

GALACTOMANNANS IN FOOD TECHNOLOGIES

M.O. Polumbryk, V.S. Kostyuk, M.S. Sovko,
Ch. V. Omelchenko, O.M. Polumbryk
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Galactomannans, galactomannans production, gel formation agents, stabilizers, inhibitors of starch retrogradation	The properties and utilization of Galactomannans (GM) in food technologies have been discussed. These food hydrocolloids are linear polysaccharides composed from mannopiranoses units, which were substituted periodically by D-galactoses units. These ingredients are able to form viscous solutions even at low (less than 1 %) concentration and have low cost. GM inclusion into food products leads to shelf life increase, fortification by food fibers, impact on crystallization, allow to control texture as well as foam and emulsion stabilization, prevent sedimentation and syneresis and has positive impact on human health. The technological features of 6M and their utilization in food as gel forming agents, stabilizers, inhibitors of starch retrogradation were observed.
Article history: Received 15.03.2015 Received in revised form 20.05.2015 Accepted 15.06.15	
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

ГАЛАКТОМАНАНИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

М.О. Полумбрик, В.С. Костюк, М.С. Совко,
Х.В. Омельченко, О.М. Полумбрик
Національний університет харчових технологій

Розглянуто отримання, властивості і використання галактомананів у харчових технологіях. Ці харчові гідроколоїди є лінійними полісахаридами, що складаються з фрагментів залишків манопіранози, періодично заміщених фрагментами D-галактози. Вони характеризуються низькою вартістю і здатні утворювати в'язкі розчини навіть при низьких (<1 %) концентрації. Включення галактомананів до складу харчових продуктів сприяє збагаченню харчовими волокнами, збільшує термін їх зберігання, впливає на кристалізацію, дозволяє контролювати текстуру, стабілізувати піни і емульсії, попереджає розшарування чи осідання, синерезис і позитивно впливає на здоров'я людини. Обговорені технологічні особливості застосування галактомананів у харчових продуктах в якості гелеутворювачів, стабілізаторів, інгібіторів ретроградації крохмалю.

Ключові слова: галактоманани, виробництво галактомананів, гелеутворювачі, стабілізатори, інгібітори ретроградації крохмалю.

Вступ. Галактоманани — природні полісахариди, лінійні полімери, що складаються з фрагментів β -(1-4)-D-манопіранози, періодично заміщених залишками D-галактози.

Галактоманани нейонного типу діють як резервні вуглеводи, які містяться в насінні багатьох рослин. Якщо для більшості злакових, таких як пшениця, жито, рис, основним резервним полісахаридом є крохмаль, то для деяких бобових, таких як гуар чи гуньба, основними вважаються галактоманани [1—3].

Ці резервні полісахариди, що містяться в зернятах рослин, і є джерелом енергії для тварин чи людини, якщо вони використовуються як продукт харчування. Галактомананові камеді отримують із насіння гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*), ріжкового дерева (*Ceratonia siliqua*), тара (*Caesalpinia spinosa*), гуньби (*Trigonella foenum-graecum*) та інших джерел. Світове виробництво гуарової камеді складає 55—130 тисяч тон, а камеді ріжкового дерева — 9—20 тисяч тон, інші камеді менш поширені.

Мета досліджень — аналіз властивостей і застосування галактомананів у харчовій промисловості як гелеутворювачів і стабілізаторів в технології хліба, кондитерських і м'ясних виробів, морозива та інших продуктів завдяки властивості змінювати реологічні характеристики вказаних систем [1—3].

Матеріали та методи. Основним джерелом галактомананів є рослина гуар, яка росте в жаркому вологому кліматі і культивується в Індії і Пакистані протягом багатьох століть. Ця рослина є продуктом харчування для людей і кормом для тварин [4, 5].

Гуарова камедь виробляється промислово з 40-х років минулого століття. Під час II світової війни в США виникла проблема з нестачею камеді ріжкового дерева, яка використовувалась в паперовій промисловості для отримання целюлозної маси [5]. Замінником була вибрана гуарова камедь, і з того часу гуар культивують в США.

Основним виробником гуарової камеді є Індія, об'єм її складає 80 % від світової кількості, з яких 70 % — в провінції Раджастхан.

