ацильних груп, у вуглеводному обміні, активізує низку біохімічних реакцій, обмін гормонів, гемоглобіну.



Вітамін В₅

(пантотенова кислота)

Потреба в пантотеновій кислоті становить 5-10 мг/доб.

Гіповітаміноз трапляються рідко, оскільки вітамін входить до складу багатьох харчових продуктів. При зменшенні вмісту вітаміну В₅ в організмі порушуються процеси обміну речовин, діяльність ШКТ, серцево-судинної і нервової систем. Для поповнення вмісту вітаміну в організмі людини, використовують дієтичні добавки, що містять пантотенат кальцію, який є хімічно стабільним і, отже, має тривалий термін зберігання у порівнянні з пантотенатом натрію або вільною пантотеновою кислотою.

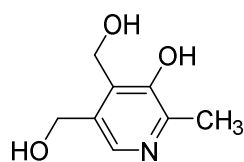
Вміст вітаміну В₅ в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

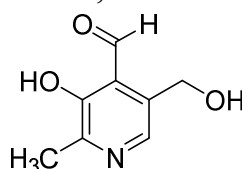
Вміст вітаміну В₅ у харчових продуктах

мг/100 г			
Пиво	<0,1	Пшениця, висівки	2–3
Вино	0,02–0,04	Соя, борошно	1,5–2,5
Варені рис	0,2–0,3	Приготована риба	0,2–0,5
Сирий яйця	1,5–2,0	Устриці	0,5
Лобстер	1,5	Тунець	0,4
Лосось	0,5	Абрикоси, банани	0,1–0,2
Яблука	0,05	Виноград	0,04
Фініки	0,8	Сливи	0,2
Лимон і апельсиновий сік	0,1	Полуниця	0,3
Чорнослив	0,5	Курка варена	0,3–1,0
Яловичина	0,5–1,2	Нирка	4–6
Печінка	5–7	Сир	1,5
Свинина	0,5–1,0	Молоко (людське)	0,3–0,4
Мигдаль	2–3	Арахіс	2–3
Волоські горіхи	1	Арахіс масло	5–8

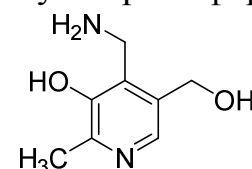
Вітамін В₆ (адермін) одним із вітамінів групи В з шести хімічно подібних сполук, тобто «вітамерів», які здатні до взаємоперетворення в біологічних системах. Його активна форма – піридоксаль-5'-фосфат – кофермент у понад 140 ферментативних реакціях метаболізму амінокислот, глюкози та ліпідів. Існує в трьох формах:



піридоксин



піридоксаль



піридоксамін

Рослини синтезують піридоксин як засіб захисту від УФ світла і для участі в синтезі хлорофілу. Тварини не синтезують будь-яку з форм вітаміну, і, отже, отримують його з раціону рослин або інших тварин. Існує певна абсорбція вітаміну, що продукується кишковими бактеріями, але цього недостатньо для задоволення потреб.

Приймає участь у синтезі і перетвореннях аміно- і жирних кислот, регуляції обміну холестеролу, утворенні гемоглобіну. Коферментні форми піридоксину беруть участь у ферментативних реакціях, включаючи процеси метаболізму амінокислот.

Добова потреба дорослих у вітаміні становить 1,0-2,0 мг. Надмірне споживання спричиняє нервові розлади, тому безпечна межа становить від 25 мг/день до 100 мг/день. Великі дози цього вітаміну токсичні.

Потреба у вітаміні збільшується при атеросклерозі, захворювань печінки, вагітності, інтоксикацій, застосування антибіотиків. Що більше людина споживає білкової їжі, то більше їй необхідний вітамін В₆.

Дієтичний дефіцит зустрічається рідко. Гіповітаміноз В₆ супроводжується вираженими порушеннями діяльності центральної нервової системи (дратівливість, сонливість, поліневрити), ушкодженням шкірних покривів і слизових оболонок (висип і запалення навколо рота та очей). У низці випадків, особливо в дітей, недостатність цього вітаміну призводить до розвитку анемії. Окрім дефіциту дієти, дефіцит може бути результатом прийому антивітамінних препаратів. Існують також рідкісні генетичні дефекти, які можуть спровокувати епілептичні напади у немовлят, залежні від дефіциту вітаміну В₆. Вони реагують на терапію піридоксаль 5'-фосфатом.

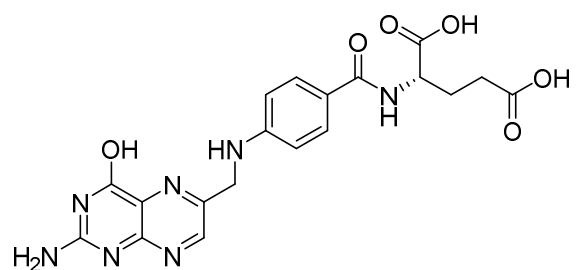
Вміст вітаміну В₆ у деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Вміст вітаміну В₆ у харчових продуктах

мг/100 г			
Капуста	0,14	Пшоно	0,52
Капуста цвітна	0,16	Крупа гречана	0,40
Чорна смородина	0,13	Яйця	0,12
Апельсини	0,06	Хліб білий	0,30
Суниця	0,06	Печінка яловича	0,70
Обліпиха	0,11	Яловичина	0,39
Горох	0,27	Томати	0,1
Квасоля	0,90	Сир (м'який)	0,11
Горошок зелений	0,17	Кета (риба)	0,50
Цибуля зелений	0,15	Ікра чорна	0,29
Буряк	0,07	Дріжджі	0,58
Гриби білі свіжі	0,07		

Вітамін В₉ (фолієва кислота, фолацин, фолат, від *лат. folium* – листок) бере участь у процесах згортання крові та кровотворення, біосинтезу нуклеїнових кислот, реакціях метилювання та метаболізму амінокислот. Оскільки люди не можуть виробляти фолієву кислоту, вона потрібна в раціоні, що робить її важливою поживною речовиною.



Вітамін В₉
(фолієва кислота, фолацин, фолат)

Потреба дорослої людини у вітаміні В₉ становить 0,2 мг/доб. У дорослих нормальний загальний вміст фолієвої кислоти в організмі становить від 10 до 30 мг із рівнем крові понад 7 нмоль/л (3 нг/мл).

Надлишок фолієвої кислоти спричиняє токсичні ефекти за деяких захворювань. Наприклад, в епілептиків високі дози її можуть зумовити конвульсії. Існує думка, що фолієва кислота відкладається в печінці, тому її не рекомендують приймати великими дозами впродовж тривалого часу.

Недостатня кількість фолієвої кислоти може призвести до її дефіциту. Недостатність фолієвої кислоти супроводжується розвитком захворювань крові (анемії, при якому еритроцити стають аномально великими) і шлунково-кишкового каналу. Симптоми можуть включати відчуття втоми, прискорене серцебиття, задишку, відкриті виразки на язиці та зміни кольору шкіри чи волосся. Дефіцит фолієвої кислоти у дітей може розвинути протягом місяця після неправильного харчування. У період вагітності її недостатність може спричинити тератогенну дію - народження дитини-потвори, каліки, а також призвести до порушення психічного розвитку немовляти.

Вміст фолієвої кислоти в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Вміст вітаміну В₉ у харчових продуктах

МО/100 г			
Пивні дріжджі	2022	Ячмінь	50
Пророщений рис	430	Г орох	50
Соеве борошно	425	Мигдаль	45
Пророщена пшениця	305	Капуста білокачанна	32
Яловича печінка	295	Сушений інжир	32
Бараняча печінка	275	Авокадо	30
Соеві боби	225	Зелена квасоля	28
Свиняча печінка	220	Кукурудза	28
Пшеничні висівки	195	Свіжий кокос	28
Квасоля	180	Горіхи пекан	27
Волоські горіхи	77	Г риби	25
Цвітна капуста	70	Фініки	25
Фундук	65	Ожина	14
Смажений арахіс	56		

Вітамін В₁₂ (ціанокобаламін) – водорозчинний вітамін, бере участь у метаболізмі жирних і амінокислот, як кофактор у синтезі ДНК, у побудові ферментних систем, є проміжним переносником метильної групи, має важливе значення для нормального функціонування нервової системи через його роль у синтезі мієліну та в системі кровообігу при дозріванні еритроцитів у кістковому мозку.

Вітамін В₁₂ є найбільш складний за хімічним складом з усіх вітамінів, і це єдиний вітамін, який людина отримує з продуктів тваринного походження або з добавок, оскільки не продукується ні рослинами, ні тваринами, його синтезують лише деякі мікроорганізми. Міститься у тваринних продуктах, у рослинних – відсутній.

Добова потреба в ньому дорослої людини становить 2,5-5 мкг. Токсичних ефектів за надлишку вітаміну В₁₂ в організмі людини не встановлено.

Найпоширенішою причиною дефіциту вітаміну В₁₂ у розвинених країнах є порушення всмоктування через втрату внутрішнього фактора шлунка (ІФ), який повинен бути зв'язаний з харчовим джерелом В₁₂, щоб відбулося всмоктування. Другою основною причиною є пов'язане з віком зниження вироблення шлункової кислоти (ахлоргідрія), оскільки вплив кислоти вивільняє зв'язаний з білком вітамін. З тієї ж причини люди, які довгостроково приймають антациди, використовують інгібітори протонної помпи, Н2-блокатори або інші антациди, мають підвищений ризик. Дієти вегетаріанців і веганів можуть не забезпечувати достатню кількість В₁₂, якщо вони не вживають дієтичну добавку.

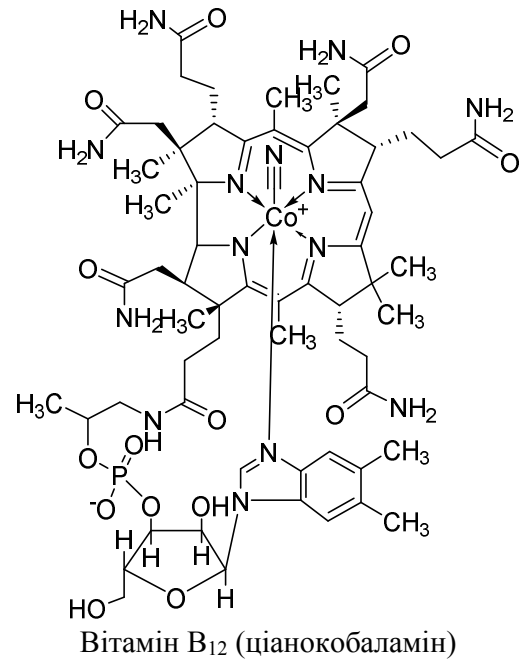
Дефіцит вітаміну В₁₂ може характеризуватися нейропатією кінцівок або захворюванням крові – перніціозною анемією, різновидом мегалобластної анемії, що викликає відчуття втоми та слабкості, запаморочення, головний біль, задишку, втрату апетиту, ненормальні відчуття, зміну рухливості, сильний біль у суглобах, м'язова слабкість, проблеми з пам'яттю, зниження рівня свідомості, туман мозку та багато інших. Якщо не лікувати немовлят, дефіцит може призвести до неврологічних пошкоджень і анемії. Рівень фолієвої кислоти в організмі людини може впливати на перебіг патологічних змін і симптоматику дефіциту вітаміну В₁₂. Здатність засвоювати вітаміни знижується з віком.

Вміст вітаміну В₁₂ у деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.9.

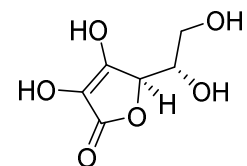
Таблиця 5.9

Вміст вітаміну В₁₂ у харчових продуктах

МО/100 г					
Бараняча печінка	104	Яловиче серце	11	Яйця	2
Морські моллюски	98	Яєчний жовток	6	Суха сироватка	2
Яловича печінка	80	Бараняче серце	5,2	Пісна яловичина	1,8
Баранячі нирки	63	Форель	5	Швейцарський сир	1,8
Теляча печінка	60	Мозок тварин	4	Камбала	1,2
Яловичі нирки	31	М'ясо лосося	4	Сир	1
Печінка курчати	25	М'ясо тунця	3	Палтус	1
Сардини	17	Баранина	2,1	М'ясо окуня	1



Вітамін С (аскорбінова кислота, аскорбат) – це водорозчинний вітамін, який міститься в цитрусових та інших фруктах і овочах, також продається як дієтична добавка і як місцевий інгредієнт «сироватки» для лікування мелазми (темних пігментних плям) і зморшок на обличчі. Бере участь у багатьох окисно-відновних процесах в організмі, проявляє антиоксидантну дію і сприяючи регенерації та загоєнню тканин (сприяє регенерації шкіри, зберігає міцність кісток і зв'язує органи один з одним), утворенні колагену (формує основну тка-



Вітамін С (аскорбінова кислота)

нину, що утримує зуби в яснах; від колагену залежать структура капілярів і правильне утворення сполучної тканини) та ферментативному продукуванні нейромедіаторів, підтримує стійкість організму до різних видів стресу; забезпечує нормальний імунологічний і гематологічний статус, використовують для профілактики та лікування цинги. Більшість тварин здатні самостійно синтезувати вітамін С.

