

## Получение глюкозо-фруктозного сиропа из якона




Татьяна И. Романюк	<sup>1</sup>	<a href="mailto:tafursova@yandex.ru">tafursova@yandex.ru</a>	 0000-0001-8813-9901
Алла Е. Чусова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:hycovai@mail.ru">hycovai@mail.ru</a>	 0000-0003-1237-4870
Михаил П. Тарарыков	<sup>1</sup>	<a href="mailto:cmitttt@mail.ru">cmitttt@mail.ru</a>	
Наталья А. Матвиенко	<sup>1</sup>	<a href="mailto:natali25_81@mail.ru">natali25_81@mail.ru</a>	 0000-0003-4777-003X

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

**Аннотация.** Использование инулинсодержащего сырья для получения глюкозо-фруктозного сиропа позволяет значительно уменьшить в нем количество глюкозы, а долю фруктозы увеличить до 97%. В связи с этим целью исследований явилось изучение процесса получения глюкозо-фруктозных сиропов биоконверсией инулинсодержащего сырья якона. Деполимеризацию фруктанов осуществляют ферментом инулиназой, гидролизующей полимер до фруктозы и сахарозы. Объектом исследования служили корнеплоды якона с содержанием инулина 17,3%, ферментный препарат инулиназа из *A. awamori* 2250. Рациональным режимом гидротермообработки клубней якона является: температура 85 °С, продолжительность 30 мин, гидромодуль 1:0,5. Рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: рН 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа. Таким образом, нами подобраны рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: рН 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа. Получен фруктозо-глюкозный сироп, представляющий собой вязкую жидкость без осадка и посторонних включений. Цвет от желтого до светло-коричневого различной интенсивности, вкус сладкий без горечи. Запах, как правило, отсутствует, при этом допускается легкий фруктовый или карамельный аромат. По физико-химическим свойствам фруктозо-глюкозный сироп имеет следующие показатели: сухие вещества 70–80%; редуцирующие вещества 88–90% в пересчете на абсолютно сухое вещество; фруктоза 87–89% в пересчете на абс. сухое вещество; глюкоза 1% в пересчете на абс. сухое вещество; остаточное содержание инулина 1–2% в пересчете на абс. сухое вещество; белковые вещества 6–6,5% в пересчете на абс. сухое вещество; содержание золы 4% в пересчете на абс. сухие вещества. Энергетическая ценность фруктозо-глюкозного сиропа составляет 315 ккал/100 г.

**Ключевые слова:** якон, глюко-фруктозный сироп, инулин, инулиназа, биоконверсия

## Preparation of glucose-fructose syrup from yacon

Tatiana I. Romanyuk	<sup>1</sup>	<a href="mailto:tafursova@yandex.ru">tafursova@yandex.ru</a>	 0000-0001-8813-9901
Alla E. Chusova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:hycovai@mail.ru">hycovai@mail.ru</a>	 0000-0003-1237-4870
Mikhail P. Tararykov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:cmitttt@mail.ru">cmitttt@mail.ru</a>	
Natalya A. Matvienko	<sup>1</sup>	<a href="mailto:natali25_81@mail.ru">natali25_81@mail.ru</a>	 0000-0003-4777-003X

