

УДК 664.834.1

## Обоснование технологических параметров производства стабильных при хранении функциональных ингредиентов из топинамбура

Канд. техн. наук **Бараненко Д.А.** denis.baranenko@niuitmo.ru

**Борисова И.И.**

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Одним из перспективных ингредиентов пищевой промышленности, обладающим пребиотическим действием, является инулин. Инулин может использоваться в продукции, рекомендованной, в том числе, потребителям, страдающим или имеющим риск возникновения диабета. Важным источником инулина является топинамбур, а одним из способов, обеспечивающих его длительное хранение, является изготовление цукатов. В статье рассмотрены варианты технологических параметров производства цукатов из топинамбура с высоким содержанием инулина без использования сахарозы, фруктозы и глюкозы. Предложено использование пищевых кислот для улучшения цвета и стабилизации продукции при хранении. Предложен режим сушки цукатов в инфракрасной сушильной установке. Определено содержание инулина в сырье и готовой продукции. Предложенные цукаты могут являться функциональными ингредиентами для обогащения инулином кондитерских продуктов, мороженого и других пищевых продуктов.*

**Ключевые слова:** топинамбур, цукаты, инулин, углеводный обмен, диабет, пищевые волокна, пребиотики.

---

## Substantiation of shelf stable functional ingredients from Jerusalem artichoke production technological parameters

*Ph.D. Baranenko D.A., Borisova I.I.*

*ITMO University*

*191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Inulin is a promising ingredient of food industry having prebiotic action. Inulin can be used in products recommended for consumers suffering from diabetes or having a risk for it. An important source of inulin is the Jerusalem artichoke, and one of the ways to ensure its long-term storage is a production of candied fruits. The paper describes some options for production technological parameters of Jerusalem artichoke candied fruits with a high content of inulin without the use of sucrose, fructose and glucose. It was proposed to use food acids to improve product color and stabilize it during storage. Drying mode of candied fruits with a use infrared dryer was also proposed. The content of inulin in raw materials and finished products was analyzed. Developed candied fruits may be used as functional ingredients for enriching confectionery products, ice cream and other foods with inulin.*

**Keywords:** Jerusalem artichoke, candied fruits, inulin, carbohydrate metabolism, diabetes, dietary fiber, prebiotics.

---

Современный темп жизни, экологическая обстановка и стрессовая нагрузка обуславливают введение в рационы питания новых ингредиентов для защиты организма человека от неблагоприятных воздействий. На фоне недостатка в питании важных нутриентов могут развиваться алиментарно-зависимые заболевания. Особое место среди таких заболеваний занимает сахарный диабет. По данным официального регистра, в Российской Федерации на 01.01.2011 был зарегистрирован 3 268 871 пациент с сахарным диабетом. Однако реальная численность больных в 2-3 раза превышает зарегистрированную и приближается к 10 млн человек [1]. Показатели роста заболеваемости среди детского населения с 2001 по 2011 год составляют: темп роста – 130%, темп прироста – 30% за 11-летний срок наблюдения, ежегодно в среднем – 2,82% [2].

Возникновение заболевания связано, в том числе, с воздействием внешних факторов, таких как: переизбыток, ожирение, голодание, стресс, смена образа жизни и др. В связи с этим важным является осуществление профилактики сахарного диабета и употребление продуктов питания, снижающих риск его развития [3]. Перед современной наукой стоит задача создания функциональных продуктов питания, которые бы обеспечивали население жизненно важными нутриентами и расширяли ассортимент пищевых продуктов полезных для здоровья [4].

Одним из перспективных компонентов современных пищевых продуктов является инулин [5,6]. Инулин – пребиотик, состоящий из остатков фруктозы и содержащийся во многих растениях в качестве резервного углевода [7]. Инулин специфично стимулирует рост полезных бактерий кишечника и предотвращает или ослабляет неконтролируемый рост числа потенциально патогенных и вредных микроорганизмов [8,9]. Еще одним ценным свойством инулина является то, что он не повышает уровень глюкозы в крови, поэтому может быть рекомендован больным сахарным диабетом и здоровым людям для профилактики данного заболевания [10].

