

УДК 664.8.022.1.032:635.24

UDC 664.8.022.1.032:635.24

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ  
ИНУЛИНА ИЗ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА С  
ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРАЦИОННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ**

**INTENSIFICATION OF INULIN EXTRACTION  
FROM TUBERS OF JERUSALEM ARTICHOKE  
WITH THE APPLICATION OF VIBRATION  
EFFECTS**

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  
Dr.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.Tech.Sci., senior lecturer  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Христюк Владимир Тимофеевич  
д.т.н., профессор  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Khristyuk Vladimir Timofeevich  
Dr.Sci.Tech., professor  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Бабенкова Мария Алексеевна  
аспирант  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Babenkova Mariya Alekseevna  
postgraduate student  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Исследовано влияние вибрации на процесс экстрагирования инулина из клубней топинамбура. Установлена зависимость выхода инулина от продолжительности и частоты вибрационного воздействия. Определена перспективность использования данного способа экстрагирования в технологии получения инулина из растительного сырья

In the article we have studied the effect of vibration on the extraction process of inulin from Jerusalem artichoke tubers. The dependence of the output of inulin on the duration and frequency of exposure has been indicated. We have also identified the perspectives of using this technology for the extraction of inulin from plant material

Ключевые слова: ТОПИНАМБУР, ИНУЛИН, ЭКСТРАГИРОВАНИЕ, ВИБРАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Keywords: JERUSALEM ARTICHOKE, INULIN, EXTRACTION, VIBRATION EFFECT

Одной из основных современных тенденций мирового рынка пищевых продуктов является быстрый рост объемов производства и потребления функциональных продуктов питания. Актуальность здорового питания подтверждается исследованиями, указывающими на прямую зависимость между иммунным статусом человека и потребляемой им пищей.

На рубеже вступления Российской Федерации во Всемирную торговую организацию приоритетным направлением для пищевой промышленности, является создание конкурентоспособной высококачественной и, что немало важно, полезной с точки зрения физиологии питания продукции. К настоящему времени рядом отечественных и зарубежных ученых доказана и внедрена в практику «концепция здорового питания», позволяющая влиять на иммунный статус организма немедикаментозным способом. Данная идеология отразилась в распоряжении Правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».

Интерес производственных компаний и государства существенно улучшил ситуацию на рынке питания за счет изменения структуры потребления пищевых продуктов. Однако, не смотря на положительные тенденции, по-прежнему стоит острый вопрос малого ассортимента и дороговизны функциональных пищевых ингредиентов.

На сегодняшний день известно более двух тысяч пищевых ингредиентов функционального назначения, большую часть из которых получают из растительного сырья.

Все более широкое применение находит инулин–природный полисахарид растительного происхождения. Он представляет собой полифруктозан, содержащий, как правило, максимум 27 -35 остатков фруктозы в фуранозной форме и один остаток глюкозы в пиранозной форме. Молекулярная масса 5000 – 6000. Инулин характеризуется широким спектром позитивного воздействия на организм человека: стимулирует рост полезной микрофлоры кишечника, нормализует уровень липидов и сахара в крови, снижает факторы риска сердечнососудистых заболеваний, способствует усвоению кальция, магния и железа, содействует выведению токсинов из организма[1].

В качестве запасного полисахарида инулин содержится во многих растениях, но в наибольшем количестве накапливается в клубнях топинамбура и корнеплодах цикория. За рубежом инулин получают в основном из цикория. В России перспективным сырьем считается топинамбур. В отличие от цикория он имеет более простую агротехнологию и высокую урожайность зеленой массы и клубней, при этом не накапливает вредных веществ. Массовая доля инулина в клубнях топинамбура достигает 77 % от сухого веса. В состав сухих веществ также входят олигофруктозиды, пектиновые вещества, клетчатка, минеральные элементы и органические кислоты, которые в комплексе с витамином С являются ярко выраженными антиоксидантами [2].