Вітамін С відкритий у 1912, виділений у 1928, а в 1933 році став першим вітаміном, отриманим синтетично. Він входить до списку основних лікарських засобів ВОЗ. Вітамін С доступний як недорогий генерик і безрецептурний препарат.

Добова потреба у вітаміні С становить 50-100 мг. Вітамін С, як правило, добре переноситься. Великі дози можуть викликати шлунково-кишковий дискомфорт, головний біль, проблеми зі сном і почервоніння шкіри. Інститут медицини США не рекомендує приймати великі дози.

Гіповітаміноз спостерігається в зимово-весняний період. Недостатність вітаміну С спричиняє цингу. Припинення надходження вітаміну С в організм провокує випадання зубів, утворення підшкірних гематом, крихкість кісток. Відмовляють нирки і легені, що призводить до летальних випадків.

Вміст вітаміну С в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Вміст вітаміну С у харчових продуктах

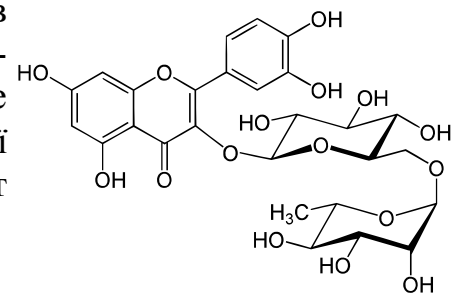
МО/100 г					
Червоний перець чилі	360	Суниці	59	Мандарини	31
Червоний солодкий перець	204	Шпинат	51	Устриці	30
Петрушка	172	Апельсини	50	Соеві боби	29
Солодкий зелений перець	128	Капуста білокачанна	47	Зелений горошок	27
Брюссельська капуста	102	Ріпа	36	Редис	26
Зелень гірчиці	97	Ягоди бузини	36	Малина	25
Цвітна капуста	78	Теляча печінка	36	Помідори	23
Хурма	66 4	Зелена цибуля	32	Свиняча печінка	23

Вітамін Р (рутин, рутозид, кверцетин-3-О-рутинозид і софорин) – це цитрусовий глікозид, що поєднує флавонол кверцетин і дисахарид рутинозу (α -L-рамнопіранозил-(1 \rightarrow 6)- β -D-глюкопіранозу). Це флавоноїд, який міститься в багатьох рослинах, включаючи цитрусові, гречку, листя і черешки видів *Rheum*, спаржі, а також у настоях зеленого чаю.. Встановлено, що насіння татарської гречки містить більше рутину (~0,8–1,7% сухої маси), ніж насіння звичайної гречки (0,01% сухої маси). Підсилює біологічний ефект вітаміну С, зменшує проникність капілярів.

Добова потреба дорослої людини становить 25 мг.

Недостатність вітаміну Р призводить до підвищення проникності стінок капілярів і появи точкових крововиливів на шкірі, особливо біля волосяних сумок. Для профілактики гіповітамінозу рутину рекомендуються ті самі заходи, що й для запобігання гіповітамінозу аскорбінової кислоти.

Вміст вітаміну Р в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.11.

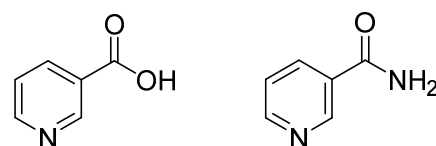


Вітамін Р (рутин)

Приблизний вміст рутину

Вміст, МО/100 г			
каперси, прянощі	332 мг	чорнослив	2 мг
чорні маслини, сирі	45 мг	гуньба сінна, свіжа	2 мг
гречана крупа або борошно з зерна гречки	36 мг	майоран, сушений	2 мг
спаржа, сира	23 мг	чорний чай, витяжка	2 мг
чорна малина, сира	19 мг	виноград, родзинки	1 мг
червона малина, сира	11 мг	цукіні, сирі	1 мг
гречані крупи, після термічної обробки	9 мг	абрикоси, сирі	1 мг
гречане борошно, очищене	6 мг	зелений чай, витяжка	1 мг
зелена смородина	6 мг	яблуко	0 мг
сливи, свіжі	6 мг	червоні порічки	0 мг
чорна смородина, сира	5 мг	зелений виноград	0 мг
ожина, сира	4 мг	томати, цілі, сирі	0 мг

Вітамін РР (pellagra preventing, ніацин, нікотинова кислота або нікотинамід (НАМ)) є формою вітаміну В₃, який міститься в їжі та використовується як дієтична добавка (ніацинамід – це назва добавки, а нікотинамід (НАМ) – наукова назва) та ліки. Входить до списку основних лікарських засобів ВОЗ. Ніацинамід доступний як загальний препарат і без рецепта.



Нікотинова кислота Нікотинамід

Приймає участь у процесах клітинного дихання, окиснення вуглеводів, регуляції діяльності нервової системи, обміну білків і холестеролу. Основне фізіологічне значення ніацину – переносник електронів в окисно-відновних реакціях. Входить до складу двох коферментів – НАД і НАДФ, компонентів анаеробних дегідрогеназ.

Вітамін РР, як добавку, використовують перорально для профілактики та лікування пелагри (дефіциту ніацину, розвивається при постійному харчуванні кукурудзою, яка містить ніацин у зв'язаній формі, і за недостачі триптофану, що є джерелом цього вітаміну (з 60 мг триптофану утворюється 1 мг ніацину)), яка характеризується ураженням шлунково-кишкового каналу, шкіри і центральної нервової системи. Перевага ніацинаміду над нікотиновою кислотою (ніацином), в тому, що він не викликає почервоніння шкіри. Як крем, використовують для лікування акне.

Добова потреба в ніацині становить 15-25 мг. Звичайні кількості безпечні для використання під час вагітності. Доза зростає при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, особливо кишечника та нирок.

Побічні ефекти мінімальні. При надлишку вітаміну РР спостерігається розширення судин, у тому числі й приплив крові до обличчя. Крім того, при високих дозах можуть виникнути проблеми з печінкою.

Вміст вітаміну РР в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12

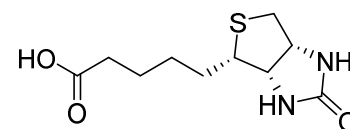
Приблизний вміст вітаміну РР

мг/100г					
Шипшина (суха)	1,50	Горошок зелений	2,0	Курятина	3,7
Шипшина (свіжа)	0,60	Цибуля зелений	0,30	М'ясо кролика	4,0
Капуста	0,40	Буряк	0,20	Томати	0,7
Капуста цвітна	0,60	Гриби білі свіжі	4,6	Сир (м'який)	0,30

Чорна смородина	0,30	Гриби сушені	40,4	Сир	0,2
Апельсини	0,20	Пшоно	1,15	Кета (риба)	2,8
Суниця	0,30	Крупа гречана	4,19	Ікра чорна	1,52
Обліпиха	0,60	Хліб білий	2,81	Дріжджі	11,4
Горох	2,20	Печінка яловича	0,8	Чай	8,0
Квасоля	2,10	Яловичина	3,0	Кава	24

Вітамін Н (біотин – від грец. βіотос – життя і суфікса «-in», який використовують в хімії для позначення «утворення», вітамін В₇) – вітамін з групи В. Приймає участь у широкому спектрі метаболічних процесів, як в організмі людини, так і в інших організмах, в першу чергу в обміні жирних кислот і амінокислот та вуглеводів.

Біотин класифікують як сульфурвмісну гетероциклічну сполуку, зливу з уреїдо- та тетрагідротіофеновою групою. Кільце уреїдо, що містить групу –N–CO–N–, є носієм вуглекислового газу в реакціях карбоксилування. Біотин є кофактором п'яти ферментів карбоксилаз, які приймають участь у катаболізмі амінокислот і жирних кислот, синтезі жирних кислот і глюконеогенезі.



Вітамін Н
(біотин, вітамін В₇)

Добова потреба в біотині становить 0,15-0,3 мг.

Недостатність біотину розвивається при вживання великої кількості сирих яєчних білків, які містять білок авідин, що зв'язує вітамін, перешкоджаючи всмоктуванню біотину в кишечнику. При цьому спостерігається лущення шкіри, випадання волосся, ламкість нігтів. Іноді запалення шкіри супроводжується підвищеною функцією сальних залоз (себорея). Вилучення з харчування сирих яєчних білків і включення до раціону багатих біотином продуктів може бути достатнім для видужання.

Вміст біотину в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.13.

Таблиця 5.13

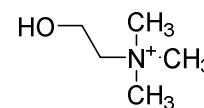
Вміст біотину в харчових продуктах

Вміст біотину в харчових продуктах (МО/100 г)					
Пивні дріжджі	200	Мигдаль	18	Смажений арахіс	34
Бараняча печінка	127	Цвітна капуста	17	Ячмінь	31
Свиняча печінка	100	Гриби	16	Горіхи пекан	27
Яловича печінка	96	Каша пшенична	16	Вівсяна крупа	24
Соеве борошно	70	Очищений рис	57	Сардини	24
Рисові висівки	60	Яєчний жовток	52	Яйця	24
Зародки рису	58	Арахісова олія	39	Лосось	15
Горох	18	Грецькі горіхи	37	Пшеничні висівки	14

5.1.4. Вітаміноподібні речовини

Вітаміноподібні речовини – група органічних речовин різної хімічної будови із властивостями, які характерні для істинних вітамінів, але не задовольняють усі вимоги, що висуваються до вітамінів.

Холін (В₄) – катіон, який утворює різні солі, важлива поживна речовина для людей і багатьох інших тварин. Його не класифікується як вітамін, незважаючи на те, що він є важливою поживною речовиною з амінокислотою структурою та метаболізмом. У більшості тварин фосфоліпіди холіну є компонентами клітинних мембран, мембран клітинних органел і ліпопротеїнів. Холін необхідний для продукування нейромедіатора ацетилхоліну та S-



Холін

аденозилметіоніну (SAM) – універсального донора метилу, бере участь в основних обмінних процесах, передусім в обміні жирів.

Добова потреба в холіні 0,5 мг. Людина здатна до синтезу холіну *de novo*, але потребує додаткової кількості холіну в раціоні для підтримки здоров'я. Дієтичні потреби можуть бути задоволені холіном як таким або у формі холінфосфоліпідів.

Надмірне споживання холіну (більше 7,5 г/день) може спричинити низький кров'яний тиск, пітливість, діарею та запах тіла, схожий на рибу, через триметиламін, який утворюється під час його метаболізму.

Недостатність холіну, що часто супроводжує білкову недостатність, зумовлює жирову інфільтрацію печінки (неалкогольну жирову хворобу печінки, призводить до цирозу печінки) та пошкодження м'язів. Дефіцит холіну також може призвести до збільшення вмісту холестеролу в організмі, гіпертонії і діабету. Для профілактики гіповітамінозу необхідне регулярне споживання продуктів - джерел холіну.

Вміст холіну в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.14.