<sup>1</sup> Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Abstract.** The use of inulin-containing raw materials for the production of glucose-fructose syrup helps to significantly reduce the amount of glucose in it, and increase the proportion of fructose to 97%. The purpose of the research is to study the process of obtaining glucose-fructose syrups by bioconversion of inulin - containing raw materials-yacon. Depolymerization of fructans is carried out by the enzyme inulinase, which hydrolyzes the polymer to fructose and sucrose. The object of the study was yacon root vegetables with an inulin content of 17.3 %, the enzyme preparation inulinase from *A. awamori* 2250. The rational mode of hydrothermal treatment of yacon tubers is: temperature-85 C, duration-30 minutes, hydromodule-1: 0.5. Rational modes of saccharification of yacon with the enzyme preparation inuloavamorin P10x: pH 5.5; dosage of the enzyme preparation 14 units per 1 yacon inulin, temperature 50 oC for yacon, duration of hydrolysis 3.5-4 hours. Thus, we have selected rational modes of saccharification of yacon with the enzyme preparation inuloavamorin P10x: pH 5.5; the dosage of the enzyme preparation is 14 units per 1 inulin of yacon, the temperature is 50 oC for yacon, the duration of hydrolysis is 3.5-4 hours. The resulting fructose-glucose syrup, which is a viscous liquid without sediment and foreign inclusions. The color – from yellow to light brown, with varying intensity, the taste is sweet with no bitterness. The smell is usually absent, while a light fruity or caramel flavor is allowed. According to the physical and chemical properties of fructose-glucose syrup has the following indicators: dry substances-70-80 %; reducing substances-88-90% in terms of absolutely dry matter; fructose-87-89% in terms of abs. dry matter; glucose-1% in terms of abs. dry matter; residual inulin content-1-2% in terms of abs. dry matter; protein substances - 6-6. 5% in terms of abs. dry matter; ash content – 4% in terms of abs.dry matter. The energy value of fructose-glucose syrup is 315 kcal/100 g.

**Keywords:** yacon, gluco-fructose syrup, inulin, inulinase, bioconversion

### Введение

В настоящее время происходит интенсивный рост производства заменителей сахара, особенно углеводной группы, в частности, глюкозно-фруктозных сиропов (ГФС). По своему составу и биологической ценности они превосходят сахарозу, обладают хорошей влагоудерживающей способностью, высокой гигроскопичностью. Высокие бактерицидные свойства сиропов характеризуются постоянным химическим составом,

низкой вязкостью. ГФС являются перспективными заменителями сахара при выработке хлебобулочных, кондитерских и молочных продуктов, безалкогольных напитков и консервов т. д. [1–2].

Обычно глюкозо-фруктозные сиропы получают кислотным или ферментативным гидролизом крахмала зерновых культур или сахарозы с последующей изомеризацией глюкозы во фруктозу. При кислотном гидролизе образуются побочные продукты (фурфурол,

Для цитирования

Романюк Т.И., Чусова А.Е., Тарарыков М.П., Матвиенко Н.А. Получение глюкозо-фруктозного сиропа из якона // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 2. С. 87–92. doi:10.20914/2310-1202-2021-2-87-92

For citation

Romanyuk T.I., Chusova A.E., Tararykov M.P., Matvienko N.A. Preparation of glucose-fructose syrup from yacon. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 87–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-2-87-92

оксиметилфурфурол, гидроксиметилфурфурол), имеющие токсические свойства. Кроме того, сам процесс протекает в довольно жестких условиях и требует нейтрализации кислоты, которая придает сиропам солоноватый привкус. Для улучшения качества ГФС и повышения их биологической ценности, кислотный гидролиз заменяют ферментативным [3, 4].

Перспективным является производство ГФС гидролизом полифруктана инулина, содержащегося в нетрадиционном сельскохозяйственном сырье – яконе [5].

Якон (*Polimnia sonchifolia*) с древних времен разводят в Перу и других латиноамериканских странах, он является дальним родственником подсолнечника и топинамбура, выращивается для получения съедобных корневых клубней. Якон используют для получения сахара, инулина и спирта, а также как кормовое растение. В настоящее время интродуцирован в США, Новой Зеландии, Японии, Западной Европе, России и Молдове. Корневые клубни якона значительно различаются по форме, размеру и сладости. Масса их составляет 100–500 г. Свежие корнеплоды якона содержат 69–83% воды, 0,4–2,2% белка и 20% сахаров, состоящих в основном из инулина. Отмечают высокое содержание в корневых клубнях калия. Якон используют для получения сахара, инулина и спирта, а также как кормовое растение [6–8].

Использование инулинсодержащего сырья для получения глюкозо-фруктозного сиропа позволяет значительно уменьшить в нем количество глюкозы, а долю фруктозы увеличить до 97% [2].

