

**INNOVATIVE DEVELOPMENT TRENDS IN MODERN
TECHNICAL SCIENCES: PROBLEMS AND PROSPECTS**

2nd edition

Research articles

**B&M Publishing
San Francisco, California, USA**

B&M Publishing
Research and Publishing Center «Colloquium»

**INNOVATIVE DEVELOPMENT TRENDS IN MODERN
TECHNICAL SCIENCES: PROBLEMS AND PROSPECTS**

Science editor: A. Burkov

Copyright © 2014
by Research and Publishing Center
«Colloquium»

ISBN-10:1941655165
ISBN-13:978-1-941655-16-0

DOI: 10.15350/L_6/2

All rights reserved.

Published by B&M Publishing.

For permission to use material from this
text, please contact the publisher

**RESEARCH OF PROCESSES OF SWELLING
OF FOOD HYDROCOLLOIDS FOR PRODUCTION OF THE FROZEN
MEAT CHOPPED PRODUCTS**

¹ T. Zheleva

² M. Yancheva

³ Ju. Dyrda

⁴ S. Samojlenko

⁵ O. Hrynchenko

¹ Graduate student

² Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

³ Student

⁴ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

⁵ Doctor of Technical Sciences, Professor

Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine

Abstract

Kinetic parameters of processes of swelling of food *Citri-Fi* 100 fiber, gum container and a ksantana in water solutions of electrolytes are determined. It is established that in solutions of electrolytes processes of swelling of *Citri-Fi* fiber go much more slowly, than in clear water. Existence in mixes food a hydrostake-loidov of ksantanovy gum slows down processes of their swelling.

Keywords: food hydrocolloids, fiber, gum, swelling speed, sodium chloride, calcium chloride, chloride acid.

В последнее время непрерывно увеличивается производство и расширяется ассортимент замороженных пищевых продуктов, в частности замороженных мясных рубленых полуфабрикатов.

Известно, что замораживание приводит к холодовому сокращению и криповреждению мышечного волокна, что значительно ухудшает качество мясных изделий [1]. Снижение негативных последствий применения низких температур невозможно без использования криопротекторов – защитных веществ, предотвращающих или замедляющих рост кристаллов льда при замораживании. Ранее сообщалось об использовании полисахари-

дов, как ингредиентов криопротекторного действия, в составе замороженных мясных полуфабрикатов [2]. Полисахариды влияют на характер льдообразования, имеют пластифицирующее и стабилизирующее действия, минимизируя при этом степень повреждения тканей мясного сырья на этапах замораживания-хранения-размораживания. Моделирование технологического процесса производства данной продукции обуславливает целесообразность введения в состав фаршевых масс полисахаридов в сухом виде, что в свою очередь определяет актуальность изучения процессов их набухания под воздействием технологических факторов.

Пищевые волокна представляют собой многокомпонентную смесь различных по своей природе веществ, основными из которых являются полисахариды – неионогенные или анионоактивные полиэлектролиты.

Из физико-химических свойств пищевых волокон наиболее важными являются их гидрофильность и высокая влагоудерживающую способность, что позволяет отнести их к гидроколлоидам. В среднем, один грамм пищевых волокон связывает 3 мл воды, но эта величина сильно колеблется в зависимости от типа волокна. Способность волокон удерживать воду обусловлена наличием в их составе гидрофильных функциональных групп: карбоксильных, карбоксиметильных, гидроксильных, метильных и др.

В последнее время в пищевой промышленности широко применяют цитрусовые волокна и камеди. Волокно *Citri-Fi 100* представляет собой растительный полисахаридный комплекс и связанные с ним белки и жиры. Оно имеет такой состав, мас. %: углеводы – 80,73, в том числе волокна – 68,2; протеины – 8,15; жиры – 1,02; влага – 7,42; зола – 2,65. Волокно *Citri-Fi* представляет собой порошок светло-желтого цвета с размерами частиц ~30 мкм и крайне низкой насыпной плотностью – 0,2 г/см³. Гидрофильная часть волокна представлена гемилцеллюлозой – смесью гетерополисахаридов с меньшей, чем у целлюлозы, молярной массой и белками [3].

Камедь тары относится к нейтральным галактомананам – гликанам группы гетерополисахаридов, молекулы которых состоят из остатков галактозы и маннозы в соотношении 3:1. Манноза при этом образует костяк с присоединенными боковыми остатками галактозы.

