

CHAPTER «ENGINEERING SCIENCES»

DIETARY FIBERS: STRUCTURE, PROPERTIES, APPLICATION IN SOFT DRINK TECHNOLOGY

ХАРЧОВІ ВОЛОКНА: БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ, ЗАСТОСУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ

Ruslana Kosiv¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-364-4-2>

Abstract. The rapid growth of the market of functional food products, and at the same time the growth in popularity and expansion of the assortment of food additives of a polysaccharide nature, is accompanied by the emergence of difficulties associated with the necessary selection of such additives to solve specific technological tasks.

The purpose of the work is to generalize the data of modern scientific literature on the technological aspects of the use of dietary fibers in the production of soft drinks. The work pays attention to soluble dietary fibers, as their use in the technology of soft drinks is effective.

Dietary fibers as functional ingredients perform the role of sorbents, bind and remove toxic substances, radionuclides, heavy metals from the body, have the properties of prebiotics, which stimulate the growth and/or increase the biological activity of beneficial microflora, help reduce the level of cholesterol in the blood and/or glucose.

Dietary fibers are polymers of carbohydrates with a degree of polymerization of at least three, which are not digested and not absorbed in the gastrointestinal tract of the human body. The molecules of these polysaccharides differ among themselves in the composition of monosaccharide residues, the degree of polymerization, the presence of

¹ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Organic Products Technology
Lviv Polytechnic National University, Ukraine

various functional groups, structure, molecular weight, which determines the diversity of their physicochemical properties. Soluble dietary fibers are modified celluloses, pectins, inulin, gums.

The review compares the main physicochemical properties of various soluble dietary fibers, namely: solubility in cold and hot water, resistance of solutions to heat and pH changes, viscosity of solutions, ability to stabilize emulsions, conditions required for gel formation, thermal reversibility of gels. The areas of application in non-alcoholic beverage technologies of modified celluloses, pectins, inulin, gums from tree bark, from tree seeds, from algae and obtained by biochemical method with the help of microorganisms are considered.

Based on the analysis of physico-chemical and technological properties of dietary fibers, practical experience of their use, objects for their application and dosage volumes of these additives in the production of non-alcoholic beverages are proposed to solve specific technological tasks: providing beverages with a functional direction (enrichment with dietary fibers, preparation of low-calorie beverages with reduced sugar content), cloudiness of drinks, stabilization of emulsions, stabilization of foam, stabilization of consistency, reduction of tastes, in particular sour and salty.

When choosing soluble dietary fibers for the effective solution of technological tasks in the technology of soft drinks, it is necessary to take into account the need to ensure with their help the appropriate rheological properties of the drink due to increased viscosity or gelation; dosage of the additive in the amount that ensures the achievement of the desired result, usually the rate of application of these additives does not exceed 0.1%; method of application (individually or in the form of complexes); probable interaction of the additive with substances present in the drink; influence of technological parameters (temperature, pH, duration of the process); influence of the storage conditions of the finished drink. Recommendations for the development of non-alcoholic beverages with dietary fibers, in particular functional ones, are proposed.

1. Вступ

Останнім часом серед інноваційних продуктів у галузі безалкогольних напоїв набувають популярності напої, отримані лише з натуральних

компонентів, функціональні напої, низько- й середньокалорійні напої, енергетичні напої, концентрати напоїв, а також бутильовані води [1].

Сегмент індустрії функціональних напоїв швидко зростає завдяки споживчому попиту на продукти, що є корисними для здоров'я та позитивно впливають на самопочуття людини. Функціональні напої виробляють шляхом їх збагачення фізіологічно функціональними інгредієнтами – вітамінами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, пробіотиками, деякими амінокислотами, ω -жирними кислотами, фосфоліпідами, екстрактами різних трав і рослин.

Споживачі віддають перевагу натуральним напоєм перед використанням у їх складі синтетичних компонентів, хоча такі напої є дорожчими, а їхні властивості часто не стабільні під час зберігання напоїв. З огляду на це виробники мають використовувати альтернативні традиційним компонентам добавки, що забезпечують отримання продукту належної якості, зокрема харчові добавки полісахаридної природи.

Харчові волокна вважають функціональними інгредієнтами, оскільки вони впливають на фізіологічні й біохімічні процеси в організмі людини, що призводить до покращення здоров'я та зниження ризику багатьох захворювань [2]. Зокрема, харчові волокна є сорбентами, зв'язують і виводять з організму токсичні речовини, радіонукліди, важкі метали, мають властивості пребіотиків, які забезпечують стимулювання росту та/або підвищення біологічної активності корисної мікрофлори, сприяють зниженню рівня холестерину та/або глюкози в крові. Разом з тим вони виконують технологічні функції в харчових продуктах, адже володіють відповідними властивостями, зокрема мають здатність до загущення, гелеутворення, стабілізації емульсій і пін тощо. Харчові добавки полісахаридної природи завдяки їхнім особливим технологічним властивостям, навіть за дуже малих концентрацій, суттєво впливають на органолептичні й фізико-хімічні показники харчових продуктів, що забезпечує продиктовану сучасним ринком якість продуктів.

Світове виробництво харчових добавок полісахаридної природи інтенсивно розвивається, розширюються сфери їх застосування. Це, насамперед, м'ясопереробна галузь, виробництво напоїв, кисломолочних продуктів. Зросло використання таких добавок у виробництві

хліба, хлібобулочних, борошняних і кондитерських виробів, десертів, морозива, молочних продуктів.

Останніми роками ведеться активна робота з розроблення технологій нових харчових добавок полісахаридної природи – харчових волокон, застосування яких дає змогу не лише покращити органолептичні показники якості продуктів і стабілізувати їхню якість у процесі зберігання, а й надати продуктам функціональних властивостей. Це можуть бути як окремі інгредієнти, так і комплексні суміші на їх основі.

Фізіологічно функціональні інгредієнти суттєво відрізняються за своїми органолептичними й фізико-хімічними властивостями, як-от розчинністю, зарядом, полярністю, реакційною здатністю, тому кожен напій має бути ретельно складений з урахуванням конкретних компонентів, які входять до його складу.

Стрімкий ріст ринку функціональних харчових продуктів, а разом з тим ріст популярності й розширення асортименту харчових добавок полісахаридної природи, супроводжується появою труднощів, пов'язаних з необхідним вибором таких добавок для вирішення конкретних технологічних завдань.

Метою цього огляду є узагальнення даних сучасної наукової літератури щодо технологічних аспектів застосування харчових волокон у виробництві безалкогольних напоїв. Для досягнення поставленої мети потрібно розв'язати такі завдання: здійснити аналіз асортименту харчових добавок, що належать до харчових волокон; дослідити основні фізико-хімічні, функціональні й технологічні властивості харчових волокон; вивчити практичний досвід їх застосування; запропонувати об'єкти застосування й обсяги дозування цих добавок у виробництві безалкогольних напоїв для вирішення конкретних технологічних завдань.

Матеріалами дослідження були сучасні наукові публікації вітчизняних і зарубіжних учених, що стосуються будови й властивостей розчинних харчових волокон, отриманих з різних джерел, і їх використання для виробництва безалкогольних напоїв, зокрема функціональних. Використано теоретичні методи дослідження: метод аналізу та селекції інформаційних джерел, узагальнення та систематизація даних.

2. Класифікація та особливості будови розчинних харчових волокон

Під харчовими волокнами розуміють полімери вуглеводів зі ступенем полімеризації не менш як три, які не перетравлюються й не всмоктуються в шлунково-кишковому тракці організму людини. Харчові волокна можуть природно міститися в їжі або бути доданими до складу харчових продуктів як харчові добавки, виділені з харчової сировини фізичним, ферментативним або хімічним способом чи отримані шляхом синтезу [3].

Серед харчових волокон переважають некрохмальні полісахариди. Залежно від розчинності у воді харчові волокна поділяють на дві групи: розчинні й нерозчинні [3]. Розчинними харчовими волокнами є пектини, інулін, β -глюкан, камеді, тоді як до нерозчинних належать целюлоза, геміцелюлози, стійкі крохмалі, арабіноксилани. Харчові продукти містять харчові волокна обидвох груп, розчинні й нерозчинні, у різних пропорціях.

Молекули полісахаридів, які належать до харчових волокон, відрізняються складом моносахаридних залишків, з яких вони побудовані, ступенем полімеризації і молекулярною масою (табл. 1) [4–20]. Вони

Таблиця 1

Особливості будови розчинних харчових волокон

Харчові волокна	Залишки моносахаридів, які переважають у складі, утворюють основний ланцюг	Інші залишки моносахаридів / функціональні групи	Молекулярна маса
Модифіковані целюлози			
Метилцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₃	20 тис.-380 тис.
Етилцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₂ CH ₃	
Гідроксипропілцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₂ CH(OH)CH ₃	30 тис.-1 млн
Гідроксипропілметилцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₂ CH(OH)CH ₃ , -CH ₃	13 тис.- 200 тис.
Метилетилцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₃ , -CH ₂ CH ₃	30 тис.-40 тис.
Карбоксиметилцелюлоза (натрієва сіль)	β -D-глюкоза	-CH ₂ COONa	17 тис.- 500 тис.
Етилгідроксиетилцелюлоза	β -D-глюкоза	-CH ₂ CH ₃ , -CH ₂ CH ₂ OH	40 тис.- 350 тис.

