

Тема. Харчові та біологічно активні добавки, ароматизатори.

Мета. Ознайомити студентів із харчовими добавками, які змінюють структуру харчових продуктів.

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ХАРЧОВІ ДОБАВКИ

**Харчові добавки** – природні, ідентичні до природних або штучні (синтетичні) речовини, які не вживаються як окремий харчовий продукт або звичайний компонент їжі. Вони спеціально додаються в харчові системи з технологічних міркувань на різних етапах виробництва, зберігання, транспортування готових продуктів з метою поліпшення або полегшення виробничого процесу чи окремих його операцій, збільшення стійкості продукту до різних видів псування, збереження структури і зовнішнього виду продукту або певної зміни органолептичних властивостей.

### 1.1. Означення. Класифікація

Основна мета введення харчових добавок (рис. 1) передбачає:

**1.** Удосконалення технології підготовки і переробки харчової сировини, виготовлення, фасування, транспортування і зберігання продуктів харчування. Застосовувані 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 і збільшення їх стабільності під час зберігання.

Застосування харчових добавок допустимо тільки в тому випадку, якщо вони навіть під час тривалого споживання у складі продукту не загрожують здоров'ю людини, та за умови, якщо поставлені технологічні завдання не можуть бути вирішені іншим шляхом.

Харчові добавки поділяють на декілька груп:

- 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, гелеутворювачі, стабілізатори, емульгатори та ін.);
- речовини, які підвищують терміни зберігання продуктів харчування (консерванти, антиоксиданти та ін.).

До харчових добавок не відносять речовини, які підвищують харчову цінність продуктів харчування та зараховують до групи біологічно активних речовин, такі як вітаміни, мікроелементи, амінокислоти та інші, а також ароматизатори, які виділяються в окрему групу.

Ця класифікація харчових добавок оснований на їх технологічних функціях.

Закон про якість та безпеку харчових продуктів пропонує наступне означення: «**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».

Отже, **харчові добавки** - це речовини (сполуки), які свідомо вносять у харчові продукти для виконання ними певних функцій. Такі речовини, звані також прямими харчовими добавками, не є сторонніми речовинами, як, наприклад, різноманітні контамінанти, «випадково» потрапляють в їжу на різних етапах її виготовлення.

Існує відмінність між харчовими добавками і технологічними допоміжними матеріалами, які використовують в ході технологічного потоку.

**Допоміжні матеріали** – будь-які речовини або матеріали, які, не будучи харчовими інгредієнтами, спеціально використовуються під час переробки сировини та отримання продукції з метою поліпшення технології;

в готових харчових продуктах ці матеріали не повинні міститися, але можуть також визначатися у вигляді залишків, котрі не можливо видалити, що нормуються.

Харчові добавки вживаються людиною протягом багатьох століть (сіль, перець, гвоздика, мускатний горіх, кориця, мед), проте широке їх використання почалося в кінці XIX ст. і було пов'язане зі зростанням населення і концентрацією його в містах, що викликало необхідність збільшення обсягів виробництва продуктів харчування, вдосконалення традиційних технологій їх отримання з використанням досягнень хімії та біотехнології, сучасних методів торгівлі.

Сьогодні можна виділити ще декілька причин широкого використання харчових добавок виробниками продуктів харчування. До них відносяться:

- сучасні методи торгівлі в умовах перевезення продуктів харчування (у тому числі тих, які швидко черствіють та псуються) на великі відстані, що визначило необхідність застосування добавок для збільшення терміну збереження їх якості;
- швидко змінюються індивідуальні уявлення сучасного споживача про продукти харчування, що включають їх смак і привабливий зовнішній вигляд, невисоку вартість, зручність використання; задоволення таких потреб пов'язане з використанням, наприклад, ароматизаторів, барвників та інших харчових добавок;
- створення нових видів їжі, що відповідає сучасним вимогам науки про харчування – функціональні продукти (низькокалорійні продукти, аналоги м'ясних, молочних і рибних продуктів), що пов'язано з використанням харчових добавок, які регулюють консистенцію харчових продуктів;
- вдосконалення технології отримання традиційних харчових продуктів, створення нових продуктів харчування, у тому числі продуктів функціонального призначення.

Число харчових добавок, які застосовуються у виробництві харчових продуктів в різних країнах, досягає сьогодні 500 найменувань (не рахуючи комбінованих добавок, індивідуальних запашних речовин, ароматизаторів). Для гармонізації їх використання виробниками різних країн Європейською Радою розроблена раціональна система цифровий кодифікації харчових добавок з літерою «Е». Вона включена до кодексу для харчових продуктів (Codex Alimentarius, Ed.2, V.1) ФАО/ВООЗ (ФАО – Всесвітня продовольча і сільськогосподарська організація ООН; ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я) як міжнародна цифрова система кодифікації харчових добавок (International Numbering System – INS). Кожній харчовій добавці привласнений цифровий три- або чотиризначний номер (у Європі з літерою Е). Вони використовуються в поєднанні з назвами функціональних класів, що відображають угруповання харчових добавок за технологічними функціями (підкласами).

Індекс Е фахівці ототожнюють як із словом Європа, так і з аббревіатурами EG/EV, які в українській мові теж починаються з букви Е, а також зі словами *ebsbar/edible*, що в перекладі на українську (відповідно з німецької та англійської) означає «їстівний». Індекс Е у поєднанні з три- або чотиризначним номером – синонім і частина складного найменування конкретної хімічної речовини, що є харчовою добавкою. Присвоєння конкретній речовині статусу харчової добавки та ідентифікаційного номера з індексом «Е» має чітке тлумачення, яке припускає, що:

- а)** дана конкретна речовина перевірена на безпеку;
- б)** речовина може бути застосована (рекомендовано) в рамках встановленої безпеки і технологічної необхідності за умови, що застосування цієї речовини не введе споживача в оману щодо типу і складу харчового продукту, в який вона внесена;
- в)** для даної речовини встановлені критерії чистоти, необхідні для досягнення певного рівня якості продуктів харчування.

Отже, дозволені харчові добавки, які мають індекс Е та ідентифікаційний номер, володіють певними якостями. Якість харчових добавок – сукупність характеристик, які обумовлюють технологічні властивості і безпеку харчових добавок.

Наявність харчової добавки в продукті має зазначатися на етикетці, при цьому вона може позначатися як індивідуальна речовина або як представник конкретного функціонального класу (з конкретною технологічною функцією) у поєднанні з кодом Е. Наприклад: бензоат натрію або консервант Е211.

За запропонованою системою цифрової кодифікації харчових добавок, їх класифікація, відповідно до призначення (основні групи):

- Е100-Е182 – барвники;
- Е200 і далі – консерванти;
- Е300 і далі – антиокислювачі (антиоксиданти);
- Е400 і далі – стабілізатори консистенції;
- Е450 і далі, Е1000 – емульгатори;
- Е500 і далі – регулятори кислотності, розпушувачі;
- Е600 і далі – підсилювачі смаку та аромату;
- Е700-Е800 – запасні індекси для іншої можливої інформації;
- Е900 і далі – глазуруючі агенти, поліпшувачі хліба.

Багато харчових добавок мають комплексні технологічні функції, які проявляються в залежності від особливостей харчової системи. Наприклад, добавка Е339 (фосфати натрію) може проявляти властивості регулятора кислотності, емульгатора, стабілізатора, комплексоутворювача та водоутримуючого агента.

Застосування ХД, природно, ставить питання про їхню безпеку. При цьому враховуються **ГДК** (мг/кг) – гранично допустима концентрація чужорідних речовин (у тому числі добавок) в продуктах харчування, **ДДД** (мг / кг маси тіла) – допустима добова доза і **ДДС** (мг / добу) – допустиме добове споживання – величина, що розраховується як добуток **ДДД** на середню величину маси тіла – 60 кг.

Більшість харчових добавок не має, як правило, харчового значення, тобто не є пластичним матеріалом для організму людини, хоча деякі харчові добавки є біологічно активними речовинами. Застосування харчових добавок, як всяких чужорідних (зазвичай неїстівних) інгредієнтів харчових продуктів, вимагає суворої регламентації і спеціального контролю.

Міжнародний досвід організації та проведення системних токсиколого-гігієнічних досліджень харчових добавок узагальнено в спеціальному документі ВООЗ (1987/1991) «Принципи оцінки безпеки харчових добавок і контамінантів у продуктах харчування».

