

Использование сахарозаменителей в технологии хлебного кваса

Канд. биол. наук **О.Б. Иванченко**, obivanchenko@yandex.ru
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий
194021, Россия, Санкт-Петербург, Новороссийская ул., 48

Канд. техн. наук **М.М. Данина**, marina_dako@mail.ru
Университет ИТМО
191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Исследовали возможность использования сахарозаменителей в технологии получения напитка брожения – кваса – и их влияние на физико-химические и органолептические показатели напитка. Рассматривали варианты с различными дозовыми комбинациями сиропов сахарозаменителей: мед и ксилит; 100% фруктоза; 50% фруктоза:50% ксилит; 70% фруктоза: 30% ксилит; 30% фруктоза:70% ксилит. Изучали влияние вносимых добавок на интенсивность брожения. Продолжительность брожения всех образцов при температуре $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ составляла 20 ч. В ходе брожения оценивали интенсивность снижения сухих веществ, скорость кислотонакопления и синтеза спирта. В качестве контроля служил образец с сиропом из сахарозы. Наиболее интенсивное брожение происходило в образце с заменой сахарозы на фруктозу, а наименее интенсивное – в образце, в котором сахароза была заменена на сироп в составе 30% фруктозы и 70% ксилита. Требуемая кислотность в контрольном образце достигалась уже через 8 ч брожения, в то время как в исследуемых пробах только через 20 ч с начала брожения. Согласно нормативным показателям на квас, содержание спирта в нем не должно превышать 1,2% об. Превышение его содержания зарегистрировано только в образце с фруктозой и составило 1,7%. В остальных образцах количество спирта не превышало нормы. По физико-химическим и органолептическим показателям образец с комбинацией фруктозы и ксилита в соотношении 50/50 показал наилучшие органолептические показатели. В статье представлена разработанная рецептура хлебного кваса с сахарозаменителями.

Ключевые слова: безалкогольные напитки; сахарозаменители; интенсивность брожения; квас; фруктоза; ксилит; кислотонакопление; содержание спирта.

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-2-11-18

The use of sweeteners in the technology of bread kvass

Ph. D. **Olga B. Ivanchenko**, obivanchenko@yandex.ru
*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Graduate School of Biotechnology and Food Science
48, Novorossiyskaya str., St. Petersburg, 194021, Russia*

Ph. D. **Marina M. Danina**, marina_dako@mail.ru
*ITMO University
9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia*

The possibility of using sugar alternatives in the technology of fermentation drink – kvass – and their influence on the physical, chemical, and organoleptic characteristics of the drink was investigated. Variants with different dose combinations of sugar substitutes' syrups were investigated: honey and xylitol; 100% fructose; 50% fructose; 50% xylitol; 70% fructose; 30% fructose; and 70% xylitol. The study of the effect of additives on the intensity of fermentation was carried out. The duration of fermentation of all samples at the temperature of $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ was 20h. During fermentation the intensity of dry substances' reduction, the rate of acid accumulation and alcohol synthesis were evaluated. The sample with sucrose syrup was used as the control one. The most intense fermentation occurred in the sample with the replacement of sucrose with fructose, and the least intense – in the sample, in which sucrose was replaced by syrup in the composition of 30% fructose and 70% xylitol. The required acidity in the control sample was achieved after eight hours of fermentation, while in the test samples only after 20 hours since fermentation. In accordance to the standard for kvass, the alcohol content should not exceed 1.2% by volume. The excess of its content was registered only in the sample with fructose and amounted to 1.7%. In other samples the amount of alcohol meets the requirements of the standard. In terms of physicochemical and organoleptic

characteristics the sample with a combination of fructose and xylitol in the ratio of 50/50 performed. The article presents the developed recipe of bread kvass with sugar substitutes.

Keywords: soft drinks; sweeteners; fermentation intensity; kvass; fructose; xylitol; acid accumulation; alcohol content.

Введение

Здоровье человека в значительной степени определяется его пищевым статусом, то есть степенью обеспеченности организма необходимыми (в первую очередь эссенциальными) пищевыми веществами и энергией. Вместе с тем при ряде заболеваний отдельные пищевые нутриенты должны содержаться в минимальных дозах или полностью исключены из рациона питания отдельных групп населения. Таким образом, продукты питания должны не только удовлетворять потребностям человека в основных питательных веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные функции, а также выступать в качестве лечебной диеты в комплексной терапии ряда заболеваний [1].

