

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКАРОННОГО ТЕСТА ИЗ НАТИВНЫХ КРАХМАЛОВ

*Е. Ф. Тихонович, М. Н. Василевская, Е. Н. Назаренко,  
Н. Н. Курилович*

Исследованы структурно-механические характеристики уплотненного макаронного теста из нативных картофельного и кукурузного крахмалов с добавлением в качестве структурообразующих добавок модифицированных крахмалов. Проанализировано влияние модифицированных крахмалов на динамическую вязкость и когезионную прочность макаронного теста. Выявлена взаимосвязь между динамической вязкостью макаронного теста и скоростью прессования макаронных изделий.

### Введение

Нативные крахмалы широко используются в пищевой промышленности, в том числе и в производстве макаронных изделий. Так, например, макаронные изделия, изготовленные из рисового крахмала, в странах Востока являются традиционным блюдом. В ряде случаев макаронные изделия, изготовленные из крахмала, относятся к функциональным продуктам питания благодаря низкому содержанию или полному отсутствию в них белковых веществ. Данные изделия используются для питания больных, нуждающихся в ограниченном потреблении белков.

Производство макаронных изделий из нативных крахмалов по традиционной технологии затруднено, так как в силу своей природы они образуют тесто, характеризующееся высокой вязкостью и низкой пластичностью, что не обеспечивает процесс прессования макаронных изделий [1]. Это обуславливает применение некоторых технологических приемов при производстве макаронных изделий. Одним из таких приемов является внесение в тесто структурообразующих добавок, например, модифицированных крахмалов. Структурно-механические свойства являются важными характеристиками макаронного теста, так как они определяют процесс его прессования, позволяют установить оптимальное соотношение рецептурных компонентов теста, а также влияют на качество готового продукта.

Целью работы являлось исследование структурно-механических характеристик уплотненного макаронного теста изготовленного из нативных крахмалов с использованием различных модифицированных крахмалов.

### Результаты исследований и их обсуждение

В качестве основного сырья для приготовления макаронного теста выступал нативный картофельный крахмал высшего сорта производства ОДО «Ракан – Крупяной дом» (Польша) и нативный крахмал восковидной кукурузы производства фирмы Cargill (Нидерланды). В качестве структурообразующих добавок использовали образцы модифицированных крахмалов – крахмал холодного набухания (далее КХН), крахмал горячего набухания (КГН) производства фирмы Cargill (Нидерланды), экспериментальные образцы кукурузного экструзионного крахмала (КЭК).

На первом этапе исследований определяли показатели качества нативных и модифицированных крахмалов для установления возможности использования их для производства макаронных изделий. Для определения показателей качества нативных крахмалов применяли методики, приведенные в [2]. Было установлено, что нативный картофельный крахмал по органолептическим и физико-химическим показателям качества удовлетворяет требованиям ГОСТ 7699 [3]. Показатели качества нативного крахмала восковидной кукурузы соответствуют требованиям, установленным на кукурузный крахмал высшего сорта [4].

Показатели качества и свойства модифицированных крахмалов определяли по стандартным и специальным методикам, приведенным в [1, 5, 6]. Показатели качества модифицированных крахмалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества модифицированных крахмалов

Показатели качества	Виды крахмалов		
	Крахмал холодного набухания	Крахмал горячего набухания	Крахмал кукурузный экструзионный
Внешний вид	Однородный порошок		
Цвет	Белый с кристаллическим блеском		Белый
Запах	Свойственный крахмалу, без постороннего запаха		
Массовая доля влаги, %	11,4	12,6	10,8
Кислотность, см <sup>3</sup> 0,1 Н раствора NaOH	20,2	18,5	15,2
Набухаемость при 20 °С, см <sup>3</sup> /г	24,5	2,2	12,1

Из таблицы, видно, что применявшиеся в исследованиях модифицированные крахмалы представляют собой однородный порошок белого цвета, без постороннего запаха, в случае КГН и КХН присутствует кристаллический блеск. Массовая доля влаги образцов крахмала составляет 10,8 % – 12,6 %. Кислотность модифицированных крахмалов находится в пределах от 15,2 до 20,2 см<sup>3</sup> 0,1 Н раствора NaOH, что, вероятно, обусловлено способом модификации крахмалов.