За Законом України «Про санітарно-епідеміологічне благополуччя населення» (від 24.02.1994 № 4004-ХІІ) державний попереджувальний і поточний санітарний нагляд здійснюється органами санітарно-епідеміологічної служби. Безпека застосування харчових добавок у виробництві харчових продуктів регламентується документами Міністерства охорони здоров'я України.

Допустиме добове споживання (ДДС) є центральним питанням забезпечення безпеки харчових добавок протягом останніх 30 років.

Останнім часом з'явилася велика кількість комплексних харчових добавок. Під комплексними харчовими добавками розуміють виготовлені промисловим способом суміші харчових добавок однакового або різного технологічного призначення, до складу яких можуть входити, крім харчових добавок, і біологічно активні добавки, ароматизатори та деякі види харчової сировини (макроінгредієнти): борошно, цукор, крохмаль, білок, спеції і т.і. Такі суміші не є харчовими добавками, а уявляють собою технологічні добавки комплексної дії. Особливо широке поширення вони отримали в технології хлібопечення, при виробництві борошняних кондитерських виробів, у м'ясній промисловості. Іноді в цю групу включають допоміжні матеріали технологічного характеру.

За останні десятиліття в світі технологій і асортименту харчових продуктів відбулися величезні зміни. Вони не тільки відбилися на традиційних, апробованих часом, технологіях і асортименті звичних продуктах (хліб, борошняні кондитерські вироби, напої тощо), але також призвели до появи нових груп продуктів харчування з новим складом і властивостями (функціональних продуктів для масового споживача, продуктів лікувального та дитячого харчування та ін.), до спрощення технології і скорочення виробничого циклу, виразилися в принципово нових технологічних і апаратурних рішеннях.

Використання великої групи харчових добавок і деяких технологічних допоміжних засобів, які отримали умовну назву «технологічні добавки», дозволило отримати відповіді на багато з актуальних питань. Вони знайшли широке застосування для вирішення ряду технологічних проблем:

- прискорення технологічних процесів (ферментні препарати, хімічні каталізатори окремих технологічних процесів і т.і.);
- регулювання та поліпшення текстури харчових систем і готових продуктів (емульгатори, гелеутворювачі, стабілізатори тощо)
- запобігання грудкуванню і злежуванню продукту;
- поліпшення якості сировини та готових продуктів (відбілювачі борошна, фіксатори міоглобіну і т.і.);
- поліпшення зовнішнього вигляду продуктів (поліруючі засоби);
- вдосконалення екстракції (нові види екстрагуючих речовин);
- вирішення самостійних технологічних питань при виробництві окремих харчових продуктів.

Виділення із загального числа харчових добавок самостійної групи технологічних добавок є достатньою мірою умовним, оскільки в окремих випадках без них неможливий сам технологічний процес. Прикладами таких є екстрагуючі речовини і каталізатори гідрування жирів, які по суті є технологічними допоміжними матеріалами. Вони не вдосконалюють технологічний процес, а здійснюють його, роблять його можливим. Деякі

технологічні добавки розглядаються в інших підкласах харчових добавок, багато з них впливають на хід технологічного процесу, ефективність використання сировини і якість готових продуктів. Класифікація харчових добавок (табл. 1.1) передбачає визначення функцій («Підкласи»), і велика частина технологічних добавок має ці функції.

## **1.2. Про безпеку харчових добавок**

Харчові добавки, спектр застосування яких безперервно розширюється, виконують різноманітні функції в харчових технологіях і продуктах харчування. Використання добавок можливе тільки після перевірки їх безпеки. Внесення харчових добавок не повинно збільшувати ступінь ризику, можливої несприятливої дії продукту на здоров'я споживача, а також знижувати його харчову цінність (за винятком деяких продуктів спеціального та дієтичного призначення).

Визначення правильного співвідношення між дозою та реакцією людини на неї, застосування високого коефіцієнта безпеки гарантують, що використання харчової добавки, при дотриманні рівня її споживання, не представляє небезпеки для здоров'я людини.

Найважливішою умовою забезпечення безпеки харчових продуктів є дотримання допустимої норми добового споживання харчових добавок (ДДС). Зростає кількість комбінованих харчових добавок, харчових покращувачів, що містять харчові, біологічно активні добавки (БАД) та інші компоненти. Поступово творці харчових добавок стають і розробниками технології їх впровадження.

В Україні можливе застосування тільки тих харчових добавок, які мають дозвіл держсанепіднагляду в межах, наведених у Санітарних правилах.

Харчові добавки повинні вноситися в харчові продукти в мінімально необхідній для досягнення технологічного ефекту кількості, але не більше встановлених Санітарними правилами меж.



Дослідження безпеки харчових добавок, визначення ДДД, ДДС, ГДК – складний, тривалий, дуже дорогий, але вкрай потрібний і важливий для здоров'я людей процес. Він вимагає безперервної уваги і вдосконалення.

Харчові добавки, заборонені до застосування в Україні при виробництві харчових продуктів показані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Харчові добавки, заборонені в Україні

Код	Харчова добавка	Технологічна функція
Е 121	Цитрусовий червоний	Барвник
Е 123	Амарант	Барвник
Е 216	Пропіловий естер <i>n</i> -гідроксибензойної кислоти	Консервант
Е 217	Натрієва сіль пропілового естеру <i>n</i> -гідроксибензойної кислоти	Консервант
Е 240	Формальдегід	Консервант
Е 940а	Бромат калію	Покращувач борошна та хліба
Е940б	Бромат кальцію	Покращувач борошна та хліба

## 2. РЕЧОВИНИ, ЯКІ ПОКРАЩУЮТЬ ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 2.1. Загусники і гелеутворювачі

Ця група харчових добавок включає сполуки двох функціональних класів: а) загусники (функціональний клас 23) – речовини, які використовуються для підвищення в'язкості продукту; б) гелеутворювачі (функціональний клас 15) – сполуки, які надають харчовому продукту властивості гелю (структурованої високодисперсної системи з рідким дисперсійним середовищем, що заповнює каркас, який утворений частинками дисперсної фази).

Загусники і гелеутворювачі, введені в рідку харчову систему в процесі приготування харчового продукту, зв'язують воду, в результаті чого харчова колоїдна система втрачає свою рухливість і консистенція харчового продукту змінюється. Ефект зміни консистенції (підвищення в'язкості або гелеутворення) буде визначатися, зокрема, особливостями хімічної будови введеної добавки.

За хімічною природою добавки цієї групи є полімерними сполуками, в макромолекулах яких рівномірно розподілені гідрофільні групи, що взаємодіють з водою. Вони можуть брати участь також в обмінній взаємодії з йонами гідрогену і металів (особливо кальцію), а крім того, з органічними молекулами меншої молекулярної маси.

Перелік загусників і гелеутворювачів, дозволених до застосування у виробництві харчових продуктів в Україні, включає 50 добавок.

Головною технологічною функцією добавок цієї групи в харчових системах є підвищення в'язкості або формування гелевої структури різної міцності. Однією з основних властивостей, що визначають ефективність застосування таких речовин в конкретній харчовій системі, є їх повне розчинення, яке залежить, насамперед, від хімічної будови. Оскільки більшість представників цієї групи відноситься до сполук полісахаридної

природи і містить значну кількість гідроксильних груп, вони є гідрофільними і в основному розчинні у воді.

Розчинність підвищується в присутності йонізованих груп – сульфатних і карбоксильних, які збільшують гідрофільність (карагенан, альгінати), а також за наявності в молекулах полісахаридів бічних ланцюгів, що розсовують головні ланцюги і покращують гідратацію (ксантани). Розчиненню сприяє механічний вплив (перемішування) і нагрівання. Розчинність знижується в присутності факторів, які сприяють утворенню зв'язків між полісахаридними ланцюгами, до яких відносяться наявність нерозгалужених зон і ділянок без йонізованих груп (камедь ріжкового дерева), а також присутність йонів кальцію або інших полівалентних катіонів, що викликають поперечне зшивання полісахаридних ланцюгів (пектини).

Багато представників цієї групи харчових добавок мають суміжну технологічну функцію стабілізатора, оскільки підвищення в'язкості дисперсної харчової системи під час введення в неї загусника або перетворення такої системи в слабкий гель за низьких концентрацій гелеутворювача сприяють запобіганню її поділу на вихідні компоненти (наприклад, випадання в осад твердих частинок, диспергованих в рідкому дисперсійному середовищі).

