

Характеристика порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья методом распылительной сушки

Миневич Ирина Эдуардовна

ФГБНУ «ФНЦ ЛК»

Адрес: 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр. 17/56

E-mail: irina_minevich@mail.ru

Цыганова Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 120080, Россия, Москва, Волоколамское шоссе, 11

E-mail: ztatianaz@yandex.ru

Черных Валерий Яковлевич

ФГАНУ НИИХП

Адрес: 107553, Россия, Москва, ул. Б.Черкизовская, д. 26А

E-mail: v.chernykh@gosniihp.ru

В настоящее время производство основных видов продуктов питания, как традиционных, так специализированных и функциональных, детского, диетического и спортивного питания невозможно без применения технологических и функциональных ингредиентов. Среди большого ряда ингредиентов производство белковых продуктов, пищевых волокон отнесены к приоритетным направлениям для привлечения инвестиций, направленных на точки роста пищевой промышленности в сфере ингредиентов. Источником белка и пищевых волокон являются семена льна. Соотношение аминокислот различной природы в белковом комплексе семян льна обеспечивает его биологическую активность. Протеины льняного семени могут служить белковыми обогатителями для пищевых продуктов. Пищевые волокна семян льна представлены некрахмальными полисахаридами, и сосредоточены в их слизевых клетках. По функционально-технологическим свойствам они относятся к пищевым добавкам типа гидроколлоидов. Исследование выполнено с целью определения характеристик порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, произведенных соответственно из льняного жмыха и семян льна-долгунца сорта Цезарь путем экстракции с последующей распылительной сушкой, которые и служили объектами исследований. Было установлено, что порошки белкового концентрата и полисахаридного экстракта обладают высокими функционально-технологическими свойствами, в частности водоудерживающей, жирудерживающей и эмульгирующей способностями, превышающие аналогичные показатели промышленных соевых белковых концентратов. Цветовые характеристики исследуемых образцов соответствовали цветовой гамме от светло-бежевого до бежевого. Белковый концентрат и полисахаридный экстракт имели насыпную плотность (кг/м^3) 225 и 251, соответственно. Были оценены характеристики прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья. Полученные данные свидетельствуют о предрасположенности исследуемых ингредиентов к образованию агломератов и формированию структуры в зависимости от параметров технологических процессов производства пищевых продуктов и могут быть использованы в качестве водо- и жиру-удерживающих агентов, эмульгаторов в пищевых технологиях.

Ключевые слова: переработка растительного сырья, масличные семена, льняной жмых, экстракция, белки, полисахариды, распылительная сушка, растительные порошки

Введение

Развитие производства материально-технических ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия должно

обеспечить, в том числе и выпуск широкого ассортимента ингредиентов для пищевой и перерабатывающей промышленности. Такая задача входит в основные направления Доктрины продовольственной безопасности РФ¹.

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 10.08.2020).

Возрождение в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов также входит в План мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года (раздел VIII, пп. 30–32)². Разработка современных технологий производства пищевых ингредиентов предусмотрена в программах: «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы»³; «Программа развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2025 года»⁴

Принятые документы свидетельствуют об актуальности и своевременности развития отечественной индустрии пищевых ингредиентов. В настоящее время производство основных видов продуктов питания, как традиционных, так и функциональных, детского, диетического, специализированного, спортивного питания невозможно без применения технологических и функциональных ингредиентов. Потребность в пищевых ингредиентах связана с разнообразием их технологических функций и возможностью создавать продукты заданного состава, аромата, вкуса, текстуры и качества в течение всего срока годности. В свою очередь функциональные ингредиенты позволяют также повысить пищевую ценность продуктов. Их использование является одним из факторов интенсификации переработки пищевого сырья, совершенствования технологий, расширения ассортимента.

Современный российский рынок пищевых ингредиентов оценивается приблизительно в 3 млрд. долл. при среднем темпе роста 6–7% в год, и при этом, характеризуется высокой импортозависимостью (Семенова П., 2020).

В условиях современного технически развитого общества, характеризующегося неблагоприятной экологической обстановкой, людей все больше интересует связь между здоровьем и питанием, являющимся частью здорового образа жизни. В связи с ростом спроса на продукты здорового питания нарастает потребность в функциональных ингредиентах.

При этом следует подчеркнуть, что среди большого ряда ингредиентов производство белковых продуктов, протеинов растительного и животного происхождения, пищевых волокон отнесены к приоритетным направлениям для привлечения инвестиций, направленных на точки роста пищевой промышленности в сфере ингредиентов.

Цель работы – определение характеристик порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, произведенных из льняного жмыха путем экстракции с последующей распылительной сушкой.

Литературный обзор

В настоящее время наблюдается устойчивый растущий спрос на растительные белковые ингредиенты в пищевой и перерабатывающей промышленности. Белковые ингредиенты широко применяются в производстве хлебобулочных изделий, так, например, их использование в 2016 году выросло на 30%⁵. В современной индустрии пищевых ингредиентов белки в промышленных масштабах получают в основном из бобовых и злаковых культур. Большой интерес в качестве источников белка представляют и масличные культуры. В некоторых странах, в основном Китай и США, производят рапсовый, хлопковый, подсолнечный и арахисовый белки (Доморощенкова, 2004, с. 94–96).