Chapter «Engineering sciences»

(Закінчення таблиці 1)

Пектини	α -D-галактуронова кислота	L-рамноза, L-арабіноза, D-галактоза, D-ксилоза, L-фукоза / -CH ₃	25 тис.- 200 тис.
Інулін	β -D-фруктоза	α -D-глюкоза	5 тис.-6 тис.
Камеді з кори дерев			
Трагакант	D-галактуронова кислота	D-ксилоза, L-фукоза, D-галактоза, L-арабіноза	~ 800 тис.
Гуміарабік	D-галактоза	D-галактоза, L-арабіноза, L-рамноза, D-глюкуронова кислота	~ 460 тис.
Камедь караї	D-галактоза, L-рамноза, D-галактуронова кислота	D-глюкуронова кислота, оцтова кислота	
Камеді з насіння дерев			
Гуарова камедь	D-маноза	D-галактоза	50 тис.-8 млн
Камедь ріжкового дерева	D-маноза	α -D-галактоза	~ 310 тис.
Камедь з кореневих бульб			
Конжакова камедь	D-глюкоза, D-маноза	-CH ₂ COOH	200 тис.-2 млн
Камеді з водоростей			
Альгінові кислоти	β -D-мануринової, α -L-гулуринової кислота		10 тис.- 600 тис.
Карагінани	β -D-галактоза, 3,6-ангідро- α -D- галактоза	-SO ₂ OH	200 тис.- 400 тис.
Камеді, отримані біохімічним способом			
Ксантанова камедь	β -D-глюкоза	α -D-маноза, α -D-глюкуронова кислота / пірвіноградна кислота, -CH ₂ COOH	2 млн-50 млн
Геланова камедь	β -D-глюкоза, β -D-глюкуронова кислота, α -L-рамноза	-CH ₂ COOH	500 тис.-1 млн

можуть бути як гомогенні, так і гетерогенні за молекулярним складом, мати різні функціональні групи (метоксильні, гідроксильні, ацетильні, амідні, карбоксильні), мати лінійну або розгалужену будову ланцюга, перебувати в різних конформаціях [21].

Хімічна модифікація молекул нерозчинних полісахаридів призводить до змін їхніх властивостей і функцій у харчових системах. Так, унаслідок хімічної модифікації нерозчинної целюлози (естерифікації мінеральними кислотами або ангідридами органічних кислот) отримують розчинні її похідні [7].

Пектин є природним структурним компонентом, присутнім у клітинних стінках рослинних клітин, а також у їх внутрішньоклітинних шарах. Пектин є структурним комплексом, утвореним гомогалактуронатом, рамногалактуронатом I, рамногалактуронатом II і ксилогалактуронатом [8]. Незважаючи на загальні характеристики, пектини можуть мати різноманітні структури, що змінюються залежно від джерела й методу його добування. Крім того, пектини схильні до фізичних, хімічних та/або ферментативних змін.

У молекулі пектину залишки галактуронової кислоти естерифіковані метиловим спиртом. За ступенем естерифікації пектини класифікують на високоестерифіковані (НМ) (більш як 50 %) і низькоестерифіковані (ЛМ) (не більш як 50 %), що мають відмінні властивості й різне промислове застосування [8].

Інулін і продукти його ферментативного гідролізу складаються з фруктанів типу GF_n і F_m, де G позначає фрагмент глюкози, F – фруктози, а n і m – кількість фруктозних фрагментів [9]. Інулін, екстрагований із жоржин гарячою водою, містить 92 % фруктоолігосахаридів, переважно типу GF_n (98 %), в яких значення n коливається від двох до 60, а середній ступінь полімеризації становить 10. Ступінь полімеризації майже 10 % фруктанів коливається від двох до п'яти.

Інулін, отриманий з рослинної сировини, має низький ступінь полімеризації (менш як 200), тоді як інулін бактеріального походження – високий (більш як 10 тис.). Інулін, отриманий за допомогою бактерій, має більш розгалужену структуру порівняно з інуліном, отриманим з рослин [10].

Велику групу харчових волокон становлять камеді (гумі). Термін «камедь» здебільшого використовують для позначення гідрофіль-

них або гідрофобних молекул з високою молекулярною масою, які мають колоїдні властивості [11]. Камеді класифікують на групи за їх походженням, властивостями й хімічною структурою. Водорозчинні камеді отримують: з насіння рослин (гуарова камедь, камедь ріжкового дерева) [12; 13]; з кореневих бульб рослин (конжакова камедь) [14]; ексудатів дерев або кущів (трагакант, гуміарабік) [11; 15]; екстрактів водоростей (альгінати, карагінани) [16; 17]; біохімічним способом за допомогою мікроорганізмів (ксантанова камедь, геланова камедь) [18–20].

Будова харчових волокон є складною, оскільки вони здебільшого є сумішшю хімічних речовин. Від будови полісахаридів значною мірою залежать їхні технологічні властивості й особливості їх використання в харчових технологіях.

3. Фізико-хімічні властивості розчинних харчових волокон

Основними фізико-хімічними властивостями харчових волокон є розчинність, в'язкість, здатність утворювати гель, здатність стабілізувати дисперсні системи [3].

Зроблено детальний аналіз фізико-хімічних властивостей розчинних харчових волокон за даними наукової літератури [4–20]. Здійснено порівняння їх розчинності в холодній і гарячій воді, стійкості розчинів до дії тепла й зміни рН, в'язкості розчинів, здатності стабілізувати емульсії, умов, потрібних для гелеутворення, термооборотності гелів. Результати аналізу наведено в таблиці 2.

На фізико-хімічні властивості харчових волокон впливає чимало чинників, які потрібно враховувати при їх застосуванні, зокрема в технології безалкогольних напоїв.

3.1. Розчинність у воді

Харчові волокна належать до групи довголанцюгових полімерів, які утворюють в'язкі дисперсії та/або гелі при диспергуванні у воді. Вони утворюють дисперсну систему, що є проміжною між справжнім розчином і суспензією, і виявляють властивості колоїдів. Враховуючи це, такі полімери називають гідрофільними колоїдами або гідроколоїдами [22].

Фізико-хімічні властивості розчинних харчових волокон

Харчові волокна	Розчинність		Терmostійкість / стабільність за рН < 4	В'язкість розчину	Стабілізація емульсій	Умови гелеутворення / термооборотність гелю
	у холодній воді	у гарячій воді				
Модифіковані целюлози						
Гідроксипропілметил-целюлоза	+++	++	V / V	++	+	нагрівання / V
Гідроксипропіл-целюлоза	+++	-	V / V	++	+	
Карбоксиметил-целюлоза	+++	+++	V / V	+++	+	
Метилтилцелюлоза	+++	-		+		
Метилцелюлоза	++	-	V / V	++	+	нагрівання / V
Пектини						
високометоксильовані	-	+++	- / V	+	+++1	розчинні речовини (н-д, 50 % цукру), рН < 3,5 / -
низькометоксильовані	+++	+++	- / V	++		двовалентні катіони, особливо Ca ²⁺ , рН 3-4,5 / V
Інулін	+	+++				
Камеді з кори дерев						
Трагакант	+++	+++2	V / V	++	++	
Гуміарабік	+++	+++	V / -	+	+++	
Камедь караї	д	+	V / V	++	++	охолодження
Камеді з насіння дерев						
Гуарова камедь	+++	+++	- / V	++	++	
Камедь ріжкового дерева	д	+	V / V	++	++	ксантан (1:1, рН 7) або к-карагінан / V
Камедь з кореневих бульб						
Конжакова камедь	++	+++		++		додавання лугу / -
Камеді з водоростей						
Альгінат натрію	+++	+++	V / -	++	+++	багатовалентні катіони, особливо Ca ²⁺ , рН < 4 / -

Харчові волокна	Розчинність		Термостійкість / стабільність за рН < 4	В'язкість розчину	Стабілізація емульсій	Умови гелеутворення / термооборотність гелю
	у холодній воді	у гарячій воді				
Пропілен-глікольальгінат	+++	+++	√ / √	++	+++	
κ-, ι-, λ-карагіни	+3	+++	√ / -	++	+++	охолодження за наявності солей / √
Камеді, отримані біохімічним способом						
Геланова камедь	д	+++	√ / -	+		охолодження за наявності солей / √
Ксантанова камедь	+++	+++	√ / √	+++	+++	камедь ріжкового дерева / √

Позначення: + / ++ / +++ – низький / середній / високий рівень властивості відповідно; √ / – – наявність / відсутність властивості; ¹ – високоацетильований; ² – басорин, складова трагаканту; ³ – лише солі Na⁺; д – диспергується

Процес розчинення харчових волокон перебігає у дві стадії – набування та власне розчинення. Чим більша молекулярна маса полімеру, тим повільніше перебігає процес набування й розчинення. Набування не завжди завершується розчиненням. У зв'язку з цим розрізняють необмежене й обмежене набування. Необмежене завершується розчиненням гідроколоїду, тоді як при обмеженому набуванні полімер поглинає розчинник, а сам у ньому не розчиняється, незалежно від тривалості взаємодії [23].

Молекулярна структура полісахариду є чинником, який визначає його розчинність у воді [24]. Полісахариди складаються з мономерних одиниць моносахаридів (глюкози, галактози, манози, ксилози, арабінози тощо) (табл. 1).