Одним из основных источников инулина является топинамбур. Топинамбур (*Helianthus tuberosus*) – крупнотравное однолетнее растение семейства сложноцветных, обладающее способностью вегетативного возобновления от перезимовавших в почве клубней. Топинамбур очень неприхотлив к условиям выращивания, отличается высокой урожайностью и богат микроэлементами и витаминами [11]. Разработка технологий пищевых продуктов на основе топинамбура, которые будут не только вкусными, но и полезными для различных групп населения, является актуальной и перспективной задачей [12].

Исследования показывают, что клубни топинамбура не отличаются стойкостью при хранении. В результате естественных биохимических и физиологических процессов, протекающих в клубнях топинамбура при хранении, происходит расщепление инулина под действием фермента инулингидролазы до олигосахаридов [13]. Экономически выгодной и часто применяемой технологией является хранение непосредственно в глубине почвы, но при пониженных температурах происходит подмораживание верхних слоев продукта, что осложняет его дальнейшую переработку и увеличивает потери сырья. Кроме того, перезимовавший в земле топинамбур необходимо выкопать и переработать в течение крайне короткого времени, в противном случае клубни поражаются фитопатогенной микрофлорой и портятся, либо прорастают и теряют потребительские свойства. Поэтому актуальна разработка продуктов стабильного хранения из топинамбура, богатых инулином.

Одним из способов длительного хранения растительной продукции является консервирование в виде цукатов. Традиционно, цукаты – сладкое лакомство. Сваренные в сахарном сиропе плоды применяются в качестве начинки и декора в кондитерском производстве, наполнителя для мороженого и в качестве самостоятельного десерта [14].

Цукаты являются продуктом стабильным при хранении, причём в отличие от полностью высушенных продуктов, в них сохраняется большее количество витаминов и минеральных веществ, они

обладают нежной консистенцией и не требуют регидратации перед использованием. Поверхностный слой цукатов предотвращает продукт от пересушивания и микробиологической порчи и позволяет сохранить внутреннюю структуру и химический состав продукта в близком к исходному состоянию.

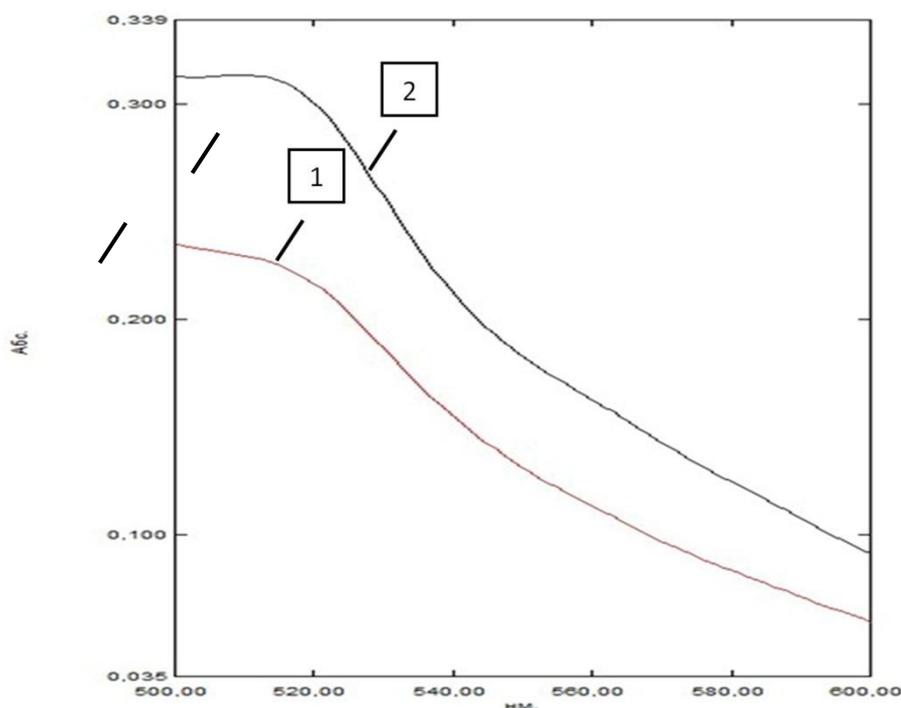
Из-за большого количества сахара цукаты нельзя употреблять больным сахарным диабетом и людям склонным к полноте или страдающим избыточным весом. В тоже время цукаты могут быть источником витаминов, микро- и макроэлементов. В настоящее время некоторые компании активно производят цукаты, в том числе и из топинамбура, применяя вместо сахара фруктозу. Фруктоза считается диетическим сахаром. Большинство продуктов питания для больных сахарным диабетом производятся на основе фруктозы. Однако избыточное потребление фруктозы также негативно сказывается на здоровье человека, так как вызывает нарушения углеводного обмена. В частности, активный транспорт глюкозы через стенки кишечника взаимосвязан с количеством свободной фруктозы.