Среди масличных культур перспективным источником белка, характеризующегося полным составом незаменимых аминокислот, являются семена льна (Gutte, Sahoo, Ranveer, 2015, p. 42–51; Amin, Thakur, 2014; Kajla, Sharma, Sood, 2015, p. 1857–1871). Соотношение аминокислот различной природы в белковом комплексе семян льна обеспечивает его биологическую активность: поддерживает функции щитовидной железы, деятельность центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы человека (Kaushik, Dowling, McKnight, Barrow, Wang, Adhikari, 2016, p. 212–220; Barbary, Al-Sohaimy, El-Saadani, 2009, p. 605–621; Kishk, 2013, p. 539–556). Протеины льняного семени могут слу-

² Об утверждении Плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 29.06.2016 № 1364-р. URL: www.docs.cntd.ru (дата обращения: 22.04.2020).

³ Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 25.08.2017 № 996. URL: www.mcx.ru (дата обращения: 22.04.2020).

⁴ Программа развития пищевой и перерабатывающей промышленности до 2025 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 30.06.2016 № 1378-р. URL: www.static.government.ru/media/files/PDF (дата обращения: 22.04.2020).

⁵ Растительный белок: рост спроса и предложения. Бизнес пищевых ингредиентов online [Электронный ресурс]. URL: <http://bf-online.ru/index.html?kk=c7779f466e&msg=6451> (дата обращения: 15.05.2020).

жить белковыми обогатителями для пищевых продуктов. В семенах льна, в отличие от соевых бобов, отсутствуют вредные для питания человека ингибиторы трипсина, которые препятствуют усвоению белка. После удаления масла в зависимости от технологии процесса в обезжиренных семенах льна (жмыхе или шроте) содержание протеинов варьирует от 25 до 45%. Они являются концентрированным сырьем для получения белковых продуктов (Цыганова, Миневиц, Зубцов, Осипова, 2010).

Семена льна также выделяются значительным содержанием некрахмальных полисахаридов, сосредоточенных в их слизевых клетках, которые относят к растворимым пищевым волокнам с доказанным физиологическим воздействием на организм человека (Englyst K.N., Liu, Englyst H.N., 2007, p. 19–39). Их роль в метаболизме пищевых веществ аналогична растительным пищевым волокнам, выделенным из других культур. Они также способствуют снижению гликемического индекса и содержания холестерина в крови, оказывают пребиотическое действие (Gutte, Sahoo, Ranveer, 2015; Тарасова, Ожимкова, Ущиповский, 2018, с. 61–63). Содержание и состав полисахаридов слизи широко варьирует в зависимости от генотипа семян и способов их выделения (Kaewmanee, Bagnasco, Benjakul, Lanteri, Morelli, Speranza, Cosulich, 2014, p. 60–69; Singer, Taha, Mohamed, Gibriel, El-Nawawy, 2011, p. 260–278). Содержание слизи составляет 7–12% массы льняного семени. В состав моносахаридов входят ксилоза, глюкоза, галактоза, рамноза, фукоза и галактуроновая кислота. Полисахариды льняных слизей представляют собой смесь двух фракций: нейтральной и кислой (Warrant, Michaud, Picton, Muller, Courtois, Ralainirina, Courtois, 2005, p. 121–125.). Нейтральная фракция практически не содержит галактуроновою кислоту, ксилоза – основа этой фракции. В кислой фракции преобладает галактуроновою кислота и обнаружены следы ксилозы. При этом было показано влияние окраски семян льна на соотношение полисахаридных фракций (Пороховинова, Павлов, Брач, Морван, 2017, с. 161–171). У желтосемянных линий льна (ген *s1*) обнаружено больше полисахаридов нейтральной фракции (арабиноксиланов), у коричневых семян – больше пектинов, кислой фракции. Соотношение полисахаридных фракций и содержание в них белка имеет важное значение, так как влияет на их функционально-технологические свойства (Singer, Taha, Mohamed, Gibriel, El-Nawawy, 2011, p. 260–278).

Полисахариды слизей относят к пищевым добавкам типа гидроколлоидов (Цыганова, Миневиц, Зубцов, Осипова, 2016, с. 12–15). Благодаря своей высокой водоудерживающей способности они препятствуют потере влаги пищевых продуктов и полуфабрикатов, не влияют на текстуру конечного продукта, совместимы со сложными технологическими процессами без дополнительной переработки (Миневиц, Осипова, 2017, с.16–25; Sun, Li, Xu, Zhou, 2011, p. 472–478; Hao, Beta, 2012, p. 1320–1325; Kishk, 2011, p. 539–556).

Технологии по выделению пищевых ингредиентов (белков, пищевых волокон) из льняного сырья: семян льна и льняного жмыха разработаны и используются только в исследовательской практике (Kaushik, Dowling, McKnight, Barrow, Wang, Adhikari, 2016, p. 212–220; Barbary, Al-Sohaimy, El-Saadani, 2009, p. 605–621; Kishk, 2013, p. 539–556)^{6,7}. Получение указанных пищевых ингредиентов из льняного сырья в виде белковых и полисахаридных концентратов обладает перспективами промышленного масштабирования.