Ріжкове дерево росте на Середземноморському узбережжі і займає площу в мільйони га [4, 5]. Слово ріжкове дерево (sagob англ.) виникло від древньоєврейського «харув», що в перекладі означає шабля — по формі стручків [5]. Вважають, що термін «карат» появився, коли стало відомо, що араби в якості міри ваги використовують боби ріжкового дерева для зважування дорогоцінних каменів і металів (золота і срібла). В Древньому Єгипті пасту ріжкового дерева застосовували для муміфікації. Греки і римляни в своїх текстах відмічали цілющі властивості бобових камедей [4, 5].

Камедь тара за своїми властивостями є чимось середнім між гуаровою і ріжковою дерева. Вона також вважається безпечною і застосовується як харчова добавка [3-5].

Згідно визначенню Віслера «полісахарид відноситься до камедей чи гідроколоїдів, якщо він диспергується у воді з утворенням клейкої пасту, колоїдного золя чи геля» [5].

Відповідно до цього визначення крохмаль відноситься до гідроколоїдів, а целюлоза — ні. Крім цих умов можливість застосування нових гідроколоїдів у харчових продуктах визначається: властивістю виконання специфічних функцій (в'язкість, гелеутворення, тощо), низькою вартістю, джерелом їх отримання повинні бути певні рослини, безпечною для організму [4]. Спершу лише три основних галактоманана, що визнані харчовими добавками, відповідали цим вимогам, але зараз також камедь гуньби, cassia tora та інші камеді широко застосовуються як харчові гідроколоїди.

Галактоманани, джерелом яких є бобові — лінійні полісахариди, що складаються з фрагментів зв'язаних залишків β -(1,4)-D-манопіранози, які періодично заміщені зв'язаними фрагментами α -(1-6)-D-галактози.

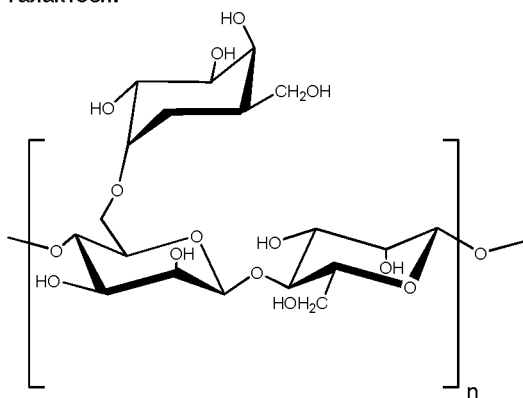


Рис. 1. Структурна формула галактомананів, камедей бобових

Ступінь заміщення для різних бобових неоднакова. Так, основний ланцюг, складений з фрагментів β -D-манопіранози (М) гуньби практично повністю заміщений молекулами α -D-галактози ЗЧ (Г), відповідно опосередковане молярне співвідношення М:Г складає 1:1 [1—4]. Для галактомананів гуарової камеді воно коливається в межах (1,5—1,8):1, камеді тара 3:1, камеді ріжкового дерева 4:1, камеді cassia tora 5:1 [3, 4].

В'язкість водних розчинів галактомананів залежить від багатьох складових, зокрема молекулярної маси, співвідношення М:Г, ступеня і рівномірності заміщення. Розчинність у воді збільшується з ростом ступеня заміщення лінійного ланцюга фрагментами галактози [3, 4]. Так, камедь річкового дерева розчинна в гарячій воді, а значно менш заміщена фрагментами галактози гуарова добре розчинна у холодній воді [4]. Вважається, що заміщення 18 % ОН-груп основного ланцюга фрагментами галактози достатньо, щоб полісахарид розчинявся у воді.

Камеді виробляють і продають під різними назвами. Так, камедь річкового дерева виробляється в основному європейськими компаніями і має більше 10 назв. Гуарову камедь виробляють багаточисленні індійські та пакистанські компанії Shree Ram, Sunita Minechem Ind., тощо, а також європейські Mey Hall Co. і Caesalpina і Nutragum, а також швейцарська Unipection A6 [4].

Виробництво галактомананів. Зараз налагоджене виробництво таких основних типів камедей: звичайна (високої якості), промислова і технічна [3, 4]. Промислові галактоманани отримують із зерен бобових однорічних рослин, а також кущів і дерев. Боби ділять навпіл, очищують від лушпиння на стадії попередньої обробки, яка включає збільшення вологості чи термообробку.