Как было отмечено выше, в данной работе модифицированные крахмалы использовали в качестве структурообразующих добавок, что обусловлено их способностью набухать и образовывать студни при различных температурных условиях. Так, КХН и КЭК проявляют студнеобразующую способность при температуре 20 °С – 25 °С, а КГН – при 60 °С – 70 °С. Из данных, представленных в таблице, видно, что в условиях проведения эксперимента (температура 20 °С) крахмал холодного набухания и крахмал кукурузный экструзионный характеризовались достаточно высокой набухаемостью. При этом студень, образованный при взаимодействии КХН с водой, характеризовался гелеобразной консистенцией и невысокой прочностью. КЭК образовывал неоднородную студнеобразную систему, характеризующуюся низкой прочностью. Набухаемость крахмала горячего набухания при указанной температуре самая низкая и составляет 2,2 см<sup>3</sup>/г. Студень, образованный из данного модифицированного крахмала, имел мазеобразную консистенцию и низкую прочность.

На следующем этапе исследований изучали структурно-механические свойства макаронного теста. Приготовление макаронного теста осуществляли на лабораторном макаронном прессе марки ПМ-1. Для приготовления теста использовали воду в количестве, обеспечивающем влажность теста 38 % и температуру теста 20 °С – 25 °С. Дозировка модифицированных крахмалов составляла от 5 % до 30 % к массе крахмалопродуктов с шагом в 5 %.

Одной из структурно-механических характеристик уплотненного макаронного теста является вязкость. Под вязкостью понимают свойство системы оказывать сопротивление относительному смещению слоев. Вязкость пищевых продуктов зависит от различных факторов: сырьевого состава, технологических параметров обработки и др. При производстве макаронных изделий вязкость определяет текучесть теста и, следовательно, обуславливает эффективность процесса прессования.

Динамическую вязкость уплотненного макаронного теста определяли путем измерения времени погружения металлического стержня с насадкой в массу уплотненного теста по методике, приведенной в [1]. Крошкообразное макаронное тесто предварительно уплотняли при помощи груза массой 3 кг. Для определения динамической вязкости проводили 7–10 измерений, температура теста при этом составляла 20 °С – 25 °С.

Зависимость динамической вязкости уплотненного макаронного теста из нативного картофельного и кукурузного крахмалов от содержания модифицированных крахмалов представлена на рисунках 1, 2.

Как видно из рисунков, изменение динамической вязкости образцов макаронного теста из обоих видов нативных крахмалов с добавлением модифицированных крахмалов проявляет схожий характер, однако отличается абсолютным значением измеряемой величины. Образцы

макаронного теста, не содержащие структурообразующих добавок, характеризуются наибольшей величиной динамической вязкости.