Квасы в России являются очень популярными напитками, и их доля на отечественном рынке в последние годы заметно возросла [2]. При этом все больше потребителей предпочитают натуральные и полезные продукты, содержащие в своем составе нутриенты, положительно влияющие на различные функции организма. Одним из современных направлений расширения ассортимента квасов является внесение в квасное сусло добавок различного характера. Поскольку практически все растения содержат в своем составе биологически активные вещества их использование в пищевых продуктах вполне целесообразно [3]. В этой связи сегодня разработано большое количество рецептур напитков брожения с добавлением различных натуральных растительных компонентов [4, 5].

Вместе с тем, квас относится к напиткам с высоким содержанием сахарозы. Для получения продуктов лечебно-профилактической направленности возникает необходимость замещения сахарозы сахарозаменителями. Поскольку ни один из сахарозаменителей не обладает всеми свойствами сахарозы, то представляет практический интерес использование комбинации сахарозаменителей, что позволит получить напиток, не уступающий по показателям качества традиционному продукту.

Роль сахарозаменителей выполняют высокоинтенсивные подсластители, низкокалорийные объемные подсластители и наполнители. Некоторые из них используются по отдельности как самостоятельные ингредиенты или же для корректировки углеводного состава продукта [6, 7].

Одним из самых распространенных сахарозаменителей является ксилит. Это самый сладкий из всех сахарных спиртов (рисунок 1) и единственный, сладость которого эквивалентна сладости сахарозы при концентрации раствора 10% сухих веществ (СВ), а при его концентрации 20% он слаще ее на 20%. Кроме того, по профилю сладости во времени ксилит и сахароза похожи [8].

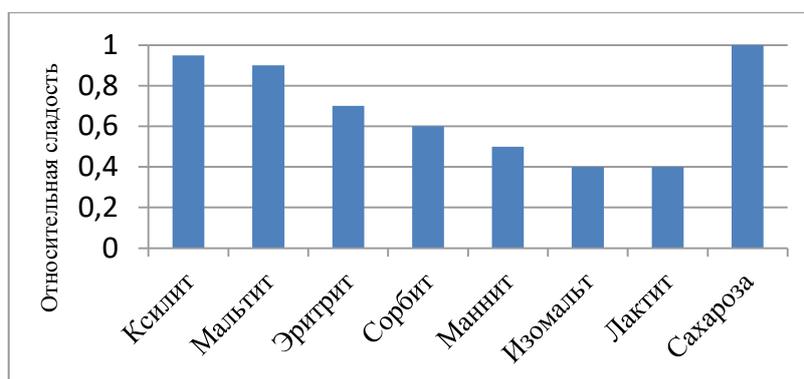


Рисунок 1 – Степень сладости заменителей сахара относительно сахарозы

Figure 1. Degree of sweetness for sugar substitutes in terms of sucrose

Из-за небольшой молекулярной массы ксилит характеризуется высоким осмотическим давлением и, соответственно, более низкой активностью воды, чем эквивалентные растворы сахарозы, а это означает, что в растворе он оказывает большее консервирующее действие, чем сахароза. Это делает ксилит полезным для увеличения содержания СВ, а значит и для повышения микробиологической стабильности напитков [8].

Благодаря своим органолептическим и физико-химическим свойствам он находит применение в кондитерской промышленности [9–11], в производстве булочек для бургеров [12], безалкогольных напитков [13].

Исследования по замене сахарозы в производстве кваса на сахарозаменители немногочисленны. В частности, показана возможность частичной замены сахарного сиропа на фруктозу [14], перспективы использования водных экстрактов листьев стевии на стадии купажирования кваса показана в работе Коротких Е.А., с соавт. [15], но работ по исследованию внесения в рецептуру ксилита нами не встречено.

Целью данной работы явилось разработка технологии напитка брожения – кваса, с заменой сахарозы на сахарозаменители.

Объекты и методы исследований

В работе использовали концентрат квасного суслу (ККС), имеющий состав: ржаной и ячменный солод, рожь, вода (ООО «Русквас», Россия); лимонная кислота (ЗАО «Д-р Оеткер», Россия); закваска сухая для кваса VIVO (ООО «Виво-Актив», Украина). В ее состав входят сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, и сухие молочнокислые бактерии *Lactobacillus acidophilus*. Расход закваски составил 0,83% от объема суслу.

