

УДК 604.4; 62.13.99

## Исследование возможности замораживания клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*)

В. А. МЕЛЬНИКОВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук Л. С. БАЙДАЛИНОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>yuyake@mail.ru, <sup>2</sup>ls.baydalinova@gmail.com

Калининградский государственный технический университет

236022, Калининград, Советский пр., 1

*Богатый аминокислотный и биохимический состав топинамбура, а также содержащиеся в большом количестве полисахариды инулин и пектиновые вещества делают это растение незаменимым для производства на его основе высокоэффективных лечебно-профилактических форм. Одной из таких форм является функциональный заменитель кофе для людей, страдающих сахарным диабетом и артериальной гипертензией. Проведены исследования по замораживанию клубней топинамбура сорта «Ленинградский», обоснованию параметров процесса, установлены качественные характеристики и изменения замороженного топинамбура в процессе хранения и степень влияния замораживания на качество и выход заменителя кофе. Потеря массы в процессе замораживания топинамбура при  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  составила 5,33%, в процессе хранения (6 месяцев) этот показатель увеличился в среднем на 2% в месяц. По таким ключевым показателям как массовая доля пектина и инулина также наблюдалось резкое понижение в течение всего срока хранения — от 13,08% и 5,98% до 8,2% и 3,6% соответственно. В экспериментах, проводившихся при температуре охлаждающей среды  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  наиболее предпочтительной формой для замораживания оказались целые клубни. Потери при «шоковом» замораживании при температуре  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  составили 1,13% к массе сырья. Данные, полученные при анализе сырья и заменителя кофе на протяжении 4 мес, свидетельствуют о сохранении стабильного качества топинамбура «шокового» замораживания, что позволяет рекомендовать такой способ резервирования сырья в течение 4–6 мес.*

**Ключевые слова:** сахарный диабет, инулин, топинамбур, заменитель кофе, замораживание растительного сырья, шоковая заморозка.

### Информация о статье

Поступила в редакцию 16.12.2016, принята к печати 09.02.2017

doi: 10.21047/1606-4313-2017-16-1-13-17

### Ссылка для цитирования

Мельникова В. А., Байдалинова Л. С. Исследование возможности замораживания клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus L.*) // Вестник Международной академии холода. 2017. № 1. С. 13-17.

## The prospects for freezing of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) tubers

V. A. MELNIKOVA<sup>1</sup>, Ph. D. L. S. BAYDALINOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>yuyake@mail.ru, <sup>2</sup>ls.baydalinova@gmail.com

Kaliningrad State Technical University

236022 Russia, Kaliningrad, Sovietsky prospect 1

*Jerusalem artichoke being rich in amino acid, its biochemical composition, and its large content of polysaccharides, inulin and pectin make this plant indispensable for the production highly effective medicines for treatment and prevention of different diseases. One of them is a functional coffee substitute for people suffering from diabetes and hypertension. The freezing of Jerusalem artichoke tubers (Leningrad variety) was analyzed. The process parameters were substantiated. The quality characteristics and changes in the frozen Jerusalem artichoke in the process of storage and the degree of freezing influence on the quality and the yield of coffee substitute were analyzed. The weight loss in the process of Jerusalem artichoke freezing at  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  was 5.33%, this figure increasing by an average of 2% per month during the storage (6 months). Such key indicators as the mass fraction of pectin and inulin also experienced a sharp decline during the period of storage — from 13.08% and 5.98% to 8.2% and 3.6% respectively. As the result of the experiments carried out at the cooling medium temperature of  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  the whole tubers were proved to be the most preferred form for freezing. The losses in shock freezing at  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  amounted to 1.13% by weight of raw materials. Data obtained in the analysis of raw materials and coffee substitute for 4 months show stable quality of shock frozen Jerusalem artichoke during the period, which allows us to recommend this method for raw materials keeping for 4–6 months.*

**Keywords:** diabetes, inulin, Jerusalem artichoke, coffee substitute, raw material freezing, shock freezing.

Важным направлением развития пищевой промышленности России является увеличение производства функциональных продуктов питания. Расширяя ассортимент таких продуктов, производители используют различные БАДы, пищевые волокна, антиоксиданты, витамины, пребиотики и т. д. Постоянный рост числа заболеваний сахарным диабетом и артериальной гипертензией делает необходимым создание новых продуктов питания с функциональными свойствами.

