

УДК 664.137

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО САХАРА С ДОБАВКАМИ ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ

<sup>1</sup>Подгорнова Н.М., <sup>2</sup>Петров С.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»,  
Москва, e-mail: pnmm@mail.ru;

<sup>2</sup>Инжиниринговая компания «НТ-Пром», Москва, e-mail: petrovsm@mail.ru

Показаны преимущества продукта на основе композиции кристаллического сахара и стевииолгликозидов – природного бескалорийного подсластителя с нулевым гликемическим индексом, получаемого из растения стевия. Разработана технология получения продукта на основе кристаллического сахара и стевииозида, обеспечивающая улучшение его качества путем более равномерного распределения и адгезивного закрепления добавки стевииозида на кристаллах сахара для достижения стабильного вкуса и длительного срока хранения.

**Ключевые слова:** сахар, стевия, стевииозид, композиция, стабильное качество, использование в низкокалорийных продуктах

## COMPOSITE PRODUCTS BASED ON CRYSTAL SUGAR WITH ADDITION SWEETENERS

<sup>1</sup>Podgornova N.M., <sup>2</sup>Petrov S.M.

<sup>1</sup>Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State University of Food Production», Moscow, e-mail: pnmm@mail.ru;

<sup>2</sup>The engineering company NT-Prom, Moscow, e-mail: petrovsm@mail.ru

The advantages of the product based on the composition of the crystalline sugar and steviol glycosides – sweeteners natural calorie-free with zero glycemic index, derived from the stevia plant. Technology of obtaining the product on the basis of crystal sugar and stevioside, ensuring its quality improvement through a more equitable distribution and adhesive retention additives stevioside sugar crystals to achieve a stable taste and long shelf life.

**Keywords:** sugar, stevia, stevioside, composition, stable quality, use in low-calorie products

Композиционные продукты на основе кристаллического сахара и натуральных подсластителей являются перспективным направлением снижения калорийности сахаросодержащих изделий и повышения их полезности при использовании в рецептурах пищевых продуктов [6]. В настоящее время движущими силами рынка сахаристых веществ являются: нарастающие темпы ожирения, стремление населения контролировать потребление энергии, болезни сердца, диабет и, как следствие, растущий спрос на низкокалорийные продукты.

### Цель исследования

Оценка качества существующих композиций на основе кристаллического сахара и подсластителей, а также анализ способов получения таких продуктов и выбор эффективной технологии.

### Материалы и методы исследования

Исследования проведены с сахаром-песком, содержащим сателлитную добавку стевииолгликозидов (E960). Использованы методы математического моделирования: кинетическое моделирование виброоживленного слоя кристаллов [3–5], стохастическое моделирование осаждения добавок на поверхности кристаллов сахара-песка [2]; импедансной спектро-

скопии кристаллов на частоте 10 МГц с использованием высокочастотного измерителя вектора импеданса и фазового угла измеряемого импеданса BM-538 Tesla [7]; 4-х электродный потенциометрический метод определения количества стевииозида в композиции кондуктометром «HANNA» HI 9033 методом добавок [8]; дисперсионный анализ и оценка габитуса кристаллов сахара микроскопированием с использованием цифровой видеокамеры DCM-130 (чувствительный элемент 1 300 000 пиксел, МАХ разрешение 1280x1008).

### Результаты исследования и их обсуждение

В последнее время в научной литературе отстаивается мнение, что добавленные сахара представляют опасность для здоровья, которая оправдывает борьбу с ними, как с алкоголем. При этом акцентируется внимание потребителей именно на «добавленном сахаре», определяемом как любой подсластитель, содержащий фруктозу, которая добавляется в пищу при обработке. Это подтверждается все возрастающим количеством научных данных, которые показывают, что негативное влияние фруктозы усиливается способностью к кумулятивному эффекту в печени, вызывающему печеночную токсичность и множество других хронических заболеваний.