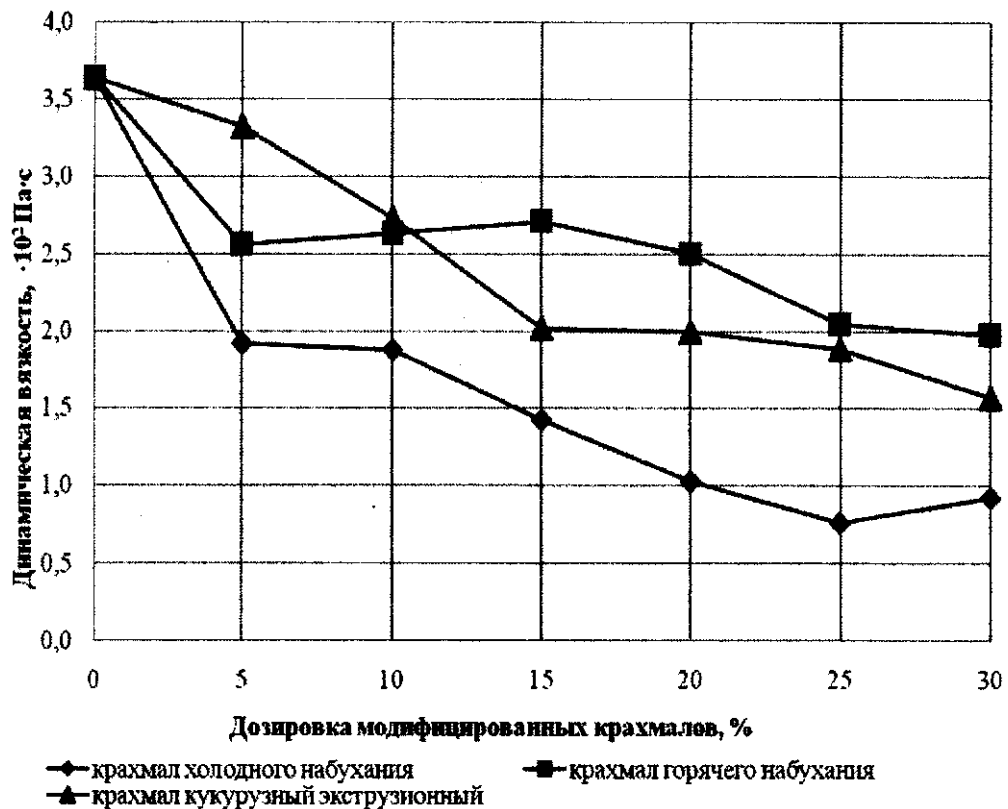
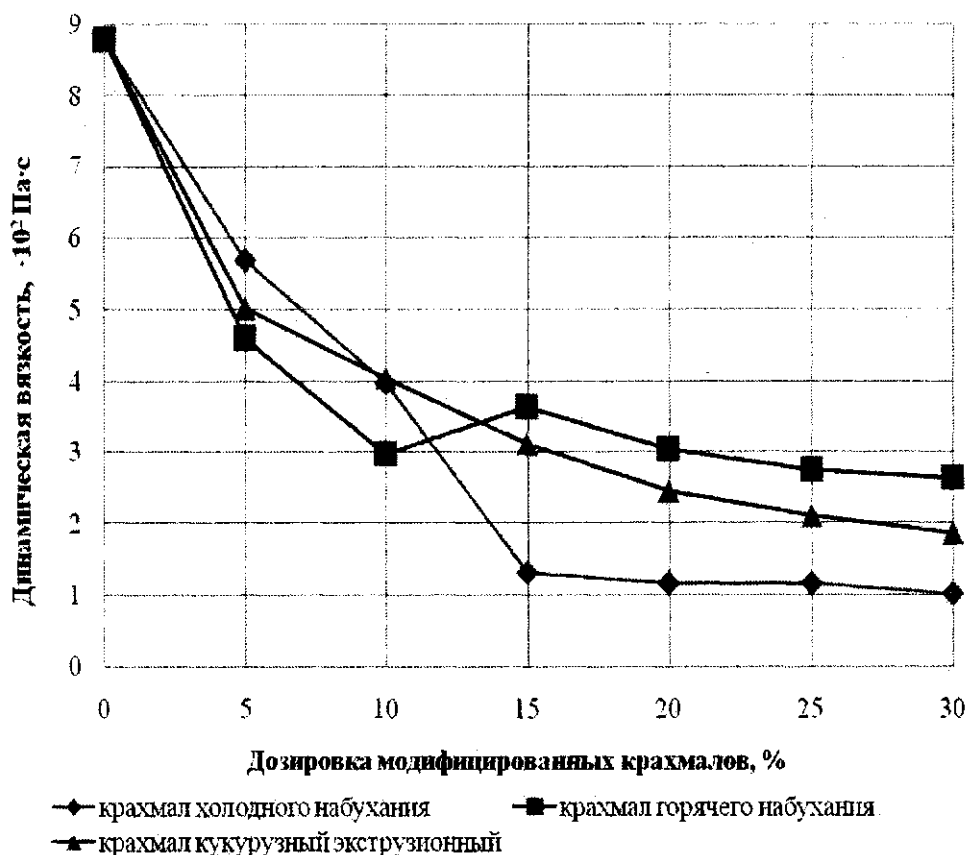


Рисунок 1 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на динамическую вязкость уплотненного макаронного теста из нативного картофельного крахмала

Необходимо отметить, что данный показатель для теста из кукурузного крахмала составляет  $8,8 \cdot 10^2$  Па·с, а для теста из картофельного крахмала несколько меньше –  $3,8 \cdot 10^2$  Па·с. Вероятно, это объясняется природой происхождения нативных крахмалов, в частности, их морфологическими особенностями и химическим составом [7].