Переважає більшість загусників і гелеутворювачів зі статусом харчових добавок відноситься до класу полісахаридів (гліканів). Одним з небагатьох винятків серед гелеутворювачів є желатин, що має білкову природу, який відноситься не до добавок, а до харчових інгредієнтів.

До основних представників відносяться модифіковані крохмалі і целюлози, пектини, полісахариди морських водоростей, камеді та деякі інші.

### **2.1.1.Модифіковані крохмалі**

На відміну від нативних рослинних крохмалів, які вважаються харчовими продуктами, більшість модифікованих крохмалів (E1400-E1451) відноситься до харчових добавок. У групу модифікованих крохмалів об'єднані продукти фракціонування, деструкції та різних модифікацій нативних крохмалів, що представляють собою переважно суміш двох

фракцій гомоглюканів (полімерів глюкози) лінійної і розгалуженої будови – амілози і амілопектину:

Особливості хімічної будови і властивостей цих фракцій, а також їх співвідношення в нативному крохмалі, залежать від виду рослинного джерела (картопля, рис, кукурудза тощо) і визначають основну технологічну властивість нативного крохмалю – здатність розчинятися під час нагрівання у воді з утворенням в'язких колоїдних розчинів (клейстерів). Однак властивості таких клейстерів часто не відповідають необхідним вимогам; наприклад, нативні кукурудзяні крохмалі утворюють слабкі, гумоподібні клейстери і небажані гелі в процесі термічної обробки. Типовим для клейстерів, утворених нативними крохмалями, є також процес синерезису – скорочення обсягу з виділенням рідкої фази в результаті мимовільного ущільнення структурної сітки.

Різні способи обробки (фізичні, хімічні, біологічні) нативних крохмалів дозволяють істотно змінити їх будову, що відбивається на розчинності і властивостях клейстерів, наприклад, їх стійкості до нагрівання, дії кислот тощо.

Реакційноздатними центрами в полімерних молекулах крохмалів є: гідроксильні групи глюкозних структурних одиниць, активність яких по відношенню до хімічних реагентів змінюється в ряду: ОН біля  $C_6 >$  ОН біля  $C_2 >$  ОН біля  $C_3$ ;  $\alpha$ -глікозидні зв'язки, що з'єднують глюкозні структурні одиниці в полімерні ланцюги; і кінцеві залишки D-глюкопіраноз, які мають відновлювальну здатність.

За змінами, які відбуваються в нативних крохмалях, можна виділити чотири основні типи модифікацій, що дозволяють шляхом фізичних або хімічних впливів отримати різні види модифікованих крохмалів (табл. 3.3).

**Набухаючі крохмалі.** Інстант-крохмалі, тобто, крохмалі, здатні розчинятися в холодній воді, отримують шляхом фізичних перетворень, що не викликають суттєвої деструкції крохмальних молекул. У загальному випадку їх отримують нагріванням крохмальної суспензії в умовах, що забезпечують швидку клейстеризацію і подальше висушування клейстеру, у

зв'язку з чим ці крохмалі називають також преклейстерними. Такі умови досягаються при вальцьовій сушці або екструзії.

Інстант-крохмалі зберігають статус харчових інгредієнтів, тому вони не включені в перелік харчових добавок і не мають персонального цифрового коду. Одна з основних областей їх застосування - пудинги швидкого приготування.

Крохмалі, які набухають у холодній воді, отримують термообробкою нативного кукурудзяного крохмалю в 75-90% етанолі за температури 150-175°C протягом 1,5-2,0 год., або висушуванням крохмальної суспензії в розпилювальній сушарці.

Аналогічно до інстант-крохмалів, продукти цього способу модифікації також не належать до харчових добавок.

Здатність крохмалів набухати в холодній воді без додаткового нагрівання використовують в технології різних десертів, желейного мармеладу, здобного тіста, що містить ягоди, які за відсутності стабілізатора осідають на дно до початку випічки.

Основою для отримання розчинних і набухаючих крохмалів можуть служити як нативні, так і хімічно модифіковані. В останньому випадку одержувані набухаючі крохмалі зберігають властивості, досягнуті при хімічній модифікації, наприклад, проявляють стійкість в кислому середовищі, стабільність в циклах заморожування і відтаювання. Такі крохмалі позиціонуються як харчові добавки з кодами, відповідними видами хімічної модифікації.

***Розщеплені крохмалі.*** Вони являють собою продукти, що мають, внаслідок фізичних або хімічних впливів, більш короткі (порівняно з нативними крохмалю) молекулярні ланцюги. До цієї групи відносяться декстрини, продукти кислотного або ферментативного гідролізу, а також окислені крохмалі.

*Декстрини* (E1400) отримують при сухому нагріванні нативних крохмалів в присутності кислотних каталізаторів або без них. Залежно від умов термообробки утворюються білі або жовті декстрини.

**Гідролізовані крохмалі** отримують обробкою крохмальних суспензій розчинами кислот або гідролітичних ферментів амілаз. Склад і властивості таких крохмалів залежать від умов гідролізу. Основна область використання цих крохмалів – кондитерські вироби: пастила і желе, жувальні гумки.

Склад і властивості окислених крохмалів визначаються вибором окислювачів, в якості яких можуть використовуватися  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $HClO_3$ ,  $KIO_4$  та деякі інші. Як і кислоти, окисні агенти призводять до утворення крохмалів з більш короткими молекулярними ланцюгами.

Їх використовують для стабілізації морозива, під час виробництва мармеладу, лукуму, а також в хлібопекарстві. Розбавлені розчини високоокиснених крохмалів зберігають прозорість протягом тривалого зберігання, що робить їх цінними добавками під час приготування прозорих супів.

Залежно від умов, окисненню можуть піддаватися як первинні, так і вторинні групи глюкопіранозних структурних одиниць.

**Стабілізовані крохмалі** – продукти хімічної модифікації монофункціональними реагентами з утворенням по гідроксильних групах похідних з етерним або естерним зв'язком. Такі похідні, незважаючи на невисокий ступінь заміщення гідроксильних груп (0,002-0,2), відрізняються від нативних крохмалів значно меншою схильністю до міжмолекулярних асоціацій і отримали назву стабілізованих.

Естери крохмалю отримують реакцією естерифікації між спиртовими групами молекул крохмалю і ацилюючим або фосфорилуючим агентами. Як ацилюючі агенти переважно використовують ангідриди карбонових кислот.

Під час отримання естеру крохмалю і натрієвої солі октенілбурштинової кислоти процес здійснюють у дві стадії. Спочатку в молекулу бурштинової кислоти вводять вуглеводневий радикал з утворенням 1-октенілпохідної, яка потім взаємодіє з молекулою крохмалю, що призводить до утворення моноестеру з низьким ступенем заміщення гідроксильних груп.

Етери крохмалів для харчових цілей отримують взаємодією нативного

крохмалю з оксидом пропілену до ступеня заміщення гідроксильних груп 0,02-0,2. За своїми властивостями гідроксипропілкрохмалі (E1440) аналогічні до ацетильованих модифікацій, мають знижену температуру гелеутворення, підвищену прозорість клейстерів, таку ж стійкість до ретроградації.

**Зшиті крохмалі.** Значне число модифікованих харчових крохмалів відноситься до підгрупи зшитих. Поперечне зшивання окремих крохмальних молекул між собою відбувається в результаті взаємодії їх гідроксильних груп з біфункціональними реагентами.

Для харчових цілей використовують, головним чином, три види міжмолекулярнозшитих крохмалів – дикрохмальні естери ортофосфатної і адипінової кислот, а також дикрохмальгліцерини:

У більшості зшитих харчових крохмалів міститься не більше одного поперечного зв'язку на кожну тисячу глюкопіранозних залишків, що виявляється достатнім для значної зміни властивостей модифікованих крохмалів у порівнянні з вихідними. Крохмалі цієї підгрупи мають знижену швидкість набухання і клейстеризації, що створює ефект пролонгованої дії.

Клейстери поперечно зшитих крохмалів є більш в'язкими, мають «коротку» текстуру, стійкі до різних зовнішніх впливів – високих температур, тривалого нагрівання, низького рН, механічних навантажень.

Стійкість до підкиснення і фізичних дій пропорційні до кількості поперечних зв'язків.

Завдяки таким властивостям, зшиті крохмалі особливо ефективні в харчових технологіях, що включають тривалу термічну обробку, інтенсивні механічні дії, а також у технологіях, де потрібне пролонгування процесів набухання крохмальних гранул, підвищення в'язкості і формування текстури. До таких технологій відносяться отримання екструдованих продуктів, консервування методом стерилізації, різні випічки (наприклад, випічка відкритих пирогів з фруктовими начинками), виробництво консервованих супів тощо.

