

УДК 664.8.022.1.032:635.24

UDC 664.8.022.1.032:635.24

**ИЗМЕНЕНИЕ ИНУЛИНА В КЛУБНЯХ
ТОПИНАМБУРА ПРИ ХРАНЕНИИ**

**CHANGE OF INULIN IN THE TUBERS OF
JERUSALEM ARTICHOKE AT STORAGE**

Назаренко Максим Николаевич
аспирант
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Nazarenko Maxim Nikolaevich
postgraduate student
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Бархатова Татьяна Викторовна
д.т.н., профессор
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Barkhatova Tatiana Victorovna
Doct.Sci.Tech., professor
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Кожухова Марина Александровна
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Kozhyhova Marina Alexandrovna
Cand.Sci.Tech., senior lecturer
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Хрипко Ирина Александровна
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Khripko Irina Alexandrovna
Cand.Sci.Tech., senior lecturer
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Бурлакова Елена Викторовна
к.т.н., доцент
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Burlakov Elena Viktorovna
Cand.Sci.Tech., senior lecturer
*Kuban State Technological University, Krasnodar,
Russia*

Исследовано изменение массовой доли инулина в клубнях топинамбура при хранении в различных условиях. Установлено влияние температуры, времени хранения и сортовых особенностей на содержание инулина. Определены сроки и условия хранения сырья до переработки

This article examines the change of the mass fraction of inulin in Jerusalem artichoke tubers during storage under different conditions. The influence of temperature, storage time and variety features on the content of inulin have been shown. The terms and conditions of storage of raw materials before processing have been set.

Ключевые слова: ТОПИНАМБУР, ИНУЛИН,
УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ

Keywords: JERUSALEM ARTICHOKE, INULIN,
CONDITIONS OF STORAGE

Современные высокоэффективные методы глубокой переработки растительного сырья приобретают важнейшее значение для решения продовольственных, топливно-энергетических и экологических проблем. В настоящее время к основным тенденциям мирового рынка пищевых продуктов можно отнести быстроразвивающуюся отрасль функциональных продуктов питания, которая заслуженно пользуется интересом у потребителей. Актуальность здорового питания подтверждается исследованиями, указывающими на прямую зависимость между иммунным статусом человека и потребляемой им пищей.

Производители в свою очередь, расширяют ассортимент таковой продукции, используя как новые функциональные ингредиенты, так и создавая новые виды продукции. В связи с этим, большой практический интерес представляет инулинсодержащее сырье, прежде всего топинамбур, который во многих развитых странах стал основой создания крупнотоннажного промышленного производства инулина.

Инулин – природный полисахарид растительного происхождения, который состоит из остатков D-фруктофуранозы (фруктозы), связанных β -2,1-связями, и оканчивается α -D-глюкопиранозным остатком (глюкозой). Молекула инулина, представляющая собой полифруктозан, содержит, как правило, максимум 27 - 35 остатков фруктозы в фуранозной форме и один остаток глюкозы. Молекулярная масса составляет 5000 – 6000.

Впервые инулин был открыт в 1804 году, а название получил в 1811 году от растения *Juula Rosal* (Георгии). Данный продукт широко применяется в пищевой промышленности. В последнее время инулин широко используется как заменитель жиров в молочных продуктах и десертах. Только в США потребление инулина за последние 10 лет возросло с 0,5 до 5,4 млн. тонн в год. Другое распространенное применение инулина - продукты диетического назначения, как для диабетиков, так и для общего применения с профилактическими свойствами. В научной и патентной литературе имеются сведения о синтезе и испытаниях ряда биологически активных производных инулина, как медицинского агента. Некоторые комплексные соединения и производные инулина могут быть использованы как заменители крови, инъекционные препараты для введения железа, для стимуляции перистальтики, в качестве противовоспалительных препаратов. В последнее время японскими учеными были созданы инулинсодержащие препараты, обладающие антиСПИДовой активностью.

