

ферментный препарат вообще не проявляет специфической активности фосфолипазы С и реакция идет по механизму обычной водной гидратации, поскольку использование этого ферментного препарата предусматривает добавление 1-2 % воды в среду реакции.

Литература

1. Ключникова Л.В. Ферментные технологии – будущее масложировой промышленности // Масложировая промышленность. – 2006. – № 4. – с. 30 – 31.
2. Волошенко, С. В. Новая технология ферментной гидратации фосфолипидов растительных масел // Масложировой комплекс. — 2011. — № 2.— С. 35—36.

УДК 677.46:664.932:541.16:004.12

СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ПИЩЕВЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

Птичкина Н.М., д-р хим. наук, профессор

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов

Промышленно производимые продукты питания представляют собой комплексные, многофазные, многокомпонентные, коллоидные системы. Структурной сущностью пищевых систем являются белки и полисахариды с включением дисперсных частиц (капли, кристаллы, глобулы, гранулы, пузырьки и др.). Составные фазы в пищевых коллоидах могут существовать в различных формах – газ, жидкость, кристалл, студень, эмульсия и др. В водных фазах структура высокомолекулярных гидроколлоидов и их взаимодействия контролируют биополимерные ассоциации, которые являются важным фактором, определяющим текстуру и реологию многих пищевых продуктов.

Manufactured foodstuffs typically exist in the form of complex, multi-phase, multi-component colloidal systems. The two main classes of structural entities in food colloids are polymer molecules (proteins and polysaccharides) and dispersed particles (droplets, crystals, globules, granules, bubbles, etc.). The constituent phases in food colloids may exist in various states of matter – gas, liquid, crystal, gel, emulsion and so on. In bulk aqueous phases the structure of hydrocolloids and their interactions controls biopolymer association, which is an important factor influencing the texture and rheology of many foodstuffs.

Ключевые слова: структура, полисахариды, функциональные свойства

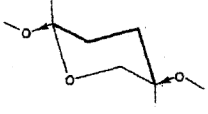

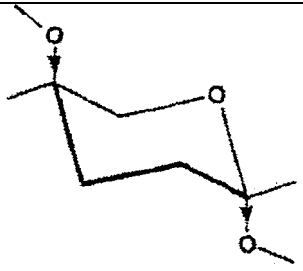
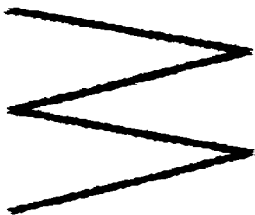
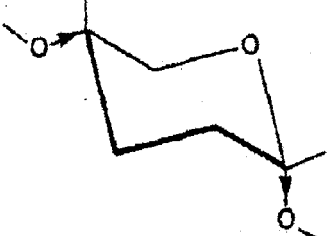
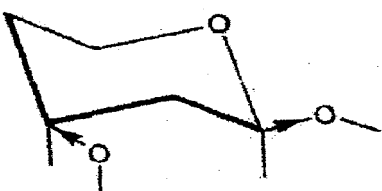

Биополимеры – белки и полисахариды являются основными компонентами пищи, определяющими ее структуру и органолептические качества. Проблема изучения взаимодействия полисахаридов с водой и белками, имеет не только научный, но и социальный аспект, так как формирует научные основы рационального питания, а значит, и повышения качества жизни.

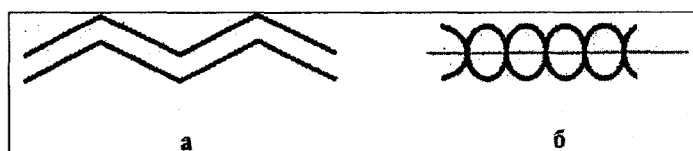
Цель исследования – на конкретных примерах, используя опыт отечественных и зарубежных ученых, проанализировать влияние структурных уровней пищевых полисахаридов на их функциональные свойства.

