

## Разработка вафель с пониженным гликемическим индексом

Надежда Н. Попова	<sup>1</sup>	smaginan@bk.ru
Ирина П. Щетилина	<sup>2</sup>	irina.shchetilina@mail.ru
Анастасия А. Денисова	<sup>1</sup>	nast.deniso2012@yandex.ru
Екатерина А. Киселева	<sup>2</sup>	neona93@mail.ru

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

<sup>2</sup> кафедра теории экономики, товароведения и торговли, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

**Реферат.** Негативное воздействие на организм оказывает отсутствие культуры питания населения и низкая физическая активность. Это приводит к нарушениям углеводного и липидного обмена, развитию ожирения, сахарного диабета, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Обоснована актуальность разработки пищевых продуктов, в частности – кондитерских изделий, способствующих снижению риска возникновения таких патологий. Цель исследования – разработка рецептуры вафель с пониженным гликемическим индексом. В качестве объекта исследования выбраны вафли, выпекаемые в домашних условиях. В работе проанализированы различные характеристики (гигроскопичность, карисогенность, степень сладости, энергетическая ценность, гликемический индекс и гликемический отклик) подслащающих веществ, обоснован выбор фруктозы в качестве заменителя сахара для изготовления вафель с пониженным гликемическим индексом. При оптимизации рецептуры вафель количество сахара заменяли эквивалентным по сладости количеством сахарозаменителя. В результате предварительных расчетов установлен интервал варьирования количества вводимой в рецептуру вафель фруктозы. Далее проведена оценка показателей качества, формирующих потребительский спрос изделий – внешний вид, вкус, запах, наличие хруста. Также исследована влажность полученных вафель после их изготовления и в процессе хранения. Снижение гликемического индекса фиксировали по количеству глюкозы в крови. Ее измерения проводили с помощью глюкометра «натошак» и после употребления вафель до полного восстановления уровня сахара в крови. Кондитерское изделие, изготовленное по оптимизированной рецептуре, практически не отличается по калорийности от контрольного образца, а уровень глюкозы в крови после их употребления примерно на 20% ниже.

**Ключевые слова:** гликемический индекс, фруктоза, кондитерские изделия

## Development of wafers with lowered glycemic index

Nadezhda N. Popova	<sup>1</sup>	smaginan@bk.ru
Irina P. Shchetilina	<sup>2</sup>	irina.shchetilina@mail.ru
Anastasiya A. Denisova	<sup>1</sup>	nast.deniso2012@yandex.ru
Ekaterina A. Kiseleva	<sup>2</sup>	neona93@mail.ru

<sup>1</sup> service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

<sup>2</sup> theory of economy, the merchandise and trade department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia

**Summary.** The negative impact on an organism is made by lack of culture of food of the population and low physical activity. It leads to violations of carbohydrate and lipidic exchange, development of obesity, diabetes, cardiovascular and other diseases. Relevance of development of foodstuff, in particular – the confectionery promoting decrease in risk of developing of such pathologies is proved. A research objective – development of a compounding of wafers with the lowered glycemic index. As an object of a research the wafers baked in house conditions are chosen. In work various characteristics are analysed (hygroscopicity, a cariogenicity sweet degree, power value, a glycemic index and a glycemic response) the sweetening substances, the choice of fructose as sugar substitute for production of wafers with the lowered glycemic index is reasonable. By optimization of a compounding of wafers the amount of sugar was replaced with amount of sweetener, equivalent on sweet. As a result of predesigns the interval of a variation of amount of the fructose entered into a compounding of wafers is established. Further assessment of the indicators of quality forming consumer demand of products – appearance, taste, a smell, existence of a crunch is carried out. Humidity of the received wafers after their production and in the course of storage is also investigated. Decrease in a glycemic index was fixed by amount of glucose in blood. Its measurements saw by means of the glucose meter "on an empty stomach" and after the use of wafers to a complete recovery of level of sugar in blood. The confectionery made on the optimized compounding practically doesn't differ on caloric content from a control sample, and glucose level in blood after their use on about 20% below.

