

УДК 664.286

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИТРАТОВ КРАХМАЛА НА ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Е.В. Курочкина, Г.А. Гавриленко, А.В. Протопопов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

В данной статье рассматривается модифицированный крахмал, при разном соотношении лимонной кислоты к крахмалу, а также при разной протяженности синтеза. Полученные сложные эфиры крахмала были исследованы на растворимость в воде при разных температурах.

Ключевые слова: ацилирование, крахмал, лимонная кислота, модифицированный крахмал, цитраты крахмала, сложные эфиры крахмала.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CONDITIONS FOR OBTAINING STARCH CITRATES ON THEIR RHEOLOGICAL PROPERTIES

E.V. Kurochkina, G.A. Gavrilenko, A.V. Protopopov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

This article discusses modified starch, with different ratios of citric acid to starch, as well as with different lengths of synthesis. The resulting starch esters were tested for solubility in water at different temperatures.

Keywords: acylation, starch, citric acid, modified starch, starch citrates, starch esters.

Крахмал — это природный, возобновляемый, биоразлагаемый полимер, богатый ресурсами, которые широко встречаются в различных растениях. Многие его уникальные физико-химические свойства широко применяются в пищевой и других отраслях промышленности [1 с.1937], однако большая часть самого нативного крахмала не может быть использована напрямую [2 с.398]. После модификации свойства крахмала улучшаются и могут соответствовать требованиям многоуровневой переработки. Этерификация является одним из эффективных способов денатурации, а крахмал можно модифицировать физическими, химическими или ферментативными методами, которые эффективно применяются в пищевой, текстильной, бумажной, нефтехимической и фармацевтической промышленности в зависимости от его различных свойств. Применение эфира крахмала в зарубежных странах было раньше, и были достигнуты крупные промышленные производства [3 с.143].

Некоторые сложные эфиры крахмала для пищевого применения в основном включают ацетат крахмала, ацетилованный дикрахмалдипат, октенилсукцинат натрия, монокрахмалфосфат, дикрахмалфосфат, фосфатированный дикрахмалфосфат, ацетилованный дикрахмалфосфат, гидроксипропилдикрахмалфосфат и гидроксипропилкрахмал в США и странах ЕС [4 с.369]. Хотя исследования в Китае проводятся сравнительно поздно, исследования и разработки сложных эфиров крахмала постепенно развивались за последние два десятилетия. В настоящее время в Китае сложные эфиры крахмала в качестве пищевых добавок в основном включают фосфат-дикрахмал, ацетат-крахмал, натрий-фосфат крахмала, ацетилованный дикрахмал-адипат, фосфорилированный дикрахмал-фосфат, ацетилованный дикрахмал-фосфат и гидроксипропилдикрахмал-фосфат [5 с.92]. Поскольку процесс получения уже исследован многими учеными, технология синтеза в основном ориентирована на повышение степени замещения (СЗ), что и определило направления применения этерифицированного крахмала [6 с.283].

Нами был модифицирован крахмал в двух растворителях: вода и четыреххлористый углерод, при разных соотношениях крахмала к растворителю и при различных температурах синтеза. В табл. 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 температура 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 ₄ (3 часа)	0,126	0,15
CCl ₄ (4 часа)	0,393	0,323
H ₂ O ((1:0,25) 4 часа)	0,37	0,37
H ₂ O ((1:0,5) 4 часа)	0,54	0,6

