

Е. К. Туниева [E. K. Tunieva]
 В. В. Насонова [V. V. Nasonova]
 К. И. Спиридонов [K. I. Spiridonov]

УДК 637.5:547.458:
 66.022.3

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИСАХАРИДНЫХ
 СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

COMPARATIVE STUDIES OF POLYSACCHARIDE STRUCTURES

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. Использование полисахаридных структурообразователей в мясной продукции имеет целый ряд преимуществ: высокая влагосвязывающая и гелеобразующая способность, нейтральный запах и вкус, уменьшение потерь и увеличение выхода готовой продукции. При производстве мясной продукции важной задачей является достижение нежной консистенции, особенно в условиях дефицита качественного тугоплавкого шпика. В связи с этим для улучшения консистенции колбасных изделий представляет интерес использование камедей, клетчаток, целлюлозы и др.

Материалы и методы. В статье представлены результаты сравнительных исследований функционально-технологических свойств структурообразователей полисахаридной природы – целлюлозы в порошке, микрокристаллической целлюлозы, ксантановой камеди, картофельного крахмала, пшеничной клетчатки. Исследования функционально-технологических свойств проводили по следующим методикам: определение pH раствора (суспензии) – потенциометрическим методом с помощью прибора «Замер-1»; гелеобразующую способность определяли путем поиска процентного соотношения ингредиента в суспензии, при котором она не проходит через сито с диаметром отверстий 0,5 мм; динамическую вязкость определяли методом, основанным на определении силы, действующей на единичную площадь поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой поверхности. Исследования проводили на ротационном вискозиметре Реотест-2.

Результаты. Растворимость исследуемых полисахаридов определяли при степени гидратации 4% к массе раствора. Крахмал и МКЦ практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка. Ксантан растворился только с использованием механического перемешивания. Клетчатка набухла, но не растворилась. Целлюлоза хорошо растворялась в воде даже без использования механических устройств для смешивания.

Установлено, что исследуемые структурообразователи образовывали гели различные по текстуре и прочности. Максимальной гелеобразующей способностью обладала ксантановая камедь, образуя желеобразный гель с высокой степенью кавитации. Гель целлюлозы имел однородную мажущую консистенцию, без каких либо включений. Клетчатка обладала гелеобразующей способностью при концентрации 14 % и более, формируя волокнистую неоднородную суспензию.

Заключение. Сравнительный анализ функциональных свойств полисахаридных структурообразователей показал, что картофельный крахмал и микрокристаллическая целлюлоза практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка, не образуя гели, независимо от используемой термической обработки. Гидратация клетчатки в количестве 4% приводила к ее набуханию, однако, сопровождалась активным синерезисом. Напротив, ксантан и целлюлоза связывали воду и образовывали гели мажущей консистенции. Согласно результатам исследований, вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Однако, учитывая особенности гелеобразования ксантана, его дозировка в мясной продукции ограничивается в виду возможности образования пор на срезе продукта, в то время как использование целлюлозы позволит избежать данного дефекта даже при ее внесении в дозировках больших, чем ксантан.

Ключевые слова: целлюлоза, ксантановая камедь, пшеничная клетчатка, картофельный крахмал, pH, влагосвязывающая способность, вязкость.

Abstract. The use of polysaccharide structure formers in meat products has a number of advantages: high water-binding and gel-forming ability, neutral smell and taste, reducing losses and increasing the yield of finished products. In the production of meat products it is necessary to achieve a delicate consistency, especially in the conditions of a shortage of high-quality pork backfat. In this regard, to improve the consistency of sausages, it is of interest to use gums, cellulose, cellulose, etc.

