

UDC 664.1

**Medvedeva M.I., Nikolaeva N.V. Investigation of the possibility of complete replacement of sugar with fructose in the production technology of foamy confectionery**

Исследование возможности полной замены сахара на фруктозу в технологии производства пенообразных кондитерских изделий

**Medvedeva Maria Ivanovna,**

student, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (PKU)

Scientific supervisor: **Nikolaeva Natalia Valeryevna,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (PKU)

Медведева Мария Ивановна,

студент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»

Научный руководитель: Николаева Наталья Валерьевна,

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»

**Abstract.** *There is a large assortment of sugary products on the confectionery market, but there are very few functional and dietary products among them. Therefore, the purpose of this work was to develop a technology for the production of a foamy semi-finished product (meringue) with the replacement of sugar with fructose, which has a low glycemic index, does not cause spikes in insulin levels in the blood, and can be used in desserts for people suffering from diabetes. To completely replace sugar in the technology of making meringue with fructose, the chemical and physical properties of fructose and their effect on the processes of foaming and foam resistance were studied. Due to the fact that fructose in its properties has a number of differences from sucrose (higher solubility, lower melting point, high hygroscopicity, lower pH of the medium, less resistance to oxidation, etc.), recommendations were made that should be taken into account when developing a technology for the production of meringue based on fructose. Based on these recommendations, ingredients for the formulation were selected and an equipment and technological production scheme was developed based on the technological scheme for the production of classic meringue with some changes (containers and dispensers for additional ingredients were added; a mixer was selected that allows you to add ingredients in the process of churning foam; an aerator was added and the configuration of the baking oven was changed). As a result, a product was obtained that meets the requirements of the "Specifications for classic meringue cake" with a reduced energy value and has some dietary and diabetic properties.*

**Keywords:** *fructose, meringue production, properties of fructose, foaming, dietary products*

**Аннотация.** На рынке кондитерского производства представлен большой ассортимент сахаристых изделий, но среди них изделий функционального и диетического назначения очень мало. Поэтому целью данной работы была разработка технологии производства пенообразного полуфабриката (безе) с заменой сахара на фруктозу, которая обладает низким гликемическим индексом, не вызывает скачков уровня инсулина в крови, и может применяться в десертах для людей, страдающих сахарным диабетом. Для полной замены сахара в технологии изготовления безе на фруктозу, были изучены химические и физические свойства фруктозы и их влияние на процессы пенообразования и пеноустойчивости. В связи с тем, что фруктоза в своих свойствах имеет ряд отличий от сахарозы (более высокая растворимость, более низкая температура плавления, высокая гигроскопичность, более низкое pH среды, меньшая устойчивость к окислению и т.д.), были сделаны рекомендации, которые необходимо учитывать при разработке технологии производства безе на основе фруктозы. На основе этих рекомендаций были подобраны ингредиенты для рецептуры и разработана аппаратно-технологическая схема производства на основе технологической схемы производства классического безе с внесением некоторых изменений (добавлены емкости и дозаторы для дополнительных ингредиентов; подобран смеситель, позволяющий вносить ингредиенты в процессе сбивания пены; добавлен аэратор и изменена конфигурация печи для выпечки). В результате был получен продукт, соответствующий требованиям

*«Технические условия на пирожное безе классическое» с пониженной энергетической ценностью и обладающий некоторыми диетическими и диабетическими свойствами.*

*Ключевые слова: фруктоза, производство безе, свойства фруктозы, пенообразование, диетические продукты*

DOI 10.54092/25421085\_2021\_11\_99

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

## **Введение**

Одним из направлений государственной политики Российской Федерации является создание технологий производства продуктов лечебно-профилактического назначения для предупреждения различных заболеваний и укрепления защитных функций организма. Основой для создания таких продуктов могут быть сахаристые изделия, т.к. на их долю приходится 18% всего совокупного объема продаж кондитерских изделий в России.

В настоящее время спросом у населения пользуется безе, потребление которого на душу населения в среднем составляет 2,4 кг в год. В своём составе безе содержит белок (протеины, витамины группы В и РР, минералы), лимонную кислоту (витамин С), углеводы, которые являются полезными функциональными ингредиентами. Недостатком безе, как и других кондитерских изделий, является присутствие в их составе большого количества сахара, чрезмерное употребление которого вызывает целый ряд серьезных заболеваний и противопоказано для употребления людям, страдающим сахарным диабетом. Одним из способов решения данной проблемы может быть замена сахара на фруктозу, которая имеет низкий гликемический индекс и не вызывает резких скачков уровня инсулина в крови [5]. Поэтому разработка продуктов на основе фруктозы, в т.ч. производства безе на основе фруктозы, позволит повысить качество и расширить ассортимент сахаристых изделий на рынке диетических и функциональных продуктов [8].