Промислове виробництво галактомананів включає наступні стадії: розділення бобів, видалення лушпиння, відділення зародків від ендосперма зернят, очистка ендосперма і подрібнення [3, 4]. Особлива увага приділяється відділенню зародків, які в наслідок присутності ензимів підвищують чутливість до ферментаційних процесів. На рис. 2 проілюстровані стадії отримання гуарової камеді.

Маса кінцевого продукту складає третину маси вихідних бобів. Із зародків і лушпиння виділяють білкові складові, які використовуються як добавки в корм для тварин [3, 4].

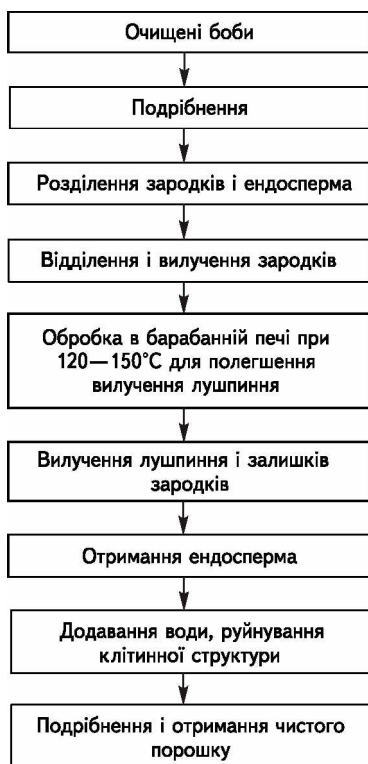


Рис. 2. Стадії виробництва гуарової камеді [4]

В камеді додають деяку кількість консервантів. Так, в харчові камеді річкового дерева вносять сорбати чи бензоати, в нехарчові камеді — формальдегід і хлорфеноли [4]. В

порівнянні з гуаровою камедь ріжкового дерева більш глибоко деполімеризується на стадіях промислового виробництва.

Збільшення концентрації галактомананів, яке необхідне для суттєвого зниження рівня глюкози і холестерола в крові, неприйнятно в технологіях харчових продуктів, оскільки суттєво змінює їх фізико-хімічні характеристики [3, 4]. Тому розроблені технології отримання за допомогою ендо- β -D-манози частково гідролізованих камедей, зокрема гуарової. Такі камеді забезпечують зниження в'язкості водних розчинів внаслідок зменшення молекулярної маси. В продаж такі камеді поступають під назвою Sunfiber і Benefibre [3]. Молекулярна маса таких продуктів менша 20 кДа, і вони вже не відносяться до харчових добавок.

Результати досліджень. Галактоманани камеді ріжкового дерева (харчова добавка E410), гуара (E412), тара (E417) застосовуються в харчовій промисловості головним чином як гелеутворювачі, стабілізатори, інгібітори ретроградації крохмалю. Як і інші гідроколоїди, галактоманани використовуються в харчових технологіях для досягнення однієї з таких цілей: збільшення терміну зберігання, контроль текстури, вплив на кристалізацію, попередження розшарування чи осідання, або синерезису, ретроградації крохмалю, покращення властивостей при заморожуванні і відтаненні, підтримання помутніння соків, стабілізація пін і емульсій, збагачення харчовими волокнами [3, 4].

Камеді утворюють в'язкі розчини навіть при низькій концентраціях (зазвичай застосовуються в кількості менше 1 %) і завдяки цій властивості служать загусниками чи стабілізаторами. Концентрація галактомананових камедей в харчових продуктах знаходиться в межах від 0,1 % при використанні в якості затемнювача до 2 % в жувальних гумках і желе [3]. В'язкість гуарової камеді у водних розчинах найвища, і тому їй надається перевага серед інших галактомананів.

