

*О.В.Олійніченко, асп.,  
Я.Ф. Жукова, к.б.н.  
К.В.Копилова, д.с-г.н.,  
Інститут продовольчих ресурсів НААН*

## **КЛАСИФІКАЦІЯ ХАРЧОВИХ ПОЛІСАХАРИДІВ ЗА ХІМІЧНОЮ ПРИРОДОЮ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИМ ПРИЗНАЧЕННЯМ У МОЛОЧНИХ ПРОДУКТАХ**

*У роботі проведено аналіз різноманітних полісахаридів харчових продуктів та розглянуто проблеми, пов'язані з їх класифікацією. Залежно від економічних міркувань, маркетингових трендів та функцій у харчових продуктах, полісахариди можуть бути віднесені до таких основних груп: 1) стабілізатори, емульгатори, желюючі агенти та загущувачі, які використовуються з метою покращення текстури, збільшення стабільності продукту та подовження його строку придатності; 2) харчові волокна, яким притаманні пребіотичні властивості; 3) замітники або імітатори молочного жиру, основною функцією яких є зниження калорійності харчових продуктів. Оскільки у багатьох випадках полісахариди харчових продуктів одночасно належать до кількох груп, їх можна розглядати як поліфункціональні харчові добавки з широким спектром функціональних призначень, що варіюють від покращення якості продукту, зниження його собівартості, і до здійснення оздоровчого ефекту. Проте, на сьогодні в Україні не створено дієвого механізму контролю над виробництвом та використанням таких харчових добавок, а також відкритим залишається питання розробки термінологічної бази, класифікації та законодавчого регламентування харчових полісахаридів, що необхідно для ефективної наукової комунікації та вирішення технологічних завдань.*

*Ключові слова: полісахариди, харчові добавки, емульгатори, стбілізатори, харчові волокна, замітники молочного жиру.*

*O. Oliinichenko, Ph.D. student,  
Y. Zhukova, Ph.D. Biology,  
K. Kopylova., D.Sc., Agriculture,  
Food Resources Institute of NAAS*

## **CLASSIFICATION OF FOOD POLYSACCHARIDES ACCORDING TO THEIR CHEMICAL NATURE AND FUNCTION IN DAIRY PRODUCTS**

*The main issues analyzed in this review are food polysaccharides diversity and the problems associated with their classification. Depending on economic considerations, market trends and functions in food products, polysaccharides can be attributed to the following groups: 1) stabilizers, emulsifiers, gelling agents and thickeners, which are used in order to improve the texture, increase product stability and extend its shelf life; 2) dietary fibers, conferring prebiotic properties to the final product; 3) milk fat substitutes or imitators reducing the calorie content of foodstuffs. Substantially each of food polysaccharides belongs to several groups, that is why they can be seen as multifunctional dietary supplements with a wide range of functional assignments that range from improving product quality, reducing its cost, and conferring health benefits. However, up to this day in Ukraine there hasn't been developed an effective monitoring mechanism of food additives production and application. Likewise there exists no full termbase, classification and legislative regulation of dietary polysaccharides, which are of great importance for effective scientific communication and solving technological problems.*

*Key words: polysaccharides, dietary supplements, emulsifiers, stabilizers, dietary fiber, milk fat substitutes.*

*О.В.Олійниченко, асп.,*

*Я.Ф. Жукова, к. б. н.,*

*К.В.Копылова, к.т.н.*

Институт продовольственных ресурсов НААН

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ В МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ**

*В работе проведен анализ разнообразных полисахаридов пищевых продуктов и рассмотрены проблемы, связанные с их классификацией. В зависимости от экономических соображений, маркетинговых трендов и функций в пищевых продуктах, полисахариды могут быть отнесены к следующим основным группам: 1) стабилизаторы, эмульгаторы, желирующие агенты и загустители, которые используются с целью улучшения текстуры, увеличения стабильности продукта и продления его срока годности; 2) пищевые волокна, обладающие пребиотическими свойствами; 3) заменители или имитаторы молочного жира, основной функцией которых является снижение калорийности пищевых продуктов. Поскольку во многих случаях полисахариды пищевых продуктов одновременно относятся к нескольким группам, их можно рассматривать как полифункциональные пищевые добавки с широким спектром функциональных назначений, которые варьируют от улучшения качества продукта, снижения его себестоимости, и до осуществления оздоровительного эффекта. Однако, на сегодняшний день в Украине не создан действенный механизм контроля над производством и использованием таких пищевых добавок, а также открытым остается вопрос разработки терминологической базы, классификации и законодательного регламентирования пищевых полисахаридов, что необходимо для эффективной научной коммуникации и решения технологических задач.*

*Ключевые слова: полисахариды, пищевые добавки, эмульгаторы, стабилизаторы, пищевые волокна, заменители молочного жира.*

**Підходи до класифікації харчових полісахаридів.** Полісахариди, які є невід'ємною частиною багатьох харчових продуктів можуть мати різні назви залежно від призначення, економічних міркувань та тенденцій: гідроколіди, карбогідрати, харчові волокна (як природного походження, так і модифіковані), стабілізатори, емульгатори, желючі агенти та загущувачі, камеді, замінники або імітатори жиру. При цьому, згідно з чинними нормативними документами, маркування продуктів має відображати не тільки загальний вміст вуглеводів, а й окремо вміст полісахаридів [1], адже наявність останніх підвищує користь продукту і, відповідно, впливає на його додану вартість

Полісахариди харчових продуктів можна розглядати як поліфункціональні харчові добавки, основними сферами застосування яких є: 1) емульгування, стабілізація, желювання, загущення; 2) заміна або імітація молочного жиру; 3) підвищення харчової цінності продукту за рахунок збільшення вмісту харчових волокон.

Таким чином, кожний харчовий полісахарид може одночасно виконувати декілька функцій. Наприклад карбоксиметилцелюлоза в молочних продуктах виступає одночасно як емульгатор, стабілізатор, харчове волокно та замінник жиру, оскільки вона є поверхнево-активною речовиною і обумовлює диспергування несумісних фаз (жир і вода), підтримує отриману структуру емульсії в стабільному стані, не перетравлюється в шлунково-кишковому тракті людини, таким чином, знижуючи калорійність, та надає приємної консистенції продукту зі зниженим вмістом жиру.

