

УДК 661.185.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ САХАРОЗЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ

*С.А. Супоня, А.А. Батвинова, А.В. Протопопов*

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

В статье рассмотрены закономерности взаимодействия сахарозы с карбоновыми кислотами на примере аминокислоты, а также жирных кислот растительного масла. Образующиеся производные сахарозы обладают моющим эффектом и пенообразованием, характерным для ПАВ. Образование замещенных сахарозы доказано методом ИК-спектроскопии. Выявлены поверхностно-активные свойства растворов полученных производных сахарозы методом оптической спектроскопии.

**Ключевые слова:** ацилирование, сахароза, ПАВ на основе гликозидов, растительное масло

## STUDY OF THE POSSIBILITY OF CHEMICAL MODIFICATION OF SUCROSE TO IMPROVE ITS SURFACE-ACTIVE PROPERTIES

*S.A. Suponya, A.A. Batvinova, A.V. Protopopov*

*Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia*

The article examines the patterns of interaction of sucrose with carboxylic acids using the example of aminoacetic acid, as well as fatty acids of vegetable oil. The resulting sucrose derivatives have a washing effect and foaming characteristic of surfactants. The formation of substituted sucrose was proven by IR spectroscopy. The surface-active properties of solutions of the obtained sucrose derivatives were revealed using optical spectroscopy.

**Keywords:** acylation, sucrose, surfactants based on glycosides, vegetable oil

Особые свойства, например совместимость и синергизм гликозидов делают молекулы сахаров очень популярными в исследованиях. Производные сахаров удовлетворяют растущий спрос на современные материалы с превосходными экологическими и эксплуатационными характеристиками в рамках текущих инициатив по устойчивому развитию. Первичная гидроксильная группа в головной группе гликозида выступает в качестве центра химической реакции. Некоторые исследования (1994-2005 гг.) [1 с.396] характеристик производных сахаров показали перспективность их разработки в качестве ПАВ и их применения в моющих средствах, средствах личной гигиены и промышленных процессах. Разработка и применение ПАВ на основе сахаров стали одной из горячих точек исследований, включая охрану окружающей среды, биологическую реабилитацию почв, очистку сточных вод, медицину, текстиль, функциональные материалы и биоинженерию (1996-2020 гг.).

В развитых странах в целом возобновляемые продукты принимаются при некоторых условиях, при которых продукт не наносит вред окружающей среде, а не сырью и не загрязняет окружающую среду в процессе производства. Между тем, потребность в поверхностно-активных веществах растет вместе с ростом промышленного развития. ПАВ нефти и газа могут загрязнять окружающую среду, поскольку после использования они превращаются в трудноразлагаемые отходы. По этой причине были изучены альтернативы легко разлагаемому поверхностно-активному веществу [2 с.107]. Сельскохозяйственные отходы содержат много углеводов, состоящих из целлюлозы (35–50 %), гемицеллюлозы (20–35 %) и лигнина (10–25 %), при этом целлюлоза может гидролизироваться до глюкозы.

За последние 10 лет было проведено множество исследований, касающихся производства поверхностно-активных веществ из углеводов. Это связано с тем, что поверхностно-активное вещество, содержащее углеводы в качестве сырья, является биоразлагаемым и нетоксичным. Углеводы становятся важным возобновляемым сырьем для промышленности поверхностно-активных веществ. Разработка поверхностно-активных веществ на основе углеводов и растительных масел является результатом концепции продукта, основанной на исключительном использовании природных ресурсов. Поверхностно-активные вещества на основе сахара привлекают повышенное внимание из-за преимуществ с точки зрения производительности, здоровья потребителя и экологической безопасности по сравнению с некоторыми стандартными продуктами.

Алкилполигликозид (APG) — неионогенное поверхностно-активное вещество, полученное из возобновляемого сырья, а именно глюкозы и жирного спирта. Ожидается, что такие продукты будут проявлять поверхностно-активные свойства благодаря наличию гидрофильного сахарного фрагмента и гидрофобных остатков жирных спиртов. Поверхностно-активное вещество – поверхностно-активное вещество, способствующее снижению поверхностного натяжения. Действие ПАВ обусловлено множеством характеристик его молекулы, состоящей из гидрофильных и липофильных групп. Гидрофильная часть является полярной, и это состояние может быть электрически положительно заряженным (катионное ПАВ), отрицательным (анионное ПАВ), нейтральным (неионное ПАВ); что касается липофильной части, то это алкил [3 с.73]. Эти две группы несут гидрофильный и липофильный баланс, который затем помогает определить, является ли поверхностно-активное вещество эмульгированным, смачивающим, растворителем, детергентом или пеногасителем.