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

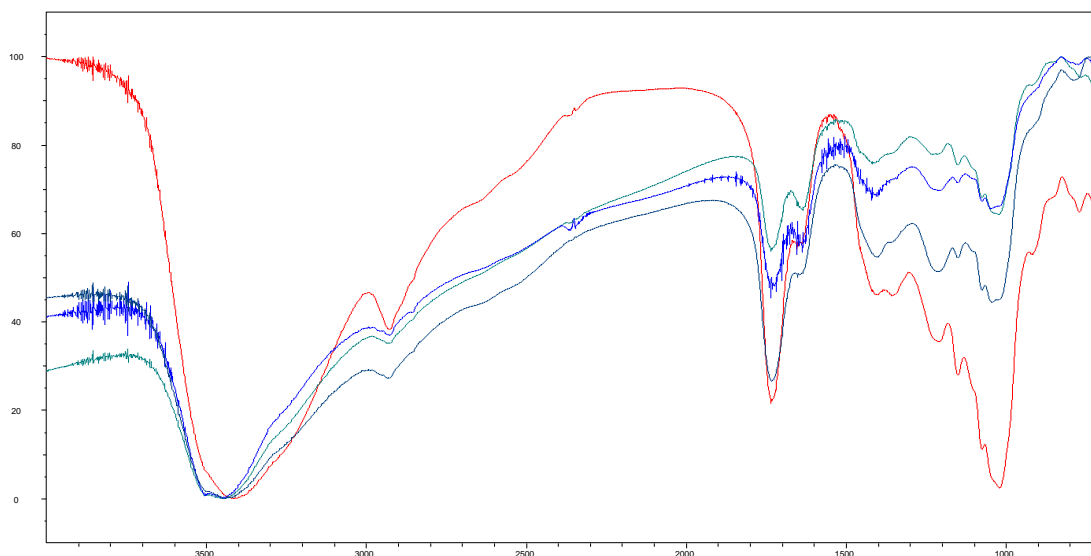


Рис. 1 – ИК-спектр продукта ацилирования крахмала

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 °С, как в условиях синтеза 25 °С, так и в условиях 45 °С. При протяженности синтеза 3 часа и температуре 30 °С с использованием хлорида кальция, продукт растворился при 30 °С. Данные по значениям вязкости полученных цитратов крахмала приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вязкость полученных цитратов крахмала

Название продукта	30°С	45°С	65°С	90°С
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 ₂ 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.

Библиографический список

1. Yu-Bin Su, Jiawei Zhang, Kaijiao Huang, Nengzhong Xie. Small molecular sugars effect on the pasting and retrogradation of *Mesona chinensis* polysaccharide/starch complexes. *International Journal of Food Science & Technology*, 10.1111/ijfs.16950, 59, 3, (1935-1944), (2024).
2. Honghong Zhang, Haoran Fan, Xueming Xu, Dan Xu. Deterioration mechanisms and quality improvement methods in frozen dough: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 10.1016/j.tifs.2023.104251, 143, (104251), (2024).
3. Yu Xie, Wanzhong Yin, Jin Yao, Xueming Yin, Jiayi Liu, Feijia Xue, Daolai Tian. Flotation behavior and surface adsorption mechanism of a novel selective inhibitor HDP in the separation of chalcopyrite and talc flotation. *Journal of Molecular Liquids*, 10.1016/j.molliq.2024.124206, 398, (124206), (2024).
4. Juanjuan Li, Jie Sun, Fanmin Meng, Yanhong Chen, Huitao Liu, Yuan Gao. Preparation of high internal phase pickering emulsions using micron-sized esterified maize starch as the sole effective stabilizer. *Journal of Food Engineering*, 10.1016/j.jfoodeng.2023.111932, 369, (111932), (2024).
5. Ruobing Li, Haiteng Tao, Congping Tan, Fang Yuan, Li Guo, Bo Cui, Yu Zhu, Feixue Zou, Pengfei Liu, Lu Lu. The structural and functional properties of a novel enzyme-modified starch as an alternative to hydroxypropyl starch ether. *Food Hydrocolloids*, 10.1016/j.foodhyd.2023.109448, 148, (109448), (2024).
6. Ranjan Kaushik, Ankit Kumar, Rekha Phogat, Rakesh Gehlot, Neha Rani. Chemically Modified Starch, *Standardized Procedures and Protocols for Starch*, 10.1007/978-1-0716-3866-8_10, (281-334), (2024).