Клубни топинамбура грушевидной, веретеновидной, продолговатой и овальной формы, вес их колеблется от 10 до 400 г, средняя масса клубней около 50 г. Кожура у них тонкая и практически без пробкового слоя. Окраска кожуры зависит от сорта и может быть белой, желтой, розовой, красной и фиолетовой. Корнеплоды современных сортов - гладкие, ровные, грушевидной и овальной формы, с глазками (почками), погруженными в клубень (это позволяет механизировать их уборку и посадку), сочные, хрустящие, некрахмалистые, с ароматным запахом и сладковатым вкусом. Топинамбур имеет высокую урожайность: 350-500 ц/га зеленой массы и 200-600 ц/га клубней. На одном растении образуется клубней общей массой до 4 кг. Различают ранне-, средне- и позднеспелые сорта. Убирают клубни в октябре - ноябре, по мере надобности. Основную уборку проводят ранней весной, как только разморозится почва. Клубни могут перезимовать в почве под снегом при температуре до минус 40 °С, не теряя товарных качеств и всхожести. Сырье можно назвать перспективным с точки зрения увеличения сезона переработки, его неприхотливости и высокой биологической ценности.

Предопределяющим фактором качественной и количественной характеристики получаемого инулина является процесс экстрагирования его из предварительно измельченных клубней. От того, насколько качественно прошла эта технологическая операция зависит процентный выход полисахарида, а, следовательно, и количество конечного целевого продукта. В настоящее время в качестве экстрагента преимущественно используется горячая вода (около 80°C), добавляемая в различных количествах (гидромодуль от 1:2 до 1:10). Процесс проводится, как правило, в емкостях с мешалкой различной конструкции. Кроме того, используются экстракторы непрерывного действия (шнековые, роторно-пульсационные и т.д.), но сама суть процессов протекающих во время экстрагирования не меняется. Движущей силой экстракции является разность концентраций экстрагируемого вещества.

Анализ патентной литературы позволил выявить способы интенсификации процесса, к которым можно отнести следующие:

- повышение температуры экстрагента, что скажется на увеличении коэффициента диффузии и движущей силы процесса, кроме того, снизится вязкость растворителя;

- повышение относительной скорости движения фаз, что способствует увеличению коэффициента массоотдачи и сокращению времени экстракции;

- интенсивное перемешивание, которое приводит к обновлению поверхности контакта твердых частиц с экстрагентом;

- повышение давления, что в свою очередь уменьшит объем воздуха, локализованного в пористом объеме частиц при погружении твердого вещества в экстрагент;

- подвод энергии, например, путем вибрации, пульсации, ультразвуковых и инфразвуковых колебаний.

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации массообменных процессов является вибрационное воздействие, которое позволяет значительно ускорить процессы массообмена, снизить себестоимость и повысить качество получаемого продукта[3, 4].

Вибрационное воздействие на обрабатываемое сырье легко поддается регулированию путем изменения амплитуды и частоты вибрации, что дает возможность оптимизировать технологические режимы.

Увеличение выхода целевого продукта, при вибрационном воздействии происходит за счет того, что вибрация вызывает у частиц нарастающее движение относительно друг друга, в какой либо системе, а также относительно своего центра массы. Вследствие этого, увеличивается поверхность взаимодействия участвующих в этих процессах компонентов, интенсифицируются процессы тепло- и массообмена. Кроме того, в классическом экстрагировании применяется предварительно нагретая вода. Для повышения температуры этого экстрагента требуются дополнительные энергозатраты, которые увеличивают стоимость конечного продукта. При проведении массообмена с помощью вибрационного воздействия необходимость подогрева отсутствует, что положительно сказывается как на качестве целевого продукта, так и на его стоимости.

Целью данной работы являлось исследование и оценка эффективности вибрационного воздействия при экстрагировании инулина из клубней топинамбура.

Объектом исследования служили клубни топинамбура сорта «Интерес», которые подвергали мойке, очистке, бланшированию и измельчали до частиц величиной около 1мм. Полученную мезгу подвергали одно- и двукратному экстрагированию горячей водой ( $t=75^{\circ}\text{C}$ ) при гидромодулях 1:2 и 1:4. Время экстрагирования 60 минут. Экстракцию

опытных образцов проводили с применением вибрационного воздействия на специально изготовленной лабораторной установке. Контролем служили образцы, которые подвергали традиционному экстрагированию при постоянном перемешивании.