Моносахаридні одиниці, присутні в полісахаридному ланцюзі, зазнають структурних змін у розчині. Унаслідок перебігу оборотних внутрішньомолекулярних хімічних реакцій між групами -СНО і -ОН вони набувають напівацетальної структури. Напівацеталь може утворювати глікозидні зв'язки й реагувати з групами -ОН інших моносахаридних одиниць.

Однак розчинність полісахариду більшою мірою залежить від типу зв'язків, ніж від типу моносахаридних одиниць, присутніх у ньому. Наприклад, целюлоза й β -глюкан складаються з однакових мономерних одиниць, але тип зв'язку між мономерними одиницями є різним. У молекулі целюлози залишки глюкози з'єднані β -(1,4)-глікозидними зв'язками, тоді як у β -глюкані – як β -(1,4)-, так і β -(1,3)-глікозидними зв'язками. Через це полімери демонструють різну розчинність у воді – целюлоза нерозчинна, тоді як β -глюкан є водорозчинним.

Лінійні регулярні (ті, що мають один тип міжмоносахаридного зв'язку) полісахариди, як-от целюлоза, ксилан, не розчиняються у воді. β -Глюкани не здатні утворювати впорядковану кристалічну структуру, що зумовлює їх розчинність [24].

Харчові волокна містять полярні функціональні групи (гідроксильні, сульфатні), які можуть утворювати з молекулами води водневі зв'язки й підвищують гідрофільність молекул (карагенани). Чим більше полярних груп у молекулі, тим краще вона розчиняється у воді. Розчинність підвищується за наявності в молекулах полісахаридів бічних ланцюгів, що покращує гідратацію (ксантанова камедь).

Розчинність знижується під впливом чинників, які сприяють утворенню зв'язків між полісахаридними ланцюгами: наявність нерозгалужених ділянок і ділянок без іонізованих груп (камедь ріжкового дерева); наявність іонів кальцію або інших полівалентних катіонів, які спричиняють взаємодію полісахаридних ланцюгів, що перешкоджає розчиненню (пектин).

Отже, однією з основних умов ефективного використання харчових волокон у конкретній харчовій системі є повне їх розчинення, що залежить від хімічної природи. Макромолекули харчових волокон не розчиняються у воді так легко, як молекули з меншою молекулярною масою, для розчинення деяких із них (високометилсульфований пектин, камедь ріжкового дерева, геланова камедь) потрібні високі температури. Результати порівняльного аналізу розчинності досліджуваних розчинних харчових волокон у холодній і гарячій воді, термостійкості їх розчинів, стабільності за рН менш як 4 наведено в таблиці 2. Розчинність полісахаридів визначають декілька їхніх структурних характеристик: розгалуженість молекул, наявність іонізованих груп, тип зв'язків між моносахаридними ланками, неоднорідність структури.

3.2. В'язкість

Розчинні у воді полісахариди здебільшого утворюють в'язкі розчини. Унаслідок взаємодії полярних функціональних груп гідроколоїдів з молекулами води з утворенням водневих зв'язків (сольватації) зменшується рухомість води й зростає загальна в'язкість системи. Одночасно згорнуті макромолекули полісахаридів переходять до розгорнутої конформації, що суттєво збільшує в'язкість системи, оскільки гідродинамічний опір для молекул лінійної будови є максимальним.

Фізичні взаємодії, як-от переплітання молекул полісахаридів у водних розчинах, є основною причиною в'язкості цих розчинів [24]. Макромолекули полісахаридів являють собою довгі нитки, що переплітаються між собою або закручуються в клубки. У розведених розчинах вони вільно рухаються завдяки наявності вільного об'єму між їхніми молекулами, тоді як у концентрованих розчинах молекули полісахаридів накладаються, взаємно проникають і переплітаються одна з одною, що призводить до збільшення в'язкості розчину. З огляду на це, концентрація полісахаридів є важливим чинником, що впливає на в'язкість їхніх розчинів.

В'язкість розчинів харчових волокон значною мірою залежить від їхньої молекулярної маси. Крім цього, значно впливає молекулярна структура – лінійні молекули утворюють розчини більшої в'язкості і, навпаки, наявність розгалуження в молекулах у цілому негативно впливає на в'язкість – вона зменшується. Заряджені полімерні молекули мають більшу в'язкість, ніж неіонізовані молекули з тією самою молекулярною масою. Результати порівняльного аналізу в'язкості розчинів досліджуваних розчинних харчових волокон наведено в таблиці 2.

Водорозчинні харчові волокна є основною добавкою, яку використовують у харчових технологіях для збільшення в'язкості розчинів [3].

3.3. Гелеутворення

Деякі гідроколоїди в розчині за нагрівання та/або охолодження або при додаванні катіонів можуть утворювати гель – структуровану колоїдну високодисперсну систему з рідким дисперсійним середовищем, яке заповнює каркас з поперечно зшитих полімерних ланцюгів гелеутворювача (частинок дисперсної фази).

Утворення гелю полягає в асоціації довільно диспергованих полімерних сегментів у дисперсії з утворенням тривимірної сітки, яка містить розчинник. Водночас ділянки з'єднання можуть бути утворені двома або більше полімерними ланцюгами. Процес гелеутворення, по суті, є утворенням цих ділянок з'єднання [22]. На розташування ділянок з'єднання у сітці можуть впливати різні параметри, як-от температура, присутність іонів і характерна структура гідроколоїду.

Для гелеутворення гідроколоїдів запропоновано три основні механізми: іонотропне, холодне й термічне гелеутворення [22]. Іонотропне гелеутворення полягає в перехресному зшиванні гідроколоїдних ланцюгів за допомогою іонів. Прикладами таких систем є альгірати, карагінани й пектин (табл. 2). При холодному гелеутворенні гідроколоїди розчиняють у гарячій воді з утворенням дисперсії, при охолодженні якої утворюється тривимірна сітка. За допомогою цього механізму утворюють гелі агар і желатин. При термічному гелеутворенні відбувається розгортання нативних молекул полісахаридів і їх подальше перегрупування з утворенням сітки. У такий спосіб утворюють гелі, зокрема, метилцелюлоза, гідроксипропілметилцелюлоза.

Водночас різні харчові волокна, здатні утворювати гелі, потребують для цього різних умов. Так, гелеутворення високометоксильованих пектинів залежить від їх молекулярної маси, ступеня естерифікації, концентрації цукру в середовищі, температури, рН середовища. На відміну від них, гелеутворення низькометоксильованих пектинів не залежить від рН і вмісту сухих речовин.

Властивості утворених гелів суттєво залежать від природи гідроколоїду. У слабких гелях каркас містить малу кількість ділянок з'єднання, такий гель легко руйнується під впливом зовнішнього тиску або за невеликого збільшення температури. І навпаки, у сітці міцних (твердих) гелів кількість ділянок з'єднання є великою, тому вони можуть протистояти зовнішньому тиску та є термостійкими.

Здатність утворювати гелі є важливою технологічною властивістю деяких харчових волокон. Умови, потрібні для гелеутворення досліджуваних розчинних харчових волокон, і термооборотність утворених гелів наведено в таблиці 2.

3.4. Стабілізація дисперсних систем

Гідроколоїди мають здатність стабілізувати дисперсії (суспензії, емульсії, піни), утворені з двох або більше фаз, які абсолютно або практично не змішуються і не реагують одна з одною. Одна з фаз утворює неперервне дисперсійне середовище (рідина, газ, тверде тіло), в об'ємі якого розподілена дисперсна фаза у вигляді дрібних твердих частинок, крапель рідини або бульбашок газу. Ефект стабілізації може досягатися внаслідок адсорбції молекул гідроколоїдів на межі поділу фаз та/або збільшення в'язкості дисперсійного середовища. Результати порівняльного аналізу здатності досліджуваних розчинних харчових волокон стабілізувати емульсії наведено в таблиці 2.

Цілеспрямоване використання різних гідроколоїдів дає змогу регулювати перебіг технологічного процесу й покращувати якість готової продукції. Найбільш ефективним є одночасне використання кількох гідроколоїдів у складі стабілізаційних сумішей.

4. Застосування розчинних харчових волокон у технології напоїв

Харчові волокна, які мають статус харчових добавок, відносять до відповідних груп речовин залежно від їхніх технологічних властивостей: загусників (підвищують в'язкість продукту); гелеутворювачів (надають харчовому продукту властивостей гелю); стабілізаторів (унаслідок збільшення в'язкості харчових продуктів стабілізують дисперсні системи, зокрема суспензії, емульсії та піни, і запобігають їх розділенню на вихідні компоненти, наприклад, випаданню в осад твердих частинок, диспергованих у рідкому середовищі); емульгаторів (поверхнево активні речовини, які при адсорбції з рідини на поверхні поділу фаз, зокрема рідкої, твердої або газової, суттєво знижують поверхневий натяг води, що сприяє утворенню й стабілізації емульсій); піноутворювачів (сприяють рівномірній дифузії газової фази в рідкі й тверді харчові продукти) [25].

