

УДК 664/662

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСТРАКЦИИ ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ НАСТОЯ СЕМЕНИ ЛЬНА

^{1,2}Бойцова Т.М., ²Назарова О.М.¹ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток;²ФГБОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: apelsinka_olesya@mail.ru

Одной из актуальных тенденций современной науки является разработка новых технологий, направленных на рациональное использование вторичных продуктов в переработке сырья. Лен и продукты его переработки находят все большее применение в различных отраслях при создании продуктов питания функционального назначения. Функциональные свойства семени льна обусловлены содержанием большого количества слизеобразующих компонентов (полисахаридов), которые активно используются в медицине в качестве обволакивающего и слабительного средства. Кроме этого, считается, что слизи льна могут обладать умеренными радиопротекторными и иммунозащитными свойствами. Целью работы явилось определение условий и параметров экстрагирования семени льна для получения в экстракте максимального количества полисахаридов, обладающих функциональными свойствами. Показано, что применение ультразвукового воздействия способствует сокращению процесса экстракции, повышению качества и количества извлекаемых полисахаридов и снижению энергозатрат предприятия. Полученный настой может быть использован в технологии производства хлебобулочных изделий в качестве функциональной добавки.

Ключевые слова: полисахаридный комплекс, семена льна, гидромодуль, условия экстракции, ультразвуковое воздействие

JUSTIFICATION EXTRACTION CONDITIONS OF POLYSACCHARIDES FROM INFUSIONS OF LINUM USSITATISSIMUM

^{1,2}Boytsova T.M., ²Nazarova O.M.¹Vladivostok State University Economics and Service, Vladivostok;²Far East federal university, School of Biomedicine, Vladivostok, e-mail: apelsinka_olesya@mail.ru

One of the recent trends in modern science is the development of new technologies aimed at the rational use of secondary products in the processing of raw materials. Flax and its products are increasingly used in various industries while creating food functionality. Functional properties of flax seed due to the large amount polysaccharides, which are widely used in medicine as a sweetening and laxative agent. In addition, it is believed that mucus flax may have moderate radioprotective and immunoprotective properties. The aim of the work was to determine the conditions and parameters of extraction for flax seed and the maximum amount of polysaccharides resulting in the process as having functional properties. It is shown that the use of ultrasonic treatment helps to reduce the extraction process, improving the quality and quantity of extracted polysaccharides and reduce energy consumption of the enterprise. The resulting infusion can be used in the production technology of bakery products, as a functional additive.

Keywords: polysaccharide complex, *Linum usitatissimum*, hydronic, extraction conditions, ultrasonic exposure

Одной из актуальных тенденций современной науки является разработка новых технологий, направленных на рациональное использование вторичных ресурсов переработки сырья.

Ежедневный рацион каждого человека стал богаче по вкусовым ощущениям, но менее сбалансированным по составу. Снижение уровня здоровья и продолжительности жизни во многом связаны с неправильным и некачественным питанием. Одно из основных требований, предъявляемых сегодня к продуктам питания, – удовлетворение физиологических потребностей. Поэтому на повестку дня вместе с производством достаточного количества продовольствия остро поставлен вопрос дополнительного обогащения продуктов питания пищевыми эссенциальными компонентами.

Одним из путей сохранения здоровья людей является создание на научной основе

полноценных продуктов питания, разработка технологий продуктов с функциональными ингредиентами, пищевыми волокнами (в группу пищевых волокон входят полисахариды – это обширная группа веществ разнообразной химической природы, имеющих полимерное строение, полученных из сырья растительного, животного или микробного происхождения), витаминами, макро- и микроэлементами.

Лен и продукты его переработки находят все большее применение в различных отраслях, в том числе при создании продуктов питания функционального назначения. Функциональные свойства семени льна обусловлены содержанием большого количества гелей (полисахаридов), которые активно используются в медицине в качестве обволакивающего и слабительного средства [4]. Кроме этого, считается, что гели льна могут обладать умеренными

радиопротекторными и иммунозащитными свойствами [4]. Использование семени льна и продуктов его переработки в пищевой промышленности перспективно, так как позволит расширить ассортимент продукции и придать ей функциональные свойства.

Особенностью углеводного состава семян льна является минимальное количество сахаров и крахмала, а большинство углеводов представлено в виде гелей [4].

