

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ГЛЮКОЗЫ**

Л.С. Хворова, Л.В. Баранова

*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов – филиал Федерального
научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, РАН, Московская обл., Россия*

ВВЕДЕНИЕ

Кристаллическая глюкоза вырабатывается крахмалопаточной отраслью для применения в медицинской и пищевой промышленности, здравоохранении и ветеринарии. В России во ВНИИ крахмалопродуктов проводятся работы по совершенствованию технологий фармакопейной кристаллической глюкозы: гидратной, качество которой характеризуется ФС.2.1.0092.18 «Глюкоза гидратная», и ангидридной ФС.2.1.0091.18 «Глюкоза безводная» [1], а также пищевой глюкозы, отвечающей требованиям ГОСТ 975–88 «Глюкоза кристаллическая».

Главным назначением кристаллической глюкозы является приготовление из неё инфузионных и инъекционных растворов [2]. Кроме того глюкоза кристаллическая используется для получения сорбита, аскорбиновой, гликолевой, глюкуроновых кислот, в качестве наполнителя при таблетировании лекарственных препаратов. Широко применяется глюкоза в ветеринарии, для лечения больных животных [3]. Новые исследования по использованию в питании: сахарозы, глюкозно-фруктозного сиропа, меда, патоки показали практически одинаковый метаболизм в организме. Лучшие условия при обмене веществ показала сахароза, отличающаяся меньшим гликемическим индексом из-за необходимости её расщепления на глюкозу и фруктозу в процессе метаболизма [4], а продукты гидролиза крахмала с глюкозой оказались наименее кариогенными [5] и востребованы в диетическом и спортивном питании [6].

Целью данной работы является анализ современных научных достижений для разработки высокоэффективных технологий получения разных видов кристаллической глюкозы.

Глюкозу получают из крахмала, расщепляя его молекулу до глюкозы с помощью кислоты или ферментов. Гидролизаты очищают активным углем, ионообменными смолами, концентрируют выпариванием воды под вакуумом, затем подвергают кристаллизации [7].

Анализ инновационных решений в технологии кристаллизации глюкозы

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГЛЮКОЗЫ ВТОРОГО
ПРОДУКТА В АНГИДРИДНОЙ ФОРМЕ**

Для повышения выхода глюкозы кристаллизацию сиропов, полученных ферментативным способом гидролиза крахмала, проводят по двухпродуктовой схеме, получая оба продукта в гидратной форме или первый продукт в ангидридной, а второй в гидратной форме [8]. Кристаллизация глюкозы в гидратной форме продолжается от 30 до 80 ч в зависимости от чистоты сиропов, процесс требует большого количества (до 15 %) затравочных кристаллов, а температурный режим кристаллизации (45–25°C) является благоприятным для размножения микроорганизмов, ухудшающих качество глюкозы. Ангидридная глюкоза кристаллизуется при температуре 80–55° С с высокой скоростью – 7 ч в вакуум-аппарате и 16 ч в кристаллизаторе, благодаря чему получаемая глюкоза обладает высокой микробиологической чистотой. В связи с этим, одной из основных инноваций технологии явилась разработка режима кристаллизации и второго продукта (из оттеков от центрифугирования первого продукта) тоже в ангидридной форме [9]. Оттеки имеют глюкозный эквивалент (ГЭ) около 97 %, что позволило проводить кристаллизацию второго продукта в ангидридной форме. Процесс кристаллизации осуществляли при уваривании утфеля в вакуум-аппарате.

Режим кристаллизации представлен на рис. 1.

Из рисунка следует, что процесс кристаллизации продолжался 10 ч, при этом содержание кристаллов в утфеле достигло максимально допустимого значения – 52,5 %. Период нуклеации-«заводки» кристаллов проводился также, как и для первого продукта в течение 5–10 мин с затравкой 15–20 г. на тонну сиропа с СВ 84 %. Нарращивание кристаллической массы проводилось при уваривании утфеля с подкачками сиропа до достижения СВ утфеля 91–92 % в течение 10 ч, после чего утфель подвергали центрифугированию, сушке, упаковке.

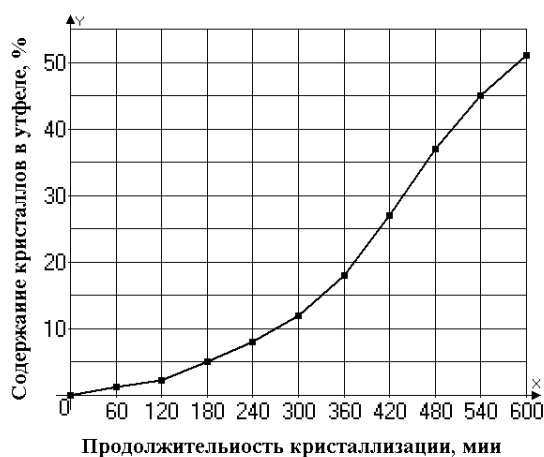


Рис. 1 – Кинетика наращивания кристаллов ангидридной глюкозы из сиропов 2-го продукта

Таким образом, разработанный инновационный режим кристаллизации второго продукта в ангидридной форме продолжается 10 ч, что в 5 раз короче в сравнении с кристаллизацией глюкозы в гидратной форме. Получаемая глюкоза имела высокое качество и предназначена для использования в пищевой промышленности [10].