**Keywords:** glycemic index, fructose, confectionery

### Введение

Чрезмерное потребление калорийной пищи, содержащей в своем составе большое количество легкоусвояемых углеводов, в сочетании с низкой физической активностью оказывают негативное воздействие на организм человека. Это может привести к развитию «болезней цивилизации», сопровождающихся нарушениями углеводного и липидного обмена и способствующими, в частности, развитию ожирения и сахарного диабета. Тенденции формирования культуры питания современного человека

обоснованы необходимостью создания новых продуктов, содержащих углеводы с низким гликемическим индексом (ГИ) или корректировке существующих рецептур с целью снижения в них рафинированных сахаров, а также повышения биологической и физиологической ценности [1–3]. Один из вариантов расширения ассортимента подобных продуктов – применение сахарозаменителей и подсластителей, которые либо не содержат калорий, либо состоят из углеводов с низким гликемическим индексом.

Для цитирования

Попова Н. Н., Щетилина И. П., Денисова А. А., Киселева Е. А. Разработка вафель с пониженным гликемическим индексом // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 181–186. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-181-186

For citation

Popova N. N., Shchetilina I. P., Denisova A. A., Kiseleva E. A. Development of wafers with lowered glycemic index. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 181–186. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-4-181-186

Гликемический индекс указывает на гипергликемический потенциал содержащего углеводы продукта и, следовательно, на способность данного продукта вызывать выработку инсулина, количество которого будет сообразно величине гипергликемии [4–5].

Целью исследования является разработка рецептуры вафель с пониженным гликемическим индексом. Задачи исследования – выбор сахарозаменителя, оптимизация рецептуры вафель, определение показателей качества полученных изделий, определение уровня глюкозы в крови после их употребления.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбраны вафли, выпекаемые в домашних условиях, рецептура и технология которых приведена в таблице 1.

При выборе заменителей сахара руководствовались информацией об их воздействии на гликемическую реакцию организма и управление ею, а также карисогенностью, калорийностью, гигроскопичностью, степенью сладости (таблица 2–3) [4–6].

Таблица 1.

Рецептура вафель «Домашние»

Table 1.

Recipe waffles “Domashniye”

Наименование компонентов   Component Name	м <sub>брутто</sub> , Г	м <sub>нетто</sub> , Г
Яйца   eggs	6 шт.	270
Маргарин сливочный 65%   Margarine Cream 65%	180	180
Сахар   Sugar	250	250
Мука пшеничная высшего сорта   Flour	303	300
Масса готового теста   Weight of the finished test	–	1000
Выход   Output	–	750

Технологический процесс: Яйца моют и освобождают от скорлупы, добавляют к ним сахар, после чего взбивают миксером со скоростью 500–800 об/мин. Маргарин растапливают на водяной бане, муку просеивают, добавляют в полученную ранее смесь и тщательно взбивают миксером со скоростью 500–800 об/мин. Полученное тесто для вафель наливают по 120 г. на нижнюю рабочую поверхность предварительно разогретой до 180 °С электровафельницы, накрывают верхней рабочей поверхностью и выпекают в течение 3 мин. Полученную вафлю еще горячую быстро сворачивают в трубочку.

Workflow: Eggs are washed and freed from the shell, sugar was added thereto and then whipped with a mixer at a speed of 500–800 rev / min. Margarine melted on a water bath Requests vavut flour is added to the previously obtained mixture and thoroughly with a whisk mixer speed of 500–800 rev/min. The resulting wafer batter is poured on the bottom 120 of the working surface of the preheatedheated to 180 °C electric waffle iron, cover the top working surface and baked for 3 min. The resulting wafer is still hot quickly rolled up into a tube.

Таблица 2.

Гликемический отклик и реакция на инсулин некоторых сахарозаменителей по сравнению с сахарозой

Table 2.