В экстрактах определяли выход инулина с использованием феррицианидного метода [5].

На первом этапе сравнивали эффективность экстрагирования с использованием вибрационного воздействия и без него. Результаты экспериментов представлены на рисунках 1 и 2.

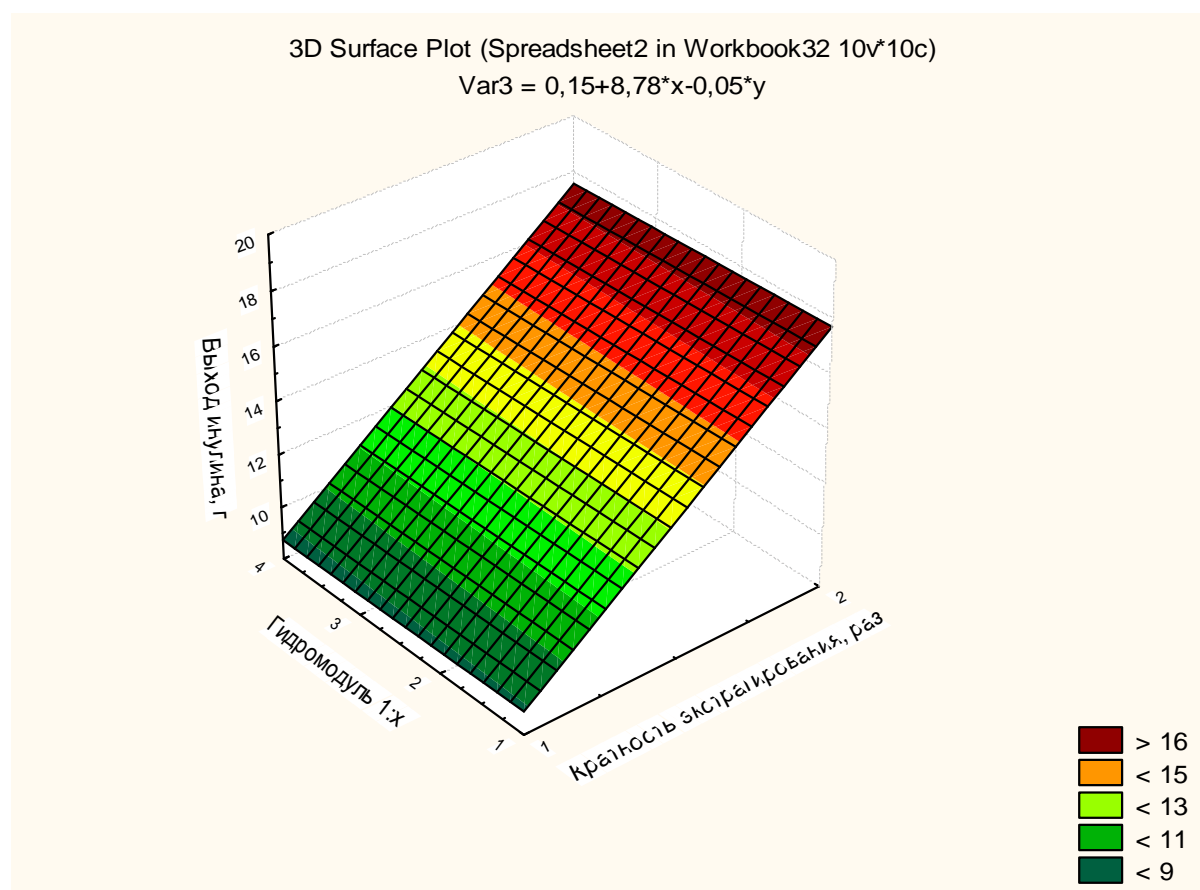


Рисунок 1 – Выход инулина в зависимости от кратности экстрагирования и гидромодуля при традиционном экстрагировании (без вибрации)

