



**Харчова хімія. Полісахариди** [Текст] : навч. посіб. / Н. К. Черно, Н. О. Денісюк, С. О. Озоліна [та ін.] - Одеса : Освіта України, 2014. - 222 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 218-221. - ISBN 978-617-711-78-7.

У навчальному посібнику розглянуто питання, які стосуються будови, функціонально-технологічних та фізико-хімічних властивостей полісахаридів та їх найширше застосування у харчовій промисловості.

Для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія»

## ВСТУП

**Полісахариди** — продукти поліконденсації моносахаридів, сполучених між собою глікозидними зв'язками. Полісахариди можуть мати як лінійну, так і розгалужену будову. Макромолекули полісахаридів можуть складатися з одного або декількох типів моносахаридів. Залежно від цього розрізняють гомо- та гетерополісахариди.

Складність будови полісахаридів і різноманітність структур не дозволяють створити для них систематичну хімічну номенклатуру. Перші назви полісахаридів обумовлені природою джерела їхнього вилучення або пов'язані з будь-якою характерною властивістю отриманої речовини. Такими є, зокрема, назви широко розповсюджених полісахаридів: крохмаль (від німецького *kraftmehl* — сила борошна), целюлоза (від латинського *cellula* — клітина), хітин (від грецького *chiton* — покриття) або терміни, які визначають групи таких сполук, наприклад, геміцелюлози (полісахариди, що супутні целюлозі у клітинній стінці рослин), поліуроніди (полісахариди, в молекулах яких переважають залишки уронових кислот) тощо.

Для полісахаридів також вживають термін «глікан». Назва гомогліканів віддзеркалює природу моносахаридного залишку. Наприклад, із залишків глюкози формується глюкан, ксилози — ксилан. Назви гетерогліканів утворюються з назв моносахаридів, залишки яких входять до їхнього складу. За основу назви обирають назву того моносахариду, залишки якого формують найдовший ланцюг (основний ланцюг, або кор). Наприклад, якщо основний ланцюг містить залишки галактози, до якого приєднані залишки манози у

вигляді бічних відгалужень, то такий полісахарид відносять до групи маногалактанів.

Полісахариди становлять основну масу органічної речовини на землі. Вони присутні у вищих рослинах, водоростях (фітополісахариди), бактеріях (полісахариди мікроорганізмів), тваринах (зоополісахариди). Значна частина з них виконує в рослинах скелетні функції, забезпечуючи жорсткість клітин. Ряд полісахаридів виконують у живих клітинах роль енергетичного резерву: вони здатні легко перетворюватись у моносахариди, які є безпосереднім джерелом енергії.

Молекулярні маси природних полісахаридів знаходяться у діапазоні від тисяч до декількох мільйонів. Завдяки значному розміру макромолекул та їхній гнучкості розчини полімерів суттєво відрізняються від розчинів низькомолекулярних сполук. У загальному вигляді молекули розчиненого полімеру можна представити як хаотично згорнутий клубок, який утримує велику кількість розчинника. Об'єм такого клубка може багатократно перевищувати власний об'єм макромолекули.

Для полісахаридів найбільш розповсюдженим типом міжмолекулярної взаємодії є утворення міжмолекулярних водневих зв'язків. При цьому на властивості полісахаридів впливає ступінь упорядкування їх будови. Так, целюлоза і хітин, яким притаманні стереорегулярна структура та лінійна конформація молекул, у воді не розчиняються, а тільки слабо у ній набухають, що пояснюється значним перевищенням такого типу енергії міжмолекулярної взаємодії у цих сполуках як енергія гідратації. Асоціація полісахаридів у розчинах також зумовлена міжмолекулярними водневими зв'язками й інколи призводить до їхнього випадання в осад (ретроградація). На розчинність полісахаридів впливають неорганічні солі, рН середовища та інші зовнішні фактори.

Для полісахаридів, що є поліелектролітами (пектин, альгінова кислота, сульфатовані галактани), міжмолекулярна взаємодія здійснюється як шляхом водневих зв'язків, так і за рахунок електростатичних взаємодій.