Технологии получения белков, полисахаридов и ряда других биополимеров из растительного сырья основаны на водной экстракции при различных условиях процесса: pH, температуре, продолжительности, гидромодуле. На конечной стадии сырые экстракты подвергаются различной обработке и сушке. В промышленных условиях считается эффективной распылительная сушка экстрактов биополимеров, в том числе белков и полисахаридов. Метод распылительной сушки зарекомендовал себя как экономичный, воспроизводимый, масштабируемый процесс для производства порошкообразной продукции и успешно применяется в пищевой, фармацевтической, химической промышленности.

Распылительная сушка широко используется при получении продуктов с заданными структурными, дисперсными характеристиками. При распылении жидких экстрактов образуется большое количество полидисперсных капель. Они имеют большую поверхность вследствие чего происходит интенсивный тепло- и массообмен с сушильным агентом. При быстрой потере влаги капель образуются сферические пористые гранулы. В результате получают порошкообразный продукт, не требующий дополнительного измельчения, обладающий хорошей сыпучестью и прессуемостью,

⁶ Способ получения полисахаридного комплекса из семян льна: пат. 2639770 Рос. Федерация / И.Э. Миневиц, В.А. Зубцов, Л.Л. Осипова. 2017. Бюл. № 36.

⁷ Способ получения белка из жмыха семян льна: пат. 2437552 Рос. Федерация / И.Э. Миневиц, Л.Л. Осипова, В.А. Зубцов. 2011. Бюл. № 36.

а также легкой растворимостью (Хишова, 2005). Порошки с хорошей сыпучестью легко дозируются и смешиваются. Благодаря минимальной продолжительности распылительной сушки (15–30с) не происходит развития окислительных, денатурационных процессов, что позволяет сохранить биохимический состав продукции и является преимуществом этого вида сушки.

Способ сушки оказывает влияние на функционально-технологические свойства целевого продукта. Так, показано, что полисахаридные продукты, полученные из семян льна с использованием распылительной сушки, имели более светлый цвет, пониженную вязкость (Oomah, Mazza, 2001, p. 135–143; Wang, Li, Wang, Li, Adhikari, 2010, p. 128–133).

Пищевые добавки, полученные из льняного сырья (белковый концентрат и полисахаридный экстракт) с использованием распылительной сушки представляют собой новые порошкообразные продукты. Оценка их технологических свойств позволит разработать рекомендации по их использованию в пищевых технологиях.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований служили: белковый концентрат, полученный из промышленного льняного жмыха, и полисахаридный экстракт, полученный из семян льна-долгунца (сорт Цезарь). Семена льна и льняной жмых были получены из структурных подразделений Федерального научного центра лубяных культур (ФНЦ ЛК).

Получение белкового концентрата заключалось в выполнении следующей последовательности технологических операций: измельчение сырья, экстракция белка, отделение белкового экстракта, осаждение (коагулирование) белка в изоэлектрической точке, отделение влажного белка, распылительная сушка целевого продукта. Процесс экстракции белка из льняного жмыха проводился при следующих условиях: гидромодуль – 20; Т – 40–45°C; продолжительность – 2 ч; экстрагент – 0,5–0,8М раствор NaCl; pH 8,5–9,0. Экстракцию повторяли дважды. Для повторной экстракции использовали гидромодуль 10, а продолжительность экстракции – 1 ч.



Рисунок 1. Информационно-измерительная система на базе прибора «Структурометр СТ-2»

Получение полисахаридного экстракта: экстракцию полисахаридов из цельных семян льна проводили в дистиллированной воде при температуре 45–50°C, при постоянном перемешивании в течение 2 ч, гидромодуле 15. После отделения полисахаридного экстракта от сырья его концентрировали с помощью роторного испарителя до 1/3 объема, далее подвергали распылительной сушке.

Содержание белка в объектах исследования определяли методом Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 13496.4⁸; жира – по ГОСТ 15113.9–77⁹; влаги – по ГОСТ 15113.4–77¹⁰; зольность – по ГОСТ 15113.8–77¹¹, pH по ГОСТ Р 53877¹².

Суммарное содержание полисахаридов определяли по методике, основанной на количественном определении водорастворимых полисахаридов методом гравиметрии при экстракции суммы полисахаридов из сырья водой с последующим осаждением их этиловым спиртом (96%) (Pavlov, Paynel, Rihoney, Porokhovina, Bruteh, Morvan, 2014, p. 348–361).

Определение функционально-технологических свойств порошкообразных продуктов из льняного сырья проводили по методикам, описанным в источнике (Гурова, Попело, Сучков, Ковалев, Марташов, 2001, с. 30–321).

Технологические свойства разработанных ингредиентов: цветовые характеристики, насыпная плотность, показатели прессования были опре-

⁸ ГОСТ 13496.4–93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ, 2011. 17 с.

⁹ ГОСТ 15113.9–77. Концентраты пищевые. Методы определения жира (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). М.: Стандартинформ, 2002. 9 с.