Таблиця 5.14

Вміст холіну в харчових продуктах

мг/100 г			
Бекон, варений	124,89	Брокколі	40.06
Яловичина, нарізана, варена	78.15	Брюссельська капуста	40,61
Яловича печінка, смажена на сковороді	418,22	Капуста	15.45
Курка, смажена, зі шкірою	65,83	Морква	8,79
Курка, смажена, без шкіри	78,74	Цвітна капуста	39.10
Куряча печінка	290,03	Солодка кукурудза	21.95
Тріска, атлантична	83,63	огірок	5,95
Яловичий фарш 75–85% нежирний, смажений	79.32–82.35	Салат, айсберг	6.70
Свиняча корейка варена	102,76	Салат, ромен	9,92
Креветки, консервовані	70,60	Горох	27.51
Масло вершкове, посолене	18.77	Квашена капуста	10.39
Сир	16.50–27.21	Шпинат	22.08
Сир	18.42	Солодка картопля	13.11
Молоко незбиране/знежирене	14.29–16.40	помідор	6.74
Сметана	20.33	цукіні	9.36
Йогурт, звичайний	15.20	Яблуко	3.44
Висівки вівсяні, сирі	58,57	авокадо	14.18
Овес, звичайний	7.42	Банан	9,76
Рис, білий	2.08	Чорниця	6.04
Рис, коричневий	9.22	Канталупа	7.58
Пшеничні висівки	74,39	виноград	7.53
Зародки пшениці, підсмажені	152.08	грейпфрут	5.63
Яйце, курка	251,00	Помаранчевий	8.38
Оливкова олія	0,29	Персиковий	6.10
Арахіс	52,47	груша	5.11
Соеві боби, сирі	115,87	Полуниця	5.65
Буряк	6.01	Кавун	4.07

Інозит (В₈ або міо-інозитол) – карбоциклічний цукор, з половиною солодкості сахарози – поряд із параамінобензойною і пантотеновою кислотою вважають «вітаміном юності». Вільний від фосфатів міо-інозитол відносили до вітамінів групи В. Однак, оскільки він продукується організмом людини з глюкози, то не є важливою поживною речовиною.

Як і холін, він допомагає підтримувати в здоровому стані печінку, знижує вміст холестерину в крові, запобігає крихкості стінок кровоносних судин. Інозит який у великій кількості міститься в мозку та інших тканинах ссавців; він опосередковує трансдукцію клітинного сигналу у відповідь на різноманітні гормони, нейротрансмітери та фактори росту та бере участь в осморегуляції, є важливим компонентом структурних ліпідів фосфатидилінозиту (PI) та його різноманітних фосфатів, ліпідів фосфатидилінозитолфосфату (PIP). Особливо активно ліпотропна дія інозиту виявляється за взаємодії з вітаміном Е. Є дані щодо участі інозиту в регуляції моторної функції шлунка і кишечника. Інозит рекламується як дієтична добавка при лікуванні синдрому полікістозних яєчників (СПКЯ).

Добова потреба людини в інозиті становить 1-1,5 г. Випадків авітамінозу інозиту в людини не встановлено. Гіповітаміноз інозиту спричиняє пілороспазм і призводить до зниження рухливості шлунка і кишечника.

Вміст інозиту в харчових продуктах наведено в табл. 5.15.

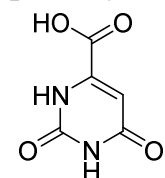
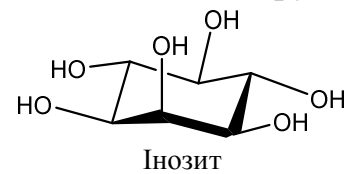
Таблиця 5.15

Вміст інозиту в харчових продуктах

МО/100 г			
Апельсини	250	Персики	95
Зелений горошок	240	Суніці	60
Диня	120	Яблука	24
Цвітна капуста	95	Молоко	18
Капуста білокачанна	66	Сир	25
Картопля	30	М'ясо	11
Морква	95	Печінка яловича	50
Томати	46	Яйця	33

Вітамін В₁₃ (оротова кислота) є піримідиндіоном і карбоною кислотою. Історично відносили до групи вітамінів В (вітамін В₁₃), але тепер відомо, що це не вітамін. Синтезується в організмі за допомогою мітохондріального ферменту дигідрооротатдегідрогенази або цитоплазматичного ферменту.

Стимулює білковий обмін, впливає на функціональний стан печінки. Стимулює синтез нуклеїнових кислот, білків, поділ клітин, посилює процеси імунітету. Є попередником у біосинтезі піримідинових основ – уридинмонофосфату та цитидинмонофосфату. Крім цього, оротова кислота впливає на: перетворення фолієвої та пантотенової кислот, утилізацію глюкози, синтезу рибози, синтезу амінокислоти метіоніну, метаболізмі вітамін В₁₂, створення та підтримку резервів АТФ, активацію скорочувальних можливостей м'язових тканин, зростання та розвиток клітин та тканин, зокрема м'язової тканини (за рахунок синтезу РНК), створення резервів м'язового карнозину. Оротова кислота прискорює регенерацію печінкових клітин, знижує ризик розвитку ожиріння печінки, сприяє зниженню рівня холестерину в крові; покращує



Вітамін В₁₃

(оротова кислота)

скорочення міокарда, сприятливо позначається на репродуктивній функції та процесах росту.

Добова потреба в оротовій кислоті становить 0,5-1,5 г. Іноді її використовують як мінеральний носій у деяких дієтичних добавках (для підвищення їх біодоступності), найчастіше для оротату літію.

Гіповітаміноз оротової кислоти призводить до порушень білкового обміну, синтезу метіоніну, обміну фолацину і перетворень пантотенової кислоти.

Основними харчовими продуктами, які містять вітамін В₁₃, є дріжджі, печінка, молоко і молочні продукти.

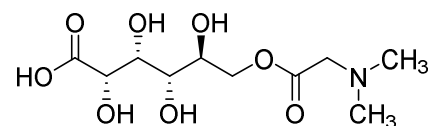
Вміст вітаміну В₁₃ в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.16.

Таблиця 5.16

Вміст вітаміну В₁₃ у харчових продуктах

мг/100 г			
коров'яче молоко	0,105	дріжджі пивні	1,1 – 1,6
овече молоко	0,32	печінка	1,6 – 2,1

Вітамін В₁₅ (пангамонова кислота) – естер α-глюконової кислоти та диметилгліцину. Містить дві рухливі метильні групи, які беруть участь у метильованні та трансметильованні при біосинтезі нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, креатину та інших важливих компонентів, що зумовлює ліпотропні властивості вітаміну.



Вітамін В₁₅
(пангамонова кислота)

Вітамін В₁₅ покращує ліпідний обмін, запобігаючи жировій інфільтрації печінки, збільшує кількість глікогену, креатинфосфату в тканинах, виявляє антигіпоксичну (активує окисні процеси в організмі – підвищує використання кисню в тканинах), антитоксичну дію (викликає детоксикацію під час отруєння хлорорганічними сполуками (ХОС), антибіотиками тетрациклінового ряду, алкоголем, наркотичними речовинами). Тому пангамонову кислоту використовують при гострих хронічних інтоксикаціях.

Вітамін В₁₅ широко представлений в насінні рослин, у зв'язку з чим і отримав назву «пангамонова кислота». Пангамова кислота міститься в дріжджах, оболонках рису, печінці, нирках, значно менше в м'язах.

Добова потреба людини у вітаміні В₁₅ на сьогодні не встановлена. Не встановлено і прояви авітамінозу В₁₅. Є дані, що добова потреба дорослої людини в пангамоновій кислоті становить 2 мг. Застосовують вітамін для лікування хронічної коронарної недостатності, атеросклерозу, хронічного гепатиту. Терапевтичні дози 100—300 мг на добу. При атеросклерозі, коронарній недостатності, дерматозах і для сповільнення процесу старіння застосовують кальцію пангамонат.

Вміст вітаміну В₁₅ в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.17.

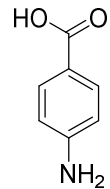
Таблиця 5.17

Вміст вітаміну В₁₅ у харчових продуктах

мг/100 г					
абрикосові кісточки	0,16	кавун	0,07	печінка	
горіхи	0,14	дикий рис	0,06	яловича	0,1
рисові висівки	0,057			свиняча	0,09

Параамінобензойна кислота (ПАБК або вітамін Н₁) – біла тверда речовина. малорозчинний у воді. Сполука широко зустрічається в природі.

ПАБК – проміжний продукт у синтезі фолієвої кислоти бактеріями, рослинами та грибами. Багато бактерій, у тому числі ті, що знаходяться в ШКТ людини, такі як кишкова паличка, генерують ПАБК з хоризмату шляхом спільної дії ферментів 4-аміно-4-дезоксихоризматсинтази та 4-аміно-4-дезоксихоризматліази.



Вітамін Н₁
Параамінобензойна кислота (ПАБК)

Сульфаніламідні препарати структурно подібні до ПАБК, і їх антибактеріальна активність зумовлена їх здатністю перешкоджати перетворенню ПАБК у фолієву кислоту під дією ферменту дигідроптероатсинтетази. Таким чином, розвиток бактерій обмежений через дефіцит фолієвої кислоти.

Добову погребу в ПАБК не встановлено, За деякими даними, вона становить 2-4 г. За збалансованого харчування ця потреба задовольняється повністю за рахунок її природного вмісту в харчових продуктах раціону.

Незважаючи на відсутність будь-яких визнаних синдромів дефіциту ПАБК у людей, за винятком тих випадків, коли спостерігається відсутність бактерії, що утворюють ПАБК, у товстій кишці, виробники ПАБК наголошують про її користь як харчової добавки, а саме: допомагає при втомі, дратівливості, депресії, вологої екземи, склеродермії, вітіліго та передчасної сивини.

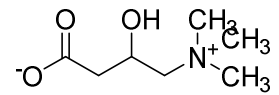
Вміст ПАБК у деяких харчових продуктах наведено в таблиці 5.18.

Таблиця 5.18

Вміст ПАБК у харчових продуктах

МО/100 г					
Дріжджі сухі пивні	0,9-5,9	Овочі	0,02	Яйця	0,04
Пшениця	0,06	Молоко	0,01	М'ясо	0,005

Карнітин – це четвертинна амонієва сполука, яка бере участь у метаболізмі – необхідний для нормальної функції м'язів і підтримання оптимального фізіологічного стану. Загальний вміст карнітину в організмі людини вагою 70 кілограмів становить близько 20 грамів, причому майже весь вміст карнітину міститься в скелетних та серцевому м'язі, які метаболізують жирні кислоти як джерело енергії. Карнітин метаболізується зі швидкістю близько 65 мг/доба, що становить менше 1% від загальних запасів організму.



Карнітин

Для підтримки енергетичного метаболізму карнітин транспортує довголанцюгові жирні кислоти в мітохондрії для окислення для виробництва енергії, а також бере участь у видаленні продуктів метаболізму з клітин.

Людина вагою 70 кілограмів виробляє 11–34 мг карнітину на день. Дорослі, які споживають змішані дієти з червоного м'яса та інших продуктів тваринного походження, отримують ~60–180 мг карнітину, тоді як вегани – ~10–12 мг на день. Більшість (54–86%) карнітину всмоктується в тонкому кишечнику.

Дефіцит карнітину рідко зустрічається у здорових людей без метаболічних розладів, що вказує на те, що більшість людей мають нормальний адекватний рівень карнітину, який регулюються метаболізмом жирних кислот. Немовлята, особливо недоношені, мають низькі запаси карнітину, що потребує використання збагачених карнітином сумішей для немовлят як заміни грудного молока, якщо це необхідно. Існує

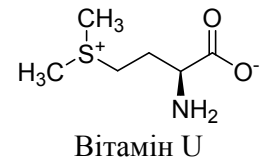
два типи станів дефіциту карнітину. Первинний – генетичний розлад клітинної транспортної системи карнітину, який проявляється у віці до 5 років із симптомами кардіоміопатії, слабкості скелетних м'язів і гіпоглікемії. Вторинний – може виникнути в результаті розладів, таких як хронічна ниркова недостатність, або за умов, які знижують всмоктування карнітину або збільшують його виведення, наприклад, використання антибіотиків, неправильне харчування та погане всмоктування після травлення.

Вміст карнітину у деяких харчових продуктах наведено в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19

мг/100 г			
Яловичий стейк, варений	56–162	Куряча грудка, варена	3–5
Яловичий фарш, варений	87–99	Морозиво	~3
Молоко незбиране	~4	Сир, чеддер	4
Варена тріска	4–7	Спаржа, варена	0,15

Вітамін U (8-метилметіонінсульфоній-хлорид) – природний проміжний продукт у багатьох біосинтетичних шляхах завдяки функціональній групі сульфону. S-Метилметіонін іноді називають вітаміном U, але він не вважається справжнім вітаміном.