Полісахариди відіграють важливу роль у виробництві харчових продуктів. Великий спектр функціонально-технологічних властивостей зумовлює їхнє широке використання як добавок, які поліпшують структуру та вихід різних продуктів. Однією з таких властивостей є загущення, що пов'язано з підвищенням в'язкості водних систем, до яких належать практично всі харчові продукти. Здатність полісахаридів до загущення використовується у виробництві продуктів харчування для формування макроструктури (текстури), яка описується термінами «волокниста, шарувата, тверда, м'яка, пластична, крихка. Роль полісахаридів як драглеутворювачів пов'язана з їхньою здатністю до утворення просторової сітки, яка утримує розчинник. Полісахариди додають у продукти, які є емульсіями (молоко, майонез,

морозиво), для їх стабілізації. Стабілізувальна дія полісахаридів зумовлена значним збільшенням в'язкості дисперсійного середовища, що створює труднощі для зближення крапель. Деякі полісахариди також здатні стабілізувати суспензії та піни.

Значення полісахаридів як харчових компонентів не вичерпується тільки функціонально-технологічними властивостями. Вони є біологічно активними речовинами, які справляють виражену фізіологічну дію. Окрім резервних полісахаридів, що розщеплюються ферментами шлунково-кишкового тракту людини та виконують енергетичну функцію, існує велика кількість інших, які не здатні до гідролізу під дією травних ферментів. До них належать целюлоза, ксилани, манани, арабінани, галактани, галактуронани тощо. Сировинними джерелами таких полісахаридів є різноманітні вищі рослини (фрукти, овочі, дерева, трави), водорості, гриби, ракоподібні, деякі тканини тваринного походження, мікроорганізми.

У минулому такі полісахариди відносили до «баластних речовин» їжі, але згодом, наприкінці ХХ ст., людство усвідомило їхню видатну роль у процесах життєдіяльності. Сьогодні такі полісахариди відносять до категорії «харчових волокон» — речовин, стійких до дії травних ферментів шлунково-кишкового тракту людини, переважна більшість яких перетравлюється частково або повністю ферментами кишкових бактерій, що визначає їхній пребіотичний ефект. Дефіцит харчових волокон у харчуванні людини вважають одним з основних чинників ризику розвитку різноманітних захворювань: раку товстої та прямої кишок, дивертикульозів, жовчнокам'яної хвороби, атеросклерозу та хвороб, які ним зумовлені, цукрового діабету, тромбозів та ін. У різних країнах світу вживання харчових волокон коливається від кількох до 100 та більше грамів на добу, але більшість народів світу в середньому вживають близько 20 г. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначила рекомендовану дозу вживання харчових волокон — не менше ніж 30 г на добу. Департамент з харчування США — 25-38 г.

Хімічна будова молекул харчових волокон визначає їхні фізико-хімічні властивості (розчинність, водоутримувальну здатність, в'язкість, драглеутворення, сорбційну активність тощо). Будова та властивості окремих представників біополімерів — компонентів харчових волокон — можуть суттєво відрізнятися залежно від структурних особливостей. Щодо полісахаридів, то їхні властивості зумовлені сукупністю таких чинників:

- моносахаридний склад;
- кількість і тип функціональних груп;
- тип і конфігурація міжмолекулярних зв'язків;
- ступінь полімеризації;
- особливості надмолекулярної структури.

У свою чергу, фізико-хімічними властивостями визначаються фізіологічні ефекти харчових волокон: пролонгація терміну знаходження харчового клубка у шлунку, пригнічення апетиту, зниження споживання енергії, уповільнення всмоктування жирних кислот та глюкози, зменшення ступеня

абсорбції жиру, зниження зворотного всмоктування жовчних кислот і зниження рівня холестерину в крові та літогенності жовчі, зв'язування канцерогенів важких металів та радіонуклідів, нормалізація складу кишкової мікрофлори та покращання її метаболізму.

В останні роки харчові волокна є об'єктом пильної уваги і серйозного вивчення як фізіологів, так і технологів. Тенденція до повернення харчових волокон у раціони харчування все більш чітко спостерігається на прикладах нових різноманітних харчових продуктів, які з'являються на продовольчому ринку, — від хліба з висівками до збагаченого розчинними харчовими волокнами молока. Розроблено широкий спектр дієтичних харчових добавок, які призначені для поповнення дефіциту харчових волокон у раціонах харчування різних груп населення.

Отже, значення полісахаридів не обмежується лише їхнім використанням як добавок для регулювання технологічних властивостей харчових систем. Вони є перспективним і дієвим природним засобом впливу на здоров'я людини, який сприяє покращанню гомеостазу, підвищенню імунітету, запобіганню багатьом загрозливим захворюванням.