Инулин считается растворимым диетическим волокном и относится к функциональным ингредиентам. Благодаря тому, что инулин не абсорбируется в желудке и тонком кишечнике, а ферментируется микрофлорой толстой кишки, регулярное употребление инулина в пищу обеспечивает следующие оздоровительные эффекты на организм:

- устраняет инсулинорезистентность - повышает чувствительность к гормону инсулину, что снижает уровень сахара в крови, вследствие чего уменьшается масса тела. Инулин, стабильно снижая уровень глюкозы в крови, нормализует выработку собственного инсулина клетками поджелудочной железы;

- регулирует углеводный обмен - в кислой среде желудочного сока, под воздействием фермента инулазы гидролизуется с образованием фруктозы, которая усваивается организмом без инсулина, снижая чувство голода;

- нормализует жировой обмен - снижает уровень холестерина и триглицеридов в крови, что предотвращает развитие атеросклероза сосудов. Снижает массу тела с исходным избыточным весом за счет активации процессов сжигания жира, сопряженных с процессами усвоения глюкозы;

- нормализует уровень сахара в крови - нерасщепленные соляной кислотой в желудке молекулы инулина адсорбируют значительное количество пищевой глюкозы и препятствуют ее всасыванию в кровь, что способствует снижению уровня сахара в крови после приема пищи. Стабильное снижение уровня глюкозы приводит к нормализации выработки собственного инсулина клетками поджелудочной железы. Так как расщепление фруктозы инулина не требует присутствия гормона поджелудочной железы - инсулина, это позволяет избежать "энергетического голода" клеток и нормализовать обмен веществ у людей, страдающих сахарным диабетом;

– способствует выработке энергии - большая часть энергии, необходимой для нормальной жизнедеятельности человека, образуется при "сгорании" глюкозы. Так как фруктоза гораздо легче усваивается организмом, то в клетках не развивается энергетический голод. Более того, короткие фрагменты молекул инулина, встраиваясь в клеточную стенку, облегчают прохождение внутрь клетки и самой глюкозы. Улучшая утилизацию глюкозы, инулин способствует синтезу гликогена, что обеспечивает более высокий уровень энергетического обмена;

– нормализует обмен веществ - в отличие от несгоревшей глюкозы, которая превращается в продукты жирового обмена, фруктоза полностью используется организмом, предотвращая развитие ожирения, атеросклероза сосудов, ишемической болезни сердца, артериальной гипертонии;

– предотвращает дисбактериоз - обеспечивает повышение устойчивости к бактериальной и вирусной инфекции органов пищеварения, а также к внедрению различных паразитов. Фруктоза инулина создает оптимальные условия жизни для нормальной микрофлоры кишечника;

– улучшает работу печени - оказывает комплексное влияние на функциональную активность печени. Улучшая утилизацию глюкозы, он способствует синтезу гликогена и, следовательно, обеспечивает более высокий уровень энергетического обмена, что стимулирует процессы синтеза белка, холестерина, желчных кислот. Инулин, за счет своих свойств сорбента, значительно разгружает печень и сохраняет ее возможности в борьбе с различными заболеваниями и факторами внешней среды, обезвреживая токсические вещества в кишечнике и крови [1].

В настоящее время в России выращивают инулинсодержащие культуры, но сам полисахарид не производят. Лидером по производству инулина по праву считается Бельгия. По оценкам специалистов, мировой

рынок инулина составляет 100 тыс. тонн в год. Поэтому вопрос получения и производства его в России по-прежнему остается открытым.

Из всех природных источников этого полисахарида стоит отметить топинамбур. Этот корнеплод насыщен диетической клетчаткой, глюкозой, железом, фосфором, калием, витамином С и другими полезными веществами. Клубни топинамбура содержат около 77 % углевода инулина, который при хранении превращается во фруктозу, что делает корнеплод довольно сладким на вкус. Топинамбур, благодаря поздним срокам созревания и высокой урожайности, является ценным сырьем для промышленной переработки и производства широкого ассортимента функциональных пищевых продуктов и ингредиентов.

Для обеспечения непрерывного поступления сырья на перерабатывающие предприятия, необходимо иметь запас топинамбура, так как его уборка производится в осенне-зимний период и погодные условия не всегда способствуют сбору урожая.

В связи с этим актуальным является оптимизация способов и режимов хранения клубней до переработки, а также выявление наиболее лежких сортов.

В результате естественных биохимических и физиологических процессов, протекающих в клубнях топинамбура при хранении, происходит расщепление молекулы инулина под действием фермента инулингидролазы до олигосахаридов. Это необходимо учитывать при разработке эффективной технологии получения инулина и инулинсодержащих продуктов. Кроме того, вегетирующее растение непрерывно испаряет воду и этим защищает себя от перегрева. Расход воды компенсируется благодаря непрерывной подаче ее корневой системой. При хранении плодов и овощей это не происходит. Испарение овощами и плодами во время хранения может оказать самое неблагоприятное воздействие на течение процессов обмена веществ.