Біологічна роль S-метилметіоніну недостатньо вивчена. Передбачувані ролі включають зберігання метіоніну, як донор метилу, регулювання SAM, сприяє загоєнню виразки шлунку і дванадцятипалої кишки. Виявлено протигістамінну й антисклеротичну дію вітаміну. Добову потребу у вітаміні U не встановлено.

Його вміст у харчових продуктах наведено в табл. 5.20

Таблиця 5.20

МО/100 г					
Капуста білокачанна	16,4-20,7	Зелень петрушки	6,4	Кукурудза молочна	1,7
Буряк столовий	14,6	Паростки пророслого гороху	5	Картопля	0,17
Капуста кольрабі	12,9	Томати зрілі	1	Морква	0,12

Вітамін F (поліненасичені жирні кислоти) – це жирні кислоти, які мають більше, ніж один подвійний зв'язок між атомами карбону та належать до незамінних чинників харчування, оскільки не синтезуються в організмі і мають надходити з їжею. За сучасною класифікацією до поліненасичених жирних кислот входять: лінолева, ліноленова, арахідонова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова кислоти.

Лінолеву кислоту та її похідні (γ -ліноленову й арахідонову кислоти), які мають перший подвійний зв'язок у 6-му положенні, відносять до омега-6 ненасичених жирних кислот, а α -ліноленову, ейкозапентаєнову та докозагексаєнову кислоти – перший подвійний зв'язок у 3-му положенні – до омега-3 ненасичених жирних кислот.

Поліненасичені жирні кислоти виконують 2 функції: вони є компонентами фосфоліпідів усіх клітинних мембран, від яких залежить передача імпульсів і робота рецепторів, та попередниками для синтезу ліпідних медіаторів (ейкозаноїдів), які є важливими в регулюванні низки фізіологічних процесів.

Поліненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова і арахідонова) не синтезуються в організмі людини і тому є незамінними в харчуванні. Ці кислоти входять до складу біомембран і беруть участь у пластичних процесах (синтезі власних жирів організму), забезпечують функції мембран клітин, сприяють перетворенню холестеролу у холеві кислоти і виведенню їх із організму, нормалізують стан стінок кровоносних судин, підвищують їх еластичність і зменшують проникність.

Найважливішою біологічною функцією поліненасичених жирних кислот є їх участь у синтезі тканинних гормонів простагландинів, які знижують виділення шлункового соку й зменшують його кислотність. Вони є медіаторами запального процесу й алергічних реакцій, відіграють важливу роль у регуляції діяльності нирок, впливають на різні ендокринні залози.

Добова норма вітаміну становить 2-6 г, така кількість його міститься в 15-20 г соняшникової олії.

Недостатність вітаміну F зумовлює розвиток атеросклерозу, утворення тромбів у кровоносних судинах.

Вітамін F міститься у жирній морській рибі (тунець, сардини, лосось тощо), горіхах, оливковій, соєвій, лляній та ріпаковій олії. Його вміст у харчових продуктах наведено в табл. 5.21.

Таблиця 5.21

Вміст вітаміну F у харчових продуктах

Харчові цінності виражаються у відсотках (%) від загальної маси жиру					
Тип	Насичені жирні кислоти	Мононенасичені жирні кислоти		Поліненасичені жирні кислоти	
		Всього	Олеїнова кислота (ω -9)	α -ліноленова кислота (ω -3)	Лінолева кислота (ω -6)
авокадо	11.6	70.6	52-66	1	12.5
Бразильський горіх	24.8	32.7	31.3	0,1	41.9
рапс	7.4	63.3	61.8	9.1	18.6
Кокос	82.5	6.3	6		
Кукурудза	12.9	27.6	27.3	1	58
бавовняне насіння	25.9	17.8	19	1	54
бавовняне насіння	93.6	1.5		0,2	0,3
Ляне насіння	9.0	18.4	18	53	13
Виноградні кісточки	10.5	14.3	14.3	-	74.7
Насіння конопель	7.0	9.0	9.0	22.0	54,0
оливковий	13.8	73,0	71.3	0,7	9.8
Пальма	49.3	37,0	40	0,2	9.1
Пальма	88.2	5.7			
арахіс	16.2	57.1	55.4	0,318	19.6
Масло рисових висівок	25	38.4	38.4	2.2	34,4
Високоолеїнова сафлорова олія	7.5	75.2	75.2	0	12.8
Кунжут	14.2	39.7	39.3	0,3	41.3
соєві боби	15.6	22.8	22.6	7	51
соєві боби	14.9	43,0	42.5	2.6	34.9
Олія волоського горіха	9.1	22.8	22.2	10.4	52.9
Соняшник	8,99	63.4	62.9	0,16	20.5

5.2. Мінеральні речовини

Раціональне харчування враховує не лише білки, ліпіди, вуглеводи та вітаміни, але й мінеральні речовини, які також є незамінними при харчуванні. Їх недостатність або надлишок в організмі спричиняє порушення, які призводять до захворювань.

Мінеральні речовини становлять велику частину тіла людини (~3 кг золи) та виконують різні функції в процесах життєдіяльності людини: як будівельний матеріал кісткової тканини, де переважають такі елементи, як фосфор і кальцій; приймають участь у найважливіших обмінних процесах організму – водно-сольовому, кислотно-лужному, підтримують осмотичний тиск у клітинах, впливають на імунітет, кровотворення, згортання крові; входять до складу ферментів.

Мінеральні речовини, залежно від їх вмісту в організмі, поділяють на макро- і мікроелементи. До макроелементів належать натрій, калій, кальцій, магній, фосфор, хлор, сульфур, до мікроелементів – ферум, купрум, манган, цинк, йод, хром, кобальт, флуор, селен тощо. У мікрокількостях вони стимулюють біохімічні процеси, але у великих дозах можуть виявляти токсичну дію на організм.

Добову потребу людини в мінеральних речовинах наведено в табл. 5.22.

Таблиця 5.22

Добова потреба людини у макро- та мікроелементах

Мінеральні речовини	Добова потреба
Макроелементи	
Натрій	4-6 г (10 г кухонної солі)
Калій	2,5-5 г
Кальцій	800 мг (дорослі), 1000-1200 мг (діти)
Фосфор	1,2-1,5 г
Магній	500-600 мг
Мінеральні речовини	
Хлор	2-6 г
Сульфур	1 г (за даними деяких авторів, 4-5 г)
Мікроелементи	
Ферум	10-18 мг
Цинк	10-15 мг
Йод	0,15 мг
Флуор	0,5—1 мг
Манган	5-10 мг
Кобальт	0,1-0,2 мг
Хром	50-200 мкг
Селен	70 мкг

5.2.1. Макроелементи

Натрій – важливий міжклітинний і внутрішньоклітинний елемент. Його вміст в організмі людини – 0,08% або 55–60 г на 70 кг. Приймає участь у створенні необхідної буферності крові, регуляції артеріального тиску, водного обміну. Входить до складу кісток – 1,0%, м'язів – 0,26–0,78%, кров 1970 мг/л. Близько 40% усієї кількості знаходиться у кістковій тканині та у позаклітинній рідині.

Виконує "позаклітинні" функції: формування потенціалу дії шляхом обміну з іонами калію; транспорт вуглекислого газу; гідратація білків; солюбілізація (утво-

рення розчинних у воді) органічних кислот. Регулює осмотичний тиск і водний обмін, при порушенні яких з'являється спрага, сухість слизових оболонок, набряклість шкіри. Натрій впливає і на білковий обмін. У середині клітин Натрій необхідний для нейром'язової збудливості і функціонування $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ -насоса, що забезпечують регуляцію клітинного обміну різних метаболітів. Від Натрію залежить транспорт амінокислот, вуглеводів, неорганічних та органічних аніонів через мембрани клітин. Обмін Натрію знаходиться під контролем щитовидної залози. При гіпофункції щитовидної залози відбувається його затримка в тканинах, при гіперфункції кількість Натрію в шкірі зменшується, а виділення з організму посилюється.

Добова потреба дорослих 1,0–1,5 г, зростає при підвищенні потовиділення. Натуральні харчові продукти містять мало натрію (одиниці і десятки міліграмів на 100 г). В організм Натрій надходить у вигляді NaCl (ковбаса, сало, солена риба, ікра, сир, маслини, кетчуп, тощо) у кількості 12–15 г (або 4–6 г «чистого» Натрію).

Нестача (гіпонатріємія) провокує втрату апетиту і смаку, хронічний пронос, судоми, спазми, нервові розлади, набряки, висипання на шкірі, слізливість, м'язову слабкість, погіршення пам'яті, часті інфекції

Надлишкове споживання кухонної солі зумовлює перевантаження регуляторних механізмів, що й призводить до стійкого підвищення артеріального тиску. Надлишок (гіпернатріємія) зумовлює розвиток гіпертонічної хвороби, інтенсифікацію процесів склерозу; підвищення ламкості судин, порушення водного балансу в організмі; хвороби нирок (набряки і каміння), спрагу. Виведення кухонної солі нирками регулює альдостерон – гормон кори надниркових залоз. Встановлено прямий зв'язок між надлишковим споживанням Натрію і гіпертонією. Отже, для профілактики гіпертонічної хвороби і запобігання інфаркту міокарда необхідне свідоме обмеження кухонної солі.

Вміст натрію в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.23.

Таблиця 6.23

Вміст Натрію в харчових продуктах

мг/100 г			
Зелені оливки	2400	Морква	47
Соління, кріп	1428	Йогурт	47
Зрілі оливки	828	Петрушка	45
Квашена капуста	747	Артишок	43
Пресований кисломолочний сир	229	Сушений інжир	34
Омари	210	Сочевиця	30
Маслянка	130	Родзинки	27
Селера	126	Червонокочанна капуста	26
Яйця	122	Часник	19
Тріска	110	Біла квасоля	19
Шпинат	71	Броколі	15
Баранина	70	Гриби	15
Свинина	65	Цвітна капуста	13
Курчата	64	Цибуля	10
Яловичина	60	Огірки	6
Буряк	60	Арахіс	5
Насіння кунжуту	60	Томати	3
Незбиране коров'яче молоко	50	Баклажани	2

Калій – внутрішньоклітинний макроелемент (майже 98% усієї кількості міститься у складі клітин (0,21% у кістках, 1,6% у м'язах; кров – 1620 мг/л)), який регулює кислотно-лужну рівновагу крові. Він бере участь у передачі нервових імпульсів, регулює діяльність деяких ферментів.

Калій формує трансмембранний потенціал ($K_{in} > K_{out}$) і поширює його зміну по клітинній мембрані шляхом обміну з іонами Na^+ по градієнту концентрацій. В організмі Калій (разом з Na^+ і Cl^-) забезпечують сталість внутрішнього середовища. Катион K^+ бере участь у підтримці гомеостазу (іонна рівновага, осмотичний тиск у рідинах організму). В організмі існує постійне співвідношення іонів Na^+ і K^+ , завдяки чому підтримується певний ритм роботи м'язів. При кожному їх скороченні іони K^+ виходять із м'язового волокна, а на стадії спокою повертаються.

Калій бере участь у підтримці електричної активності мозку, функціонуванні нервової тканини, скороченні скелетних і серцевого м'язів. Підтримує кислотнолужну рівновагу за конкурентної взаємодії іонів K^+ і Na^+ та K^+ і H^+ ; помітно впливає на синтез білків, виконує роль каталізатора при обміні вуглеводів і білків; входить до складу деяких ферментів і регулює активність K^+ -АТФ-ази, підтримує нормальний рівень кров'яного тиску; бере участь у забезпеченні видільної функції нирок. Збільшення концентрації калію призводить до виділення натрію з організму.

Добова потреба для дорослих – 2–2,7 г, зростає до 5,0 г при значній розумовій активності. У США рекомендована мінімальна добова доза – не менше 2,0 г для осіб 18-річного віку, з віком потреба зростає. Токсична доза – 6 г; летальна доза – 14 г.

Надлишок вмісту Калію в організмі (гіперкаліємія) спричиняє порушення серцево-судинної діяльності; м'язову слабкість; «Калієве гальмування» (зменшує збудження), затьмарення розуму, труднощі з вимовою. Високі дози Калію пригнічують автоматизм і скорочувальну функцію міокарда.

Нестача викликає порушення серцево-судинної діяльності (аритмія), загальну слабкість і нервозність, втомлюваність і безсоння; м'язову слабкість, судоми; спрагу і непереносимість цукру; суху шкіру і вугри; запори; підвищення рівня холестерину.

