

## Исследование форм связи влаги зефира различного состава методом термического анализа

Газибег О. Магомедов	<sup>1</sup>	mmg@inbox.ru
Инесса В. Плотникова	<sup>1</sup>	plotnikova_2506@mail.ru
Ирина В. Кузнецова	<sup>1</sup>	kuznetsovaiv@mail.ru
Ираида С. Наумченко	<sup>1</sup>	iraidanaumchenko@rambler.ru
Игорь А. Саранов	<sup>1</sup>	mr.saranov@mail.ru

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Реферат.** Зефир – сахаристое кондитерское изделие повышенной сахароемкости и энергетической ценности из-за значительного содержания в своем составе углеводов, в частности сахара-песка. Основным недостатком зефира является быстрый процесс его высыхания при хранении за счет кристаллизации сахарозы и постепенного удаления влаги из продукта. Разработан способ получения зефира без сахара на основе патоки крахмальной высокоосахаренной. В работе проведены экспериментальные исследования по определению содержания и соотношения свободной и связанной форм влаги в зефире на сахара и на патоке дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрией (ТГ). Для исследования закономерностей теплового воздействия на свойства образцов зефира был использован метод неізотермічного аналізу і прибор синхронного термічного аналізу (ТГ-ДТА/ДСК) моделі STA 449 F3 Jupiter. В процессе термического воздействия в образцах происходит разложение сахаров и других органических соединений, в результате чего масса навесок образцов снижается из-за испарения влаги. Процесс дегидратации в контрольном образце зефира с использованием сахара происходит в менее широком температурном интервале, чем в образце зефира на патоке, что свидетельствует о большей степени связанности влаги в разработанном образце. Количественную оценку форм связи влаги в образцах осуществляли по экспериментальным кривым, полученным методом ТГ. По температурным кривым определили участки эндотермических эффектов, которые соответствуют высвобождению влаги с различной формой и энергией. Замена сахара-песка на патоку в рецептуре зефира понижает долю свободной влаги и увеличивает сохранность продукта без признаков черствения.

**Ключевые слова:** зефир, патока, свободная и связанная влага, дифференциально-сканирующая калориметрия, термогравиметрия, срок годности

## The study of forms of bonding marshmallow moisture with different composition by method of thermal analysis

Gazibeg O. Magomedov	<sup>1</sup>	mmg@inbox.ru
Inessa V. Plotnikova	<sup>1</sup>	plotnikova_2506@mail.ru
Irina V. Kuznetsova	<sup>1</sup>	kuznetsovaiv@mail.ru
Iraida S. Naumchenko	<sup>1</sup>	iraidanaumchenko@rambler.ru
Igor A. Saranov	<sup>1</sup>	mr.saranov@mail.ru

<sup>1</sup> Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Summary.** Marshmallow is a sugar confectionary product with increased sugar content and energy value because of the significant content of carbohydrates, in particular sugar-sand. The main drawback of marshmallow is the rapid process of its drying during storage due to the crystallization of sucrose and the gradual removal of moisture from the product. A method for obtaining marshmallow without sugar on the basis of high-conversion glucose syrup. In the work, experimental studies were carried out to determine the content and ratio of free and bound forms of moisture in marshmallow on the basis of sugars and on the basis of high-conversion glucose syrup by Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetry (TG). To study the patterns of thermal effects on the properties of marshmallow samples, the non-isothermal analysis method and the synchronous thermal analysis instrument (TG-DTA / DSC) of the STA 449 F3 Jupiter were used. In the process of thermal exposure, the samples decompose sugars and other organic compounds, as a result of which the sample weight decreases due to evaporation of moisture. The process of dehydration in a control sample of marshmallow using sugar occurs in a less wide temperature range than in a sample of marshmallow on the basis of high-conversion glucose syrup, which indicates a greater degree of moisture bonding in the developed sample. A quantitative evaluation of the forms of moisture bonding in the samples was carried out using the experimental curves obtained by the TG method. From the temperature curves, the endothermic effects were determined, which correspond to the release of moisture with different forms and energies. Substitution of sugar for treacle in the formula of marshmallow reduces the share of free moisture and increases the safety of the product without signs of staling.

**Keywords:** marshmallow, molasses, free and bound moisture, differential – scanning calorimetry, thermogravimetry, shelf life

### Введение

Обеспечение высококачественными и безопасными продуктами питания является важнейшим приоритетным направлением политики нашего государства, главной целью научных исследований при разработке инновационных пищевых технологий и первостепенной задачей каждого производителя. Сегодня ученые уделяют все большее внимание расширению продукции

диетического, профилактического питания, пониженной сахароемкости и калорийности, повышенной пищевой ценности с длительным сроком хранения. Потребление таких изделий позволит снизить риск развития таких заболеваний, как кариес зубов, ожирение, сахарный диабет, нарушение работы сердечно-сосудистой, эндокринной системы, органов пищеварения и др.