Гели семян льна – это комплекс полисахаридов, отличающихся друг от друга по физико-химическим свойствам, таким: как состав, молекулярная масса, структурная конформация, показатели вязкости. Основными слизиобразующими полисахаридами, составляющими до 80 % от общей доли, являются пентозаны, которые являются смесью арабиноксилана (56 %) и галактоглюкана (44 %). Минорный компонент слизей (до 20 %) представляет собой гетерогенную группу галактуронанов [7]. Французскими биохимиками в 2003 г. был обнаружен в гелях семян льна еще один полисахаридный компонент. Таким образом, согласно современным представлениям гели семян льна представляют собой смесь из трех высокомолекулярных полисахаридов: наиболее вязкого нейтрального полисахарида с молярной массой $1,2 \times 10^6$ г/моль (75 % от общей доли) и двух кислых полисахаридов: AF1 с молярной массой $6,5 \times 10^5$ г/моль (3,75 %) и AF2 с молярной массой $1,7 \times 10^4$ г/моль (21,25 %) [8]. Необходимо отметить, что гели семян льна богаты макро- и микроэлементами, такими как: калий, кальций, магний, железо, цинк и фосфор [2].

Количественный состав гелей в семенах льна – от 4 % до 9 % от массы семян. Гели семян льна содержат от 50 % до 80 % углеводов, от 4 % до 10 % белков и от 10 % до 20 % минеральных веществ. Количественное содержание гелей зависит от способов извлечения. К сожалению, работ, выполненных в этом направлении, недостаточно. Семена льна заслуживают исключительного внимания как источник альфа-линоленовой кислоты, пищевых волокон, обладающих противовоспалительными и антиканцерогенными свойствами, биологически активными олигосахаридами [4].

Цель исследования: определить условия и параметры экстрагирования семени льна для получения в экстракте максимального количества полисахаридов, обладающих функциональными свойствами. Полученные экстракты (настои), как показано в наших предыдущих исследованиях, могут быть использованы в технологии ржанопшеничного хлеба [1]. Значение водосвязывающей способности льняной слизи (2500 г

воды/100 г сухого вещества) находится в пределах между значениями для ксантановой камеди (3200 г/100 г сухого вещества) и гуаровой камеди (2200 г воды/100 г сухого вещества) и представляет практический интерес в производстве хлебобулочных изделий, являясь водоудерживающим агентом при формировании мякиша хлеба в процессе выпечки, тем самым улучшая органолептические и физико-химические показатели хлеба, значительно замедляя процесс черствения хлеба [9].

При разработке технологического процесса формировали условия, обеспечивающие максимальную сохранность полисахаридов. Решение этой задачи сводится к поиску соотношения семени льна и воды (гидромодуль), выбору условий экстрагирования (время и температурные параметры), позволяющих получить настой с заданными характеристиками. В ходе исследования были изучены достижения в области технологии получения полисахаридных комплексов, проведен патентный поиск в российских базах данных, проанализированы многочисленные данные зарубежных источников [6, 7, 8, 9].

Для изучения полноты экстрагирования и качественного полисахаридного состава экстракта из семени льна использовали методу последовательного фракционного выделения полисахаридов Н.К. Кочеткова [5].

В ходе эксперимента изучено влияние продолжительности экстрагирования на выход водорастворимых полисахаридов (ВРПС). Установлено, что максимальная масса ВРПС выделяется при экстрагировании в течение первых 80 минут (рис. 1). В процессе проведения эксперимента наблюдается резкое увеличение выхода ВРПС в течение первых минут экстрагирования. Далее процесс стабилизируется и устанавливается на постоянных, близких по значению результатах $\sim 4,95 \pm 0,05$ % от массы используемого сырья. Полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе данными по содержанию водорастворимых полисахаридов в семенах льна и в зависимости от вида и условий извлечения колеблются от 4 до 6–7 % [2, 6].

Для последующих экспериментов по выявлению условий экстрагирования ВРПС были выбраны экстракты после 80 минутного процесса.

Следующая серия экспериментов проводилась с целью прослеживания зависимости выхода ВРПС от температуры экстрагирования. Экстракцию проводили аналогичным образом, но при заданных температурах нагрева экстракта – 20, 40, 60, 80, 95 °С. Продолжительность экстракции – 80 минут.