Введение модифицированных крахмалов обуславливает снижение динамической вязкости макаронного теста. Это обусловлено тем, что модифицированные крахмалы при взаимодействии с водой образуют студень, который аналогично клейковине при производстве макаронных изделий из пшеничной муки обволакивает зерна нативного крахмала и соединяет их в единую связанную массу. Увеличение дозировки модифицированных крахмалов в рецептуре теста способствует увеличению толщины слоя студня между зёрнами крахмала и снижению динамической вязкости теста. Анализ показывает, что уменьшение данного показателя при использовании кукурузного крахмала наблюдается при дозировках модифицированных крахмалов 5 % – 15 %, а в случае картофельного крахмала – 5 % – 10 %. При добавлении модифицированных крахмалов в количестве 30 % динамическая вязкость всех образцов теста минимальная и находится в диапазоне  $0,8$ – $3,3 \cdot 10^2$  Па·с. Дальнейшее увеличение количества структурообразующих добавок в рецептуре теста не приводит к значительному изменению динамической вязкости.

Следует отметить, что наибольшее снижение динамической вязкости макаронного теста из обоих видов нативных крахмалов наблюдается при использовании КХН и КЭК. Это, как указывалось выше, объясняется способностью этих модифицированных крахмалов набухать и образовывать студни при температуре 20 °С, что соответствует температуре проведения эксперимента. Использование КГН приводит к получению теста с меньшей вязкостью, что вызвано более высокой температурой студнеобразования.