Сахарный диабет — это хроническая болезнь, развивающаяся в тех случаях, когда поджелудочная железа не вырабатывает достаточного количества гормона инсулина при диабете I типа или когда организм не может эффективно использовать вырабатываемый инсулин — диабет II типа. Диабет II типа, которым больны около 90% людей с диабетом в мире, в значительной мере является результатом излишнего веса и физической инертности человека. До недавнего времени диабет этого типа наблюдался лишь среди взрослых людей, но в настоящее время он поражает и детей. Диабет повышает риск развития болезней сердца и инсультов. Особенно эти патологии усиливаются на фоне чрезмерного потребления человеком кофе [1].

Одним из известных и рекомендуемых представителей диабетических продуктов является топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.). Богатый аминокислотный (аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин) и биохимический состав (макро- и микроэлементы, необходимые для нормального функционирования организма человека — калий, магний, железо, а также витамины и содержащиеся в большом количестве в топинамбуре клетчатка и пектиновые вещества) делают клубни этого растения незаменимыми для создания продуктов здорового питания, либо для производства на его основе высокоэффективных лечебно-профилактических форм. Топинамбур признан полезным, как для диабетиков, так и может быть рекомендован для детей, вегетарианцев, людей пожилого возраста. Принимая во внимание высокую пищевую и биологическую ценность топинамбура, появляется возможность производства на его основе натуральных пищевых продуктов функционального назначения. Следовательно, разработка технологии производства из топинамбура заменителя кофе, предназначенного для людей, страдающих как диабетом, так и повышенным артериальным давлением является актуальной задачей.

Исследование биопотенциала топинамбура сорта «Ленинградский» позволило специалистам кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета разработать технологическое решение по приготовлению из него порошкообразного пищевого продукта, который можно отнести к категории заменителей кофе [1]. При разработке технологии в качестве сырья использовался топинамбур, произрастающий на территории Калининградской области.

Учитывая, что для обеспечения стабильного в течение года производства заменителя кофе важным является равномерное поступление сырья, требуется длительное сохранение топинамбура. Однако, свежий топинамбур при большом содержании влаги и углеводов является благоприятной средой для развития микроорганизмов,

быстро увядает и в силу своих технических характеристик не выдерживает длительного хранения. В связи с этим требуется разработка способа его длительного резервирования.

Эффективность длительного хранения свежего растительного сырья, снижение потерь от фитопатологических и физиологических заболеваний зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются сортовые особенности, агротехника выращивания, температурно-влажностной режим хранения, концентрация в воздухе кислорода, диоксида углерода и азота [2, 3].

Климатические условия Калининградского региона позволяют эффективно выращивать топинамбур. Районированным является сорт «Ленинградский». Основной сбор (выкапывание) клубней производится осенью. Однако, в процессе хранения клубней происходит интенсивное испарение влаги, за счет быстрого увядания происходят потери массы, ослабление консистенции и ухудшение технологических характеристик клубней [4].

Консервирование продуктов, как правило, изменяет качество всех видов сырья. Лучшим способом консервирования следует признать тот, при котором возможно более длительное сохранение продукта при наименьших потерях его и наилучшем сохранении всех вкусовых и питательных свойств. Этим требованиям удовлетворяет применение искусственного холода [5].

При выборе того или иного принципа необходимо учитывать семейство, вид и сортовые особенности продукции, предназначенной для холодильного консервирования [6]. Для обеспечения предпрятий малой мощности или специализированных овощных цехов представляет интерес применение технологии быстрого замораживания клубней топинамбура сорта «Ленинградский».

Из известных способов замораживания для топинамбура перспективно «шоковое» замораживание в холодном воздухе. Сущность технологии «шоковой» заморозки состоит в форсировании режимов охлаждения, подмораживания и домораживания продукта, что обеспечивается снижением температуры среды от  $-30$  °C до  $-45$  °C и созданием ускоренного движения хладонносителя, в роли которого в морозильной камере выступает воздух [7].

При выполнении данной работы применялись стандартные и специальные опубликованные в литературе методы анализа. Для получения экспериментальных данных в процессе исследования проводили комплекс химических, физико-химических и микробиологических исследований. Массовую долю влаги определяли согласно ГОСТ 15113; содержание белкового азота ( $N_6$ ) — по методу Кьельдаля на аппарате VЕLP Scientifica, жира — экстракцией жира этиловым эфиром из сухой навески в аппарате Соклета и определением его массы взвешиванием сухой навески до и после экстрагирования. Массовую долю минеральных веществ определяли после удаления из навески анализируемого продукта органических веществ сжиганием и определением массовой доли золы взвешиванием. Определение массовой доли экстрактивных веществ проводили методом, основанным на извлечении экстрактивных веществ из продукта кипящей водой с последующим выпариванием и определением массы сухого остатка. Массовую долю пектиновых