Промышленные полисахариды (ПС) – производные целлюлозы, хитин, крахмал, агар, каррагинаны, альгинаты, пектин, галактоманнаны, ксантан, геллан – имеют ПЕРВИЧНУЮ структуру, построенную в основном, (на 75%) из D-моносахаров, соединенных гликозидной связью. Такая химическая организация молекул допускает альтернативную пространственную организацию цепи – статистический клубок (реализуется в растворах) и спираль (реализуется в растворах при определенных условиях и в твердом состоянии (пленки, студни)). Относительная геометрическая ориентация гликозидных связей имеет существенное значение для геометрии спиральной конформации, вследствие чего можно говорить о трех типах ВТОРИЧНОЙ структуры ПС, приведенных в таблице 1.

ТРЕТИЧНЫЙ структурный уровень промышленных ПС представлен двойной спиралью, а ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ – «димером» двойной спирали. Каждое такое объединение представлено тремя типами пространственной организации (рис.1-3).

Таблиця 1 – Геометрия связи и типы упорядоченной конформации цепи

Тип связи	Геометрия связи	Конформация	Полисахарид
$\beta 1 - \beta 4$			β -1,4 связанная цепь глюкозы: целлюлоза, хитин, галактоманнан, ксантан
$\alpha 1 - \alpha 4$			α -1,4 связанная L-гулуруновая кислота: альгинат
$\alpha 1 - \beta 4$			α -1,4 связанная D-глюкоза: амилоза
$\beta 1 - \beta 3$			агар, каррагинан



(а) целлюлоза, хитин, галактоманнаны, ксантан; (б) агар, каррагинаны

Рис.1 – Третичная структура полисахаридов

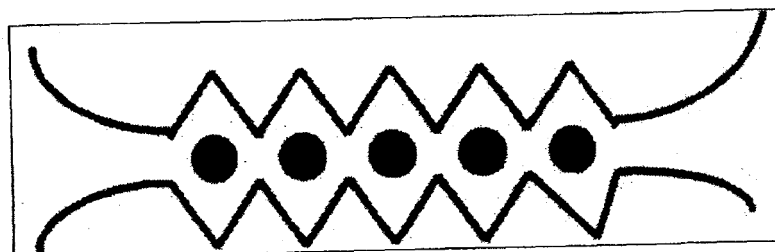


Рис. 2 – Третичная структура низкоэтерифицированного пектина и G-G блоков альгината в присутствии ионов кальция

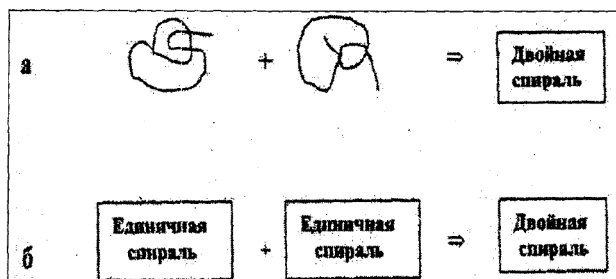


Рис. 3 – Возможные способы образования третичной структуры ПС

Таким образом, можно утверждать, что первичная структура ПС порождает три ветви последующих структурных уровней (рис.4).



Рис.4 – Возможные объединения третичных структур в четвертичные

Как подсказывает интуиция и утверждает опыт, существует тесная связь между физико-химическими, функциональными свойствами ПС и их структурной организацией.

Под функциональными понимают такие свойства полисахарида, которые определяют его целевое использование в пищевых технологиях. К числу таких свойств относится способность ПС загущать водные растворы, образовывать студни, стабилизировать пены, эмульсии, связывать тяжелые металлы и др.

Рассмотрим некоторые примеры.

Когда говорят о ПС как о загущающих агентах, имеют в виду их способность многократно увеличивать вязкость водных систем. Так, 1%-й раствор альгината натрия имеет вязкость, превышающую в 10000 раз вязкость воды. На рис. 5 представлена зависимость вязкости некоторых ПС от их концентрации.