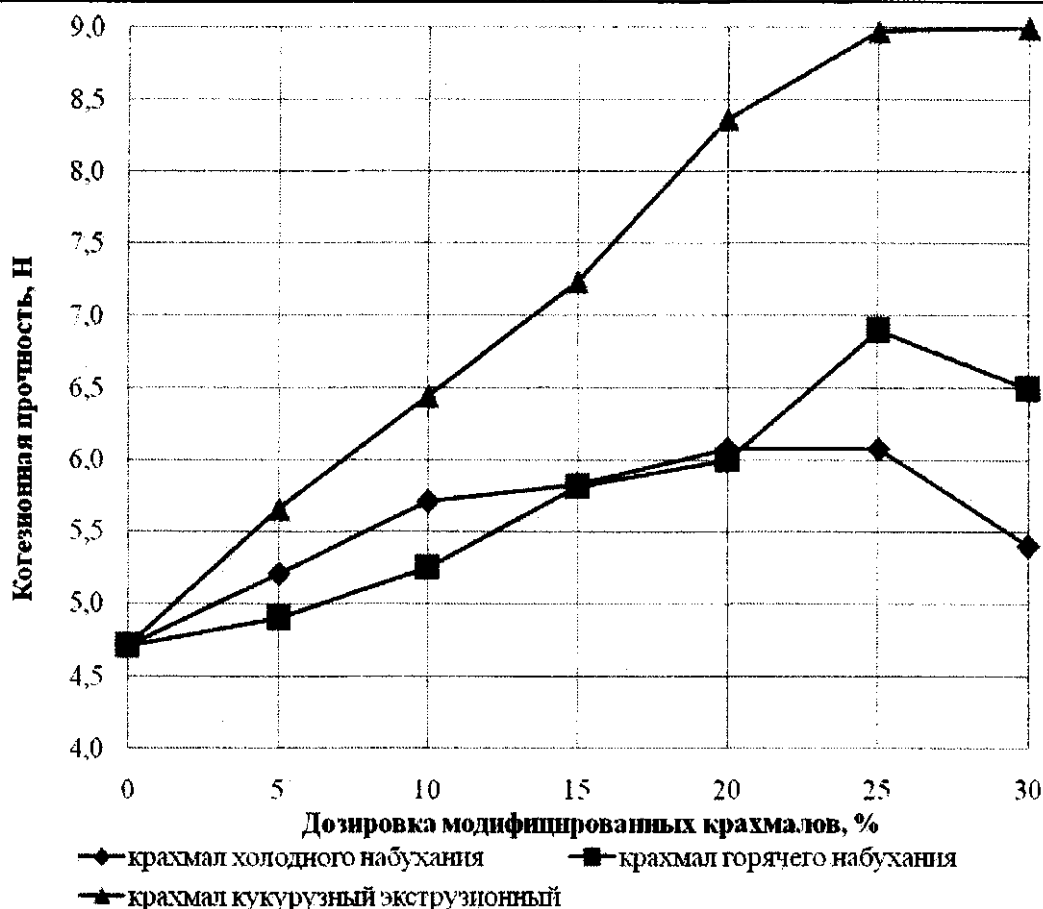


**Рисунок 2 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на динамическую вязкость уплотненного макаронного теста из нативного кукурузного крахмала**

На следующем этапе исследований изучали когезионную прочность уплотненного макаронного теста из нативных крахмалов с различным содержанием структурообразующих добавок. Когезионная прочность обуславливается взаимодействием частиц теста при помощи сил когезии и определяет сохранность формы сырых макаронных изделий. Этот показатель, как и вязкость, зависит от ряда факторов, главным образом, от сырьевого состава и параметров обработки пищевых масс. Данный показатель определяли 7–10 раз путем измерения усилия вырыва металлического стержня из массы теста по методике, приведенной в [1]. Температура образцов теста так же, как и при изучении динамической вязкости, составляла 20 °С – 25 °С. Зависимость когезионной прочности уплотненного макаронного теста из нативных крахмалов от содержания модифицированных крахмалов представлена на рисунках 3,4.

Анализ представленных графиков выявил близкие по характеру закономерности влияния дозировок модифицированных крахмалов на когезионную прочность уплотненного макаронного теста, как из картофельного, так и из кукурузного крахмала. Как видно из графиков, когезионная прочность макаронного теста, не содержащего структурообразующих добавок, минимальная – при использовании картофельного крахмала составляет 4,7 Н, при использовании кукурузного крахмала – 5,9 Н. Низкое значение когезионной прочности макаронного теста, не содержащего структурообразующих добавок, объясняется недостаточной величиной сил взаимодействия между зёрнами нативных крахмалов.

Введение в рецептуру теста модифицированных крахмалов обуславливает увеличение когезионной прочности образцов уплотненного макаронного теста. Так же, как и в случае динамической вязкости, это объясняется способностью модифицированных крахмалов при определенных условиях образовывать студни.