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ АНГИДРИДНОЙ ГЛЮКОЗЫ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

Процесс кристаллизации ангидридной глюкозы можно проводить и в кристаллизаторе при снижении температуры. При этом сироп для кристаллизации концентрируют выпариванием в вакуум-аппарате, а затем сливают в кристаллизатор, где проводят «заводку» кристаллов и их наращивание при снижении

температуры от 80 до 55°C. Однако «Заводка» кристаллов при этом довольно длительная, продолжается до 4 ч, из-за чего получают утфели с неравномерными кристаллами [11].

Суть инновации состоит в проведении «заводки» кристаллов не в кристаллизаторе, а в выпарном вакуум-аппарате, одновременно с концентрированием сиропа [12]. Для этого в концентрированный сироп, перед сливом его в кристаллизатор, добавляют затравку 15–20 г. кристаллов на тонну сиропа. Через 5–10 мин после образования необходимого количества кристаллов сироп с зародышами можно сливать в кристаллизатор или продолжить подваривать в вакуум-аппарате не более 3 ч, во избежание снижения подвижности продукта и закристаллизовывания в трубках поверхности теплообмена малого диаметра, не предназначенных для уваривания утфелей. Режим кристаллизации представлен на рис. 2.



Рис. 2. Кинетика кристаллизации глюкозы с «заводкой» кристаллов в вакуум-аппарате (---) и наращиванием их в кристаллизаторе (—)

Предложенный способ кристаллизации позволил сократить общее время кристаллизации на 2–3 ч и улучшить качество утфелей по однородности кристаллов.

Значительным прогрессом в технологии кристаллизации глюкозы является применение кристаллизаторов вертикального типа [13], которые обеспечивают благоприятные условия и для «заводки» кристаллов и для их роста. Процесс кристаллизации можно проводить периодическим и непрерывным способами. Значительно возрастает производительность кристаллизаторов, снижается потребность в производственной площади.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ АКТИВАЦИИ НУКЛЕАЦИИ

Существенным достижением в вопросе активации нуклеации является применение поверхностно-активных веществ в виде алифатических спиртов [14]. Проведены испытания различных видов затравок с целью выбора наиболее эффективных. В качестве затравочных испытаны крупные (> 200 мкм) и мелкие (<60 мкм) кристаллы товарной гидратной и ангидридной глюкозы и такие же кристаллы, смоченные в спирте. Дозировка затравки в опытах составляла 0,15 % по массе сиропа, избыточная концентрация соответствовала метастабильной зоне пересыщений. Процесс нуклеации контролировали по изменению прозрачности растворов с течением времени.

Полученные данные представлены на рис. 3.

Исследования показали, что для ангидридной глюкозы самыми эффективными в качестве затравок являются кристаллы гидратной глюкозы (крупнее 200 мкм) и мелкие (< 60 мкм), смоченные пропанолом или другим алифатическим спиртом (Патент RU2 662 192 13.03.2017), что подтверждается самой низкой прозрачностью растворов, а следовательно наиболее активной нуклеацией для указанных кристаллических затравок.

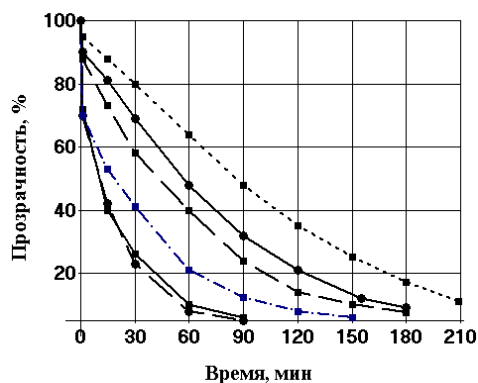


Рисунок 3 – Прозрачность растворов в зависимости от вида затравочных кристаллов при температуре 600 С и избыточной концентрации $\Delta C = 60$ г./100 г. воды (сверху вниз): — затравка из крупных (> 200 мкм) товарных кристаллов гидратной глюкозы; — затравка из мелких (<60 мкм) товарных кристаллов ангидридной глюкозы; -- затравка из мелких (<60 мкм) кристаллов ангидридной глюкозы с пропанолом; -.- затравка из мелких (<60 мкм) товарных кристаллов гидратной глюкозы; — затравка из крупных (> 200 мкм) кристаллов гидратной глюкозы с пропанолом; -- затравка из мелких (<60 мкм) кристаллов гидратной глюкозы с пропанолом.