Используемый ККС имел кислотность 18 к.ед., массовая доля СВ в нем составляла 70%.

Определение массовой доли сухих веществ, производили на рефрактометре Index instrument PTR46 (Index Instruments Ltd., Великобритания).

Анализ кислотности проводили титрованием 0,1 н раствором NaOH с добавлением индикатора (фенолфталеина). Расчет кислотности ККС производили по формуле

$$K_{\text{ккс}} = \frac{V \cdot K \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot M_{\text{ккс}} \cdot 10},$$

где $K_{\text{ккс}}$ – кислотность концентрата квасного суслу, к.ед.;

V – количество 0,1 Н раствора NaOH, пошедшего на титрование, мл;

K – поправочный коэффициент раствора щелочи;

V_1 – вместимость колбы, в которой разводили концентрат, мл;

V_2 – объем раствора концентрата, взятого для титрования, мл;

$M_{\text{ккс}}$ – навеска концентрата, г;

10 – коэффициент пересчета раствора NaOH концентрацией 0,1 моль/дм³ на раствор NaOH концентрацией 1 моль/дм³.

Определение стойкости готового напитка проводили по показателю кислотности кваса.

Количество спирта в готовом квасе определяли на анализаторе «Колос-1».

Сахарный сироп был приготовлен горячим способом. Содержание сухих веществ в сиропе составляло 62 ± 2% [16]. Проводили инверсию сахара в присутствии лимонной кислоты.

В основу рецептуры кваса с заменителями сахара положили традиционную рецептуру кваса «Хлебный» [14].

Количество заменяемого сахара на фруктозу и ксилита было рассчитано с учетом их сладости относительно сахарозы по формуле

$$П = \frac{С}{K_{\text{сладости}}},$$

где $П$ – необходимое количество сахарозаменителя, г;

$С$ – количество заменяемого сахара, г;

$K_{\text{сладости}}$ – коэффициент сладости сахарозаменителя.

Гидромодуль приготовления сиропа составил 1:3.

В таблице 1 представлены дозы фруктозы и ксилита в различных пропорциях и содержание сухих веществ в полученных сиропах.

Таблица 1 – Расход фруктозы и ксилита

Table 1. Fructose and xylitol dosage

показатель	Мед+ ксилит	100% фруктоза	50% фруктоза 50% ксилит	70% фруктоза 30% ксилит	30% фруктоза 70% ксилит
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
количество фруктозы, г	–	13,3	6,7	10,7	2,7
количество ксилита, г	30	–	10,5	4,2	16,8
мед, г	20	–	–	–	–
массовая доля СВ сиропа, %	58	46,1	40,2	40,3	40,4

Результаты и их обсуждение

Для того чтобы оптимально подобрать состав компонентов для кваса и разработать рецептуру был произведен расчет расхода ККС на 0,4 л и изучены различные варианты комбинирования сырья, заменившего сахар. В качестве контроля использовали образец с сиропом на сахарозе (таблица 2).

Согласно нормативным документам, при производстве квасов применяют не только зерновое сырье, но и допускают использование меда, фруктово-ягодного сырья и продуктов их переработки. Чтобы сделать продукт максимально приближенный к натуральному, применили вариант с добавлением меда.

Таблица 2 – Расход сырья, задаваемый на брожение

Table 2. Raw material consumption for fermentation

Наименование сырья	Количество
ККС, г	15
вода, мл	389
закваска, г	3,32
контроль (сахарный сироп), мл	9,2
образец 1 (мед+ксилит), мл	10,4
образец 2 (100% фруктоза), мл	13,3
образец 3 (50% фруктоза 50% ксилит), мл	15,4
образец 4 (70% фруктоза 30% ксилит), мл	15,4
образец 5 (30% фруктоза 70% ксилит), мл	15,4

Процесс брожения, в ходе которого проводили анализ массовой доли сухих веществ, кислотности и содержания спирта, проходил при температуре $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 20 ч.