Деполимеризацию фруктанов осуществляют ферментом инулиназой (КФ 3.2.1.7; 2,1-β-D-фруктан-фруктаногидролаза), гидролизующей полимер до фруктозы и сахарозы. Производителями, имеющими промышленное значение, являются грибы рода *Aspergillus* и дрожжи *Kluuveromycetes*. Представляют интерес также бактериальные инулиназы, обладающие высокой термостабильности [9, 10–20].

**Цель работы** – изучение процесса получения глюкозо-фруктозных сиропов биоконверсией инулинсодержащего сырья – якона.

#### Материалы и методы

Объектом исследования служили корнеплоды якона с содержанием инулина 17,3%, ферментный препарат инулиназа из *A. awamori* 2250.

Инулиназную активность определяли, используя в качестве субстрата 2% раствор инулина. Гидролиз проводили при температуре 50 °С, pH 4,7 в течение 20 минут. Об активности фермента судили по накоплению редуцирующих веществ, которые определяли по Бертрону

полумикрометодом. За единицу инулиназной активности принимали такое количество фермента, которое катализирует образование 1 мкМ редуцирующих веществ за 1 минуту

Содержание инулина в растительном сырье определяли полумикрометодом Бертрона, определение фруктозы проводили методом Кольтгофа.

Клубни якона предварительно подвергали сортировке и мойке. В связи с действием полифенолоксидазы, находящейся в клубнях, измельченные корнеплоды темнеют, что неблагоприятно сказывается на окраске полученного сиропа. Поэтому для инактивации тирозиназы клубни подвергали бланшировке – обваривали в воде с температурой 85 °С в течение 3 минут, обработанные клубни измельчали до размера частиц 1–3 мм.

#### Результаты и обсуждение

Существует много способов предварительной подготовки якона к гидролизу с целью наиболее полного выделения инулина. Наиболее приемлемой для промышленных масштабов является гидротермообработка измельченных клубней.

Основными факторами, влияющими на процесс перехода инулина из клубней в раствор, являются: температура, гидромодуль (соотношение измельченных клубней и воды), а также продолжительность обработки.

Исследование влияния температуры на процесс перехода инулина из клубней в раствор проводили в интервале температур 85–100 °С. Измельченные корнеплоды помещали в колбы, содержимое заливали дистиллированной водой в количестве 1:1, проводили тепловую обработку в течение 20 минут, затем исследовали количество инулина, оставшееся в мезге и перешедшее в жидкую фазу.

Экспериментальные данные (рисунок 1) показали, что оптимальной температурой выхода инулина из клубня якона является 85–87 °С. Дальнейшее повышение температуры уменьшает выход полисахарида, а количество сахаров возрастает, по-видимому, это связано с термическим разложением инулина.

Изучение влияния количества воды на переход инулина из клубней якона проводили при температуре 85 °С в течение 30 минут.

Экспериментальные данные (рисунок 2) показали, что с увеличением количества добавляемой воды к массе измельченных корнеплодов, увеличивается масса инулина, перешедшего в жидкую фазу. Наибольший выход инулина наблюдался при соотношении измельченных корнеплодов и воды 1:0,5.

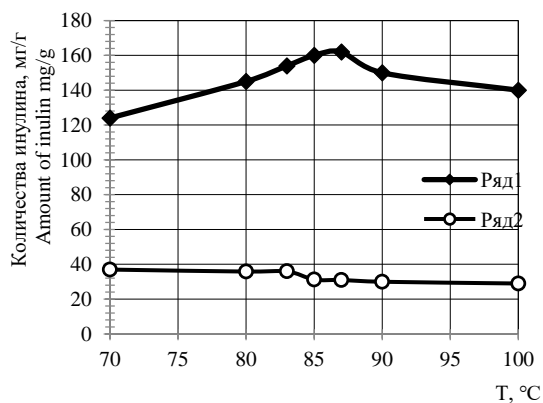


Рисунок 1. Изменение количества инулина в процессе разваривания якона 1 – перешедшее в фильтрат; 2 – остающееся в мезге