Калій в основному міститься в рослинних продуктах (табл. 5.24).

Таблиця 5.24

Вміст Калію в харчових продуктах

мг/100 г			
Насіння соняшнику	920	Червонокочанна капуста	268
Пророщена пшениця	827	Томати	244
Мигдаль	773	Батат	243
Родзинки	763	Баклажани	214
Петрушка	727	Солодкий зелений перець	213
Арахіс	674	Буряк	208
Фініки	648	Персики	202
Сушений інжир	640	Кабачки	202
Авокадо	604	Апельсини	200
Горіхи пекан	603	Малина	199
Соеві боби	540	Вишня	191
Часник	529	Суниця	164
Шпинат	470	Сік грейпфрута	162
Просо	430	Виноград	158
Гриби	414	Цибуля	157

Картопля зі шкіркою	407	Ананаси	146
Броколі	382	Незбиране коров'яче молоко	144
Банани	370	Лимонний сік	141
Баранина, яловичина	370	Груші	130
Курчата	366	Яйця	129
Морква	341	Яблука	110
Селера	341	Кавун	100

Кальцій. Загальний вміст в організмі – 2–4% (за масою). До 99% Кальцію міститься в кістках скелета і зубах (0,07–0,14%), близько 1% – у крові (2,25–2,5 ммоль/л (90 мг/л), з них 40–45% зв'язані з білками плазми, 8–10% знаходяться у вигляді комплексів (наприклад, з цитрат-іонами) і 45–50% – у вигляді катіону Ca^{2+}), тканинах і біологічних рідинах організму.

Однак значення цього елемента не обмежується лише роллю в формуванні кісткової тканини ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, CaCO_3) та зубів ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). Властивості кальцію визначають хімічні особливості двозарядного іона – відносно невеликий атомний радіус, що дозволяє йому конкурувати з радіонуклідами і важкими металами на всіх етапах метаболізму. Сприяє відновленню клітин організму, спричиняє «злипання» клітин при утворенні тканин; виконує в організмі функції регуляції внутрішньоклітинних процесів, проникності клітинних мембран, нервової провідності і м'язових скорочень; забезпечує нормалізацію роботи ендокринних залоз, збільшення стійкості організму до інфекцій, підтримку стабільної серцевої діяльності (збудження та регуляція), формування кісткової тканини, мінералізацію зубів, участь у процесах згортання крові (за відсутності Ca^{2+} кров не згортається).

Входить до складу багатьох біомолекул, утворюючи зв'язок через Оксиген з аніонами фосфатної, карбонатної та карбонових кислот.

Метаболізм перебуває під впливом прищитовидних залоз, кальцитоніну (гормон щитовидної залози), кальциферолу (вітамін D).

Добова потреба для дорослих – 800 мг (дорослі жінки 1 г), дітей – 1 г, підлітків – 1,4 г, вагітних та лактуючих жінок – 1,5–2 г. Потреба зростає при підвищенні потовиділення, тривалому споживанні гормональних засобів, захворюваннях крові, кишківника, нирок, ендокринних залоз, алергічних захворюваннях та при підвищенні рухової активності. Сприяє засвоєнню Кальцію вітамін D, продукти харчування, які створюють кисле середовище у кишківнику. Запобігають засвоєнню – надлишок Фосфору (оптимальне співвідношення $\text{Ca} : \text{P} = 1 : 1,5$), Магнію, Феруму та продукти з великим вмістом жирів, смажене м'ясо, злаки, щавель, шпинат, какао, висівки.

Надлишок вмісту йонів Ca^{2+} спричиняє сечокам'яну хворобу; гіперкальціємію, що супроводжується нудотою, втратою апетиту, судомами та частим сечовиділенням; утворення каменів; пухлини легень і молочних залоз.

Нестача спричиняє важкі нервові розлади, які супроводжуються судомами, підвищенням збудливості; розм'якшенням кісток (рахіт); остеопорозом; захворюваннями парашитовидних залоз та наднирників.

Вміст Кальцію в деяких харчових продуктах наведено в таблиці 5.25.

Вміст Кальцію в харчових продуктах

мг/100 г			
Швейцарський сир	925	Фініки	59
Мигдаль	234	Артишоки	51
Пивні дріжджі	210	Насіння гарбуза	51
Петрушка	203	Насіння кабачка	51
Козяче молоко	129	Апельсини	41
Тофу (соевий сир)	128	Зерно жита	38
Інжир сушений	126	Горіхи кеш'ю	38
Маслянка	121	Морква	37
Насіння соняшнику	120	Ячмінь	34
Йогурт	120	Часник	29
Висівки пшениці	119	Цибуля	27
Незбиране коров'яче молоко	118	Лимони	26
Гречка	114	Зелений горошок	26
Насіння кунжуту	110	Сочевиця	25
Зрілі оливки	106	Цвітна капуста	25
Броколі	103	Ананаси	17
Горіхи волоські	99	Буряк	16
Пресований сир	94	Виноград	16
Шпинат	93	Томати	13
Пророщена пшениця	72	Яловичина	10
Арахіс	69	Авокадо	10
Сушені абрикоси	67	Банани	8
Родзинки	62	Яблука	7
Чорна смородина	60	Солодка кукурудза	3

Фосфор. Загальний вміст в організмі – біля 1% (~700 г на 70 кг). Майже 80–87% усієї кількості міститься в скелеті, багато Фосфору в м'язах і нервовій тканині, входить до складу ліпідів, білків, нуклеїнових кислот, близько 0,2% – у крові. Близько 14% Фосфору міститься у внутрішньоклітинних структурах і лише 1% – у позаклітинній рідині. Фосфор, поряд з іншими елементами, формує зубну емаль. Розчинні солі фосфорної кислоти формують фосфатну буферну систему, яка підтримує стале кислотно-основне середовище внутрішньоклітинної рідини.

В організмі знаходиться в основному у вигляді фосфатіона, який входить до складу неорганічних компонентів і органічних біомолекул (білків, нуклеїнових кислот, нуклеотидів, фосфоліпідів) усіх тканин. Такі сполуки, як АМФ, АДФ, АТФ, креатинфосфат, є джерелом енергії живих клітин. Відіграє важливу роль у діяльності головного мозку (стимулює процеси запам'ятовування), серця, м'язової тканини, потових залоз. Бере участь в обміні білків, жирів, є обов'язковим компонентом реакцій, які забезпечують розпад вуглеводів. Підсилює потенцію (нестача негативно впливає на кількість і якість сперми). Виводиться з організму з сечею, у вигляді $\text{NH}_4\text{NaHPO}_4$.

Добова потреба для дорослих 1,2–1,6 г; новонароджених – 0,12 г, дітей до 1 року 0,3–0,8 г, до 10 років – 1,65 г, до 15 років – 1,7–1,8 г, вагітних та лактуючих жінок 1,8–2,0 г. При збільшенні навантаження – підвищується і необхідна доза Фосфору. Сприяють засвоєнню Фосфору продукти з високим вмістом Кальцію. У процесах всмок-

тування з кишківника і формування кісткової тканини обмін Кальцію і Фосфору відбувається паралельно, у сироватці крові вони антагоністичні. Їх оптимальне співвідношення Ca: P – 1: 1,5 (2). Запобігають засвоєнню Фосфору – пшеничний хліб і крупи з хлібних злаків, хронічний алкоголізм; надлишок Ca, Mn. Більшість харчових продуктів містять багато Фосфору, тому недостатність у ньому трапляється зрідка.

Гіперфосфатемія – викликає фосфатну подагру (відкладення кальцій фосфату $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ у м'яких тканинах і суглобах), хворобу Педжета (деформація кісток через нерівномірне відкладення солей Ca та P), сечокам'яну хворобу.

Гіпофосфатемія зумовлює гальмуванням процесів утворення макроенергетичних сполук (АМФ, АДФ, АТФ), мінералізації кісток (рахіт, остеопороз, карієс зубів); зниження показників роботи нервової системи та інтелектуальної діяльності, репродуктивної сперми; втрату апетиту.

Щодо токсичності, то солі фосфатної кислоти (фосфати) нетоксичні, але білий фосфор (летальна доза – 50–500 мг) та більшість органофосфатів – високотоксичні. Хронічне ураження білим фосфором призводить до зниження маси і змін в кістках, випадання зубів, змертвіння частин щелеп. Опіки від білого фосфору – важко загоюються. Радіоактивний ізотоп ^{32}P здатний до накопичення (біологічне накопичення) та концентрується у харчовому ланцюжку.

Вміст Фосфору в деяких харчових продуктах наведено в таблиці 5.26.

Таблиця 5.26

Вміст Фосфору в харчових продуктах

мг/100 г			
Пивні дріжджі	1753	Йогурт	87
Пшеничні висівки	1276	Брюссельська капуста	80
Насіння гарбуза	1144	Сушений чорнослив	79
Насіння кабачка	1144	Інжир	77
Пророщена пшениця	1118	Цвітна капуста	56
Насіння соняшнику	837	Картопля зі шкіркою	53
Пшениця	400	Шпинат	51
Волоські горіхи	380	Гарбуз	44
Зерно жита	376	Авокадо	42
Горіхи кеш'ю	373	Морква	36
Яловича печінка	352	Цибуля	36
Просо	311	Червонокочанна капуста	35
Зерно ячменю	290	Буряк	33
М'ясо курчати	239	Редис	31
Яйця	205	Селера	28
Часник	202	Огірки	27
Краби	175	Помідори	27
Яловичина	150	Банани	26
Баранина	150	Хурма	26
Гриби	116	Баклажани	26
Зелений горошок	116	Малина	22
Солодка кукурудза	111	Виноград	20
Родзинки	101	Апельсини	20
Незбиране коров'яче молоко	93	Яблука	10

Магній. Загальний вміст в організмі – 140 г (0,2%), з них – $\frac{2}{3}$ міститься у кістковій тканині (7–18 г або 10⁻²%), решта – у головному мозку, м'яких тканинах (м'язах – 0,09%) та рідинах (крові – 37,8 мг/л).

Нормальний рівень Магнію необхідний для забезпечення "енергетики" життєво важливих процесів, регуляції нервово-м'язової провідності, тонуусу гладких м'язів (судин, кишечника, жовчного і сечового міхура). Бере участь в обмінних процесах, взаємодіючи з K⁺, Na⁺, Ca²⁺; активатор багатьох ферментативних реакцій (гідроліз і перенесення фосфатної групи, функціонування Na⁺-K⁺-АТФ насоса, Ca²⁺-АТФ насоса, протонного насоса). Стимулює утворення білків і нуклеїнових кислот; регулює обмін білків, жирів і вуглеводів та зберігання і вивільнення АТФ; знижує збудження в нервових клітинах. Перешкоджає проходженню іонів Ca²⁺ через пресинаптичну мембрану (частина хімічного синапса утворена закінченням нейрона, що передає нервовий імпульс); контролює баланс внутрішньоклітинного K⁺; знижує кількість ацетилхоліну в нервовій тканині; розслабляє гладкі м'язи; знижує артеріальний тиск (особливо при його підвищенні); пригнічує агрегацію тромбоцитів; підвищує осмотичний тиск у просвіті кишечника; прискорює пасаж кишкового вмісту; створює позитивний психологічний настрій; зміцнює імунну систему, виявляє антиаритмічну дію, сприяє відновленню сил після фізичних навантажень.

Добова потреба дорослої людини 250–500 мг. При стресах, атеросклерозі, ішемічній хворобі серця, жовчнокам'яній і гіпертонічній хворобах потреба зростає. Магній – фізіологічний антагоніст Кальцію, оскільки вони електронні аналоги і легко витісняють один одного зі сполук. Дефіцит Mg в дієті, багатій на Ca, обумовлює затримку останнього в усіх тканинах. Оптимальне співвідношення Ca : Mg – 1:0,5.

Високий вміст магнію в крові зумовлює «магnezіальний наркоз», або сонливість, особливо при хворобах печінки, загальмованість, уповільнення пульсу, гіпотонію; параліч і асфіксію; вдихання парів викликає «ливарну лихоманку» – порушенням роботи нирок.

Незначний дефіцит магнію, може бути причиною серцевих хвороб. А висока нестача – призводить, як правило, до інфаркту міокарда; спричиняє захворювання кишечника, ниркової недостатності, дратівливості і порушення емоційного стану; посмикування м'язів, тремтіння рук, м'язові судоми, тремтіння і слабкість у м'язах; серцеву аритмію, спазмофілію; порушує структуру кісткової тканини; гіпертрофію плода; руйнує структуру рибосом; уповільнює алкогольну інтоксикацію.