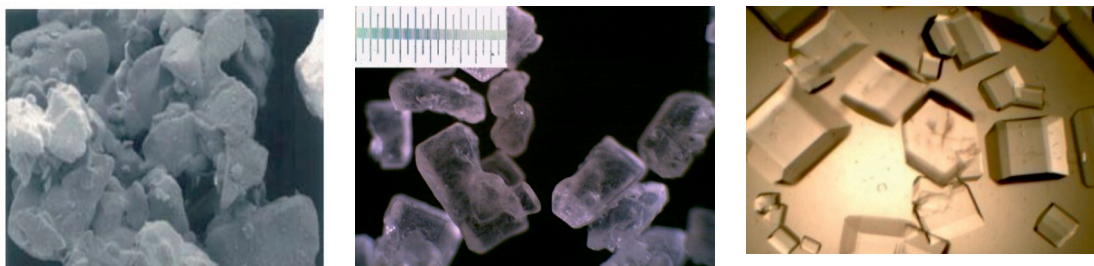
В связи с этим, начиная с 2000 г., рост рынка сиропов с высоким содержанием фруктозы (СВСФ) затормозился, что связано с установлением фактов взаимосвязи между употреблением СВСФ и ожирением, сердечно-сосудистыми заболеваниями, диабетом и неалкогольным ожирением печени. Вопрос об ограничении потребления фруктозы одновременно связан и с ограничением основных средств ее доставки – глюкозно-фруктозных сиропов а также сахара. Ежегодно все большее количество продуктов и напитков позиционируется маркетологами и продается как изделия с «низким/пониженным содержанием сахара».

В результате исследования проанализированы технологии получения и сделаны оценки качества некоторых композиций кристаллического сахара с добавками подсластителей, производимых в качестве продукции пониженной калорийности.

Недостатки известных технологий получения композиционных сахаросодержащих продуктов [1, 6, 10] заключаются в том, что малая добавка (менее чем 1 : 100) высокоинтенсивного подсластителя с коэффици-

ентом сладости 200–500 недостаточно равномерно смешивается с кристаллическим сахаром, и эта неравномерность введения и распределения добавки не устраняется при последующем интенсивном перемешивании компонентов. В результате создаются неоднородные вкусовые свойства сахаросодержащего продукта, и ухудшается его потребительское качество.

Например, порошкообразный сахар *SteviaSucrose* получают в виде композиции гранулированного сахара и стевииолгликозидов (E960), который имеет средний диаметр гранул около 0,25 мм и достаточно открытую структуру пор (рисунок, а), обеспечивающую эффективную дисперсию сахарозы и стевии при растворении в воде, облегчающую быстрое растворение [10]. Однако такой продукт значительно отличается от кристаллического сахара как по структуре частиц так и по размеру не соответствует средней фракции кристаллов с размером 0,5–1,5 мм по ГОСТ 31895-2012. В нем не достигается равномерное распределение и закрепление стевииозида на гранулах, возникает расслоение продукта при перефасовании и хранении.



а) б) в)  
Микроструктура композиций сахара с подсластителями: а) – гранулированный сахар *SteviaSucrose* с 50%-ным замещением сладости сахара стевииозином [10]; б) – кристаллический продукт «Сладкий сахар» с содержанием 0,4% сахарина; показана шкала 1 мм объектив-микроскопа [1]; в) – сахаро-стевииозидный продукт «Greenlite Stevia Sugar» с соотношением сладости компонентов  $SES = 1 : 1$  [9]

Способ получения продукта «Сладкий сахар» предусматривает периодическое смешивание (усреднение) в течение 10–15 мин кристаллов сахарозы с подслащивающим веществом (сахарин E954) в вибрационном смесителе с торообразной смесительной камерой. В массу сахарина вводят воду до получения суспензии или раствора и используют их для смешивания с сахарозой. Содержание воды в готовой смеси составляет 0,1–2,4 вес.ч. воды на 100 вес.ч. готового продукта. Полученную смесь высушивают. Сушку смеси проводят непосредственно в камере вибрационного смесителя путем продувания нагретым воздухом через массу продукта [1].

Недостатками данного способа являются:

- периодическое осуществление процесса в камере вибросмесителя небольшой вместимостью 0,4–1 м<sup>3</sup> и, как следствие, нестабильность качества получаемого продукта, зависящее от точности дозирования и соотношения компонентов, а также времени смешивания;

- при соотношениях компонентов 1:100 и выше (в данном способе соотношение равно 1:250) желательно осуществлять предварительное смешивание всего количества добавки сахарина с кристаллическим сахаром в вибросмесителе с небольшой камерой (5 литров) и полученную смесь вводить в основной вибросмеситель;

- процесс перемешивания кристаллов с наложением пространственной (трех-

компонентной) вибрации сопровождается эффектом значительного повреждения габитуса кристаллов и истирания их граней (рисунок, б), т.к. они участвуют не только в интенсивном циркуляционном движении, но и совершают спиралеобразные движения, внутри тороидальной камеры смешивания;

- наблюдается агломерация кристаллов, т.к. раствор подсластителя частично растворяет грани кристаллов и выполняет роль связующей жидкости;

- за время смешивания 10–15 мин достигается эффективность смешивания около 90%; а для достижения большей эффективности необходимо увеличение продолжительности смешивания.

Современные технологии в пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, в медицине и других отраслях широко используют на различных этапах производства аэрозольное покрытие твердой дисперсной фазы и гранулированных материалов.