Яку б функцію харчові полісахариди не виконували у готовому продукті, їх можна класифікувати за хімічною будовою (склад мономерних ланок, їх замісників, різноманітність і розташування цих ланок у полімерному ланцюзі) (Рис.1). Полімери, що складаються з

мономерів однакової будови, відносять до гомополісахаридів, а ті, які мають у своєму складі різні мономери – до гетерополісахаридів. В залежності від будови мономерних ланок, гомополісахариди поділяються на глюкози, фруктани, галактани, арабінани, ксилани, манани та поліуроніди.

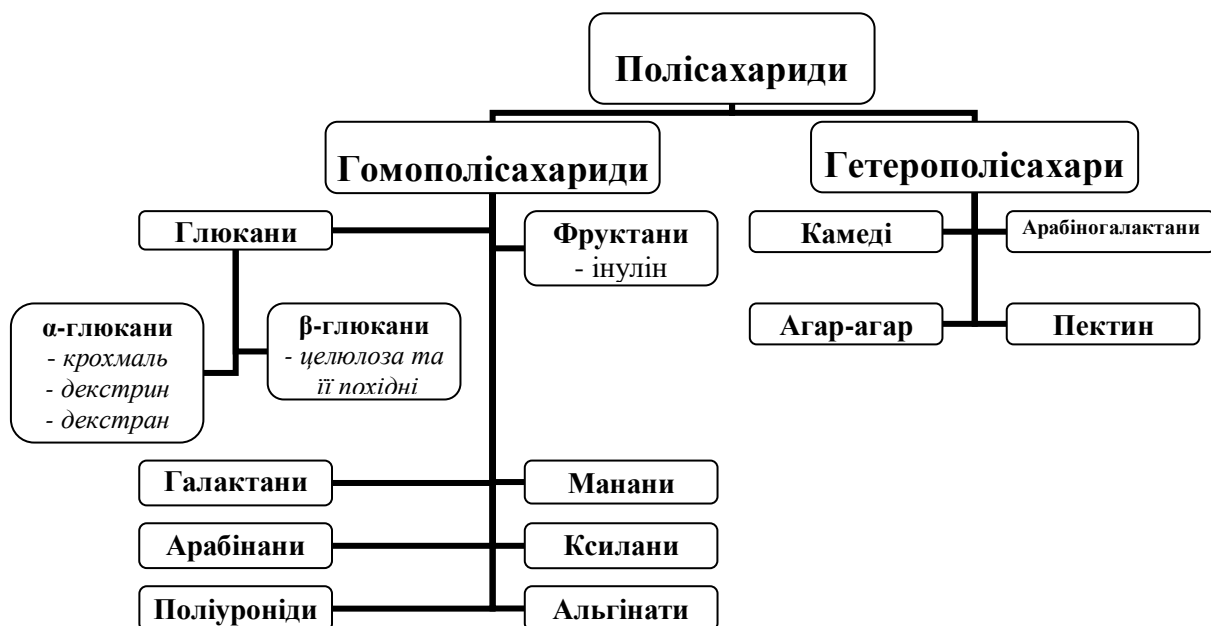


Рис. 1. Класифікація полісахаридів за хімічною будовою

Слід зазначити, що для виконання функції стабілізації колоїдної системи необхідна дуже незначна кількість харчових полісахаридів (0,5 – 3,5 г/100 г), тоді як у разі їх використання в якості харчового волокна або замітника молочного жиру, ті ж самі харчові полісахариди можуть використовуватися у макрокількостях [2]. Проте, функція харчового полісахариду в продукті не завжди корелює з його концентрацією (табл. 1). Це, в першу чергу, обумовлено тим, що в переважній більшості випадків для надання готовому продукту певних характеристик використовують суміш відповідних харчових добавок, а не окремі сполуки. Крім того, введення великої кількості гідроколоїдів здебільшого ускладнює технологічний процес або робить його неможливим, оскільки обумовлює надмірне загущення чи інші негативні явища в готовому продукті.

Таблиця 1

Вміст поширених харчових полісахаридів у різних групах молочних продуктів у якості стабілізаторів, заміників молочного жиру, харчових волокон, г/100 г

Харчові полісахариди	Вміст у молоці та молочних напоях	Вміст у сирах та сирних продуктах	Вміст у морозиві та заморожених молочних десертах	Вміст в кисло-молочних продуктах та ін.	Рекомендовані норми за НД
Целюлоза та похідні	0,02-2,00 [3]	0,25-4,00 [4]	0,25 [5]	0,01-9,00 [6]	ТУ [7]; 5,00-8,00 [8]
Інулін	-	5,00-11,00 [9]	0,1-8,0 [10]	0,01-20,00 [11]	ТУ [7]
Камеді	0,12 [12]	1,50-3,00 [13]	0,05-0,20 [14]	0,1-20,0 [15]	ТУ [7]; 5,00-10,00 [8]
Пектин	-	0,25-2,00 [16]	-	0,4-0,8 [17]	ТУ [7]; 0,00-1,00 [8]
Крохмаль та похідні	2,00-4,00 [18]	3,00-30,00 [19]	30,00 [20]	1,00-10,00 [21]	нативний: ТУ [7]; модифіковані: ≤1,00 [8]

Декстрин	-	9,45 [22]	9,00 [22]	5,00-30,00 [23]	ТУ [7]; 0,50-1,00 [8]
Полідекстроза	1,00-5,00 [24]	-	0,00-3,00 [25]	1,00-5,00 [24]	ТУ [7]
Мальтодекстрин	-	0,25-1,00 [26]	0,00-2,50 [27]	5,00-20,00 [26]	ТУ [7]
Каррагінани	0,02-0,07 [19]	0,10-0,60 [27]	0,15-1,00 [28]	≤1,00 [7]	ТУ [7]
Альгінати	0,01-9,00[29]	0,10-8,00 [30]	0,30-0,50 [31]	0,10-0,30 [32]	ТУ [7]

**Стабілізатори, емульгатори, желюючі агенти та загущувачі.** Полісахаридні харчові добавки, які за класифікацією ЄС отримали номери E400-E499, поділяють на чотири функціональні групи: стабілізатори, емульгатори, желюючі агенти та загущувачі.