Figure 1. Change in the amount of inulin in the process of boiling yacon 1-transferred to the filtrate; 2-remaining in the pulp

Далее было изучено влияние продолжительности гидротермообработки на процесс извлечения инулина из тканей корнеплодов якона. Процесс разваривания осуществляли в интервале времени 15–60 мин при ранее подобранной температуре. На рисунке 3 показано влияние продолжительности разваривания инулинсодержащего сырья на переход инулина в раствор. Как видно из рисунка, минимальное количество инулина, остающееся в мезге якона достигается при продолжительности разваривания 30 мин. При этом практически все сахара переходят в раствор. Таким образом, оптимальной для перехода сахаров в жидкую фазу является продолжительность процесса гидротермообработки 30 мин.

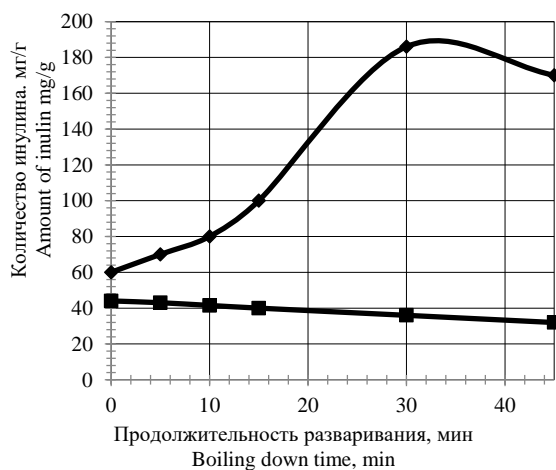


Рисунок 3. Влияние продолжительности разваривания якона на переход инулина в жидкую фазу: 1 – перешедшее в фильтрат, мг; 2 – остающееся в мезге, мг

Figure 3. The effect of the duration of yacon boiling on the transition of inulin to the liquid phase: 1-transferred to the filtrate, mg; 2-remaining in the pulp, mg

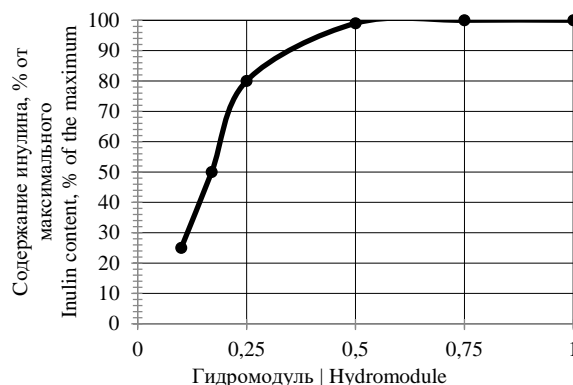


Рисунок 2. Влияние гидро модуля на переход инулина в жидкую фазу при разваривании якона, % от максимального

Figure 2. Effect of the hydromodule on the transition of inulin to the liquid phase during the boiling of the yacon, % of the maximum

Таким образом, рациональным режимом гидротермообработки клубней якона является: температура – 85 °С, продолжительность – 30 мин, гидро модуль – 1:0,5.

Гидролиз инулина – важная технологическая операция при получении фруктозных сиропов и фруктозы из инулина. Исследован процесс ферментативного гидролиза инулина, содержащегося в яконе препаратом инулоаваморин П10х с инулиназной активностью 600 ед./г. Проведенные во Всероссийском научно-исследовательском ветеринарном институте патологии, фармакологии и терапии (НИВИПФиТ) токсикологические испытания показали отсутствие общей токсикологичности у препарата инулоаваморин П10х, что позволит применять его в пищевой промышленности.

Основными факторами, влияющими на процесс осахаривания инулинсодержащего сырья, являются: рН реакционной среды, дозировка ферментного препарата, температура и продолжительность процесса. Оптимальными условиями действия инулоаваморина П10х являются рН среды 5,5, температура 50 °С.

Изучение влияния температуры на процесс ферментативного гидролиза инулинсодержащего сырья проводили при дозировке инулоаваморина 14 единиц на 1 г инулина в интервале температур 40–60 °С.