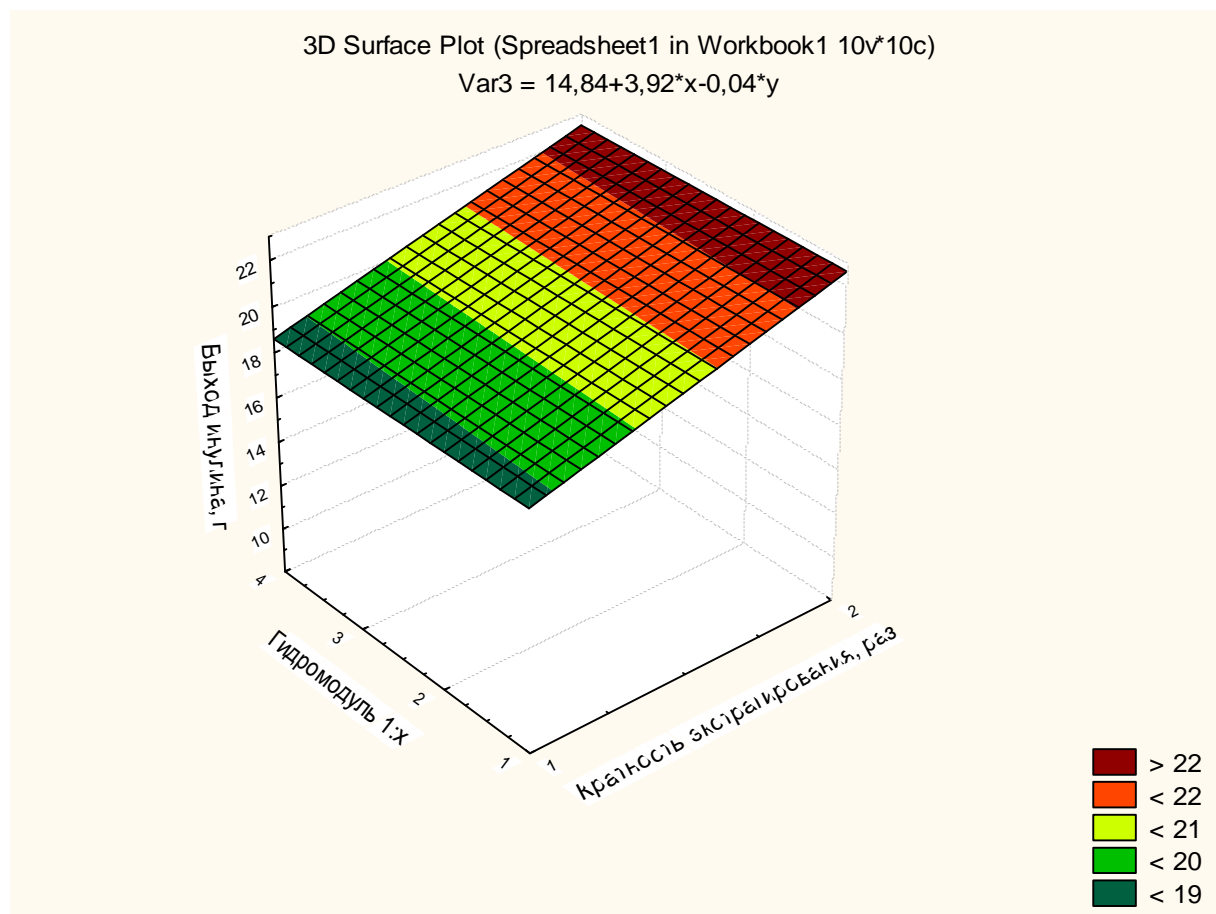


Рисунок 2 – Выхода инулина в зависимости от кратности экстрагирования и гидромодуля при вибрационном экстрагировании с частотой 23,4 Гц

Анализ полученных графических и аналитических зависимостей показывает, что для традиционного способа проведения процесса существенным фактором является кратность экстрагирования. Так, при двухкратном экстрагировании выход инулина увеличился в два раза по сравнению с однократным.

При использовании вибрационного воздействия основная масса инулина перешла в экстракт уже при первом экстрагировании и составила 200 % по сравнению с контрольными образцами (без вибрации), подвергнутыми однократному экстрагированию и 105 % - двухкратному.