Безе относится к пенообразным кондитерским массам, в которых дисперсионной средой является сахаро-фруктово-белковый, агаро-сахаро-белковый или пектино-сахаро-белковый золь (жидкость), способный при определенных условиях переходить в гель или студень; а дисперсной фазой являются недоформированные пузырьки воздуха (газ), причем пузырьки отделены друг от друга тонкими пленками жидкости (дисперсионной среды).

Форма пузырьков в пене зависит от соотношения объемов газа и жидкости в ней (характеризуется относительной или объемной плотностью пены), степени полидисперсности пены и способа упаковки пузырьков. Ячейки пен, для которых соотношение объемов газовой и жидкой фаз составляет несколько десятков и даже сотен, разделены очень тонкими жидкими пленками и их ячейки представляют собой многогранники [16].

Пены являются термодинамически неустойчивыми системами, так как имеют сильноразвитую поверхность раздела фаз. Для придания устойчивости пене необходимо присутствие в жидкости пенообразователей (ПАВ), молекулы которых обладают амфифильными свойствами и адсорбируются определенным образом на границу раздела фаз, в результате чего на границе раздела фаз снижается поверхностное натяжение. При определенной концентрации ПАВ наступает «насыщение» адсорбционного слоя, начинается мицеллообразование (адсорбированные молекулы ориентируются перпендикулярно поверхностному слою). Стабилизирующее действие адсорбционных слоев ПАВ заключается в уменьшении скорости течения жидкости по каналам и пленкам пены, невозможности развития конвективного переноса и создании определенного профиля каналов пен, в зависимости от типа ПАВ и градиента давления.

Кондитерские пенообразные массы получают диспергационным способом, т.е. при перемешивании жидкости захватывается воздух и дробится на мелкие частички. Одной из важнейших характеристик пены является ее дисперсность, которая определяет многие свойства и процессы, протекающие в ней, а также технологические качества пены.

Одним из факторов самопроизвольного разрушения пены является диффузионный перенос газа из маленьких пузырьков в более крупные, который вызывается неодинаковым давлением газа в пузырьках. Адсорбционные слои ПАВ уменьшают капиллярное давление в малых пузырьках при их сжатии и увеличивают его в больших пузырьках при их расширении.

Вторым после пенообразования процессом, определяющим структуру пенообразных изделий, является студнеобразование. Чтобы зафиксировать пенную структуру, придать массе необходимую для формования механическую прочность, пенообразную массу смешивают с загустителем-студнеобразователем. При смешивании загуститель-студнеобразователь заполняет пространство между воздушными пузырьками, покрытыми адсорбционным слоем белковых молекул (рис.4), происходит утолщение пенных пленок и обогащение их студнеобразующими молекулами загустителя.

В качестве пенообразователей в кондитерской промышленности используются яичные белки, кровяной альбумин, желатин, экстракт мыльного корня и лакричный экстракт, но чаще применяется именно яичные белки, которые при сбивании образует крепкую и устойчивую пену.

Большинство ПАВ стабилизирует пену в щелочной среде, но белковые растворы проявляют максимальную пенообразующую способность в изоэлектрической точке. Поскольку яичный белок обычно является более сильной кислотой, чем основанием, то его изоэлектрическая точка соответствует рН ниже 7. При добавлении электролитов происходит сдвиг изоэлектрической точки, одновременно с этим смещается и максимум пенообразования. Поэтому при изготовлении пенообразных масс необходимо в

рецептурную смесь вводить щелочные препараты (например, лактат натрия).

С повышением температуры смеси уменьшается поверхностное натяжение и вязкость жидкой фазы, что благоприятствует подъему пены, но образовавшаяся пена легко коалесцирует. Низкая температура массы в процессе сбивания нежелательна ввиду повышения вязкости и задержки подъема пены.

С увеличением времени сбивания объем пены повышается, улучшается ее дисперсность, а следовательно, и устойчивость. Однако продолжительность сбивания имеет свой предел, выше которого объем пены уменьшается, ухудшается ее качество и устойчивость [14].

Сахар стабилизирует пену белка, но увеличивает продолжительность его сбивания вдвое. Пенообразующая способность и устойчивость пены снижается в присутствии жира.