Для цитирования

Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Кузнецова И.В., Наумченко И.С. Исследование форм связи влаги зефира различного состава методом термического анализа // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 42–50. doi:10.20914/2310-1202-2017-3-42-50

For citation

Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Kuznetsova I.V., Naumchenko I.S. The study of forms of bonding marshmallow moisture with different composition by method of thermal analysis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 3. pp. 42–50. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-3-42-50

Зефир – сахаристое кондитерское изделие, в состав которого входят пектиновые вещества, яичный белок и сахара различного состава – от 70 до 80 г/100 г продукта, поэтому его калорийность составляет 300–350 ккал, следовательно, данное изделие можно отнести к высокосахаристым и высококалорийным продуктам.

Сотрудниками кафедры ТХКМЗП ФГБОУ ВО ВГУИТ разработан способ получения зефира на основе крахмальной патоки высокоосахаренной без использования сахара-песка, что существенно изменило углеводный состав изделия и повлияло на физико-химические процессы, протекающие при получении и хранении зефира [1].

Цель работы – исследование содержания и соотношения различных форм связи влаги в образцах зефира после его хранения.

### Материалы и методы

Обеспечение свежести зефира связано с равномерным распределением и удержанием влаги внутри изделия в течение всего срока годности. При хранении в зефире непрерывно протекают процессы кристаллизации сахарозы и миграции влаги сначала с периферийных слоев, а затем и с внутренних центральных, что влияет на изменение физико-химических процессов, приводящих к постепенному черствению и высыханию продукта. Одним из важных условий предотвращения данного процесса является связывание свободной влаги и удержание ее внутри изделия [2].

Оптимальным решением является использование в рецептуре крахмальной патоки взамен сахара-песка, в состав которой входят высокомолекулярные соединения – декстрины от 30 до 50%, представляющие собой по своей химической природе разветвленные высокомолекулярные вещества, способные вступать в физическое взаимодействие со свободной влагой в виде реакции сольватации, связывая молекулы воды, ограничивая их подвижность, и обеспечивая надежное удержание влаги внутри изделия [3].

Важными свойствами, характеризующими качество зефира после хранения в течение трех месяцев, являются содержание влаги и соотношение свободной и связанной влаги в продукте. Экспериментальные исследования определения данных свойств проводились на приборе (ТГ-ДТА/ДСК) модели STA 449 F3 Jupiter синхронного термического анализа комплексного исследования в различных газовых атмосферах методами дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ). Данный прибор комбинирует в себе преимущества высокочувствительных термовесов и дифференциального сканирующего калориметра (рисунок 1).



Рисунок 1. Прибор синхронного термического анализа (TG-DTA/DSC) модели STA 449 F3 Jupiter  
Figure1. Device simultaneous thermal analysis (TG-DTA/DSC) model STA 449 F3 Jupiter

ДСК основан на регистрации тепловых эффектов физико-химических и структурных превращений, протекающих в продукте при запрограммированном изменении воздействующей температуры. ТГ позволяет измерить изменения массы и тепловых эффектов в процессе нагрева (или охлаждения) образцов в широком диапазоне температур (от (-150) до 2400 °С) [4].

Результатом термического анализа являются термические кривые – термограммы (кривые нагревания), которые зависят главным образом от химического состава и структуры исследуемого вещества.

Для обработки полученных зависимостей кривых ДСК и ТГ использовалось программное обеспечение NETZSCH Proteus и MS Excel, после чего строились дифференциальные кривые dДСК и dТГ. Эксперименты проводились по программе нагрева от 20 до 430 °С со скоростью 5 К/мин в окислированных алюминиевых тиглях в среде газообразного азота класса 5 с расходом продувочного газа – 60 мл/мин.

При исследовании использовались навески зефира различного состава упакованного в полипропиленовую пленку после трех месяцев хранения: образец № 1 – зефир, приготовленный по традиционной технологии с использованием сахара-песка (контроль); образец № 2 – зефир на основе патоки крахмальной высокоосахаренной.

Полученные термические кривые, описывающие процесс термоллиза исследуемых образцов, показали, что в интервале температур от 20 до 300 °С на кривых ДСК наблюдается ряд эндотермических эффектов, сопровождающихся поглощением тепла и изменением массы на кривых ТГ (рисунок 2, 3).

Тепловые эффекты в двух исследуемых образцах в процессе их нагревания до температуры 300 °С характеризуются изменениями показателя энтальпии при удалении влаги и потери массы образцов (таблица 1).