Вміст магнію в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.27

Таблиця 5.27

Вміст Магнію в харчових продуктах

мг/100 г			
Пивні дріжджі	1753	Йогурт	87
Пшеничні висівки	1276	Брюссельська капуста	80
Насіння гарбуза	1144	Сушений чорнослив	79
Насіння кабачка	1144	Інжир	77
Пророщена пшениця	1118	Цвітна капуста	56
Насіння соняшнику	837	Картопля зі шкіркою	53
Пшениця	400	Шпинат	51
Волоські горіхи	380	Гарбуз	44
Зерно жита	376	Авокадо	42
Горіхи кеш'ю	373	Морква	36

Яловича печінка	352	Цибуля	36
Просо	311	Червонокачанна капуста	35
Зерно ячменю	290	Буряк	33
М'ясо курчати	239	Редис	31
Яйця	205	Селера	28
Часник	202	Огірки	27
краби	175	Помідори	27
Яловичина	150	Банани	26
Баранина	150	Хурма	26
Гриби	116	Баклажани	26
Зелений горошок	116	Малина	22
Солодка кукурудза	111	Виноград	20
Родзинки	101	Апельсини	20
Незбиране коров'яче молоко	93	Яблука	10

Хлор. Загальний вміст в організмі – 0,14% (приблизно 100 г на 70 кг, у вигляді хімічно зв'язаного Хлору). У клітинах акумулюється 10–15% усього Хлору, з них від $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ – в еритроцитах; ~85% хлору – в позаклітинному просторі; ~0,09% містить кісткова тканина; м'які тканини – 0,2–0,52%; кров – 2890 мг/л. Накопичується у вісцеральній тканині, шкірі і скелетних м'язах.

Хлор необхідний для продукування в шлунку хлоридної кислоти, яка сприяє травленню і знищенню хвороботворних бактерій. Хлорид-іон Cl^- , разом з Na^+ та K^+ , приймає участь у створенні осмотичного тиску і регуляції водно-сольового обміну. під впливом ГАМК гальмує нейрони шляхом зниження потенціалу дії; створює сприятливе середовище для дії протеолітичних ферментів шлункового соку; активізує ряд ферментів; сприяє відкладанню глікогену; впливає на ріст волосся і нігтів; здатен порушувати структуру подвійної спіралі ДНК і викликати її денатурацію.

Добова потреба дорослих ~800 мг. Людина споживає 5–10 г NaCl на добу. Немовлята одержують необхідну кількість з молоком матері (11 ммоль/л). Газоподібний Cl_2 та багато інших сполук виявляють високу токсичну дію.

Гіперхлоремія зумовлює підвищення кислотності шлункового соку, розлади травлення, підвищення загальної кислотності організму, зниження апетиту, збудження нервової системи.

Гіпохлоремія спричиняє порушення функцій ШКТ внаслідок зниженої активності шлункового соку і слини, підвищену втомлюваність. Може спостерігатися дефіцит у дітей на штучному вигодовуванні – гіпокаліємічний, гіпохлоремічний алкалоз з підвищеним рівнем реніну в плазмі та альдостерону в сироватці.

Основними джерелами хлору є кухонна сіль, капуста, печінка тріски, ячний жовток, сир, шпинат, помідори тощо. Враховуючи зв'язок хлору і натрію, надходження їх в організм взаємопов'язано і відбувається у співвідношенні 1: 2.

Сульфур. Загальний вміст в організмі – до 140 г (0,16%). Входить до складу крові – 1800 мг/л; кісткової тканини – 0,05–0,24%; м'язової тканини – 0,5–1,1%, білків та амінокислот (цистеїн, метіонін).

У тканинах Сульфур перебуває у вигляді неорганічних (сульфат, сульфід, сульфід, тіоціанат тощо) та органічних (меркаптани, тіоетери, сульфонові кислоти, тіосечовина тощо) сполук. Входить до складу незамінних амінокислот (цистин, цистеїн,

метіонін), гормонів (інсулін, кальцитонін), вітамінів (біотин, тіамін), глутатіону, таурину тощо. Приймає участь в окисно-відновних реакціях – тканинному диханні, продукуванні енергії, передачі генетичної інформації тощо.

Забезпечує просторову організацію молекул білків, активує протеолітичні ферменти, входить до складу активних центрів ферментів, забезпечує нормальну роботу печінки, захищає клітини, тканини та шляхи біохімічного синтезу від окиснення, а організм – від токсичної дії сторонніх речовин, бере участь в згортанні крові, синтезі колагену, входить до складу хрящової тканини, волосся, нігтів (хондроїтинсульфат у шкірі, нігтях, зв'язках і клапанах міокарда). Важливими сульфуровмісними метаболітами є гемоглобін, гепарин, цитохроми, естрогени, фібриноген і сульфоліпіди.

За рахунок утворення в організмі ендогенної сульфатної кислоти виявляє детоксикаційну функцію – знешкоджує фенол та індол), що продукуються мікрофлорою кишківника та зв'язуванням екзогенних сполук – лікарських препаратів та їх метаболітів, утворюючи нешкідливі сполуки (кон'югати), які легко виводяться з організму.

Добова потреба дорослих 850–1500 мг, яка задовольняється раціоном. Значна кількість малорозчинних солей Сульфуру не всмоктуються, органічні білкові сполуки – розщеплюються і всмоктуються в кишківнику. Сірка, як проста речовина, – нетоксична, але деякі її сполуки – токсичні. При високих концентраціях сірководню у повітрі – виникають судоми, втрата свідомості, зупинка дихання. Наслідками отруєння є головний біль, порушення психіки, параліч, розлади системи дихання і ШКТ. У разі потрапляння сполук Сульфуру до ШКТ відбувається їх перетворення кишковою мікрофлорою у високотоксичний гідроген сульфід. При хронічних інтоксикаціях (сірковуглець CS_2 , сірчистий газ SO_2) спостерігаються порушення психіки, органічні і функціональні зміни нервової системи, слабкість м'язів, погіршення зору, розлади діяльності інших систем організму. Для зниження негативного впливу сульфідів на організм рекомендується збільшувати вміст у раціоні сирів, яєць, жирного м'яса, птиці.

Надлишок викликає захворювання дихальних шляхів, несправжній круп; у маленьких дітей – обструктивний бронхіт; кон'юнктивіти; зміни печінки.

Нестача виникає вкрай рідко, спричиняє тьмяне волосся, облісіння; крихкість і ламкість кісток. Відомі ацидоамінопатії – розлади, пов'язані з порушенням обміну сульфуровмісних амінокислот (гомоцистинурія, цистатіонурія).

Основними джерелами надходження Сульфуру в організм є нежирна яловичина, риба, молюски, яйця, сири, молоко, капуста і квасоля тощо.

5.2.2. Мікроелементи

Ферум. Загальний вміст в організмі дорослої людини – 4 г Феруму. Накопичується в печінці, кістковому мозку, селезінці (до 20% від загальної кількості); ~60% припадає на гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Вміст його у волоссі у чоловіків вищий, ніж у жінок. При захворюваннях печінки вміст у волоссі значно збільшується.

Відіграє важливу роль у процесах виділення енергії, ферментативних реакціях, забезпеченні імунних функцій, метаболізмі холестерину; забезпечує транспортування кисню від легень до тканин, а у зворотному напрямку – вуглекислого газу; входить до складу м'язового міоглобіну, стимулює клітинне дихання; входить до складу окисних ферментів, транспортуючи електрони (каталази, пероксидази, цитохрому); входить до акти-

вного центр ряду ферментів (гідролаз, супероксиддисмутази); стимулює внутрішньо-клітинні процеси обміну; є складовою частиною протоплазми і клітинних ядер; необхідний для нормального функціонування імунної системи (білок трансферин входить до складу лімфоцитів); підвищує тонус організму і потенцію.

Добова потреба дорослих 6–14 мг (жінки 18 мг), вагітних та лактуючих – 33–38 мг. Дефіцит розвивається при надходженні в організм менше ніж 1 мг/добу. Сприяють засвоєнню заліза цибуля-порей, горіхи, горох, яблука, тушковані овочі, вітаміни В₂, В₆, фолієва кислота, мідь. Слід відмітити, що з м'ясних продуктів засвоюється ~30% Феруму, а з рослинних – 5–10%. Запобігають засвоєнню – солодкий чай, кава, пшениця, зернові продукти тонкої обробки (булки, батони), продукти з підвищеним вмістом кальцію, фосфору, цинку. Щодооби, завдяки луценню епітелію та з жовчу втрачається до 10% Fe.

Сидероз або гіперсидероз характеризується відкладанням надлишку заліза у печінці, підшлунковій залозі і серцевому м'язі. Спостерігають екзогенний (зумовлений зовнішніми причинами) сидероз, який трапляється в шахтарів, що працюють на розробці червоних залізних руд, і в електрозварювальників. Ендогенний (через внутрішні причини) сидероз найчастіше виникає в результаті підвищеного руйнування гемоглобіну в організмі. Сидероз послаблює імунну систему, знижує засвоєння цинку; зумовлює аритмію. До ранніх симптомів сидерозу належить збільшення печінки, що надалі спричиняє цукровий діабет і прогресуюче потемніння шкіри. Гіпермінералоз спостерігається у дітей до 3 р. при передозуванні вітамінних препаратів. Токсична доза 150–200 мг, летальна – 7–35 г.

Дефіцит заліза або гіпосидероз спричиняє анемію (згідно даними ВООЗ, 80% усіх аліментарних анемій становлять залізодефіцитні); набряки; ослаблення імунної системи і часті простудні захворювання; перевтому, дратівливість, безсоння, головний біль; оніміння кінцівок; сухість шкіри, ламкість нігтів; імпотенцію. Найчастіше дефіцит спостерігається у дітей у періоди інтенсивного росту, при великих крововтратах. Причиною захворювання є недостатньо збалансоване харчування. Вміст гемоглобіну нормалізується зазвичай через 3–4 тижні з початку лікування.

Вміст Феруму в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.28.

Таблиця 5.28

Вміст Феруму в харчових продуктах

мг/100 г					
Пивні дріжджі	17,3	Родзинки	3,5	Лосось	1,5
Пшеничні висівки	14,1	Артишоки	3,4	Броколі	1,1
Насіння гарбуза	11,2	Фініки	3	Смородина чорна	1,1
Насіння кабачка	11,2	Свинина	2,9	Цвітна капуста	1,1
Пророщена пшениця	9,4	Яйця	2,3	Ожина	0,9
Яловича печінка	8,8	Сочевиця	2,1	Червонокочанна капуста	0,8
Насіння соняшнику	7,1	Арахіс	2,1	Гарбуз	0,8
Просо	6,8	Баранина	1,9	Гриби	0,8
Петрушка	6,2	Зелений горошок	1,9	Банани	0,7
Молоски	6,1	Курчата	1,8	Буряк	0,7

Цинк Загальний вміст в організмі дорослої людини – 2–3 г. Найбільше міститься у передміхуровій залозі, спермі, шкірі, волоссі, м'язовій тканині ($2,4 \cdot 10^{-2}\%$), клітинах крові (7,0 мг/л), печінці, кістковій тканині ($(0,75–1,7) \cdot 10^{-2}\%$).

Необхідний для нормального перебігу багатьох біохімічних процесів, є кофактором групи ферментів, що приймають участь у метаболізмі: карбоангідрази (прискорює розкладання гідрогенкарбонатів у крові, забезпечуючи швидкість процесів дихання і газообміну, сприяє видаленню з організму CO₂), супероксидисмутази (антиоксидант – руйнує вільні радикали), лактатдегідрогенази, лужної фосфатази, статевого гормону дигідрокортикостерону.

Входить до складу інсуліну, підсилює дію гормонів гіпофіза; впливає на репродуктивну функцію: покращує функцію простати, регулює рівень тестостерону в крові, необхідний для розвитку статевих залоз; виявляє гонадотропну дію (збільшує рухливість сперматозоїдів і їх здатність проникати в яйцеклітину).

Бере участь у синтезі білків, обміні нуклеїнових кислот і утворенні їх спіральної структури, утворенні колагену і формування кісток. Відіграє важливу роль у процесах регенерації шкіри, росту волосся і нігтів, секреції сальних залоз. Впливає на процеси утворення кісткової тканини – за недостатності Цинку процеси кальцифікації утруднені, що призводить до пористості і ламкості кісток.