Glycemic response and insulin response to some sweeteners relative to sucrose

Сахар или альтернативы   Sugar or alternatively	Гликемический отклик, (Glycemic response) г GGE/100 г.	Степень   Power	Инсулиновый отклик (Insulin response), г IGE/100 г
мальтодекстрин   maltodextrin	91	Высокая   high	90
мальтоза   maltose	105	Высокая   high	–
трегалоза   trehalose	72	Высокая   high	51
сахароза   saccharose	68	Средняя   Central	45
лактоза   lactose	46	Низкая   low	–
изомальтоза   isomalt	37	Оч. низкая   Pts. low	25
глюкоза   glucose	100	Высокая   high	100
фруктоза   fructose	19	Оч. низкая   Pts. low	9
тагатоза   tagatose	3	Оч. низкая   Pts. low	3
эритрит   erythritol	≈0	Оч. низкая   Pts. low	2
ксилит   xylitol	12	Оч. низкая   Pts. low	11
сорбит   sorbitol	9	Оч. низкая   Pts. low	11
маннит   mannitol	≈0	Оч. низкая   Pts. low	≈0
мальтит   maltitol	45	Низкая   low	27
изомальт   isomalt	9	Оч. низкая   Pts. low	6
лактит   lactitol	5	Оч. низкая   Pts. low	4

Из таблицы 2 видно, что особый интерес для разработки продуктов с пониженным гликемическим индексом представляют фруктоза, эритрит, ксилит, сорбит, манит, изомальт и лактит. Анализ некоторых других свойств

этих сахарозаменителей (таблица 3) показывает, что все они не вызывают развития кариеса (в отличие от сахарозы), имеют низкую гигроскопичность (кроме фруктозы, ксилита и сорбита).

Некоторые свойства заменителей сахара по сравнению с сахарозой [6]

Таблица 3.

Table 3.

Some properties of the sugar substitutes as compared with sucrose

Свойства   properties	Гигроскопичность   Hygroscopicity:	Кариесогенность   Cariogenicity	Степень сладости, относительно сахарозы   The degree of sweetness relative to sucrose (= 1)	Энергетическая ценность, ккал/г (ЕС)   Energyvalue, kcal/g (EU)
сахароза   saccharose	низкая   low	да   Yes	1,0	4,0
фруктоза   fructose	высокая   high	нет   no	1,7	3,7
тагатоza   tagatose	низкая   low	нет   no	0,9	3,9
эритрит   erythritol	низкая   low	нет   no	0,7	0,0
ксилит   xylitol	высокая   high	нет   no	0,9	3,7
сорбит   sorbitol	высокая   high	нет   no	0,6	3,5
маннит   mannitol	низкая   low	нет   no	0,6	3,7
изомальт   isomalt	низкая   low	нет   no	0,5	2,4
лактит   lactitol	низкая   low	нет   no	0,4	2,0

По калорийности, представленные в таблице заменители сахара приблизительно равны калорийности сахарозы, за исключением лактита, изомальта и эритрита. Из первых двух, в результате их биологического окисления в организме, можно получить в 1,6 – 2 раза меньше калорий по сравнению с сахарозой, последний характеризуется нулевой калорийностью. Степень сладости возрастает в ряду лактит – изомальт – манит, сорбит – эритрит – ксилит, тагатоza – сахароза – фруктоза. Тагатоza практически не отличается по калорийности и степени сладости от сахарозы. Таким образом, для дальнейших исследований выбираем в качестве заменителя сахара фруктозу и ксилит. В данной работе представлены результаты, полученные при введении в продукт фруктозы.

Фруктоза – моносахарид натурального происхождения с гликемическим индексом – 19 единиц (за 100 единиц принят ГИ сахарозы). При этом фруктоза слаще сахарозы в 1,5–1,7 раз, что позволит снизить количество входящих в рецептуру простых сахаров и калорийность продукта в целом [6].