Кирк (1998) провел реакцию асетализации глюкозы и хлорпропана, в которой асетализация происходит в положении гидроксильных групп C1 полуацетала с группой гидроксильных пропанола. Поверхностно-активное вещество трет-бутилгалактоцидазы посредством реакции асетализации галактозы и трет-бутанола было синтезировано с использованием катализатора р-TSA, и результат показывает ККМ 0,02% и гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) 3,93. Применение поверхностно-активного вещества обычно основывается на значении ГЛБ поверхностно-активного вещества; чем выше ГЛБ, тем более растворим в воде ПАВ; и наоборот, чем ниже ГЛБ, тем лучше он растворяется в масле. Полезность поверхностно-активного вещества зависит от значения ГЛБ, например, значение ГЛБ 1–3 для пеногасителя, ГЛБ 2–7 для типа эмульгатора В/М, ГЛБ 7–9 для смачивания, ГЛБ 8–18 для типа эмульгатора М/В, ГЛБ 13–15 для моющих средств и ГЛБ 15–18 для растворителя. ГЛБ – это число, которое указывает на соотношение гидрофильных и липофильных групп в поверхностно-активное вещество.

Добавление поверхностно-активного вещества в раствор приведет к уменьшению поверхностного натяжения. Как только оно достигнет определенной концентрации, поверхностное натяжение будет постоянным, даже если концентрация поверхностно-активного вещества увеличилась, когда поверхностно-активное вещество было добавлено сверх этой концентрации. концентрации поверхностно-активное вещество агрегирует с образованием мицелл. Концентрация образования мицелл называется критической концентрацией мицелл. Это обуславливает необходимость синтеза нового типа ПАВ ПНГ с использованием экологически чистого сырья, а именно трет-бутилгликозида (ТБГ), путем реакции глюкозы с трет-бутанолом с использованием катализатора п-TСК.

Цель состоит в том, чтобы найти рабочие условия (молярное соотношение, температуру и процент катализатора), которые могут обеспечить максимальный выход ТБГ, определить значение кинетики реакции и определить молекулярную структуру ТБГ. Специфические свойства поверхностно-активных веществ ТБГ позволяют использовать их в качестве эмульгаторов воды в нефтяных эмульсионных системах. В результате реакции образуется целевое соединение трет-бутилгликозида, которое несет группы эфира, гидроксила и алкила и имеет характеристики поверхностно-активного вещества [4 с.215, 280].

Нами исследован процесс получения аминозамещенных сахаров на примере взаимодействия сахарозы с аминокислотой в водной среде в присутствии гидроксида натрия при температурах 25<sup>0</sup> и 45<sup>0</sup>С. Анализ на содержание связанной кислоты показал незначительную степень замещения в пределах 0,001-0,002, при этом на ИК-спектрах полученных продуктов не наблюдается прошедших изменений. В дальнейшем были проведены синтезы при 140<sup>0</sup>С в гетерогенной среде. Для проведения синтеза была получена суспензия сахарозы с аминокислотой с добавлением соли поливалентного металла в качестве катализатора, после высушивания полученная смесь выдерживалась при заданной температуре. Проведенный анализ на связанную аминокислоту показал степень замещения в сахарозе 0,07-0,1. На ИК-спектрах полученных продуктов (рис. 1) наличествуют изменения, в отличие от чистой сахарозы появляются полосы поглощения в области 3200 см<sup>-1</sup>, характерные для аминогрупп, а также полосы поглощения в областях 1730 см<sup>-1</sup> и 1250 см<sup>-1</sup> характерных для колебаний сложноэфирных групп.