веществ определяли по методу Мелитца, клетчатки — по методу Геннеберга и Штоманна, гидролизом легкорастворимых углеводов растворами кислоты и гидроксида натрия с последующим их удалением, промывке и очистке нерастворимого осадка; количественное содержание инулина в пересчете на фруктозу — по методу Бертра-на — Офнера. Присутствие хлорогеновой кислоты фиксировали в растворе при длине волны 251–254 нм на двухлучевом спектрофотометре UV-1800 фирмы Shimadzu. содержание дубильных веществ определяли титрованием экстракта раствором марганцовокислого калия в присутствии индигосульфокислоты в соответствии с ГОСТ 3318–74. Величину титруемой кислотности устанавливали титрованием находящихся в водной вытяжке из продукта свободных кислот и их кислых солей в пересчете на яблочную кислоту [8–11]. Заменитель кофе из свежих клубней топинамбура, замороженных при –22 °С и –35 °С, приготавливался при одинаковых технологических параметрах [1].

Замораживание клубней топинамбура, предварительно очищенных и тщательно вымытых, проводили при двух температурных режимах: — 22 °С и –35 °С до достижения в центре клубней температуры –18 °С.

Параллельно проводились исследования по определению возможности предварительного хранения клубней топинамбура до замораживания при температуре 4 °С. После одной недели выдержки клубни также подвергали замораживанию при температуре –22 °С. Потери массы в процессе замораживания свежего топинамбура составили 5,33% от первоначального значения. При замораживании предварительно хранившихся клубней потери массы возросли до 7,98%. Это показывает нецелесообразность хранения клубней топинамбура сорта «Ленинградский» и необходимость их замораживания сразу после выкапывания.

В табл. 1 представлены данные по изменению физико-химических показателей клубней топинамбура в результате замораживания при температуре охлаждающей

среды (воздуха) — 22 °С до достижения в центре клубней температуры –18 °С. Как видно из табл. 1, свежемороженый топинамбур по своим физико-химическим характеристикам не критично отличается от свежего сырья.

Важным этапом, позволяющим охарактеризовать эффективность выбранного способа замораживания, является изменение качественных характеристик сырья в процессе хранения. Изменение содержания пектиновых веществ и инулина в топинамбуре, замороженном при –22±2 °С, в процессе хранения (6 мес) показано на рис. 1.

В процессе хранения топинамбура, замороженного при –22±2 °С, наблюдается стабильное снижение количества инулина и пектина. Также происходит нежелательная убыль массы (в среднем на 2% в мес) и титруемой кислотности (к концу срока хранения этот показатель равнялся 0,34%). В процессе замораживания потемнения клубней не происходило. Но при дефростации наблюдалось резкое потемнение, как поверхности, так и внутренней части клубней, что можно объяснить активным действием полифенолоксидазы при контакте с воздухом.

Таким образом, несмотря на относительную стабильность топинамбура, замороженного при недостаточных низких температурах, для обеспечения более длительного сохранения основных ценных компонентов данного сырья в процессе хранения потребовалось испытать процесс замораживания при более низких температурах.

В экспериментах, проводившихся при температуре охлаждающей среды (воздуха) — 35 °С, наряду с целыми клубнями определялась возможность замораживания топинамбура резаного. Для этого замораживали топинамбур, нарезанный кубиками с ребром 10×10×10 мм и в виде стружки с размерами 6×3 мм. Результаты представлены в таблице 2.

Из данных табл. 2 видно, что наиболее целесообразно замораживать целые клубни, поскольку при этом минимальны потери клеточного сока и сухих веществ. Измельчение сырья вероятно вследствие активизации ферментативных процессов сопровождается снижением

Таблица 1

**Физико-химические показатели топинамбура свежего и замороженного при температуре охлаждающей среды –22±2 °С**

Компоненты, массовые доли, %	Топинамбур свежий	Топинамбур после замораживания
Влага	74,12	75,75
Сухие вещества, в том числе:	25,88	24,25
белок	3,13	2,83
жир	0,17	0,74
зола	0,85	1,62
инулин	7,01	5,98
пищевые волокна (пектин)	14,72	13,08
Титруемая кислотность*	1,45	1,12
Хлорогеновая кислота**	+	+

\* расчет произведен на яблочную кислоту;

\*\*знаком «+» обозначено присутствие данного элемента в исследуемом образце.