При оптимизации рецептуры вафель количество сахара заменяли эквивалентным по сладости количеством сахарозаменителя. Вычисления производили по формуле:

$$П = \frac{C}{K_{cl}}$$

где  $П$  – необходимое количество подсластителя, кг;  $C$  – количество заменяемого сахара, кг;  $K_{cl}$  – ориентировочный коэффициент сладости подсластителя (таблица 3).

### Результаты и обсуждение

В результате предварительных расчетов установили интервал варьирования количества вводимой в рецептуру вафель фруктозы. Он составляет 29–147 г., что соответствует интервалу заменяемого сахара от 25% до 100% его содержания в рецептуре. В соответствии с этим расчетом готовили модельные смеси теста, содержащие различное соотношение сахара и его заменителя, выпекали вафли в электровафельнице при температуре 180 °С в течение 3 мин. Полученные изделия оценивали по органолептическим показателям, поскольку наличие у определенного продукта, свойственных для него внешнего вида, вкуса, запаха, консистенции, является одним из важнейших показателей, формирующих качество и потребительский спрос. Органолептическая оценка проводилась с привлечением непрофессиональных дегустаторов по пятибалльной шкале путем одновременного представления закодированных образцов продукта, в том числе и контрольного, приготовляемого по рецептуре, представленной в таблице 1 [7]. На рисунке 1 представлен внешний вид некоторых опытных образцов и контрольного.

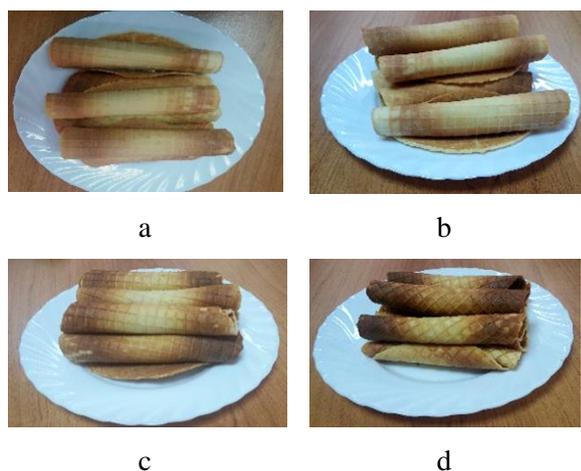


Рисунок 1. Внешний вид вафель с различным соотношением сахар: фруктоза: а – контроль; б – 65 : 45; с – 45 : 65; д – 25 : 75.

Figure 1. Appearance of wafers with different ratios of sugar: fructose: a – control; b – 65 : 45; c – 45 : 65; d – 25 : 75

В результате исследований установлено, что контрольный и образцы с заменой сахара фруктозой менее чем на 65% имеют в центре светло-желтое окрашивание с постепенным переходом его в светло-коричневое по периметру. Выпекание вафель осуществляется при температуре 180 °С, что соответствует температуре кристаллизации сахара (160 – 185° С). Фруктоза кристаллизуется при более низкой температуре (98 – 102 °С), что объясняет возрастание интенсивности коричневого цвета вафель с увеличением заменителя сахара в рецептуре. Замена его более чем на 65% приводит к подгоранию вафель по периметру и появлению у изделий соответствующего запаха, горьковатого привкуса, повышения влажности и,

как следствие, ухудшение хруста. Запах остальных образцов вафель практически не отличался от контрольного. Для дальнейших исследований количество заменяемого сахара фруктозой варьировали в интервале от 40 до 65%. Замена менее 40% сахара нецелесообразна.

Результаты органолептических исследований на наличие хрустящих свойств вафель свидетельствуют об обратной пропорциональной зависимости этого показателя количеству фруктозы в продукте. Так, вафли, содержащие 45–50% заменителя сахара практически не отличаются от контрольного образца, тогда как введение 55–60% значительно снижают хрустящие свойства, а 65% фруктозы в продукте практически нивелируют его.