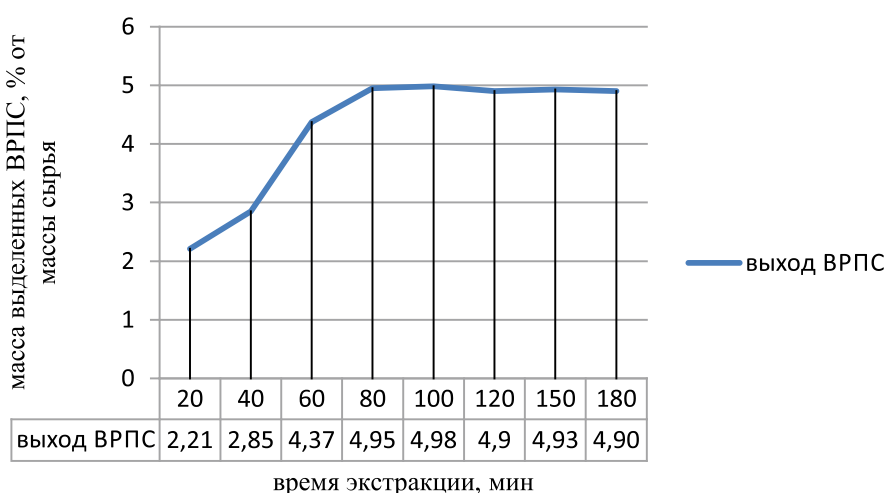


Рис. 1. Зависимость выхода ВРПС от длительности экстракции

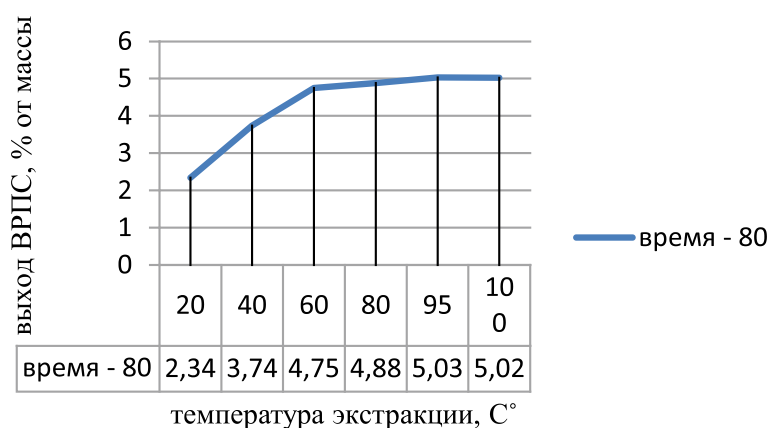


Рис. 2. Зависимость выхода ВРПС от температуры экстрагирования

Результаты показали, что по мере увеличения температуры экстрагирования от 20 до 60 °C выход ВРПС активно увеличивается (рис. 2). После 60 °C выход полисахаридов продолжает расти, но динамика процесса снижается, и прирост массы становится не столь значительным (0,13–0,15%). Максимальная масса выделенных ВРПС установлена при 95 °C – 5,03 % от массы сухого сырья, это всего на 0,15 % больше, чем при 80 °C. В то же время более высокая температура – это дополнительный расход энергии и времени нагревания. Поэтому в качестве рекомендуемых режимов можно принять температуру от 70 до 80 °C. При таком диапазоне выход ВРПС составляет 4,75–4,88 % от массы используемого сырья.

Однако подобный метод экстракции ВРПС в раствор (длительный нагрев, постоянное перемешивание) является энер-

гозатратным и технологически трудно осуществимым в условиях производства хлебобулочных изделий. Для совершенствования процесса экстрагирования было предложено использовать методику ультразвуковой экстракции, успешно применяемой в технологии экстрагирования различных веществ [3].

Доказано, что ультразвуком из растительного сырья возможно извлечь практически все известные соединения, продуцируемые растениями. Скорость экстракции биологически активных веществ при использовании ультразвука зависит от химической группы соединений, а степень извлечения возрастает в таком порядке: масла, алкалоиды, фуранохромы, флавоноиды, сапонины, гликозиды [3]. Использование ультразвука не только ускоряет процесс экстракции, но и увеличивает по сравнению

с другими способами экстрагирования выход продукта. Вещества полифенольной природы семени льна предварительно экстрагировали 70%-м этиловым спиртом [5].

Ультразвуковую обработку экстрактов проводили с помощью «УЗВ-2,8 Сапфир» с рабочей частотой 35 кГц, воздействие интенсивностью 270 Вт/см² в течение заданного периода времени: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 минут. Эксперимент проводили следующим образом: 10 г воздушно-сухого шрота заливали 200 г воды (1 класс очистки) и подвергали ультразвуковому воздействию. Полученные полисахариды взвешивали и определяли процентное содержание по отношению к массе сухого семени льна.