Стимулює роботу тимусу, впливає на синтез і дозрівання Т-лімфоцитів тому прийом препаратів Цинку зменшує тривалість простудних захворювань.

Сприяє всмоктуванню вітаміну Е і підтримує нормальну концентрацію його в крові. Відіграє важливу роль у переробці організмом алкоголю, тому недостатній вміст цинку підвищує схильність організму до алкоголізму (особливо у дітей і підлітків). Цинк укріплює імунну систему організму і має детоксикуючу дію. Необхідний для утворення хлоридної кислоти шлунка; здатний сповільнювати розвиток ракових пухлин, але може бути і канцерогеном, мутагеном, антидепресантом.

Добова потреба дорослих 15–20 мг (жінки 12–18 мг), вагітних та лактуючих жінок 25 мг, немовлят 4–6 мг. Сприяє засвоєнню біле сухе вино. Запобігає засвоєнню виробі із бездріжджове тісто, продуктів з високим вмістом Cu, Ca і Fe; хронічний алкоголізм і наркоманія; прийом деяких ліків (протизапідні препарати та ін.); часті дієти. Кадмій, як електронний аналог Цинку, витісняє його з організму.

Надлишок Цинку спричиняє серйозні фізіологічні порушення в організмі: пригнічує окисні процеси; анемію; порушення імунної системи, пригнічує дію Т-лімфоцитів і гранулоцитів; вторинну нестачу Cu, підвищує рівень холестерину в крові; може викликати передчасні пологи і народження мертвого плоду; підвищує ризик розвитку СНІДу у ВІЛ-інфікованих; порушує травлення.

Сполуки Цинку токсичні, особливо хлорид і сульфат. Їх токсична доза 150–600 мг, а летальна – 6 г. Радіоактивний ⁶⁵Zn здатний до біологічного накопичення в харчових ланцюгах.

Нестача Цинку викликає гіпогонадізм, що спричиняє порушення росту, проблеми загоєння ран, імунітету та менструального циклу, зниження гостроти смаку та нюху, смакові збочення, зміни апетиту, схильність до простудних захворювань, висипання на шкірі, тьмяне волосся. Хронічний дефіцит Zn – одна з причин карликовості (хвороба Прасада). Дефіцит Цинку у вагітних може спричинити не лише родову слабкість, а й різні дефекти плоду і новонароджених – розщеплення піднебіння, утворення грижі, вада серця тощо. Ризик дефіциту Цинку високий у підлітків, людей похилого віку, при ураженнях ШКТ, у періоди після травми чи хвороби або при раціону, що складається з бездріжджового хліба, виготовленого з цільної пшениці.

Вміст Цинку в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.29.

Таблиця 5.29

Вміст Цинку в харчових продуктах

мг/100 г					
Свіжі устриці	148,7	Волоські горіхи	3	Морква	0,5
Імбирний корінь	6,8	Сардини	2,9	Хліб із цільного зерна	0,5
Баранина	5,3	М'ясо курчати	2,6	Незбиране коров'яче молоко	0,4
Горіхи пекан	4,5	Гречка	2,5	Свинина	0,4
Горох	4,2	Фундук	2,4	Кукурудза	0,4
Яловича печінка	3,9	Хамса	1,7	Оливкова олія	0,3
Ячний жовток	3,5	Тунець	1,7	Цвітна капуста	0,3
Зерна пшениці	3,2	Зелений горошок	1,6	Шпинат	0,2
Зерна жита	3,2	Креветки	1,5	Капуста білокачанна	0,2
Овес	3,2	Петрушка	0,9	Сочевиця	0,2
Арахіс	3,2	Картопля	0,9	Огірки	0,1
Мигдаль	3,1	Часник	0,6	Мандарини	0,1

Йод. Вміст в організмі (на 70 кг) – 20–50 мг. Майже 50% міститься у щитовидній залозі, кістковій тканині ($2,7 \cdot 10^{-5}\%$), м'язах ($(0,5-5) \cdot 10^{-5}$), крові (0,057 мг/л).

Йод входить до складу гормонів щитовидної залози (тироксину, дійодтирозину, трийодтироніну), які впливають на діяльність ЦНС, ріст і загальний розвиток організму. Йодовмісні гормони беруть участь у регуляції: функцій серцево-судинної системи, швидкості біохімічних реакцій; обміну енергії, температури тіла; білкового, жирового, вітамінного, водно-електролітного обміну; диференціювання тканин, процесів росту і розвитку організму, у тому числі нервово-психічного; індукує підвищення споживання кисню тканинами. Підвищує стійкість організму до різних захворювань і холоду; необхідний для прояву статевого потягу і нормальної потенції та зачаття; здатний порушувати структуру ДНК і викликати її денатурацію.

Добова потреба йоду для дорослих – 0,15–0,2 мг, немовлят – 50 мкг, дітей віком 1–7 років – 90 мкг, віком 7–12 років – 120 мкг. Потреба зростає у період вагітності та лактації (до 200 мкг). Оптимальна інтенсивність надходження – 100–150 мкг/добу.

Надлишок йоду несприятливо впливає на функціях організму: викликає йодіндукований гіпертиреоз, послаблює синтез сполук йоду; виникає дратівливість, прискорене серцебиття, посилюється обмін речовин, що призводить до різкого схуднення.

Доза токсичності молекулярного йоду становить 2 мг, летальна доза (у вигляді йодид-іону I⁻) – 35–350 г. Споживання продуктів харчування не викликає побічних ефектів, навіть при надмірному вмісті в них йоду.

Нестача йоду в їжі викликає хвороби щитовидної залози (гіпотиреоз, ендемічний зоб, мікседему, кретинізм), лущення і сухість шкіри; може бути причиною раннього токсикозу вагітних, загрози викидня і передчасних пологів; порушення інтелекту (в дитячому віці призводить до кретинізму, діти відстають за розумовим і фізичним розвитком, погано розвиваються їх мозок і кісткова система). Дефіцит може розвинути при надходженні менше, ніж 10 мкг/добу.

Для регулювання вмісту Йоду в їжі в харчові продукти, воду і кухонну сіль додають йод (як правило, збагачується калій йодатом KIO₃). Від 20 до 60% йоду втрачається при тривалому зберіганні продуктів або тепловій обробці їжі.

Вміст Йоду в деяких харчових продуктах наведено в табл. 5.30.

Вміст Йоду в харчових продуктах

мкг/100 г					
журавлина	350	креветки	40	квасоля	24
морська капуста	300	щавель	39	хліб житній	14
тріска	110	капуста білокачанна	37	баклажани	14
яйця	60	морква	35	огірки	11
молоко	45	печінка яловича	35	горох	10
цибуля	44	картопля	32	риба річкова	9

Флуор В організмі дорослої людини міститься 2,6 г Флуору у вигляді важкорозчинних солей з Ca, Mg, Fe у кістковій тканині та зубній емалі (майже 99% від загальної кількості), у крові (0,5 мг/л); кістковій (0,2–1,2%) та м'язовій ($5 \cdot 10^{-6}\%$) тканинах.

Приймає участь у процесах утворення кісток і зубів ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$), тканин ектодермального походження (волосся, нігті, епідерміс); впливає на ферментативні процеси: знижує обмін вуглеводів, жирів, нормалізує фосфорно-кальцієвий обмін; пригнічує тканинне дихання; впливає на імунобіологічний стан організму; впливає на рівень біологічно активних речовин (кініни, катехоламіни) в організмі; пригнічує функцію щитовидної залози, (антагоніст I); гальмує біосинтез сахаридів, необхідних для бактерій, що сприяють розвитку карієсу; підсилює адаптацію до холоду; перешкоджає накопиченню Sr.

Добова потреба дорослої людини – до 3 мг, $\frac{1}{3}$ надходить з їжею, $\frac{2}{3}$ – з водою. Запобігає засвоєнню фтору вітамін С.

Надлишок призводить до флюорозу (захворювання зубів), що характеризується своєрідною крапчатістю і бурим забарвленням зубної емалі, викликає остеопороз, кісткову резорбцію, кальцифікацію судин та тканин, пригнічення утворення колагену, втрату чутливості, порушення процесів окиснення і загальне виснаження організму, зниження рівня гемоглобіну крові.

Деякі сполуки флуору (HF , F_2) виявляють високу токсичність: токсична доза фторид-йону – 20 мг, летальна – 2 г.

Нестача флуору призводить до карієсу зубів, нерівномірного росту кісток, зниженню імунітету.

Основними джерелами Флуору є питна вода, морепродукти, морська риба, рис, горіхи, печінка, вівсяна крупа, баранина, яловичина, зубна паста, чай, яйця, молоко, цибуля, шпинат, яблука. У місцевостях, де ґрунти і води збагачені флуором, його додають до води.

Манган. Організм дорослих (на 70 кг) містить 12 мг: кісткова тканина ($(0,2-100) \cdot 10^{-4}\%$), м'язи ($(0,2-2,3) \cdot 10^{-2}\%$), кров (0,0016-0,075 мг/л).

Магній перешкоджає вільнорадикальному окисненню, забезпечує стабільність структури клітинних мембран; входить до складу металопротейнового комплексу ферментів; сприяє нормальному росту і розвитку молодих організмів, бере участь в остеогенезі, забезпечує розвиток сполучної тканини, хрящів і кісток, ембріональний розвиток внутрішнього вуха, нормальне функціонування м'язової тканини.

Приймає участь у синтезі і обміні нейромедіаторів у нервовій системі, підвищує збудливість адренореактивних систем, підвищує чутливість хеморецепторів та

охоронне гальмування в корі великих півкуль. Прискорює синтез ДНК; є активатором ферментів (карбоксілази); стимулює синтез холестерину і жирних кислот; бере участь в кровотворенні, синтезі вітаміну С, інсуліну; підсилює гіпоглікемічний ефект інсуліну та гліколітичну активність.

Добова потреба у дорослих – 2–5 мг, біозасвоюваність – 3–5%. Оптимальна інтенсивність надходження 3–5 мг/добу. Сприяють засвоєнню продукти з високим вмістом вітаміну С. Запобігають засвоєнню продукти з великим вмістом Р, Са, Fe, Си.

Надлишок спричиняє захворювання кісткової системи; при вдиханні пилу, що містить Mn розвивається «марганцева» пневмонія і ураження центральної нервової системи; летаргії, синдром Паркінсона. Токсична доза – 10–20 мг.

Нестача Мангану виникає при надходженні у дозі меншій, ніж 1 мг/добу. Спричиняє зниження виробництва інсуліну, остеопороз (причому Кальцій збільшує його дефіцит, оскільки ускладнює його засвоєння в організмі), анемію при фізичних навантаженнях, розростання ендемічного зобу. При вилученні Мангану з раціону спостерігають швидку втрату маси тіла, нудоту і блювоту, зміну кольору волосся.

Основними джерелами Мангану є (мкг/100 г): фундук – 4200, чорна смородина – 1300, капуста білокачанна – 300, картопля – 170, риба і рибопродукти – 100-120, ананаси, темний рис, овес, печінка, горіхи, петрушка, соя, чай, житній хліб, пшеничні і рисові висівки, горох, буряк, помідори, чорниці і деякі рослини. У рослинних харчових продуктах (насіння бобових, злакових рослин, чай) Мангану міститься більше, ніж у тваринних.

Кобальт Вміст в організмі (масою 70 кг) 1,5 мг – у печінці (0,11 мг), скелетних м'язах (0,20 мг), кістках (0,28 мг), волоссі (0,31 мг), жировій тканині (0,36 мг).

Життєво необхідний елемент: впливає на ріст та розвиток організму; один з основних компонентів вітаміну В₁₂ (ціанокобаламіну). Підвищує засвоєння Феруму і синтез гемоглобіну. Стимулятор еритропоезу. Підвищує збудливість адренореактивних систем, знижує чутливість хеморецепторів до ацетилхоліну, пригнічує нервово-м'язову передачу. Впливає на всі види обміну, бере участь у розпаді вуглеводів; пригнічує дихання тканин кісткового мозку, печінки, нирок; бере участь у ферментативних процесах та утворенні гормонів щитовидної залози, пригнічує обмін йоду.

Добова потреба дорослих – 0,005–1,8 мг. Сприяє засвоєнню присутність катіонів феруму, а запобігає засвоєнню надлишок міді.