¹⁰ ГОСТ 15113.4–77. Концентраты пищевые. Методы определения влаги (с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2002. 3 с.

¹¹ ГОСТ 15113.8–77. Концентраты пищевые. Методы определения золы (с Изменениями N 1, 2). М.: Стандартинформ, 2002. 3 с.

¹² ГОСТ Р 53877–2010. МЕД. Метод определения водородного показателя и свободной кислотности. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

делены в ФГАНУ НИИХП под руководством Черных В. Я. Цветовые характеристики определяли на приборе «CR-410» (Konica Minolta – Япония). Насыпную плотность порошков определяли с помощью прибора Волюмометра Скотта «PT-SV100».

Характеристики прессования порошков определяли по методике (Черных, Евтушенко, Крашенинникова, Мартиросян, Годунов, 2018, с. 51–55). Для определения показателей прессования были использованы «PT-SV100» и текстурометр «Структурометр СТ-2». Первый прибор использовался как устройство для подготовки пробы. После того как была установлена насыпная плотность порошка, кювета от «PT-SV100» с анализируемым порошком устанавливалась на столик прибора-текстурометра «Структурометр СТ-2» (Рисунок 1) и сжималась с помощью индентора «Диск Ø30», диаметр которого соответствовал диаметру кюветы – 30мм.

Результаты и обсуждение

Распылительная сушка широко используется при получении мелкодисперсных порошков молочных, овощных, фруктово-ягодных, яичных продуктов и пищевых добавок из растительного сырья (Черных, Евтушенко, Крашенинникова, Мартиросян, Годунов, 2018, с. 51–55; Бурыкин, Разгуляев, 2005, с. 49–52; Михалева, Попов, 2012, с. 161–163)¹⁵. Пищевые добавки в виде мелкодисперсных порошков хорошо гомогенизируются с рецептурными компонентами, технологически

удобны при дозировке, могут храниться в герметичной упаковке длительное время.

По разработанной в ФНЦ ЛК технологии из льняного сырья были получены опытные образцы белкового концентрата и полисахаридного экстракта в виде мелкодисперсных порошков. Характеристики этих продуктов представлены в Таблице 1.

Растворы опытных образцов ингредиентов соответствуют нейтральной pH поэтому при введении в пищевые системы не должны изменять их органолептические показатели.

Большое значение для пищевых компонентов имеет водоудерживающая способность (ВУС), от которой зависит консистенция, влажность и выход готовой продукции. Как следует из Таблицы 1, большим значением этого показателя характеризуется полисахаридный экстракт, который относится к пищевым добавкам типа гидроколлоидов, и может использоваться в качестве водоудерживающего агента.

Важной характеристикой сырья при производстве жиросодержащих пищевых продуктов, является способность связывать и прочно удерживать жир. Опытные образцы характеризуются высокой жиरोудерживающей способностью (ЖУС).

По уровню показателей функционально-технологических свойств, представленных в Таблице 1, опытные образцы не уступают аналогичным показателям соевых белковых концентратов промышлен-

Таблица 1

Характеристика белкового концентрата и полисахаридного экстракта из льняного сырья

Показатель	Полисахаридный экстракт	Белковый концентрат
Физико-химические свойства		
Содержание белка, %	5,0	58,0
Содержание жира, %	1,8	5,0
Содержание полисахаридов, %	89,0	25,5
Содержание влаги, %	3,0	3,0
Зольность, %	1,2	3,5
pH 1% водного раствора	6,0	6,0
Функциональные свойства		
Водоудерживающая способность (ВУС), г/г	25,6	4,5
Жиरोудерживающая способность (ЖУС), г/10г продукта	8,0	8,5
Эмульгирующая способность, %	80	75

¹⁵ Донченко Л.В., Сокол Н.В., Красносельова Е.А. Пищевая химия. Гидроколлоиды: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018. 180 с.

ленного производства (Китай). Так, значения ВУС для разных марок соевых белковых концентратов составляли 4,5–5,0 г/г, ЖУС – 7,5 г/10г продукта (Кроха, Геворкян, 2006, с. 22–23; Доморощенко, Демьяненко, Камышева, Спецакова, Стойкова, Кузнецова, 2007, с. 24–28).

Таким образом, по комплексу функционально-технологических свойств полученные ингредиенты в виде мелкодисперсных порошков могут представлять интерес для ряда пищевых технологий.

При производстве пищевых продуктов большое внимание уделяется оценке цветовых характеристик используемых пищевых порошков, которые в настоящее время могут быть установлены с помощью современных приборов, например, «CR-410» (Konica Minolta – Япония). Цветовое пространство измеряемых характеристик указанного прибора в соответствии со стандартом L:a:b представлено на Рисунке 2.

Цветовые характеристики опытных образцов представлены в Таблице 2. Полученные образцы характеризовались цветовой гаммой от светло-бежевого до бежевого цвета.

