

**Запотоцкая Е. В., Пичкур В. Я., Лысый А. В., Грабовская Е. В., Ковбаса В. Н.<sup>56</sup>**  
**Исследование реологических свойств гидроколлоидов**

*Исследованы структурно-механические свойства модифицированных крахмалов из кукурузы, тапиоки и картофеля различных модификаций. Изложены результаты исследований структурно-механических свойств модельных систем на основе пектина, с структурообразующими свойствами для использования в фруктовых начинках коэкструзионных изделий.*

**Ключевые слова:** структура, гидроколлоиды, крахмал, пектин, реологические свойства, коэкструзионные изделия

В современном производстве пищевых продуктов широкого потребления получили различные пищевые добавки, среди которых особое место занимают регуляторы консистенции, стабилизаторы, применяемые для целенаправленного изменения свойств полуфабрикатов и формирование необходимых реологических свойств готовых продуктов.

Актуальной задачей пищевконцентратной промышленности является разработка технологии экструзионных изделий с фруктовой начинкой. Проблема заключается в том, что экструзионные

---

<sup>56</sup> Запотоцкая Елена Васильевна аспирант, Пичкур Виталий Яковлевич аспирант, Лысый Александр Витальевич аспирант, Грабовская Елена Вячеславовна доктор технических наук, профессор, Ковбаса Владимир Николаевич доктор технических наук, профессор; Национальный Университет Пищевых Технологий.

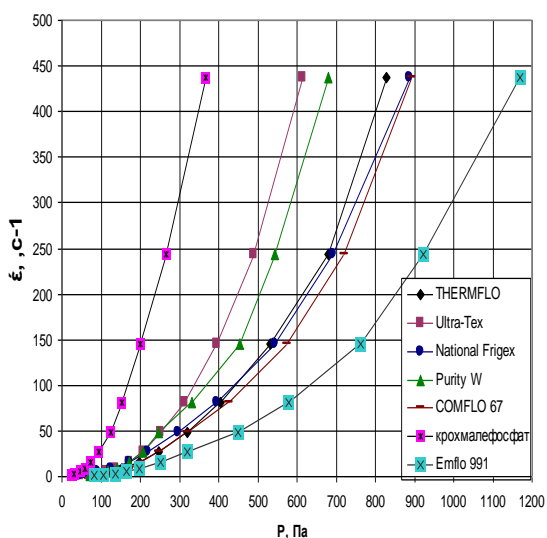
изделия имеют низкую влажность и, при внесении более влажной начинки, может происходить миграция влаги и размокание изделий. Для предотвращения этого процесса в рецептурную смесь вводят гидроколлоиды – вещества, которые взаимодействуют с водой с образованием структурированных систем. К таким веществам относится крахмал и его производные. Вследствие особенностей химического строения и способности к набуханию в присутствии воды, крахмал играет решающую роль в формировании структуры и потребительских свойств многих продуктов.

Модифицированный крахмал относят к группе пищевых добавок, которые используются для создания необходимых или изменения существующих реологических свойств пищевых продуктов, то есть для формирования консистенции и структуры. Для приготовления фруктовых начинок в качестве загустителей используют простые и сложные эфиры крахмала. Введение в структуру крахмала химических радикалов повышает прозрачность его клейстера и стабильность при хранении, перемешивании, низких значениях pH, нагревании, в циклах замораживания-оттаивания. Поперечное сшивание отдельных крахмальных молекул между собой происходит в результате взаимодействия их гидроксильных групп с бифункциональными реагентами (соединения фосфора, адипиновая и другие многофункциональные пищевые кислоты). Клейстер сшитого крахмала более вязкий, имеет «короткую» текстуру, устойчив к различным внешним воздействиям [1].

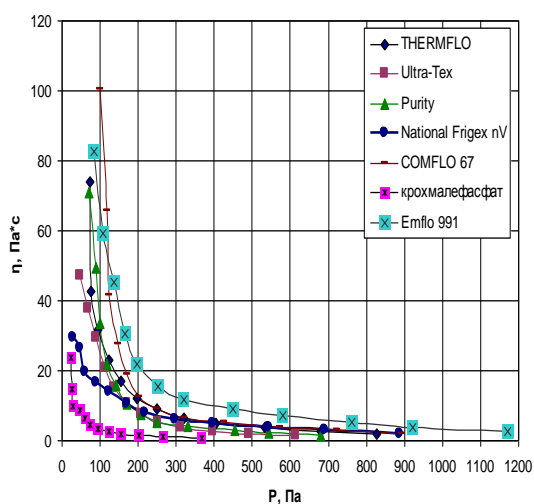
Пектин является студнеобразователем, стабилизатором, загустителем, влагоудерживающим агентом, структурообразователем, средством для капсулирования, зарегистрированным в качестве пищевой добавки E440. Пищевая промышленность использует пектин в производстве начинок для конфет, кондитерских жележных и пастильных изделий (например, зефир, пастила, мармелад), молочных продуктов, десертов, мороженого, спредов, майонеза, кетчупа, сокосодержащих напитков.

