

**ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОНЦЕНТРАТА
ТОПИНАМБУРА**

Рустамбекова Ф.Ф. – доцент, PhD.

Ташкентский химико-технологический институт

firarustam028@gmail.com

УДК 663.3

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрены способ получения порошка из клубней *Helianthus tuberosus* L топинамбура сортов «Файз-Барака» и «Мужиза», культивируемые в Узбекистане. Определены важные технологические процессы такие как, очистка топинамбура от кожуры «взрывным» способ, который обеспечивает 100% очистку клубней в течение 3-5 минут. За счёт инактивацию окислительных ферментов и стерилизацию поверхности клубней потери сырья составляет 2,5-5% от веса клубней. Затем оголенные клубни отделяются от кожуры в гидрокласификаторе. Очищенные клубни поступают на тёрочные аппараты, протираются до пюреобразного состояния без выделения сока. В пюреобразном состоянии увеличивается удельная активность обезвоживания, ускоряется процесс сушки в вакуум-сушильных аппаратов при давлении 50-120 мм рт.ст., $t=45-55^{\circ}\text{C}$. Были изучены химические составы порошков местных сортов и российского сорта «Интерес». Определены: влажность, общая количество фруктанов, белков, минеральные состав и аминокислотный состав.

Ключевые слова: водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, гемицеллюлоза, мойка клубней, порошок топинамбура, инулин, белки.

RESUME

The article discusses a method for producing powder from Jerusalem artichoke tubers of Fayz-Baraka and Mujiza varieties cultivated in Uzbekistan. The important technological processes are identified: such as the cleaning of Jerusalem artichoke from peel by an “explosive” method, which ensures 100% cleaning of the tubers within 3-5 minutes. Due to the inactivation of oxidative enzymes and sterilization of the surface of tubers, the loss of raw materials was 2.5-5% by weight of tubers. Then tubers are separated from peel in a hydroclassifier. The cleaned tubers go to the trowels and turn into to a puree-like state without extracting juice. In puree state, the specific activity of dehydration is increased and drying process in vacuum-drying apparatus accelerates at a pressure 50–120 mm Hg, $t = 45-55^{\circ}\text{C}$. The chemical compositions of powders of local varieties and the Russian variety “Interest” were studied. Identified: humidity, the total amount of fructans, proteins, mineral and amino acid composition.

Keywords: water-soluble polysaccharides, pectin substances, hemicelluloses, tuber washing, tuberous powder, inulin, proteins.

Введение.

Одним из путей обеспечения населения Узбекистана полноценными, экологически безопасными продуктами функционального питания и безалкогольных напитков, пива из нетрадиционного сырья, способными выполнять профилактические и лечебные функции является промышленная переработка топинамбура.

Местные сорта топинамбура сорт «Файз-барака» и «Мужиза», созданные в Узбекском НИИ растениеводства, с 2006 года включены в Государственный реестр сортов сельскохозяйственных культур. [1]

Согласно данным ученых УзНИИ растениеводства при выращивании топинамбура в центральной зоне республики урожайность клубней составила 60-100 т/га, что в 1,5-2,5 раза выше, чем Российские сорта «Интерес» и «Новость Вира» с урожайностью клубней 40 т/га. Урожай клубней топинамбура узбекских сортов в 2-3 раза выше, чем сахарной свеклы культивируемые в Узбекистане [2].

В связи с тем, что топинамбур отличается высокими питательными лечебными и диетическими свойствами, он служит сырьем для получения различных продуктов, широко применяемых в пищевой промышленности и в медицине, а также в кондитерской и хлебо-пекарной промышленности [3,5].