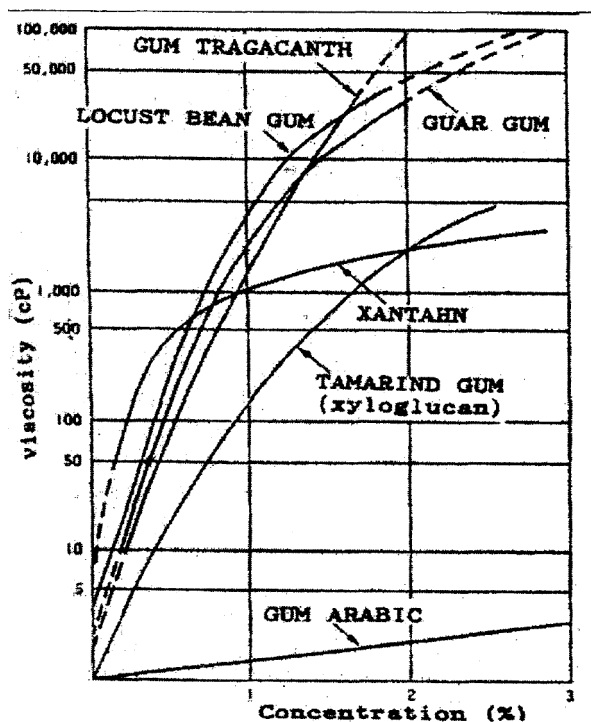


Рис.5 – Вязкость водных растворов некоторых полисахаридов при 20 °С

Вязкость растворов ПС зависит от конформации цепей, которые они принимают в растворе. Вышеперечисленные ПС в водных растворах имеют форму вытянутого клубка, обладающего значительной жесткостью цепи. По-видимому, именно этим и объясняется высокая вязкость их растворов. Загущающая способность ПС используется чаще всего при производстве продуктов питания.

Когда говорят о том или ином полимере как о студнеобразователе, имеют в виду его способность в водной среде за счет достаточно устойчивых связей нефлуктуационной природы образовывать пространственную сетку, которая пронизывает весь объем системы и удерживает растворитель.

Как следует из первичной структуры ПС дифильны: их цепь содержит повторяющиеся лиофильные и гидрофобные участки. Образованию сетки студня способствует то обстоятельство, что регулярность цепи реализуется не на всем ее протяжении (иначе полимер кристаллизовался бы и уходил в осадок), а на отдельных ее участках. Другой особенностью ПС-гелеобразователей является то обстоятельство, что гелеобразование связано с конформационными изменениями, сопровождающимися уменьшением парциальной растворимости макромолекул. В ПС участки регулярности макромолекул, принадлежащие разным макромолекулам, претерпевая конформационное упорядочение, образуют узлы студневой сетки. Эта идея (в том или ином варианте, в зависимости от природы студнеобразователя) присутствует во всех подходах к механизму гелеобразования ПС, рис.6-9.