Materials and methods. The article presents the results of comparative studies of functional and technological properties of polysaccharide structure-forming agents – cellulose in powder, microcrystalline cellulose (MCC), xanthan gum, potato starch, wheat fiber. Studies of functional and technological properties were carried out by the following methods: determination of the pH of the solution (suspension) – potentiometric method using the device «Zamer-1»; the gel-forming ability was determined by finding the percentage of the ingredient in the suspension at which it does not pass through a sieve with a hole diameter of 0.5 mm; the dynamic viscosity was determined by a method based on the determination of the force acting on a single surface area that moves at a unit speed relative to another surface. Study was carried out on a rotary viscometer RHEOTEST-2.

Results. The solubility of the polysaccharides was determined at the degree of hydration of 4% to the mass of the solution. Starch and MCC were practically insoluble in water and precipitated. Xanthan dissolved only with the use of mechanical agitation. The fiber was swollen, but it didn't dissolve. Cellulose dissolved well in water even without the use of mechanical mixing devices.

It is established that the studied structure-forming agents formed gels of different texture and strength. Xanthan gum had the maximum gel-forming ability, formed a jelly-like gel with high cavitation. Cellulose gel had a homogeneous greasy consistency, without any inclusions. Fiber had a gel-forming ability at a concentration of 14 % or more, forming a fibrous heterogeneous suspension.

Conclusion. A comparative analysis of the functional properties of polysaccharide structure-forming agents showed that potato starch and microcrystalline cellulose were practically insoluble in water and precipitated without forming a gel, regardless of the heat treatment used. Hydration of fiber in the amount of 4% led to its swelling, however, was accompanied by the high syneresis. On the contrary, xanthan and cellulose bound water and formed gels of greasy consistency. According to the results of studies, the viscosity of the cellulose solution was 36-38 % lower compared to this indicator for xanthan. However, given the characteristics of gelation of xanthan gum, the dose in meat products is limited in view of the possibility of the formation of pores on the cut of the product, while the use of cellulose will help to avoid this defect even when it's added in dosages larger than xanthan.

Key words: cellulose, xanthan gum, wheat fiber, potato starch, pH, water-binding capacity, viscosity.

Введение. В последние годы появилось большое количество пищевых ингредиентов полисахаридной природы, позволяющих получать мясную продукцию стабильного качества и отвечающую требованиям потребителей [1].

В качестве таких ингредиентов используют крахмал, клетчатку, камеди, микрокристаллическую целлюлозу и др. [2, 3]. При производстве мясных продуктов применение механической и тепловой обработки способно оказать негативное влияние на свойства нативных крахмалов, традиционно используемых в мясной промышленности, что не всегда позволяет получать продукцию требуемого качества.

Использование пищевой клетчатки различного происхождения (пшеничной, картофельной, морковной и др.) в качестве функционального ингредиента, применяемого для связывания влаги в продукте и в качестве пищевых волокон (пребиотический фактор) представляет интерес для производства мясной продукции [4]. Известно, что клетчатки, связывая влагу, преимущественно, формируют плотную, волокнистую текстуру [5]. Однако при производстве мясной продукции важной задачей является достижение нежной, сочной (для сосисок) консистенции, что особенно актуально в условиях дефицита качественного тугоплавкого жирного сырья и, как следствие, высоких цен на него. С этой целью представляет интерес использование камедей, клетчаток, целлюлозы и др. при производстве вареных колбасных изделий.

В связи с этим в ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН была проведена работа по сравнительному исследованию свойств пищевых волокон и гидроколлоидов.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования в рамках настоящей работы были пищевые добавки:

- порошкообразная целлюлоза E460ii SenseFi WP Flake производства фирмы Borregaard AS, Норвегия (далее целлюлоза);
- ксантановая камедь E415 производства FUFENG, КНР (далее - ксантан);
- микрокристаллическая целлюлоза E460i производства ООО "Нефтегазхимкомплект", Россия (далее - МКЦ);
- пшеничная клетчатка Уницель ВФ200 производства ООО "Интерфибер" (Interfiber Sp. z o.o.), Польша (далее – клетчатка);
- картофельный крахмал по ГОСТ 53876-2010 производства ООО "Кондитерская фабрика "Богородская" (далее – крахмал).