Таким образом, на процесс пенообразования яичного белка влияет целый ряд факторов, иногда и взаимосвязанных. Поэтому поставленная в работе задача – полная замена сахарозы на фруктозу в технологии изготовления безе – требует дополнительного изучения влияния фруктозы на основной пенообразователь системы, т.к. сама фруктоза имеет целый ряд отличий в своих химических, физико-химических и технологических свойствах, по сравнению с сахарозой.

### **Методы и методики**

Основным объектом исследования данной работы являлась фруктоза как сахарозаменитель. Предметом исследования являлась применение фруктозы в технологии производства безе на ее основе. Изучались основные химические, физико-химические и технологические свойства фруктозы, в ходе чего выявлялись ее основные отличия от сахарозы и ее поведение в различных технологических операциях. Исследования проводились путем анализа научной литературы, нормативных документов, а также экспериментальные исследования: органолептический метод, титрометрический, вискозиметрический, поляриметрический, рефрактометрический методы для определения качественных показателей разработанного безе.

### **Эксперимент**

Основными рецептурными компонентами кондитерских изделий типа безе являются яичный белок и белый сахар. Яичный белок является пенообразователем, а добавление сахара повышает вязкость пены и оказывает на нее стабилизирующее действие, повышает ее стойкость, замедляет ее разрушение, т.е. позволяет сохранить структуру, форму готовых изделий в процессе термической обработки.

Фруктоза имеет ряд специфических физико-химических и химических свойств, оказывающих влияние на применение ее в пищевой промышленности. При применении фруктозы в пищевой промышленности в качестве заменителя сахарозы необходимо учитывать ее свойства и корректировать технологию [5, 10].

Фруктоза обладает высокой гигроскопичностью, начинает сорбировать влагу из окружающего воздуха при относительной влажности воздуха 45-50%. Даже небольшое добавление фруктозы к сахарозе приводит к появлению у последней гигроскопичных свойств (табл.1), благодаря чему она является консервантом влаги, что должно быть учтено при подборе упаковочного материала для длительного хранения.

Таблица 1

Гигроскопичность сахарозы в смеси с другими сахарами при 25°C [9]

| Наименование сахара            | Относительная влажность воздуха, %     |           |            |                  |           |            |                  |           |            |
|--------------------------------|--|-----------|------------|------------------|-----------|------------|------------------|-----------|------------|
|                                | 81,8                                   |           |            | 62,7             |           |            | 43,0             |           |            |
|                                | Количество влаги, %, поглощенное через |           |            |                  |           |            |                  |           |            |
|                                | 1<br>день                              | 5<br>дней | 10<br>дней | 1<br>день        | 5<br>дней | 10<br>дней | 1<br>день        | 5<br>дней | 10<br>дней |
| Сахароза                       | Не гигроскопична                       |           |            | Не гигроскопична |           |            | Не гигроскопична |           |            |
| Сахароза + 10% <i>фруктозы</i> | 6,03                                   | 11,06     | 13,87      | 1,73             | 3,42      | 3,38       | 0,05             | 0,05      | 0,04       |

Фруктоза по сравнению с сахарозой хорошо растворима в воде (табл.2). Это имеет важное значение с точки зрения получения сиропов фруктозы с более высоким содержанием сухих веществ.

Таблица 2

Показатели растворимости фруктозы и сахарозы [9]

| Показатель                        |                 | Температура, °C |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
|                                   |                 | 20              | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   |
| Растворимость, г<br>на 100 г воды | <i>фруктоза</i> | 370             | 444  | 538  | 660  | 830  | 1170 | 1820 |
|                                   | <i>сахароза</i> | 204             | 210  | 238  | 260  | 288  | 325  | 370  |
| Массовая доля<br>сухих веществ, % | <i>фруктоза</i> | 78,9            | 81,6 | 84,3 | 86,9 | 89,2 | 92,1 | 94,8 |
|                                   | <i>сахароза</i> | 67,1            | 68,7 | 70,4 | 72,2 | 74,2 | 76,5 | 78,7 |

Вязкость растворов фруктозы и их относительная плотность ниже, чем соответствующих растворов сахарозы (табл.3 и 4).