Высокий урожай топинамбура в республике объясняется высоким КПД ФАР, (процентом усвоенной растениями фотосинтетической активной радиации), а также за счет хорошей инсоляции в условиях Узбекистана. Таким образом, в республике имеются все условия для организации комплексной переработки топинамбура. [2]

Сегодня требуется новый подход к проблемам при переработке топинамбура, которого нужно решать используя фундаментальные исследования и разработку научно - обоснованной технологий, а также достижения в науке, в технике и технологии. Клубни топинамбура плохо сохраняются и поэтому экономически целесообразна их быстрая переработка в целевые продукты. Важным процессом является очистка клубней от кожуры так как в кожуре сосредоточены значительное количество фенольных соединений и окислительные ферменты. Многие авторы [4,5] используют клубни без очистки. Начиная с момента измельчения в мезге происходит окисление фенольных соединений ферментами клубней (полифенолоксидаза, пероксидаза). В присутствии кислорода фенольные вещества клубней моментально окисляются до о-хинона – органическая перекись, мезга и сок клубней окрашивается в темно-черный цвет флавофены железа, содержащиеся в значительном количестве в клубнях до 12 мг %, которые способствуют глубокому окислению и других ингредиентов топинамбура. Кроме того, о-хиноны способствуют протеканию

вторичных окислительных процессов, окрашивая при выдержки цвет порошков и функциональных продуктов. В результате ухудшаются биохимические и антиоксидантные свойства целевых продуктов. Существующие способы очистки клубней от кожуры имеют ряд недостатков:

- ошпаривание клубней в тепловых аппаратах паром и горячей водой, связана с расходом энергии до 30%, при этом клубни полностью не очищаются от кожуры.

- механическая очистка связана с расходом сырья до 30-35%.

С целью инактивации окислительных ферментов клубней, упрощение технологии производства целевых продуктов, ряд авторов проводят обработку клубней в поле СВЧ [8]. Для сахаросодержащего сырья нагрев током сверх высокой частотой в течение даже 10-15 мин в центре клубней происходит нагрев до высокой температуры (70–90°C), такой нагрев вызывает разложение сахаров с образованием токсичных соединений фурфурол, оксиметил – фурфурол и др. соединений.

Кроме того, обработка СВЧ многотоннажного сырья связана с расходом энергии и нарушением экологической безопасности функциональных пищевых продуктов и лекарственных средств. Таким образом, существующие технологии очистки клубней кожуры связаны с большими потерями сырья, энергии, изменениями нативных свойств топинамбура.

Методы.

Влажность порошков топинамбура определяли методом высушивания. Для определения влажности порошков топинамбура применяли метод высушивания до постоянной массы в шкафу при температуре 105°C [9].

Полисахариды были выделены последовательно: моно- и олигосахариды (спирторастворимые полисахариды) экстрагированы 82% спиртом, водорастворимых полисахаридов извлекали двумя способами: холодной (при 20°C) и горячей (при температуре 90°C) водой, гидролиз – экстрагировании пектиновых веществ проводили 0,75% соляной кислотой при $t=70\%$, 4%-ным раствором щелочи выделяли гемицеллюлозу.

Определение минерального состава топинамбура проводили методом масспектрометрии индукционно связанной с плазмой на приборе ICP. Результаты анализа приведены в таблице 4.

Для определения качество белков полученных из двух сортов топинамбура провели кислотный гидролиз 5,7н соляной кислотой. Для этого взяли точной навески (50 мг) леофильно высушенного белка. Гидролиз проводили при температуре 110°C в течении 24 часов в вакууме. Полученные гидролизаты упаривали на роторном испарителе и передавали на анализ на аминокислотный анализатор T-339 (Amino Acid Analyzer T 339, Mikrotechna-Prague-

Czechoslovakia). Результаты анализа приведены в хроматограммах (рис.1) и в таблице 5.

Результаты и обсуждение.

В данной работе впервые использована для очистки клубней топинамбура от кожуры эффективный «взрывной» способ перепад давления острого пара $P=0,35$ МПа за счет мгновенного сброса давления, который обеспечивает 100% очистку клубней в течение 3-5 минут, инактивацию окислительных ферментов и стерилизацию поверхности клубней. при минимальной потере сырья 2,5-5% от веса клубней. Затем оголенные клубни отделяются от кожуры в гидроклассификаторе. Очищенные клубни поступают на тёрочные аппараты, протираются до пюреобразного состояния без выделения сока. В пюреобразном состоянии увеличивается удельная активность обезвоживания, ускоряется процесс сушки. Известно, что для сушки топинамбура используется сушилки при атмосферном давлении при температурах 65 – 75°C в контакте с кислородом воздуха. Это приводит к разложению сахаров за счет карбониламидных реакций, связанных с образованием вредных веществ и потерей углеводов.