Актуальной является разработка технологии производства цукатов без использования сахара, глюкозы или фруктозы. Для обработки цукатов может быть разработана рецептурная смесь, позволяющая получить готовый продукт ничем не уступающий изготовленным по классической технологии, но без применения углеводов, отрицательно влияющих на обменные процессы организма человека.

Цель работы – обосновать технологические параметры производства цукатов из топинамбура без использования сахарозы, глюкозы и фруктозы.

Объектами исследования являлись клубни топинамбура сорт «Интерес», производство Франция, урожай 2013 года и клубни топинамбура сорт «Скороспелка», производство Россия, Ленинградская область, урожай 2013 года. Сорта топинамбура «Интерес» и «Скороспелка» являются одними из наиболее перспективных [13]. В Северо-Западном регионе большее распространение получил сорт «Скороспелка», так как он неприхотлив к климатическим условиям, сорта «Интерес» активно выращивается в более южных регионах. Сорт «Скороспелка» отличает и то, что он созревает на 4-5 месяцев быстрее остальных сортов.

Определение количественного содержания инулина осуществлялось спектральным методом [15]. В клубнях топинамбура помимо полисахарида инулина содержатся свободные сахара (фруктозиды). Инулин растворим в воде и не растворим в 96% спирте, а фруктозиды растворимы как в воде, так и в спирте (96%). Также в клубнях топинамбура содержатся и другие полисахариды, имеющие сходное строение с инулином, но отличающиеся количеством остатков фруктозы в молекуле. Эти свойства были положены в основу методики количественного определения инулина. На рис. 1 представлен типичный спектр поглощения спиртового и водного экстрактов топинамбура. Область поглощения фруктозанов и фруктозидов находится в интервале от 518 до 522 нм. Исследования проводили на спектофотометре Shimadzu UV-2600.



**Рис. 1. Спектр поглощения водного и спиртового экстрактов клубней топинамбура сорта «Скороспелка»: 1 - спектр поглощения фруктозанов и фруктозидов, 2 - спектр поглощения фруктозидов**

Содержание влаги определяли инструментальным методом с помощью инфракрасного термогравиметрического анализатора влажности Shimadzu MOC-120H. В табл. 1 представлены полученные данные осодержании влаги и углеводов в топинамбуре.

