

УДК 664.286

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ КРАХМАЛА С ЛИМОННОЙ КИСЛОТОЙ В КИСЛОЙ СРЕДЕ В ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТОМ УГЛЕРОДЕ И ВОДЕ**

Гавриленко Г.А., студент гр. ХТ-11, III курс  
Курочкина Е.В., студент гр. ХТ-11, III курс  
Научный руководитель: Протопопов А.В., к.х.н., доцент  
Алтайский государственных технических университет  
им. И.И. Ползунова  
г. Барнаул

Крахмал является одним из основных продуктов питания человека, его потребление имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Исследование и эксплуатация крахмалов из альтернативных ботанических источников в последнее время растет из-за интереса к экономическому и социальному развитию тропических и субтропических региональных экономик и поддержки устойчивости. В книге рассматриваются существующие исследования различных аспектов крахмала, включая физико-химические, питательные и функциональные свойства, а также его применение в дополнение к продуктам питания. Особое внимание уделено различным физическим и химическим модификациям, направленным на улучшение свойств и применимости крахмала.

Как природный материал, пригодный для вторичной переработки, крахмал является важным сырьем в пищевой и других областях. Нативный крахмал после модификации улучшает свои физико-химические свойства, благодаря которым расширяется область его применения.

После модификации свойства крахмала улучшаются и могут соответствовать требованиям многоуровневой обработки.

Модифицированный крахмал приобретает следующие свойства:

1. Загущение и желирование. Это делает его ценной добавкой в пищевые продукты, такие как соусы, супы, подливки и десерты.

2. Стабильность. Модифицированные крахмалы могут обладать повышенной устойчивостью к нагреву, действию кислот, что обеспечивает более высокие показатели при переработке и хранении пищевых продуктов.

3. Контроль вязкости. В связи с данным приобретаемым свойством модифицированный крахмал может быть адаптирован для обеспечения определенных профилей вязкости, что позволяет точно контролировать текстуру и консистенцию пищевых продуктов.

4. Прозрачность. Некоторые модифицированные крахмалы обеспечивают повышенную прозрачность растворов, что делает их пригодными для использования в прозрачных пищевых продуктах.

5. Устойчивость к замораживанию-оттаиванию. Некоторые модификации крахмала позволяют ему обладать повышенной устойчивостью к замораживанию-оттаиванию, что делает их пригодными для использования в замороженных пищевых продуктах.

Нами был модифицирован крахмал в двух растворителях: вода и четыреххлористый углерод, при разных соотношениях крахмала к растворителю и при различных температурах синтеза. В Таблице 1 приведены степени замещения в полученном модифицированном крахмале.

В первую очередь на степень замещения оказывает влияние температура. С увеличением температуры степень замещения в среде четыреххлористого углерода уменьшается. В водной среде при соотношении 1:0,25 степень замещения остается постоянной при разных температурах, так как при 25°C достигается максимальная степень замещения и после этого повышение температуры мало влияет на нее. При соотношении 1:0,5 наблюдается возрастание степени замещения. При более высокой температуре реакция проходит продуктивнее, деструкция не протекает.

Также на основе полученных данных можно сделать вывод о том, что на степень замещения влияет среда, в которой проходит реакция. В среде воды реакция проходит эффективнее, чем в четыреххлористом углероде. Это происходит из-за большей ионной силы и высокой диссоциации.

Таблица 1 – Степень замещения в полученном модифицированном крахмале.

Условия получения продукта	Температура синтеза	
	25°C	45°C
CCl <sub>4</sub> (3 часа)	0,126	0,15
CCl <sub>4</sub> (4 часа)	0,393	0,323
H <sub>2</sub> O ((1:0,25) 4 часа)	0,37	0,37
H <sub>2</sub> O ((1:0,5) 4 часа)	0,54	0,6

Полученные продукты исследовались методом ИК-спектроскопии (рисунок 1). Анализ показал образование связей в области 1740 см<sup>-1</sup>, характерных для колебаний сложноэфирной группы, что также свидетельствует о протекающем взаимодействии.