Останнім часом споживачі віддають перевагу напоям, приготованим з натуральної рослинної сировини. Плодово-ягідна й зернова сировина зумовлює харчову й фізіологічну цінність готового напою. Водночас компоненти рослинної сировини при переході в напій утворюють складну полідисперсну систему, що складається з частинок,

розміри яких коливаються в широкому діапазоні: великі частинки розміром більш як 0,1 мкм; колоїдні частинки розміром менш як 0,1 мкм; молекулярні частинки розміром менш як 0,001 мкм. Колоїдні й молекулярні частинки формують колоїдну дисперсну систему, від фізико-хімічної рівноваги якої зрештою залежать важливі показники якості готового напою – прозорість, колір, смак і аромат.

Додавання до напоїв харчових волокон підвищує їх в'язкість і стабільність, причому найчастіше використовують розчинні волокна, оскільки вони краще диспергуються у воді, ніж нерозчинні [26]. Роль гідроколоїдів полягає у забезпеченні стабільності дисперсій (суспензій, емульсій, пін) у процесі виробництва напоїв і під час їх зберігання.

4.1. Застосування модифікованих целюлоз

Карбоксиметилцелюлозу (КМЦ) часто використовують у харчовій промисловості завдяки її особливим властивостям, як-от відсутності запаху й смаку, нульовій калорійності, утворенню прозорого розчину без каламуті, здатності до запобігання гравітаційному осадженню завислих частинок тощо [27].

Мікрокристалічну целюлозу, або целюлозогель, і КМЦ використовують у напоях як суспендувальні добавки, загусники й стабілізатори. Їх зазвичай вважають природними і можуть використовувати як джерело клітковини. Вони стабільні за рН 3, що дає змогу застосовувати їх у технології кислих фруктових напоїв [28]. Додавання від 0,4 до 0,5 % КМЦ або ксантанової камеді до неосвітленого яблучного соку забезпечує його стабільну каламутність протягом тривалого періоду зберігання. Водночас, через меншу молекулярну масу КМЦ, сік з її додаванням має меншу в'язкість, ніж той самий сік з ксантановою камеддю.

У процесі виробництва безалкогольних напоїв з плодово-ягідної сировини під дією ферментів і внаслідок механічного оброблення перебігає гідроліз речовин м'якоті фруктів з вивільненням, зокрема, позитивно заряджених молекул білка. Клітинні стінки м'якоті містять пектин з вільними карбоксильними групами, що надають йому негативного заряду. Притягання протилежно заряджених частинок спричиняє їх флокуляцію й втрату стабільності розчину. Завдяки аніонній природі КМЦ має здатність перешкоджати осадженню білків і стабілі-

зувати напої при наближенні до ізоелектричної точки білків. У напоях з додаванням КМЦ зниження в'язкості спостерігають при підкисленні й термічному обробленні, однак під час зберігання в'язкість практично не змінюється. Такі напої можуть зберігати свої властивості впродовж тривалого часу, навіть до одного року.

Багато напоїв підкислюють для підсилення смаку й аромату, а також для підвищення стійкості до мікробіологічного псування. Для фруктових напоїв і їх концентратів краще підходить КМЦ з високим ступенем заміщення й середньою молекулярною масою, оскільки вона найстійкіша до кислого середовища. Є спеціальні типи КМЦ, призначені для продуктів з низьким значенням рН. Завдяки аніонній природі целюлозна камедь відіграє в напоях роль буферу, збільшуючи рН розчину. Її застосування дає змогу регулювати смако-ароматичний профіль напою. Зокрема, КМЦ ефективно знижує кислий і солений присмаки томатного соку, мало впливаючи на інтенсивність його смаку й аромату. Целюлозна камедь середньої в'язкості мало впливає на солодкість напою з апельсиновим ароматизатором, але значно знижує його кислий присмак.

КМЦ використовують для надання напоям з фруктовими ароматизаторами повноти смаку й властивостей, подібних до соку, у легких і дієтичних напоях – для зменшення кількості цукру в їх рецептурах.

Естери целюлози (гідроксипропілцелюлозу, метилцелюлозу, гідроксипропілметилцелюлозу) застосовують у технології пінних газованих і фруктових напоїв для стабілізації піни [7].

4.2. Застосування пектинів

Пектини широко застосовують як стабілізатори в колоїдних дисперсних системах (емульсіях), харчових продуктах, збагачених антиоксидантами, підкислених молочних напоях і фруктових напоях з високим вмістом білка [8]. Однією з найважливіших властивостей пектинів як функціональних інгредієнтів є їхня здатність утворювати комплексні сполуки при взаємодії з іонами важких і радіоактивних металів. Пектини повністю безпечні – їм надано статус GRAS, а вимоги щодо їх допустимої добової дози відсутні.

У технології напоїв пектин застосовують для стабілізації й емульгування, зокрема у виробництві газованих безалкогольних напоїв і швид-

корозчинних концентратів безалкогольних напоїв. При недостатньому вмісті нативного пектину у фруктових напоях для їх загущення й відновлення повноти смаку застосовують високометоксильований (НМ) пектин.

Пектини з високим вмістом метоксилу є добрими агентами для регулювання в'язкості фруктових напоїв. Їх перевагою є те, що вони є природним компонентом багатьох соків. У пектинах НМ понад 50 % кислотних груп естерифіковані метиловим спиртом. У харчових продуктах з вмістом сухих речовин менш як 55 % такий пектин діє як загусник і не утворює гелю. Розведений розчин пектину імітує в'язкість 15 %-го розчину цукру [28]. При додаванні до низькокалорійного напою всього лише 0,1 % високометоксильованого пектину можна отримати таку саму консистенцію, як у напої з вмістом цукру 10-15 %, і таке саме сприйняття смаку напою, як 15%-го розчину цукру.

Пектин може виконувати важливу функцію в молочних продуктах. У технології молочних і фруктових напоїв з низьким рН (йогуртові напої, напої з молока чи фруктового соку, підкислені сироваткові напої, підкислені соєві напої) виникають проблеми, оскільки за значення рН напою нижче від ізоелектричної точки білків, присутніх у ньому, білки схильні осідати. Наприклад, ізоелектрична точка казеїну відповідає рН приблизно 4,6. З огляду на це, казеїн часто замінюють, повністю або частково, сироватковими білками, що менш чутливі до низького рН.

У напоях з низьким рН як стабілізатор білка можуть використовувати пектини НМ [29]. При цьому пектини стабілізують кислі соки, молочні або соєві напої шляхом утворення комплексу з білком – негативно заряджені молекули пектинів оточують позитивно заряджені молекули білка й запобігають їх злипанню. Для стабілізації підкисленого молочного напою з вмістом сухих речовин молока 8,5 % потрібно додати пектин НМ у кількості приблизно 0,3 % [28]. Водночас до 90 % цього пектину, доданого до підкисленого молочного напою, не взаємодіє безпосередньо з міцелами казеїну. Адсорбований пектин утворює бар'єр для взаємодії між частинками казеїну й захищає їх від флокуляції, головню завдяки стеричному відштовхуванню. Крім цього, пектини запобігають синерезису напоїв й покращують кремоподібну текстуру.

Пектини проявляють адсорбційні властивості щодо ароматичних речовин ефірних олій, хоча меншою мірою, ніж гуміарабік [30].

4.3. Застосування інуліну

Нові можливості щодо створення збалансованих за нутрієнтами харчових продуктів відкриває інулін. Це пов'язано з його властивістю розчинятися у воді, що дає змогу вносити інулін як джерело харчових волокон у різноманітні напої.

Інулін і фруктоолігосахариди є природними вуглеводами, розчинними харчовими волокнами, які, однак, не належать до харчових добавок і є повністю безпечними (їм надано статус GRAS, вимоги щодо допустимої добової дози відсутні).

Серед їхніх основних властивостей як функціональних інгредієнтів варто відзначити збільшення засвоєння кальцію, зниження загального рівня тригліцеридів, пребіотичні ефекти. Обидві речовини містять менше калорій, ніж цукор або крохмаль, тому їх можна використовувати для приготування низькокалорійних напоїв [9]. Крім цього, фруктоолігосахариди є ідеальними заміниками цукру. Розчинність цих коротколанцюгових олігомерів вища, ніж сахарози. Вони набувають характеристик, подібних до глюкозного сиропу або цукру, і мають солодкість від 35 до 55 % порівняно із сахарозою.

У кислому середовищі й за високих температур інулін і олігофруктоза можуть зазнавати гідролізу з утворенням коротших ланцюгів фруктози, що призводить до часткової або повної втрати їхніх дієтичних властивостей, а в деяких випадках – до підвищення солодкості готового напою. За температури 70-90 °C і рН 4,0 й вище процес гідролізу перебігає незначно [31].

4.4. Камеді з кори дерев

Гуміарабік вважають найкращою добавкою до рідких продуктів серед усіх розчинних харчових волокон, оскільки він має високу розчинність у воді (понад 50 %) [32]. Навіть за концентрації 10 % розчин не густіє більш як на 0,002 Па·с. Інші натуральні камеді не розчиняються більш як на 5 % через їх високу в'язкість. Крім цього, гуміарабік не має запаху, смаку, стабільний у кислих розчинах. Ще однією перевагою цієї харчової добавки є безпечність – їй надано статус GRAS (загально визнано безпечною), вимоги щодо допустимої добової дози відсутні.

Гуміарабік є функціональним інгредієнтом – джерелом водорозчинних волокон, які мають пребіотичні властивості, він знижує глі-

кемічний індекс завдяки зменшенню швидкості резорбції цукру [15]. З огляду на це, гуміарабік є перспективною добавкою для отримання безалкогольних напоїв оздоровчого спрямування [33]. Зокрема, розроблено новий функціональний продукт – сік, збагачений антоціанами винограду, в якому гуміарабік виконує функцію стабілізатора [34].