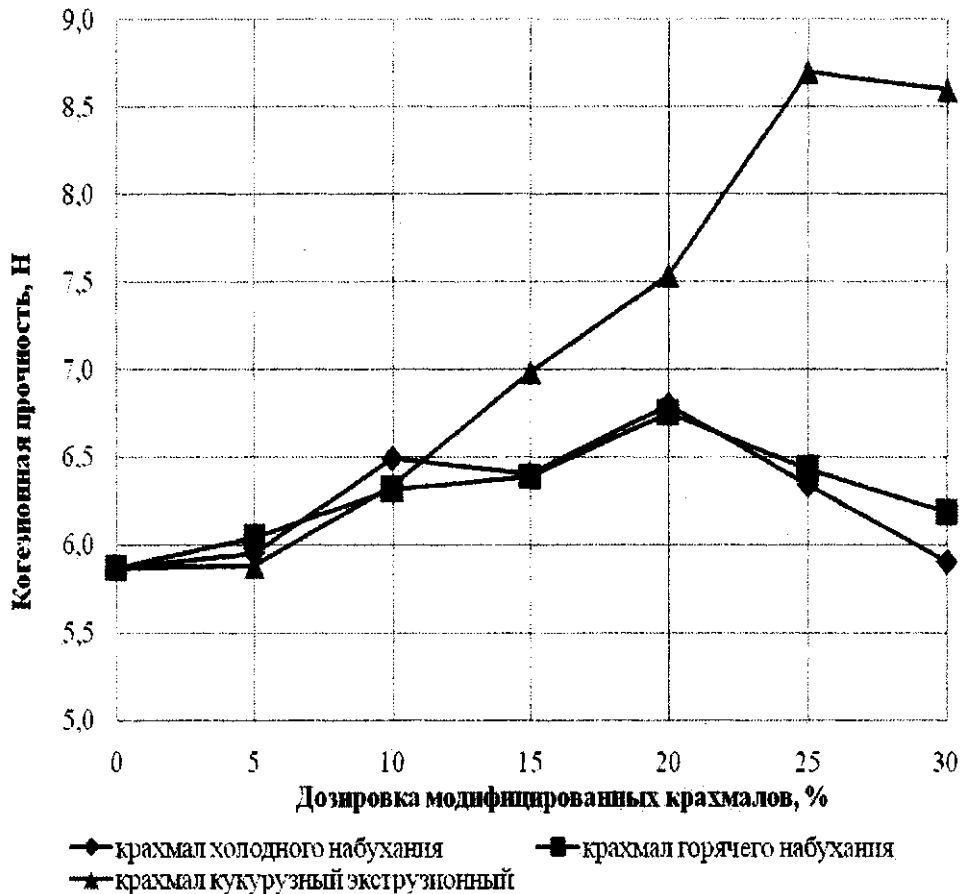
**Рисунок 3 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на когезионную прочность уплотненного макаронного теста из нативного картофельного крахмала**

При образовании макаронного теста студни склеивают зерна нативных крахмалов в единую массу и тем самым повышают когезионную прочность макаронного теста. При увеличении содержания модифицированных крахмалов в тесте толщина студнеобразного слоя увеличивается, что способствует повышению когезионной прочности макаронного теста. Наибольшее увеличение данного показателя для теста из обоих видов нативного крахмала наблюдается при использовании КЭК в количестве 25 %. При увеличении дозировки КЭК до 30 % когезионная прочность теста в обоих случаях практически не изменяется.

Добавление КХН и КГН в рецептуру теста в меньшей степени способствует увеличению данного показателя: для теста из картофельного крахмала наибольшее значение когезионной прочности наблюдается при дозировках КХН и КГН 25 %, для теста из кукурузного крахмала при добавлении – 20 % этих структурообразователей.

Дальнейшее увеличение содержания указанных модифицированных крахмалов в рецептуре теста из обоих видов нативных крахмалов практически не изменяет величину когезионной прочности. Это, вероятно, связано с тем, что повышение содержания структурообразующей добавки способствует значительному увеличению толщины слоя студня, обволакивающего зерна нативных крахмалов. В результате образуется менее вязкое, более пластичное тесто, не обладающее достаточной когезионной прочностью.

Как было отмечено выше, структурно-механические свойства уплотненного макаронного теста оказывают влияние на процесс прессования макаронных изделий. По этой причине определяли влияние дозировок модифицированных крахмалов на скорость прессования макаронных изделий. Скорость прессования определяется пластичностью и вязкостью макаронного теста. Данный показатель определяли путем измерения длины пряди макаронных изделий, отпрессованной в единицу времени.



**Рисунок 4 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на когезионную прочность уплотненного макаронного теста из нативного кукурузного крахмала**

Зависимость скорости прессования макаронных изделий из нативных крахмалов от дозировки модифицированных крахмалов представлена на рисунках 5, 6.

Прессование макаронного теста, не содержащего структурообразующих добавок, невозможно ввиду отсутствия у нативных крахмалов необходимых вязко-текучих свойств. Поэтому скорость прессования макаронного теста определяли только для образцов, содержащих модифицированные крахмалы в указанных выше дозировках.

Из данных, представленных на рисунках, видно, что характер изменения скорости прессования макаронного теста зависит, главным образом, от вида модифицированного крахмала. Так, при содержании указанных структурообразующих добавок в количестве 5 % скорость прессования всех образцов теста находится в пределах  $7-10 \cdot 10^{-3}$  м/с.