При испарении воды происходит ослабление тургора клеток и увядание тканей. Увядание усиливает процессы распада содержащихся в клетках органических веществ, увеличивает их расход на дыхание. В результате этого устойчивость плодов и овощей к поражению микроорганизмами заметно снижается.

Во время хранения сырье может быть подвержено микробиологической порче. Микроорганизмы, которые способствуют действительному разложению продуктов, обычно легко обнаруживаются, отличаются значительной приспособляемостью и в благоприятных условиях очень быстро размножаются.

Так, хранение клубней топинамбура традиционными способами уже в течение непродолжительного времени вызывает не только значительную потерю ими полезных веществ и свойств, но и способствует развитию на их поверхности микроскопических грибов. В процессе пятимесячного хранения на клубнях обнаруживаются микроскопические грибы родов: *Byssochlamys*, *Aspergillus*, *Penicillium*, при индетификации которых были установлены виды грибов: *Byssochlamys fulva*, *Aspergillus clavates*, *A. terreus*, *Penicillium certical*.

Целью исследования являлось изучение изменения массовой доли инулина в клубнях топинамбура в процессе хранения при различных температурных режимах.

Объектами исследования служили клубни топинамбура наиболее перспективных сортов «Новость ВИРа», «Интерес» и «Скороспелка». Перед закладкой на хранение клубни сортировали по размеру и по качеству, мыли, подсушивали на воздухе, укладывали в ящики с полимерными вкладышами вместимостью 10 кг, которые затем устанавливали в холодильные камеры и хранили при температурах $(+2\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и $(-20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ в течение трех месяцев. Часть клубней хранили без предварительной мойки в ящиках по 10 кг при температуре $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Содержание инулина определяли в спиртонерастворимом осадке феррицианидным методом и выражали в процентах на сухое вещество. Массовую долю сухих веществ определяли с помощью прибора «Эвлас 2М».

Результаты исследований представлены на рисунках 1-3.

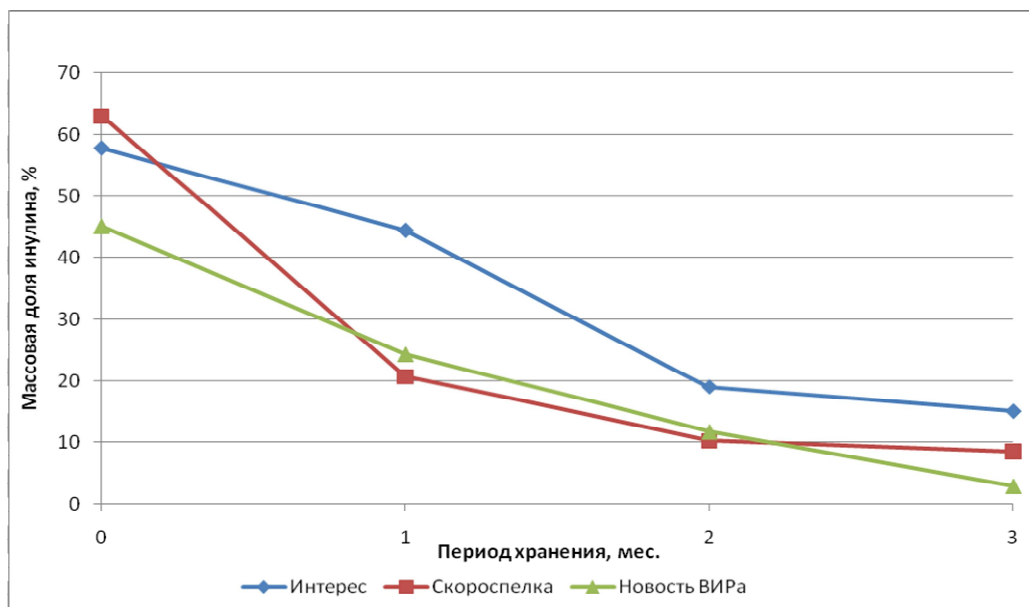


Рисунок 1 – Изменение массовой доли инулина в клубнях топинамбура различных сортов при температуре хранения (+2±2)°С