Надлишок Кобальту в добовому харчовому раціоні спричиняє поліцитомію (збільшення числа формених елементів крові); гіпертиреодизм, кардіопатію з вираженою серцевою недостатністю, пригнічення синтезу вітаміну В₁₂.

Після відкриття фізіологічного значення солей Кобальту, як стимулятора кровотворення, встановлено також і токсичність розчинних сполук – 500 мг. На сьогодні нема чіткої думки, щодо ролі Кобальту в розвитку онкологічних захворювань: у крові онкохворих вміст Кобальту підвищений у 1,5-2,5 рази порівняно з нормою; також встановлено гальмівну дію Кобальту на ріст деяких пухлинних клітин.

Нестача Кобальту спричиняє анокобальтоз, злоякісну анемію (малокрів'я), затримку росту, авітаміноз В₁₂, посилення ендемічного зобу.

Основні харчові джерела Кобальту: риба, щавель, бобові, мед, вода, пиво, печі-

нка, молоко, червоний буряк, редис, зелена цибуля, картопля, капуста, петрушка, салат, часник, морква, груші, абрикоси, виноград, смородина червона і чорна, суниця.

Хром. Вміст в організмі дорослих (масою 70 кг) – 6–12 мг. У тканинах органів вміст Хрому в десятки разів вищий, ніж у крові. Найбільша кількість – у печінці (0,2 мкг/кг) і нирках (0,6 мкг/кг), кишечнику, щитовидній залозі, хрящовій і кістковій тканинах, у легенях.

Підтримує структурну цілісність нуклеїнових кислот (входить до складу РНК, ДНК, забезпечує їх стабільність та передачу інформації клітинам організму).

Контролює рівень холестерину в крові (приймає участь у жировому обміні, активуючи розщеплення ліпідів і виведення холестерину з крові). Зниження концентрації Хрому спричиняє накопичення жирової тканини, відкладення холестерину на стінках судин і погіршення роботи серцево-судинної системи.

Бере участь у регуляції рівня глюкози в крові: входить до складу хімічного активатора «фактора толерантності до глюкози», взаємодіючи з інсуліном ця сполука «захоплює» глюкозу в крові і транспортує її до клітин, забезпечуючи її розщеплення і виділення енергії, потенціює дію інсуліну в периферичних клітинах. При дефіциті спостерігається зниження поглинання глюкози кристаликом ока, утилізації глюкози для ліпогенезу і зниження синтезу глікогену з глюкози.

Підвищує м'язовий тонус, прискорює ріст м'язової маси і збільшує фізичну силу і активність. Нейтралізує токсини, радіонукліди, солі важких металів та сприяє їх швидшому виведенню з організму.

Добова потреба дорослих – 50–200 мкг. Біозасвоюваність з неорганічних сполук у ШКТ – усього 0,5–1%, зростає до 20–25% при надходженні у вигляді комплексних сполук (піколінат, аспарагінат). Сполуки Хром(VI) засвоюється у 3–5 разів краще, ніж сполуки хром(III). При вагітності спостерігається зниження концентрації Хрому у волоссі та сечі. Рівень елемента у волоссі знижений у недоношених дітей і при затримці розвитку. Вміст Хрому у тканинах з віком знижується.

Сприяють засвоєнню Хрому продукти з великим вмістом вітаміну С, а запобігають продукти з високим вмістом заліза та марганцю; легкозасвоювані вуглеводи; систематичний прийом інсуліну; та продукти з волокнистою структурою (морква, буряк, капуста).

Надлишок може виникати при підвищеній концентрації у повітрі, зловживанні препаратами і добавками, що містять Хром або при порушенні обміну речовин. Викликає запальні захворювання слизових оболонок ротової порожнини і верхніх дихальних шляхів, алергічні захворювання шкіри, токсичні ураження печінки та нирок.

Токсичні водорозчинні сполуки (у дозі 200 мг), летальна доза 3,0 г. У легенях осідає до 70% Хрому у вигляді пари і пилу, що може викликати рак легень.

Нестача спричиняє відчуття втоми, головний біль, проблеми зі сном, болі і суди в ногах, порушення координації рухів, тремтіння кінцівок, зміну маси тіла (різке збільшення або зниження), зміну рівня глюкози у крові – порушенням толерантності до глюкози (гіпо- або гіперглікемія), порушення репродуктивної функції. Дефіцит хрому високий у вагітних і годуючих жінок. На сьогодні вважають, що дефіцит Хрому може бути одним з факторів розвитку раку

Природним джерелом Хрому є овочі, ягоди і фруктах, а також риба, креветки,

краби, печінка, курячі яйця, пивні дріжджі і чорний перець. Хром у цих продуктах міститься в біологічно активній і легкозасвоюваній формах.

Селен. Вміст в організмі дорослих (маса 70 кг) – 14 мг. Міститься у кістковій тканині $((1-9) \cdot 10^{-4}\%)$, м'язах $((0,42-1,9) \cdot 10^{-4}\%)$, крові (0,171 мг/л). Організм чоловіків містить більше Se. Накопичується у нирках і печінці, кістковому мозку, серцевому м'язі, підшлунковій залозі, легенях, шкірі і волоссі.

Захищає імунну систему, підвищує опірність організму; сприяє виробленню різних антитіл, білих клітин крові (лейкоцитів); бере участь у онтогенезі еритроцитів; попереджає утворення вільних радикалів і зменшує їх кількість; стимулює утворення макрофагів та інтерферону; контролює життя і діяльність клітини, попереджає запалення, ендокринні і серцево-судинні захворювання; оберігає від пошкоджень нуклеїнові кислоти, захищаючи структуру ДНК. Разом з Mg і Co, контролює нормальне ділення клітин, запобігає розвитку новоутворень.

Має синергізм з вітамінами E і C, які є антиоксидантами, і можуть посилювати дію один одного, попереджаючи окиснення клітин і тканин організму, суттєво сповільнюючи старіння. Паралізує розмноження цвілевих грибів, знищує продукти їх життєдіяльності – афлатоксини (отруйні речовини, що вражають і руйнують печінку).

Стимулює процеси обміну, бере участь у побудові і функціонуванні глутатіонпероксидази, гліцинредуктази і цитохрому з основних антиоксидантних сполук. Селен – антагоніст Hg та As, здатний захистити організм від токсичної дії Cd, Pb, Tl, Pt та інших формах антиоксидантного захисту.

Бере участь в утворенні ферменту – продуцента трийодтироніну, який нормалізує роботу щитовидної і підшлункової залоз, допомагає організму засвоювати жиророзчинні вітаміни, знижує загальну стомлюваність.

Має протизапальні властивості, попереджає розвиток артритів, бронхіальної астми, коліту, псоріазу, полегшує перебіг захворювань, попереджає розвиток розсіяного склерозу.

Необхідний для нормальної роботи статевої сфери і достатньої сексуальної активності чоловіків. Раптова смертність немовлят чоловічої статі часто пов'язана з нестачею селену. Селен і вітамін E в достатній кількості міститься в материнському молоці, при штучному годуванні виникає їх різкий брак. Запас селену у хлопчиків розподіляється по всьому організму, відкладається в значній кількості в яєчках і насінневих канатиках, тому нестача є загрозою для життя.

Добова потреба дорослих – 20–100 мкг. Оптимальна інтенсивність надходження – 20–70 мкг/день. Дефіцит виникає у разі надходження менше 5 мкг/добу, при тривалому прийомі деяких ліків (парацетамол, сульфати, препаратів проти малярії, фенацетину). Запобігає засвоєнню: цукор та солодкі напої, сприяє – вітамін E.

Надлишок проявляється при неправильному прийомі препаратів Селену, спричиняє лущення шкіри, випадіння волосся, розшаровування нігтів, часниковий запах при видиханні, втома, дратівливість, руйнування зубів. В організмі починають накопичуватися канцерогени, виникають численні нервові розлади і запалення.

Токсична доза Селену – 5 мг.

Нестача знижує працездатність (поява м'язових болей), погіршує ясність мислення, ослаблює імунітет; застуди і шкірні захворювання, погано гоються рани і травми; погіршується зір; спостерігається дегенерація функції серцевого м'яза; порушується функціонування печінки, нирок і підшлункової залози; у чоловіків розвивається імпотенція. Згідно досліджень, у людей з низьким вмістом Селену в організмі вдвічі більший ризик захворіти раком, ніж у людей з високим його рівнем.

Серед продуктів харчування багато Селену містять: пшеничні висівки, пророслі зерна пшениці, зерна кукурудзи, томати, дріжджі (особливо пивні, вважаються найкращим джерелом Селену не лише тому, що в них його багато, а й тому, що він міститься в легкозасвоюваній і біологічно активній формі), гриби, часник, оливкова олія, морські водорості, боби, маслини, кокоси, фісташки, свиняче сало, риба (особливо оселедець), краби, омари, лангусти, креветки і кальмари; субпродукти – свинячі та яловичі нирки, печінка і серце; яйця.

Наведений перелік мікронутрієнтів дозволяє зробити висновок, що різноманітне та збалансоване харчування для здорових людей не становить загрози. Зазвичай проблеми виникають за умови дефіциту або надлишку макро- та мікрокомпонентів харчових речовин або їх комбінацій.

Список використаних джерел

1. Азбука харчування. Рациональне харчування / За ред. А.І.Смолякової і І.О.Мартинюк. Львів: Світ, 1991. – 200 с.
2. Біоорганічна хімія : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямом підготовки 6.04.01.02 “Біологія” / В. В. Суховеев, О. В. Москаленко ; Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя. - Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2011. - 210 с.
3. Біохімія. Підручник для вузів / М.Є.Кучеренко та ін. К.:Либідь. 1995. 464 с.
4. Боєчко Ф.Ф. Біологічна хімія. - Київ: Вища цгк., 1995.- 536с
5. Даценко І.І. Основи загальної і тропічної гігієни / І.І. Даценко, Р.Д. Габович. – К.: Здоров’я, 1995. – 424 с.
6. Дуденко Н.В., Павлоцька Л.Ф. Фізіологія харчування. Х.: НВФ “Студцентр”. 1999. 392с.
7. ЗДОРОВЕ ТІЛО <https://fullukrmed.ru/>
8. Міжнародна система нумерації харчових добавок - International Numbering System for Food Additives https://ewikiuk.top/wiki/international_numbering_system_for_food_additives
9. Нормальна фізіологія / За ред. В.І. Філімонова. К.: Здоров’я, 1994. С.441-479.
10. Павлоцька Л.Ф. Основи фізіології гігієни харчування та проблеми безпеки харчових продуктів / Л.Ф. Павлоцька, Н.В. Дуденко, Л.Р. Дмитрієвич. Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 441 с.
11. Пасальський Б.К. Хімія харчових продуктів: Навч. пос. / Б.К. Пасальський. К.: Київ. Держ.торг.-екон.ун-т, 2000. 196 с.
12. Пищевая химия / Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. и др. Под ред. А. П. Нечаева. Издание 4-е, испр. и доп. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 640 с.
13. Пищевые добавки <https://dukan-menu.com/supplement>
14. Прикладна біохімія та управління якістю продукції рослинництва: Підручник / М.М. Городній, С.Д. Мельничук, О.М. Гончартаїн / За ред. М.М. Городнього. – К. : Арістей, 2006. 484с.
15. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: Підручник / А.А. Дубиніна, Л.П. Малюк, Г.А. Селютіна та ін. – К.: ВД «Професіонал», 2007. – 384 с.
16. Все про вітаміни <https://vitagenworld.com/uk/vse-pro-vitamini/>
17. Handbook of Vitamins: / за ред. J. Zempleni, J. W. Suttie, J. F. Gregory III, P. J. Stover. CRC Press, 2013.

Навчальне видання

МОСКАЛЕНКО О. В., ЦИГАНКОВ С. А.

**НУТРИЦІОЛОГІЯ
ТА БРОМАТОЛОГІЯ**

Навчальний посібник

Технічний редактор – І. П. Борис

Книга друкується з оригінал-макету замовника.

Підписано до друку 10.04.23 р.	Формат 60x84/16	Папір офсетний
Гарнітура Times	Обл.-вид. арк. 12,1	Електр. вид-ня
Замовлення №	Ум. друк. арк. 11,4	



Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя.

м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3^А
(04631) 7-19-72

E-mail: vidavn_ndu@ukr.net
www.ndu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2137 від 29.03.05 р.