Анализ влияния длительности ультразвукового воздействия на массу выделенных ВРПС показал, что при воздействии на экстракт в течение 40 минут отмечается прямо пропорциональная зависимость, и более длительная обработка существенно не влияет на количество выделяемых полисахаридов (рис. 3).

Ранее были проведены исследования ультразвукового воздействия на количество выделенных полисахаридов из семени льна [3]. Максимальное извлечение установлено при следующих условиях: 276 Вт/см², время воздействия – 20 минут. Процентное содержание полисахаридов в экстракте составило 0,120% к массе сухого семени льна.

Для сравнительного анализа нами было проведено выделение полисахаридов по методике Кочеткова Н.К. из образца, не подвергнувшегося ультразвуковому воздействию (Т водяной бани – 95 °С, t – 80 мин, образец № 1), а также из экстракта, приготовленного классическим методом: сырье заливали горячей водой (Т = 100 °С) в соотношении 1:20 «сырье-экстрагент» и оставляли настаиваться до полного охлаждения при комнатной температуре (образец № 2).

Результаты представлены в таблице.

Из таблицы видно, что максимальное извлечение полисахаридов происходит при ультразвуковом воздействии через 45 минут.

Динамику выхода ВРПС в зависимости от времени обработки ультразвуком можно проследить по рис. 3.

Известно, что молекулярная масса полисахаридов варьируется при реакциях ассоциации – диссоциации, протекающих с различной скоростью в зависимости от температуры, ионной силы, pH растворов и продолжительности экстракции. Учитывая высокую вязкость экстракта при проведении эксперимента, можно предположить, что концентрация гетерополисахаридов достигает максимума при заданных условиях и даже возможно дальнейшее увеличение выхода ВРПС при увеличении гидромодуля, температуры либо изменении других условий процесса экстракции.

Процентное содержание выделенных ВРПС по отношению к массе используемого сырья

Образец № 1	Образец № 2	Длительность воздействия УЗ (270 Вт/см ²) t, мин							
		20	25	30	35	40	45	50	55
4,75	3,16	3,75	4,26	4,45	4,63	4,81	4,86	4,86	4,86

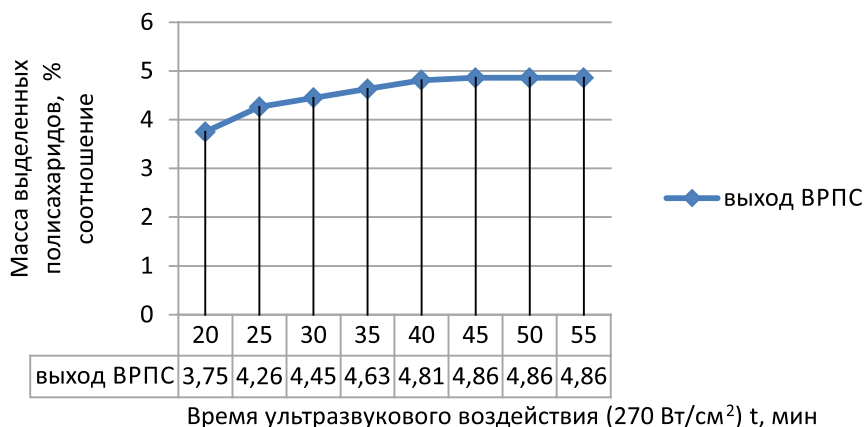


Рис. 3. Зависимость массы выделенных ВРПС от продолжительности ультразвукового воздействия

Таким образом, исходя из результатов эксперимента, можно сделать вывод, что после 45 минут обработки ультразвуком экстракта семени льна при комнатной температуре и однократной экстракции выход ВРПС достигает уровня выхода полисахаридов из семени льна по классической методике последовательного фракционного извлечения полисахаридов Кочеткова. Этот результат совпадает с данными других исследователей, полученными при экстракции ВРПС с использованием ультразвука [6]. Следовательно, можно заключить, что применение ультразвукового излучения может быть успешно использовано для интенсификации процесса экстракции полисахаридов из семян льна. При этом не только сокращается продолжительность процесса, но и повышается качественный состав экстракта, так как исключается воздействие высоких температур. Этого поможет облегчить внедрение использования настоя из семени льна в производство хлебобулочных изделий, значительно сократить длительность данного технологического процесса, уменьшить энергозатраты, а значит, и сократить финансовые расходы производства.