Камедь гуара вважається найбільш універсальною серед галактомананів. Крім надання високої в'язкості водним розчинам її доцільно застосовувати як стабілізатор і загущувач в технологіях харчових продуктів. Вона швидко гідратується у холодній воді з утворенням в'язкого псевдопластичного розчину. В'язкість її водного розчину вища, ніж інших камедей за однакових концентрацій. Внаслідок більш високої розчинності у воді, гуарову камедь вважають кращим стабілізатором емульсій, ніж камедь ріжкового дерева [3, 4]. На відміну від останньої, камедь гуара не утворює слабких гелів при охолодженні, тому її золь відрізняється високою стабільністю в циклах заморожування-розморожування.

При використанні в морожених десертах ефективною вважають комбінацію камеді і карраганінів, що дозволяє виготовляти продукти, термін зберігання яких складає 18 місяців [3]. Камеді захищають продукт від теплового шоку і підтримують форму. Камедь ріжкового дерева синергічно взаємодіє з карраганінами, в особливості при зниженні температури. Крім цього, галактомананова сітка захищає тривимірну структуру карраганіна і к-казеїна, що таким чином суттєво збільшує термін зберігання молочних продуктів [4].

Важливим є властивість галактомананів синергічно з іншими полісахаридами утворювати бі-парні гелі. Так, камедь ріжкового дерева при температурі, нижчій 5 °С, утворює золі, тому вважається поганим гелеутворювачем [4]. Однак, в присутності деяких полісахаридів (ксантан, карраганан, агар, крохмаль) вона, як і гуарова камедь, утворює міцні гелі [1-5]. Оптимальними вважаються комбінації 0,5 % карраганіна і 0,25 % камеді ріжкового дерева, 1 % карраганіна і 0,1 % камеді ріжкового дерева в співвідношенні 7:3 [4]. Вважається, що бінарні гелі утворюються насамперед за рахунок віцинальних гідроксильних груп фрагментів манопіранози. Особливо це характерно для камеді ріжкового дерева, яка, маючи менший ступінь заміщення, ніж гуарова, відрізняється чергуванням повністю заміщених і не заміщених фрагментів, що збільшує енергію зв'язування [4].

Камеді гуара і ріжкового дерева застосовуються як інгібітори ретроградації крохмалю і вологоутримуючі агенти в крохмальвмісних продуктах [3, 6]. Парада і співавтори дослідили вплив добавок гуарової камеді в борошно кукурудзи, картоплі і рису на фізичні властивості і розщеплюваність крохмалю при їх подальшій екструзії при температурах від 40° до 180° С [7]. Показано, що внесення 10 % гуарової камеді суттєво збільшує кількість доступної для розщеплення харчовими ензимами глюкози і зменшує кількість недоступної. Так, в екструдованому кукурудзяному борошні показник швидкорозщеплюваної глюкози складає 66 г/100 г [7], а в продукті з 10 % гуаровою камеддю він збільшується до 85 г/100 г, тобто внесення гуарової камеді призводить до збільшення глікемічної відповіді при споживанні цього продукту.

За своїми властивостями камедь тара є проміжною між гуаровою і ріжкового дерева [1—5]. Подібно до першої вона розчиняється у холодній воді і подібно другій взаємодіє з полісахаридами, що утворюють гелі. Ця камедь володіє псевдопластичною реологією — в'язкість її водних розчинів зменшується при збільшенні температури і інтенсивності перемішування. Використання її як geleутворювача в технології м'яса, риби, морозива і йогуртів забезпечує покращення реологічних властивостей, збільшення зв'язування води і емульгуючого ефекту [4].

Камедь гуньби внаслідок практично повного заміщення основного ланцюга не взаємодіє з іншими полісахаридами, такими як агарі чи каррагінани [4, 5]. Однак, вона може утворювати гелі присутності боратів. В результаті високого ступеня заміщення відсутні внутрішньомолекулярні взаємодії, що є причиною її високої розчинності у воді (більше 90 %) і стійкості цієї камеді до дії ензима β -манози, яка застосовується для часткового гідролізу галактомананів [4, 8]. Камедь гуньби, на відміну від інших галактомананів, має унікальну властивість, як і в гумі — арабка, суттєво зменшувати поверхневий натяг [4]. Завдяки цьому камедь гуньби застосовується як стабілізатор емульсій. Вважають, що молекула полісахариду розміщується на поверхні частинок жиру, захищаючи їх від флокуляції і злипання [4].