С увеличением кратности вибрационного экстрагирования выход инулина повышался, но незначительно. Следовательно, интенсификация процесса экстрагирования инулина с использованием вибрации позволяет не только увеличить выход целевого продукта, но и ограничиться однократным экстрагированием, что существенно сокращает расход воды.

В дальнейших экспериментах исследовали влияние вибрационного воздействия различной частоты и продолжительности на выход инулина при двух наиболее значимых гидромодулях 1:2 и 1:4.

Из графиков, представленных на рисунках 3 и 4, видно, что существует прямая зависимость выхода инулина от времени и частоты вибрации. При увеличении времени экстрагирования до 60 минут и частоты вибрационного воздействия до 23,4 Гц выход целевого продукта достигает 95 % от теоретически возможного при гидромодуле 1:2 и 96 % - при гидромодуле 1:4. Полученные данные свидетельствуют о том, что при использовании вибрационного воздействия целесообразно экстракцию проводить при гидромодуле 1:2, так как увеличение соотношения «сырье: экстрагент» сопровождается небольшим повышением выхода полисахарида, но существенно увеличивает расход воды.



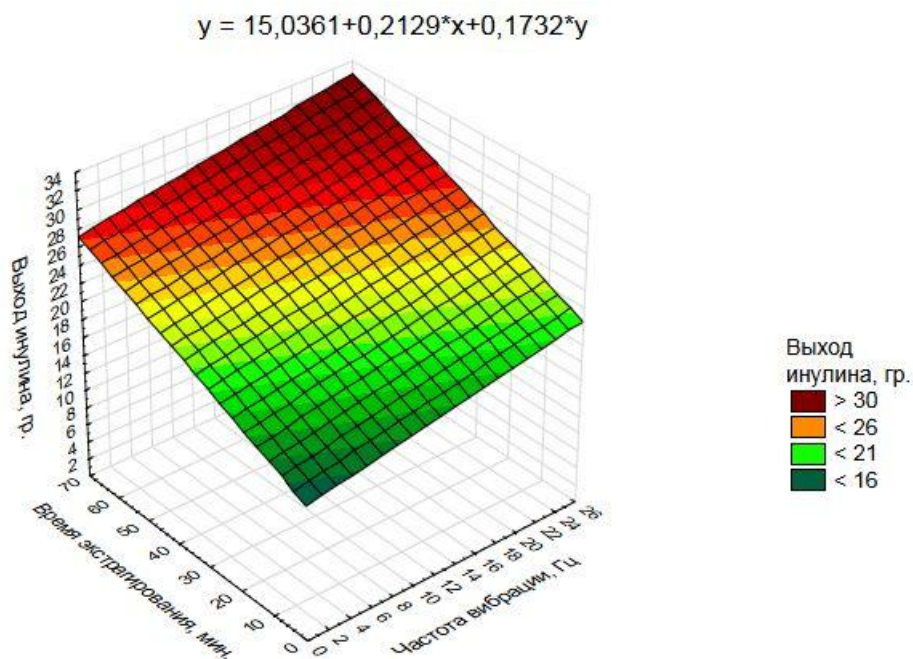


Рисунок 3 – Зависимость выхода инулина от частоты вибрационного воздействия  $s$  и времени экстрагирования при гидромодуле 1:2

