

Проблемы использования заменителей сахара в сахаросодержащих продуктах

Надежда Чикова, Анна Борисова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Информация о статье

Поступила в редакцию:

15.05.2021

Принята

к опубликованию:

14.10.2021

УДК 664.162.8

JEL Q16

Ключевые слова:

сахаросодержащие продукты, замена сахара, подсластители, пищевые волокна, стевия, полиолы, сладкие белки

Keywords:

sugar-containing products, sugar replacement, sweeteners, dietary fiber, stevia, polyols, sweet proteins

Аннотация

В современном мире существует проблема чрезмерного употребления сахара. Из-за употребления большого количества сахара возникают различные болезни, такие как: сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания и ожирение. Особенно большое количество сахара содержится в кондитерских изделиях. В то же время уменьшение количества сахара в рецептуре сахаросодержащих продуктов может привести к негативным последствиям, например, уменьшению пористой структуры и объема выпечки, уменьшению срока годности продукта, ухудшению структуры и цвета изделия и др. Для решения данной проблемы сахар в сахаросодержащих продуктах заменяют комбинациями наполнителей и подсластителей или сладкими наполнителями, такими как полиолы. В статье рассмотрено влияние различных подсластителей на сахаросодержащие продукты, описаны возможные сложности с заменой сахара, например, при использовании некоторых полиолов может возникнуть диарея, т. к. сахарные спирты не могут ферментироваться и очень медленно всасываются, или, например, большинство сладких белков не термоустойчивы, поэтому их применение в хлебопекарной промышленности на данный момент затруднено.

Problems of using sugar substitutes in sugar-containing products

Nadezhda Chikova, Anna Borisova

Abstract

In the modern world, there is a problem of excessive sugar consumption. Due to the consumption of large amounts of sugar, various diseases occur, such as diabetes, cardiovascular diseases and obesity. Especially a large amount of sugar is found in confectionery products. At the same time, reducing the amount of sugar in the recipe of sugar-containing products can lead to negative consequences, for example, a decrease in the porous structure and volume of baking, a decrease in the shelf life of the product, a deterioration in the structure and color of the product, etc. To solve this problem, sugar in sugar-containing products is replaced with combinations of fillers and sweeteners or sweet fillers, such as polyols. The article discusses the effect of various

sweeteners on sugar-containing products, describes possible difficulties with sugar replacement, for example, when using some polyols, diarrhea may occur, because sugar alcohols cannot be fermented and are very slowly absorbed, or, for example, most sweet proteins are not heat-resistant, so their use in the baking industry is currently impossible.

Введение. Роль сахара в кондитерских изделиях

Сахар является важным компонентом, способствующим формированию вкуса, аромата и цвета изделий. Во время выпечки сахар влияет на цвет корочки – выделяя меланоидины, выпечка с добавлением сахара темнеет при температурах от 160 °С изделие приобретает светло-коричневый цвет, а при 190 °С цвет корочки достигает темно-коричневой окраски.

Сахар влияет на массу и объем пищи. Применение сахара увеличивает объем хлеба, так как при взаимодействии с дрожжами образуется углекислый газ, который вызывает увеличение объема выпечки, придавая ей пористую структуру.

Кроме того, сахар влияет на термодинамические свойства воды. Температура кипения раствора сахар-вода повышается, а температура замерзания понижается, с увеличением количества сахара. Более того, добавление сахара в воду изменяет ее консистенцию и приводит к увеличению вязкости раствора.

Сахар обладает высоким сродством к воде. Как следствие, молекулы сахара немедленно связываются с водой путем образования водородных связей. Это взаимодействие вызывает снижение активности воды в продуктах с содержанием сахара. Более низкая активность воды, в свою очередь, способствует более длительному сроку хранения, поскольку для роста микроорганизмов требуется свободно доступная вода [1-5].

Как правило, замена сахара требует использования как альтернативных подсластителей, так и наполнителей. Последние обычно обеспечивают энергией, и их использование зависит как от рецептуры пищевого продукта, так и от законодательных ограничений и потребительских предпочтений. Высокоинтенсивные подсластители (HIS) обычно используются в низкокалорийных молочных продуктах, кондитерских изделиях и жевательных резинках.

В качестве наполнителей используются неперевариваемые углеводы, включая некрахмальные полисахариды, резистентные крахмалы, олигосахариды (такие как фруктоолигосахариды и инулин) или полиолы (такие как сорбит и ксилит) [3, 6-7].