### **2.1.2.Целюлоза та її похідні**

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

целюлози – лінійного полімеру, – який складається із з'єднаних  $\beta$ -1,4-глікозидними зв'язками залишків D-глюкопіранози.

Наявність  $\beta$ -глікозидного зв'язку приводить на рівні вторинних і третинних структур (конформації полімерних ланцюгів, упаковки ланцюгів в фібрили) до формування лінійних молекул із зонами кристалічності (високоорієнтованими ділянками), які включають окремі аморфні (неорієнтовані) ділянки. Така будова зумовлює велику механічну міцність волокон целюлози та їх інертність по відношенню до більшості розчинників і реагентів.

Целюлоза використовується як харчова добавка E460 у двох модифікаціях:

- E460i – мікрокристалічна целюлоза (частково гідролізована кислотою за аморфними ділянками, найбільш доступним для атаки реагентами, і потім подрібнена; відрізняється укороченими молекулами);
- E460ii – порошкоподібна целюлоза, виділена з рослинної сировини (деревини, бавовни тощо) видаленням супутніх речовин (геміцелюлоз і лігніну) а потім подрібнена.

Основні технологічні функції целюлози – емульгатор і текстуратор, добавка, яка перешкоджає злежуванню і грудкуванню.

Хімічна модифікація молекул целюлози призводить до зміни властивостей і, як наслідок, до зміни функцій в харчових системах. В утворенні похідних целюлози велику роль відіграє доступність і реакційна здатність гідроксильних груп  $\beta$ -D-глюкопіранозних залишків. За реакційною здатністю гідроксильні групи розташовуються в послідовності:



Статус харчових добавок мають сім хімічних модифікацій целюлози – моно- чи дипохідні з етерним зв'язком (етери). Загальний вигляд модифікованих целюлоз:

Отримання етерів целюлози включає стадію підвищення її реакційної здатності, оскільки щільна упаковка целюлозних волокон, в цілому, перешкоджає взаємодії гідроксильних груп з молекулами реагенту.



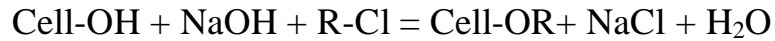
Таблиця 2.1

## Модифіковані целюлози і їх технологічні функції

Код	Назва	X	Y	Технологічні функції
E461	Метилцелюлоза	-CH <sub>3</sub>	-H	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E462	Етилцелюлоза	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-H	Наповнювач, зв'язуючий агент
E463	Гідроксипропіл-целюлоза	- CH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>	-H	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E464	Гідроксипропіл-метилцелюлоза	- CH <sub>2</sub> CH(OH)CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>	Загусник, стабілізатор, емульгатор
E465	Метилетил-целюлоза	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Загусник, стабілізатор, емульгатор, піноутворюв.
E466	Карбоксиметилцелюлоза (натрієва сіль)	-CH <sub>2</sub> COONa	-H	Загусник, стабілізатор
E467	Етилгідроксиетил-целюлоза	-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> (OH)	Загусник, стабілізатор, емульгатор

З цією метою целюлозу піддають набуханню або переводять в розчинний стан. У промислових умовах процес ведуть в гетерофазному середовищі (дисперсія целюлози в ацетоні або ізопропіловому спирті), обробляючи целюлозу розчином їдкою натру за температури 50-140 °С з

утворенням алкаліцелюлози (процес мерсеризації). Отримання харчових похідних целюлози здійснюють взаємодією отриманої алкалімодифікації з галогеналканами (одержання метильованих та етильованих похідних) або відповідними епоксидами (епоксид етилену, епоксид пропілену) для отримання гідроксиетил- і гідроксипропілпохідних:



де R:  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ; R':  $-\text{H}$ ,  $-\text{CH}_3$ ; Cell: макромолекула целюлози;

ОН: реагуючий гідроксил (біля  $\text{C}_6$  або  $\text{C}_2$ ).

Комбінуючи вихідні реагенти, отримують змішані похідні целюлози, наприклад, метилетилцелюлозу, метилгідроксипропілцелюлозу та ін.

Харчові добавки целюлозної природи є нешкідливими, оскільки не піддаються в шлунково-кишковому тракті деструкції і виділяються без змін. Денний сумарний прийом з їжею всіх похідних целюлози може досягати 25 мг на кілограм маси тіла людини. Їх дозування в харчових продуктах визначаються конкретними технологічними завданнями.

Традиційно ці добавки використовуються під час виготовлення хлібобулочних і кондитерських виробів, молочних і низкожирних емульсійних продуктів, а також безалкогольних напоїв, де вони виступають як емульгатори та стабілізатори багатокomпонентних дисперсних систем, суспензій і емульсій, забезпечують необхідну консистенцію та смакові властивості.

### 2.1.3. Пектини

Пектини, поряд з галактоманнанами (гуаровою камеддю і камеддю ріжкового дерева), є основними представниками групи гетерогліканів вищих рослин.

**Пектинами** (E440) називається група високомолекулярних гетерогліканів (*pektos* – з грец. згорнутий, замерзлий), які входять до складу клітинних стінок і міжклітинних утворень вищих рослин, і через бічні ланцюги з'єднані з геміцелюлозами, наприклад, галактаном, а потім волокнами целюлози. У такій зв'язаній формі, яка називається

«протопектини», вони не розчиняються у воді. За хімічною природою пектини – гетерополісахариди, основу яких складають рамногалактуронани. Головний ланцюг полімерної молекули утворюють похідні полігалактуренової (пектової) кислоти (поліуроніди), в якій залишки D-галактуренової кислоти зв'язані 1,4- $\alpha$ -глікозидним зв'язком. Основний ланцюг полігалактуренової кислоти в розчині має вигляд спіралі, що містить три молекули галактуренової кислоти в одному витку. У ланцюг полігалактуренової кислоти нерівномірно через 1,2- $\alpha$ -глікозидні зв'язки включаються молекули L-рамнози (6-дезоксид-маннопіранози), яка надає полімерній молекулі зигзагоподібної форми (рис. 2.1).

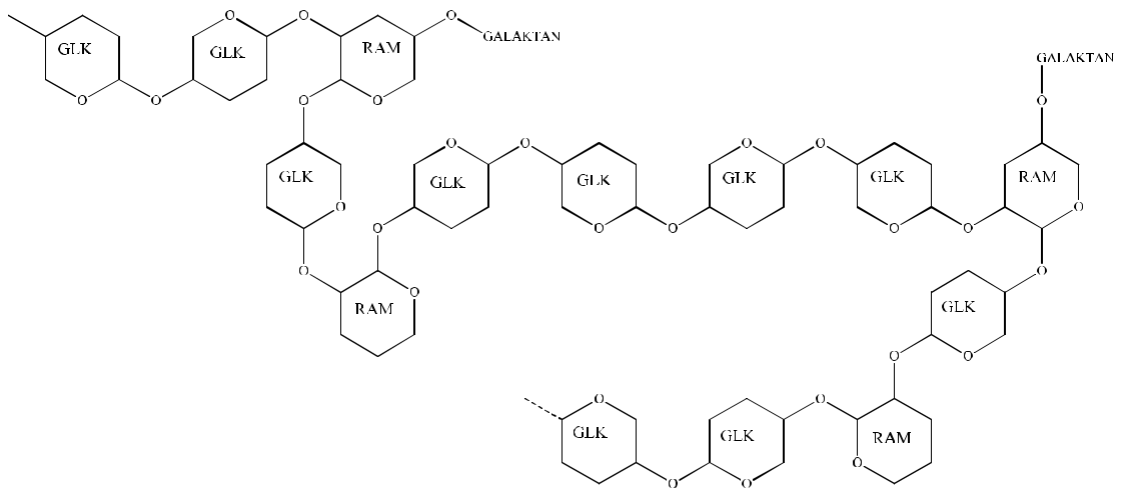


Рис. 2.1. Схематичне зображення фрагмента рамногалактуронану

Частина карбоксильних груп полігалактуренової кислоти переважно етерифікована метанолом (*пектинова кислота*), а частина вторинних спиртових груп ( $C_2$  і  $C_3$ ) в окремих випадках ацетильована. Молекули пектинів містять від кількох сотень до тисячі мономерних залишків, що відповідає середній молекулярній масі від 50 до 150 тис. Шляхом хімічних модифікацій частина вільних карбоксильних груп може бути переведена в амідовану форму (амідовані пектини).