Таблица 3

Вязкость растворов фруктозы и сахарозы, Па·с·10<sup>-3</sup> [9]

| Сахара   | Концентрация раствора, % |     |     |      |      |       |
|----------|--------------------------|-----|-----|------|------|-------|
|          | 20                       | 20  | 40  | 50   | 60   | 70    |
| Сахароза | 1,9                      | 3,2 | 6,2 | 15,0 | 57,2 | 400,0 |
| Фруктоза | 1,8                      | 2,9 | 5,6 | 11,0 | 34,0 | 170,0 |

Таблица 4

### Относительная плотность растворов сахаров при 20°C [9]

| Сахара   | Содержание сахара в г/100 г раствора |        |        |        |        |        |        |        |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | 5                                    | 10     | 20     | 30     | 40     | 50     | 60     | 70     |
| Сахароза | 1,0197                               | 1,0400 | 1,0830 | 1,1291 | 1,1787 | 1,2320 | 1,2891 | 1,3500 |
| Фруктоза | 1,0180                               | 1,0385 | 1,0816 | 1,1276 | 1,1769 | 1,2295 | 1,2853 | 1,3444 |

Фруктоза, в отличие от сахарозы, очень медленно выкристаллизовывается из пересыщенных растворов. В сравнении с сахарозой она термически менее устойчивая. Температура плавления фруктозы - 104°C, сахарозы - 184-185°C.

Для растворов фруктозы в интервале температур 40-140°C изокаталитическая точка соответствует значению рН 3,5-4,0. При отклонении величины рН от изокаталитической точки скорость распада фруктозы резко возрастает. В щелочной среде устойчивость фруктозы резко снижается.

Замена сахара фруктозой (более 25%) заметно снижает термостабильность пенообразной массы, но обеспечивает большую устойчивость к синерезису (рис. 1 и 2).

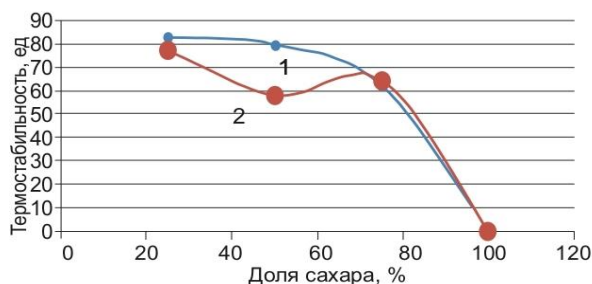


Рисунок 1. Влияние доли замены сахара глюкозой (1) и фруктозой (2) на термостабильность пенообразного изделия [6]

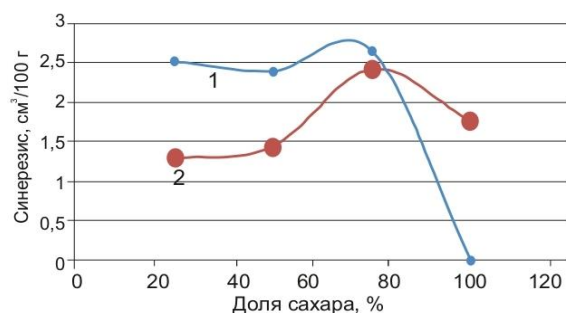


Рисунок 2. Влияние замены сахара глюкозой (1) и фруктозой (2) на синерезис пенообразной массы [6]

Сладость кристаллической фруктозы по сравнению с сахарозой, принятой за 1, составляет 1,8 [1]. Сладость растворов фруктозы в значительной степени зависит от температуры (рис.3).

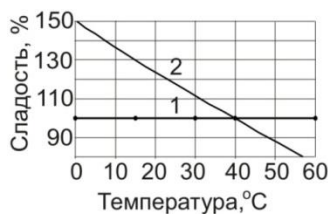


Рисунок 3. Изменение сладости сахаров в зависимости от температуры: 1 - сахароза, 2 – фруктоза

Максимальная пенообразующая способность белково-сахарной смеси соответствует рН 4,8-5,0. Фруктоза имеет меньшее рН. Белково-фруктозные растворы имеют более высокую пенообразующую способность, максимум которой смещается в более кислую область (рис.4).

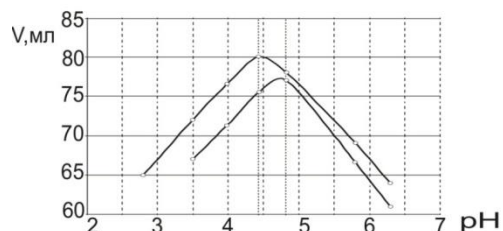


Рисунок 4. Зависимость объема пены от рН среды при содержании: 1 - яичный белок + сахарная пудра; 2 - яичный белок + фруктозная пудра

Большое влияние на процесс пенообразования кондитерских масс оказывает концентрация яичного белка. С увеличением концентрации яичного белка пенообразующая способность растворов сначала обычно увеличивается до максимального значения, затем остается практически постоянной. В присутствии сахарной пудры, а также фруктозной пудры максимальный объем пенообразной массы был получен при концентрации яичного белка 5% (рис.5).