Динамика гидролиза якона при различных температурах представлена на рисунке 4. Максимальное расщепление инулина (100%) наблюдается через 3,5 ч ферментации якона при температуре 50 °С. Повышение температуры до 60 °С способствует уменьшению активности фермента, а, следовательно, и степени осахаривания инулинсодержащего сырья, что, вероятно, связано с термической инактивацией фермента.

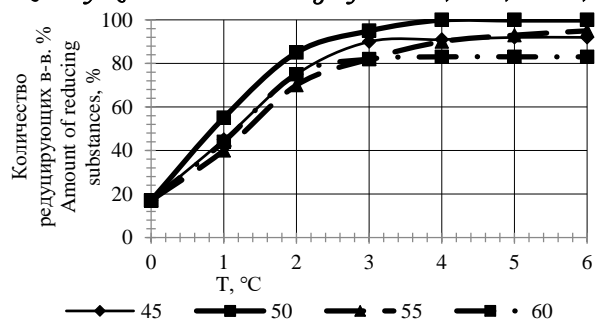


Рисунок 4. Влияние температуры на осахаривание якона при дозировке ферментного препарата 14 ед./г инулина

Figure 4. The effect of temperature on the saccharification of yacon at the dosage of the enzyme preparation 14 u/g inulin

При изучении влияния дозировки инулоаваморина П10х на степень осахаривания инулинсодержащего сырья гидролиз полисахарида осуществляли в мезге при оптимальных условиях действия используемого ферментного препарата, который вносили в количестве 10 – 18 единиц на 1 г инулина.

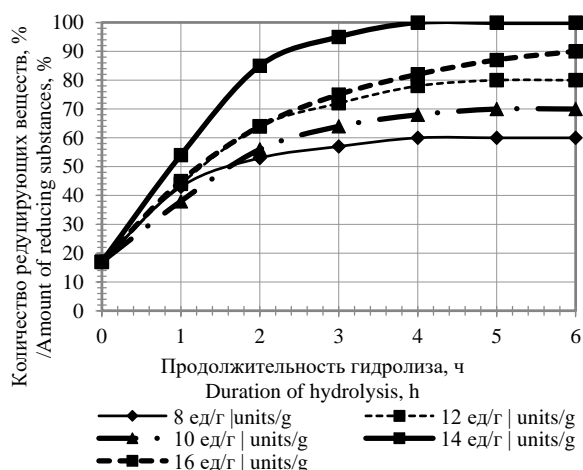


Рисунок 5. Динамика осахаривания якона при различной дозировке ферментного препарата

Figure 5. Dynamics of saccharification of yacon at different dosages of the enzyme preparation

Анализ экспериментальных данных (рисунок 5) показал, что оптимальной дозировкой инулоаваморина при гидролизе инулина, содержащегося в яконе является 14 единиц (максимальное количество редуцирующих веществ 95–100%).

При этом продолжительность гидролиза инулина составляет 3,5 – 4 ч. Внесение ферментного препарата в меньших количествах не зависимо от используемого сырья позволяет получить гидролизаты с содержанием редуцирующих веществ не более 70 – 90%. Увеличение дозировки инулоаваморина способствует некоторому снижению скорости реакции при приближении к полному гидролизу инулина. Это вполне логичные результаты, согласующиеся с традиционной обратно пропорциональной зависимостью концентрации фермента и продолжительности процесса.

Таким образом, нами подобраны рациональные режимы осахаривания якона ферментным препаратом инулоаваморин П10х: рН 5,5; дозировка ферментного препарата 14 единиц на 1 инулина якона, температура 50 °С для якона, продолжительность гидролиз 3,5–4 часа.

От полученных гидролизатов прессованием мезгу отделяли, полученный фильтрат осветляли путем пропускания его через адсорбент. В качестве адсорбента служил активированный уголь. Осветленный гидролизат упаривали под вакуумом при температуре 60–70 °С до получения сиропа, содержащего не менее 70% сухих веществ.