Солі пектової кислоти отримали назву пектати, солі пектинової – пектинати.

У промисловості пектини отримують кислотним або ферментативним гідролізом (обмінною реакцією між речовиною, в даному випадку

пектинвмісним матеріалом, і водою) в умовах, що забезпечують розщеплення глікозидних зв'язків, які з'єднують пектинові молекули з нейтральними полісахаридами і не зачіпають більш міцні глікозидні зв'язки в полімерній пектиновій молекулі, а також естерні зв'язки в молекулах високоестерифікованих пектинів.

У класичних способах гідроліз здійснюють розчинами мінеральних кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) за рН близько 2 і температурі  $\sim 85^\circ\text{C}$  протягом 2-2,5 год. При цьому молекули рамногалактуронанів переходять в розчин, звідки, після очищення і концентрування, їх виділяють різними технологічними прийомами, наприклад, осадженням з етанолу. Осаджений пектин сушать, подрібнюють і стандартизують додаванням глюкози (декстрази) або ретардатора – солі одновалентного катіона та харчової кислоти (молочної, винної, лимонної), яка сповільнює процес гелеутворення.

У деяких випадках ступінь естерифікації виділених пектинів спеціально знижують, для чого концентрований рідкий екстракт піддають контрольованій деестерифікації кислотним, лужним або ферментативним (за допомогою ферменту пектинестерази) способами. Найбільш швидким є спосіб лужної деестерифікації під дією натрій гідроксиду або амоніаку (процес амонілізу).

Залежно від ступеня естерифікації пектини умовно поділяють на дві підгрупи: високоестерифіковані (ступінь естерифікації більше 50 %) і низькоестерифіковані (ступінь естерифікації менше 50 %).

В даний час випускається декілька видів пектинів, які виділяються з різних джерел сировини і розрізняються за складом і функціональними властивостями: високоестерифікований (яблучний, цитрусовий), низькоестерифікований (буряковий, з соняшнику), а також комбіновані пектини зі змішаної сировини різного ступеня естерифікації.

Зазначені пектини відрізняються і характером розподілу карбоксильних груп по довжині пектинової молекули: в яблучних пектинів це розподіл рівномірний, а, наприклад, в цитрусових – ні.

З низькоестерифікованих пектинів більш затребуваними є неамідовані, які використовують під час приготування, наприклад, сухих киселів, діабетичних кондитерських виробів.

Особливості хімічної будови пектинових молекул, зокрема, ступінь естерифікації, визначають відмінності їх фізико-хімічних властивостей, основними серед яких є розчинність, гелеутворююча здатність і здатність взаємодіяти з катіонами металів та білками.

Розчинність пектинів у воді підвищується зі збільшенням ступеня естерифікації їх молекул і зменшенням молекулярної маси. Пектова кислота, в молекулі якої не міститься естерифікованих карбоксильних груп, у воді не розчинна.

За кімнатної температури в умовах інтенсивного перемішування в 100 мл води розчиняється від 4 до 8 г пектину, за температури 60-80°C – близько 10 г, тобто максимальна концентрація водних розчинів пектину може становити 10%. Розчинність підвищується в присутності цукрів.

Через наявність в пектинових молекулах дисоціюючих вільних карбоксильних груп їх водні розчини мають кислу реакцію (для 2,5%-го розчину пектину рН близько 3).

*Утворення гелевої структури* в розчинах пектинів відбувається в результаті взаємодії пектинових молекул між собою і залежить від особливостей будови молекули – молекулярної маси, ступеня естерифікації, характеру розподілу карбоксильних груп. Крім цього, на процес гелеутворення впливають температура, рН середовища і вміст дегідратуючих речовин.

Формування просторової структури гелю може відбуватися двома шляхами:

а) за рахунок зміни сил електростатичного відштовхування пектинових молекул у присутності дегідратуючих речовин (сахарози) в кислому середовищі (цукрово-кислотне гелеутворення);

б) за участю йонів полівалентних металів.

Тип асоціації пектинових молекул визначається ступенем естерифікації. Високоестерифіковані пектини утворюють гелі в присутності

кислоти (рН 3,1-3,5) за вмісту сухих речовин (сахарози) не менше 65%, низькоестерифіковані – як за першим типом, так і в присутності йонів полівалентних металів, наприклад, кальцію, незалежно від вмісту сахарози, в широкому діапазоні рН (від 2,5 до 6,5). Пектини високого ступеня естерифікації утворюють високоеластичні гелі, які мають тенденцію повертатися в початковий стан після зміни форми під час механічних зсувів.

Пектини низького ступеня естерифікації, залежно від концентрації йонів кальцію, можуть давати різні за консистенцією гелі – від високов'язких (не відновлюється вихідна форма після деформування) до високоеластичних.

*Комплексоутворююча здатність* (утворення циклічних комплексів полівалентних металів) різних пектинів залежить від вмісту вільних карбоксильних груп, тобто ступеня естерифікації пектинових молекул, і не залежить від їх молекулярної маси.

Здатність пектинових молекул зв'язувати полівалентні катіони збільшується при зниженні ступеня їх естерифікації і підвищенні ступеня дисоціації вільних карбоксильних груп (тобто при підвищенні рН середовища), а по відношенню до різних металів змінюється в ряду:

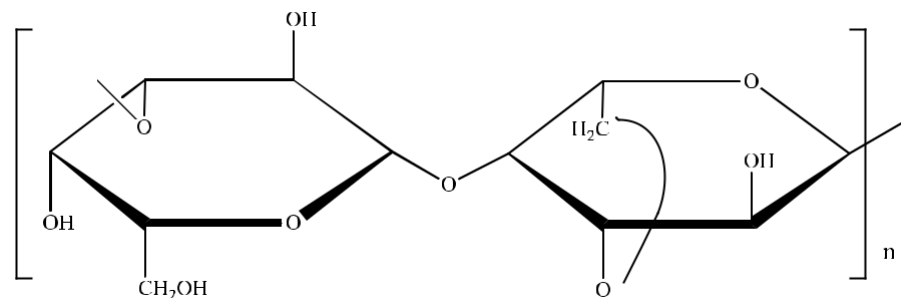
$Mg < Mn < Cr < Hg < Fe < Ni < Co < Cu < Zn < Sr < Cd < Ba < Pb$ . Молекули високоестерифікованих пектинів можуть утворювати пектин-протеїнові комплекси. За рН 4,0-4,2 вони вступають у взаємодію з молекулами казеїну молока, що призводить до зміни загального заряду білкових молекул і забезпечує їх фізичну стабільність в кислому середовищі.

Крім того, пектини, як розчинні харчові волокна, є фізіологічно цінними (функціональними) інгредієнтами, присутність яких у харчових продуктах традиційного раціону сприяє поліпшенню стану здоров'я людини. Специфічний фізіологічний вплив розчинних харчових волокон пов'язаний з їх здатністю знижувати рівень холестерину в крові, нормалізувати діяльність шлунково-кишкового тракту, зв'язувати і виводити з організму деякі токсини і важкі метали. Рекомендоване добове споживання пектинових речовин в раціоні здорової людини становить 5-6 г.

*Агар (агар-агар) E406* – суміш полісахаридів агарози і агаропектину. Основна фракція агарози – лінійний полісахарид, побудований з залишків β-

D-галактопіранози і 3,6-ангідро- $\alpha$ -L-галактопіранози, що чергуються, з'єднаних по чергово  $\beta$ -(1,4)- і  $\alpha$ -(1,3)-зв'язками. Агаропектин – суміш полісахаридів складної будови, які містять глюкуронову кислоту і естернозв'язану сульфатну кислоту.

Агар-агар отримують з червоних морських водоростей (*Gracilaria*, *Gelidium*, *Ahnfeltia*), які ростуть в Білому морі, Тихому й Атлантичному океанах. Залежно від виду водоростей склад виділених полісахаридів може змінюватися.



(2.2)

ланка агаробіози

Агар практично не розчиняється у холодній воді, але набухає в ній. У гарячій воді він утворює колоїдний розчин, який під час охолодження дає хороший міцний гель, що має склоподібний злам. В агару цей процес здійснюється за рахунок утворення подвійних спіралей та їх асоціації незалежно від вмісту катіонів, цукру або кислоти. Гелеутворююча здатність агару в 10 разів вища, ніж у желатину. Під час нагрівання в присутності кислоти здатність до гелеутворення знижується. Гелі стабільні за рН більше 4,5 і термозворотні.