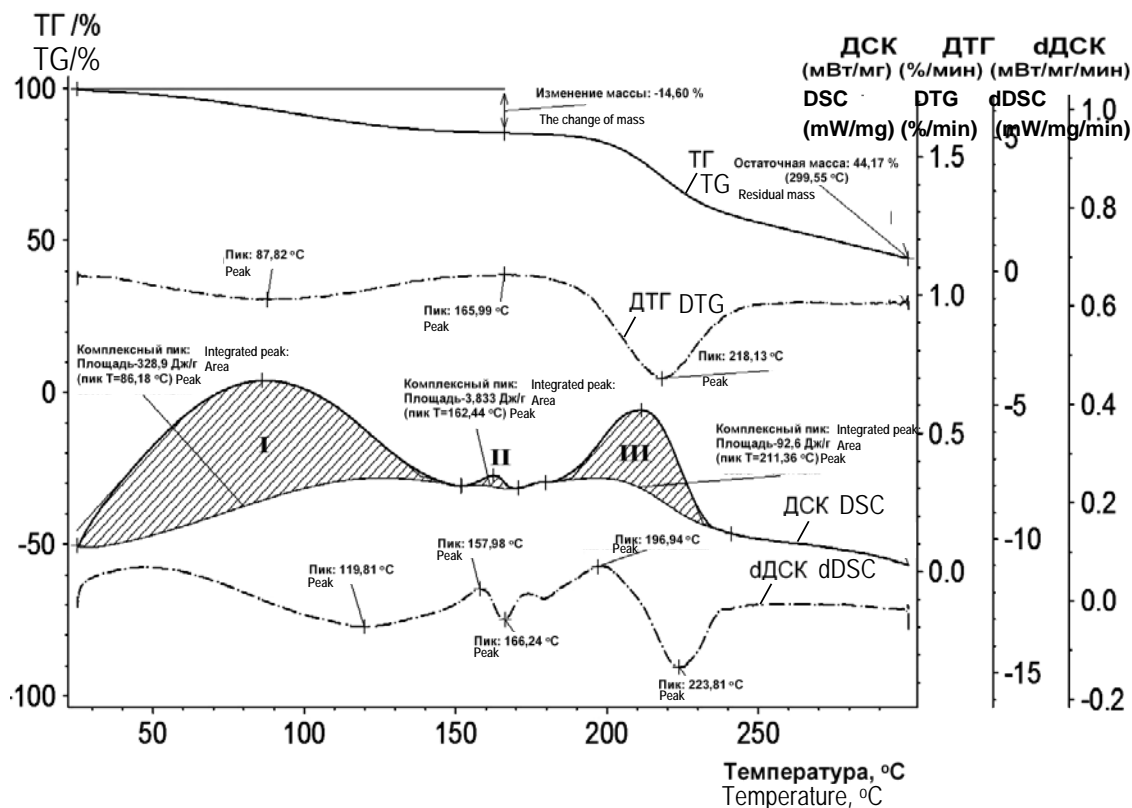


Рисунок 2. Термограмма образца зефира с использованием сахара-песка (контроль)

Figure 2. A thermogram of a sample of marshmallow using sugar (control)

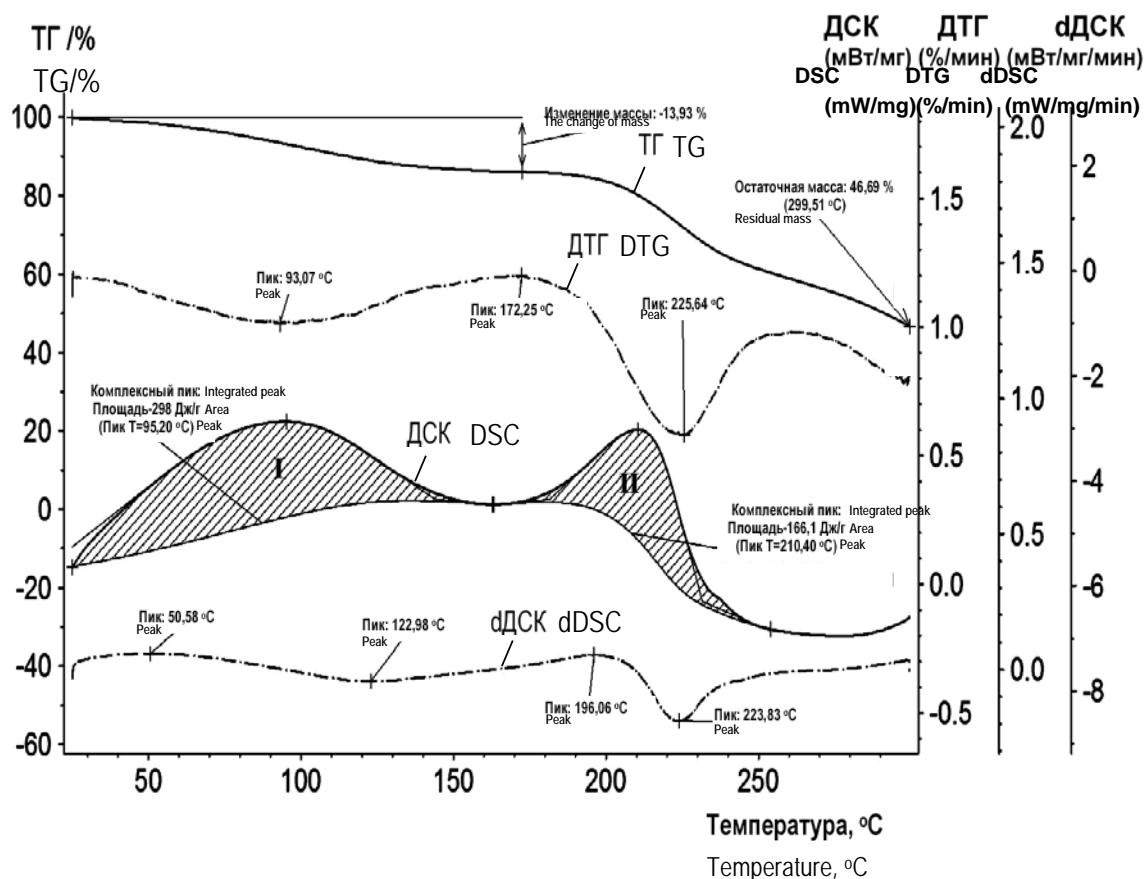


Рисунок 3. Термограмма образца зефира на основе высокооосахаренной патоки

Figure 3. The thermogram of a sample of marshmallow on the basis of high-conversion glucose syrup

Тепловые эффекты в процессе нагревания образцов зефира различного состава

Table 1.