### Заключение

Полученный фруктозо-глюкозный сироп представляет собой вязкую жидкость без осадка и посторонних включений. Цвет – от желтого до светло-коричневого различной интенсивности, вкус – сладкий без горечи. Запах, как правило, отсутствует, при этом допускается легкий фруктовый или карамельный аромат.

По физико-химическим свойствам фруктозо-глюкозный сироп имеет следующие показатели: сухие вещества 70–80%; редуцирующие вещества 88–90% в пересчете на абсолютно сухое вещество; фруктоза 87–89% в пересчете на абс. сухое вещество; глюкоза 1% в пересчете на абс. сухое вещество; остаточное содержание инулина 1–2% в пересчете на абс. сухое вещество; белковые вещества 6–6,5% в пересчете на абс. сухое вещество; содержание золы 4% в пересчете на абс. сухие вещества. Энергетическая ценность фруктозо-глюкозного сиропа составляет 315 ккал/100 г.

Получен фруктозо-глюкозный сироп, который может использоваться в различных отраслях пищевой промышленности.

### Литература

- 1 Маргиева З.З. Использование сиропа якона при производстве кисломолочных напитков // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета «Студенческая наука-агропромышленному комплексу». 2019. С. 308-310.
- 2 Булавинова О.В. Нетрадиционные растения – заменители сахара при диабете // В сборнике: Образование, наука, производство – 2017. 2017. С. 229–231.
- 3 Корейман Я.И., Рудниченко Е.С., Мельникова Е.И., Нифталиев С.И. и др. Экстрагирование физиологически ценных компонентов натурального подсластителя якона // Химическая технология. 2008. Т. 9. № 12. С. 626–627.

4 Adriano L.S., Dionísio A.P., Pinto de Abreu F.A., Ferreira Carioca A.A. et al. Acute postprandial effect of yacon syrup ingestion on appetite: A double blind randomized crossover clinical trial // Food Research International. 2020. V. 137. P. 109648. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109648

5 Холявка М.Г., Ковалева Т.А. Разработка гетерогенного биокатализатора реакции гидролиза инулина для получения фруктозных сиропов // В сборнике: Актуальные вопросы медицинской науки. сборник научных работ студентов и молодых ученых Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 1000-летию г. Ярославля. ГОУ ВПО "Ярославская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию", 2010. С. 30–31.

6 Терещенко Ю.В. Трактовка основных показателей variability ритма сердца // Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения: материалы межрегиональной конференции. 2010. С. 3–11.

7 Османьян Р.Г. характеристика корнеплодов якона и продуктов его переработки [использование пюре из якона (*polymnia sonchifolia*, *compositae*) при производстве функциональных хлебобулочных изделий] // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2009. № 1. С. 42.

8 Кононков П.Ф. Интродукция якона в России. Москва, 2011.

9 Цугкиева В.Б., Гулуева Д.Т., Содержание питательных веществ в биомассе якона // Известия Горского государственного аграрного университета. 2011. Т. 48. № 1. С. 117–118.

10 Шереметова С.Г., Голованева А.М. перспективы использования экстрактов и сиропов стевии и якона в кисломолочных продуктах // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы IV Международной заочной научно-технической конференции. Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. С. 102–104.

11 Шереметова С.Г., Байдичева О.В., Хрипушин В.В., Рудаков О.Б. и др. Контроль цветности и концентрации сиропов стевии, топинамбура, цикория и якона с применением цифровой фотографии // Современные проблемы технологии производства, хранения, переработки и экспертизы качества сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции. 2007. С. 356–360.

12 Голованева О.М., Шереметова С.Г. Перспективы использования экстрактов и сиропов стевии и якона в кисломолочных продуктах // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство. 2018. С. 307–310.

13 Дзантиева Л. Б., Цугкиева В. Б., Гулуева Д. Т. Использование якона, интродуцированного в Рсо-Алания, для приготовления мармелада // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. 2019. С. 420–422.