В исследовании использовали квасное сусло с начальной концентрацией сухих веществ 4%. Контроль брожения проводили по снижению содержания СВ и увеличению кислотности. В качестве контроля служил образец с сиропом из сахарозы. Интенсивность брожения оценивали по снижению сухих веществ (рисунок 2). Наиболее интенсивное брожение происходило в образце с заменой сахарозы на фруктозу, а наименее интенсивное – в образце 5.

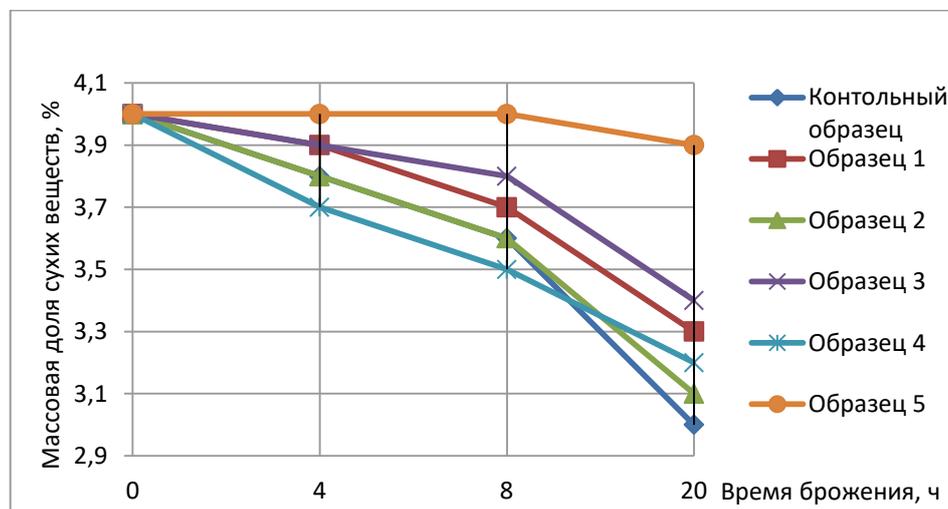


Рисунок 2 – Динамика снижения содержания СВ во время брожения

Figure 2. Decreasing of dry substances content during fermentation

Из приведенных данных (рисунок 2) видно, что при внесении исследуемых концентраций ксилита в квасное сусло ход брожения замедляется. Это не может не повлиять на остальные физико-химические характеристики готового напитка. При увеличении концентрации ксилита в сусле скорость потребления сухих веществ так же уменьшается, что увеличивает время брожения. При начальной концентрации квасного сусла 4% сухих веществ снижение сухих веществ на 1% достигается через 20 ч в контрольном образце и образце 2. Хорошее брожение наблюдается также в образцах 3 и 4.

Согласно требованиям нормативов на квас, кислотность квасного напитка должна составлять 2–7 к. ед. Требуемая кислотность в контрольном образце достигалась уже через 8 ч. брожения, в то время как в исследуемых пробах только через 20 ч. с начала брожения.

Динамика увеличения кислотности бродящего сусла и рост концентрации спирта приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели сусла во время брожения
Table 3. Wort indicators during fermentation

Показатель	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
В начале брожения						
массовая доля СВ, %	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
кислотность, к.ед.	1,2	1,2	1	1	0,8	0,8
объемная доля спирта, %	0	0	0	0	0	0
Через 4 ч. после начала брожения						
массовая доля СВ, %	3,8	3,9	3,8	3,9	3,7	4,0
кислотность, к.ед.	1,5	1,3	1,5	1,1	0,9	0,8
объемная доля спирта, %	0,19	0,17	0,39	0,19	0,25	0
Через 8 ч. после начала брожения						
массовая доля СВ, %	3,6	3,7	3,6	3,8	3,5	4,0
кислотность, к.ед.	2,0	1,4	1,8	1,2	1,2	0,8
объемная доля спирта, %	0,41	0,38	0,71	0,40	0,63	0
В конце брожения						
массовая доля СВ, %	3,0	3,3	3,1	3,4	3,2	3,9
кислотность, к.ед.	2,5	1,4	2,5	2,2	1,9	1,2
объемная доля спирта, %	0,9	0,8	1,7	0,95	1,16	0,1

Согласно нормативно-технической документации на квас, содержание спирта в нем не должно превышать 1,2% об. Превышение его содержания зарегистрировано в образце с фруктозой и составило 1,7%. Пограничное положение занимает образец 4 – концентрация спирта составляет 1,2%.