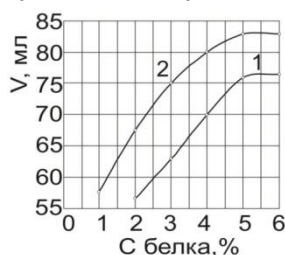


Рисунок 5. Зависимость объема пены от концентрации яичного белка при составе смеси: 1 - яичный белок + сахарная пудра; 2 - яичный белок + фруктозная пудра

С повышением температуры повышается давление внутри пузырьков, увеличивается растворимость ПАВ, уменьшается поверхностное натяжение, что способствует пенообразованию и пеноустойчивости, но усиливаются тепловые колебания адсорбированных молекул и ослабляется механическая прочность поверхностного слоя, образованного молекулами ПАВ, а также вязкость пенообразующего раствора снижается, что увеличивает скорость истечения жидкости из пены (синерезис), и изменяются условия гидратации полярных групп ПАВ, что вызывает уменьшение устойчивости пены. С увеличением температуры вязкость и устойчивость пенообразных масс снижается (рис.6, 7).

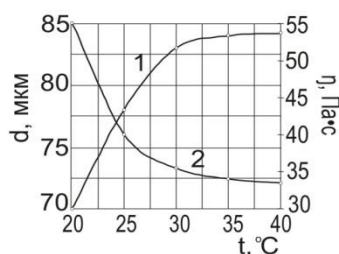


Рисунок 6. Зависимость среднего размера воздушных пузырьков (1) и эффективной вязкости (2) пенообразной массы на основе фруктозы от температуры сбивания/

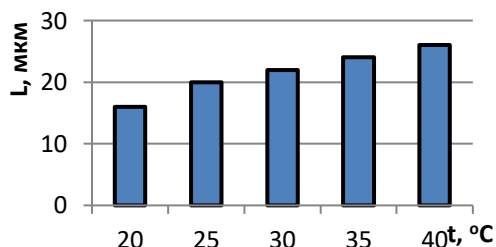


Рисунок 7. Зависимость количества жидкости, отслоившейся за 24 ч из пенообразной массы на основе фруктозы от температуры сбивания

Пена как дисперсная система приобретает свойства твердого тела: сохраняет собственную форму, обладает модулем сдвига. На величину вязкости существенное влияние оказывает содержание фруктозы, которая значительно понижается (рис.8).

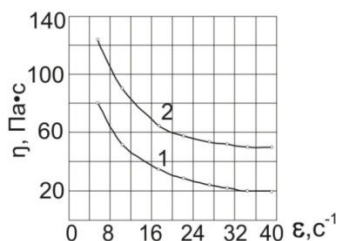


Рисунок 8. Зависимость эффективной вязкости пены от градиента скорости при содержании: 1 - яичный белок + фруктозная пудра; 2 - яичный белок + сахарная пудра [15]

Анализ полученных интегральных кривых распределения пузырьков воздуха в пенах (рис.9) показывает, что замена сахарной пудры на фруктозную ведет к уменьшению дисперсности и к незначительному снижению устойчивости пен (рис.10).

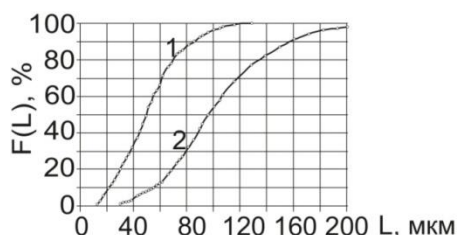




Рисунок 9. Интегральные кривые распределения пузырьков в пене при содержании: 1 - яичный белок + сахарная пудра; 2 - яичный белок + фруктозная пудра[15]

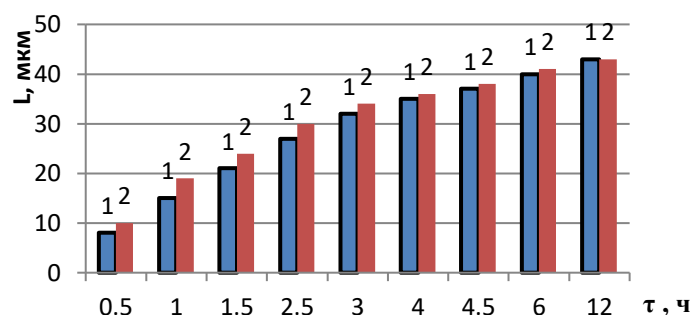


Рисунок 10. Зависимость количества жидкости, отслоившейся из пены при содержании: 1 - Яичный белок + сахарная пудра; 2 - Яичный белок + фруктозная пудра

Основными факторами, влияющими на процесс пенообразования яично-фруктозной смеси являются продолжительность сбивания (мин), температура сбивания (°C) и массовая доля сухих веществ сбиваемой смеси. Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими характеристиками сбивной массы (в интервале 5-15 мин). С увеличением продолжительности сбивания, массовой доли сухих веществ и снижением температуры пенообразующего раствора повышается эффективная вязкость, дисперсность воздушных пузырьков, кратность и устойчивость пены [13].