Thermal effects in the process of heating samples of marshmallows of different composition

№/ №	Образец зефира A sample of marshmallows	Эндотермический эффект Endothermic effect	Температурный интервал Temperature range, $\Delta T$ , °C	Энтальпия Enthalpy, $\Delta H$ , Дж/кг J/kg (кривая ДСК) (curve DSC)	Изменение массы образца The change in mass of the sample, % (кривая ТГ) (curve TG)
1.	– с использованием сахара-песка (контроль) using granulated sugar (control)	I	20–150	0,3289	13
		II	150–170	0,0038	15
		III	180–240	0,0926	42
2.	– на основе патоки крахмальной высокоосахаренной on the basis of high-conversion glucose syrup	I	20–163	0,2980	14
		II	163–253	0,1661	38

В процессе термического анализа контрольного образца зефира (рисунок 2) на кривой ТГ выделяются три эндотермических эффекта с поглощением тепла:

I эффект – в интервале температур от 20 до 150 °C соответствует процессу дегидратации и потери массы на 13% за счет удаления свободносвязанной влаги;

II эффект – в интервале температур от 150 до 170 °C соответствует потери массы на 15% за счет удаления адсорбционной и осмотически-связанной влаги и разложению сахарозы при плавлении с высвобождением кристаллизационно-связанной влаги;

III эффект – в интервале температур от 180 до 240 °C соответствует резкому снижению массы до 42% и разложению побочных продуктов с выделением газообразных веществ.

В процессе термического анализа при нагревании зефира на основе патоки (рисунок 3) на кривой ТГ наблюдаются два эндотермических эффекта с поглощением тепла:

I эффект – в интервале температур от 20 до 162 °C соответствует процессу дегидратации и потери массы на 14% за счет удаления свободносвязанной влаги;

II эффект – в интервале температур от 163 до 253 °C соответствует резкому снижению массы до 38% и разложению моносахаридов на побочные продукты с выделением газообразных веществ.

Чем выше температура воздействия на продукт, тем ниже вязкость массы и тем легче происходит миграция влаги из продукта, причем вязкость зефирной массы зависит от химического состава и количества пектиновых веществ, белковых веществ, сахаров, содержащихся в сахаре-песке и патоке, наличия

редуцирующих веществ (глюкозы, мальтозы, фруктозы и др.) [5]. Пектиновые вещества и декстрины патоки обладают гидрофильными свойствами, они способны прочно удерживать влагу в продукте [6]. Следовательно, чем больше патоки в рецептуре, тем прочнее молекулы полисахаридов удерживают влагу в образце, тем скорость удаления влаги из него снижается и процесс сушки замедляется.

В процессе термического воздействия при высоких температурах белковые вещества коагулируют и изменяют свою структуру, углеводы сахара и патоки распадаются на побочные продукты (ангидриды сахаров, оксиметилфурфурол, окрашенные соединения (гуминовые вещества), кислые продукты (левулиновая, муравьиная, молочная кислоты) и др. [7], в результате чего масса навесок образцов снижается, причем остаточная масса контроля составляет 44,17%, а разработанного образца – 46,69%, что на 2,52% больше.

Процесс дегидратации в контрольном образце зефира с использованием сахара происходит в менее широком температурном интервале (от 20 до 150 °C), чем в образце зефира на патоке (от 20 до 162 °C), что свидетельствует о большей степени связанности влаги в разработанном продукте.

Полученные термограммы обрабатывались при помощи метода неизотермической кинетики с нахождением степени превращения –  $\alpha$ . Участок кривой изменения массы ТГ, соответствующий процессу дегидратации в выше представленных интервалах температур преобразовали в зависимость степени превращения вещества  $\alpha$ , мг/мг, от температуры образца  $T$ , К (рисунок 4).