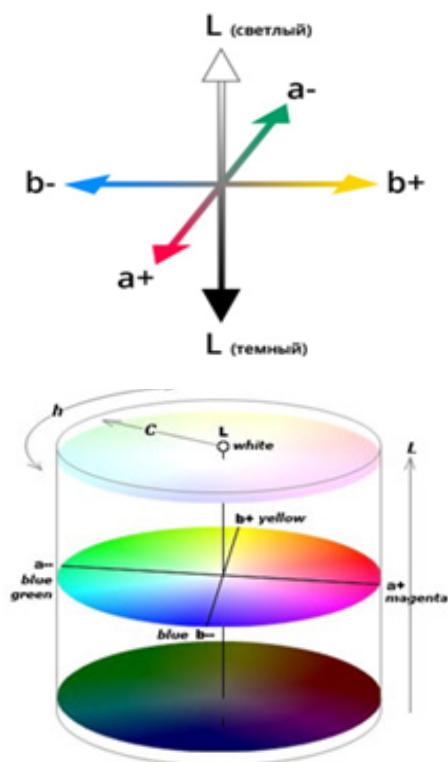


Рисунок 2. Цветовое пространство при определении цветовых характеристик пищевых продуктов в соответствии со стандартом L:a:b – при использовании прибора «CR-410» (Konica Minolta – Япония)

Таблица 2
Цветовые характеристики порошков из льняного сырья

Наименование порошков	Цветовые характеристики CR-410 (L:a:b)		
	L	a	b
Белковый концентрат	93,56	- 0,80	14,45
Полисахаридный экстракт	76,69	2,86	13,00

Реологические характеристики растительных порошков контролируются по показателям прессования. Кривые прессования исследованных материалов показаны на Рисунке 3.

Прессование порошкообразного материала в матрице сопровождается уменьшением его объема и, следовательно, увеличением объемной массы и плотности. Одним из показателей уплотняемости материала является степень уплотнения β .

Величина β определяется как отношение плотности порошка в матрице к насыпной плотности:

$$\beta = \rho_{\text{макс}} / \rho_{\text{нач}}$$

Вторым показателем уплотняемости материала является его относительное уплотнение ϵ (относительное уменьшение его высоты в матрице). Перечисленные показатели β и ϵ связаны между собой следующим соотношением

$$\beta = 1 / (1 - \epsilon).$$

Значения β и ϵ при сжимающей нагрузке 5 кг совместно с начальной насыпной плотностью, а также результаты обработки диаграмм сжатия в соответствии с линейной моделью $H(F) = A_0 + A_1 \cdot F$ приведены в Таблице 3.

Показатели прессования: K_0 (коэффициент сжатия прессования) и α (коэффициент потери сжимаемости) рассчитывали с использованием известного в практике реологических исследований уравнения Н.Ф. Кунина и Б.Д. Юрченко:

$$\rho = \rho_{\text{пр}} - (K_0/\alpha) \cdot \exp(-\alpha \cdot p)$$

где: $\rho_{\text{пр}}$ – условная предельная плотность; K_0 – коэффициент прессования; α – коэффициент потери сжимаемости; p – давление прессования, Па.

Показатели кривой прессования K_0 и α для исследованных порошков приведены в Таблице 4.

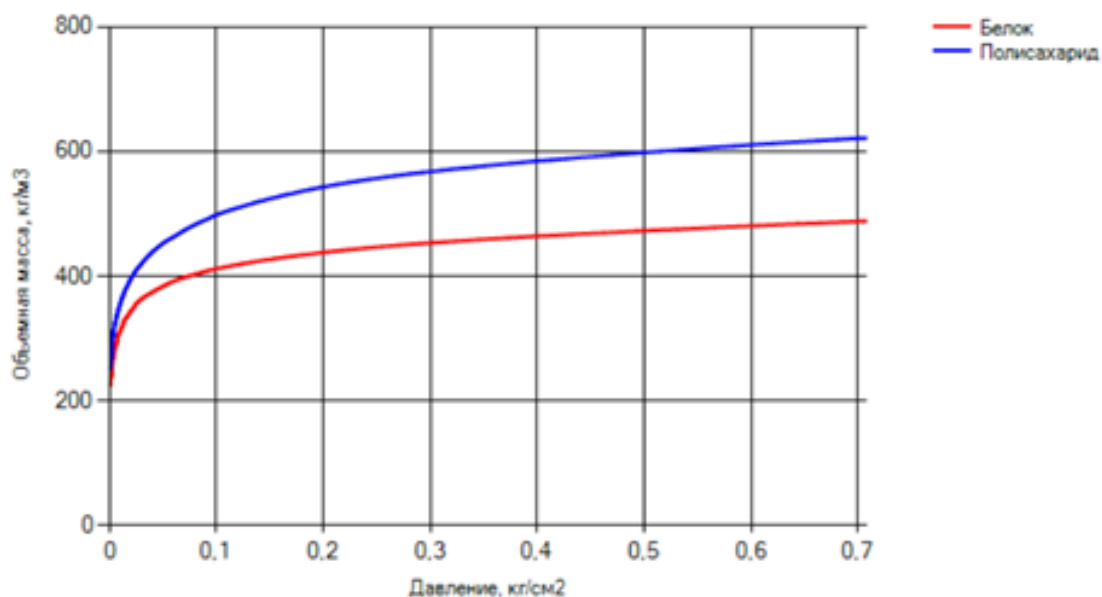


Рисунок 3. Кривые прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Таблица 3