Ксантановая камедь имеет сложную разветвленную структуру – главная цепь идентична строению целлюлозы (1-4-β-D-

глюкопиранозы), а в состав ответвлений входят глюкоза, манноза, глюкуроновая кислота, пировиноградные группы. Число последних определяет способность ксантана к набуханию и растворению в полярных растворителях.

В пищевые продукты часто добавляют смеси полисахаридов, каждый из которых влияет на свойства продукта. Изменяя соотношение полисахаридов в смесях можно регулировать параметры композиции в целом. Подобное комбинирование полисахаридов позволяет эффективно регулировать свойства пищевых систем на этапе производства и получить конечный продукт с заданными характеристиками. Необходимо учитывать, что при взаимодействии полисахаридов часто наблюдают синергетические эффекты.

На процессы набухания гидроколлоидов существенно влияют размеры и форма их частиц, удельная поверхность, плотность и состав волокна, а также температура и *pH* среды, наличие в ней электролитов. Большое число факторов не позволяет спрогнозировать поведение гидроколлоидов в водной среде, что вызывает необходимость проведения экспериментальных исследований процессов их набухания.

Целью работы являлось определение кинетических характеристик процессов набухания пищевых гидроколлоидов в воде и водных растворах электролитов. Исследовали процессы набухания образцов волокна *Citri-Fi 100*, камеди тары, ксантановой камеди и их смесей. Степень набухания образцов определяли объемным методом, а скорость набухания – графоаналитическим методом. Константу набухания вычисляли по уравнению необратимой реакции I-го порядка:

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{\alpha_{\infty}}{\alpha_{\infty} - \alpha_{\tau}}, \quad (1)$$

где k – константа скорости набухания; α_{τ} – степень набухания в момент времени τ ; α_{∞} – предельное набухание гидроколлоидов.

На рисунке приведены кривые набухания в воде волокна *Citri-Fi* и его смесей с ксантаном и камедью тара, полученные при температуре 290 К. Для всех гидроколлоидов было характерно ограниченное набухание.

Как известно, между макромолекулами полисахаридов целлюлозной природы существуют многочисленные поперечные химические связи. Согласно схеме, предложенной Алберсхеймом, микрофибриллы целлюлозы покрыты мономолекулярным слоем ксилоглюкана. Глюкозная часть молекул ксилоглюкана расположена параллельно макромолекулам целлюлозы и образует с ними стабильные водородные связи, а с пектиновыми веществами, содержащимися в волокне – гликозидные связи [3]. Структура волокна *Citri-Fi* представляет собой пространственную сетку – легко проницаемую для молекул воды мембрану, которая предотвращает диффузию макромолекул из объема набухшего волокна в раствор. В результате увеличения объема волокна в его структуре появляются напряжения, приводящие к прекращению процесса набухания.

Анализ данных, представленных на рисунке, показал, что кривые набухания исследуемых гидроколоидов (волокна *Citri-Fi*, ксантана и камеди тара) имеют общие закономерности, однако абсолютные значения кинетических характеристик процессов набухания различаются.

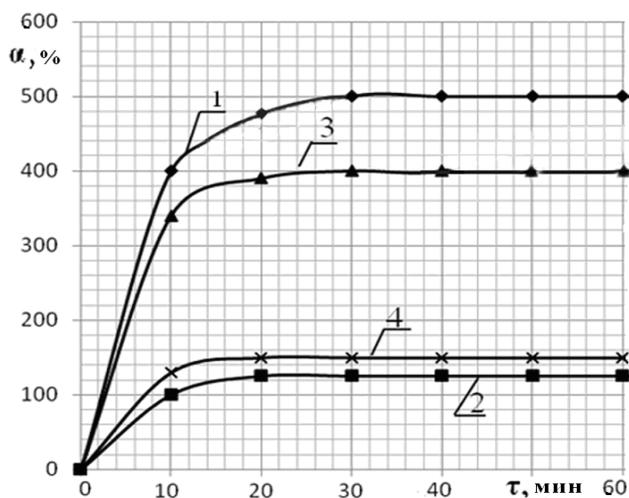


Рис. Кинетические кривые набухания в воде волокна *Citri-Fi 100* с добавками камедей: 1 – без добавок; 2 – с ксантановой камедью; 3 – с камедью тара; 4 – с ксантановой камедью и камедью тара

Так, скорость набухания волокна *Citri-Fi* на начальной стадии процесса (в течении первых 5 мин) составляет 0,1 мл/мин, после чего она постепенно уменьшается и спустя 30 мин достигается предельное набухание. В процессе устанавливается состояние динамического равновесия. Степень набухания волокна при этом достигает 480...500 %. Аналогичный вид имели кинетические кривые набухания ксантана и камеди тара.

