

УДК 547.458.65

ПОЛИСАХАРИДЫ ИЗ КОРНЕКЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS*)

А.И. Аишуров, А.С. Джонмуродов, З.К. Мухидинов, С.Р. Усманова, К. Партоев*

Институт химии им В.И. Никитина АН Республики Таджикистан,

**Центр инновационного развития и новых технологий АН Республики Таджикистан*

В последнее время всё большее внимание уделяется безотходным многоцелевым культурам, которые широко используются в продовольственной, фармацевтической, экологической областях, кормопроизводстве и одним из таких продуктов является топинамбур (*Helianthus tuberosus*). Хотя он известен как культура нескольких тысячелетий, но только сейчас приобретает популярность как сырьё для получения функциональной пищи [1, 2].

В клубнях топинамбура содержится 75–80 % углеводов в форме инулина, а в клубнях картофеля такое же количество крахмала [3].

Возможно, самое полезное свойство инулина с точки зрения фармацевтики – это его свойство проявлять различные молекулярные структуры (полиморфы или изоформы). Инулин, полученный осаждением этанола, представлен β -формой, а водная экстракция при комнатной температуре или ниже даёт α -инулин [4]. Теоретические исследования показывают, что многие формы допустимы [4], также на практике было обнаружено, что как α -, так и β -формы были неустойчивыми [5]. Позже была обнаружена и третья форма инулина (γ), которая не растворима при температуре человеческого тела. Открытие данной формы позволило учёным создать новую вакцину [6]. Новая форма δ -инулина хорошо растворима при температуре менее 75° С и оказалась более эффективным средством для применения в медицинской практике [7].

Целью данной работы явилось повышение эффективности процесса экстракционной переработки растительного сырья для получения инулина, определение оптимальных условий процесса, выбор параметров обработки (время и температура обработки, способ экстракции). Для этой цели, нами, был применён метод флеш-экстракции [8] в сравнении с известным методом экстракции данного полисахарида.

Согласно традиционному методу [9], полисахарид инулин получают смешиванием сухих измельчённых клубней с горячей водой в соотношении 1:6, выдерживают 12 ч при 70 °С, экстракцию проводят при 80 °С. Водное извлечение отделяют. Ещё трижды по 40 мин проводят извлечение водой в соотношении 1:4 с последующим объединением извлечений. Очистку разбавленного водой сока 1:1, водных извлечений из выжимок или из сухих клубней проводят карбонатом кальция в течение 60 мин при 85° или 80 °С соответственно для сока и выжимок или сухих клубней. Фильтруют, упаривают фильтраты. Проводят кристаллизацию сырого инулина при 4 °С в холодильнике в течение 5 суток из водных извлечений после добавления спирта 1: 1 или из разбавленного сока.

Инулин был экстрагирован из корнеклубней топинамбура сорта «Сарват» (выведенного учёными и специалистами Центра инновационного развития и новых технологий АН Республики Таджикистан), влажностью 76 %, традиционным методом (ТМ) – экстракцией водой при температуре 75° С в течение 60 мин и флеш-методом (ФМ) в автоклаве при 95° и 105° С в течение 7 мин. Далее из раствора гидролизата осаждением этиловым спиртом выделяли высокомолекулярный полисахарид (пектин), а из оставшегося раствора охлаждением при температуре ниже 10° С получали инулин.

Данные выхода продуктов процесса экстракции приведены в табл. 1.

Большую часть продуктов экстракции составили водорастворимые вещества, выход которых достиг почти 75 % при традиционном методе и до 97 % от всей массы корнеплода топинамбура экстракцией ФМ. Как и следовало ожидать, наибольший выход инулина получен ФМ экстракцией при повышенных температурах 95° и 105° С и давлении 1.5 Атм, который составил 19.21 % и 16.2 % соответственно. Количество пектина в данном сорте топинамбура также было выше при экстракции ФМ. Увеличение температуры привело к снижению выхода водорастворимого инулина и увеличению экстракции пектина. Остальную часть составили водорастворимые сахара, фенольные и минеральные вещества, белки и другие соединения, которые являются предметом дальнейшего изучения.

Таблица 1 Выход продуктов экстракции из топинамбура сорта «Сарват» традиционным и флеш-методами.

Образец	Метод экстракции	Выход продуктов, %			
		водорастворимые вещества			остаток клеточной стенки
		пектин	инулин	сахара и другие вещества	
И 80–1Ат	ТМ	8.20	8.50	58.7	24.6
И 95–1.5Ат	ФМ	12.47	19.21	64.9	3.42
И105–1.5Ат	ФМ	13.40	16.20	66.7	3.68

Качественный и количественный анализ микроэлементов в порошковом образце инулина, проведённый методом рентгеновской флуоресценции, показал, что в исследуемом образце инулина содержание оксидов калия (K_2O), фосфора (P_2O_5), магния (MgO) и цинка (ZnO) являются наибольшими по сравнению со средними значениями указанных минералов, приведёнными в литературе [3, 9], в то время как установленное содержание других минералов были наименьшими. Исследуемый инулин, полученный из топинамбура сорта «Сарват», не содержал в своём составе радиоактивные элементы стронция (SrO) и рубидия (Rb_2O), но содержит такие микроэлементы, как железо (Fe_2O_3) и сера (SO_3). Органическая часть по выходу летучих веществ (CO_2) составила 4.18 %.