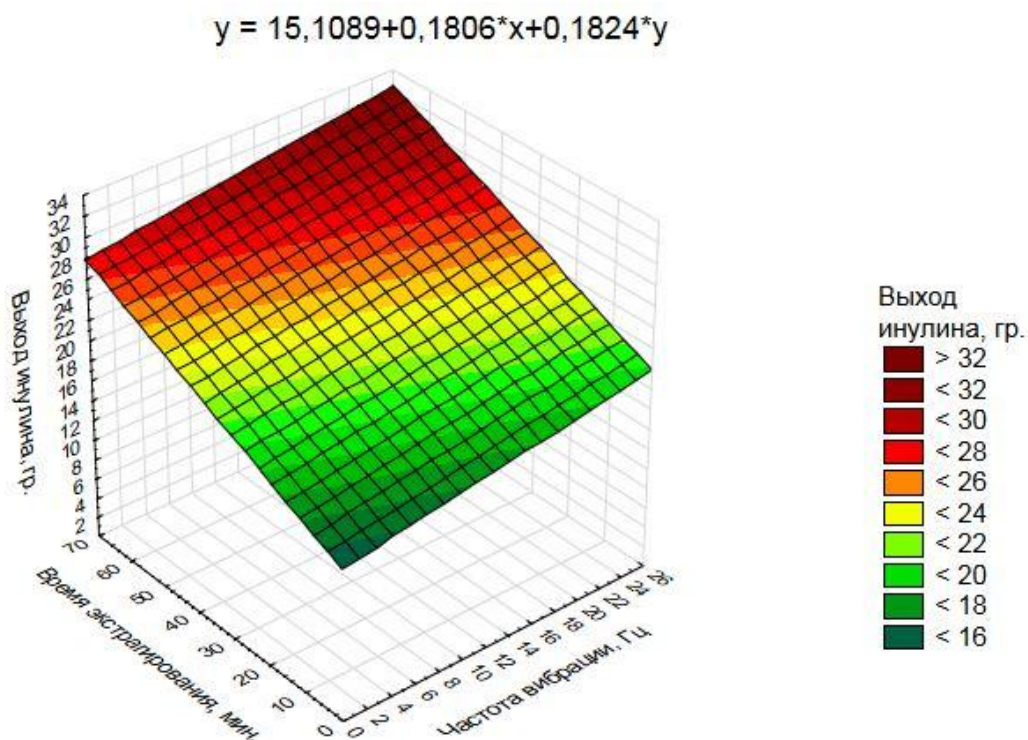


Рисунок 4 – Зависимость выхода инулина от частоты вибрационного воздействия  $s$  и времени экстрагирования при гидромодуле 1:4

Из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что применении вибрационного воздействия интенсифицирует процесс экстрагирования инулина из клубней топинамбура и увеличивает выход целевого продукта в 2 раза уже при однократном экстрагировании.

Применение данного вида воздействия позволяет получить не только технологический, но и экономический эффект за счет сокращения общей продолжительности процесса экстрагирования и снижения расхода воды.

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

#### Литература

- 1 Бархатов В.Ю., Мамедова Э.И., Рубан В.С. Способ гидролиза инулина из топинамбура // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. - № 2- 3. С. 48-49.
- 2 Кожухова М.А., Бархатова Т.В., Алтуньян М.К., Хрипко И.А., Рыльская Л.А. Разработка технологии продуктов функционального питания на основе топинамбура // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. - № 2 – 3. – С. 21 – 23.
- 3 Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – М.: Агропромиздат, 1988. –272 с.
- 4 Понаморов В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья – М.: Медицина, 1978. –105 с.
- 5 Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений /А.И. Ермаков, В.В.Арасимович, Н.П.Ярош и др.; Под ред. А.И.Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. Отд-ние, 1987. –430с.

#### References

- 1 Barhatov V.Ju., Mamedova Je.I., Ruban V.S. Sposob gidroliza inulina iz topinambura // Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. 1998. - № 2- 3. S. 48-49.
- 2 Kozhuhova M.A., Barhatova T.V., Altun'jan M.K., Hripko I.A., Ryl'skaja L.A. Razrabotka tehnologii produktov funkcional'nogo pitaniya na osnove topinambura // Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. 2005. - № 2 – 3. – S. 21 – 23.
- 3 Rogov I.A. Jelektrofizicheskie metody obrabotki pishhevyh produktov. – M.: Agropromizdat, 1988. –272 s.
- 4 Ponamorev V.D. Jekstragirovanie lekarstvennogo syr'ja – M.: Medicina, 1978. –105 s.
- 5 Ermakov A.I. Metody biohimicheskogo issledovanija rastenij /A.I. Ermakov, V.V.Arasimovich, N.P.Jarosh i dr.; Pod red. A.I.Ermakova. – 3-e izd., pererab. i dop. – L.: Agropromizdat. Leningr. Otd-nie, 1987. –430s.