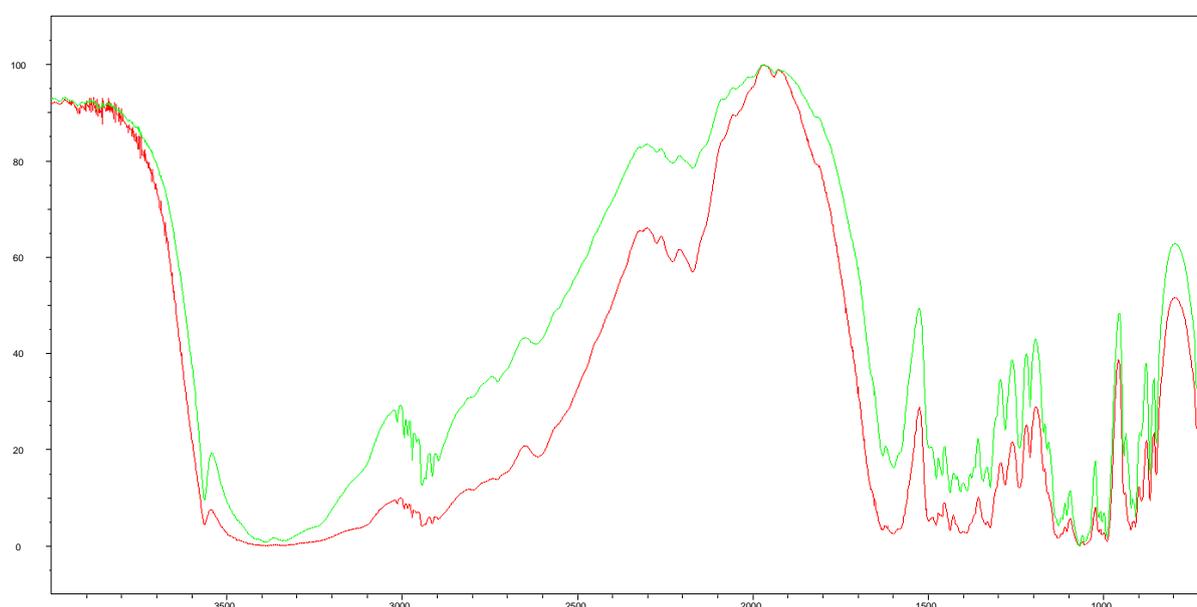


Рисунок 1. ИК-спектры продуктов взаимодействия сахарозы с аминокислотой

Полученные продукты отличаются повышенной растворимостью в холодной воде, однако для них отсутствует пенообразование полученных растворов.

В качестве повышения числа гидрофильно-липофильного баланса и увеличения разности полярностей в молекуле сахарозы было проведено взаимодействие с растительным маслом при температуре 140<sup>0</sup>С в присутствии катализатора. В этом случае происходит переэтерификация жирных кислот растительного масла и триглицерида в сложный эфир сахарозы. В случае взаимодействия с избытком растительного масла при соотношении к сахарозе 3:1 степень замещения в полученном продукте составляет 0,03, при этом наблюдается избыточное содержание триглицеридов и отсутствие пенообразования. В случае эквимольного соотношения триглицеридов растительного масла с сахарозой степень замещения увеличивается до 0,1. При этом продукт взаимодействия приобретает свойства ПАВ и обладает моющим эффектом и выраженной пенообразующей способностью.

Анализ методом ИК-спектроскопии (Рис. 2) показал большие изменения по сравнению с спектрами сахарозы и растительного масла, так в частности, происходит уменьшение колебаний водородных взаимодействий в области 3600 см<sup>-1</sup> появление колебаний, ответственных за сложноэфирные группы в областях 1730 см<sup>-1</sup> и 1250 см<sup>-1</sup>.