Повышение дозировок различных образцов модифицированных крахмалов обуславливает увеличение скорости прессования макаронного теста, что обусловлено снижением вязкости и, как следствие, повышением текучести теста. Однако увеличение данного показателя при использовании различных модифицированных крахмалов проявляется в различной степени. Так, при использовании КГН скорость прессования макаронного теста из обоих видов нативного крахмала изменяется незначительно. Применение в качестве структурообразующей добавки КХН в большей степени способствует увеличению этого показателя: при использовании картофельного крахмала максимальное значение скорости прессования составляет  $9,6 \cdot 10^{-3}$  м/с, а в случае кукурузного крахмала –  $13 \cdot 10^{-3}$  м/с.

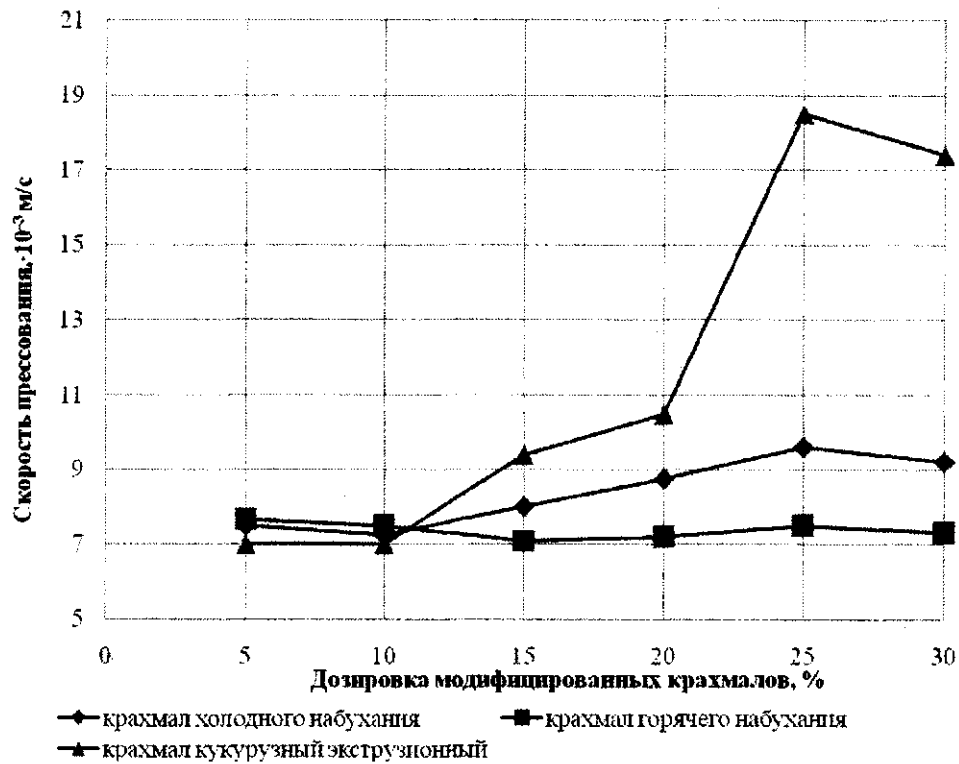


Рисунок 5 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на скорость прессования макаронных изделий из нативного картофельного крахмала