По окончании брожения образцы охлаждали до 6°С, затем сливали с осадка профильтровав через ватно-марлевый фильтр и далее через складчатый бумажный фильтр.

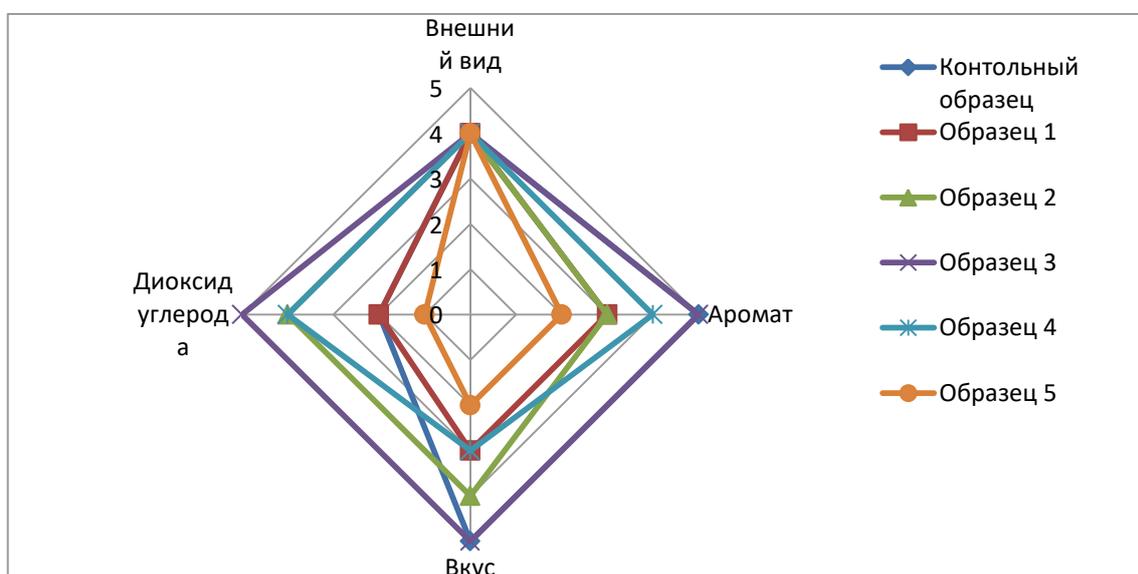


Рисунок 3 – Органолептический профиль полученных образцов
Figure 3. Organoleptic profile of the samples obtained

Органолептический профиль напитков представлен на рисунке 3.

Дегустационная оценка очень важна при разработке новых напитков, так как она позволяет выявить все недостатки и достоинства, а иногда это единственный способ сделать заключение о качестве продукта [17].

Также была определена стойкость напитков. Термостатирование образцов проводили при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Стойкость непрозрачных напитков и сиропов, квасов и напитков из хлебного сырья устанавливают путем наблюдения превышения допустимого предела титруемой кислотности и снижения массовой доли сухих веществ ниже допустимых пределов. Стойкость напитков измеряется в сутках.

Максимально возможное значение кислотности для квасов составляет 7 к. ед. При выдержке готовых квасных напитков при температуре 20°C при хранении в контрольном образце и исследуемых образцах 2 и 4 это значение достигалось через 2 суток, для образца с добавлением 100% ксилита – через 5 суток (рисунок 4). При выдержке образцов при температуре $2-4^\circ\text{C}$ срок их хранения увеличивался, для контроля и образцов 1, 2 и 4 он составил 5 суток, а для квасного напитка с ксилитом (5 образец) – 8 суток.

Таким образом, полученный напиток рекомендуется хранить не более 8 суток при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$.