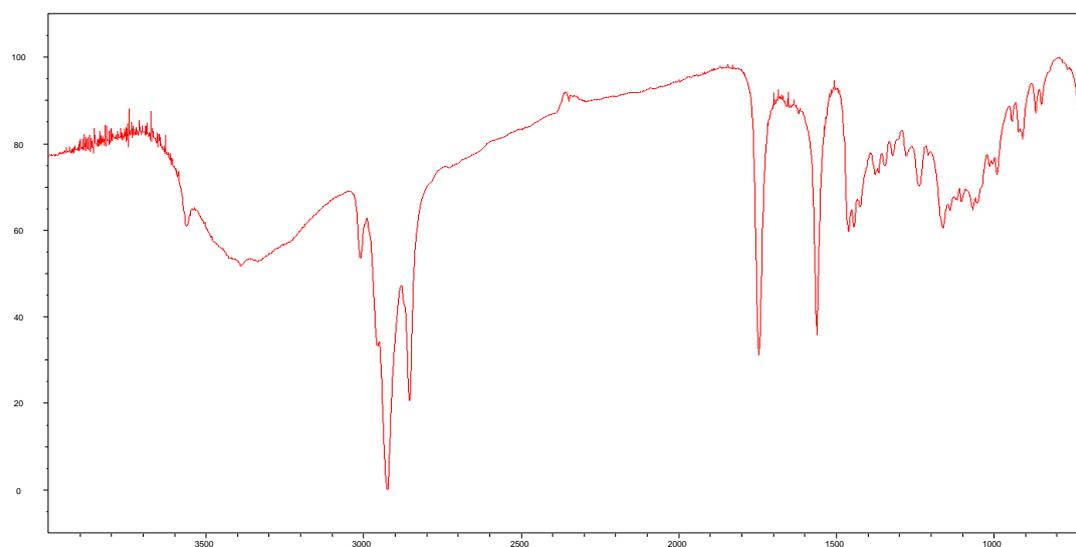


Рисунок 2. ИК-спектр продуктов взаимодействия сахарозы с жирными кислотами растительного масла

Для выявления поверхностно-активных свойств полученного ацилгликозида были проведены исследования растворов методом оптической спектроскопии (Рис. 3).

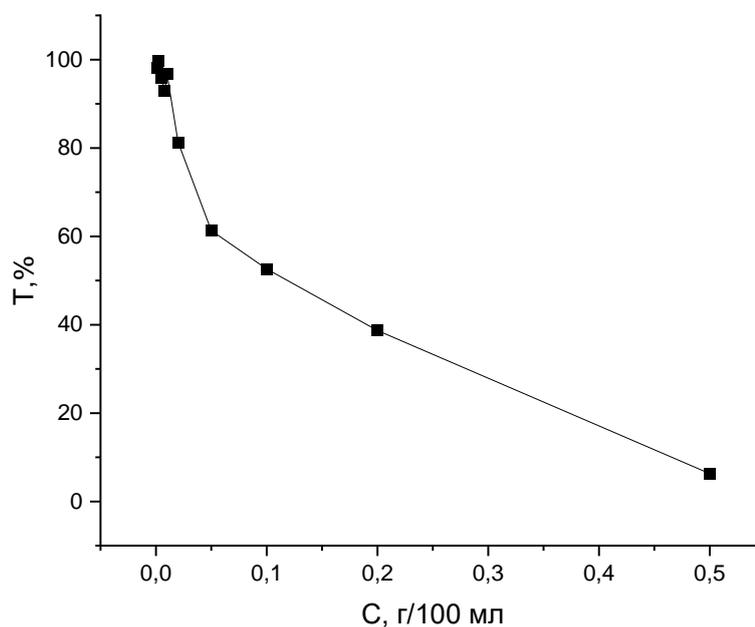


Рисунок 3. Зависимость светопропускания от концентрации растворов сложных эфиров сахарозы с жирными кислотами

Полученная зависимость светопропускания растворов ацилгликозидов от их концентрации показывает характерную зависимость для поверхностно-активных веществ. На зависимости наблюдается резкое изменение свойств при концентрации 0,002 г/мл, характеризующее начало мицеллообразования, что является хорошим значением для полученного продукта и позволяет сказать о его применимости в качестве использования мягкого неионогенного ПАВ,

обладающего биоразлагаемыми свойствами и нераздражающим действием на организм человека, характерного для все жиросахаров.

### Библиографический список

1. Ashokkumar R., Ramaswamy M. (2014), Phytochemical screening by FTIR spectroscopic analysis of leaf extracts of selected Indian Medical plants, *International Journal Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (1), pp. 395-406.
2. Forster T., Guckenbiehl B., Hensen H., Rybinski W.V. Physico-chemical basics of microemulsions with alkyl polyglycosides, *Prog. Polym. Sci.*, 1996, 101, 105-112.
3. Ryan L.D., Kaler E.W. Alkyl polyglucoside microemulsion phase behaviour, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.*, 2001, 176, 69-83.
4. Balzer D. Alkylpolyglucoside - physikochemische Eigenschaften und Anwendung/Alkylpolyglucosides, their physico-chemical properties and their uses, *Tenside Surfactants Deterg.*, 1991, 28, 419.