Влияние сахара на здоровье человека

На сегодняшний день в мире существует проблема чрезмерного употребления сахара. Употребление сахара в больших количествах может привести к различным болезням таким как: сахарный диабет, повышение кровяного давления или уровня холестерина. Количество людей, страдающих ожирением, сердечно-сосудистыми заболеваниями и диабетом 2-го типа значительно увеличилось. По опубликованной статистике 1,9 миллиарда взрослых старше 18 лет и 41 миллион детей в возрасте до 5 лет имеют избыточный вес или страдают ожирением. Кроме того, к настоящему времени установлен дефицит определенных витаминов в суточном пищевом рационе населения.

Поэтому для уменьшения риска заболеваний в большинстве стран мира пытаются уменьшить потребление сахара за счет ввода налогов на сладкую продукцию, а в кондитерской промышленности в изготавливаемые изделия добавляют витамины, минеральные вещества и микроэлементы, а также заменяют сахар альтернативным сырьем. Таким образом, при использовании нетрадиционного сырья

уменьшается калорийность кондитерских изделий, повышается их биологическая ценность, а также расширяется ассортимент выпускаемой продукции [1, 8].

Характеристика подсластителей, используемых в кондитерской промышленности

Подсластители разделяют на натуральные и искусственные.

Натуральными подсластителями являются фруктоза (содержится в меде и агаве), лактоза (содержится в молоке), сахароза (столовый сахар), сахарные спирты (они имеют сходную интенсивность сладости с сахарозой, но вносят меньше калорий из-за более медленного и неполного всасывания в кишечнике).

Искусственные подсластители не встречаются в природе, а синтезируются. Первый искусственный подсластитель – сахарин. Искусственные подсластители могут быть синтезированы из природного источника, например, сукралозу получают из сахарозы, но так как она синтезируется из сахарозы, то данный подсластитель уже не считается натуральным.

Натуральные и искусственные подсластители сильно различаются по своей сладости. Натуральные подсластители могут быть слаще сахарозы от 0,1 до 450 раз, тогда как искусственные подсластители могут быть до 20 000 раз слаще сахарозы [9-10].

Ингредиенты, используемые в кондитерской промышленности для уменьшения объема сахара в продуктах

На сегодняшний день разработано множество рецептов кондитерских изделий с добавлением различных ингредиентов, помогающих снизить объем сахара в выпускаемой продукции, а также обогатить ее полезными нутриентами.

Растительные волокна. Одним из перспективных заменителей сахарозы в кондитерских изделиях являются продукты переработки растительного сырья. Например, предложен вариант изготовления кекса на основе продуктов переработки топинамбура – клетчатки и сиропа.

По химическому составу клубни топинамбура похожи на картофель, а по питательной ценности они превосходят многие овощи. Клубни топинамбура содержат до 3% белка, инулин, фруктозу, минеральные и азотистые вещества, витамины группы В, С, каротин. Инулин, содержащийся в продуктах переработки топинамбура, способствует снижению уровня холестерина и глюкозы в крови, а также является пребиотиком. Благодаря улучшению обмена веществ укрепляется иммунная система, повышается сопротивляемость патогенным микроорганизмам и вирусам.

При введении сиропа и клетчатки топинамбура в рецептуру кекса «Столичный» было установлено, что полная замена сахара в рецептуре положительно сказалась на органолептических и физико-химических свойствах кекса. Полученное изделие к тому же имело более долгий срок хранения. При температуре 18–22 °С продукт хранился в течение 5 суток. Таким образом, совместное использование сиропа из топинамбура и клетчатки топинамбура позволило продлить сроки сохранения свежести изделий, а также улучшило качественный состав продукта [11].

Также для замены сахара предлагают использовать трегалозу – натуральный дисахарид, состоящий из двух глюкозидных групп, связанных через соответствующие аномерные атомы углерода по α -гликозидной связи. Трегалоза присутствует в природе в бактериях, дрожжах, грибах и водорослях, а также в некоторых высших растениях. Трегалоза обеспечивает чистую сладость, по интенсивности примерно в два раза меньшую сладости сахарозы, а также характеризуется

очень низкой гигроскопичностью и высокой температурой стеклования, благодаря чему у пищевых продуктов с трегалозой повышается стабильность вкуса и аромата, цвета и содержания влаги, также увеличивается срок хранения.