Емульгатори сприяють отриманню однорідної дисперсії двох взаємно нерозчинних рідин, одна з яких рівномірно розподілена в другій у вигляді найдрібніших крапель, а стабілізатори підтримують таку систему у рівноважному стані. Желюючі агенти надають продукту структури гелю, тоді як загущувачі збільшують в'язкість харчового продукту. На практиці важко диференціювати емульгатори та стабілізатори, оскільки більшість харчових полісахаридів виконують декілька функцій одночасно в залежності від рН, іонної сили, концентрації та присутності інших сполук [33]

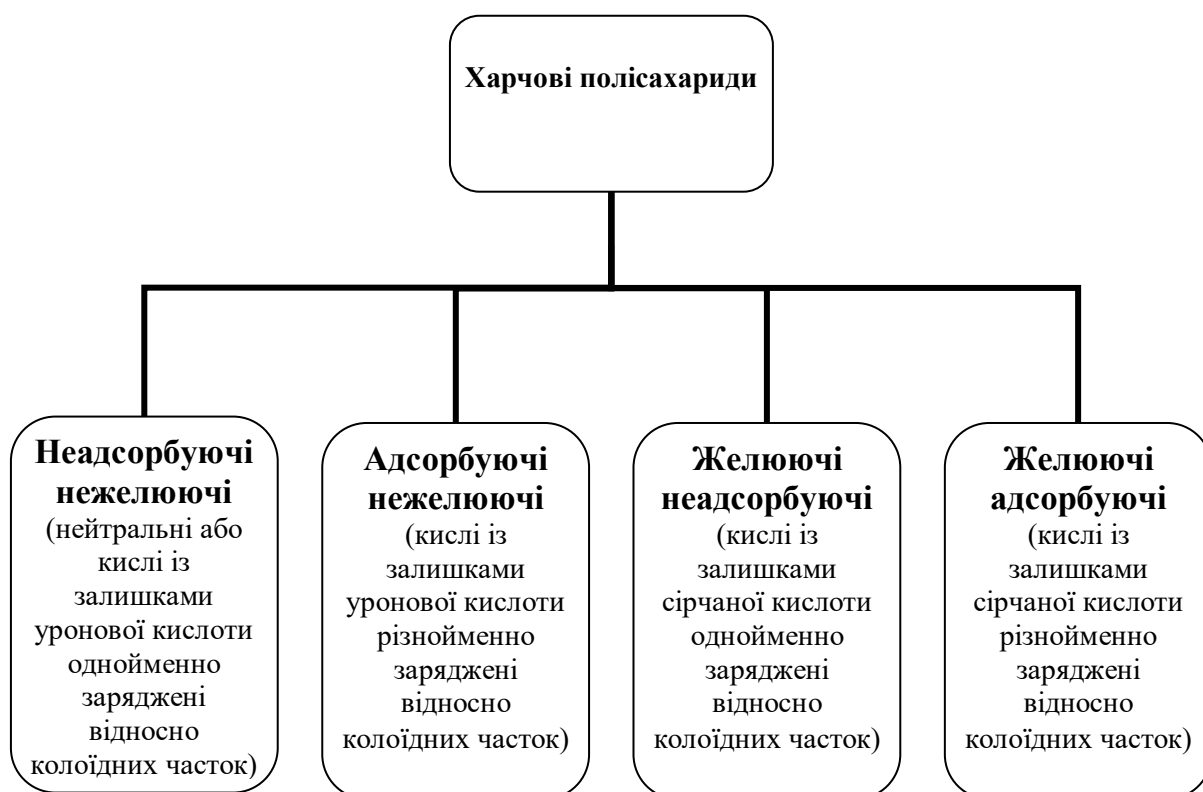
Системі «молоко-харчові полісахариди» (стабілізатори, емульгатори) притаманні наступні особливості: 1) вона являє собою псевдопотрійну поліелектролітну систему «білки молока-полісахариди-вода», для якої більш характерним є комплексоутворення або повне розшарування фаз, ніж просте змішування; 2) більшість молочних продуктів містять колоїдні частки, поверхня яких найчастіше вкрита білками. Характер взаємодії компонентів вода-білок-полісахарид залежить від таких факторів, як концентрація складових суміші, рН та іонна сила.

Загущувачі і желюючі агенти за своєю хімічною природою є лінійними або розгалуженими полімерними ланцюгами з гідрофільними групами, які вступають у фізичну взаємодію з наявною в продукті водою. За винятком полісахаридів бактеріального (ксантан E 415 і гелланова камедь E 418) та тваринного походження (желатин), загущувачі і желюючі агенти є вуглеводами (полісахаридами) рослинного походження або рослинними гідроколоїдами. Їх отримують з наземних рослин або водоростей. З бурих водоростей отримують альгінову кислоту E 400 і її солі E 401 ... 404. Найбільш популярні желюючі агенти - агар (агар-агар) E 406 і каррагінан (в тому числі фурцеллеран) E 407 - отримують з червоних морських водоростей, а пектин E 440 - найчастіше з яблук і цитрусових. Рослинні полісахариди за функціями, які вони виконують власне в рослинному організмі, поділяють на захисні колоїди, що виділяються рослиною при пошкодженнях (ексудати, смоли), і резервні полісахариди, які накопичуються в насінні. До смол належать: арабіногалактан E 409, трагакант E 413, гуміарабик E 414, камедь карайї E 416, камедь гхатті E 419. До резервних полісахаридів - борошно насіння ріжкового дерева E 410, вівсяна камедь E 411, гуарова камедь E 412 і камедь тари E 417.

За хімічною будовою гідроколоїди поділяють на три групи: кислі полісахариди із залишками уренової кислоти, кислі полісахариди із залишками сірчаної кислоти і нейтральні полісахариди (рис.2). У якості загущувачів застосовуються кислі гідроколоїди із залишками уренової кислоти (наприклад, трагакант E 413 і гуміарабик E 414), а також нейтральні сполуки (наприклад, камедь бобів ріжкового дерева E 410 і гуар E 412). Кислі полісахариди із залишками сірчаної кислоти застосовуються, як желюючі агенти (наприклад, агар E 406 і каррагінан E 407).

Властивості загущувачів, особливо нейтральних полісахаридів, можна змінювати шляхом фізичної (наприклад, термічної) обробки або шляхом хімічної модифікації (наприклад, введенням в молекулу нейтральних або юнних замісників). Шляхом хімічної або фізичної модифікації крохмалю можна домогтися: зниження або підвищення температури утворення клейстеру; зниження або підвищення в'язкості клейстеру; підвищення розчинності в холодній воді; появи емульгуючих властивостей; зниження схильності до ретроградації; стійкості до синерезису, дії кислот, високих температур, циклів розморожування-заморожування. При цьому отримують різні види модифікованих крохмалів (Е 1400-1405, Е 1410-1414, Е 1420-1423, Е 1440, Е 1442, Е 1443, Е 1450). До модифікованих полісахаридів також відносять складні ефіри целюлози Е 461- 467.