В соответствии с особенностями применения фруктозы в кондитерских изделиях (в особенности в пенообразных кондитерских массах на основе яичных белков) в разрабатываемой технологии производства безе на основе фруктозы предлагается рецептура, представленная в табл.5.

Таблица 5

Рецептура безе на основе фруктозы

| Компонент          | % от масс. | Назначение  |
|--------------------|------------|---|
| Белки яичные       | 25         | Пенообразователь                                    |
| Фруктоза           | 30         | Сахарозаменитель                                    |
| Натриевая соль КМЦ | 0,02       | Термостабилизатор, загуститель                      |
| Каррагинан         | 0,03       | Структурообразователь                               |
| Цитрат кальция     | 0,001      | Стабилизатор, консервант, источник Ca <sup>2+</sup> |
| Цитрат натрия      | 0,001      | Антиоксидант, стабилизатор                          |
| Кислота лимонная   | 0,3        | Регулятор кислотности                               |
| Вода               | 0,64       | Растворитель  |

Технологическая блок-схема производства безе, обогащенного фруктозой представлена на рис.11.



Рисунок 11. Технологическая схема производства безе обогащенного фруктозой

Аппаратурно-технологическая схема производства безе представлена на рис.12.

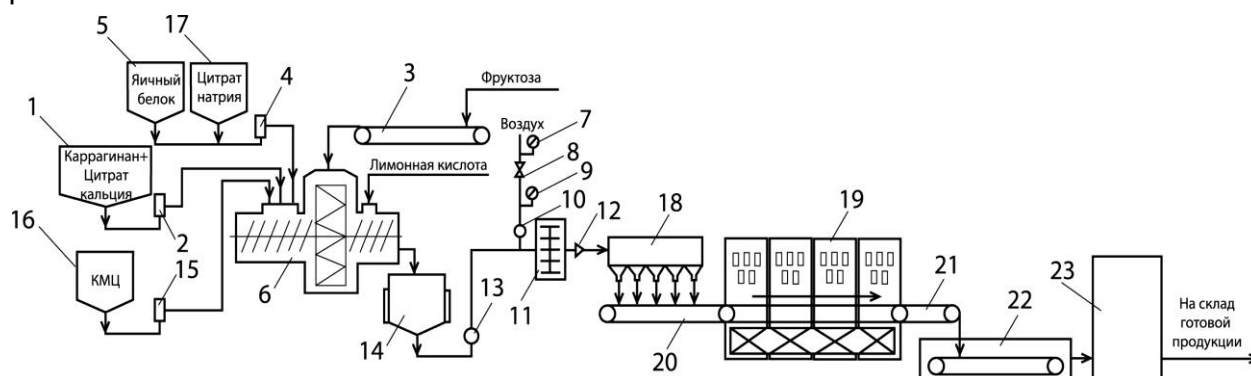


Рисунок 12 – Аппаратурно-технологическая схема процесса изготовления безе, обогащенного фруктозой: 1 – резервуар с водно-каррагинановой смесью с цитратом кальция; 2 – плужерный дозатор; 3 – резервуар с фруктозой; 4 – плужерный дозатор; 5 – резервуар с яичным белком; 6 – смеситель; 7 – манометр; 8 – вентиль регулировки манометров; 9 – манометр; 10 – ротаметр; 11 – установка аэрирования; 12 – диафрагма; 13 – шестерённый насос; 14 – промежуточная ёмкость; 15 – плужерный дозатор; 16 – резервуар с набухшей натриевой соль карбоксиметилцеллюлозы; 17 – резервуар с цитратом натрия; 18 – отсадочная машина; 19 – газовая печь; 20 – входной (приёмочный) конвейер; 21 – выходной конвейер; 22 – охлаждающий длинный транспортёр; 23 – фасовочно-упаковочный автомат; 24 – лимонная кислота

Предварительно подготовленную водно-каррагинановую смесь с цитратом кальция 1, плужерным дозатором 2 подают в смеситель 6, туда же подают набухшую натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы 16 плужерным дозатором 15. Яичный белок из резервуара 5 и лактат натрия 17 подают дозатором 4.