В результате проведенных исследований разработан новый способ производства сахаросодержащего продукта предусматривающий дозирование и перемешивание кристаллического сахара и раствора подслащивающего вещества в вибрационном смесителе и сушку продукта [9]. Оригинальным в способе является то, что в качестве кристаллического сахара используют увлажненный сахар влажностью 0,8–%, а дозирование раствора подслащивающего вещества осуществляют пневматическим аэрозольным распылением на вибрирующий в смесителе слой кристаллического сахара толщиной 30–50 мм, причем интенсивность вибрирования последнего устанавливают достаточную для приведения слоя кристаллического сахара в виброоживленное состояние.

В качестве подслащивающего вещества используют 50–60% – ный водный раствор гликозилированного стевииозиды, дозирование которого осуществляют с учетом изменения вкуса сахаросодержащего продукта в зависимости от соотношения сладости компонентов  $SES = 1 + P$ , где 1 – эталонная сладость сахарозы и  $P$  сладость, обеспечиваемая стевииозидом. При этом количество стевииозиды составляет 0,5–2,0 весовых частей на 100 весовых частей сахара.

Стевиозид, являясь *натуральным* некалорийным заменителем сахара на основе экстракта стевии, делает возможным получение продуктов полезных для здоровья. Проведенные исследования показали, что стевииозид не влияет на уровень сахара в крови, что позволяет использовать его больным диабетом и гипергликемией, а также не способствует уменьшению сахара в крови у людей, не болеющих диабетом.

Многолетние исследования, проведенные Эндокринологическим Научным Центром Российской Академии медицинских наук, научными центрами США, Японии, Дании и других стран, подтвердили, что стевия нормализует в организме человека функцию иммунной системы, кровообращения и поддержания артериального давления в пределах нормальных значений; улучшает репарацию различных язвенных процессов, стимулирует секрецию инсулина, а также является антигипергликемическим средством для лечения сахарного диабета 2 типа и положительно рекомендуется для людей, обладающих избыточным весом.

Медикобиологические исследования стевииозиды, проведенные в разных странах мира, показали, что при его регулярном употреблении снижается содержание сахара, радионуклидов и холестерина в организме, улучшаются регенерация клеток и коагуляция крови, тормозится рост новообразований, укрепляются кровеносные сосуды. Отмечены также желчегонное и противовоспалительное действия. Стевиозид препятствует образованию язв в желудочно-кишечном тракте. Как показали исследования, метаболизм ферментативно обработанного стевииозиды в организме протекает аналогично интактным формам с образованием тех же продуктов.

По предложенной технологии [9] осуществлена выработка сахаро-стевииозидного продукта, имеющего  $SES = 2$ , в процессе получения которого качество контролировалось специально разработанным для теххимического заводского контроля кондуктометрическим способом [8], а также импедансной спектроскопией [7].

Указанные способы контроля имеют высокие метрологические характеристики, достаточно экспрессны и являются альтернативными способом определению стевииозиды методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Способ позволяет расширить ассортимент сахаросодержащих продуктов и получить на основе сахара-песка обогащенные стевииозидом и другими добавками продукты профилактического назначения с улучшенными потребительскими свойствами – равномерным распределением добавок на кристаллах сахара, что создает высокую однородность вкусовых качеств. При этом сохраняется форма и не происходит истирание поверхности кристаллов в процессе внесения раствора добавки (рисунок, в). В результате распределения добавки в поверхностной пленке воды вокруг кристаллов сахара и закрепления добавки в процессе дальнейшего высушивания продукт не имеет ограничений при использовании по хранению,



фасованию и транспортировке в отличие от известных ранее. В готовом продукте отсутствует агломерация кристаллов.

Полученный сахаро-стевиозидный продукт с функциональными свойствами стевии-олигосахаридов может быть рекомендован для использования в технологии хлебопекарных и кондитерских изделий и как столовый подсластитель пониженной калорийности. При этом достигаются определенные преимущества продукции: двукратное снижение калорийности; отличный вкус и обеспечение равномерного распределения сладости в продукте; снижение гликемического индекса; стабильные вкусовые качества при хранении.