Гуміарабік має здатність стабілізувати емульсії типу «олія у воді», не змінюючи їх консистенцію, що є важливим у виробництві емульсій для напоїв. Такі ароматичні емульсії (ефірні олії) застосовують у виробництві деяких безалкогольних і спиртних напоїв для надання їм смаку, кольору й аромату. До складу таких емульсій входять усі необхідні компоненти, що значно спрощує технологію напоїв. Водночас отримання стабільної емульсійної системи є актуальним і перспективним. Застосування гуміарабіку як адсорбента ароматичних речовин ефірних олій має переваги перед використанням пектинів [30]. Емульгатор забезпечує рівномірний розподіл ароматичних речовин по всьому об'єму напою під час його зберігання.

У газованих безалкогольних напоях цитрусовий смак і аромат є одним з найпопулярніших у світі. Напої зі смаком цитрусових отримують переважно на основі ефірних олій зі шкірки фруктів [28]. Оскільки вони не розчиняються у воді, такі ароматичні речовини додають до напоїв, перетворивши ефірну олію в емульсію «олія у воді». Типова емульсія цитрусової олії для напоїв містить 6-8 % ароматичних речовин і 3-8 % води. З емульсії, додаючи цукровий сироп і лимонну чи іншу кислоту, отримують концентрат напою. Надалі для приготування напою з відповідним смаком, ароматом, виглядом, реологічними властивостями і стабільністю концентрат розбавляють газованою водою приблизно в п'ять разів.

За допомогою гуміарабіку отримують сухі натуральні ароматизатори на основі ефірних олій, які мають широкий спектр застосування у харчових виробництвах, зокрема ферментованих і безалкогольних напоїв. Доцільним є його застосування при отриманні безалкогольних напоїв із застосуванням ароматичних емульсій у кількості 1-2 г/гл напою [35], що забезпечує його тонкий і м'який аромат. Гуміарабік виконує функцію стабілізатора соків, замутнених напоїв і напоїв з додаванням м'якоти фруктів [28; 36]. Як харчову добавку його використовують для запобігання кристалізації цукру, що сприяє покращенню якості напоїв.

Трагакант застосовують у виробництві безалкогольних напоїв як загусник і речовину, яка сприяє суспендуванню завислих частинок (м'якоті), надає відповідної консистенції. Він перешкоджає можливому розшаруванню рідини завдяки підвищенню густини напою. Кислотостійкість камеді, що перевершує інші харчові гідроколоїди, дає змогу збільшити термін зберігання напоїв і перешкоджає осіданню дрібних частинок фруктів [7]. Трагакант використовують також для виробництва ароматизованих напоїв, в яких він здатний підвищити густину частинок ефірних олій, застосовуваних як ароматизатори. Дію емульгатора за невеликого дозування, дозволеного до застосування, можна посилити додаванням пектину.

Гуміарабік і трагакант у співвідношенні 1:4 використовують для зменшення в'язкості емульсії без зниження її стабільності, унаслідок чого консистенція стає рідкою, придатною для розтікання. Гуміарабік також можна використовувати для надання більшої текучості системам з ксантановою камеддю. У молочних і соєвих напоях, як-от ароматизованому молоці, ці стабілізатори сприяють суспендуванню частинок шоколаду, підвищують в'язкість і покращують смакові властивості. Крім того, стабілізатори використовують як допоміжні засоби при високотемпературному короткотривалому (HTST) або ультрависокотемпературному (UHT) обробленні напоїв [28].

Камедь караї застосовують у технології функціональних напоїв як джерело харчових волокон, зокрема в поєднанні з гуаровою камеддю [7].

4.5. Застосування камедей з насіння дерев

Гуарова камедь – це натуральна харчова добавка, що не має смаку й запаху та містить приблизно 80 % клітковини. Гуарову камедь застосовують у виробництві функціональних харчових продуктів, оскільки вона сприяє зменшенню їх калорійності й збагаченню харчовими волокнами. Камедь забезпечує середню в'язкість напоїв без надмірної клейкості, покращує смакові властивості й сприяє рівномірному суспендуванню частинок, як-от дрібно подрібнених трав, або нерозчинних поживних речовин. Водночас вона стабілізує суспензії, що є важливим при отриманні соків і замутнених напоїв [7]. Проте гуарову камедь не можна використовувати для загущення підкислених молочних напоїв через розділення білкової фази за великого дозування цієї добавки.

Камедь ріжкового дерева придатна для виготовлення оздоровчих напоїв, зокрема низькокалорійних, збагачених харчовими волокнами, призначених для діабетиків [7]. Камедь утворює розчини, стабільні в широкому діапазоні рН, що робить її дуже популярним й унікальним стабілізатором і загусником у багатьох напоях. Вона розчиняється лише в гарячій воді, проте це не ускладнює технологічний процес, оскільки багато напоїв потребують термічного оброблення [13].

Камедь ріжкового дерева використовують у напоях на основі фруктових соків, а також у напоях, збагачених молоком (з малою часткою молока), для запобігання осадженню міцел казеїну й забезпечення відповідної консистенції напою [28]. Камедь покращує стабільність напоїв під час зберігання завдяки їх загущенню й підвищенню стійкості до фазового розділення [13]. Камедь ріжкового дерева використовують також у рецептурі молочних коктейлів у концентраціях менш як 0,1 % для загущення й надання напою кращих смакових властивостей.

4.6. Застосування камедей з водоростей

Альгінова кислота завдяки властивостям фізіологічно функціонального інгредієнта знайшла широке застосування у виробництві функціональних харчових продуктів [16]. Цій харчовій добавці надано статус GRAS, немає вимог щодо її допустимої добової дози. У нейтральних напоях альгінова кислота може підвищити стабільність продукту й запобігти розділенню різноманітних інгредієнтів у системі. Проте за низьких рівнів рН альгінова кислота утворює гель або випадає в осад, тому її не можна застосовувати як стабілізатор у технології деяких напоїв, як-от фруктових соків. У цьому разі використовують пропіленглікольальгінат (ПГА) – естерифіковану похідну альгінової кислоти.

ПГА розчиняється у воді, а його розчин залишається стабільним у кислому середовищі до рН 3-4, за нижчих значень рН – утворюється альгінова кислота й випадає в осад. Толерантність до кислотного середовища разом із сильною стійкістю до іонів металів робить ПГА дуже цінною добавкою у технології деяких напоїв, як-от напоїв з молочною кислотою, напоїв на основі фруктових соків тощо [28].

Для фруктових соків однією з поширених проблем під час зберігання є зменшення їхньої стабільності й розшарування [16]. Для розв'язання цієї проблеми часто використовують гідрофільні коло-

їди, проте якщо вони водночас помітно підвищують в'язкість соку, то також змінюються і його смакові властивості. ПГА ідеально підходить для покращення стабільності соку з м'якоттю без будь-яких побічних ефектів. Додавання 0,1 % ПГА може забезпечити стабільність соку без погіршення його смаку, тоді як інші гідроколоїди, як-от ксантанова камедь, карагінани тощо, можуть мати такий несприятливий вплив. ПГА також стабілізує склад ефірних олій соку завдяки добрим емульгуювальним властивостям.

Альгінати сумісні з різноманітними компонентами напоїв, зокрема з іншими загусниками, цукром, оліями, пігментами й консервантами. Суміші ПГА й ксантанової камеді використовують у напоях на основі фруктових соків [28].

Карагінани, які часто використовують як стабілізатори напоїв, складаються з трьох різних фракцій – капа, йота й лямбда [17]. Вони дуже чутливі до змін вмісту білка й складу напою. Карагінани часто використовують у напоях з нейтральним рН. Вони природно взаємодіють з білками молока, при цьому утворюється легка гелеподібна структура, що забезпечує стабільність суспензій, які містять завислі частинки. Вони також надають напоям потрібної консистенції У кисломолочних напоях карагінани використовують для запобігання синерезису й покращення смакових властивостей [28].

4.7. Застосування камедей, отриманих біохімічним способом

Ксантанову камедь широко використовують у напоях завдяки надзвичайній здатності її в'язких розчинів (слабких гелів) розріджуватися за високої швидкості зсуву, властивості вивільняти смак із загущених систем, стабільності її розчинів у широкому діапазоні рН [28]. Перспективне застосування камеді для отримання низькокалорійних напоїв.

Ксантанова камедь дуже добре суспендує тверді частинки завдяки високій в'язкості в стані спокою. Завдяки цій властивості її можуть застосовувати для забезпечення перебування в напоях шматочків насіння, фруктів або ягід у завислому стані. Так, для надання функціональному напою необхідної в'язкості й забезпечення перебування насінням чаю у завислому стані упродовж тривалого часу доцільне використання ксантанової камеді в дозуванні 3 г/л цукрового розчину концентрацією 10 % [37].

Ксантанова камедь покращує смакові властивості фруктових, зокрема цитрусових, напоїв. У напоях, які містять ароматичні емульсії, додавання ксантанової камеді в кількості до 0,5 % сприяє їх стабілізації та покращенню смаку й аромату [28].