Снижение хрустящих свойств напрямую связано с наличием влаги в продукте. Показатели влажности, определенные ускоренным методом с применением аппарата Чижовой, свидетельствуют о ее возрастании при увеличении заменителя сахара в рецептуре (рисунок 3). Это объясняется различной гигроскопичностью сахара и фруктозы (таблица 3). Во время хранения вафель в полиэтиленовой упаковке с воздушной средой влажность возрастает (рисунок 2).

В результате исследований установлено, что введение в рецептуры фруктозы взамен сахара от 45–55% является наиболее оптимальным. В таблице 4 представлен расчет пищевой ценности опытных образцов и контрольного (КО). Видно, что химический состав и калорийность кондитерских изделий практически равны.

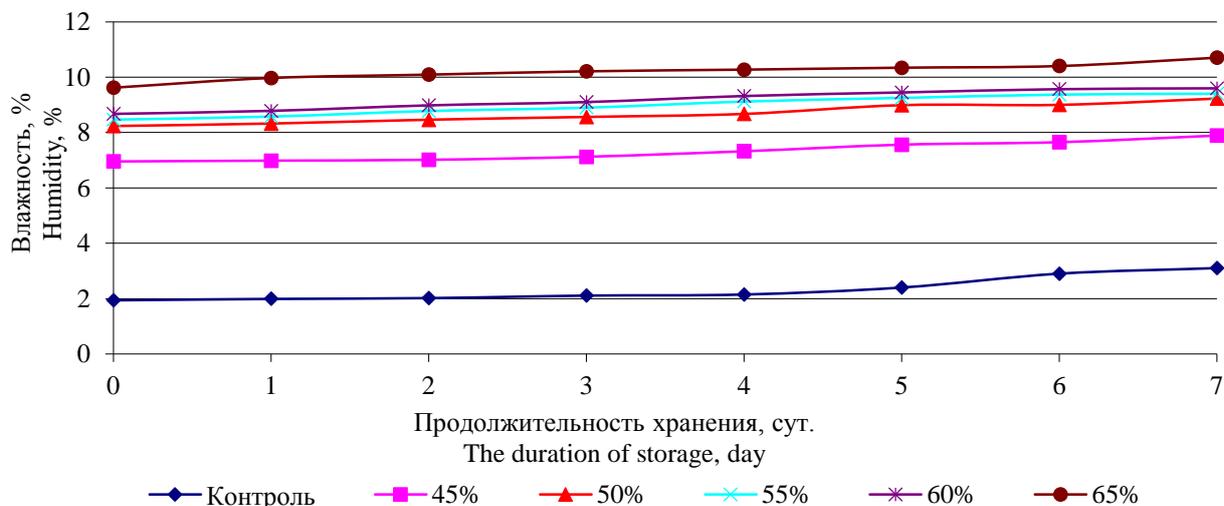


Рисунок 2. Изменение влажности вафель в зависимости от количества фруктозы в рецептуре  
Figure 2. Changing moisture wafers depending on the amount of fructose in the recipe

Расчет пищевой ценности

Table 4.

Calculation of the nutritional value

Показатель   Index	КО	Замена сахара   Replacing sugar		
		45%	50%	55%
Белки, г   Proteins, g	6,6	6,9	6,9	7,0
Жиры, г   Fat, g	18,2	19,1	19,2	19,3
Углеводы, г   Carbohydrates, g	46,0	43,4	43,2	42,8
Е, ккал   E, kcal	374	373	373	372

Разработанное кондитерское изделие относится к легкоусвояемым. Такие продукты характеризуются высоким гликемическим индексом, который показывает, на сколько повышается уровень глюкозы в крови после их употребления, при этом он зависит от качественного состава конечного продукта и гликемической нагрузки каждого из ингредиентов. Сахар, входящий в рецептуру имеет GI равный 75, мука – 85, фруктоза – 15 [4]. Таким образом, частичная замена способствует снижению GI разработанного кондитерского изделия, что подтверждается проведенными исследованиями (рисунок 3). Измерения глюкозы в крови проводили у группы добровольцев из 50 человек в возрасте 20 – 25 лет. Для этого использовали глюкометр

(Accu-ChekActive, Германия). Измерения проводили утром «натощак» и после употребления вафель до полного восстановления уровня сахара в крови. Результаты представлены на рисунке 3.