**Карагінани** (E407) об'єднують сімейство полісахаридів (відоме також під назвою ірландський мох), які містяться, разом з агаром, в червоних морських водоростях *Chondrus Crispis*, *Eucheuma Spinosum*, *Gigartina species* та ін. За хімічною природою карагінани близькі до агароїдів – нерозгалужені сульфатовані гетероглікани, молекули яких побудовані із залишків похідних D-галактопіранози із строгим чергуванням  $\alpha$ -(1,3)- і  $\beta$ -(1,4)-зв'язків між ними, тобто з повторюваних дисахаридних ланок, що включають залишки  $\beta$ -

D-галактопіранози і 3,6-ангідро- $\alpha$ -D-галактопіранози. Залежно від особливостей будови дисахаридних повторюваних ланок розрізняють три основних типи карагінанів, для позначення яких використовують літери грецького алфавіту.

**Ксантанова камедь** або **камедь кукурудзяного цукру** (E415) – суміш полісахаридів, які утворюються як вторинні метаболіти під час аеробної ферментації цукрів (наприклад, кукурудзяного сиропу) бактеріями *Xanthomonas campestris*. За хімічною природою це гетерополісахарид з молекулярною масою від одного до декількох мільйонів, молекули якого формуються з трьох типів моносахаридів:  $\beta$ -D-глюкози,  $\alpha$ -D-манози і  $\alpha$ -D-глюкуронової кислоти за їх співвідношення 2:2:1. Структурною одиницею молекули ксантану є повторюваний пентасахаридний фрагмент.

**Розчинність** ксантанів у воді визначається наявністю регулярних бічних ланок з кислотними угрупованнями, що викликають взаємне відштовхування окремих молекул. Це призводить до підвищення їх гідратації. У зв'язку з цим ксантани розчиняються у воді вже за кімнатної температури, крім того, добре розчинні в гарячому і холодному молоці, в розчинах солі і цукру.

Молекули ксантанів – одинарні або подвійні спіралі, подібні до жорстких стержнів, які не виявляють тенденції до асоціації, що пояснює їх поведінку в розчинах. Ксантани є загусниками і за температур до 100°C утворюють розчини високої в'язкості, яка мало залежить від температури і стабільна в діапазоні рН від 1 до 13.

#### **2.1.4. Желатин**

Желатин є практично єдиним гелеутворювачем білкової природи, який широко використовується в харчовій промисловості. Желатин – харчовий інгредієнт – суміш лінійних поліпептидів з різною молекулярною масою (50 000-70 000) та їх агрегатів з молекулярною масою до 300 000, не має смаку і запаху. Амінокислотний склад желатину включає до 18 амінокислот, у тому числі гліцин (26-31%), пролін (15-18%), гідроксипролін (13-15%), глютамінову кислоту (11-12%), аспарагінову кислоту (6-7%), аланін (8-11%) і аргінін (8-9%).



Желатин отримують з колагену, який міститься в кістках, хрящах і сухожиллях тварин. Технологічний процес оснований на кислотній або лужній екстракції, в процесі якої нерозчинний колаген перетворюється в розчинний желатин, з подальшим виділенням продукту відомими технологічними прийомами, які передбачають його очищення, висушування і стандартизацію. У колагені 35% кислотних груп знаходиться в амідованій формі, яка перетвориться в кислотну в процесі лужної обробки. Тому ізоелектрична точка желатину варіює між 9,4 (для амідованої форми) і 4,8 (для карбоксильної форми).

## 2.2. Емульгатори

У цю групу харчових добавок (функціональний клас 9) входять речовини, додавання яких до харчового продукту, забезпечує можливість утворення і збереження однорідної дисперсії двох або більше речовин, що не змішуються.

Строго кажучи, терміни «емульгатор» або «емульгуючий агент» мають на увазі хімічну речовину, здатну (під час розчинення або диспергування в рідині) утворювати і стабілізувати емульсію, що досягається завдяки її здатності концентруватися на поверхні розділу фаз і знижувати міжфазний поверхневий натяг. Така здатність пов'язана з поверхнево-активними властивостями, тому стосовно аналізованої групи харчових добавок терміни емульгатор, емульгуючий агент і поверхнево-активна речовина (ПАР) можуть розглядатися як синоніми.

Хоча основними дефініціями емульгаторів є утворення і підтримання в однорідному стані суміші незмішуваних фаз, таких як олія і вода, в інших харчових системах застосування цих добавок може бути пов'язане не стільки з емульгуванням, скільки з їх взаємодією з такими харчовими інгредієнтами, як білки, крохмаль та ін.

Як перші харчові емульгатори використовувалися натуральні речовини, зокрема, камеді, сапоніни, лецитин та ін.

Деякі з них зберегли свою популярність, однак найбільш широко в промисловості використовуються сьогодні синтетичні емульгатори або

продукти хімічної модифікації природних речовин, промислове виробництво яких почало розвиватися в 20-х рр. ХХ ст.

За хімічною природою молекули класичних емульгаторів, які є поверхнево-активними речовинами, мають дифільну будову, тобто містять полярні гідрофільні і неполярні гідрофобні групи атомів, які, будучи зв'язаними з неполярною сполучною ланкою (основою), відокремлені один від одного і розташовані на протилежних кінцях молекули. Перші (гідрофільні) забезпечують розчинність у воді, другі (гідрофобні) – в неполярних розчинниках. Дифільну будову молекул емульгаторів зумовлює їх здатність до формування асоціатів в об'ємній фазі розчинника –міцел.

### **Цукрозамінники та підсолоджувачі**

Останнім часом з урахуванням вимог науки про харчування отримало інтенсивний розвиток виробництво низькокалорійних продуктів, продуктів для людей, які страждають рядом захворювань (в першу чергу – діабет), що зумовило розширення випуску замінників сахарози як природного походження (в нативному або модифікованому вигляді), так і синтетичного, в тому числі синтетичних інтенсивних підсолоджувачів. Вони можуть мати ту ж солодкість, або бути більш інтенсивними підсолоджувачами, відрізняючись за солодкістю від сахарози в сотні разів. Не маючи глюкозного фрагменту, замінники сахарози можуть успішно використовуватися у процесі виробництва продуктів харчування і замінників цукру для хворих на цукровий діабет. Високий коефіцієнт солодкості ( $K_{сл}$ ) дозволяє виробляти низькокалорійні, дешеві дієтичні продукти, повністю або частково позбавлені легкозасвоюваних вуглеводів.

В Україні дозволені 12 інтенсивних підсолоджувачів і замінників цукру, а також рослинна добавка стевія (порошок листя і сироп з них). Перелік їх наведено в табл. 2.2.

**Підсолоджувачі.** Увага до природних підсолоджувачів, які містять білок, зросла з 60-х рр. ХХ ст. через їх високу солодкість, низьку калорійність і можливу безпеку.

**Міракулін** – глікопротеїд; білковий компонент побудований з 373 залишків 18 амінокислот; вуглеводний компонент містить залишки глюкози, фруктози, арабінози, ксилози та інших моноз. Джерело отримання – плоди рослини *Richazdella dulcifia* (Африка). Термостабільний за рН 3-12.

Таблиця 2.2

Підсолоджуючі речовини (підсолоджувачі)

Код	Назва	Інша назва	Технологічні функції
E420	Сорбіт	–	Підсолоджувач , вологоутримуючий агент
E950	Ацесульфам калію	Сунет	Підсолоджувач
E951	Аспартам	Санекта; нутра- світ; сладекс	Підсолоджувач, підсилювач смаку і аромату
E952	Цикломова кислота і її натрієва,калієва і кальцієва солі	Споларин, цикломати	Підсолоджувач
E953	Ізомальтит	Ізомальт	Підсолоджувач, добавка, що попереджує злипання і комкування, наповнювач, глазуруючий агент
E954	Сахарин і його натрієва, калієва і кальцієва солі	–	Підсолоджувач
E955	Сукралоза	Трихлоргалакто-	Підсолоджувач

		сахароза	
E957	Тауматин	–	Підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату
E958	Гліциризин	–	Підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату
E959	Неогесперидин - дигідрохалкон	Неогесперидин ДС	Підсолоджувач
E965	Мальтит і мальтитний сироп	–	Підсолоджувач, стабілізатор, емульгатор
E966	Лактат	–	Підсолоджувач, текстуратор
E967	Ксиліт	–	Підсолоджувач, вологоутримуючи й агент, стабілізатор, емульгатор

**Монелін** – білок, побудований з двох поліпептидних ланцюгів, які містять 50 або 44 залишки амінокислот відповідно. Джерело – ягода

*Dioscoreophyllum cumminsii* (Африка). У 1500-3000 разів солодший за сахарозу. Стабільний за рН 2-9. Під час нагрівання, особливо за інших значень рН, – термолабільний, втрачає солодкий смак.