Сбивают воздушный полуфабрикат при переменном числе оборотов: вначале 2-3 минуты на малой скорости, после появления белой пены скорость

вращения увеличивают примерно до  $180\text{мин}^{-1}$  до установления объемной массы  $340\text{--}410\text{ кг/м}^3$ , когда же белки увеличатся в объеме в 2-2,5 раза и превратятся в пенообразную массу, машину переводят на  $260\text{--}300\text{ мин}^{-1}$  и взбивают рецептурную смесь с массовой долей сухих веществ 64% в течении 7-8 мин до установления объемной массы  $905\text{--}910\text{ кг/м}^3$ .

Далее в процессе сбивания в смеситель 6 постепенно подают фруктозу 3 и, в конце сбивания, добавляют лимонную кислоту [7].

В смесителе 6 компоненты перемешиваются, сбиваются, при этом фруктоза и другие сухие ингредиенты растворяются. Фруктоза должна иметь следующий ситовый размер или помол: максимальный остаток 2,0% на сите с размером отверстий 212 микрон; максимальный остаток 26,0% на сите с размером отверстий 106 микрон. Такие пределы размеров частиц фруктозы в безе позволяют получить более гладкую текстуру при более низком содержании влаги. Если эти сухие вещества недостаточно суспендированы, смесь безе будет недостаточно текучей для данного способа получения и будет вызывать ощущение песчаности во рту при потреблении готового продукта из-за присутствия кристаллов сахара в смеси для безе, и причиной появления «песчаности» наряду с «пятнистостью» поверхности изделия. Более мелкие кристаллы фруктозы более быстро плавятся/растворяются по сравнению с более крупными кристаллами, что ускоряет сушку экструдированной смеси для безе, отвечающей требованиям непрерывного способа получения [3].

Весь процесс сбивания проводят при оптимальной температуре для пенообразования белка  $20\text{--}30^\circ\text{C}$ .

Сбитая масса, собирается в промежуточной ёмкости 14, из которой шестерённым насосом 13 подаётся в установку аэрирования 11, где она дополнительно насыщается воздухом. Аэрирование проводят до плотности от около 200 до  $400\text{ кг/м}^3$  и с содержанием влаги в смеси от около 18% до около 22% по массе, что позволяет в дальнейшем сушить смесь при экономически выгодной скорости с достижением при этом требуемого конечного содержания влаги в безе.

По пути движения рецептурной смеси в установку аэрирования подаётся воздух под давлением, предварительно очищенный от масла и пыли. Давление воздуха регистрируется манометрами 7 и 9, регулируется вентилем 8, а количество контролируется ротаметром 10.

Пенообразная масса из установки аэрирования выходит через диафрагму 12, при этом за счёт перепада давления воздушные пузырьки расширяются и плотность массы уменьшается. Температура сбитой и аэрированной массы не должна превышать  $55^\circ\text{C}$ , чтобы не вызвать денатурацию белка.

Затем пенообразная масса отправляется в отсадочную машину 18, где она формуется в виде полусфер весом 1-2 г. Изделия формируют сразу после аэрирования пенной массы, так как при длительной отстойке ухудшается качество за счет удаления воздуха из пены и увеличивается плотность и

понижается формоустойчивость. Полученная смесь после аэрации должна характеризоваться достаточно «плотными» реологическими свойствами, что позволит отсаживать ее на воздухопроницаемую ленту конвейера, которая бы позволяла бы воздуху циркулировать.

Отформованное безе подается на входной (приёмочный) конвейер 20 и поступает в газовую печь 19, где безе выпекается (сушится) при температуре 85-95°C в течении 70-100 минут, что обеспечивает белый цвет, нормальную поверхность и равномерную пропеченность изделия, с общим содержанием влаги 0,5%-2% по массе.

После выпекания безе предварительно охлаждают принудительно циркулирующим со скоростью 3-4 м/с воздухом температурой 20-25°C, до температуры 55-60°C на выступающем из печи печном конвейере 21. Охлаждать изделия следует при мягком режиме, чтобы избежать в них перенапряжений, приводящих к образованию трещин.

Затем изделия направляются на охлаждающий длинный транспортер 22 для окончательного охлаждения за счет теплоотдачи в окружающую среду.

После охлаждения готовые изделия упаковывают с помощью фасовочно-упаковочного автомата 23 и отправляются на склад готовой продукции с последующей реализацией [7].