Установлено, что скорость возрастания уровня глюкозы в крови тем ниже, чем большее количество сахара заменено добавкой. Посредством введения в рецептуру вафель взамен 45, 50, 55% сахара фруктозы гликемический индекс снизился на 14, 21, 23% соответственно.

Таким образом, изготовление вафель без снижения их качества возможно посредством замены сахара фруктозой на 45–55%. В таблице 4 представлена рецептура вафель, содержащей в своем составе среднее значение из этого интервала (таблица 5).

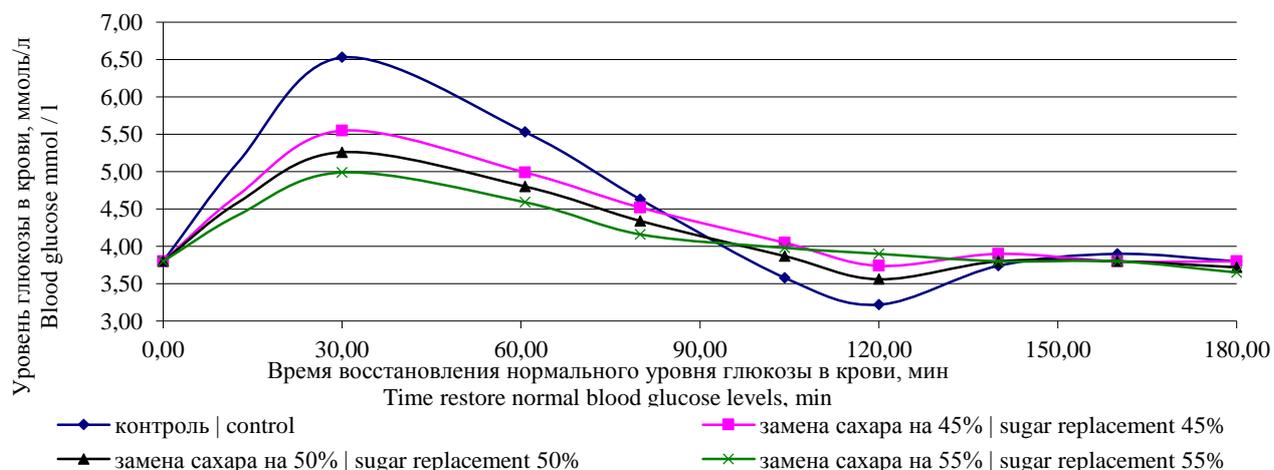


Рисунок 3. Исследование изменения уровня глюкозы в крови человека до и после употребления вафель

Figure 3. Study changes glucose in the blood before and after the use of waffles

Таблица 5.

Рецептура вафель с фруктозой (замена сахара на 50%)

Table 5.

The recipe waffles with fruit sugar (50% sugar substitute)

Наименование компонентов	m <sub>брутто</sub> , Г	m <sub>нетто</sub> , Г
Яйца   eggs	6 шт.	270
Маргарин сливочный 65%   Margarine Cream 65%	180	180
Фруктоза   Fructose	75	75
Сахар   Sugar	125	125
Мука пшеничная высшего сорта   Flour	303	300
Масса готового теста   Weight of the finished test	–	1000
Выход	–	750

Технологический процесс: см. таблицу 1  
Technological process: see table 1.