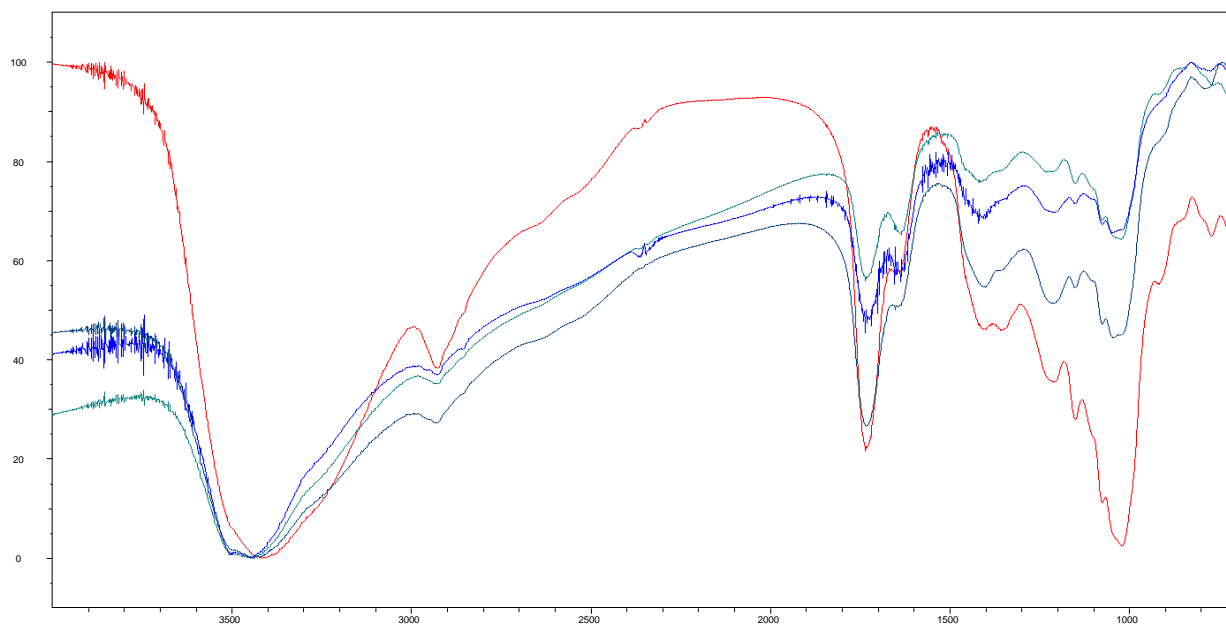


Рисунок 1 – ИК-спектр продукта ацилирования крахмала

В ходе изучения полученных модификаций крахмала, также были проведены исследования их растворимости. При протяженности синтеза 4 часа и температуре 25°C с соотношением растворителя к крахмалу 1:0,25, продукт растворился в воде при 30°C. При тех же условиях, но с температурой синтеза 45°C, продукт растворился при 30°C. Тот же самый продукт, но с соотношением 1:0,5, а также при гашении содой, растворился при 30°C, как в условиях синтеза 25°C, так и в условиях 45°C. При протяженности синтеза 3 часа и температуре 30°C с использованием хлорида кальция, продукт растворился при 30°C. Данные по значениям вязкости полученных цитратов крахмала приведены в Таблице 2.

Таблица 2- Вязкость полученных цитратов крахмала.

Название продукта	30°C	45°C	65°C	90°C
КЛВ 1:0,25 4/25	1.08	1.10	1.03	1.03
КЛВ 1:0,25 4/45	1.05	1.12	1.02	1.05
КЛВ 1:0,5 4/25 (в соде)	1.00	1.01	0.99	1.32
КЛВ 1:0,5 4/45 (в соде)	1.04	1.04	0.95	1.08
КЛ CaCl <sub>2</sub> 3/30	1.05	1.02	0.95	0.9

Полученные данные показывают, что модифицированный лимонной кислотой крахмал, при указанных условиях синтеза, не оказывает влияния на вязкость растворов. Однако у полученных продуктов крахмала наблюдается значительное снижение температуры растворимости. Также благодаря наличию свободных групп связанной лимонной кислоты в крахмале полученный продукт представляет интерес в качестве регулятора кислотности и вязкости.

## Список литературы:

1. Kairui Zhang, FeiCheng, KangZhang, JianboHu, ChangxueXu , YiLin, MiZhou, PuxinZhu, Synthesis of long-chain fatty acid starch esters in aqueous medium and its characterization , European Polymer Journal, Volume 119, October 2019, Pages 136-147 <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.07.021>
2. Генри Омореге Егаревба. Химические свойства крахмала и его применение в пищевой промышленности: Материалы 6-го регионального семинара; 21–25 февраля 2019 г.; стр. 553-563.
3. Ланган РЭ. В: Вюрцберг О.Б., редактор. Модифицированные крахмалы: свойства и использование. Бока-Ратон, Флорида: CRC Press; 1986. с. 199