На первом этапе работы проводили исследования органолептических, функционально-технологических и гистологических характеристик исследуемых препаратов.

Органолептическую оценку ингредиентов проводили в сухом и гидратированном виде. Определяли внешний вид, наличие примесей, консистенцию, цвет, запах, а также наличие посторонних привкусов и запахов.

Исследования функционально-технологических свойств (рН, гелеобразующую способность и динамическую вязкость) проводили по следующим методикам:

- определение рН раствора (суспензии) - потенциометрическим методом с помощью прибора «Замер-1»;

– гелеобразующую способность – определением минимальной дозировки (%) ингредиента в гидратированном виде, при которой образующийся при гидратации гель не проходит через сито с диаметром отверстий 0,5 мм.

– динамическую вязкость - определением значения силы, действующей на единичную площадь поверхности, которая перемещается с единичной скоростью относительно другой поверхности. Исследования проводили на ротационном вискозиметре Реотест- 2.

Результаты и обсуждение исследований. Органолептические характеристики структурообразователей полисахаридной природы в сухом и гидратированном виде приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты органолептической оценки сухих препаратов

Характеристика	Значение характеристики для:				
	Целлюлоза	Клетчатка	Ксантан	Крахмал	МКЦ
Внешний вид и консистенция	Мелкие хлопья	Крупные волокнистые хлопья	Мелкодисперсный сыпучий порошок	Мелкодисперсный сыпучий порошок	Мелкодисперсный сыпучий порошок
Цвет	Белый				
Запах	Нейтральный				

Растворимость исследуемых полисахаридов определяли при степени гидратации 4% к массе раствора. Крахмал и МКЦ практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка. Ксантан растворился только с использованием механического перемешивания. Клетчатка набухла, но не растворилась. Целлюлоза хорошо растворялась в воде даже без использования механических устройств для смешивания.

Таблица 2

Результаты органолептической оценки препаратов после гидратации (4,0%)

Характеристика	Значение характеристики для:				
	Целлюлозы	Клетчатки	Ксантана	Крахмала	МКЦ
Внешний вид и консистенция	Мажущийся гель сметанообразной консистенции	Волокнистая неоднородная консистенция с активным синерезисом	Мажущаяся желеобразная консистенция с высокой степенью кавитации	Жидкая консистенция с выпадением крахмала в виде осадка	Жидкая консистенция с выпадением МКЦ в виде осадка
Цвет	Белый	Бежевый	Бежевый	Белый осадок	Белый осадок
Запах	Нейтральный				

После гидратации в холодной воде, а также после нагревания до 72 °С растворы крахмала и МКЦ не образовали гель.

Клетчатка при гидратации набухла, однако, при концентрации 4% наблюдался значительный синерезис (табл. 2). При гидратации ксантана и целлюлозы в количестве 4% происходило образование гелей мажущейся консистенции, синерезиса не отмечалось (табл. 2).

Результаты исследования гелеобразующей способности и рН ксантана, целлюлозы и клетчатки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Функционально-технологические характеристики полисахаридов

Наименование показателя	Значение показателя для		
	Ксантана	Целлюлозы	Клетчатки
Гелеобразующая способность, %	3,0	5,0	14,0
рН	7,15±0,05	6,05±0,03	7,01±0,05

Наилучшей гелеобразующей способностью обладал ксантан, образуя желеобразный гель с высокой степенью кавитации, что может отрицательно сказаться на консистенции мясного продукта, изготовленного с использованием камеди ксантана. Напротив, гель целлюлозы имел однородную мажущуюся консистенцию, без каких

либо включений. Клетчатка обладала гелеобразующей способностью при концентрации 14 % и более, формируя волокнистую неоднородную суспензию.

На рис. 1 представлены результаты определения вязкости растворов целлюлозы и ксантана при разных дозировках.