### Заключение

В результате исследований оптимизирован ингредиентный состав вафель, содержащих фруктозу взамен части сахара, оценены показатели качества готовых изделий, отвечающих за потребительскую привлекательность, доказано

снижение гликемического индекса разработанного продукта по сравнению с контрольным образцом. Разработанное кондитерское изделие рекомендуется включать в рационы питания различных групп населения, наряду с печеньями, вафлями промышленного производства, кексами и другими подобными продуктами.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Щетилина И.П., Григорова М.И. Анализ ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения для диабетического питания // Материалы студенческой научной конференции за 2014 год. Воронеж, 2014. С. 162.
- 2 Щетилина И.П., Попова Н.Н., Киселева Е.А., Денисова А.А. Разработка рецептуры киселя функционального назначения с использованием местного ягодно-сырья // Вестник МАХ. 2016. № 2. С. 38–41.
- 3 Попова Н.Н. Основы рационального питания: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2013. 112 с.
- 4 Foster-Powell K. International table of glysemic index and glicaeamic load values // Amer. J. of Clinical Nutrition. 2002. № 76. P. 5–56.
- 5 Livesey G. Health potential of polyols as sugar replaces, with emphasis on low glycaemic properties // Nutrition Research Reviews. 2003. № 16. P. 163–191.
- 6 Подсластители и сахарозаменители. Под ред. Х. Митчелл. СПб: Профессия, 2010. 512 с.
- 7 Попова Н.Н., Столбовских Л.И. Разработка рыбных рубленых полуфабрикатов сбалансированного жирнокислотного состава // Сервис в России и за рубежом. 2013. № 5. С. 30–37.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Надежда Н. Попова** к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса., Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, smaginan@bk.ru  
**Ирина П. Щетилина** к.т.н., доцент, кафедра теории экономики, товароведения и торговли, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

**Анастасия А. Денисова** студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса., Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия  
**Екатерина А. Киселева** студент, кафедра теории экономики, товароведения и торговли, Воронеж. гос. ун-т. инж. техн., пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Надежда Н. Попова** предложила методику проведения эксперимента  
**Ирина П. Щетилина** консультация в ходе исследования  
**Анастасия А. Денисова** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты  
**Екатерина А. Киселева** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.10.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.11.2016

### REFERENCES

- 1 Shchetilina I.P., Grigorova M.I. Analysis of the range of confectionery products, special purpose food for diabetic. Materialy studencheskoi nauchnoi konferentsii za 2014 god [Proceedings of Student Conference in 2014] Voronezh, 2014, pp. 162. (in Russian)
- 2 Shchetilina I.P., Popova N.N., Kiseleva E.A., Denisova A.A. Formulation jelly functionality using local berry raw materials. *Vestnik MAKh* [Proceedings of IAR] 2016, no. 2, pp. 38–41. (in Russian)
- 3 Popova N.N. Osnovy ratsional'nogo pitaniya [Basics of good nutrition] Voronezh, VGUIT, 2013, 112 p. (in Russian)
- 4 Foster-Powel, K. International table of glysemic index and glicaeamic load values. *Amer. J. of Clinical Nutrition*, 2002, no. 76, pp. 5–56.
- 5 Livesey G. Health potential of polyols as sugar replaces, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 2003, no. 16, pp. 163–191.
- 6 Podslastiteli i sakharozameniteli [Intense sweeteners and sweeteners, ed. H. Mitchell] Staint-Petersburg, Profesiya, 2010. 512 p. (in Russian)
- 7 Popova N.N., Stolbovskaya L.I. Development of semi-finished fish chopped balanced fatty acid composition. *Servis v Rossii i zarubezhom* [Service in Russia and abroad] 2013, no. 5, pp. 30–37. (in Russian)

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Nadezhda N. Popova** candidate of technical sciences, assistant professor, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, smaginan@bk.ru  
**Irina P. Shchetilina** candidate of technical sciences, assistant professor, theory of economy, the merchandise and trade department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia  
**Anastasiya A. Denisova** student, service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia  
**Ekaterina A. Kiseleva** student, theory of economy, the merchandise and trade department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia

### CONTRIBUTION

**Nadezhda N. Popova** proposed a scheme of the experiment and organized production trials  
**Irina P. Shchetilina** consultation during the study  
**Anastasiya A. Denisova** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations  
**Ekaterina A. Kiseleva** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 10.7.2016

ACCEPTED 11.11.2016