В связи с этим, важной проблемой обезвоживания термолабильного сахаросодержащего сырья, является сохранения биологически активных веществ, это проблема может быть решена использованием вакуум-сушильных аппаратов при давлении 50-120 мм рт.ст., $t=45-55^{\circ}\text{C}$, которые находят широкое применения в зарубежных технологиях получения быстрорастворимых фруктово-овощных соков и пюре. [8]

Сушку клубней топинамбура в пюреобразном состоянии осуществляли в вакуум сушильных аппаратах с ИК – энергоподводом. Эти сушилки уникальны тем, что данный простой способ энергоподвода к влаге, находящегося в продукте, позволяет использовать сушильное оборудование с высоким КПД [6].

Также альтернативной сублимационной сушкой в пищевой промышленности является вакуум – сушка при давлении $P = 50-120$ мм.рт.ст. с ИК-нагревом. Продукты вакуумной сушки по качеству сопоставлены с качеством сублимационных продуктов, тогда как затраты на удаление влаги существенно ниже, чем при сублимации.

В качестве объектов исследования использовались порошки из клубней топинамбура сортов «Файз-барака», «Мужиза» и «Интерес». Были изучены химические составы порошков, определены: влажность, зольность, содержание фруктанов и качественный моносакхаридный состав углеводов, количество и качество белка, минеральный состав, аминокислотный состав, количественное и качественное определения природных соединений.

Приведены результаты порошков клубней двух местных сортов топинамбура «Файз-барака», «Мужиза» и контрольный порошок образец-БАД

Российского производства сорта «Интерес». Влажность порошков местных сортов топинамбура составлял 8%, когда российский сорт «Интерес» имел влажность 10%.

Был определен наличие углеводов моносахаридного состава по бумажному хроматограммы. Моносахаридный состав пектиновых веществ по данным бумажной хроматограммы представлен арабинозой, глюкозой, галактозой и галактуроновой кислотой. Изучение моносахаридного состава спирторастворимых полисахаридов в обоих порошках местного топинамбура и в Российском порошке позволило идентифицировать, в основном, фруктозу, сахарозу и фруктоолигосахариды, по выходу порошки местных сортов два раза больше порошка российского сорта (таб. 1).

Таблица 1.

Содержание фруктанов и качественный моносахаридный состав углеводов топинамбура двух сортов

| Полисахарид | Выход, % | Моносахаридный состав | | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | | <i>Rha</i> | <i>Ara</i> | <i>Xyl</i> | <i>Glc</i> | <i>Fru</i> | <i>Sach</i> | <i>UAc</i> |
| Мужиза | | | | | | | | |
| Спирторастворимые полисахариды | 43,34 | | | | + | + | + | |
| Инулин | 27,4 | | | | + | + | | |
| Пектиновые вещества | 1.59 | | | | | | | + |
| Файз барака | | | | | | | | |
| Спирторастворимые полисахариды | 43 | | | | + | + | + | |
| Инулин | 21,8 | | | | + | + | | |
| Пектиновые вещества | 1,42 | | | | | | | + |
| Интерес | | | | | | | | |
| Спирторастворимые полисахариды | 17,22 | | | | + | + | + | |
| Инулин | 17.8 | | | | + | + | | |
| Пектиновые вещества | 0,56 | | | | | | | + |

Изучен углеводный состав порошка двух местных сортов топинамбура полученный по новой технологии (2-таблица): «Файз-барака», «Мужиза» и

порошок российского сорта «Интерес».

Таблица 2.