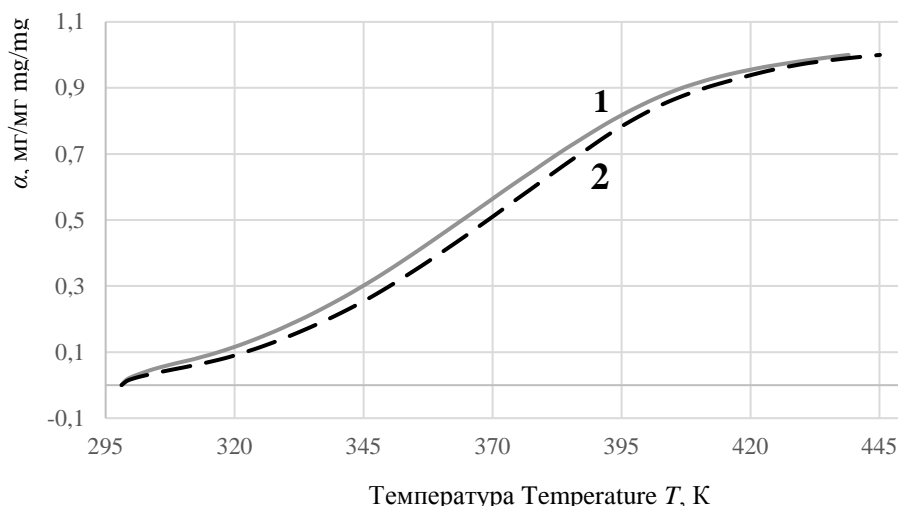


Рисунок 4. Зависимость степени превращения –  $\alpha$  от абсолютной температуры нагрева –  $T$  образцов зефира различного состава: 1 – с использованием сахара-песка (контроль); 2 – высокоосахаренной патоки

Figure 4. Dependence of the degree of conversion –  $\alpha$  on the absolute heating temperature –  $T$  of marshmallow samples of different composition: 1 – using sugar-sand (control); 2 – on the basis of high-conversion glucose syrup

Степень превращения вещества определяли по кривой ТГ как отношение изменения массы  $\Delta m_i$  на момент времени  $\tau$  к общему количеству удаленной влаги  $\Delta m_{max}$ :

$$\alpha = \frac{\Delta m_i}{\Delta m_{max}}. \quad (1)$$

Полученная в координатах  $\alpha$ – $T$  кривая ТГ имеет S-образный вид, отражающий сложный

характер дегидратации и скорости высвобождения влаги из образцов на разных участках термического анализа [2].

#### Результаты и обсуждение

Интервал степени превращения по первой ступени дегидратации  $\Delta\alpha$  (таблица 2) для контрольного образца выше, чем для зефира на патоке, что говорит о большей доли свободной влаги в контрольном образце.

Таблица 2.

Кинетика дегидратации образцов зефира различного состава

Table 2.

Kinetics of dehydration of marshmallow samples of different composition

№/№	Образец зефира Sample marshmallow	Номер ступени дегидратации The degree of dehydration	$\Delta T$ , К	$\Delta t$ , °С	$\Delta\alpha$	Массовая доля удаляемой влаги Mass fraction of moisture removed, %
1.	– с использованием сахара-песка (контроль) using granulated sugar (control)	I (свободная влага) (the free moisture)	298–309	25–36	0–0,678	67,8
		II (механически связанная влага) (mechanically bound moisture)	309–399	36–126	0,678–0,849	17,1
		III (физико-химически связанная влага) (physico-chemically bound moisture)	399–421	126–148	0,849–0,958	10,9
2.	– на основе патоки крахмальной высокоосахаренной on the basis of high-conversion glucose syrup	I (свободная влага) (the free moisture)	298–309	25–36	0–0,5	50
		II (механически связанная влага) (mechanically bound moisture)	309–398	36–125	0,5–0,811	31,1
		III (физико-химически связанная влага) (physico-chemically bound moisture)	398–429	125–156	0,811–0,97	15,9

Количественную оценку форм связи влаги в зефире осуществляли по экспериментальным кривым (рисунок 5), полученным методом ТГ по методике, описанной в [8]. На кривых изменения температуры, приведенных в логарифмический вид, по графическим зависимостям ( $-\lg \alpha$ ) от величины ( $10^3/T$ ) определили три ступени дегидратации образцов, которые соответствуют высвобождению влаги с различной формой и энергией: I ступень – участок АВ, на котором происходит нагрев и удаление свободно связанной влаги; II ступень – участок ВС, где удаляется адсорбционно и осмотически-связанная влага и происходит частичное разложение продукта; III ступень – участок CD, где продолжается разложение продукта с выделением газообразных составляющих и удаление химически связанной влаги (рисунок 5, таблица 2) [4, 8, 9].

Для каждого указанного участка построили аппроксимирующие кривые, которые имеют линейный характер, что подтверждается значением величины достоверности аппроксимации  $R^2$ , приближающейся к 1.

Три линейных участка, выделенных штрихпунктирной линией, подтверждают ступенчатое удаление влаги и разложение пищевых веществ образцов зефира на побочные продукты. До температуры 295 К происходит нагрев образцов, удаление капиллярно-связанной влаги, находящейся в межпоровом пространстве продукта. На первом участке кривой АВ при температуре 298–309 К разрушаются связи «вода-вода» происходит высвобождение свободной

влаги, при этом массовая доля удаляемой влаги в контрольном образце составляет 67,8%, в образце на патоке – 50%. На втором участке ВС при температуре 309–399 К для контрольного образца и 309–398 К для образца на патоке удаляется механически связанная влага, содержащаяся в микрокапиллярах составных частей продукта, и происходит частичное разложение углеводов на побочные продукты, при этом массовая доля удаляемой влаги в контроле – 17,1%, в образце на патоке – 31,1%. На последнем участке CD в интервале температур 399–421 К для контроля и 398–429 К для исследуемого образца происходит окончательное разложение побочных продуктов с образованием газообразных составляющих и удаление физико-химически связанной влаги, в контрольном образце – на 10,9%, в образце на патоке – 15,9%. Увеличенный температурный интервал на втором и третьем участке свидетельствует о большей доле связанной влаги в продуктах.