Геланова камедь запобігає розшаруванню напоїв під час зберігання й додає свіжості. За допомогою камеді стабілізують напої з низьким значенням рН, близьким до 3,0. Геланова камедь сумісна з багатьма соками, оскільки відсутня висока реакційна здатність щодо білків. Вона легко диспергується й гідратується, завдяки чому не потребує спеціального обладнання для перемішування.

Додавання пектинів підсилює корисні властивості геланової камеді. Тепер випускають суміші високоцельованої геланової камеді й пектину, розроблені спеціально для використання у виробництві соковмісних напоїв. Їх вносять у сік перед стерилізацією при оптимальному дозуванні 0,25-0,3 %. Гідратація відбувається за умов стерилізації соку – при його нагріванні до температури 85 °С впродовж 30 с [28].

За підвищеної концентрації геланова камедь може забезпечувати стабільність замутиених напоїв і водночас не надавати їм кисільної в'язкості. За досить малого дозування, приблизно 0,1 %, вона забезпечує перебування в напоях шматочків насіння, фруктів і ягід у завислому стані [38]. Низькоцетильована геланова камедь придатна для виробництва напоїв на основі молочної сироватки, оскільки в сироватці присутні іони кальцію, що сприяє отриманню прозорого напою низької в'язкості.

Перспективним напрямом застосування гідроколоїдів, здатних за низьких концентрацій утворювати дуже м'які гелі, є приготування гелеподібних напоїв нового типу. Зокрема, для отримання таких напоїв за допомогою геланової камеді її концентрація має становити 0,05-0,1 %. Додаванням інших камедей можна змінювати структуру гелеподібних напоїв.

Отже, у технологіях безалкогольних напоїв застосування розчинних харчових волокон як функціонально-технологічних добавок може мати різноманітні цілі, зокрема підвищення в'язкості (загущування), стабілізація дисперсій (суспензій, емульсій, пін). У напрямі розширення асортименту продукції важливе значення має застосування гідроколоїдів у технології сухих напоїв – швидкорозчинних концен-

тратів. Гідрокоолоїди, які застосовують для цього, мають мати добру розчинність у воді й швидку гідратацію, що забезпечує швидке відновлення напою, а також здатність стабілізувати дисперсії й невелику гігроскопічність. З огляду на це, доцільне застосування високомтоксильованого пектину, гуміарабіку (зокрема у виробництві ароматизаторів і фруктових порошоків), карбоксиметилцелюлози з середньою молекулярною масою (гідратується швидше, ніж камеді з високою молекулярною масою), ксантанову камедь.

5. Розроблення функціональних напоїв з розчинними харчовими волокнами

З технологічного погляду безалкогольні напої є найкращою моделлю для отримання функціональних продуктів, зростання виробництва й споживання яких останніми роками набуло стійкої тенденції у світі. Для надання напоям цілеспрямованих лікувально-профілактичних і оздоровчих властивостей їх збагачують природними біологічно активними компонентами рослинного походження [22]. Зокрема, з цією метою як функціональні інгредієнти можуть використовувати харчові волокна.

При розробленні рецептур безалкогольних напоїв насамперед визначають концепцію напою й здійснюють вибір інгредієнтів, надалі рецептуру тестують у лабораторних і виробничих умовах, вибирають способи оброблення й розливу напою, що є ключовими для забезпечення його належної якості та стабільного терміну зберігання [28]. Розроблення рецептури напою є складним і потребує врахування багатьох взаємопов'язаних чинників.

Основним компонентом напоїв є вода, вміст якої в напоях становить від 75 до 99 %. Вона є ідеальним середовищем для перенесення в напій смако-ароматичних і поживних речовин із сировини й розчинення компонентів напою. Від якості води значною мірою залежить якість отриманого напою.

Для надання напоям потрібних властивостей у їх рецептурах використовують відповідні інгредієнти: для надання солодкого смаку – цукор (має високу енергетичну цінність, тому останнім часом його все ширше замінюють цукрозамінниками чи підсолоджувачами, норми внесення останніх регламентуються); для надання кислого смаку,

пом'якшення солодкості, консервувальної дії – кислоти; для надання відповідного кольору – натуральні чи синтетичні барвники (за допомогою сумішей синтетичних барвників отримують практично будь-який відтінок); для надання аромату – натуральні, ідентичні натуральним або синтетичні ароматизатори, основи, емульсії, композиції; для надання потрібної консистенції в рецептурах деяких напоїв використовують загусники, емульгатори й стабілізатори.

Баланс між солодкістю й терпкістю значною мірою визначає загальний смако-ароматичний профіль напою, тому співвідношення цукрів і кислот відіграє основну роль у його рецептурі. Кислоти надають напою терпкості, покращують загальне сприйняття смаку.

Смакові тенденції є мінливими. Напої з деякими смаками мають стабільний попит протягом багатьох років, водночас з'являються нові витончені смаки, так, останніми роками зберігається популярність напоїв з вишуканими комбінаціями фруктових смаків.

Для надання напою функціонального спрямування використовують, серед іншого, вітаміни, мікроелементи, харчові волокна. Важливим чинником при складанні напоїв з додаванням вітамінів і мінеральних речовин є їх стабільність і розчинність [28]. Потрібно враховувати вплив вітамінів на смакові властивості напою в процесі його зберігання. Водночас збагачення мінеральними речовинами може спричинити проблеми з розчинністю, зокрема деякі солі кальцію є нерозчинними, а в деяких випадках кальцій може впливати на розчинність білків, присутніх у напої.

Гідроколоїдні стабілізатори попри збагачення напоїв розчинними харчовими волокнами виконують різні технологічні функції, серед яких стабілізація напою й забезпечення конкретних властивостей готового продукту, зокрема густої або рідкої, кремової або легкої консистенції через їх взаємодію з іншими компонентами, присутніми в напої [28]. Вибір того чи іншого гідроколоїду для використання в конкретному напої залежить від характеристик добавки.

Є тонка грань між надлишковою й недостатньою стабілізацією напоїв. З одного боку, система може стати в'язкою або гелеподібною у разі надмірної стабілізації, з іншого боку, білки або інші речовини можуть випадати в осад, якщо напій недостатньо стабілізований. Харчові волокна зазвичай зменшують смакові й ароматичні властивості

інгредієнтів, тому їх треба вносити перед додаванням смако-ароматичних компонентів [26].

Попри численні позитивні ефекти, яких досягають у технології напоїв унаслідок використання харчових волокон, не всі з них функціонують однаково за різних значень рН і концентрацій електролітів, термічного оброблення, мають неоднакову стійкість під час зберігання тощо. У зв'язку з цим завдання, яке постає перед виробниками, полягає у виборі оптимального гідроколоїду з огляду на мету його використання.

При виборі харчових волокон потрібно брати до уваги такі їхні важливі властивості: розчинність, здатність підвищування в'язкості, гелеутворення, стабілізація емульсій, термостійкість, стабільність розчинів кислому середовищі, здатність суспендувати завислі частинки, простота у використанні тощо.

Ефективність застосування харчових волокон для надання напоєм функціонального спрямування й поліпшення якісних характеристик напоїв визначається особливостями їхньої хімічної будови, фізико-хімічними та технологічними властивостями. Крім цього, ефективність дії гідроколоїдів визначається складом напою. Потрібно враховувати також їх здатність утворювати асоціати з іншими полімерними компонентами, наприклад з білками, що може значно збільшувати в'язкість системи.

На основі аналізу фізико-хімічних і технологічних властивостей харчових волокон, практичного досвіду їх використання запропоновано об'єкти для їх внесення та обсяги дозування цих добавок у виробництві безалкогольних напоїв для вирішення конкретних технологічних завдань (табл. 3). Здебільшого дозування харчових волокон не перевищує 0,1 %.

Попит на гідроколоїди залежить від чотирьох ключових чинників: зручності застосування, якості, функціональних властивостей, вартості. Ціни на розчинні харчові волокна дуже різняться. Чиста геланова камедь є одним з найдорожчих гідроколоїдів, її ціна становить приблизно 40 \$ США за 1 кг. На відміну від неї гуарова камедь, серед досліджених гідроколоїдів, є на іншому кінці шкали (1-3 \$ США за 1 кг). Ціни на гідроколоїди залежать від наявності сировини, попиту в інших (нехарчових) галузях, можливостей перероблення, логістичних умов, тому зазнають чималих коливань. Діапазон цін на досліджувані розчинні харчові волокна подано в таблиці 3.