**Тауматин E957** – підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату. Білковий продукт, виділений з плодів *Thaumatococcus danielli* (рослини, яка

росте в Західній Африці). Найсолодша з відомих природних речовин, солодша за сахарозу в 1600-2500 разів.

Визначальним фактором солодкого смаку є четвертинна структура білка. Вплив температури на ступінь солодкості білка неоднозначний і залежить від рН середовища, наявності солей і кисню. Дуже сильний впливає на ступінь солодкості тауматинів присутність в його молекулі йонів алюмінію. Йонний аддукт тауматин-алюміній має солодкість, яка в 3500 разів перевищує солодкість сахарози ( $K_{сл}$  3500).

Солодкий смак тауматину відчувається не відразу, але залишається надовго. Під час використання тауматину для випічки та смаження його солодкість слабшає, але ефект посилення аромату залишається без зміни.

**Стевіозид** – солодкий кристалічний глікозид, що виділяється з листя рослини *Stevia reboudiana* (Парагвай, Китай, Японія, Корея). Добре розчинний у воді,  $K_{сл}$  300. Термолабільний. Невеликі кількості викликають відчуття приємного солодкого смаку, у великих кількостях має гіркий смак.

Створені технології отримання борошняних кондитерських виробів, мармеладу, желейних і збивних цукерок з використанням листа, стебла стевії.

**Гліциризин** E958 (солодка речовина, лакриця) – підсолоджувач, підсилювач смаку та аромату. Одна з найдавніших природних підсолоджуючих речовин в Європі. Отримують з коріння солодкого дерева, що росте на півдні Європи і в Середній Азії. Корінь містить 6-14% гліциризину, крохмаль, цукор, білок, флавоноїди, солі. Основний солодкий компонент – гліциризинова кислота – глікозид тритерпенгліцетинової кислоти, зв'язаний з О- $\beta$ -D-глюкуронозил-(1,2)- $\beta$ -D-глюкуроновою кислотою.

Гліциризин (гліциризинова кислота) – безбарвна кристалічна речовина, нерозчинна у холодній, але добре розчинна в гарячій воді, етиловому спирті. Виділяється після обробки етиловим спиртом або оцтовою кислотою у вигляді гліциризинової кислоти, калієвих або амонієвих солей.

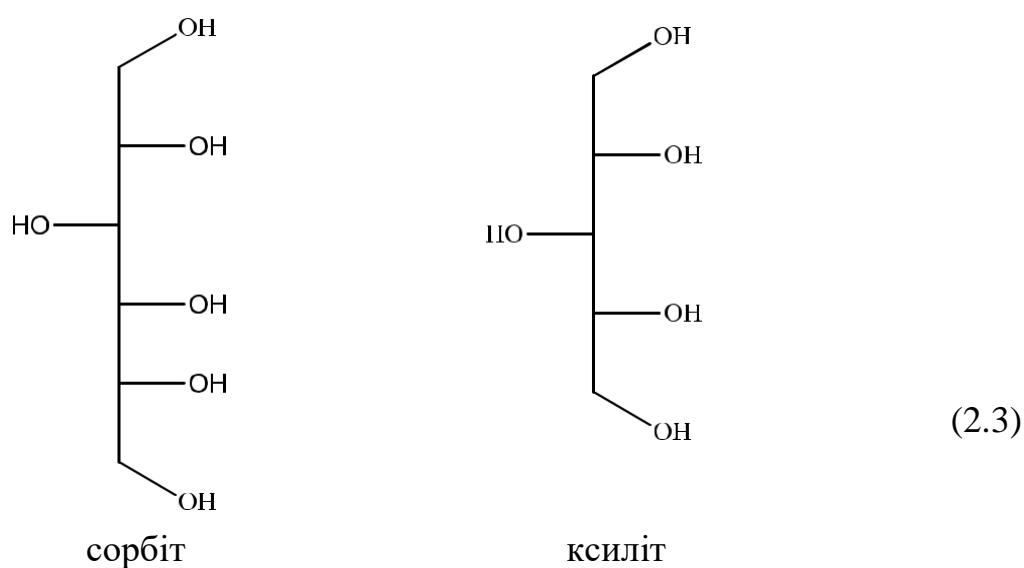
Гліциризин в 50-100 разів солодший за сахарозу ( $K_{сл}$  50-100), але не має яскраво вираженого солодкого смаку, має специфічний присмак і тривалий післясмак («лакричний смак») та запах. У присутності сахарози проявляє

синергетичний ефект. Екстракти з коренів солодконого дерева застосовуються в кондитерській та тютюновій промисловості.

**Неогесперидин дигідрохалкон E959** – підсолоджувач із шкірки цитрусових. Отримують модифікацією нарінгину, виділеного з шкірки грейпфрутів. Обмежено розчинний у воді, добре – в спирті. Високий ступінь солодкості неогесперидин дигідрохалкону ( $K_{сл}$  1800-2500) дозволяє використовувати його в дуже незначних кількостях. Під час застосування з іншими підсолоджувачами його  $K_{сл}$  значно зростає.

Не токсичний і рекомендується для застосування в суміші з іншими підсолоджувачами. Застосовується у процесі виробництва алкогольних напоїв (50 мг/кг), жувальної гумки (20 мг/кг).

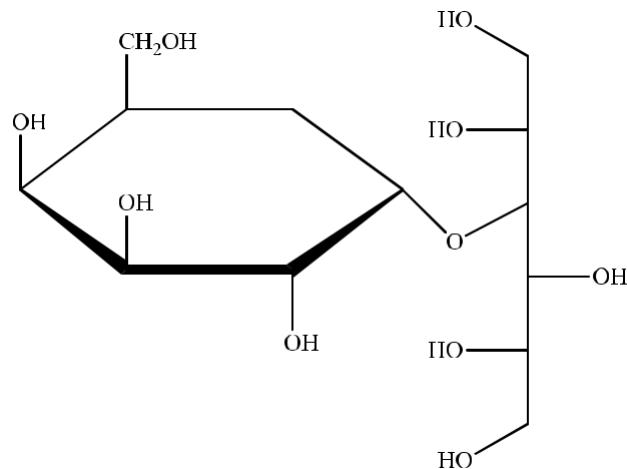
**Цукрозамінники.** Багатоатомні спирти (поліоли) належать до групи цукрозамінників. Серед них широке застосування як підсолоджувачі (замінники цукру) знайшли: ксиліт (E967), сорбіт (E420) і лактит (E966). Їх іноді називають цукровими спиртами:



Солодкість ксиліту і сорбіту в порівнянні з сахарозою 0,85 і 0,6 відповідно. Вони практично повністю засвоюються організмом.

Ксиліт, крім того, є вологоутримуючим агентом, стабілізатором, має емульсійні властивості, не впливає негативно на стан зубів, збільшує виділення шлункового соку і жовчі. Не впливають на процентний вміст цукру в крові. Застосовуються в кондитерській промисловості, хлібопекарстві, під час виробництва безалкогольних газованих напоїв та інших продуктів дієтичного і діабетичного призначення. Сорбіт та сорбітний сироп часто відносять не до харчових добавок, а до нових видів харчових продуктів.

**Лактит E966.** Підсолоджувач, текстуратор. Багатоатомний спирт, отриманий гідруванням природного молочного цукру – лактози. Солодкість 0,4 від сахарози ( $K_{сл} 0,4$ ). Добре розчинний у воді. Має чистий солодкий смак і не залишає присмаку в роті. Має в два рази меншу калорійність, ніж сахароза, не викликає карієсу зубів, може застосовуватися в харчуванні хворих на діабет. За своїми фізико-хімічними властивостями близький до сахарози і не вимагає технологічних змін під час його використання у виробництві борошняних виробів.