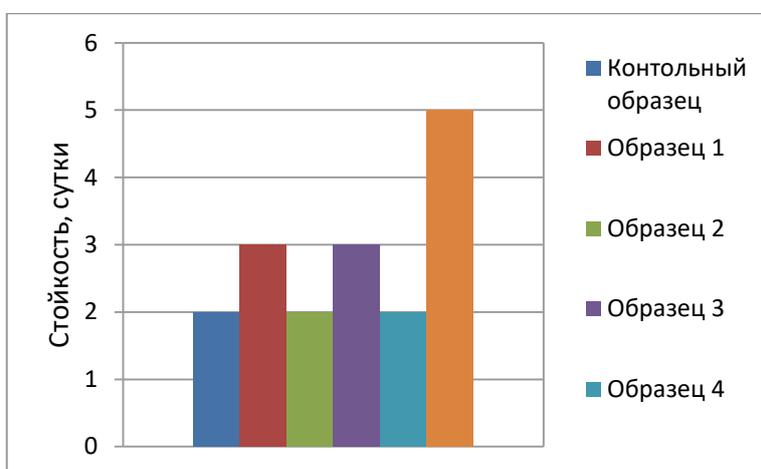


Рисунок 4 – Стойкость образцов при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$
 Figure 4. Stability of the samples at the temperature of $20 \pm 2^\circ\text{C}$

Заключение

В образце 2 зарегистрировано повышенное содержание спирта, что вероятно связано с легкой сбраживаемостью фруктозы дрожжами.

В образце 5 процесса брожения не было из-за того, что ксилит является не сбраживаемым сахаром, однако этот напиток имеет наибольшую стойкость.

В образце 1 при дегустации обнаруживается небольшая горечь.

По физико-химическим и органолептическим показателям образец 3 с комбинацией фруктозы и ксилита в соотношении 50/50 показал наилучшие показатели. Все исследуемые показатели в пределах нормируемых значений, а стойкость напитка увеличена. Исследование возможности использования сахарозаменителей показало, что полученные положительные результаты позволяют нам рекомендовать следующую рецептуру приготовления кваса с ксилитом и фруктозой (таблица 4)

Таблица 4 – Рецептура кваса
 Table 4. Kvass recipe

Наименование сырья	Расход
ККС (70% СВ)	37,5 г
ксилит	26,3 г
фруктоза	16,7 г
изюм	10 г
комбинированная закваска	8,3 г
вода	1000 мл

Литература

1. Иванченко О.Б., Проскурякова Т.В. Продукты для здорового питания – основа инноваций в питании населения // *Инновационные технологии в сервисе: сб. тр.* СПб., 2015. С. 341–343.
2. Радионова А.В. Анализ состояния и перспектив развития российского рынка функциональных напитков // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств.* 2014. № 1. С. 208–217.
3. Базарнова Ю.Г. Иванченко О.Б. Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений // *Вопросы питания.* 2016. Т. 5. С. 124–131.
4. Смотраева И.В., Баланов П.Е., Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э. Биологическая стабилизация напитков нативными ингредиентами из растительного сырья // *Вестник Казанского технологического университета.* 2014. Т. 17. № 22. С. 229–231.
5. Иванченко О.Б., Хвостовская Д.М. Использование корня имбиря в технологии функциональных продуктов брожения // *Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности.* 2014. № 4. С. 102–108.
6. Mooradian A.D., Smith M., Tokuda M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin Nutr ESPEN.* 2017, Apr; V. 18, pp. 1–8.
7. Глаголева Л.Э., Иванова О.В. Коррекция углеводного состава продуктов специального назначения // *Вестник ВГУИТ.* 2017. Т. 79. № 1. С. 138–144.
8. Митчелл Х. (ред.) Подсластители и сахарозаменители. СПб.: Профессия, 2010. 512 с.
9. Колдина Т.В., Иванченко О.Б. Изготовление смесей какао-напитков с использованием подсластителей и сахарозаменителей // *Хранение и переработка сельхозсырья.* 2014. № 8. С. 46–49.
10. Васькина В.А., Львович Н.А. Сахарозаменители в технологии производства зефира // *Кондитерское производство.* 2011. № 1. С. 16–19.
11. Васькина В.А., Фролова Т.Ю. Сахарозаменители в технологии производства вафельных листов // *Кондитерское производство.* 2010. № 2. С. 14–15.
12. Sahin A.W., Axel C., Zannini E., Arendt E.K. Xylitol, mannitol and maltitol as potential sucrose replacers in burger buns. *Food Funct.* 2018, V. 9, no. 4, pp. 2201–2212.
13. Карлюк А.В., Севодина К.В. Низкокалорийные напитки на основе облепихового сока // *Пиво и напитки.* 2012. № 2. С. 37–39.
14. Сташкова В.А., Аверьянова Е.В. Исследование возможности использования фруктозы в технологии приготовления кваса брожения // *Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России: сб. тр.* Орел: Изд-во Орлов. гос. ун-та им. И.С. Тургенева, 2017. С. 254–260.
15. Коротких Е.А., Новикова И.В., Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Прудкова В.Е., Голубева Л.В. Низкокалорийный квас // *Пиво и напитки.* 2014. № 6. С. 44–47.
16. Помозова В.А. Производство кваса и безалкогольных напитков. СПб.: ГИОРД, 2006. 192 с.
17. Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Афонин Д.В. Качество пива. Стабильность вкуса и аромата. Коллоидная стойкость. Дегустация. СПб.: Профессия, 2011. 220с.