Целью работы было исследование реологических свойств композиций различных видов природного и модифицированного крахмала и пектинов для применения в качестве водоудерживающей агента и загустителя в начинках для экструзионных изделий.

Известно, что крахмал разного происхождения имеет различное строение и соответственно по-разному ведет себя в процессах нагревания и охлаждения. Поэтому, при одинаковых условиях модификации крахмала различного происхождения, получают продукты с различными структурно-механическими свойствами. Объектами исследования были образцы модифицированных крахмалов, стабилизированных эфирными связями и поперечносшитых, набухающих и гидролизованных кислотой, а также их композиционные смеси. Готовили по 100 см<sup>3</sup> модельных систем различных видов модифицированного крахмала с содержанием сухих веществ 5%, заваривали клейстер при постепенном нагревании до температуры 90 °С, охлаждали до температуры 20 °С и исследовали реологические свойства образцов на ротационном вискозиметре «Реотест - 2».



**Рис. 1.** Реологические кривые текучести разных видов модифицированного крахмала



**Рис. 2.** Реологические кривые вязкости разных видов модифицированного крахмала

Для исследования были выбраны образцы модифицированного крахмала фирмы "National starch». А именно, четыре вида крахмала, которые относятся к подгруппе сшитых: по два вида модифицированного крахмала из тапиоки (ULTRA-TEX, NATIONAL FRIGEX) и восковой кукурузы (TERMFLO, PURITY W), которые являются оксипропилированными дикрахмалфосфатами. Кроме

этого, был взят для исследований ацетилованный дикрахмалфосфат EMFLO 991, полученный на основе картофельного крахмала, COLFLO 67 – ацетилованный дикрахмаладипат на основе восковой кукурузы и монокрахмалфосфат из кукурузного крахмала, полученный в лабораторных условиях.

На основе построенных реологических кривых текучести и вязкости (рис. 1, 2) были рассчитаны и проанализированы реологические параметры образованных системах [2, 3].

Анализ полученных кривых показал, что все виды крахмала образуют структурированные системы. Наибольшая прочность структурных связей и сверхмолекулярной структуры наблюдается в системах модифицированного крахмала из восковой кукурузы. Наиболее прочный структурный каркас образуют ацетилованные и дополнительно сшитые виды крахмала. Большой диапазон напряжений, в котором наблюдается разрушение структуры, установлен для крахмалов из тапиоки, т.е. они образуют более эластичные структуры.



**Рис. 3.** Характеристика прочности структурного каркаса ( $P_m$ )



**Рис. 4.** Величина, характеризующая способность к пластическим деформациям ( $P_{к1}/\eta_0$ )

Кроме того, были исследованы структуры, образованные при клейстеризации смесей модифицированных крахмалов, сразу после охлаждения и при хранении полученных систем в течение нескольких суток.

Анализ полученных кривых показал, что все виды крахмала образуют структурированные системы, большая прочность структурных связей и наиболее прочная образована сверхмолекулярная структура в системах модифицированного крахмала из восковой кукурузы.

Наиболее прочный структурный каркас образуют ацетилованные и дополнительно сшитые виды крахмала (образцы 5, 7 в табл.1). Большой диапазон напряжений, в котором наблюдается разрушение структуры, установлены для крахмалов с тапиоки (образцы 2, 4, в табл. 1), т.е. они образуют более эластичные структуры.