Показатели диаграммы сжатия порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Наименование показателя	Белковый концентрат	Полисахаридный экстракт
Начальная плотность, ρ нач, кг/м ³	225	251
Максимальная плотность, ρ макс, кг/м ³	488	621
Условная предельная плотность ρ пред, кг/м ³	585	745
Степень уплотнения β	2,713	2,475
Относительное уплотнение ϵ	0,540	0,596
Коэффициенты линейной модели:		
A_0 , мм	17,04	18,87
A_1 , мм/г	0,000435	0,000407

Таблица 4

Показатели кривых прессования и насыпная плотность порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученных из льняного сырья

Пищевые растительные порошки	Условная предельная плотность ρ пред, кг/м ³	Коэффициенты		Насыпная плотность, P , кг/м ³
		K_0	α	
Белковый концентрат	565	123	0,751	225
Полисахаридный экстракт	745	207	0,897	251

Полученные результаты свидетельствуют о существенном различии, как коэффициентов прессования, так и коэффициентов потери сжимаемости, которые могут использоваться для классифика-

ции полученных белковых и полисахаридных порошков по их предрасположенности к образованию конгломератов и формированию структуры, с учетом технологических факторов производства

пищевых продуктов с использованием разработанных пищевых порошков из льняного сырья.

Выводы

В результате проведенных исследований было показано, что порошки белкового концентрата и полисахаридного экстракта, полученные соответственно из льняного жмыха и семян льна-долгунца сорта Цезарь путем экстракции с последующей распылительной сушкой обладают высокими функциональными свойствами, в частности водоудерживающей, жиродерживающей и эмульгирующей способностями, превышающие аналогичные показатели промышленных соевых белковых концентратов.

Были определены цветовые характеристики исследуемых образцов, которые соответствовали цветовой гамме от светло-бежевого до бежевого.

Белковый концентрат и полисахаридный экстракт имели насыпную плотность (кг/м³) 225 и 251, соответственно.

Были оценены характеристики прессования порошков белкового концентрата и полисахаридного экстракта, в том числе коэффициенты прессования КО имели значения 123 и 207, соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о предрасположенности исследуемых ингредиентов к образованию агломератов и формированию структуры в зависимости от параметров технологических процессов производства пищевых продуктов и могут быть использованы в качестве водо- и жиродерживающих агентов, эмульгаторов в пищевых технологиях.

Литература

- Бурыкин А.И., Разгуляев А.В. О снижении потерь сухого молока при распылительной сушке // *Молочная промышленность*. 2005. № 9. С. 49–52.
- Гурова Н.В., Попело И.А., Сучков В.В., Ковалев А.И., Марташов Д.П. Методы определения функциональных свойств соевых белковых препаратов // *Мясная индустрия*. 2001. № 9. С. 30–32.
- Доморошенко М.Л. Производство пищевых растительных белков как перспективное направление переработки маслосемян // *Олійно-жировий комплекс*. 2004. № 4(7). С. 94–96.
- Доморошенко М.Л., Демьяненко Т.Ф., Камышева И.М., Спецакова И.Д., Стойкова В.Я., Кузнецова О.И. Исследование функционально-технологических свойств изолятов соевых белков // *Масложировая промышленность*. 2007. № 4. С. 24–28.
- Кроха Н.Г., Геворкян Г.Р. Сравнение функциональных свойств белковых соевых препаратов // *Масложировая промышленность*. 2006. № 6. С. 22–23.
- Миневич И.Э., Осипова Л.Л. Гидроколлоиды семян льна: характеристика и перспективы использования в пищевых технологиях // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2017. № 3. С. 16–25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Михалева Т.В., Попов В.П. Анализ процесса массообмена при распылительной сушке пищевых продуктов в переменном потоке // *Оренбург: Вестник ОГУ*. 2012. № 10(146). С. 161–163.
- Пороховинова Е.А., Павлов А.В., Брач Н.Б., Морван К. Углеводный состав слизи из семян льна и его связь с морфологическими признаками // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т.52, № 1. С. 161–171. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.161rus>
- Семенова П. Российский рынок пищевых ингредиентов: внешнеторговый баланс по итогам 2018 года // *Бизнес пищевых ингредиентов*. 2020. № 2. URL: <http://www.bfi-online.ru/aviews/index.html?msg=7842&kk=> (дата обращения: 10.08.2020).
- Тарасова Р.Н., Ожимкова Е.В., Ущуповский И.В. Исследование пребиотических свойств гетерополисахаридов льна культурного на бактериях *lactobacillus acidophilus* // *Вестник ТГТУ*. 2018. № 33. С. 61–63. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/151241252.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).
- Хишова О.М. Таблетирование лекарственного сырья. Витебск, 2005. С. 57–63.
- Цыганова Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Перспективы глубокой переработки семян льна // *Хлебопечение России*. 2016. № 4. С. 12–15.
- Цыганова Т.Б., Миневич И.Э., Зубцов В.А., Осипова Л.Л. Пищевая ценность семян льна и перспективные направления их переработки: монография. Калуга: Издательство Эйдос, 2010. 124 с.
- Черных В.Я., Евтушенко А.М., Крашенинникова И.Г., Мартиросян В.В., Годунов О.А. Определение физико-химических характеристик растительных порошков // *Пищевая промышленность*. 2018. № 1. С. 51–55.
- Amin T., Thakur M. *Linum Usitatissimum L.* (Flaxseed) – a multifarious functional food // *Online International Interdisciplinary Research Journal*. 2014. Vol. 4, issue 1. P. 220–238. URL: https://www.academia.edu/12894423/Linum_usitatissimum_L