Reference

1. Ivanchenko O.B., Proskuryakova T.V. Products for healthy nutrition – the basis of innovations in nutrition of the population. *Innovative technologies in service.* Collection of works. St. Petersburg, 2015, pp.341–343 (*In Russian*).
2. Radionova A.V. Analysis of a state and prospects of development of the Russian market of functional drinks. *Processes and Food Production Equipment.* 2014, no. 1, pp. 208–217 (*In Russian*).
3. Bazarnova Yu.G. Ivanchenko O.B. Issledovaniye of composition of biologically active agents of extracts of wild-growing plants. *Problems of nutrition.* 2016, V. 5, pp. 124–131 (*In Russian*).
4. Smotreeva I.V., Balanov P.E., Ivanchenko O.B., Khabibullin R.E. Biological stabilization of beverages with native ingredients from vegetable raw materials. *Proceedings of Kazan Technological University.* 2014, V. 17, no. 22, pp. 229–231 (*In Russian*).
5. Ivanchenko O.B., Khvostovskaya D.M. The use of ginger root in the technology of functional fermentation products. *Problems of Economy and Management in Trade and Industry.* 2014, no. 4, pp. 102–108 (*In Russian*).
6. Mooradian A.D., Smith M., Tokuda M. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin Nutr ESPEN.* 2017, Apr; V. 18, pp. 1–8.
7. Glagoleva L.E., Ivanova O.V. Correction of the carbohydrate composition of special-purpose products. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies.* 2017, V. 79, no. 1, pp. 138–144 (*In Russian*).
8. Mitchell H. (Ed.) *Sweeteners and sugar alternatives in food technology.* St. Petersburg, Profession Publ., 2010, 512 p.
9. Koldina T.V., Ivanchenko O.B. Making mixes of cocoa drinks using sweeteners and sugar substitutes. *Storage and Processing of Farm Products.* 2014, no. 8, pp. 46–49 (*In Russian*).
10. Vaskina V.A., Lvovich N.A. Sweeteners in marshmallow production technology. *Confectionery Manufacture.* 2011, no. 1, pp. 16–19 (*In Russian*).

11. Vaskina V.A., Frolova T.Yu. Sweeteners in the technology of production of wafer sheets. *Confectionery Manufacture*. 2010, no. 2, pp. 14–15 (*In Russian*).
12. Sahin A.W., Axel C., Zannini E., Arendt E.K. Xylitol, mannitol and maltitol as potential sucrose replacers in burger buns. *Food Funct.* 2018, V. 9, no. 4, pp. 2201–2212.
13. Karlyuk A.V., Sevodina K.V. Low-calorie drinks based on sea buckthorn juice. *Beer and Beverages*. 2012, no. 2, pp. 37–39 (*In Russian*).
14. Stashkova V.A., Averyanova E.V. Study of the possibility of using fructose in the technology of fermentation kvass preparation. *Priorities and scientific support for the implementation of the state policy of healthy nutrition in Russia*. Collection of works. Oryol, Oryol state university of I.S. Turgenev Publ., 2017, pp. 254–260 (*In Russian*).
15. Korotkikh Ye.A., Novikova I.V., Agafonov G.V., Chusova A.E., Prudkova V.E., Golubeva L.V. Low-calorie kvass. *Beer and Beverages*. 2014, no. 6, pp. 44–47 (*In Russian*).
16. Pomozova V.A. *Production of kvass and soft drinks*. St. Petersburg, GIORD Publ., 2006, 192 p. (*In Russian*).
17. Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. *The quality of beer. Stability of taste and aroma. Colloidal resistance. Tasting*. St. Petersburg, Profession Publ., 2011, 220 p. (*In Russian*).

Статья поступила в редакцию 08.04.2019