При замене сахара в рецептуре кекса «Столичный» на трегалозу и фруктозу также наблюдалось улучшение органолептических и физико-химических показателей. Кроме этого, для увеличения полезных нутриентов в продукт были добавлены розмарин и цикорий, а для обеспечения высокого содержания белков в продукт добавили концентрат молочного белка «Ledor MI 85 T». Полученные кексы отмечены также замедленным процессом черствения [12].

Следующим предложенным вариантом является добавление во взбитый десерт молочной сыворотки, пищевых волокон и фруктозы. За основу был взят компонентный состав мусса клюквенного, содержащего клюкву, сахар, стабилизатор – желатин и воду. С целью обогащения мусса минеральными веществами и аминокислотами вода была заменена на молочную сыворотку, сахар – на фруктозу и желатин. В качестве стабилизатора в разрабатываемом десерте использовали цитрусовые волокна Citri-Fi. Органолептические показатели образцов муссов с пищевыми волокнами на основе молочной сыворотки улучшились по сравнению с контрольным образцом, а консистенция стала более легкой и воздушной [13].

Были проведены исследования по замене сахара солодовым экстрактом в концентрированном молочном продукте (КМП). По результатам исследования КМП с заменой 10 % сахара солодовым экстрактом в сравнении с контрольным образцом содержал на 26 % выше белка и на 2,9 % ниже углеводов, а также в образце продукта с солодовым экстрактом содержатся пищевые волокна, которые удовлетворяют 18 % суточной потребности организма человека [14].

Существует исследование по замене сахара сахарозаменителем стевией в йогурте. Стевию добавляли вместе с пребиотиком Актилайт в изготавливаемый продукт. По органолептическим и физико-химическим свойствам готовое изделие практически не отличалось от оригинального продукта [15].

В Бельгии проводили исследования по замене сахара в шоколадных конфетах путем добавления инулина и полидекстрозы в качестве наполнителей и экстрактами стевии и тауматина (сладкого белка) в качестве сахарозаменителей. Опытные образцы имели чуть более худшие органолептические и физико-химические показатели, но тем не менее производство конфет с использованием данных ингредиентов возможно, т.к. они являются более полезными и имеют меньше калорий [16].

В следующей статье было определено влияние сахара на развитие и микроструктуру воздушных клеток при использовании стевии или инулина, в качестве заменителя сахара в рецептуре кекса. Полная замена сахара с помощью стевии или инулина привела к развитию неоднородных воздушных клеток что приводит к плохой микроструктуре маффина. Однако образцы, включающие частичную замену сахара, имели похожие органолептические и физико-химические показатели, а также являлись менее калорийными [17].

При добавлении стевии в выпекаемую продукцию стоит быть осторожнее, поскольку некоторыми авторами наблюдалось обратное действие стевии на срок годности готовой продукции. В исследовании заседали ломтики торта, приготовленные с использованием сахара, смеси сахара и сахарозаменителя (стевии), и 100 % заменой сахара на стевию, штаммами грибов *Aspergillus flavus*, *Eurotium amstelodami*, *Fusarium graminearum* и *Penicillium verrucosum* с целью определения влияния сахарозаменителей на срок годности изделия. Было доказано, что сахарозаменители могут уменьшить срок хранения готового продукта, поэтому

следует осторожнее добавлять их в рецептуру мучных изделий и внимательнее следить за сроком их хранения [18].

Сахарные спирты. Для снижения сахара в выпекаемой продукции также используют полиолы – сахарные спирты, которые получают либо путем химического или биохимического восстановления сахаров, либо в процессе ферментации с использованием молочнокислых бактерий или дрожжей. Как правило, полиолы содержат меньше калорий и снижают постпрандиальную гликемию.

Хотя полиолы обладают полезными для здоровья свойствами, необходимо упомянуть некоторые негативные аспекты. Тот факт, что сахарные спирты не могут ферментироваться и очень медленно всасываются, приводит к возникновению осмотической диареи. Степень слабительного эффекта зависит в первую очередь от типа полиола, например, маннит и изомальт, показывают высокий уровень слабительного эффекта, а эритрит не вызывает диареи. Кроме того, замена сахара полиолами приводит к снижению сладости продукта.