Ефективність дії гідроколоїдів визначається не тільки структурними особливостями їх молекул (довжиною ланцюга, ступенем розгалуження, природою мономерних ланок і функціональних груп з їх розташуванням в молекулі, наявністю глікозидних зв'язків), а й складом харчового продукту, способом його отримання і умовами зберігання. На розчинення і диспергування гідроколоїдів впливають розмір і форма їх часток, питома поверхня, гранулометричний склад. Велике значення має спосіб приготування розчину (дисперсії): інтенсивність і час перемішування, температура, значення рН, присутність електролітів, мінеральних речовин і речовин, що підлягають гідратуванню (наприклад, цукру), можливість утворення комплексів з іншими наявними в системі сполуками, процеси розпаду, що викликаються ферментами або мікроорганізмами. Є загусники, які можуть утворювати асоціати з іншими високомолекулярними компонентами харчового продукту, що викликає помітне зростання в'язкості. Поведінка нейтральних полісахаридів, на відміну від поліелектролітів, практично не залежить від зміни рН середовища та концентрації солі.



**Рис. 2. Класифікація харчових полісахаридів, що виступають у якості загущувачів, желюючих гентів, стабілізаторів або емульгаторів, за механізмом впливу на колоїдну систему молока**

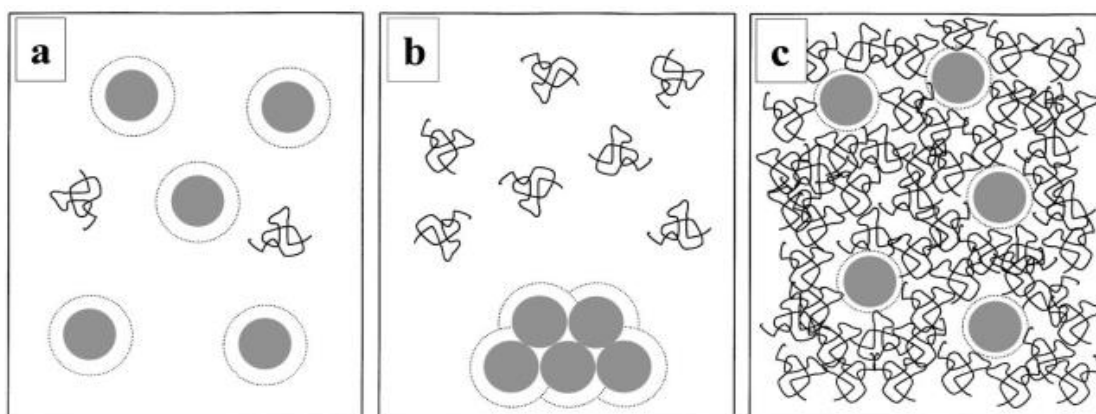
Загалом, можна виділити наступні можливі рівноважні моделі системи молоко-харчові полісахариди [34]: нерозчинність – сили відштовхування між різнойменними полімерами (білками та харчовими полісахаридами) значно переважають сили притягання між однойменними полімерами, внаслідок чого відбувається розділення (сегрегація) суміші на дві водні фази, що не змішуються; коацервація – взаємне притягання між різно- та однойменними макромолекулами призводить до утворення їх комплексу, внаслідок чого суміш розділяється на дві фази, одна з яких містить комплекс обох полімерів, а друга – лише розчинник; взаєморозчинність – взаємодія між різнойменними полімерами відповідає взаємодії між однойменними полімерами, що супроводжується їх взаємним розчиненням.

Оскільки молоко та молочні продукти є складними прямими колоїдними системами, в яких вода з розчиненими в ній харчовими полімерами, іонами та іншими структурами, являє собою дисперсне середовище, а жирові кульки, стабілізовані білками молока (казеїнами або сироватковими білками) – дисперсну фазу, то нерозчинність харчових полісахаридів проявляється як нездатність до адсорбції, взаєморозчинність – як слабка адсорбція, а коацервація – як сильна адсорбція відносно дисперсної фази.

Харчові полісахариди, залежно від їх здатності адсорбуватися на поверхні жирових кульок, поділяють на адсорбуючі та неадсорбуючі, а в залежності від здатності утворювати гель – на желуючі та нежелуючі. Таким чином, можна виділити наступні групи харчових полісахаридів за механізмом дії на колоїдну систему молока: неадсорбуючі нежелуючі, адсорбуючі нежелуючі, желуючі неадсорбуючі та желуючі адсорбуючі (рис.2) [35]. Між білками поверхні жирових кульок та харчовими полісахаридами можуть спостерігатись сили відштовхування чи притягування залежно від того, які заряди наявні на їх поверхні.

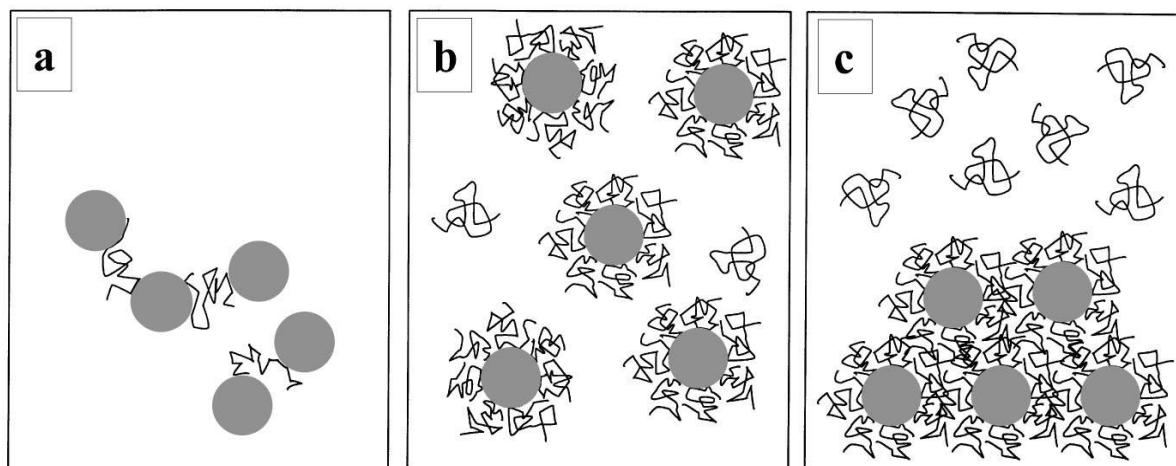
Колоїдна дисперсна система, в якій присутні неадсорбуючі, нежелуючі полімери зі збільшенням їх концентрації проходить від стабільного стану (рис.3а) через флокуляцію за механізмом витіснення (рис.3б) і знову до стабільного стану (рис.3с).