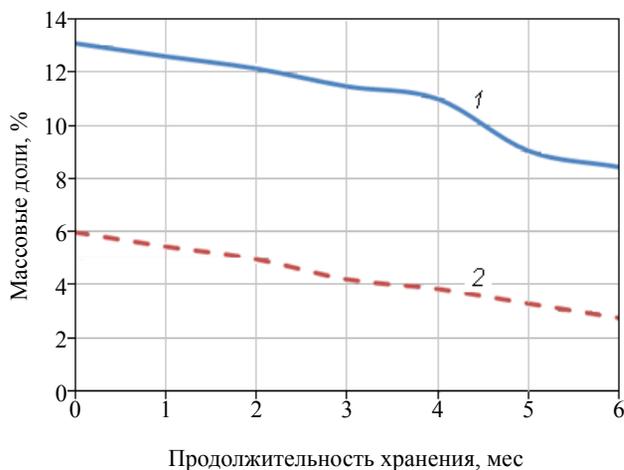


Рис. 1. Динамика изменения содержания пектиновых веществ (1) и инулина (2) в процессе хранения замороженного топинамбура

Таблица 2

**Влияние формы и размеров резаного топинамбура на физико-химические показатели после замораживания**

Параметры	Форма сырья для замораживания		
	Целые клубни	Кубики 10×10×10 мм	Стружка 6×3 мм
Количество влаги, отделяемой при дефростации, %	0,95	2,45	4,41
Плотность тканей после дефростации	достаточно плотная	размягченная	рыхлая
Массовая доля инулина, % к массе сырья	8,47	5,51	4,88
Массовая доля пектина, % к массе сырья	15,23	14,74	13,01

Таблица 3

**Физико-химические показатели топинамбура, замороженного при температуре  $-35\pm 2$  °С, и заменителя кофе из него**

Компоненты (массовые доли, %)	Объекты исследования			
	Топинамбур свежий		Топинамбур после замораживания	
	сырье	заменитель кофе	сырье	заменитель кофе
Вода	71,19	2,54	73,67	3,43
Белок	1,23	4,45	1,34	4,40
Зола	1,36	5,89	0,97	5,72
Жир	0,07	1,08	0,19	1,01
Пектин	15,23	60,10	14,97	60,04
Клетчатка	2,10	8,67	1,08	8,21
Инулин	8,82	17,27	8,01	17,19
Экстрактивные вещества	—	91,30	—	89,34
Титруемая кислотность*	1,45	—	1,32	—
Хлорогеновая кислота**	+	+	+	+

\* расчет произведен на яблочную кислоту;

\*\* знаком «+» обозначено присутствие данного элемента в исследуемом образце.

Таблица 4

**Изменения физико-химических показателей топинамбура, замороженного при температуре  $-35\pm 2$  °С, и заменителя кофе из него в процессе хранения**

Компоненты (массовые доли, %)	Топинамбур, замороженный при температуре $-35$ °С, срок хранения, мес							
	1		2		3		4	
	Сырье	Заменитель кофе	Сырье	Заменитель кофе	Сырье	Заменитель кофе	Сырье	Заменитель кофе
Вода	74,06	4,65	74,89	4,97	75,49	5,31	76,13	5,96
Пектин	14,74	59,81	14,72	59,12	14,08	58,74	13,87	13,77
Клетчатка	1,05	8,01	1,01	7,76	0,97	7,12	0,85	6,82
Инулин	7,98	17,07	7,61	16,85	7,01	16,01	6,98	15,63

содержания важного для функциональных продуктов компонента — инулина.

Физико-химические показатели топинамбура, замороженного при температуре  $-35\pm 2$  °С и хранившегося при температуре  $-18\pm 2$  °С в течение четырех месяцев, а также заменителя кофе из него, в сравнении с аналогичными показателями для свежего сырья, представлены в табл. 3 и 4.

Как видно из табл. 3, «шоковое» замораживание при температуре  $-35$  °С благоприятно сказалось на качестве топинамбура и заменителя кофе из него. Потери при замораживании составили 1,13% к массе сырья.

Как видно из табл. 4, на протяжении 4 мес. хранения качество топинамбура стабильно. Хорошие показатели

имеет и заменитель кофе, приготовленный из топинамбура этих сроков хранения.

К концу четвертого месяца масса топинамбура снизилась за счет усушки на 1,5%. Отмечено некоторое снижение титруемой кислотности замороженного топинамбура (до 1,12%). Это может быть связано с процессами декарбонирования и окисления органических кислот. В течение всего периода хранения ферментативного потемнения клубней и развития патогенной микрофлоры не наблюдалось. Качество топинамбура после 4 мес. хранения позволяет рекомендовать его к более длительным срокам хранения.