### Результаты и выводы

Разработанная технология позволяет получить традиционное по внешнему виду и органолептическим показателям безе, которое, однако, имеет пониженную энергетическую ценность в результате замены сахарозы на фруктозу, а также имеют в составе пищевые волокна (табл.6). Поэтому данное изделие обладает диетическими и диабетическими свойствами.

Таблица 6

Пищевая ценность и энергетическая ценность на 100 г изделия

| Вид изделия      | Пищевая ценность на 100 г продукта |      |          |                 | Энергетическая ценность, ккал/100г |
|------------------|------------------------------------|------|----------|-----------------|------------------------------------|
|                  | Белки                              | Жиры | Углеводы | Пищевые волокна |                                    |
| Безе на сахарозе | 6,2                                | 0,1  | 44,2     | 0               | 204,8                              |
| Безе на фруктозе | 3,7                                | 0,05 | 30,26    | 0,02            | 130,84                             |

Результаты органолептической и физико-химической оценки, показали, что новое кондитерское изделие соответствует нормам, установленным и введенным в действие в Технических условия на пирожное безе классическое.

В соответствии [2, 11, 12] с нормами полученное безе на фруктозе имеет правильную устойчивую форму светло-кремового цвета с хрупкой, среднепористой структурой внутри и умеренно-твердой шероховатой корочкой снаружи. Имеет сладкий вкус, без посторонних запахов.

По физико-химическим показателям изготовленное безе на фруктозе также соответствует нормативным показателям: имеет массовую долю фруктозы 67% (по сухому веществу); щелочность 1,8; плотность 0,56 г/см<sup>3</sup>; намокаемость 150%; массовая доля золы 0,08%.

На основании результатов, полученных в настоящей работе, была показана возможность разработки технологии производства безе, обогащенного фруктозой, а также сформулированы следующие выводы и рекомендации о возможности использования фруктозы в производстве различных пенообразных кондитерских изделиях.

#### References

1. Азрилевич М.Р. Заменители сахара. Пищевые ингредиенты. – М.: Профессия, 2003. – 45 с.
2. Вытовтов А.А. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров (Учебник). – М.: ИНФРА-М, 2020. – 576 с.
3. Драгилев А.И., Селезнёв Я.М. Оборудование кондитерского производства. –М.: Мастерство, 2001. – 272 с.
4. Каганов И.Н., Славянский А.А. Гранулометрия сахара-песка/ Сахарная промышленность. 1970. № 12. С. 6-10.
5. Корпачев В.В. Сахара и сахарозаменители. – Киев: МИС, 2020. – 430 с.
6. Кристаллы сахарозы как основа сахаросодержащих продуктов/Николаева Н.В., Митрошина Д.П., Славянский А.А., Грибкова В.А., Лебедева Н.Н.//Сахар. 2021. № 8. С. 34-39
7. Лебедева Л.Н., Дудко С.Д., Оболкина В.И. Производство кондитерских изделий на предприятиях и в цехах малой мощности (Учебное пособие). – Киев: ИНКОС, 2010. – 312 с.
8. Линич Е.П., Сафонова Э.Э. Функциональное питание (Учебное пособие). – М.: Лань, 2017. – 180 с.
9. Лобосова Л.А. Разработка технологии зефира функционального назначения на основе фруктозы. Диссертация на соискание степени к.т.н. – М.: Дата публикации: 2007. – 149 с.
10. Славянский А.А., Штерман С.В., Скобельская З.Г. Сахар-песок как сырье для производства карамели//Кондитерское производство. 2001. № 1. С. 14-16.
11. Технические условия на пирожное безе классическое – ТУ. – М.: Дата введения: 2016. – 14 с.
12. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции. – М.: ЦЕНТРМАГ. Дата принятия 09.12.2011. – 242 с.
13. Штамм А.А. Кондитерские изделия. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 159 с.

14. Шумилкина М.Н., Дроздова Н.В. Кондитер (Учебное пособие). – М.: ФГОС, 2020. – 315 с.

15. The structure development of yogurt with vegetable ingredients/  
Канарейкина С.Г., Канарейкин В.И., Ганиева Е.С., Бураковская Н.В., Шадрин М.А., Халепо О., Бабаева М.В., Николаева Н.В., Восканян О.С.// International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. Т. 8. № 2. С. 1587-1592

16. Development of technology for powdered soy milk with the addition of coconut powder/Orlova A.Yu., Gribkova V.A., Lebedeva N.N., Slavyanskiy A.A., Nikolaeva N.V.

//В сборнике: BIO Web of Conferences. International Scientific Conference. 2021. С. 06013