14 Ермоленкова Г.В. Якон-надежда 21 века // Наше сельское хозяйство. 2019. №. 9. С. 78–81.

15 Flores A.C., Morlett J.A., Rodríguez R. Inulin potential for enzymatic obtaining of prebiotic oligosaccharides // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. V. 56. №. 11. P. 1893–1902. doi: 10.1080/10408398.2013.807220

16 Ahmed W., Rashid S. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review // Critical reviews in food science and nutrition. 2019. V. 59. №. 1. P. 1–13. doi: 10.1080/10408398.2017.1355775

17 Vogt L., Meyer D., Pullens G., Faas M. et al. Immunological properties of inulin-type fructans // Critical reviews in food science and nutrition. 2015. V. 55. №. 3. P. 414–436. doi: 10.1080/10408398.2012.656772

18 Xu W., Ni D., Zhang W., Guang C. et al. Recent advances in Levansucrase and Inulosucrase: evolution, characteristics, and application // Critical reviews in food science and nutrition. 2019. V. 59. №. 22. P. 3630–3647. doi: 10.1080/10408398.2018.1506421

19 Rawat H.K., Soni H., Treichel H., Kango N. Biotechnological potential of microbial inulinases: recent perspective // Critical reviews in food science and nutrition. 2017. V. 57. №. 18. P. 3818–3829. doi: 10.1080/10408398.2016.1147419

20 Ho Do M., Seo Y.S., Park H.Y. Polysaccharides: bowel health and gut microbiota // Critical reviews in food science and nutrition. 2020. P. 1–13. doi: 10.1080/10408398.2020.1755949

## References

1 Margieva Z.Z. The use of yacon syrup in the production of fermented milk drinks. Scientific works of students of the Gorsk State Agrarian University "Student Science for the Agroindustrial Complex". 2019. pp. 308–310. (in Russian).

2 Bulavinova O.V. Non-traditional plants - sugar substitutes for diabetes. In the collection: Education, science, production - 2017. 2017. P. 229–231. (in Russian).

3 Koreyaman Ya.I., Rudnichenko E.S., Melnikova E.I., Niftaliev S.I. et al. Extraction of physiologically valuable components of the natural sweetener yacon. Chemical technology. 2008. vol. 9. no. 12. pp. 626–627. (in Russian).

4 Adriano L.S., Dionísio A.P., Pinto de Abreu F.A., Ferreira Carioca A.A. et al. Acute postprandial effect of yacon syrup ingestion on appetite: A double blind randomized crossover clinical trial. Food Research International. 2020. vol. 137. pp. 109648. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109648


5 Kholiyavka M.G., Kovaleva T.A. Development of a heterogeneous biocatalyst for the inulin hydrolysis reaction for the production of fructose syrups. In the collection: Actual problems of medical science. collection of scientific works of students and young scientists of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, dedicated to the 1000th anniversary of Yaroslavl. ГОУ ВПО "Yaroslavl State Medical Academy of the Federal Agency for Healthcare and Social Development", 2010. pp. 30–31. (in Russian).


6 Tereshchenko Yu.V. Interpretation of the main indicators of heart rate variability. New medical technologies in the service of primary health care: materials of the interregional conference. 2010. pp. 3–11. (in Russian).

7 Osmanyanyan R.G. characteristic of yacon root crops and products of its processing [use of yacon puree (*polymnia sonchifolia*, *compositae*) in the production of functional bakery products]. Food and processing industry. Abstract journal. 2009. no. 1. pp. 42. (in Russian).