- Flaxseed_A_Multifarious_Functional_Food (дата обращения: 11.08.2020).
- Barbary O.M., Al-Sohaimy S.A., El-Saadani M.A. Extraction, composition and physicochemical properties of flaxseed mucilage // Journal of the Advances in Agricultural Researches. 2009. Vol. 14, issue 3. P. 605–621.
- Englyst K.N., Liu S., Englyst H.N. Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates // European Journal of Clinical Nutrition. 2007. Vol. 61, suppl 1. P. 19–39. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602937>
- Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive components of flaxseed and its health benefits // International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. 2015. Vol. 31, no. 1. P. 42–51. URL: <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v31-1/09.pdf> (дата обращения: 11.08.2020).
- Hao M., Beta T. Development of chinese steamed bread enriched in bioactive compounds from barley hull and flaxseed hull extracts // Food Chemistry. 2012. Vol. 133, issue 4. P. 1320–1325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Kaewmanee T., Bagnasco L., Benjakul S., Lanteri S. Morelli C. F., Speranza G., Cosulich, M.E. Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax // Food Chemistry. 2014. Vol. 148. P. 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.022>
- Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a potential functional food Source // Journal of Food Science and Technology. 2015. Vol. 52, issue 4. P. 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, characterization and functional properties of flax seed protein isolate // Food Chemistry. 2016. Vol. 197, part A. P. 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>
- Kishk Y.E.M. Optimization of isolation flaxseed mucilage from methanolic extract and its functional characteristics// Journal of Food and Dairy Science. 2013. Vol. 4, issue 10. P. 539–556. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2013.72097>
- Kishk Y.M.K., Elsheshetawy H.E., Mahmoud E.A. Influence of isolated flaxseed mucilage as a non-starch polysaccharide on noodle quality // International Journal of Food Science and Technology. 2011. Vol. 46, issue 3. P. 661–668. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02547.x>
- Maramde P.W., Shond P.J., Wanasundara J.P.D. An in-vitro investigation of selected biological activities of hydrolysed flaxseed (*Linum Usitatissimum L.*) protein // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2008. Vol. 85, issue 12. P. 1155–1164. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1293-z>
- Oomah B.D., Mazza G. Optimization of a spray drying process for flaxseed gum // International Journal of Food Science and Technology. 2001. Vol. 36, issue 2. P.135–143. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00442.x>
- Pavlov A., Paynel F., Rihoney C., Porokhovina E., Bruteh N., Morvan C. Variability of seed traits and propeties of soluble mucilages in lines of the flax genetic collection of Vavilov institute // Plant Physiology and Biochemistry. 2014. Vol. 80. P. 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.020>
- Singer F.A.W., Taha F.S., Mohamed S.S., Gibriel A., El-Nawawy M. Preparation of mucilage/protein products from flaxseed // American Journal of Food Technology. 2011. Vol. 6, issue 4. P. 260–278. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.260.278>
- Sun J., Li X., Xu X., Zhou G. Influence of various levels of flaxseed gum addition on the water-holding capacities of heat-induced porcine myofibrillar protein // Journal of Food Science. 2011. Vol. 76, issue 3. P. 472–478. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02094.x>
- Wang Y., Li D., Wang L.J., Li S.J., Adhikari B. Effects of drying methods on functional properties of flaxseed gum powders // Carbohydrate Polymers. 2010. Vol. 81, issue 1. P. 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.02.005>
- Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois, J. Structural investigations of the neutral polysaccharide of *Linum Usitatissimum L.* seeds mucilage // International Journal of Biological Macromolecules. 2005. Vol. 35, issue 3–4. P. 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.12.006>

Characteristics of Powders Produced From Flaxed Raw Materials Using the Spray Drying Method

Irina E. Minevich

*The Federal State Budget Research Institution
Federal Research Center for Bust Fiber Crops (CBFC)
17/56, Komsomol'skij pr., Tver', 170041, Russian Federation,
E-mail: irina_minevich@mail.ru*

Tatyana B. Tsyganova

*Moscow state University of food production
11, Volokolamsk highway, Moscow, 120080, Russian Federation,
E-mail: ztatianaz@yandex.ru*

Valery Ya. Chernykh

*The Federal State Autonomous Scientific Institution
"Research Institute of the baking industry» (NIIHP)
26A B, Cherkizovskaya st., Moscow, 107553, Russian Federation,
E-mail: v.chernykh@gosniihp.ru*