В набухших образцах смесей гидроколлоидов равновесное состояние достигалось вдвое быстрее, чем в отдельном волокне *Citri-Fi*, а значения предельного набухания были намного ниже. Особенно это касалось смесей, содержащих ксантан: их степень набухания не превышала 150 %, а скорость набухания – 0,027 мл/мин, т.е. были в три раза меньше, чем у волокна *Citri-Fi*. Из рисунка видно, что выбранным смесям пищевых гидроколлоидов для их полного набухания достаточно 30 минут.

Рассчитанные значения констант скорости набухания смесей имели примерно одинаковые значения – 0,10...0,12 мин⁻¹, что свидетельствовало о приблизительно одинаковой природе данных гидроколлоидов. Различия в скоростях их набухания можно объяснить особенностями микроструктуры порошков: пространственного расположения частиц, их размерами и формой. Так, волокно *Citri-Fi* благодаря своей трехмерной капиллярной структуре способно поглощать и связывать воду гораздо лучше, чем балластные вещества с поверхностным распределением частиц.

Особенно низкой скоростью набухания при стационарных условиях отличалась ксантановая камедь, образцы которой имели плотную упаковку и состояли из гранул размерами 5...30 мкм. Гранулы ксантана образуют компактные конгломераты, в структуре которых общий объем микрополостей не превышал 6,5 % [4]. Удельная поверхность исследуемых образцов составляла $9 \cdot 10^{-6}$ см², а насыпная плотность достигала 0,83 г/см³.

При контакте ксантана с водой на поверхности частиц образуются оболочки набухшего полимера. Набухшие частицы, слипаясь между собой, образуют сплошной полупрозрачный слой. В смесях гидроколлоидов порошок ксантана, имеющий наиболее высокие насыпную плотность и дисперсность, заполняет пустоты между пухлыми волокнами *Citri-Fi*. Структура смеси при этом уплотняется: гранулы *Citri-Fi* покрываются слоем набухшего ксантана, тормозящего диффузию молекул воды в объем волокна.

Кинетические характеристики процесса набухания смесей, состоящих из волокна *Citri-Fi* и камеди тары, имели более высокие значения, чем аналогичные показатели смесей, содержащих ксантан. Скорость их набухания на начальной стадии равнялась 0,072 мл/мин, а предельное набухание достигалось за 20 минут и составляло 400-420 %.

Для ускорения набухания смесей, содержащие ксантан, воду к ним подавали постепенно и небольшими порциями, интенсивно перемешивая смесь. После перемешивания слои набухшего ксантана разрушались, тормозящий эффект исчезал, и скорость набухания волокна возрастала.

В работе была исследована кинетика набухания волокна *Citri-Fi* в растворах электролитов, содержащих анионы хлора, а именно в растворах натрия и кальций хлорида и хлоридной кислоты. В таблице приведены значения кинетических характеристик процесса набухания: ω – скорость набухания волокна; k – константа скорости набухания; t_{max} – время достижения предельного набухания; α_{∞} – максимальная степень набухания.

Таблица

Характеристики процесса набухания волокна *Citri-Fi* в воде и 0,175M водных растворах электролитов

Раствор	Кинетические характеристики			
	ω , мл/мин.	k , мин ⁻¹	t_{max} , мин.	α_{∞} , %
Дистиллированная вода	0,087	0,114	30	500
0,175M NaCl	0,075	0,109	30	375
0,175M HCl	0,050	0,106	40	325
0,175M CaCl ₂	0,035	0,112	20	200

Основная часть волокна *Citri-Fi* – это полисахариды целлюлозной природы и пектины, которые содержат галактуроновые и глюкуроновые кислоты, присутствующие в виде боковых ответвлений. Фактически, волокно состоит из растительных комплексов протеогликановой природы, представляющих собой поливалентные анионы, способные связывать катионы натрия, калия, кальция и участвовать в солевом обмене [5].