Таблица 1

**Содержание влаги и углеводов в топинамбуре**

	Сорт топинамбура	
	«Интерес»	«Скороспелка»
Содержание влаги,%	78,7	80,4
Содержание фруктозидов и фруктозанов, %	60	71
Содержание фруктозидов, %	31,7	27,8
Содержание инулина, %	28,3	43,2

Из данных табл. 1 видно, что содержание инулина в сортах топинамбура сильно отличается. Можно предположить, что хранение топинамбура сорта «Интерес» осуществлялось при более высоких положительных температурах. Условия выращивания и хранения изученных клубней сорта «Скороспелка» известны. После созревания, топинамбур не выкапывался, а хранился непосредственно в почве. В зимние месяцы с декабря по февраль 2013-2014 гг. температура почвы опускалась до -11°С. Таким образом, часть топинамбура находилась в замороженном состоянии. Более подходящими для производства цукатов с высоким содержанием инулина были признаны клубни топинамбура

отечественного сорта «Скороспелка». Они содержат достаточное количество инулина и доступны, так как произрастают в широком диапазоне климатических условий.

Одной из проблем при технологической переработке топинамбура является потемнение поверхности клубня из-за ферментативного окисления, что приводит к ухудшению товарного вида продукта. Применение бланширования кипящей водой не привело к стабилизации цвета продукта. В качестве отбеливающих веществ было решено использовать цитрат натрия и аскорбиновую кислоту, которые подавляют действие ферментов и сохраняют цвет топинамбура, а также улучшают органолептические показатели продукции.

Также необходимо было найти замену сахару (или фруктозе, глюкозе), как осмотически активному веществу и подсластителю. Применение сахара в производстве цукатов обеспечивает высокое содержание сухих веществ, консистенцию и вкус. Большей осмотической активностью, чем сахар обладает поваренная соль. Была подобрана такая концентрация соли, чтобы обеспечить необходимую консистенцию готовому продукту и не испортить вкусовые качества цукатов. В качестве подсластителя в рецептурной смеси использовали стевиозид – гликозид, получаемый из растений рода Стевия. Это натуральный высокоинтенсивный низкокалорийный подсластитель, рекомендованный для использования в производстве продуктов питания для людей с сахарным диабетом и избыточным весом.

Концентрации компонентов рецептурной смеси подбирались исходя из их физико-химических свойств, а также путем выработки цукатов и их органолептической оценки. Так как полученная рецептурная смесь осмотически менее активная, чем концентрированный сахарный сироп было предложено перед стадией варки выдерживать кубики топинамбура в рецептурной смеси в течение 12 ч.

Для придания необходимой консистенции готовым цукатам их подвергали процессу варки в варочном аппарате при температуре 100°C в течение 30 мин. Дальнейшее увеличение времени было нецелесообразно, так как приводило к развариванию кусочков топинамбура. После варки кубики топинамбура отделяли от рецептурной смеси, используя емкость для стекания, и направляли в сушильную камеру с инфракрасным излучением.

Процесс сушки происходил при температуре 45-47 °C в течение 7 ч. Температура сушки обусловлена качественными свойствами сырья и стремлением к сохранению витаминов в продукте. На рис. 2 представлены кривые нагрева и сушки цукатов из топинамбура.

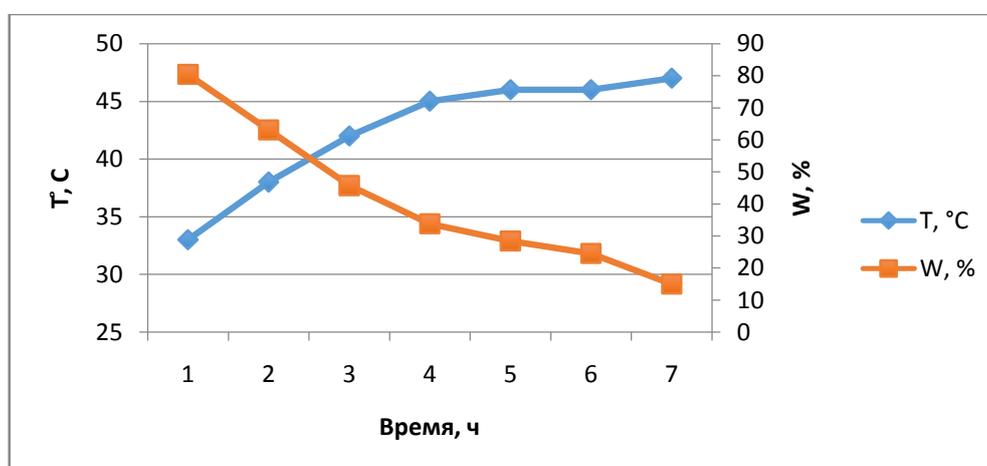


Рис. 2. Кривые нагрева и сушки цукатов из топинамбура сорт «Скороспелка»

В готовых цукатах оценивались те же параметры химического состава, что и в исходном сырье (табл. 2).