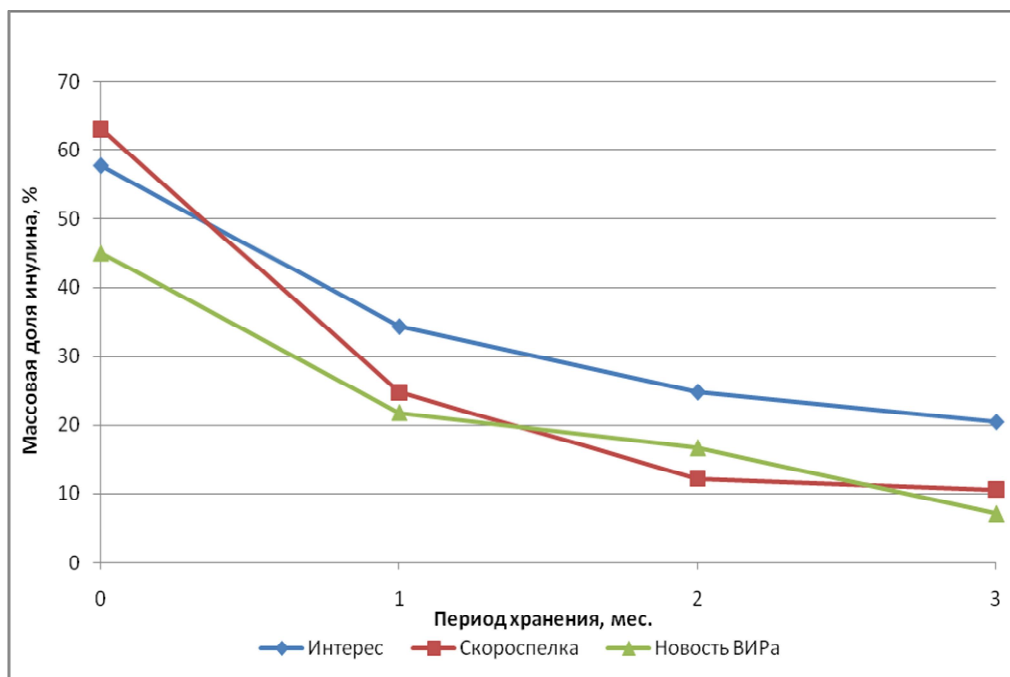


Рисунок 2 – Изменение массовой доли инулина в клубнях топинамбура различных сортов при температуре хранения (-20±2)°С