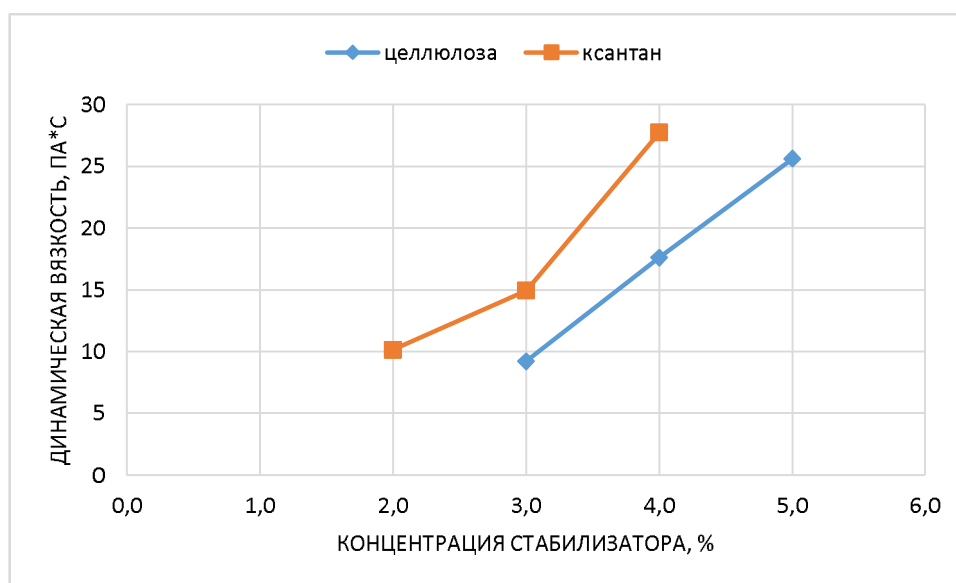


Рис. 1. Вязкость растворов целлюлозы и ксантана

Данные на рис. 1 свидетельствовали, что вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Таким образом использование целлюлозы и ксантана имеет как определенные преимущества, так и недостатки. Так, например, дозировка внесения ксантана в мясной продукции ограничена его свойством образовывать поры, которые могут оказать влияние на потребительские свойства готовой продукции, а также ее хранимоспособность. Поэтому выбор конкретного полисахарида должен зависеть от его функционально-технологических характеристик, цели его использования, вида мясной продукции.

Выводы. Сравнительный анализ функциональных свойств полисахаридных структурообразователей показал, что картофельный крахмал и микрокристаллическая целлюлоза практически не растворялись в воде и выпадали в виде осадка, не образуя гель, независимо от использования термической обработки. Гидратация клетчатки в количестве 4% приводила к ее набуханию, однако, сопровождалась значительным синерезисом. Напротив, ксантан и целлюлоза связывали воду и образовывали гели мажущейся консистенции. Согласно результатам исследований, вязкость раствора целлюлозы была на 36-38 % ниже по сравнению с этим показателем для ксантана. Однако, учитывая особенности гелеобразования ксантана, его дозировка в мясной продукции ограничивается в виду возможности образования пор на срезе продукта, в то время как использование целлюлозы позволит избежать данного дефекта даже при ее внесении в дозировках больших, чем ксантан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amini Sarteshnizi, R. A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products / R. Amini Sarteshnizi, H. Hosseini, A. Mousavi Khaneghah, N. Karimi // *International Food Research Journal*. 2015;22(3):872-887.
2. Фоменко О.С. Влияние ксантана на функционально-технологические и микробиологические показатели мясных полуфабрикатов / О.С. Фоменко, А.Н. Макарова, Л.В. Карпунина // *Аграрный научный журнал*. 2017;5:78-81.
3. Вильц К.Р. Микрокристаллическая целлюлоза – заменитель жира / К.Р. Вильц, Я.М. Коршунова, А.П. Свиридович, А.А.Нестеренко // *Молодой ученый*. 2016;9:119-122. URL <https://moluch.ru/archive/113/28969/> (дата обращения: 24.03.2019).
4. Verma, A. K. Dietary fibres functional ingredient in meat products: anovelapproachforhealthyliving – a review / A. K. Verma, R. Banerjee // *JFoodSciTechnol*. 2010;47(3):247-57.
5. Бульчев И. Н. Применение клетчатки «Протоцель» при производстве мясных продуктов / И. Н. Бульчев, А. И. Мезенцев // *Мясная индустрия*. 2010; 2:41-48.