Якщо між вільними (наприклад, харчовий полісахарид) та зв'язаними з колоїдними частками (наприклад, казеїн) полімерами переважають сили відштовхування, у розведеному розчині довкола колоїдних часток формується пуста область, ширина якої відповідає радіусу обертання розчинного полімеру, і система перебуває в рівноважному стані (рис. 3а). При помірному збільшенні концентрації розчину ця пуста область стає тоншою, що зумовлює флокуляцію (рис. 3б), а при подальшому збільшенні концентрації рух молекул стає конформаційно неможливим і система знову набуває стабільності (рис. 3с). Якщо дисперсна фаза (жирові кульки з адсорбованими полімерами) має великий відносний об'єм, колоїдні частки можуть сформувати мережу, яка характеризується тривалим часом розвитку флокуляції за механізмом витіснення, тобто система знаходиться у псевдостабільному стані.



**Рис. 3. Неадсорбуючі, нежелуючі полімери в колоїдних дисперсних системах**

Характер поведінки колоїдної дисперсної системи, в якій присутні адсорбуючі нежелюючі полімери, великою мірою залежить від їх концентрації. Коли концентрація вільного харчового полісахариду дуже низька, відбувається флокуляція за механізмом утворення містків за рахунок електростатичних сил взаємодії (рис.4а). Якщо концентрація вільного полімеру достатня для того, щоб практично вся поверхня колоїдних часток була зайнята адсорбованими харчовими полісахаридами, система знаходиться в рівноважному стані (рис. 4b). Подальше зростання концентрації харчового полісахариду призводить до флокуляції за механізмом витіснення (рис.4с).



**Рис. 4. Адсорбуючі нежелюючі полімери в колоїдних дисперсіях**

Гелі (желе) являють собою дисперсні системи, що складаються принаймні з двох компонентів — дисперсного середовища та розподіленої в ньому дисперсної фази. Дисперсним середовищем є рідина. У харчових системах це зазвичай вода, і тому гель носить назву гідрогелю. Дисперсною фазою є желуючий агент, полімерні ланцюги якого утворюють поперечно зшити сітку і не мають тієї рухливості, яка є у молекул загущувача в високов'язких розчинах. Вода в такій системі фізично зв'язана і теж втрачає рухливість. Наслідком цього є зміна консистенції харчового продукту. Структура і міцність харчових гелів, отриманих з використанням різних желуючих агентів, можуть сильно відрізнятися.

Гель практично є знерухомленою формою колоїдного розчину (золу). Для перетворення золу на гель необхідно, щоб між розподіленими в рідині молекулами почали діяти сили, що викликають міжмолекулярне зшивання. Це досягається різними способами: зниженням кількості розчинника за рахунок випаровування; зниженням розчинності розподіленої речовини за рахунок хімічної взаємодії; додавання речовин, що сприяють утворенню зв'язків і поперечного зшивання; зміною температури і регулюванням величини рН.

Початок гелеутворення супроводжується уповільненням броунівського руху частинок дисперсної фази (зростанням в'язкості), їх гідратацією і утворенням полімерної сітки. Здатність полімерів утворювати полімерну сітку залежить від довжини і числа лінійно орієнтованих ділянок їх молекул, а також наявності бічних ланцюгів, що створюють стеричні перешкоди при міжмолекулярній взаємодії. Механізми утворення гелів можуть значно відрізнятися, на сьогодні виділяють три основних механізми; цукрокислотний (високоетерифіковані пектини), модель "ячної упаковки" (наприклад, низькоетерифіковані пектини) і модель подвійних спіралей (наприклад, агар).

Желуючі полімери в колоїдних дисперсіях можуть бути як адсорбуючими, так і неадсорбуючими. Неадсорбуючі желуючі полімери формують мережу довкола колоїдних часток (рис.5а), у той час як адсорбуючі полімери включають колоїдні частки в структуру гелю (рис.5b). В обох випадках частки стабілізовані і не схильні до флокуляції. Якщо

адсорбуючий желюючий полімер присутній в концентрації, недостатній для формування гелю, закорені на колоїдних частках полімери зв'язуються між собою своїми вільними кінцями і таким чином обумовлюють флокуляцію (рис.5с).