Содержание углеводов порошков местных сортов топинамбура «Мужиза», «Файз-барака» и российский сорт «Интерес»

| № | Вид топинамбура | Спиратопластические полисахариды, % (этанол 82% об) | Водорастворимые полисахариды х, % (20°C) | Водорастворимые полисахариды г, % (90°C) | Пектиновые вещества, % HCl | Гемиллюлоза, % NaOH |
|---|-----------------|---|--|--|----------------------------|---------------------|
| 1 | Мужиза | 43,34 | 5,16 | 27,4 | 1.59 | 0,32 |
| 2 | Файз-барака | 43,3 | 5,9 | 21,8 | 1.42 | 0,33 |
| 3 | Интерес | 17,22 | 7,4 | 17.8 | 0,56 | - |

Как видно из таблицы 2, местные сорта осеннего сбора «Мужиза» и «Файз-барака» по содержанию общего количества фруктанов отличались на 4,9%. В сорте «Мужиза» количество фруктанов составило 77,81%, «Файз-барака» 72,75%, что можно объяснить веретенообразной гладкой формой сорта «Мужиза» и размером клубней в диаметре, т.к. инулин в клубнях в большем количестве сосредоточен в центральной части. В связи с чем, более технологичным и экономичным для переработки является сорт «Мужиза».

В качестве контроля использовали порошок «Природный инулиновый концентрат топинамбура» сорта «Интерес», общее содержание фруктанов в порошке топинамбура было – 42,98%, что 1,8 раз, пектина в 2,8 раз меньше, чем в сорте «Мужиза».

Гемиллюлоза - порошок темно-серого цвета, растворяются в щелочи и по данным бумажной хроматограммы состоят из галактуроновой кислоты, галактозы, глюкозы, арабинозы, ксилозы и раминозы. Сумма глюкофруктанов (инулин) представляет собой аморфный порошок белого цвета, хорошо растворяется в горячей воде.

Таблица 3

Результаты титрометрического анализа пектиновых веществ порошка топинамбура

| Вид топинамбура | Свободные карбоксильные группы | Этирифицированные карбоксильные группы | Общие карбоксильные группы | Степень этирификации |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|----------------------|
| Мужиза | 1,9 | 32,4 | 34,3 | 60,2 |
| Файз-барака | 1,2 | 42,3 | 43,5 | 59,4 |
| «Интерес» | 1,8 | 41,4 | 43,2 | 95,8 |

Моносахаридный состав последних представлен фруктозой и глюкозой, т.к. они относятся к глюкофруктанам инулинового типа. Физико-химические характеристики пектиновых веществ клубней топинамбура осеннего сбора изучены методом титрометрического анализа и установлено, что пектиновых веществ исследуемых образцов относятся к средне этирифицированным пектинам, где $\lambda=60,2-59,4\%$ (таб. 2). По зольности топинамбура был определен макро-микро элементный состав.

Таблица 4

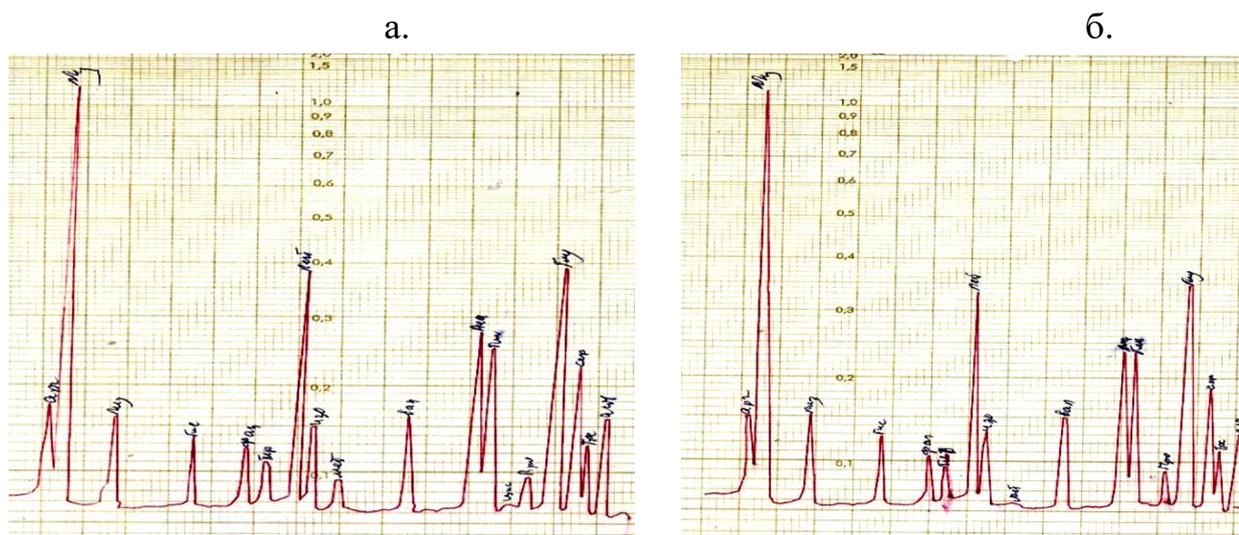
Состав макро-микро элементов исследуемых сортов топинамбура