Рис. 6 – Модель структуры слабого студня каробана

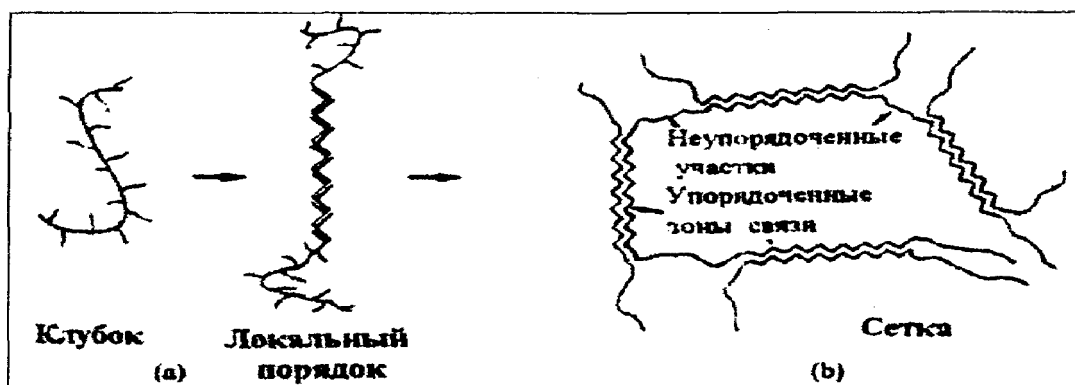


Рис.7 – Схема двухстадийного образования сетки слабого геля ксантана

Анионные ПС-альгинаты и пектины, являясь природными ионообменниками, обладают функцией связывания и выведения из организма человека тяжелых металлов. В плане практического использования предпочтение отдается низкоэтерифицированным пектинам, поскольку они, обладая способностью связывать и выводить из организма человека тяжелые металлы, являются ценными пищевыми волокнами со свойствами разнообразного благоприятного физиологического воздействия на организм.

Комплексообразующая способность зависит от особенностей первичной структуры пектина, природы связываемых металлов и pH среды связывания.

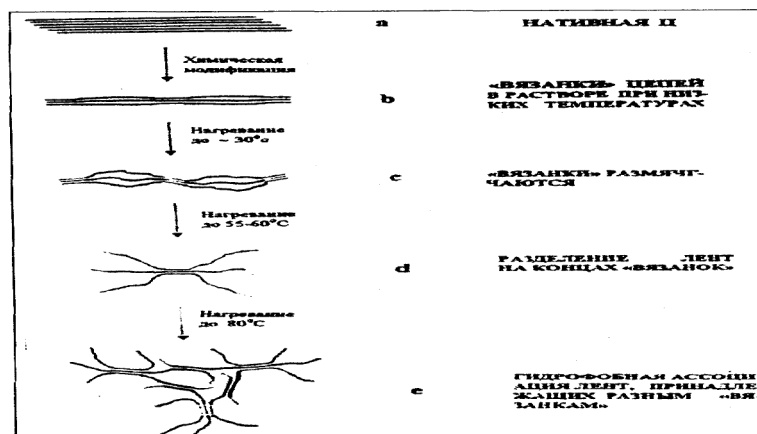
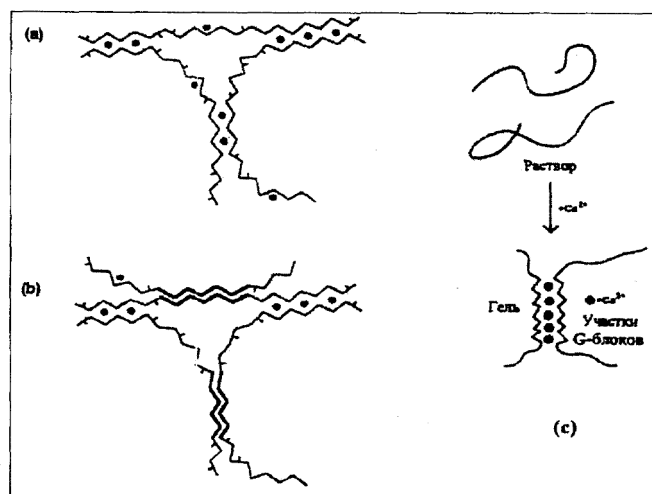


Рис.8 – Модель формирования сетки студня в системе «метицеллюлоза-вода»



(a) низкометоксилированного пектина, (b) амидированного низкометоксилированного пектина, (c) альгината

Рис. 9 – Модель студнеобразования

Выводы

1.Базисной последовательностью ПС является первичная структура. Специфика ее повторяющихся звеньев и геометрия соединяющей их гликозидной связи определяет вторичную структуру – в зависимости от термодинамических условий она может быть либо спиралью, либо клубком.

2.Вторичная структура макромолекул (жесткость цепи) определяет загущающую функцию ПС, третичная структура играет фундаментальную роль в студнеобразующей функции ПС, способность связывать тяжелые металлы определяется вторичной и третичной структурой альгината и пектина.

Литература

1. E.Dickinson. Food Polymers, Gels, and Colloids: The Royal Society of Chemistry, – London.–1991.–576 P.
2. Food Polysaccharides and Their Applications: edited by Alistair M. Stephen.-New York.-654P.
3. Птичкин И.И., Птичкина Н.М. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов, – 2010. – 164 с.