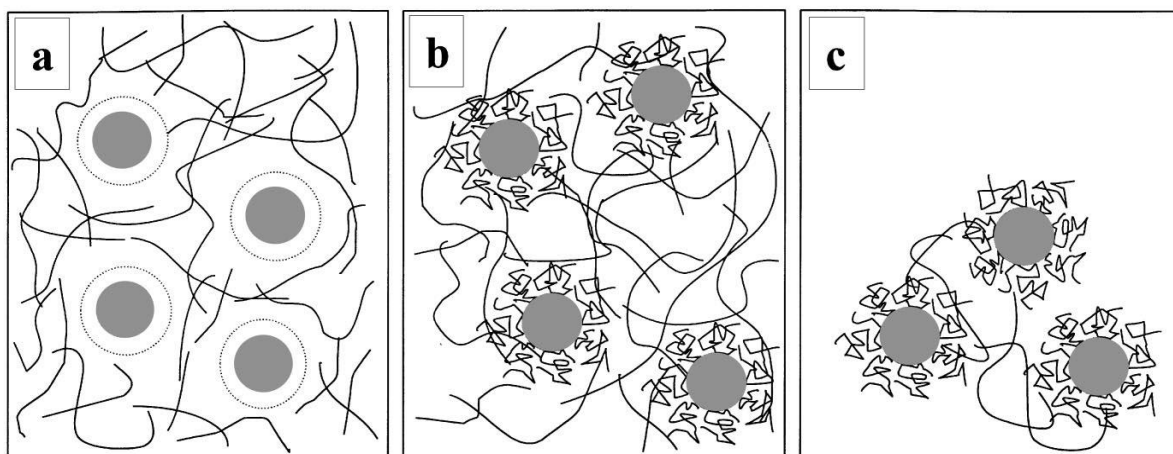


Рис. 5. Желюючі полімери в колоїдних дисперсіях

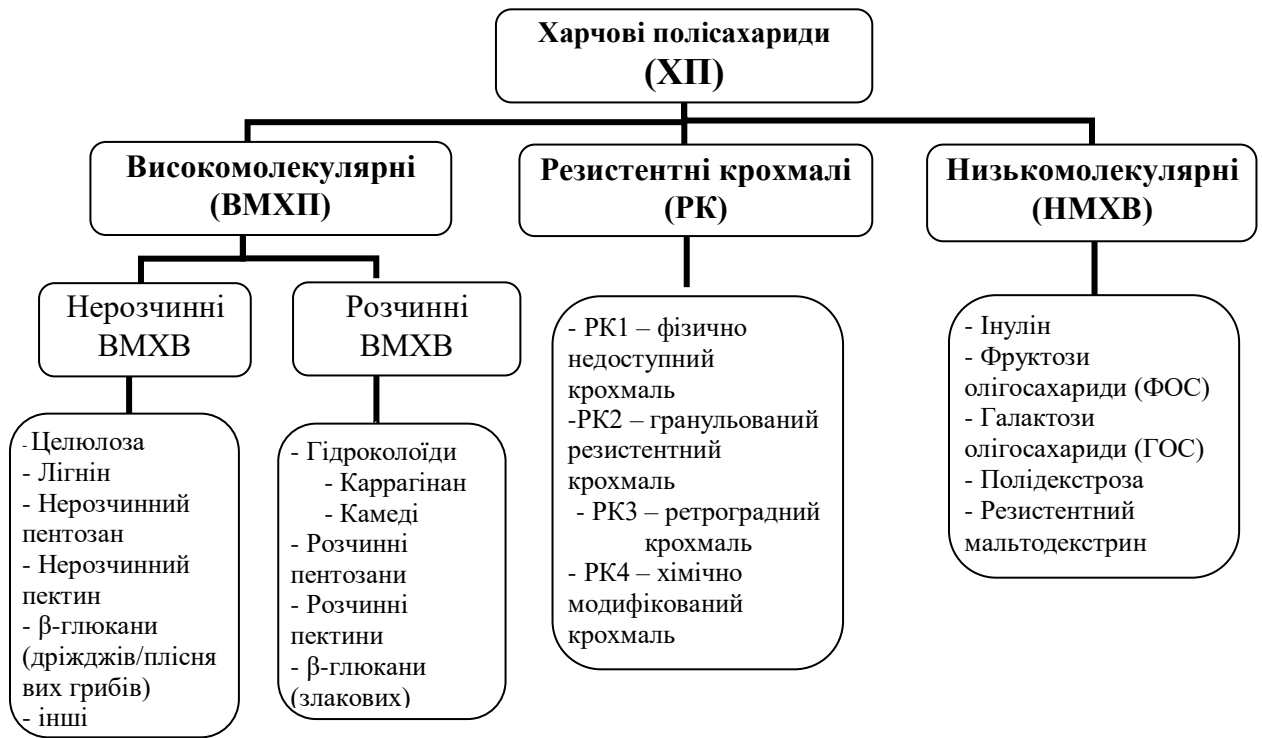
Таким чином, найкращим стабілізатором для молочних продуктів можна вважати кополімер, що складається з вільного харчового полісахариду, який має велику молекулярну масу, довжину та високу спорідненість до дисперсного середовища (це дозволяє збільшити силу відштовхування при вимушеному перекриванні молекул однойменних полімерів, що запобігає флокуляції і збільшує стабільність системи) та асоційованого з колоїдною часткою білку, якому притаманна висока адсорбційна здатність та низька спорідненість (афінність) до дисперсного середовища.

**Харчові волокна.** Іншим функціональним доменом харчових полісахаридів є харчові волокна. Згідно з загальноприйнятим визначенням [36], харчові волокна (ХВ) – їстівні частини рослин чи аналогічні вуглеводні, що стійкі до розщеплення та абсорбції в тонкому кишечнику людини і частково або повністю ферментуються в товстому кишечнику. Харчові волокна посилюють/регулюють перистальтику кишечника, сприяють зменшенню рівня холестеролу та/або глюкози в крові.

До класу харчових волокон входять неперетравлювані харчові полісахариди, лігнін та інші сполуки рослинного походження, волокна тваринного походження, а також модифіковані та синтетичні неперетравлювані харчові полісахариди. ХВ можна поділити на традиційні та функціональні. Традиційні ХВ отримують шляхом мінімальної обробки з рослинної сировини і такі ХВ вважаються компонентами (інгредієнтами) харчових продуктів, тоді як так звані функціональні ХВ вимагають більш складних технологій (хімічні, ензиматичні, механічні, термічні та інші) і вважаються харчовими добавками (E400-499). Перевагами функціональних ХВ є контрольований розмір часток і вища водоутримуюча здатність, що наближає їх за функціоналом до гідроколоїдних харчових стабілізаторів.

За характером взаємодії з водою, ХВ поділяються на розчинні (пектин,  $\beta$ -глюкан, галактоманан, інулін та інші олігосахариди, що не перетравлюються в ШКТ людини) та нерозчинні (лігнін, целюлоза та геміцелюлоза) (рис.6) [37]. Нерозчинні ХВ є високомолекулярними сполуками і відповідають за адсорбцію води та шлунково-кишкову регуляцію, тоді як розчинні ХВ є низькомолекулярними і відповідають за зниження вмісту холестеролу в крові та зниження всмоктування глюкози в тонкому кишечнику. Крім того, збільшується кількість інформації щодо терапевтичних властивостей низькомолекулярних ХВ. Зокрема, показано, що деякі низькомолекулярні агари та альгінати мають пребіотичну активність, а низькомолекулярні пектини – імуномодулюючу.





**Рис. 6. Класифікація харчових волокон**

Харчові волокна виконують такі функції в продукті, як: зв'язування й утримування вологи; загущення та стабілізація; зниження міграції вологи із начинки; забезпечення сипкості сухих сумішей; збагачення баластними речовинами; зниження енергетичної цінності; термостабільність [38].

Ідеальні ХВ повинні відповідати наступним вимогам [39]: не містити жодних шкідливих для здоров'я компонентів; бути високо концентрованими, щоб максимізувати позитивний вплив; не мати смаку, неприємного запаху, кольору чи текстури; мати збалансований вміст розчинних та нерозчинних волокон; містити біологічно активні компоненти; не змінювати властивості продукту, до якого додаються і при цьому характеризуватися довгим терміном придатності; гармонічно вписуватися в процес виробництва (технологічний процес); здійснювати очікуваний оздоровчий ефект.