Таблица 2

### Содержание влаги и углеводов в цукатах из топинамбура

	C <sub>i</sub> , %
Содержание влаги	15
Содержание фруктозидов и фруктозанов	87,6
Содержание фруктозидов	17,8
Содержание инулина	69,8

В процессе варки при температуре 100 °С, происходит экстракция водорастворимых сахаров низкой молекулярной массы (фруктозидов). Таким образом, после варки уменьшается количество свободных фруктанов. Исползованные технологические процессы производства цукатов из топинамбура обеспечивают повышение массовой доли инулина в продукте. Низкое среднеобъемное содержание влаги и пищевые кислоты обеспечивают стабильность продукции при хранении.

Согласно Нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации, потребность организма взрослого человека в пищевых волокнах составляет 20 г/сутки. Согласно ГОСТ Р 54059-2010 функциональным считается вещество, обладающее способностью оказывать благоприятный эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении, входящее в продукт в количествах, составляющих от 10% до 50% от суточной физиологической потребности. Предложенная технология обеспечивает большее количество пищевых волокон, чем суточная потребность, так как цукаты предлагается использовать в качестве функционального ингредиента для производства продуктов питания, с целью обогащения их пищевыми волокнами.

Цукаты из топинамбура могут быть использованы на предприятиях пищевой промышленности для расширения ассортимента продукции для больных сахарным диабетом и людей с избыточной массой тела, а также для удовлетворения потребностей здорового населения в пищевых волокнах. Предложенные функциональные ингредиенты являются продуктами стабильного хранения и позволяют сохранить полезные свойства топинамбура в течение 1 года и более и могут являться сырьем для обогащения пищевыми волокнами других продуктов питания.

### Список литературы

1. Липатов Д.В., Кузьмин А.Г., Толкачева А.А., Чистяков Т.А. Особенности пролиферативного процесса у пациентов с диабетической ретинопатией // Сахарный диабет. 2012. №. 2. С. 99-102.
2. Ширяева Т.Ю., Андрианова Е. А., Сунцов Ю.И. Динамика основных эпидемиологических показателей сахарного диабета 1 типа у детей и подростков в российской федерации (2001-2011 гг.) // Сахарный диабет. 2013. №. 3 (60). С. 21-29.
3. Шабалов Н.П. Диагностика и лечение эндокринных заболеваний у детей и подростков // МЕДпресс. 2002. С. 450.
4. Колодязная В.С., Байченко Л.А. Рецептуры и технология плодово-ягодных нектаров, обогащенных биологически активными веществами для профилактики вредного воздействия