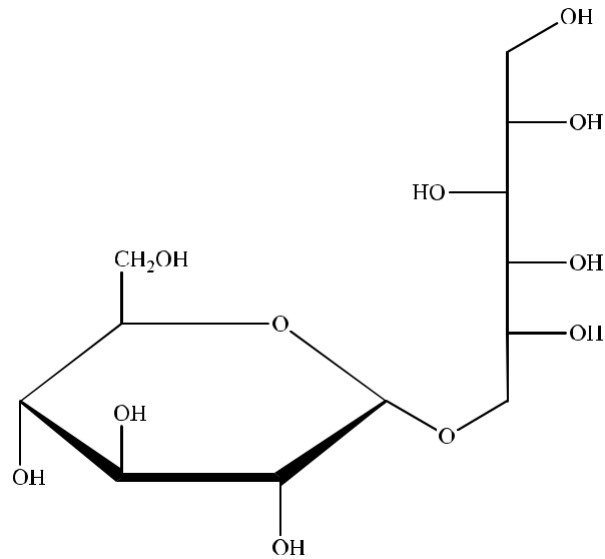
(2.4)

ЛАКТИТ

На етикетки препаратів, які містять багатоатомні спирти (сорбіт, ксиліт та ін.), повинен наноситися попереджувальний напис: «Споживання більше 15-20 г може викликати проносну дію».

**Мальтит і мальтитний сироп E965.** Підсолоджувач, стабілізатор, емульгатор.

**Ізомальтит E953.** Підсолоджувач, добавка, яка перешкоджає злежуванню і грудкуванню, наповнювач, глазуруючий агент.

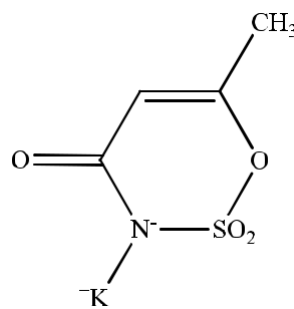


(2.5)

ізомальтит

**Інтенсивні синтетичні підсолоджувачі.** Останнім часом особлива увага приділяється інтенсивним підсолоджувачам синтетичного походження.

**Ацесульфам калію E950** (інша назва – сунет) відноситься до групи оксатіацинондіоксидів, синтезованих в 1973 р. Клаусом і Йенсеном. Кристалічна речовина, добре розчинна у воді, термічно і хімічно стійка сполука.



(2.6)

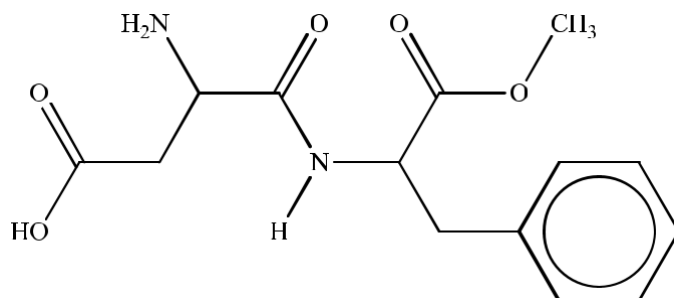
ацесульфам калію

Ацесульфам калію не токсичний, не канцерогенний, не виявлені його мутагенна і тератогенна дії. Не засвоюється організмом людини, не накопичується і виводиться з сечею навіть під час багаторазового застосування в первинній формі. ДДД – 15 мг/кг ваги тіла. К<sub>ст</sub> 200.



Застосовується під час виробництва кондитерських виробів, безалкогольних напоїв, дієтичних хлібобулочних виробів, морозива. Максимальна концентрація, залежно від виду харчового продукту, коливається від 300 до 2000 мг / кг готової продукції.

**Аспартам** E951 – один з найбільш рекламованих останнім часом підсолоджувачів. Дипептид (сполука, молекула якої складається з двох залишків амінокислот). Синоніми: санекта, нутрасвіт, сладекс. Відкрито Дж. Шлаттером в 1965 р.



(2.7)

аспартам

До складу аспартаму входять залишки аспарагінової кислоти і фенілаланіну.  $K_{сл}$  200. Є підсилювачем смаку та аромату. У процесі отримання харчових продуктів, у присутності вологи і за підвищеної температури ( $150^{\circ}\text{C}$ ), аспартам частково перетворюється на дикетопіперазин. Пройшов ретельну перевірку на токсичність, канцерогенність і є нешкідливим. Враховуючи те, що аспартам містить залишок амінокислоти фенілаланіну, він протипоказаний хворим на фенілкетонурію. Не сприяє розвитку карієсу зубів. Зручний для підсолодження харчових продуктів, які не вимагають теплової обробки (наприклад, кремів, морозива), напоїв, соків, а також продуктів лікувального призначення. У продуктах, під час отримання яких сировина піддається тепловій обробці, а готовий продукт – тривалому зберіганню, його застосування недоцільне через зниження ступеня солодкості, пов'язаного з розкладанням продукту.

**Цикламова кислота** та її натрієва, калієва і кальцієва солі (цикламати)E952.

Сполука з приємним смаком, без присмаку гіркоти, стабільна під час варіння, випікання, добре розчинна у воді. Солодкість в 30 разів вища, ніж у сахарози ( $K_{сл}$  30). У ряді країн застосовується в кондитерській промисловості, під час виробництва напоїв та деяких інших харчових продуктів.

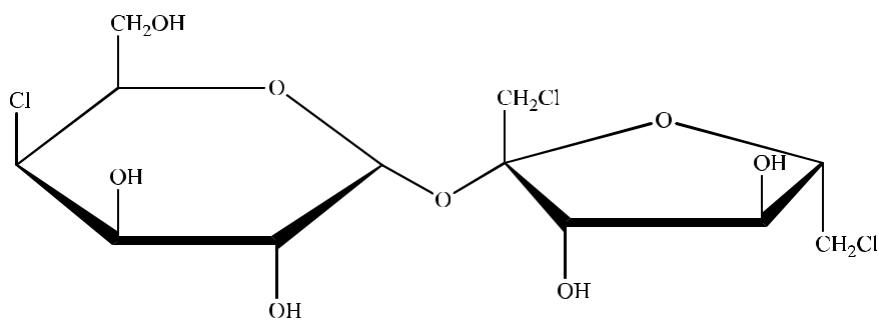
Цикламат (були відкриті в 1937 р. в США) відносяться до підсолоджувачів «старого» покоління, покращують смак класичного підсолоджувача сахарину (10 частин цикламату на 1 частину сахарину).

**Сахарин** (натрієва, калієва і кальцієва солі) E954. З синтетичних підсолоджувачів значне застосування знаходить сахарин-орто-сульфамід бензойної кислоти (біла кристалічна речовина з температурою плавлення 228-229°C), а також його натрієва, калієва і кальцієва солі. Підсолоджувач «старого» покоління має «гіркуватий» присмак, який усувається шляхом змішування з цикламатами. Солодший за сахарозу в 300-500 разів і переважно вживається у вигляді

солей, солодкість яких в 500 разів більше за солодкість сахарози ( $K_{сл}$  500). Тому його дозування може бути дуже низьким. Сахарин швидко проходить через травний тракт і 98% його виходить з сечею, має слабку сечогінну дію.

У процесі варіння, особливо за рН нижче 7, сахарин частково розкладається з відщеплення імід-групи і утворенням *o*-сульфобензойної кислоти, яка має неприємний присмак фенолу. Стабільний під час заморожування і нагрівання. Використовується у процесі виробництва харчових продуктів для хворих на діабет, а також в дієтичних сирах, напоях, жувальній гумці тощо.

**Сукралоза** (трихлоргалактосахароза) E955 – 1,6-дихлор-1,6-дигідрокси- $\beta$ -D-фруктофуранозил-4-хлор-4-гідрокси- $\alpha$ -D-галактопіранозид. Інтенсивний підсолоджувач «нового» покоління. Після багато численних досліджень визнаний безпечним для організму людини.



## сукралоза

**Суміші підсолоджувачів.** Останнім часом все більша увага приділяється так званим «сумішевим» підсолоджувачам, які представляють собою суміші різних підсолоджувачів. Під час складання сумішей враховують її солодкість, можливе поліпшення смаку, тривалість відчуття солодкості, синергетичний ефект, технологічні характеристики, кількість замінного цукру (повне або часткове), ціну суміші. Кількість цих варіантів безперервно зростає, при цьому їх автори та виробники намагаються дати конкретні рекомендації щодо застосування «сумішевих» підсолоджувачів для окремих видів харчових продуктів.

Виробництво підсолоджувачів, їх асортимент, в тому числі «сумішевих» підсолоджувачів, асортимент продуктів з їх використанням безперервно розширюються. Це пов'язано з тенденціями здорового харчування (низькокалорійні продукти), потребами хворих на діабет, економічними причинами. Тривають пошуки і нових підсолоджувачів.