Такі ХВ, як інулін, карбоксиметилцелюлоза, пектин, та інші набули широкого застосування у виробництві молочних продуктів, де вони використовуються з метою покращення текстури та органолептичних характеристик, підвищення водоутримуючої здатності, зниження синерезису, а також підвищення харчової цінності продуктів та досягнення оздоровчого ефекту.

У світлі існуючих тенденцій розвитку харчової промисловості, таких як контроль безпечності продуктів харчування, ефективне використання сировинних ресурсів та мінімізація відходів, майбутнє харчових волокон, і особливо функціональних харчових волокон, виглядає досить перспективним. Розумне використання вторинних продуктів переробки сировини є першочерговою метою досліджень багатьох наукових центрів, адже ці сировинні ресурси можуть бути успішно перетворені на функціональні інгредієнти харчових продуктів.

**Замінники або імітатори молочного жиру.** На сьогодні харчові полісахариди все частіше застосовують у якості замінників або імітаторів молочного жиру. Така тенденція обумовлена нагальною проблемою зменшення калорійності харчових і, зокрема, молочних продуктів, оскільки кількість випадків захворювань, зумовлених неправильним харчуванням (атеросклероз, ожиріння та інше), неухильно зростає.

Повне чи часткове видалення жирової фази негативно впливає на органолептичні властивості, текстуру, зовнішній вигляд та інші показники молочних продуктів. Для усунення вад, зумовлених знежиренням продукту, застосовують різні технологічні прийоми, зокрема використовують замітники або імітатори молочного жиру різної хімічної природи. За визначенням, наведеним у [2], замітники харчового жиру – це компоненти продуктів харчування, здатні повністю чи частково замінювати жири таким чином, щоб фізичні та органолептичні властивості продукту, наскільки це можливо, залишилися незмінними. За однією з існуючих класифікацій такі компоненти харчових продуктів можна поділити на наступні групи: власне замітники жиру, сурогати (субститути) жиру, міметики жиру, наповнювачі жирової фази, аналоги жирової фази, засоби захисту жирової фази (табл.2).

Таблиця 2

**Класифікація харчових полісахаридів за функціональним призначенням**

<b>Термін англійською</b>	<b>Визначення</b>
fat replacers	Компонент, який використовується для заміни жирової фази з метою зниження енергетичної цінності продукту та може мати або не мати харчову цінність
fat substitute	Синтетична сполука, структура якої зазвичай близька до структури конвенціональних жирів та олій, яка повністю чи частково відтворює спектр функцій жирової фази, але не має енергетичної цінності, так як не здатна перетравлюватися та/або всмоктуватися в ШКТ людини
fat mimetics	Замітник нативного жиру, здатний імітувати одну чи кілька органолептичних та фізичних властивостей жирової фази і зазвичай потребує великої кількості води для забезпечення свого функціонування
fat extender	Жирозамінна система, що складається з комплексу жирової фази з іншими сполуками, забезпечує оптимізацію функціонування жирової фази і уможливорює зниження вмісту жиру
fat analog	Сполука, що надає продукту характерних для жиру властивостей, але при цьому має змінену перетравлюваність та поживну цінність.
fat barrier	Гідроколоїди, що формують бар'єр для проникнення жиру у складі багатофазних продуктів

Існує три основних підходи до заміни молочного жиру: 1) використання у якості ЗМЖ вуглеводних, білкових та вуглеводно-білкових комплексів; 2) використання модифікованих жирів; 3) застосування спеціальних технік емульгування [40].

Найбільш різноманітною групою є замітники молочного жиру (ЗМЖ) на вуглеводній основі, до яких належать крохмалі, целюлози, декстрини, мальтодекстрини, полідекстрини, камеді та харчові волокна – як нативні, так і фізично, хімічно чи ензиматично модифіковані [41]. Також до цієї групи можна віднести бактеріальні екзополісахариди – макромолекули клітинної стінки молочнокислих бактерій. При додаванні до молочної сировини зі зниженим вмістом жиру у якості закваски таких молочнокислих бактерій, які синтезують екзополісахариди, формується продукт, що є низькокалорійним, але при цьому не має вад, властивих знежиреним, чи зі зниженим вмістом жиру, молочним продуктам. Крім того, екзополісахариди є ефективними пребіотиками і, таким чином вони підвищують харчову цінність продукту.

ЗМЖ, у порівнянні з нативним молочним жиром, мають наступні переваги: легкість використання; більш тривалі терміни зберігання; стійкість до коливань температури і бактеріального псування; можливість підбору жирів відповідно до релігійних вимог раціону харчування; можливість регулювання харчової цінності; підвищена рентабельність.

## Висновки

Гідроколоїдні стабілізатори, харчові волокна та замітники жиру характеризуються функціональними спектрами, що значною мірою перекриваються або навіть співпадають. Різними методами технологічної обробки вихідних харчових полісахаридів можна отримати сполуки, що мають контрольований розмір, водоутримуючу здатність, електричний заряд, енергетичну цінність, розчинність та інші властивості. Такі поліфункціональні добавки мають надзвичайний промисловий потенціал, оскільки здатні одночасно відповідати великій кількості вимог.

Водночас, розробка, впровадження та застосування поліфункціональних харчових добавок/інгредієнтів може супроводжуватися низкою проблем. По-перше, це вартість отримання модифікованих харчових полісахаридів. По-друге, висока гелеутворююча та загущуюча здатність гідроколоїдних стабілізаторів, що є перешкодою при їх використанні у якості харчових волокон чи заміників молочного жиру, оскільки для здійснення останніх функцій необхідно застосовувати значно більші концентрації відповідних харчових полісахаридів. По-третє, бракує інформації щодо певних характеристик харчових полісахаридів, зокрема стосовно молекулярних мас та розподілу карбоксильних залишків, що не дозволяє зробити правильні висновки про взаємозв'язок їх структури та змін у матриці продукту. По-четверте, постає питання розробки та впровадження методів контролю вмісту харчових полісахаридів в харчових продуктах.

Використання харчових добавок регулюється відповідно до Закону України “Про безпечність та якість харчових продуктів”, втім, варто констатувати, що на сьогодні не створено дієвого механізму всебічного контролю їх виробництва та використання. Крім того, для ефективної наукової комунікації та вирішення технологічних завдань актуальними залишаються питання термінології, класифікації та законодавчого регламентування харчових полісахаридів.