| Наименование макро-микро элементов | Содержание макро-микро элементов | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------|-----------|
| | «Файз-барака» | «Мужиза» | «Интерес» |
| Массовая доля макроэлементов, мг/100г | | | |
| Магний | 150 | 98 | 32 |
| Калий | 440,0 | 320,0 | 225,0 |
| Фосфор | 120,0 | 110,8 | 79,0 |
| Кальций | 120 | 77 | 21 |
| Натрий | 52,0 | 52,0 | 17 |
| Хлор | 98,0 | 88,0 | 48,0 |
| Массовая доля микроэлементов, мг/100г | | | |
| Кобальт | 0.68 | 0.47 | 0,29 |
| Медь | 2.1 | 1.9 | 1,9 |
| Цинк | 1,2 | 0,8 | 0,3 |
| Железо | 42 | 29 | 0,5 |
| Марганец | 29,00 | 28,00 | 14,00 |
| Молибден | 0.78 | 0.74 | 0,18 |
| Бор | 100,0 | 97,0 | 60,0 |
| Фтор | 32,2 | 29,0 | 15,0 |

| | | | |
|------|------|------|------|
| Сера | 31,8 | 27,5 | 14,5 |
| Йод | 7,8 | 5,6 | 2,1 |

Используя спектрофотометрический количественный метод определения белка в растворе (метод Каар – Каля), провели определения белка в щелочном экстракте в двух образцах топинамбура. Спектрофотометрический метод определения белка основан на способности ароматических аминокислот (триптофан и тирозин) поглощать ультрафиолетовый свет с максимальным поглощением при 280 нм. Таким образом, измеряя величину оптической плотности при этой длине волны, можно судить о количестве белка, присутствующего в растворе. Используя метод Каар-Каля установили, что в порошках топинамбура содержание белка составляет, 6,4% в сорте «Мужиза», 6,3 в сорте «Файз-Барака» и 3,2% в сорте «Интерес».

Рис. 1. Хроматограмма аминокислот



а-«Мужиза» и б-«Файз-барака»

Таблица 5

Аминокислотный состав топинамбура

| Название аминокислоты | | а- «Мужиза» | б- «Файз-Барака» |
|-----------------------|-----|-------------|------------------|
| Аспарагин | Asp | 0,20 | 0,17 |
| Треонин* | Thr | 0,12 | 0,11 |
| Серин | Ser | 0,17 | 0,14 |
| Глутамин | Glu | 0,57 | 0,52 |
| Пролин | Pro | 0,20 | 0,22 |
| Глицин | Gly | 0,19 | 0,18 |
| Аланин | Ala | 0,23 | 0,20 |

| | | | |
|-----------------|-----|------|-------|
| Цестеин | Cys | 0,03 | - |
| Валин * | Val | 0,19 | 0,19 |
| Метионин * | Met | 0,05 | 0,08 |
| Изолейцин * | Ile | 0,12 | 0,14 |
| Лейцин* | Leu | 0,29 | 0,27 |
| Тирозин | Tyr | 0,12 | 0,13 |
| Фенилаланин * | Rhe | 0,16 | 0,14 |
| Гистидин * | His | 0,11 | 0,11 |
| Лизин * | Lys | 0,17 | 0,17 |
| Аргинин * | Arg | 0,28 | 0,24 |
| Общая сумма в % | | 3,2% | 3,01% |

Белковый состав продукта характеризуется разнообразием составляющих аминокислот. Таким образом, специфичность топинамбура проявляется высоким содержанием в его клубнях белка в местных сортах «Мужиза» 6,4%, «Файз-барака» 6,5%, представленных семнадцатью аминокислотами, в том числе всеми незаменимыми аминокислотами: треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, гистидин, лизин, аргинин.