Полиолы влияют на желатинизацию и вязкость крахмала так же, как и сахар, с другой стороны, полная замена сахара полиолами, приведет к уменьшению цвета выпекаемой продукции, а также, замена сахара полиолами в дрожжевых заквасках приведет к снижению активности дрожжей и к уменьшению объема, и получению изделия с более плотной структурой мякиша. Но частичная замена сахара полиолами в сладкой выпечке приведет только к положительным результатам [1].

Существует исследование по замене сахара полиолами мальтитом, изомальтом, ксилитом и эритритом в жевательных конфетах. Мальтит наиболее приближен к свойствам сахарозы и представляет собой отличный вариант замены сахарозы в пропорциях «один к одному». Изомальт позволяет создавать кондитерские изделия с высоким сроком хранения без сахара благодаря своему очень низкому водопоглощению, а также вкусовым качествам. Ксилит и эритрит применимы для большинства видов кондитерских изделий, и несмотря на то, что они являются дорогостоящими альтернативами, они не вредят здоровью зубов, т.к. не ферментируются большинством микроорганизмов в полости рта, и при этом содержат в себе минимум калорий.

Модель изделия, состоящая из эритритола и изомальта (соотношение 1:1), была использована в качестве эталона для получения жевательных конфет без добавления сахарозы [19].

Сладкие белки. Одним из инновационных решений замены сахара в сладких изделиях являются сладкие белки. В настоящее время известно семь белков сладкого вкуса: тауматин, миракулин, куркулин, монеллин, мабинлин, пентадин, браззеин. Все они были идентифицированы в плодах, произрастающих в Африке или Азии. Среди всех видов тауматин является единственным сладким белком, одобренным в качестве усилителя вкуса в некоторых пищевых продуктах. Однако тауматин не стабилен при выпечке или кипячении. Сейчас пытаются решить проблему с нестабильностью сладких белков, возможно, в будущем данные ингредиенты станут не плохой заменой сахару [1].

Результаты исследования

Таким образом, проблема повышенного употребления сахара обсуждается во всем мире, но так как роль сахара в кондитерских изделиях довольно важна, то ему сложно найти достойную замену. Для замены сахара уже давно используют различные сахарозаменители, растительные волокна, по органолептическим показателям данные изделия довольно близки к идеалу. Использование полиолов для замены сахара, возможно только при частичной его замене, так как полная

замена сахара полиолами приведет к уменьшению цвета выпекаемой продукции, снижению активности дрожжей и, как следствие, уменьшению объема полученного изделия, и более плотной структуре мякиша. Применение сладких белков в хлебобулочных изделиях пока недостаточно изучено и затруднено, так как они обладают малой термостабильностью. Тауматин чаще всего используют в виде подсластителя для жевательной резинки, а также для усиления вкуса и аромата различной кондитерской продукции. В данной статье были рассмотрены перечисленные ингредиенты, используемые для замены сахара, приведены примеры их использования в кондитерской промышленности и описано влияние их на организм человека.