## Література

1. Directive 2000/13/EC of the European Parliament and of the Council on the approximation of the laws of the Member States relating to the labelling, presentation and advertising of foodstuffs;
2. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4<sup>th</sup> edition, Vol. 10/ Roy E. Morse and N. Singer. – 2000. – P.352;
3. Floyd K. Nixon, Milk composition and method of making// заявл.03.11.1992, друк 09.11.1993, № US5260084 A;
4. David A. Smith, Kathleen M. Clark, Mark F. Firary, Non-fat cream cheese product and method for manufacture thereof// заявл. 17.11.1992, друк 28.05.2002, № CA2061346 C
5. Sibel Roller. Handbook of Fat Replacers/ Sibel Roller, Sylvia A. Jones. – CRC Press, 1996. – P.58-65;
6. Yonnie D. Yun, Zheng Y. Yan, Edible composition comprising cellulose ether and its use as fat substitute in dairy product// заявл.27.07.2011, друк 04.06.2014, № EP2736353 A1
7. СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». - Пищевое производство
8. Codex Alimentarius. Volume 8. Fats, oils and related products, 2nd ed., 2001/ Rome : Food and Agriculture Organization.– P.81;
9. Lehane D.A., A natural low fat cheese and process for preparation thereof //заяв. 08.07.2007, друк.11.12.2008, № WO2008148895 A1;
10. Hans Zoerb, Use of very long chain inulin for inhibiting the growth of ice crystals in a frozen foodstuff// заявл. 19.06.2008, друк 31.12.2008, № WO2009000535 A1;
11. Veen M., Budemann. A., Fat substitute compositions comprising inulin and cassia gum // заявл. 10.09.2012, друк. 21.03.2013, № WO2013037739 A1;

12. Valli R.C., Morrison N. A., Methods of making sterilized milk compositions comprising native gellan gum// заявл. 01.02.2001, друк. 16.12.2003, № US6663911 B2;
13. Whelan R. H., Conant F. R., Cheese food product // заявл. 09.06.1977, друк. 06.03.1979, № US4143175 A;
14. Gabby J., Corbin D., Lowe J., Ice milk or low fat imitation ice cream // заявл. 10.01.1972, друк. 26.06.1974, № US3800036 A;
15. Cajigas S., Instant yogurt composition and process // заявл. 26.04.1989, друк. 11.09.1990, № US4956185 A;
16. Merkenich K., Processed cheese preparations and method of making // заявл. 09.12.1991, друк. 10.08.1993, № US5234707 A;
17. Gudnason G.V., Crowe L.M., Chang S.M., Production of liquid yogurt stabilized with high methoxyl pectin // заявл. 21.05.1981, друк. 05.06.1983, № US4391830 A
18. Laaman T. R., Chang P. K., Low fat, shelf-stable, ready-to-drink milk shake beverages having the mouth feel of high fat milk shake beverages // заявл. 15.05.1998, друк. 21.09.1999, № US5955136A;
19. Carpenter R. N., Finnie K. J., Olsen R. L., Imitation cheese composition and products containing starch // заявл. 09.09.1996, друк. 15.09.1998, № US5807601 A;
20. Glabe E. F., Ice-cream stabilizer // заявл. 22.06.1948, друк. 05.06.1951, № US2555849A;
21. Yuan C. R., Starch-emulsifier composition and method of making // заявл. 23.10.2001, друк. 26.11.2002, № US6485575B2;
22. Horan W. J., Schweid J. M., Emulsification system for creamy cheese food products // заявл. 05.12.1986, друк. 15.12.1987, № US4713255 A;
23. Hosomi T, Processed food composition containing dextrin //заявл.02.07.2008, друк. 13.01.2011, № US20110008502 A1;
24. Інформаційно-пошуковий сайт [електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.foodingredients.ru/article-polydextrose.html>;
25. Asher Y. J., Mollard M. A., Process for producing low or non fat ice cream // заявл. 27.08.1991, друк. 01.06.1993, № US5215777 A;
26. Batz, J. Z., Mueller T. A., Drummond R., Method of making a low fat cheese product // заявл. 28.12.1998, № US 5277926 A;
27. Gamay A., Process for preparing low fat cheese products// заявл. 30.04.1992, друк. 06.04.1993, № US5225220A;
28. Dea I.A.C, Finney D.J., Stabilized spoonable ice cream // заявл. 05.10.1977, друк. 20.03.1979, № US4145454 A;
29. Yun Y. D., Yan Z. Y., Li M. H., Edible composition comprising cellulose ether and its use as fat substitute in dairy products //заявл. 27. 07. 2011, друк. 04.06.2014, № EP2736353 A1;
30. Інформаційно-пошуковий сайт [електронний ресурс] – режим доступу: [http://deus1.com/dobavki\\_pischevye-alginat.html#АЛЬГИНАТ НАТРИЯ E401](http://deus1.com/dobavki_pischevye-alginat.html#АЛЬГИНАТ НАТРИЯ E401);
31. Steiner A. B., Alginate ice-cream stabilizing composition// заявл. 21.10.1946, друк. 25.10.1949, № US2485934 A;
32. Igoe R. S., Compositions for stabilizing soft serve and hard frozen yogurt// заявл. 14.12.1977, друк. 11.12.1979, № US4178390 A;
33. Blanshard J.M.V., Polysaccharides in Food/Blanshard J.M.V., Mitchell J.R., – Butterworth-Heinemann, 1979, – P.378;
34. Albertsson, P.-A. Partition of Cell Particles and Macromolecules/Albertsson, P.-A. – New York, Wiley-Interscience, 1986, – P. 425;
35. Syrbe A., Polymer Science Concepts in Dairy Systems – An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction/ Syrbe A., Bauera W. J., Klostermeyer H.//Int. Dairy Journal. – 1998. – Vol. 8, P. 179-193;

36. AACC Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association of Cereal Chemistry. Submitted January 10, 2001. Publication no. W-2001-0222-01O, Cereal Foods World, Vol. 46, No. 3
37. Westenbrink S., Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data/Westenbrink S., Brunt, K., van der Kamp J.// Food Chemistry. – 2012. – Vol. 9., P. 29;
38. Dhingra D., Dietary fibre in foods: a review, Dhingra D. Michael M. Rajput H., Patil T.// Journal of Food Science Technology. – 2012. – Vol. 49, No. 3, P. 255–266;
39. Yangilar F., Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review// Journal of Food and Nutrition Research. – 2013. – Vol. 1, No. 3, 13-23, The Application of Dietary Fibre in Food Industry:
40. S.P.J.N. Senanayake and F. Shahidi, Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 6<sup>th</sup> edition, Vol.3, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2005, p. 503;
41. Calorie Control Commentary, Vol. 24, No. 1/ Calorie Control Council, – 2006. – P.81.