Функциональные свойства и технические характеристики композиционного сахаро-стевиозидного продукта:

- 100% натуральный, экологически чистый и безопасный продукт (рекомендации ГУ НИИ Питания РАМН);

- легкий низкалорийный продукт при сопоставимой с традиционной сладостью в единицах SES (с регулируемым снижением калорийности от двукратного и менее, в зависимости от нанесенного пленочного покрытия стевии-олигосахаридов);

- более высокая по сравнению с сахаром сладость продукта, отнесенная к удельному объему;

- адгезивное покрытие стевии-олигосахаридом кристаллов сахара, обеспечивающее устойчивость пленочного покрытия к внешним воздействиям при фасовании, транспортировке и хранении (исключается эффект отслаивания с поверхности кристаллов и распада продукта);

- равномерное распределение микродобавки стевии-олигосахаридов по массе продукта, исключающее неравномерность вкуса;

- количественный синергизм – взаимное усиление сладости компонентов, что позволяет добиваться их экономии;

- повышение сыпучести сахара, отсутствие слеживаемости при хранении;

- увеличение срока хранения продукта с 2-4-х лет до 5-6-ти лет;

- возможность производства освежающих напитков с пониженной калорийностью, обозначаемых как «легкие» или «light»;

- исключение эффекта «хлопьеобразования» («флокуляции») или помутнения в напитках ввиду 2-3-х кратного уменьшения количества вносимого сапонина с сахаро-стевиозидным продуктом;

- упрощение технологии производства продуктов питания и напитков за счет использования предварительно полученной необходимой композиции сахара и стевии-олигосахаридов, а также уменьшение времени и стоимости от их возможного раздельного использования.

## Заключение

Предложен усовершенствованный способ получения сахаро-стевиозидного продукта с щадящим воздействием на кристаллы и сохранением их габитуса, граней и поверхности, исключающий пылеобразование, агломерирование кристаллов и создающий адгезивный слой микродобавки на поверхности кристаллов.

Предложенный способ производства сахаросодержащего продукта позволяет получить готовый продукт с равномерным покрытием кристаллов сахара раствором подслащивающего вещества, что создает высокую однородность вкусовых качеств. При распылении концентрированного раствора стевии-олигосахаридов влажность сахара увеличивается незначительно и необходимость в дополнительной сушке, как отдельной технологической операции, исключается. Продукт не теряет вкусовые качества при хранении и способен выдерживать стандартные условия складирования, а также не имеет ограничений при транспортировке в отличие от известных ранее. Использование сахаросодержащего продукта, полученного предложенным способом, является экономически целесообразным.

## Список литературы

1. Пат. 2129161 Российская Федерация. МПК6 С 13 F 3/00. Способ производства сахаро-содержащего продукта / Суслов М.А. ; заявитель и патентообладатель Суслов М.А. – № 97120749/13; заявл. 19.12.97; опубл. 20.04.99.
2. Петров С.М. Вероятностная модель включения несхаров в растущие кристаллы сахара / С.М. Петров, Д.В. Арапов, В.А. Курицын // Сахар. – 2011. – № 8. – С. 34–38.
3. Петров С.М. Оценка времени пребывания частиц твердой фазы в виброожиженном слое при нанесении сателлитного компонента / С.М. Петров, Н.М. Подгорнова, К.С. Петров, В.И. Рязских // Третья Междунар. научн. практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ-2008» // Труды конференции, Москва-Тамбов, 16-20 сент. 2008. – М.: 2008. – Т. 1. – С. 159–162.
4. Петров С.М. Разработка вибрационных технологий и техники кристаллизации сахарозы и лактозы; автореф. дис. ... докт. техн. наук / С.М. Петров. – М.: МГАПП, 1994. – 48 с.
5. Подгорнова Н.М. Развитие научных основ и совершенствование очистки соков и кристаллизации из сахаросодержащих растворов : автореф. дис. ... докт. техн. наук / Н.М. Подгорнова. – М.: МГУПП, 2000. – 48 с.
6. Alternative Sweeteners in a Higher Sugar Price Environment / International Sugar Organization, MECAS (12) 04; MARCH 2012. – 59 p.
7. Petrov S.M. Impedancemetric control of sugar massecuite boiling / S.M. Petrov, Y.A. Zagorulko // International Sugar Journal. – 2005. – Vol. 107. Issue No. 1284. – P. 693–699.
8. Petrov S.M., Podgornova N.M. & Varlamov D.N. Method for Determining Stevioside Content in Sacchariferous Substance. Application No PI 20043437 Patent Malaysia. Applicant – Mercury Spark Limited; Filing for Grant of Patent 23.08.2004.
9. Petrov S.M., Podgornova N.M. & Varlamov D.N. Method for Production of a Sacchariferous substance. Application No PI 20043932 Patent Malaysia. Applicant – Mercury Spark Limited; Filing for Grant of Patent 24.09.2004.
10. www.nordicsugar.com/fileadmin/Nordic\_Sugar/Brochures\_factsheet\_policies\_news/Download\_center/Stevia/Stevia\_Dry\_Combinations.pdf.