При виборі розчинних харчових волокон для найбільш ефективного вирішення конкретних технологічних завдань у технології безалкогольних напоїв потрібно враховувати [25]:

1) необхідність забезпечення відповідних реологічних властивостей напою (або формування відповідної текстури гелевих напоїв) унаслідок підвищення в'язкості або гелеутворення;

2) оптимальне дозування добавки для забезпечення досягнення потрібного кінцевого результату – формування належної в'язкості або утворення гелю визначеної міцності;

3) спосіб застосування – індивідуально або разом з іншими гідроколоїдами, унаслідок чого можливе досягнення синергічного ефекту;

Таблиця 3

Критерії вибору харчових волокон для застосування в технології безалкогольних напоїв

Технологічне завдання	Об'єкт	Харчові добавки (харчові волокна)	Дозування добавок	Ціна, \$ США/кг
Надання напоєм функціонального спрямування – збагачення харчовими волокнами	безалкогольні напої	пектини E440	0,5-5 %	12-15
		інулін	< 2 %	12-15
		метилцелюлоза E461	0,05-0,8 %	10-12
		КМЦ E466	0,05-0,5 %	3-6
		альгінати E401-E405	0,7-2 %	8-10
		гуміарабік E414	> 5 %	3-6
		гуар E412	0,05-2 %	1-3
		камедь караї E416	0,02-3 %	-
		ксантанова камедь E415	0,05-0,5 %	3-6
Надання напоєм функціонального спрямування – низькокалорійні напої зі зниженим вмістом цукру	безалкогольні напої	пектин VM E440	0,1%	12-15
		КМЦ E466	0,05-0,5 %	3-6
		ксантанова камедь E415	0,05-0,5 %	3-6
		камедь ріжкового дерева E410	0,05-2 %	10-12
Замутнення напоїв	безалкогольні напої, соки	гуар E412	0,05-2 %	1-3

(Закінчення таблиці 3)

Технологічне завдання	Об'єкт	Харчові добавки (харчові волокна)	Дозування добавок	Ціна, \$ США/кг
Стабілізація емульсій	безалкогольні напої на основі емульсій	гуміарабік E414	1-2 г/гл	3-6
		пектини E440	0,5-5 %	12-15
		трагакант E413	0,2-2 %	> 30
Стабілізація піни	пінні газовані й фруктові напої	гідроксипропілцелюлоза E463, метилцелюлоза E461, гідроксипропіл-метилцелюлоза E464	0,05-0,8 %	10-12
Стабілізація консистенції	безалкогольні напої із завислими частинками насіння, фруктів або ягід тощо	геланова камедь E418	0,5 %	> 30
		ксантанова камедь E415	0,05-0,5 %	3-6
	гелеподібні напої, зокрема кавові	геланова камедь E418	0,05-0,1 %	> 30
		пектини VM E440	0,5-5 %	12-15
		гуміарабік E414	> 5 %	3-6
		КМЦ E466	0,05-0,5 %	3-6
швидкорозчинні концентрати безалкогольних напоїв	ксантанова камедь E415	0,05-0,2 %	3-6	
	Зниження присмаків, зокрема кислого й соленого	фруктові напої, концентрати напоїв, томатний сік, напої з апельсиновим ароматизатором	КМЦ E466	0,05-0,5 %

КМЦ – карбоксиметилцелюлоза

- 1) ймовірну взаємодію добавки з речовинами, присутніми в напої;
- 2) вплив технологічних параметрів у процесі виробництва напою, зокрема температури, тривалості процесу, величини рН, вмісту солей тощо;
- 3) можливість ефективного диспергування за допомогою наявного обладнання;

- 4) вплив умов зберігання готового напою, зокрема температури, тривалості тощо;
- 5) економічну доцільність використання добавки.

6. Висновки

Проаналізовано дані наукової літератури останніх років щодо технологічних аспектів застосування розчинних харчових волокон у виробництві безалкогольних напоїв.

Розглянуто класифікацію та особливості будови розчинних харчових волокон (модифікованих целюлоз, пектинів, інуліну, камедей з кори дерев, з насіння дерев, з водоростей і отриманих біохімічним способом за допомогою мікроорганізмів).

Здійснено порівняльний аналіз основних фізико-хімічних властивостей розчинних харчових волокон, а саме: розчинності в холодній і гарячій воді, стійкості розчинів до дії тепла й зміни рН, в'язкості розчинів, здатності стабілізувати емульсії, умов, потрібних для гелеутворення, термооборотності гелів.

Розглянуто напрями застосування розчинних харчових волокон у технології безалкогольних напоїв.

Запропоновано об'єкти для внесення харчових волокон і обсяги їх дозування у виробництві безалкогольних напоїв для вирішення конкретних технологічних завдань: надання напоям функціонального спрямування (збагачення харчовими волокнами, приготування низькокалорійних напоїв зі знизеним вмістом цукру), замутнення напоїв, стабілізації емульсій, стабілізації піни, стабілізації консистенції, зниження присмаків, зокрема кислого й соленого.

Проаналізовано чинники, які потрібно враховувати при виборі розчинних харчових волокон для ефективного вирішення технологічних завдань у технології безалкогольних напоїв. Запропоновано рекомендації щодо розроблення безалкогольних напоїв з харчовими волокнами, зокрема функціональних.

Перспективи застосування харчових волокон у технологіях напоїв пов'язані зі зростаючим усвідомленням їхніх важливих функціональних властивостей та тієї ролі, яку вони відіграють у харчуванні людини.

Список літератури:

1. Piorkowski D. T., McClements D. J. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. *Food Hydrocolloids*. 2014. 42, 5–41.
2. Anderson J. W., Baird P., Davis R. H., Ferreri S., Knudtson M., Koraym A., et al. *Health benefits of dietary fiber*. *Nutrition Reviews*. 2009. 67(4), 188–205.
3. Mudgil D., Barak S. Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2013. 61, 1–6.
4. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Львів : Центр Європи, 2009.
5. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. Київ : Академперіодика, 2011.
6. Stephen A. M., Phillips G. O. (Eds.). *Food Polysaccharides and Their Applications* (2nd ed.). CRC Press. 2006.
7. Wüstenberg, Tanja. *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications*. 2014.
8. Freitas C. M. P., Coimbra J. S. R., Souza V. G. L., Sousa R. C. S. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review. *Coatings*. 2021. 11(8), 922.
9. Saeed M. S., Yasmin I., Pasha I., Randhawa M. A., Khan M. I., Shabbir M. A., Khan W. A. Potential application of inulin in food industry; a review. 2015.
10. Cho S. S., Samuel P. *Fiber ingredients: Food applications and health benefits*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2009.
11. Aires da Silva D., Cristine Melo Aires G., da Silva Pena R. *Gums-Characteristics and Applications in the Food Industry*. IntechOpen. 2021. DOI: 10.5772/intechopen.95078
12. Mudgil D., Barak S., Khatkar B. S. Guar gum: processing, properties and food applications-A Review. *Journal of food science and technology*. 2014. 51(3), 409–418.
13. Singh A. K., Malviya R., Rao G. S. N. K. Locust Bean Gum: Processing, Properties and Food Applications. *Recent Advances in Food Nutrition & Agriculture*. 2022. 13(2), 93–102.
14. Thomas W. R. *Konjac gum*. In: Imeson A. P. (eds) *Thickening and Gelling Agents for Food*. Springer, Boston, MA, 1997.
15. Islam A. M., Phillips G. O., Sljivo A., Snowden M. J., Williams P. A. A review of recent developments on the regulatory, structural and functional aspects of gum arabic. *Food Hydrocolloids*. 1997. 11(4), 493–505.
16. Qin Y., Zhang G., Chen H. The applications of alginate in functional food products. *J. Nutr. Food Sci.* 2020. 3, 100013.
17. Campo V. L., Kawano D. F., da Silva Jr D. B., Carvalho I. Carrageenans: biological properties, chemical modifications and structural analysis – a review. *Carbohydrate Polymers*. 2009. 77(2), 167–180.
18. Garcia-Ochoa F., Santos V. E., Casas J. A., Gomez E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*. 2000. 18(7), 549–579.

19. Bajaj I. B., Survase S. A., Saudagar P. S., Singhal R. S. Gellan gum: fermentative production, downstream processing and applications. *Food Technology and Biotechnology*. 2007. 45(4), 341–354.
20. Leathers T. D. Biotechnological production and applications of pullulan. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2003. 62(5–6), 468–473.
21. Бажай-Жежерун С., Береза-Кіндзерська Л. Природні харчові сорбенти зерна. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2022. 33(72). № 6. С. 233–237.
22. Saha D., Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*. 2010. 47(6), 587–597.
23. Звягінцева-Семенець Ю. П., Камбулова Ю. В., Соколовська І. О., Кобилінська О. В., Колесник М. А. Дослідження процесу набухання полісахаридів для використання в технологіях вершкових кремів. *Харчова наука і технологія*. 2016. 10, 2, 24–31.
24. Mudgil D., Barak S. Classification, Technological Properties, and Sustainable Sources. *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications*. 2019.
25. Мельник О. П., Точкова О. В., Манк В. В. Гідроколоїди: функціональні властивості і шляхи застосування. Ірпінь : Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку, 2008. С. 154–156.
26. Yangilar F. The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2013. 1(3), 13–23.
27. Rahman M. S., Hasan M. S., Nitai A. S., Nam S., Karmakar A. K., Ahsan M. S., Shiddiky M. J. A., Ahmed M. B. Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. *Polymers*. 2021. 13(8), 1345.
28. Beristain C. I., Cruz-Sosa F., Lobato-Calleros C., Pedroza-Islas R., Rodríguez-Huezo M. E., Verde-Calvo J. R. Applications of soluble dietary fibers in beverages. *Revista Mexicana De Ingenieria Quimica*. 2006. 5, 81–95.
29. Zeeb B., Roth M., Endress H. Commercial pectins. *Handbook of Hydrocolloids*. 2021.
30. Чепель Н. В., Грек О. В. Дослідження пектинових речовин як адсорбентів ароматичних речовин ефірних олій. *ScienceRise*. 2014. С. 45–51.
31. Луговська О. А. Дослідження ступеня гідролізу інуліну та олігофруктози в напоях. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія : технічні науки*. 2019. 30 (69), 2, № 2, 162–166.
32. Padil V. V. T., Waclawek S., Černík, M., Varma R. S. Tree gum-based renewable materials: Sustainable applications in nanotechnology, biomedical and environmental fields. *Biotechnology advances*. 2018. 36(7), 1984–2016.
33. Гураль Л. Препарат гуміарабіку «Fibregum B» як перспективний фізіологічно-функціональний харчовий інгредієнт. *Наукові праці*. 2015. 48. С. 75–81.
34. Гураль Л., Куріленко А. Натуральні соки, збагачені стабілізованими гуміарабіком антоціанами винограду. Т. : Стан і перспективи харчової науки та промисловості, 2015. С. 44–45.