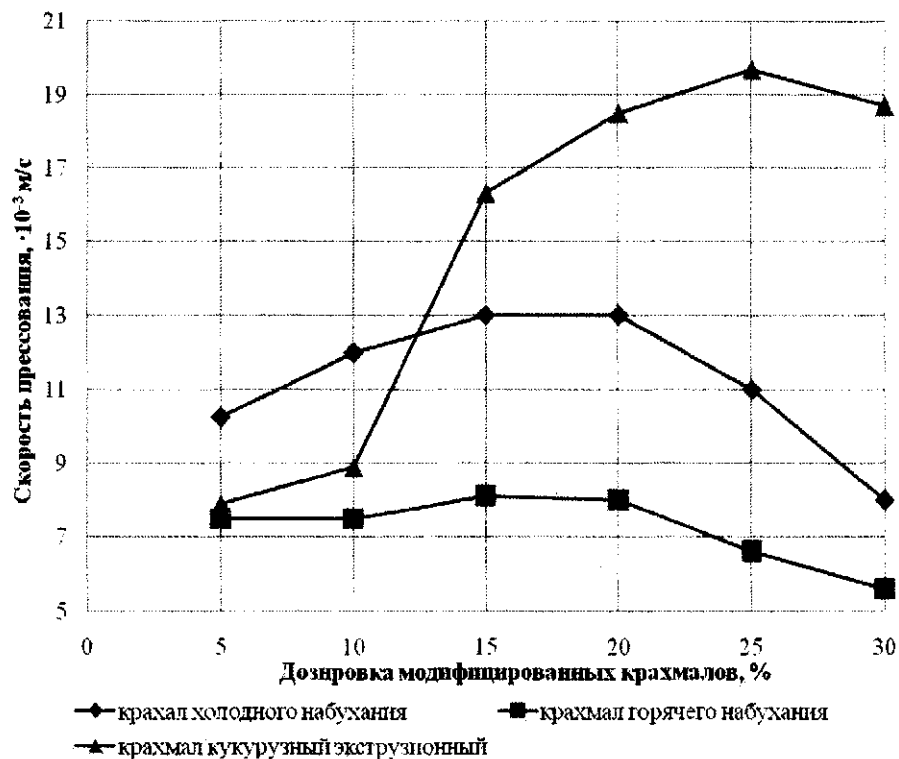


Рисунок 6 – Влияние дозировок модифицированных крахмалов на скорость прессования макаронных изделий из нативного кукурузного крахмала

Наибольшее увеличение скорости прессования отмечено при использовании КЭК. Так, при прессовании теста из картофельного крахмала максимальное значение данного показателя наблюдается при дозировках 25 %, при использовании кукурузного крахмала – 20 % – 25 %. При дальнейшем увеличении содержания КЭК скорость прессования макаронного теста из обоих видов крахмала практически не изменяется. В ходе эксперимента также было установлено, что применение модифицированных крахмалов в количестве выше 25 % обуславливает образование чрезмерно пластичного теста, в результате чего уплотненная тестовая масса налипает на рабочие органы пресса и скорость прессования снижается.

### **Заключение**

Исследование структурно-механических свойств уплотненного макаронного теста показало, что реологические характеристики теста зависят от вида нативных крахмалов, но в большей степени – от вида и содержания модифицированных крахмалов. Использование модифицированных крахмалов обуславливает снижение динамической вязкости макаронного теста и, как следствие, повышение пластичности теста, что способствует увеличению скорости прессования макаронных изделий. Когезионная прочность макаронного теста при добавлении модифицированных крахмалов увеличивается. Для получения теста, характеризующегося достаточно низкой вязкостью и высокой когезионной прочностью, целесообразно использование кукурузного экструзионного крахмала и крахмала холодного набухания в количестве 15 % – 25 %. Использование с этой целью крахмала горячего набухания в указанных температурных условиях менее желательно. На наш взгляд, применение данного крахмала возможно при более высоких температурах приготовления теста.

### **Литература**

- 1 Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. – М. : Колос, 1998. – 272 с.
- 2 ГОСТ 7698-93. Крахмал. Правила приемки и методы анализа. – Минск : Изд-во стандартов, 1994. – 53 с.
- 3 ГОСТ 7699-78. Крахмал картофельный. Технические условия. – Введ. 1980. – 14 с.
- 4 ГОСТ 7697-82. Крахмал кукурузный. Технические условия. – Введ. 1983-01-01. – 1983. – 14 с.
- 5 Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н.Н. Трегубов [и др.]; под общ. ред. Н.Н. Трегубова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 470 с.
- 6 Курилович, Н.Н. Инженерная реология пищевых масс / Н.Н. Курилович, О.В. Мацикова, Е.Ф. Тихонович. – Могилев, 2009. – 124 с.
- 7 Swinkels, J.J.M. Composition and Properties of Commercial Native Starches / J.J.M. Swinkels. – 1985. – 5 p.

*Поступила в редакцию 27.06.2012*