У посібнику наведено відомості щодо полісахаридів, які сьогодні використовуються у вигляді функціональних харчових інгредієнтів, моно- та полікомпонентних харчових і дієтичних добавок; розглянуто їхню будову, властивості, галузі використання та технологію виробництва.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>1. КРОХМАЛЬ.....</b>	<b>12</b>
Будова.....	13
Фізико-хімічні властивості .....	16
Технологія виробництва крохмалю .....	21
Модифіковані крохмалі.....	33
Крохмалі як імітатори жирів .....	43
Циклодекстрини.....	43
Застосування крохмалю .....	46
<b>2. ЦЕЛЮЛОЗА.....</b>	<b>50</b>
Будова.....	51
Фізико-хімічні властивості .....	54
Технологія виробництва целюлози.....	55
Модифікована целюлоза .....	58
Застосування целюлози та її похідних .....	63

<b>3. ПЕКТИН</b>	67
Номенклатура. Будова. Класифікація	67
Фізико-хімічні властивості	70
Технологія виробництва пектинів	78
Застосування	88
<b>4. ІНУЛІН</b>	93
Будова та властивості	94
Отримання	95
Застосування	97
<b>5. ГАЛАКТОМАННИ</b>	101
Будова	101
Фізико-хімічні властивості	103
Отримання та застосування	105
ГУАРОВА КАМЕДЬ	105
Фізико-хімічні властивості	106
Отримання та застосування	106
КАМЕДЬ РІЖКОВОГО ДЕРЕВА	110
Фізико-хімічні властивості	110
Отримання та застосування	110
КАМЕДЬ ТАРИ	115
<b>6. ГЛЮКАНИ</b>	117
БЕТА - (1 →3; 1 →4) - ГЛЮКАНИ	117
Будова	118
Фізико-хімічні властивості	119
Отримання та застосування	119
<b>7. АРАБІНОГАЛАКТАНИ</b>	123
АРАБІНОГАЛАКТАНИ РОСЛИННИХ ТКАНИН	123
Будова	124
Фізико-хімічні властивості	125
Отримання	126
Застосування	126
АРАБІНОГАЛАКТАНИ КАМЕДЕЙ	128
ГУМІАРАБІК	128
Будова	129
Фізико-хімічні властивості	131
Отримання	132
Застосування	133
ТРАГАКАНТОВА КАМЕДЬ	136
Будова	137
Фізико-хімічні властивості	137
Отримання	139

Застосування.....	140
<b>8. ПОЛІСАХАРИДИ ВОДОРОСТЕЙ.....</b>	<b>142</b>
АЛЬГІНОВА КИСЛОТА ТА ЇЇ СОЛІ .....	144
Будова.....	145
Фізико-хімічні властивості .....	147
Похідні.....	149
Технологія виробництва альгінатів .....	149
Застосування.....	153
АГАР.....	157
Будова.....	159
Фізико-хімічні властивості .....	160
Технологія виробництва харчового агару.....	162
Застосування.....	165
КАРАГІНАН.....	167
Будова.....	168
Фізико-хімічні властивості .....	169
Технологія виробництва карагінану .....	172
Застосування.....	173
ФУКОЇДАН.....	174
ЛАМІНАРАН.....	176
<b>9. АМІНОГЛІКАНОВМІСНІ ПОЛІСАХАРИДИ .....</b>	<b>178</b>
АМІНОГЛІКАНИ: ХІТИН І ХІТОЗАН.....	178
Будова.....	179
Фізико-хімічні властивості .....	180
Отримання.....	181
Застосування.....	183
ГЛІКОЗАМІНОГЛІКАНИ.....	185
ГІАЛУРОНОВА КИСЛОТА.....	186
Будова.....	186
Фізико-хімічні властивості .....	187
Отримання.....	188
Застосування.....	189
ХОНДРОЇТИНСУЛЬФАТ.....	191
Будова.....	191
Фізико-хімічні властивості.....	193
Отримання.....	194
Застосування.....	196
<b>10. МІКРОБНІ ПОЛІСАХАРИДИ.....</b>	<b>198</b>
КСАНТАН.....	198
Будова.....	198
Фізико-хімічні властивості .....	200
Отримання та застосування .....	201

ГЕЛАН.....	204
Будова.....	204
Фізико-хімічні властивості .....	205
Отримання та застосування .....	206
ДЕКСТРАНИ.....	208
ПУЛУЛАН.....	209
БЕТА-(1 →3; 1 →6)-Г ЛЮКАНИ.....	210
Будова.....	210
Фізико-хімічні властивості .....	211
Отримання та застосування.....	211
<b>ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....</b>	<b>215</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>218</b>