Полученные результаты свидетельствуют о сохранении стабильного качества топинамбура «шокового»

замораживания в процессе хранения и возможности его резервирования при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  в течение 4–6 мес.

Топинамбур, после «шокового» замораживания, позволяет получать заменитель кофе с высокими функциональными показателями.

### Литература

1. Прищепина Г. А. Технология хранения и переработки продукции растениеводства с основами стандартизации. Часть 1. Картофель, плоды и овощи: учебное пособие. — Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 60 с.
2. Бабакин Б. С. и др. Энергосберегающие холодильные технологии транспортировки, хранения и дозаривания фруктов. — М.: ДеЛи плюс, 2013. 192 с.
3. Биохимия растений: учебно-метод. пос./ Сост. Н. Л. Бухарина, О. В. Любимова. — Ижевск: ФРГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2009. 50 с.
4. Мельникова В. А., Байдалинова Л. С. Использование топинамбура для производства порошкообразного заменителя кофе. // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 13–18.
5. Иванов Т. Н. и др. Технология хранения плодов, ягод и овощей. — Орел: ГТУ, 2009. 203 с.
6. Колодяжная В. С., Кипрушкина Е. И., Седова А. Л., Задворнова Т. А. Факторы повышения качества плодов при холодильном хранении. // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2013. № 1. С. 46–52.
7. Манжесов В. И., Попов И. А., Шедрин Д. С. Технология хранения растениеводческой продукции. — Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2009. 249 с.
8. Marinova G., Batchvarov V. Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity. // Bulgarian Journal of the Agricultural Science. 2001. V. 17 (1). P. 11–24.
9. ГОСТ 3318–74. Плоды черемухи обыкновенной. — М., 1975. 4 с.
10. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. и др. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. — 3-е изд. — Ленинград: Агропромиздат, 1987. 430 с.

11. Петров К. П. Методы биохимии растительных продуктов. — Киев: Вища школа, 1978. 224 с.

### References

1. Mel'nikova V. A., Bajdalinova L. S. The use of Jerusalem artichoke for coffee substitute manufacture. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2016. No 1. p. 13–18. (in Russian)
2. Prishhepina G. A. Technology of storage and conversion of products of crop production with standardization bases. Part 1. Potatoes, fruits and vegetables: education guidance. Barnaul: Izd-vo AGAU, 2007. 60 p. (in Russian)
3. Manzhosov V. I., Popov I. A., Shedrin D. S. Technology of storage of crop production. Voronezh: Izd-vo VGAU, 2009. 249 p. (in Russian)
4. Kolodjaznaja V. S., Kiprushkina E. I., Sedova A. L., Zadvornova T. A. Factors of improvement of quality of fruits at refrigerating storage. *Problemy jekonomiki i upravlenija v trgovle i promyshlennosti*. 2013. No 1. p. 46–52. (in Russian)
5. Ivanov T. N. ets. Technology of storage of fruits, berries and vegetables. Orel: GTU, 2009. 203 p. (in Russian)
6. Biochemistry of plants: educational and methodical posobiye. / Originator N. L. Buharina, O. V. Ljubimova. Izhevsk, 2009. 50 p. (in Russian)
7. Babakin B. S. ets. Energy saving refrigerating technologies of transportation, storage and dozarivaniye of fruit. Moscow, DeLi plus, 2013. 192 p. (in Russian)
8. Marinova G., Batchvarov V. Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity. *Bulgarian Journal of the Agricultural Science*. 2001. V. 17 (1). P. 11–24.
9. GOST 3318–74. Fruits of a bird cherry ordinary. Moscow, 1975. 4 p. (in Russian)
10. Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Jarosh N. P. Methods of a biochemical research of plants. — 3-e izd., Leningrad: Agropromizdat, 1987. 430 p. (in Russian)
11. Petrov K. P. Methods of biochemistry of vegetable products. Kiev: Vishha shkola, 1978. 224 p. (in Russian)



The 17<sup>th</sup> China International Food Exhibition  
And Guangzhou Import Food Exhibition 2017

Date: Jun 16-18th, 2017 Venue: China Import And Export Fair Complex, Area B

Выставка IFE China 2017 проводится с 16 по 18 июня в городе Гуанчжоу, Китай.

#### Тематика выставки:

Напитки, хранение и заморозка, продукты питания, технологии обработки, пищевые ингредиенты.

**Организатор:** Guangzhou Yifan Exhibition Service Co., Ltd.

**Контакты:** Tel: +86-20-61089350, fax: +86-20-61089459

E-mail: ifechina@foxmail.com

<http://www.ifechina.com>