На втором и третьем участках суммарная доля связанной влаги для контрольного образца составляет – 28%, для исследуемого на патоке – 47%, что больше на 19% [9]. Следовательно, замена сахара-песка на патоку в рецептуре зефира понижает долю свободной влаги, а значит, увеличивает сохранность продукта более продолжительное время.

Относительное изменение массовой доли влаги образцов зефира в процессе хранения в течение 6 месяцев представлено на рисунке 6. Образцы хранились в полипропиленовой пленке.

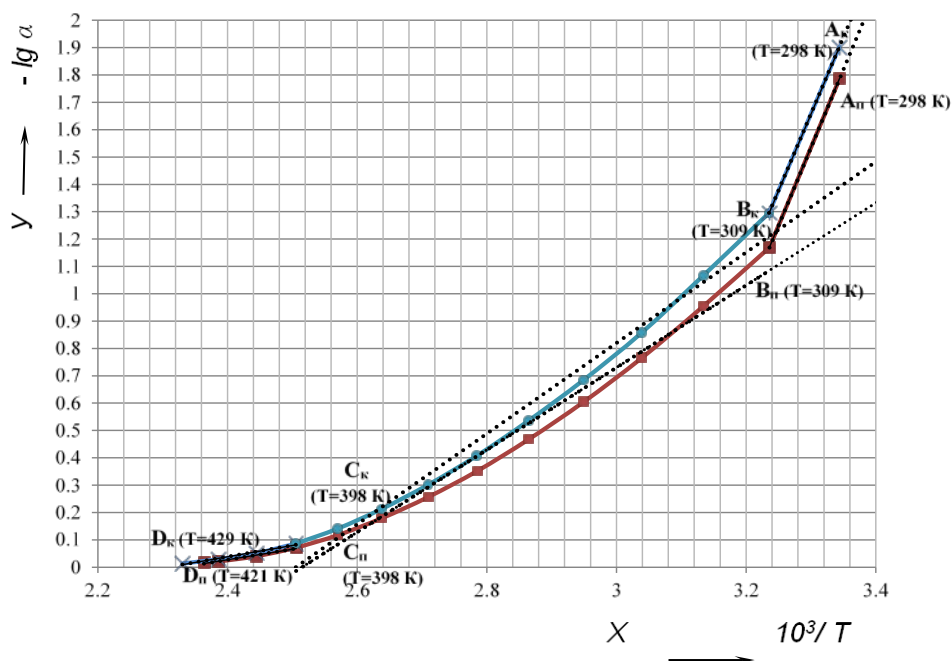


Рисунок 5. Зависимость ( $-\lg \alpha$ ) от температуры ( $10^3/T$ ) при скорости нагрева воздуха 5 К/мин для образцов зефира: —●— с использованием сахара-песка (контроль); —■— на основе патоки крахмальной высокоосахаренной

Figure 5. Dependence ( $-\lg \alpha$ ) on temperature ( $10^3/T$ ) at air heating rate 5 K/min for marshmallow samples: —●— using sugar (control); —■— on the basis of high-conversion glucose syrup

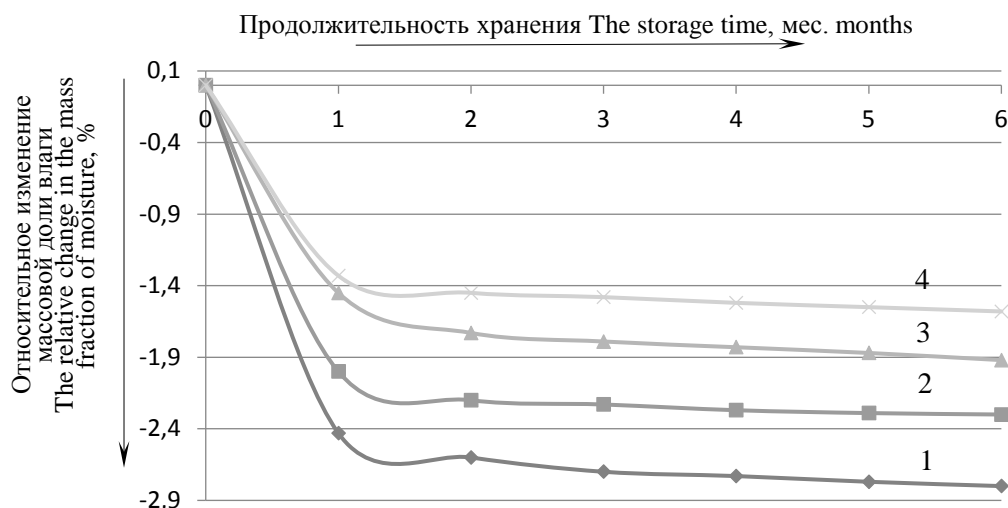


Рисунок 6. Относительное изменение массовой доли влаги (к общей массе) в процессе хранения зефира в полипропиленовой пленке различного состава: 1 – на сахаре и патоке (1:0,2) (контроль); с заменой сахара на высокосахаренную патоку по сухому веществу, %: 2 – 50; 3 – 100; 4 – на основе высокосахаренной патоки