В растворах электролитов вследствие взаимодействия катионов и карбоксильных групп галактуроновых кислот существенно увеличивается количество и площадь неионизированных участков на поверхности макромолекул. Наличие таких участков способствует уплотнению структуры волокна и, соответственно,

снижает его способность к набуханию. Действительно, скорость набухания образцов *Citri-Fi* в 0,175M растворе натрия хлорида была в 1,2 раза меньше, чем в чистой воде, предельное набухание при этом снижалось с 500 до 375 %. Этот эффект особенно сильно проявлялся в присутствии в воде ионов кальция, способных связывать полисахаридные цепи [6]. Как видно из таблицы, в 0,175M растворе кальций хлорида скорость и степень набухания образцов были минимальными, а равновесное состояние достигается значительно быстрее.

В растворе хлоридной кислоты подавляется ионизация карбоксильных групп, что должно приводить к уменьшению зарядов макромолекул полисахаридов, уплотнению их структуры и соответствующему уменьшению скорости набухания. Однако в состав волокна входят также белки, общее содержание которых составляет ~8 %. Белки – это типичные полиамфолиты. Их набухание в кислой среде должно протекать значительно интенсивнее, чем вблизи изоэлектрической точки. Исследование процессов набухания волокна *Citri-Fi* в растворе хлоридной кислоты с $pH = 0,8$ не подтвердило последнее предположение. Скорость набухания волокна в растворе HCl составляла 0,050 мл/мин, что в 1,5 раза меньше, чем в растворе натрия хлорида той же концентрации, предельное набухание также было меньше.

В вегетативных органах растений белки всегда прочно связаны с углеводами и существуют в виде протеогликанов – углевод-белковых биополимеров, в которых преобладает доля углеводного компонента. Технология получения волокна *Citri-Fi* не предусматривает освобождение и выделение белков из матрицы волокна, т.е. они остаются в волокне практически в том же связанном состоянии, что и в исходном растительном сырье. Поэтому влияние pH на процессы набухания волокна оказалось слабее, чем предполагалось, исходя из содержания белков в волокне *Citri-Fi*.

Полученные данные позволяют сделать выводы, что в водной среде происходит ограниченное набухание пищевых гидроколлоидов – волокна *Citri-Fi 100*, ксантановой камеди, камеди тара и их смесей. Наиболее высокие значения скорости и степени набухания оказались у образцов волокна *Citri-Fi*: 0,087 мл/мин и 500 % соответственно. Добавление к волокну камедей уменьшает скорость и степень набухания. Наибольший тормозящий эффект проявил ксантан: в смесях, содержащих ксантан, скорость набу-

хания составляла 0,02...0,03 мл/мин, а предельное набухание не превышало 150 %.

Были определены кинетические характеристики процесса набухания волокна *Citri-Fi* в 0,175 М водных растворах электролитов: натрий и кальций хлоридов, хлоридной кислоты. Установлено, что в растворах электролитов процесс набухания волокна идет медленнее, чем в чистой воде. Минимальные значения скорости и предельного набухания волокна оказались в растворе кальций хлорида: 0,035 мл/мин и 200 % соответственно.

Проведенные исследования процессов набухания гидроколлоидов подтвердили целесообразность их использования в составе смеси функциональной при разработке технологии производства замороженных мясных рубленых изделий.

References:

1. Пушкарь, Н. С. Введение в криобиологию / Н. С. Пушкарь. – К.: Наукова думка, 1975. – 343 с.
2. Янчева М. А. Криоскопические исследования растворов пищевых ингредиентов полисахаридной природы / М. А. Янчева, Т. С. Желева, М. И. Погожих, О. А. Гринченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Ч. 2, № 12(68). – С. 84 – 89.
3. Дудкин М.С. Гемилцелюлозы / М.С. Дудкин, В.С. Громов, Н.А. Ведерников, Р.Г. Каткевич. – Рига: Зинатне, 1991. – 488 с.
4. Архипов А.Н., Позднякова А.В., Крупин А.В., Баканов М.В. Сравнительное исследование микроструктуры и состава стабилизаторов растительного происхождения / Техника и технология пищевых производств. 2011, №4. – С.51 – 57.
5. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1991. – 528 с.
6. Лапина Т.П. Пищевые и биологически активные добавки / Учебное пособие. – Томск: ТМЦДО, 2005. – 96 с.