Частково гідролізовані камеді застосовуються в технології хлібопекарських, кондитерських і молочних виробів, соусів, соків і інших продуктів [9]. В таблиці наведена рецептура шоколаду, збагаченого харчовими волокнами частково гідролізованої камеді гуара (ЧГКГ) [9].

Рецептурний склад шоколаду, збагаченого харчовими волокнами

Інгредієнт	Вміст, г
Какао масло	25
Какао порошок	15
Цукор	30
Високофруктозний кукурудзяний сироп	10
ЧГКГ	9
Молоко	9

Висновки. Отриманні дані щодо застосування галактомананів у харчових продуктах в якості харчових волокон, вологоутримуючих речовин, стабілізаторів, інгібіторів ретроградації крохмалю дозволяють прогнозувати їх перспективність для подовження зберігання продукції харчових виробництв. Камеді застосовують в тютюновій промисловості, у виробництві косметичних і фармацевтичних продуктів (основа кремів і паст), паперу, миючих засобів, тощо [4, 10]. Похідні гуарової камеді, зокрема гідроксипропіл-, гідроксиетил-, карбоксиетил-заміщені, застосовують в текстильній, косметичній, паперовій, нафтопереробній, хімічній промисловості, в бурінні, виробництві вибухових речовин та інших областях [4]. В медицині розчини камеді використовують як обволікаючий засіб для зниження швидкості всмоктування лікарських препаратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Food polysaccharides and their applications*. 2th edition. Edited by A.M. Stephen, C.O. Philips, P.A. Williams. 2006. CRC Press: Boca Ration. — 752 p.
2. *Handbook of dietary fiber*. Edited by S.S. Cho and M.L. Drener. 2001. Marscal Dekker. N.Y. — 894 p.
3. *Food Stabilizers, Thickeners and Gelling Agents*. Edited by A. Imeson. 2010. Willy-Blackwell: Oxford. — 368 p.
4. *Mathur N.K. Industrial galactomannan polysaccharides*. CRC Press: Boca Raton. 2012 — 187 p.
5. *Whistler R.L., Bemiller J.N. Industrial Gums. Polysaccharides and their derivatives*. 3rd edition. Academic Press: New York. 1993. — 642 p.
6. *Funami T., Kataoka Y., Omoto T., et al. Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behavior of starch // Food Hydrocoll.* — 2005. — v. 19. — P. 25—36.
7. *Parada J., Aguilera J.M., Brennan C. Effect of guar gum content on some physical and nutritional properties of extracted products // J. Food Eng.* — 2011. — v 103. — P. 324—332.
8. *Yoon S.J., Chu D.C., Juneja L.R. et al. Chemical and physical properties, safety and application of partially hydrolyzed guar gum as dietary fiber // J. Clin. Biochem. Nutr.* 2008. — v. 42. — P. 1—7.

9. *U.S. Patent 20090285964. Fiber-fortified chocolate. Shepley D.C., Aramouni F.M. Texas Peanut Butter Eggs Inc (США). 19.11.2009.*

10. *Rana V., Rai P., Tiwary A.K. et. al. Modified gums: approaches and application in drug delivery // Carbohydr. Polym. 2011. — v. 83. — P. 1031—1047.*

ГАЛАКТОМАННАНЫ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**М.О. Полумбрик, В.С. Костюк, М.С. Совко,
Х.В. Омельченко, О.М. Полумбрик**

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрено получение, свойства и использование галактоманнанов в пищевых технологиях. Эти пищевые гидроколлоиды являются линейными полисахаридами, которые состоят из фрагментов D-галактозы. Они характеризуются низкой ценой и способны образовывать вязкие растворы даже при низкой (<1 %) концентрации. Включение галактоманнанов в состав пищевых продуктов способствует обогащению пищевыми волокнами, увеличивает срок их хранения, влияет на кристаллизацию, позволяет контролировать текстуру, стабилизировать пены и эмульсии, предупреждает расслоение или оседание, синерезис и положительно влияет на здоровье человека. Обсуждены технологические особенности применения галактоманнанов в пищевых продуктах в качестве гелеобразователей, стабилизаторов, ингибиторов ретроградации крахмала.

Ключевые слова: галактоманнаны, производство галактоманнанов, гелеобразователи, стабилизаторы, ингибиторы ретроградации крахмала.