Figure 6. Relative change in the mass fraction of moisture (to the total mass) during the storage of marshmallows in a polypropylene film of different composition: 1 – on sugar and molasses (1:0.2) (control); with the replacement of sugar with high-conversion glucose syrup dry matter, %: 2 – 50; 3 – 100; 4 – on the basis of high-conversion glucose syrup

Из графических зависимостей видно, что разработанный образец по сравнению с контролем после хранения в течение 6-ти месяцев способен лучше удерживать влагу – примерно в два раза, что продляет его срок хранения с трех до шести месяцев.

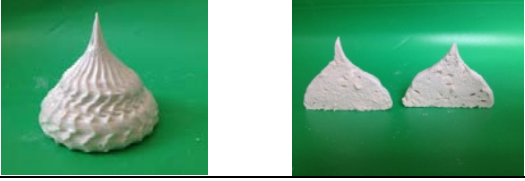
Физико-химические и органолептические показатели зефира на основе патоки после всего срока хранения соответствуют требованиям ГОСТ 6441-96 «Изделия кондитерские пастильные» (таблица 3).

Таблица 3.

Показатели качества зефира на основе патоки после 6-ти месяцев хранения

Table 3.

The indicators of the quality of marshmallow on the basis of high-conversion glucose syrup after 6 months of storage

Наименование показателей Name of indicators	Исследуемый образец Investigated sample
<i>Органолептические / Organoleptic:</i>	
– поверхность/sur / surface	Рифленая, без грубого затвердевания на боковых гранях и выделения сиропа Corrugated, without coarse solidification on the side faces and the allocation of syrup
– вкусы запах / taste and smell	Без постороннего привкуса и запаха / Without foreign taste and smell
– цвет / color	Равномерный, белый / Uniform, white
– консистенция / consistency	Мягкая, слегка затянжистая / Soft, slightly zatista
– структура / structure	Плотная, равномерная мелкопористая, не мажущаяся, четкий разрез при разрезе изделия на две половинки Dense, uniform fine-pored, not spotting, clear cut when you cut the product into two halves
Фото / Photo	
<i>Физико-химические / Physico-chemical:</i>	
– массовая доля влаги до сушки mass fraction of moisture prior to drying, %	25,7
– массовая доля влаги после сушки mass fraction of moisture after drying, %	19,4
– массовая доля редуцирующих веществ mass fraction of reducing substances, %	27,1
– плотность / density, г/см³g/cm³	0,37
Калорийность / Calorificvalue, ккал kcal	275



Расчет пищевой и энергетической ценности зефира на основе патоки показал, что энергетическая ценность изделия по сравнению с контролем уменьшилась на 29,4 ккал, содержание быстрых углеводов – моно- и дисахаридов уменьшилось на 14%, а содержание полисахаридов, которые относятся к сложным углеводам, увеличилось на 7,8%, что будет способствовать улучшению пищеварения при употреблении продукта и на большее время сохранить чувство сытости.

### Заключение

Разработанный способ получения зефира на основе патоки является одним из решений повышения эффективности пастильного производства,

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Масютина О.И. и др. Зефир на пектине для спортивного питания // Кондитерские изделия XXI века: Сб. матер. XI Междунар. конф. 2017. С. 84–87.
- 2 Олейникова А.Я., Магомедов Г.О., Плотникова И.В. и др. Технология кондитерских изделий. Практикум. СПб.: ГИОРД, 2015. 600 с.
- 3 Кондратова И.И., Томашевич С.Е., Конович В.М. и др. Исследование процессов черствения зефира, обогащенного пищевыми волокнами // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2014. № 2. С. 110–115.
- 4 Родионова Н.С., Кузнецова И.В., Зацепилина Н.П. и др. Влияние формы связи влаги фаршевых систем на основе различного рыбного сырья методом ДТА // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 12. С. 39–40.
- 5 Ухарцева И. Ю., Кадолич Ж.В., Ткачева Л.В. Методы исследования продовольственного сырья и пищевых продуктов и опыт их применения // Потребительская кооперация. УО «Беларус. торг. - эконом. универ. потребит. кооперации». 2014. № 1. С. 66 – 74.
- 6 Коротков Е.Г., Пономарев А.Н., Мельникова Е.И. и др. Исследование форм связи влаги в твороге с микропартикулятом сывороточных белков // Молочная промышленность. 2016. № 8. С. 31–32.
- 7 Шаповалова Н.В. Вплив дієтичної добавки "Ламідан" на черствіння пастильних виробів // Товари і ринки. 2012. № 1. С. 123–131.
- 8 Sarikanat M. et al. Determination of properties of *Althaea officinalis* L.(Marshmallow) fibres as a potential plant fibre in polymeric composite materials // Composites Part B: Engineering. 2014. T. 57. С. 180–186.
- 9 Buggy J. J., Staudt L. M., Wilson W. H. Methods of treating abc-dlbcl using inhibitors of bruton's tyrosine kinase : Pat. 13/153,291 США. – 2011.
- 10 Ratnayake R. M. S. et al. Effects of cooking on the cell walls (dietary fiber) of 'Scarlet Warren' winter squash (*Cucurbita maxima*) studied by polysaccharide linkage analysis and solid-state <sup>13</sup>C NMR // Journal of agricultural and food chemistry. – 2011. – Т. 59. – № 13. – С. 7186–7193.
- 11 Антипов С.Т., Визир Д.М., Шахов С.В., Жигулина М.О. Термический анализ кизельгурового шлама // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2 (56). С. 7–9.