Заключение.

Для установления влияния принципиально новых приемов в технологии и действия их на биохимический состав необходимо было провести исследования свойств функциональных активных ингредиентов топинамбура в концентратах клубней, полученных по новому способу.

Изученные сорта, по содержанию ценных компонентов, вполне могут быть использованы для производства соков, сиропов, безалкогольных напитков, пива и природного инулинового концентрата топинамбура.

Богатый состав биологически активных веществ топинамбура делает растение незаменимым в лечебном диетическом питании, в пищевой промышленности и в приготовлении высокоэффективных лекарственных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mavlyanova R.D. *Izucheniye topinambura v tashkentskoy oblasti*. [Study of Jerusalem artichoke in the Tashkent region]. Tashkent, TashGAU Publ., 2001, 277 p.
2. Amanova M., Mavlyanova R., Rustamov A. *Topinambur ekini urug`ciligi bo`yicha tavsifnoma*. [Characteristics of Topinambur Cultivation Seeds]. Tashkent, Fan Publ., 2011, 21 p.
3. Gedrovica, I., KarkliXa, D., Straumite, E. Sensory and qualitative indices (hardness and color) of evaluation of cakes with jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder. *Annual International Scientific Conference - Research for Rural*

Development 2010 "Research for Rural Development". Jelgava, Latvia, 2010, pp. 138-144. Code 127838

4. Krikunova L.N., Obodeeva O.N., Zakharov M.A., Danilyan A.V. Development of technological parameters of the two-stage method of dried Jerusalem artichoke preparation for distillation. *Russian Journal of Food systems*, 2018, vol.1, no 1, pp. 24-34. doi: [10.21323/2618-9771-2018-1-1-24-34](https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-1-24-34)

5. Brovina F.Ya. [Clinical studies of the use of Jerusalem artichoke with a therapeutic purpose for patients with diabetes]. *Tezisy dokladov II-oy Vsesoyuznoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii "Topinambur i topinsolnechnik – problemy vozdeyvaniya i ispol'zovaniya"* [Abstracts of the II-nd All-Union Scientific-Production Conference "Jerusalem artichoke and sunflower - the problems of cultivation and use"]. Irkutsk, 1990, pp. 116-118.

6. Abdurazkova S.Kh. Kompleksnaya resursosberegayushchaya ekologicheski chistaya tekhnologiya pererabotki topinambura s utilizatsiyey otkhodov i zelennoy massy [Integrated resource-saving environmentally friendly processing technology of Jerusalem artichoke with waste management and green mass]. *Kimyo va kimyo texnologiyasi*, 2011, no. 3, pp. 49-54.

7. Ibramdzhi Zh., Flaumenbaum B. L., Kvasenkov O. I. *Sposob proizvodstva fruktoznogo siropa iz topinambura*. [The method of production of fructose syrup from Jerusalem artichoke]. Patent RF, no. 2493261, 2013.

8. Ogneva A. N. *Razrabotka tekhnologiy fruktovo-ovoshchnykh produktov bifodogennymi svoystvami*. *Diss. dok. tekh. nauk* [Development of technologies of fruit and vegetable products with bi-pathogenic properties. Dr. tech. sci. diss.]. Krasnodar, 2015. 159 p.

9. Gamayurova V.S., Rzhechiskaya L.E. *Pishchevaya khimiya. Laboratornyy praktikum*. [Food chemistry. Laboratory workshop]. St. Petersburg, GIORD, 2006, 137 p.