Список литературы

1. Бойцова Т.М. Настой семени льна в технологии производства ржано-пшеничного хлеба / Т.М. Бойцова, О.М. Назарова // Хлебопечение России. – 2015. – № 3. – С. 27–29.
2. Ворыханов А.Е., Сорокопуд А.Ф., Павлов С.С., Иванов П.П. Совершенствование технологии переработки семян льна с использованием вибрационного экстрактора // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 1. – 25 с.
3. Гинстлинг А.М., Барам А.А. Ультразвук в процессах химической технологии. – Л.: ГОСХИМИЗДАТ, 1960. – 96 с.
4. Лекарственное растительное сырье. Фармакогнозия: учеб. пособие / под ред. Г.П. Яковлева, К.Ф. Блиновой. – СПб.: СпецЛит, 2004. – 765 с.
5. Кочетков Н.К. Химия биологически активных природных соединений / Н.И. Кочетков. – М.: Химия, 1970. – 378 с.
6. Патент № 2358983 С1- Ожимкова Е.В., Сульман М.Г., Сидоров А.И. Патентообладатель(и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный технический университет».
7. Chauhan M.P. Post Harvest Uses of Linseed / M.P. Chauhan, Singh Sadhna, Kumar Singh A. // Journal of Human Ecology. – 2009. – Vol. 28(3). – P. 217–219.
8. Duguid S.D. Flax / In: Oil Crops, Handbook of Plant Breeding 4 // Ed. by J. Vollmann and I. Rajcan. – London-New York, Springer. – 2009. – P. 233–255.
9. Warrand J. Structural investigation of the neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seed mucilage / J. Warrand, P. Michaud, L. Picton, G. Muller, B. Courtois, R. Ralainirina, J. Courtois // International Journal of Biological Macromolecules. – 2005. – Vol. 35. – № 3–4. – P. 121–125.

References

1. Bojcova T.M. Nastoj semeni lna v tehnologii proizvodstva rzhano-pshenichnogo hleba / T.M. Bojcova, O.M. Nazarova // Hlebopechenie Rossii. 2015. no. 3. pp. 27–29.
2. Voryhanov A.E., Sorokopud A.F., Pavlov S.S., Ivanov P.P. Sovershenstvovanie tehnologii pererabotki semjan lna s ispolzovaniem vibracionnogo jekstraktora // Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. 2012. no. 1. 25 p.
3. Ginstling A.M., Baram A.A. Ultrazvuk v processah himicheskoj tehnologii. L.: GOSHIMIZDAT, 1960. 96 p.
4. Lekarstvennoe rastitelnoe syre. Farmakognozija: ucheb. posobie /pod red. G.P. Jakovleva, K.F. Blinovej. SPb.: SpecLit, 2004. 765 p.
5. Kochetkov N.K. Himija biologicheski aktivnyh prirodnih soedinenij / N.I. Kochetkov. M.: Himija, 1970. 378 p.
6. Patent no. 2358983 C1- Ozhimkova E.V., Sulman M.G., Sidorov A.I. Patentoobladatel(i): Gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya «Tverskoj gosudarstvennyj tehniceskij universitet».
7. Chauhan M.P. Post Harvest Uses of Linseed / M.P. Chauhan, Singh Sadhna, Kumar Singh A. // Journal of Human Ecology. 2009. Vol. 28(3). pp. 217–219.
8. Duguid S.D. Flax / In: Oil Crops, Handbook of Plant Breeding 4 // Ed. by J. Vollmann and I. Rajcan. London-New York, Springer. 2009. pp. 233–255.
9. Warrand J. Structural investigation of the neutral polysaccharide of *Linum usitatissimum* L. seed mucilage / J. Warrand, P. Michaud, L. Picton, G. Muller, B. Courtois, R. Ralainirina, J. Courtois // International Journal of Biological Macromolecules. 2005. Vol. 35. no. 3–4. pp. 121–125.

Рецензенты:

Старкова Г.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры сервисных технологий, ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» Минобрнауки России, г. Владивосток;
Максимова С.Н., д.т.н., доцент, зав. кафедрой технологии продуктов питания, ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», Федеральное агентство по рыболовству, г. Владивосток.