Список источников / References

1. Sahin A. W., Zannini E., Coffey A., Arendt E.K. Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. Elsevier, 2019, vol. 126, no. 108583, pp. 1-17.
2. Ronda F., Gomez M., Blanco C.A., Caballero P.A. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chemistry, 2005, vol. 90, no. 4, pp. 549-555.
3. Monaco R., Miele N.A., Cabisidan E.K., Cavella S. Strategies to reduce sugars in food. Food Science, 2018, no. 19, pp. 92-97.
4. Richardson A.M., Tyuftin A.A., Kilcawley K.N., Gallagher E., O' Sullivan M.G., Kerry J.P. The impact of sugar particle size manipulation on the physical and sensory properties of chocolate brownies. LWT, 2018, vol. 95, pp. 51-57.
5. Tau T., Gunasekaran S. Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes. LWT, 2016, vol. 69, pp. 570-578.
6. Müller D. C., Nguyen H., Li Q., Schonlechner R., Schwenninger S.M., Wismer W., Ganzle M. Enzymatic and microbial conversions to achieve sugar reduction in bread. Food Research International, 2021, vol. 143, pp. 1-9.
7. Konar N., Palabiyik I., Toker O.S., Polat D.S., Kelleci E., Pirouzian H.R., Akcicek A., Sagdic O. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: Effect of inulin DP on various quality properties and viability of probiotics. Journal of Functional Foods, 2018, vol. 43, pp. 206-213.
8. Luo X., Arcot J., Gill T., Louie J., Rangan A. A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. Trends in Food Science & Technology, 2019, vol. 86, pp. 412-425.
9. Aidoo R.P., Depypere F., Afoakwa E.O., Dewettinck K. Industrial manufacture of sugarfree chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. Trends in Food Science & Technology, 2013, vol. 32, pp. 84-96.
10. McCain H. R., Kaliappan S., Drake M. A. Invited review: Sugar reduction in dairy products. American Dairy Science Association, 2018, vol. 101, no. 10, pp. 8619–8640.
11. Поснова Г.В., Семенкина Н.Г., Никитин И.А., Труфанова Ю.Н. Разработка технологии кекса функциональной направленности на основе продуктов переработки топинамбура. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2017, №1, сс. 152-157. [Posnova G.V., Semenkina N.G., Nikitin I.A., Trufanova Ju.N. Razrabotka tehnologii keksa funkcional'noj napravlennosti na osnove produktov pererabotki topinambura. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij, 2017, no. 1, pp. 152-157.]
12. Ткешелашвили М.Е., Бобожонова Г.А., Сорокина А.В. Расширение ассортимента обогашенных кексов. Хранение и переработка сельхоз сырья, 2019, № 4, сс. 89-102. [Tkeshelashvili M.E., Bobozhonova G.A., Sorokina A.V. Rasshirenie assortimenta obogashennyh keksov. Hranenie i pererabotka sel'hoz syr'ja, 2019, no. 4, pp. 89-102.]

13. Плеханова Е.А., Банникова А.В., Шестопалова Н.Е., Птичкина Н.М. Взбитый десерт на основе молочной сыворотки с пищевыми волокнами CITRI-FI. Техника и технология пищевых производств, 2014, № 1, сс. 73-77. [Plehanova E.A., Bannikova A.V., Shestopalova N.E., Ptichkina N.M. Vzbityj desert na osnove molochnoj syvorotki s pishhevymi voloknami CITRI-FI. Tehnika i tehnologija pishhevyyh proizvodstv, 2014, no. 1, pp. 73-77.]
14. Бурмагина Т.Ю. Солодовый экстракт для повышения пищевой и биологической ценности молочных продуктов. Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, 2016, №1, сс. 41-44. [Burmagina T.Ju. Solodovyj jekstrakt dlja povysheniya pishhevoj i biologicheskoy cennosti molochnyh produktov. Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija molodyh uchenyh i specialistov otdelenija sel'skhozajstvennyh nauk Rossijskoj akademii nauk, 2016, no. 1, pp. 41-44.]
15. Guggisberg D., Piccinali P., Schreier K. Effects of sugar substitution with Stevia, Actilight and Stevia combinations or Palatinose on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt. International Dairy Journal, 2011, vol. 21, no. 9, pp. 636-644.
16. Aidoo R.P., Afoakwa E.O., Dewettinck K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. Elsevier, 2015, vol. 62.no. 1, part 2, pp. 592-597.
17. Gao J., Han F., Guo X., Zeng X., Mason S., Brennan M., Brennan C. Image Analysis of the Sugar-reduced Muffin Formulated with Stevianna or Inulin as a Sugar Replacer, 2018, vol. 1, pp. 63-71.
18. Rodríguez A., Magan N., Medina A. Evaluation of the risk of fungal spoilage when substituting sucrose with commercial purified Stevia glycosides in sweetened bakery products. International Journal of Food Microbiology, 2016, vol. 231, pp. 42-47.
19. Silva L.B., Queiroz M.B., Fadini A.L., Fonseca R., Germer S., Efraim P. Chewy candy as a model system to study the influence of polyols and fruit pulp (açai) on texture and sensorial properties. LWT, 2016, vol. 65, pp. 268-274.

Сведения об авторах / About authors

Чикова Надежда Варельевна, студент, Самарский государственный технический университет. 443100 Россия, Самара, Молодогвардейская ул., 244.

E-mail: nadya.chikova.97@mail.ru

Nadezhda V. Chikova, student, Samara State Technical University. 443100 Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244. *E-mail: nadya.chikova.97@mail.ru*

Борисова Анна Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология и организация общественного питания». 443100 Россия, Самара, Молодогвардейская ул., 244.

E-mail: anna_borisova_63@mail.ru

Anna V. Borisova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering. 443100 Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244. *E-mail: anna_borisova_63@mail.ru*