REFERENCES

1. Amini Sarteshnizi, R. A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products / R Amini Sarteshnizi, H. Hosseini, H., A. Mousavi Khaneghah, N. Karimi // International Food Research Journal. 2015; №22(3):872-887.
2. Fomenko O. S. Vliyaniye ksantana na funktsional'no-tekhnologicheskiye i mikrobiologicheskiye pokazateli myasnykh polufabrikatov [The influence of xanthan on functional, technological and microbiological indicators of semi-finished meat products] / O. S. Fomenko, A. N. Makarova, L. V. Karpunina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017; 5:78-81.
3. Vil'ts K. R. Mikrokristallicheskaya tsellyuloza – zamenitel' zhira [Microcrystalline cellulose - fat substitute]/ K. R. Vil'ts, YA. M. Korshunova, A. P. Sviridovich, A. A. Nesterenko // Molodoy uchenyy. 2016; 9:119-122. URL: <https://moluch.ru/archive/113/28969/> (data obrashcheniya: 24.03.2019).
4. Verma A. K. Dietary fibre as functional ingredient in meat products: a novel approach for healthy living – a review/ A. K. Verma, R. Banerjee // J Food Sci Technol. 2010; 47(3):247-57.
5. Bulychev I. N. Primeneniye kletchatki «Prototsel'» pri proizvodstve myasnykh produktov [The use of Protocel fiber in the production of meat products] / I. N. Bulychev, A. I. Mezentshev // Myasnaya industriya. 2010; 2:41-48.

Благодарности

Авторы выражают благодарность старшим техникам ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН Афанасьевой Юлии Игорьевне и Левиной Елене Владимировне за помощь в постановке и проведении исследований.

Работа выполнена за счёт внутренних ресурсов ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Доля авторов

Туниева Е. К. подготовила главу введение и описание экспериментальных данных, выполнила экспериментальную часть: определение органолептических свойств препаратов и их растворов, что составило 40% выполненной работы.

Насонова В. В. подготовила главу описания экспериментальных данных, сформулировала выводы исследования, выполнила экспериментальную часть: определение функционально-технологических характеристик полисахаридов, что составило 40% выполненной работы.

Спирidonov К. И. выполнил экспериментальную часть работы: подготовка образцов, гидратация, определение вязкости растворов, что составило 20% выполненной работы.

ОБ АВТОРАХ

Туниева Елена Карленовна, руководитель направления функциональных пищевых композиций и технологических вспомогательных средств, ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, ул. Талалихина, дом 26, e-mail: e.tunieva@fncps.ru

Tunieva Elena Kalenovna, Head of functional food compositions and technological aids, FSBSI V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: e.tunieva@fncps.ru

Насонова Виктория Викторовна, руководитель отдела «Научно-прикладных и технологических разработок», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, ул. Талалихина, дом 26, e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Nasonova Viktoria Viktorovna, Head of the department of scientific, practical and technological developments, FSBSI V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: v.nasonova@fncps.ru

Спирidonov Кирилл Игоревич, и.о. научного сотрудника отдела «Научно-прикладных и технологических разработок», ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва,

ул. Талалихина, дом 26, e-mail: k.spiridonov@fncps.ru

Spiridonov Kirill Igorevich, acting Researcher of the Department of scientific, practical and technological developments, FSBSI V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Moscow, Talalikhina St., building 26, e-mail: k.spiridonov@fncps.ru

Дата поступления в редакцию: 22.02.2019 г.

После рецензирования: 04.03.2019 г.

Дата принятия к публикации: 12.05.2019 г.