что позволяет расширить ассортимент зефира пониженной сахароемкости, калорийности, себестоимости, и рекомендовать изделие для различных групп населения, в том числе и для диетического питания. Снижение себестоимости зефира на патоке достигает до 5,5% за счет использования патоки вместо сахара, упрощения технологического процесса и сокращения отдельных единиц оборудования.

Таким образом, новая продукция конкурентоспособна как по качественным характеристикам, так и по экономической эффективности. Выработку зефира на патоке можно рекомендовать для промышленного внедрения на кондитерских предприятиях.

### REFERENCES

- 1 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Masyutina O.I. and others. Marshmallow on pectin for sports nutrition. *Konditerskie izdeliya XXI veka* [Confectionery products of the XXI century: Sat. mater. XI Intern. Conf. – Moscow: International Industrial Academy] 2017. pp. 84–87. (in Russian)
- 2 Oleynikova A.Ya., Magomedov G.O., Plotnikova I.V. et al. *Tekhnologiya konditerskikh izdelii* [Technology of confectionery products. Workshop] St. Petersburg : GIORД, 2015. 600 p. (in Russian)
- 3 Kondratova I.I., Tomashevich S.E., Kanovich V.M. et al. Investigation of the processes of staling of marshmallow enriched with dietary fibers. *Vesti natsional'noi akademii nauk Belarusi* [News of the national Academy of Sciences of Belarus. Series of Agrarian Sciences] 2014. no. 2. pp. 110–115. (in Russian)
- 4 Rodionova N.S., Kuznetsova I.V., Zatsepilina N.P. et al. Influence of the form of moisture binding of minced systems based on various fish raw materials using the DTA method. *Khranenie i pererabotka* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2010. no. 12. pp. 39–40. (in Russian)
- 5 Uhartseva I.Yu., Kadolich Z.V., Tkacheva L.V. Methods of researching food raw materials and food products and the experience of their application. *Potrebitel'skaya kooperatsiya* [Consumer Cooperation : Belarusian Trade and Economic University of Consumer Cooperatives] 2014. no. 1. pp. 66 - 74. (in Russian)
- 6 Korotkov E.G., Ponomarev A.N., Melnikova E.I. et al. Study of the forms of moisture binding in curds with micro-particulate whey proteins. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2016. no. 8. pp. 31–32. (in Russian)
- 7 Shapovalova N. Influence of the dietary supplement "Lamidán" on stinging of the pastil products. *Tovary i rynki* [Products and markets]. 2012. no. 1. pp. 123–131 (in Belarusian)
- 8 Sarikanat M. et al. Determination of properties of *Althaea officinalis* L.(Marshmallow) fibres as a potential plant fibre in polymeric composite materials. *Composites Part B: Engineering*. 2014. vol. 57. no. 180–186.
- 9 Buggy J. J., Staudt L. M., Wilson W. H. Methods of treating abc-dlbcl using inhibitors of bruton's tyrosine kinase : Pat.. 13/153,291 США. 2011
- 10 Ratnayake R. M. S. et al. Effects of cooking on the cell walls (dietary fiber) of 'Scarlet Warren' winter squash (*Cucurbita maxima*) studied by polysaccharide linkage analysis and solid-state <sup>13</sup>C NMR. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2011. vol. 59. no. 13. pp. 7186–7193.
- 11 Antipov S.T., Vizir D.M., Shakhov S.V., Zhigulina M.O. Thermal Analysis of Kieselguhr Sludge. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2013. no. 2. pp. 7–9 (in Russian)



#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Газибег О. Магомедов** д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

**Инесса В. Плотникова** к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, plotnikova\_2506@mail.ru

**Ирина В. Кузнецова** к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru

**Ираида С. Наумченко** к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, iraidanaumchenko@rambler.ru

**Игорь А. Саранов** инженер-исследователь, ЦКП «Контроль и управление энергоэффективных проектов», Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mr.saranov@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 30.06.2017**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.08.2017**

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Gazibeg O. Magomedov** doctor of technical sciences, professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

**Inessa V. Plotnikova** candidate of technical sciences, assistant professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, plotnikova\_2506@mail.ru

**Irina V. Kuznetsova** candidate of chemical sciences, assistant professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru

**Iraida S. Naumchenko** candidate of technical sciences, assistant professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, iraidanaumchenko@rambler.ru

**Igor A. Saranov** Engineer-researcher, Center for Control and Management of Energy-Efficient Projects, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mr.saranov@mail.ru

#### CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 6.30.2017**

**ACCEPTED 8.17.2017**