При размешивании с сиропом крупных гидратных кристаллов, смоченных пропанолом, происходит их расщепление на мелкие частицы 1–2 мкм, которые становились центрами кристаллизации и начинали быстро расти в виде ангидридной глюкозы. Масса требуемой затравки сокращается в сотни раз.

РАЗРАБОТКА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ГЛЮКОЗНОГО ПРОДУКТА С ХЛОРИДОМ НАТРИЯ

Жизненно важным лекарственным препаратом является «Раствор глюкозы 2,5 % + натрия хлорид 0,8 %» и «Раствор глюкозы 5 % + натрия хлорид 0,9 %», при импортировании которых из-за рубежа большие затраты приходится на транспортирование воды растворов. Нами разработана кристаллическая форма двойного соединения глюкозы с хлоридом натрия (ДС), соответствующая химическому составу растворов [15]. Процесс кристаллизации ДС проходит из растворов глюкозы с хлорида натрия в течение 8 ч при снижении температуры от 65 до 29° С. Кроме медицины продукт востребован в пищевой промышленности для посола мяса и рыбы, в качестве напитка для рабочих горячих цехов и спортсменов (Патент RU 2546286 10.04.2015).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иинновационные решения в технологии производства глюкозы ферментативным способом заключаются в:

- разработке способа кристаллизации второго продукта в ангидридной форме в изотермических условиях уваривания утфеля в вакуум-аппарате;
- «заводке» кристаллов в выпарном вакуум-аппарате с последующим наращиванием кристаллической массы при снижении температуры в кристаллизаторе;
- применении вертикального кристаллизатора для кристаллизации глюкозы;
- активации «заводки» кристаллов ангидридной глюкозы с применением в качестве поверхностно-активных веществ алифатических спиртов, позволяющих значительно снизить потребность в затравочных кристаллах при использовании гидратных кристаллов (крупнее 200 мкм), смоченных, например, пропанолом;
- разработке технологии получения глюкозного продукта с хлоридом натрия в кристаллическом виде для использования в качестве фармацевтической субстанции лекарственных растворов глюкозы с хлоридом натрия, в качестве посолочного средства для посола мясных и рыбных изделий, а также получения специализированных напитков для работников горячих цехов и спортсменов.

ЛИТЕРАТУРА

- Государственная фармакопея РФ. XIV изд. 2018. Т.3.
- Губин М.М. Производство инфузионных растворов в России: особенности и перспективы. Ремедиум. 2009. № 3. С. 55–59.
- Пламб Дональд К. Фармакологические препараты в ветеринарной медицине. М: Аквариум-Принт, 2016. 1060 с.
- Edwards W.P., Caramels, fondants and jellies as centres and fillings. Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products, 2009.
- T.H. Grenby and M. Mistery. Properties of maltodextrins and glucose syrups in experiments in vitro and in the diets of laboratory animals, relating to dental health. British Journal of Nutrition. 2000. V.84. Iss.4. pp 565–574. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114500001884>
- Андреев Н.Р., Хворова Л.С., Фонин В.С. Новый продукт для спортсменов – глюкозо-витаминная помадка. Пищевая промышленность. 2011. № 5. С. 40–41.
- Gnielinski V., Mersman A., Thurner F. Verdampfung, Kristallisation, Trocknung. Springer-Verlag, 2013. 262 p.
- Андреев Н.Р., Хворова Л.С. Ангидридная глюкоза: технология производства и применение. Фармация. 2012. № 3. С. 43–45.
- Хворова Л.С. Трехпродуктовая технологическая схема получения глюкозы с кристаллизацией двух продуктов в ангидридной форме. Пищевая промышленность. 2017. № 9. С. 44–46.
- Лукин Н.Д., Ананских В.В., Липидус Т.В., Хворова Л.С. Технологический контроль производства сахаристых крахмалопродуктов. Методическое пособие. М.: Россельхозакадемия, 2007. 261 с.
- Фиданко Сталиянов Сретенов. Метод получения кристаллической агидридной глюкозы. АС Болгария № 15427. 03.06.73.
- Способ получения кристаллической ангидридной глюкозы. Хворова Л.С., Селезнева О.Н., Лукин Н.Д. Патент на изобретение RUS 2521510 29.12.2012.
- Способ непрерывного получения моногидрата декстрозы. Ж. Бодель, П. Дюфло, Б. Валентэн и М. Юретт. Патент SU 1452485. 15.01.89.
- Хворова Л.С., Андреев Н.Р., Лукин Д.Н. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику кристаллизации глюкозы. Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 81–86.
- Андреев Н.Р., Хворова Л.С. Новый пищевой продукт, лекарственное средство, ветеринарный препарат. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2013. № 6. С. 73.