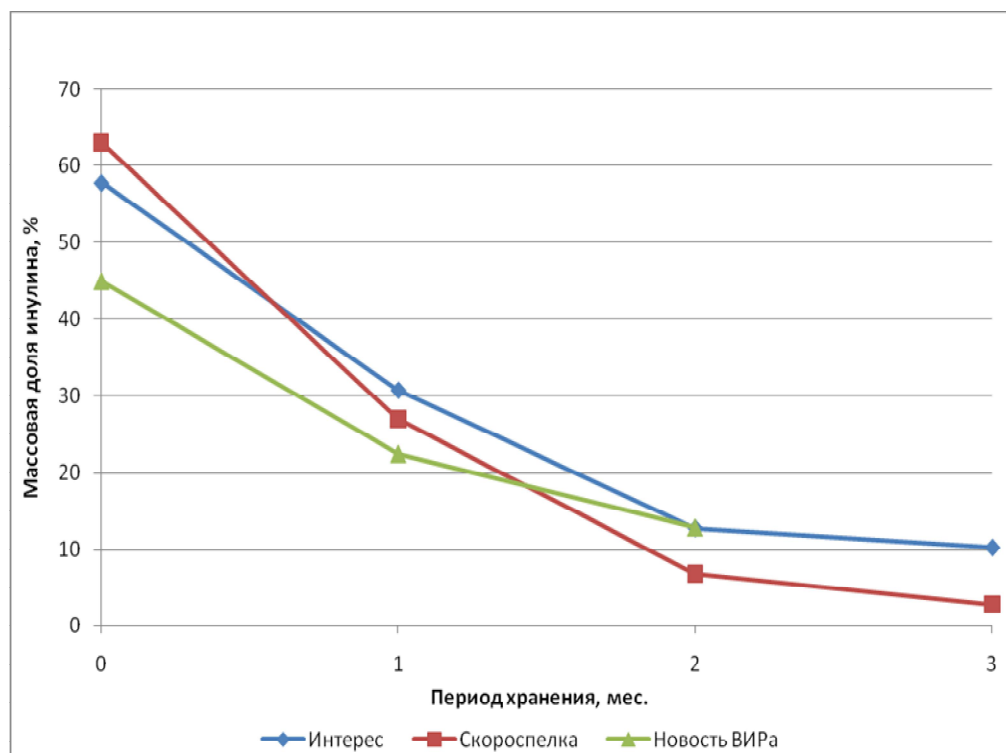


Рисунок 3 – Изменение массовой доли инулина в клубнях топинамбура различных сортов при температуре хранения (+20±2)°С

Как видно, хранение клубней сопровождается снижением массовой доли инулина, особенно в первые два месяца. К концу срока хранения содержание инулина в охлажденных и хранившихся при (+2±2)°С клубнях сорта «Интерес» снизилось на 42,8%, у сортов «Скороспелка» и «Новость ВИРа» - на 54,6% и 42,1% (рис. 1).

В замороженных клубнях, хранившихся при температуре (-20±2)°С, данный показатель также снижался, но в меньшей степени (рис. 2). Так, массовая доля инулина после трех месяцев хранения была ниже исходной на 37,3% у сорта «Интерес», на 52,4% - у сорта «Скороспелка» и на 37,8% - у сорта «Новость ВИРа».

Снижение содержания инулина при хранении в охлажденном и замороженном виде отмечены также в работах зарубежных ученых [2]. Авторы объясняют это активизацией гидролитических процессов в

клубнях, что является как ответной реакцией растительного организма на действие низких температур [3].

В образцах, хранившихся при температуре $(+20\pm 2)^\circ\text{C}$ (рис. 3) потери инулина в конце третьего месяца составляли 47,5% и 60,2% у сортов «Интерес» и «Скороспелка», клубни сорта «Новость ВИРа» не исследовали, т.к. они подверглись микробиальной порче на 95%.

Хранение при температуре $(+20\pm 2)^\circ\text{C}$ привело к значительным потерям влаги, увяданию клубней, что также может служить «пусковым механизмом» для ускорения гидролиза полисахаридов.

Анализ данных, полученных при исследовании различных сортов топинамбура, показывает, что у сорта «Интерес» начальное содержание инулина было достаточно высоким, и в процессе хранения при всех изученных режимах его количество претерпевало наименьшие изменения.

Из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о то, что клубни топинамбура, используемые для производства инулина и инулинсодержащих продуктов, целесообразно хранить при $(-20\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение трех месяцев, а при температуре $(+2\pm 2)^\circ\text{C}$ не более одного месяца. Хранение клубней топинамбура без предварительной мойки при температуре $(+20\pm 2)^\circ\text{C}$ следует ограничивать 5 - 10 сутками. Более продолжительное хранение снижает качество сырья, выход инулина и, как следствие, экономический эффект производства.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект 4.1897.2011.

Литература

- 1 Roberfroid M.B. / Inulin – type fructans: functional food ingredients // J. Nutr. 2007 Nov; 137 (11 Suppl):2493S-2502S.
- 2 Danilcenko H./ Quality of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers in Relation to Storage Conditions / H.Danilcenko, E.Jariene, P.Aleknaviciena, M.Gajewski // Not.Bot.Hort.Agrobot. Cluj 36(2) 2008, 23-27.

3 R. Valluru / Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects / R. Valluru, W. Van den Ende // J. Exp. Bot. (2008) 59 (11): 2905-2916.

References

1 Roberfroid M.B. / Inulin – type fructans: functional food ingredients // J. Nutr. 2007 Nov; 137 (11 Suppl):2493S-2502S.

2 Danilcenko H./ Quality of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers in Relation to Storage Conditions / H.Danilcenko, E.Jariene, P.Aleknaviciana, M.Gajewski // Not.Bot.Hort.Agrobot. Cluj 36(2) 2008, 23-27.

3 R. Valluru / Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects / R. Valluru, W. Van den Ende // J. Exp. Bot. (2008) 59 (11): 2905-2916.