- фенола и анилина на организм человека // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2011. № 25. С. 131-136.
5. Meyer P. D., De Wolf J., Olivier P. Inulin und fructooligosaccharide // Handbuch Süßungsmittel. 2007. С. 155-193.
  6. Muzzarelli R. A. A. et al. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial // Carbohydrate Polymers. 2012. Т. 87. №. 2. С. 995-1012.
  7. Gibson G. R. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics // Nutr Res Rev. 2004. Т. 17. №. 2. С. 259-275.
  8. Roberfroid M. Prebiotics: the concept revisited // The Journal of nutrition. 2007. Т. 137. № 3. С. 830S-837S.
  9. Roberfroid M. et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits // British Journal of Nutrition. 2010. Т. 104. № S2. С. S1-S63.
  10. Coussement P. A. A. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status // The Journal of nutrition. 1999. Т. 129. №. 7. С. 1412S-1417S.
  11. Botanik Z. Топинамбур (*Helianthus tuberosus*) // Anbau und Pflanzenschutz Nachwachsender Rohstoffe (Sonderkulturen). 2004. Т. 3. С. 7.
  12. Арсеньева Т.П., Яковлева Ю.А., Фещенко В.В. Топинамбур как средство лечения и профилактики различных заболеваний // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2011. № 1. С. 1-5.
  13. Назаренко М. Н., Бархатова Т. В. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении // Научный журнал КубГАУ. 2013. №94(10). С. 1-10.
  14. Арсеньева Т.П. Яковлева Ю.А. Разработка рецептуры мороженого с растительными компонентами // Известия ВУЗов «Пищевая технология». 2012. № 1. С. 73-75 // Известия ВУЗов «Пищевая технология». Краснодар. 2012. № 1. С. 73-75.
  15. Беляков К. В., Попов Д. М. Определение инулина в корневищах и корнях девясила высокого (*Inulahelenium*) // Фармация. 1998. №. 1. С. 34-36.

## References

1. Lipatov D.V., Kuz'min A.G., Tolkacheva A.A., Chistyakov T.A. Features of proliferative process at patients with a diabetic retinopathy // *Sakharnyi diabet*. 2012. №. 2. p. 99-102.
2. Shiryaeva T.Yu., Andrianova E. A., Suntsov Yu.I. Dinamik of the main epidemiological indicators of diabetes of 1 type at children and teenagers in the Russian Federation (2001-2011) // *Sakharnyi diabet*. 2013. №. 3 (60). p. 21-29.
3. Shabalov N.P. Diagnostics and treatment of endocrine diseases at children and teenagers // MEDpress. 2002. p. 450.
4. Kolodyaznaya V.S., Baichenko L.A. Compoundings and technology of the fruit and berry nectars enriched with biologically active agents for prevention of harmful effects of phenol and aniline on a human body // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011. № 25. p. 131-136.
5. Meyer P. D., De Wolf J., Olivier P. Inulin und fructooligosaccharide // Handbuch Süßungsmittel. 2007. p. 155-193.

6. Muzzarelli R. A. A. et al. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial // *Carbohydrate Polymers*. 2012. Т. 87. № 2. p. 995-1012.
7. Gibson G. R. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics // *Nutr Res Rev*. 2004. Т. 17. № 2. p. 259-275.
8. Roberfroid M. Prebiotics: the concept revisited // *The Journal of nutrition*. 2007. Т. 137. № 3. p. 830-837.
9. Roberfroid M. et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits // *British Journal of Nutrition*. 2010. Т. 104. № 2. p. S1-S63.
10. Coussement P. A. A. Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status // *The Journal of nutrition*. 1999. Т. 129. № 7. p. 1412S-1417S.
11. Botanik Z. Topinambur (*Helianthus tuberosus*) // *Anbau und Pflanzenschutz Nachwachsender Rohstoffe (Sonderkulturen)*. 2004. Т. 3. p. 7.
12. Arsen'eva T.P., Yakovleva Yu.A., Feshchenko V.V. Topinambur as remedy and prevention of various diseases // *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*. 2011. № 1. p. 1-5.
13. Nazarenko M. N., Barkhatova T. V. Change of inulin in girasol tubers at storage // *Nauchnyi zhurnal KubGAU*. 2013. №94(10). p. 1-10.
14. Arsen'eva T.P. Yakovleva Yu.A. Development of a compounding of ice cream with vegetable components // *Izvestiya VUZov «Pishchevaya tekhnologiya»*. 2012. № 1. p. 73-75 // *Izvestiya VUZov «Pishchevaya tekhnologiya»*. Krasnodar. 2012. № 1. S. 73-75.
15. Belyakov K. V., Popov D. M. Definition of inulin in rhizomes and roots of a devyasil of high (*Inulahelenium*) // *Farmatsiya*. 1998. № 1. p. 34-36.