**Таблица 1.**

Реологические характеристики различных видов модифицированного крахмала

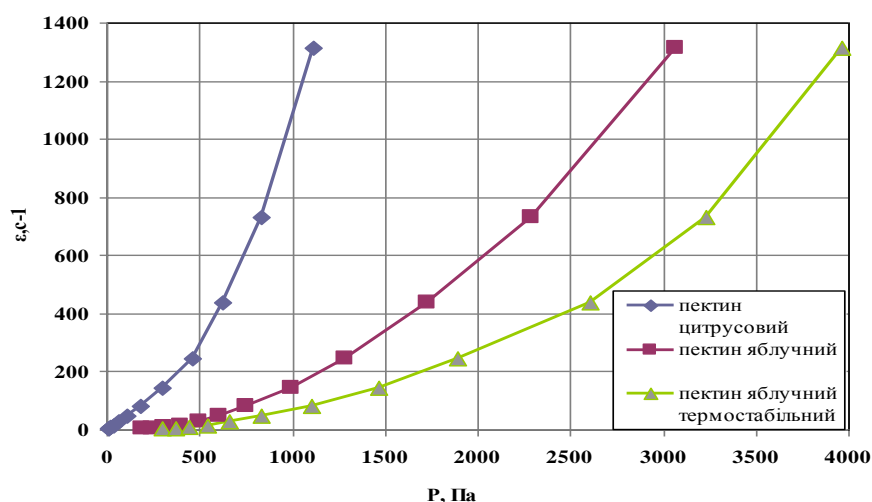
поз	Крахмаль	$\eta_0$	$\eta_m$	$\eta_0 - \eta_m$	$P_{к1}$	$P_{к2}$	$P_m$	$P_{к1}/P_{к2}$	$P_m/P_{к1}$
1.	THERMFLO	73,875	1,8916	71,983	73,875	490	670	0,15	9,07
2.	ULTRA-TEX	47,28	1,4052	45,874	47,28	335	485	0,14	10,26
3.	PURITY W	70,92	1,5538	69,366	70,92	350	449	0,20	6,33
4.	National Frigex nV	29,55	2,0267	27,523	29,55	340	540	0,09	18,27
5.	COLFLO 67	100,47	2,0304	98,439	100,47	475	640	0,21	6,37
6.	Крахмалефосфат	23,64	0,8377	22,802	23,64	100	200	0,24	8,46
7.	EMFLO 991	82,74	2,675	80,065	82,74	500	750	0,17	9,07

Полученные данные могут быть использованы при разработке рецептур фруктовых начинок для экструзионных изделий с добавлением композиций модифицированных крахмалов в качестве водоудерживающего компонента и структурообразователя.

Для исследования реологических свойств пектина (цитрусового и яблочного пектина двух модификаций) готовили модельные системы с массовой долей сухих веществ 3%. Системы подвергали нагреванию для полного растворения пектина, охлаждали и измеряли реологические параметры с помощью прибора «Реотест-2».

По полученным результатам строили зависимости скорости деформации и вязкости от напряжения сдвига (полные реологические кривые вязкости и текучести) (рис. 5). Из полученных

кривых рассчитывали вязкостные и прочностные параметры и их соотношение [2, 3], с помощью которых характеризовали систему.



**Рис. 5.** Реологические кривые текучести различных пектинов (массовая доля сухих веществ 3%).

Из экспериментальных данных видно, что полученные системы структурированы и проявляют псевдопластические свойства. Цитрусовый пектин образует наиболее прочную структуру, которая быстро разрушается под воздействием нагрузки. В модельных системах яблочных пектинов большая прочность структурных связей и образованной сверхмолекулярной структуры, по сравнению с цитрусовыми. Поэтому, эти системы больше проявляют пластические свойства и постепенно разрушаются при увеличении нагрузки.

Полученные данные реологических свойств стабилизационных систем на основе пектина и модифицированных крахмалов дают возможность спрогнозировать структурно-механические свойства термостабильных фруктовых начинок для коэкструзионных изделий.

#### Литература

1. Андреев Н. Р. Основы производства нативных крахмалов (научные аспекты). – М.: «Пищепромиздат», 2001. – 282 с.
2. Гуськов К. П., Мачихин Ю. А., Мачихин С. А., Лунин Л. Н. Реология пищевых масс. – М.: Пищевая пром-сть, 1970. – 208 с.
3. Реологія харчових мас: Метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. спец. "Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів" напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О. В. Грабовська, Є. І. Ковалевська – К.: НУХТ, 2009. – 20 с.

**Zapototska O., Pichkur V., Lisiy O., Hrabovska O., Kovbasa V.**

*Research of rheological properties of hydrocolloids*

*National University of food technologies, Kyiv, Ukraine*

*The structural and mechanical properties of modified starches from corn, tapioca and potatoes of different modifications. The results of studies of structural and mechanical properties of model systems based on pectin for fruit fillings koekstruziynyh products.*

**Keywords:** *structure, hydrocolloids, starch, pectin, rheological properties, co-ekstrusion products.*