35. Луговська О. А., Сидор В. М. Підвищення якості напоїв з додаванням крохмалю та гуміарабіку. Київ : Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті, 2015. 1, 37.

36. Taherian, A. R., Fustier, P., Britten, M., Ramaswamy, H. S. Rheology and stability of beverage emulsions in the presence and absence of weighting agents: a review. *Food Biophysics*. 2008. 3, 279–286.

37. Дулька О. С., Прибильський В. Л., Куц А. М., Олійник С. І., Вітряк О. П. Використання насіння чаї та ксантанової камеді у технології безалкогольних напоїв. Lviv: Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials : book of abstracts. 2020. С. 67.

38. Андрєєва С. С., Пивоваров Є. П. Дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних розчинів геланової камеді. *Молодий вчений*. 2021. № 1 (89). С. 12–16.

References:

1. Piorkowski D. T., & McClements D. J. (2014). Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. *Food Hydrocolloids*, 42, 5–41.

2. Anderson J. W., Baird P., Davis R. H., Ferreri S., Knudtson M., Koraym A., et al. (2009). *Health benefits of dietary fiber*. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188–205.

3. Mudgil D., & Barak S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6.

4. Lastukhin Yu. O. (2009). Kharchovi dobavky. E-kody. Budova. Oderzhannia. Vlastyvosti [Food additives. E-codes. Structure. Obtaining. Properties.] Lviv: Tsentr Yevropy.

5. Polumbryk M. O. (2011). Vuhlevody v kharchovykh produktakh i zdorovia liudyny [Carbohydrates in food and human health]. Kyiv: Akademperiodyka.

6. Stephen A. M., & Phillips G. O. (Eds.) (2006). *Food Polysaccharides and Their Applications* (2nd ed.). CRC Press.

7. Wüstenberg, Tanja (2014). *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications*.

8. Freitas C. M. P., Coimbra J. S. R., Souza V. G. L., & Sousa R. C. S. (2021). Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review. *Coatings*, 11(8), 922.

9. Saeed M. S., Yasmin I., Pasha I., Randhawa M. A., Khan M. I., Shabbir M. A., & Khan W. A. (2015). Potential application of inulin in food industry; a review.

10. Cho S. S., & Samuel P. (2009). *Fiber ingredients: Food applications and health benefits*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

11. Aires da Silva D., Cristine Melo Aires G., & da Silva Pena R. (2021). Gums-Characteristics and Applications in the Food Industry. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.95078

12. Mudgil D., Barak S., & Khatkar B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications-A Review. *Journal of food science and technology*, 51(3), 409–418.

13. Singh A. K., Malviya R., & Rao G. S. N. K. (2022). Locust Bean Gum: Processing, Properties and Food Applications. *Recent Advances in Food Nutrition & Agriculture*, 13(2), 93–102.
14. Thomas W. R. (1997). Konjac gum. In: Imeson A. P. (eds) *Thickening and Gelling Agents for Food*. Springer, Boston, MA.
15. Islam A. M., Phillips G. O., Sljivo A., Snowden M. J., & Williams P. A. (1997). A review of recent developments on the regulatory, structural and functional aspects of gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 11(4), 493–505.
16. Qin Y., Zhang G., & Chen H. (2020). The applications of alginate in functional food products. *J. Nutr. Food Sci*, 3, 100013.
17. Campo V. L., Kawano D. F., da Silva Jr D. B., & Carvalho I. (2009). Carrageenans: biological properties, chemical modifications and structural analysis – a review. *Carbohydrate Polymers*, 77(2), 167–180.
18. Garcia-Ochoa F., Santos V. E., Casas J. A., & Gomez E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18(7), 549–579.
19. Bajaj I. B., Survase S. A., Saudagar P. S., & Singhal R. S. (2007). Gellan gum: fermentative production, downstream processing and applications. *Food Technology and Biotechnology*, 45(4), 341–354.
20. Leathers T. D. (2003). Biotechnological production and applications of pullulan. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 62(5–6), 468–473.
21. Bazhail-Zhezherun S., Bereza-Kindzerska L. (2022). Pryrodni kharchovi sorbenty zerna. [Natural food grain sorbents]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalno universytetu imeni V.I. Vernadskoho*, 33(72), № 6, 233–237. (in Ukrainian)
22. Saha D., & Bhattacharya S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587–597.
23. Zviahintseva-Semenets Yu. P., Kambulova Yu. V., Sokolovska I. O., Kobylinska O. V., Kolesnyk M. A. (2016). Doslidzhennia protsesu nabukhannia polisakharydiv dlia vykorystannia v tekhnolohiiakh vershkovykh kremiv [Study of the process of swelling of polysaccharides for use in the technology of butter creams]. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 10, 2, 24–31. (in Ukrainian)
24. Mudgil D., & Barak S. (2019). Classification, Technological Properties, and Sustainable Sources. *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications*.
25. Melnyk O. P., Tochkova O. V., Mank V. V. (2008). Hidrokoloidy: funktsionalni vlastyvoli i shliakhy zastosuvannia [Hydrocolloids: functional properties and applications]. Irpin: Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka Ukrainy: stan ta perspektyvy rozvytku, 154–156. (in Ukrainian)
26. Yangilar F. (2013). The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(3), 13–23.
27. Rahman M. S., Hasan M. S., Nitai A. S., Nam S., Karmakar A. K., Ahsan M. S., Shiddiky M. J. A., & Ahmed M. B. (2021). Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. *Polymers*, 13(8), 1345.

28. Beristain C. I., Cruz-Sosa F., Lobato-Calleros C., Pedroza-Islas R., Rodríguez-Huezo M. E., & Verde-Calvo J. R. (2006). Applications of soluble dietary fibers in beverages. *Revista Mexicana De Ingenieria Quimica*, 5, 81–95.

29. Zeeb B., Roth M., & Endress H. (2021). Commercial pectins. *Handbook of Hydrocolloids*.

30. Chepel N. V., Hrek O. V. (2014). Doslidzhennia pektynovykh rehovyn yak adsorbentiv aromatychnykh rehovyn efirnykh olii [Study of pectin substances as adsorbents of aromatic substances of essential oils]. *ScienceRise*, 45–51. (in Ukrainian)

31. Luhovska O. A. (2019). Doslidzhennia stupenia hidrolizu inulinu ta olihofruktozy v napoiakh [Study of the degree of hydrolysis of inulin and oligofructose in beverages]. *Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Serii: tekhnichni nauky*. 30 (69), 2, no. 2, 162–166. (in Ukrainian)

32. Padil V. V. T., Waclawek S., Černík, M., & Varma R. S. (2018). Tree gum-based renewable materials: Sustainable applications in nanotechnology, biomedical and environmental fields. *Biotechnology advances*, 36(7), 1984–2016.

33. Hural L. (2015). Preparat humiarabiku «Fibregum B» yak perspektyvnyi fiziolozhichno-funktsionalnyi kharchovyi inhrediiient [Fibregum Bas a promising physiological and functional food ingredient]. *Naukovi pratsi*, 48, 75–81. (in Ukrainian)

34. Hural L., Kurilenko A. (2015). Naturalni soky, zbahacheni stabilizovanyymi humiarabikom antotsianamy vynohradu. T.: *Stan i perspektyvy kharchovoi nauky ta promyslovosti*, 44–45. (in Ukrainian)

35. Luhovska O. A., Sydor V. M. (2015). Pidvyshchennia yakosti napoiv z dodavanniam krokhmaliiu ta humiarabiku [Improving the quality of beverages with added starch and humiarabic]. K.: *Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti*, 1, 37. (in Ukrainian)

36. Taherian, A. R., Fustier, P., Britten, M., & Ramaswamy, H. S. (2008). Rheology and stability of beverage emulsions in the presence and absence of weighting agents: a review. *Food Biophysics*, 3, 279–286.

37. Dulka O. S., Prybylskyi V. L., Kuts A. M., Oliinyk S. I., Vitriak O. P. (2020). Vykorystannia nasinnia chia ta ksantanovoi kamedy u tekhnolohii bezalkoholnykh napoiv [Use of chia seeds and xanthan gum in the technology of soft drinks]. Lviv: Food chemistry. Modern methods for production of food, food additives and packaging materials: book of abstracts, 67. (in Ukrainian)

38. Andrieieva S. S., Pyvovarov Ye. P. (2021). Doslidzhennia funktsionalno-tekhnolohichnykh vlastyvoستي modelnykh rozchyniv helanovoi kamedy [Investigation of functional and technological properties of model solutions of gelatin gum]. *Molodyi vchenyi*, 1, 89, 12–16. (in Ukrainian)