Анализ ИК-Фурье спектров образцов инулина показали типичные полосы для этого полисахарида в областях: $3342\text{--}3281\text{ см}^{-1}$ из-за валентных колебаний OH , интенсивности полос поглощения, характерные для карбонильной группы в области 1640 см^{-1} и 1393 см^{-1} , интенсивная полоса при 1032 см^{-1} с характерным плечом при 1134 см^{-1} относящаяся к $C\text{--}O\text{--}C$ вибрации пиранозного цикла. Полоса при 934 см^{-1} отнесена к остатку глюкозы ($-D\text{--}Glcp$) в углеводной цепи, а сочетание этой полосы и пика при 1026 см^{-1} указывает на наличие OH -групп глюкозы в инулине. Последняя, в сочетании с полосами поглощения при 876 и 818 см^{-1} подтвердила наличие 2-кетифуранозы в образце инулина, полученного ФМ. Полосы поглощений с максимумами при 934 , 876 , 818 см^{-1} типичны для β (2–1) – связей остатков фруктофуранозы, которые почти отсутствовали у инулина, полученного ТМ.

Полосы, обнаруженные в области 1545 см^{-1} для инулина экстрагированного водой (ТМ) относятся к ароматическим соединениям (возможно, фенольным соединениям). Интенсивность полос поглощения ароматических соединений для образца, полученного ТМ, была выше, чем для двух первых образцов соответственно, что свидетельствует об их доминировании в данном образце. ИК-спектры образцов инулина полученных ТМ и ФМ экстракции отличились, в основном, из-за присутствия пектиновых фракций. Экстракты, полученные ФМ показали, более сильную полосу поглощения в диапазоне $1222\text{--}1404\text{ см}^{-1}$. Это можно объяснить высоким содержанием этерифицированных карбоксильных и гидроксильных групп пектина. Отличия в ИК-спектрах указывает на наличие разнообразия в формировании полисахаридов топинамбура в зависимости от среды произрастания и условий экстракции. Установление тонкой структуры этого полисахарида из клубней топинамбура является предметом дальнейшего изучения.

Таким образом, нами установлено, что сырой инулин, полученный ТМ и ФМ с последовательным осаждением спиртом или после однократной кристаллизации, содержит примеси, такие как пектин, остатки белков и аминокислот, органические кислоты, фенольные соединения и продукты их окисления, является источником углеводов и может использоваться для замены сахара и жиров. Показано, что инулиновый экстракт также богат макроэлементами и микроэлементами К, Mg, Ca, P, Fe и Zn.

Работа выполнена в рамках проекта T-2148 Международного научно-технического центра при финансовой поддержке Госдепартамента США.

ЛИТЕРАТУРА

- Roberfroid M.B. Inulin – type fructans: functional food ingredients. – J. Nutr., 2007, v. 137, № 11, pp. 2493–2502.
- Coussement P., Inulin and Oligofructose as Dietr Fibre: Analytical, Nutritional and Legal Aspects, in Cho S., et al. (eds), Complex Carbohydrates in Food. – Marcel Dekker, Inc: New York, 1999, pp 203–212.
- Kays S.J., Nottingham S. Biology and chemistry of Jeruslaem artichoke: *Helianthus tuberosus L.* – CRC press: Boca Raton, FL. 2007, 496 p.
- Barclay T., Ginic-Markovic M., Petrovsky N. Inulin – a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. – J. Excipients and Food Chem. 2010, v. 1, № 3, pp. 27–50.
- Kurakake, M.; Ogawa, K.; Sugie, M.; Takemura, A.; Sugiura, K. And Komaki, T Two Types of β – Fructofuranosidases from *Aspergillus Oryzae Kb.* – Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008, vol. 56, no. 2, pp. 591–596.
- Cooper P.D., McComb C., Steele E.J., The Adjuvanticity of Algammulin, a New Vaccine Adjuvant. – Vaccine. 1991, № 9, pp. 408–415.
- Cooper P.D., Petrovsky N. New Polymorphic Form of Inulin and Uses Thereof. WO Patent 2006/024100 A1, 2006.
- Мухи́динов З.К., Тешаев Х.И., Джонмуродов А.С., Лиу Л.Ш. Малый патент TJ 563, опуб. 2013 бюл. НПИ Центр № 86.
- Голубев В.Р. Волкова Н.В., Кушалаков Х.М. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения. – М., 1995, с. 60 – 68.