- 8 Kononkov P.F. Introduction of yacon in Russia. Moscow, 2011. (in Russian).
- 9 Tsugkueva V.B., Guluyeva D.T., Nutrient content in the biomass of yacon. News of the Mountain State Agrarian University. 2011. vol. 48. no. 1. pp. 117–118. (in Russian).
- 10 Sheremetova S.G., Golovaneva A.M. Prospects for the use of stevia and yacon extracts and syrups in fermented milk products. Innovative technologies in the food industry: science, education and production: materials of the IV International correspondence scientific and technical conference. Voronezh State University of Engineering Technologies, 2017. pp. 102–104. (in Russian).
- 11 Sheremetova S.G., Baidicheva O.V., Khripushin V.V., Rudakov O.B. et al. Color control and concentration of stevia, Jerusalem artichoke, chicory and yacon syrups using digital photography. Modern problems of production technology, storage, processing and examination of the quality of agricultural products: materials of the International Scientific and Practical Conference. 2007. pp. 356–360. (in Russian).
- 12 Golovaneva O.M., Sheremetova S.G. Prospects for the use of stevia and yacon extracts and syrups in fermented milk products. Innovative technologies in the food industry: science, education and production. 2018. pp. 307-310. (in Russian).
- 13 Dzantieva L.B., Tsugkueva V.B., Guluyeva D.T. The use of yacon introduced in Rso-Alania for the preparation of marmalade. Innovative technologies for the production and processing of agricultural products. 2019. pp. 420-422. (in Russian).
- 14 Ermolenkova G.V. Yacon-Hope of the 21st Century. Our Agriculture. 2019. no. 9. pp. 78-81. (in Russian).
- 15 Flores A.C., Morlett J.A., Rodríguez R. Inulin potential for enzymatic obtaining of prebiotic oligosaccharides. Critical reviews in food science and nutrition. 2016. vol. 56. no. 11. pp. 1893-1902. doi: 10.1080/10408398.2013.807220
- 16 Ahmed W., Rashid S. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review. Critical reviews in food science and nutrition. 2019. vol. 59. no. 1. pp. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2017.1355775
- 17 Vogt L., Meyer D., Pullens G., Faas M. et al. Immunological properties of inulin-type fructans. Critical reviews in food science and nutrition. 2015. vol. 55. no. 3. pp. 414-436. doi: 10.1080/10408398.2012.656772
- 18 Xu W., Ni D., Zhang W., Guang C. et al. Recent advances in Levansucrase and Inulosucrase: evolution, characteristics, and application. Critical reviews in food science and nutrition. 2019. vol. 59. no. 22. pp. 3630-3647. doi: 10.1080/10408398.2018.1506421
- 19 Rawat H.K., Soni H., Treichel H., Kango N. Biotechnological potential of microbial inulinases: recent perspective. Critical reviews in food science and nutrition. 2017. vol. 57. no. 18. pp. 3818-3829. doi: 10.1080/10408398.2016.1147419
- 20 Ho Do M., Seo Y.S., Park H.Y. Polysaccharides: bowel health and gut microbiota. Critical reviews in food science and nutrition. 2020. pp. 1-13. doi: 10.1080/10408398.2020.1755949

**Сведения об авторах**

**Татьяна И. Романюк** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tafursova@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

**Алла Е. Чусова** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

**Михаил П. Тарарыков** студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, smitttt@mail.ru

**Наталья А. Матвиенко** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, natali25\_81@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>

**Вклад авторов**

**Татьяна И. Романюк** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, написала рукопись

**Алла Е. Чусова** выполнила расчёты, консультация в ходе исследования


**Михаил П. Тарарыков** корректировал рукопись её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат


**Наталья А. Матвиенко** предложил методику проведения эксперимента

**Конфликт интересов**


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Information about authors**

**Tatiana I. Romanjuk** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tafursova@yandex.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

**Alla E. Chusova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

**Mikhail P. Tararykov** student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, cmitttt@mail.ru

**Natalya A. Matvienko** associate professor, Department of fermentation and sugar production technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia ,natali25\_81@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4777-003X>

**Contribution**

**Tatiana I. Romanjuk** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

**Alla E. Chusova** performed calculations, consultation in the course of the study

**Mikhail P. Tararykov** corrected the manuscript before submitting it to the editor and is responsible for plagiarism

**Natalya A. Matvienko** proposed a scheme of the experiment

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/04/2021	После редакции 17/05/2021	Принята в печать 01/06/2021
Received 12/04/2021	Accepted in revised 17/05/2021	Accepted 01/06/2021