Currently, the production of basic types of food, both traditional and functional, for children, diet, specialized, sports nutrition is impossible without the using of technological and functional ingredients. Among the wide range of ingredients, the production of protein products and dietary fiber are the priority areas for attracting investments aimed at the growth points of the food industry in the field of ingredients. The source of protein and dietary fiber are flax seeds. The ratio of amino acids of various nature in the protein complex of flax seeds ensures its biological activity. Flaxseed proteins can serve as protein fortifiers for food. The dietary fiber of flax seeds is represented by non-starch polysaccharides concentrated in their mucus cells. By functional properties, they relate to food additives such as hydrocolloids. The study was carried out to determine the characteristics of powders made from flaxseed using spray drying. The objects of research were protein concentrate and polysaccharide extract. It was found that powders of protein concentrate and polysaccharide extract possessed high functional properties, in particular, water-holding, fat-holding and emulsifying abilities, exceeding those of industrial soy protein concentrates. The color characteristics of the studied samples corresponded to the color range from light beige to beige. The protein concentrate and polysaccharide extract had a bulk density (kg / m³) of 225 and 251, respectively. The compression characteristics of protein concentrate powders and polysaccharide extract obtained from flaxseed were evaluated. The data obtained indicate the predisposition of the investigated ingredients to the formation of agglomerates and the formation of a structure depending on the parameters of the technological processes of food production and can be used as water and fat-retaining agents, emulsifiers in food technology.

Keywords: processing of plant materials, oilseeds, flaxseed cake, extraction, proteins, polysaccharides, spray drying, vegetable powders

Reference

- Burykin A.I., Razgulyaev A.V. O snizhenii poter' suhogo moloka pri raspylitel'noj sushke [On reducing the loss of milk powder during spray drying]. *Molochnaya promyshlennost' [Dairy industry]*, 2005, no. 9, pp. 49–52.
- Chernykh V.Ya., Evtushenko A.M., Krasheninnikova I.G., Martirosyan V.V., Godunov O.A. Opredelenie fiziko-himicheskikh harakteristik rastitel'nyh poroshkov [Determination of the physical-chemical characteristics of plant powders]. *Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry]*, 2018, no. 1, pp. 51–55.
- Domoroshchenkova M.L. Proizvodstvo pishchevyh rastitel'nyh belkov kak perspektivnoe napravlenie pererabotki maslosemyan [Production of edible vegetable proteins as a promising direction of

- oilseed processing]. *Olijno-zhirovij kompleks [Oil-fat complex]*, 2004, no. 4(7), pp. 94–96.
- Domoroshchenkova M.L., Dem'yanenko T.F., Kamysheva I.M., Specakova I.D., Stojkova V.YA., Kuznecova O.I. Issledovanie funkcional'no-tekhnologicheskikh svojstv izolyatov soevykh belkov [The study of the functional and technological properties of soy protein isolates]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and fat industry]*, 2007, no. 4, pp. 24–28.
- Gurova, N.V., Popelo I.A., Suchkov V.V., Kovalev A.I., Martashov D.P. Metody opredeleniya funkcional'nykh svojstv soevykh belkovykh preparatov [Methods for determining the functional properties of soy protein preparations]. *Myasnaya industriya [Meat industry]*, 2001, no. 9, pp. 30–32.
- Kroha N.G., Gevorkyan G.R. Sravnenie funkcional'nykh svojstv belkovykh soevykh preparatov [Comparison of the functional properties of protein soya preparations]. *Maslozhirovaya promyshlennost' [Oil and fat industry]*, 2006, no. 6, pp. 22–23.
- Mihaleva T.V., Popov V.P. Analiz processa massoobmena pri raspylitel'noj sushke pishchevykh produktov v peremennom potoke [Analysis of the mass transfer process during spray drying of food in an alternating flow]. *Orenburg: Vestnik OGU [Orenburg: Vestnik OSU]*, 2012, no. 10 (146), pp. 161–163.
- Minevich I.E., Osipova L.L. Hidrokolloidy semyan l'na: karakteristika i perspektivy ispol'zovaniya v pishchevykh tekhnologiyah [Flax seed hydrocolloids of: their characteristics and prospects of use food technology]. *Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv [Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment]*, 2017, no. 3., pp.16–25. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-3-16-25>
- Porohovinova E.A., Pavlov A.V., Brach N.B., Morvan K. Uglevodnyj sostav slizi iz semyan l'na i ego svyaz' s morfologicheskimi priznakami [Carbohydrate composition of flax mucilage and its relation to morphological characters]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2017, vol. 52, no. 1, pp. 161–171. <https://doi.org/10.15389/agrobiolog.2017.1.161rus>
- Semenova P. Rossijskij rynek pishchevykh ingredientov: vneshnetorgovyj balans po itogam 2018 goda [The Russian market of food ingredients: foreign trade balance at the end of 2018]. *ZHurnal «Biznes Pishchevykh Ingredientov» [Journal “Business of Food Ingredients”]*, 2020, no. 2. URL: <http://www.bfi-online.ru/aviews/index.html?msg=7842&kk=> (accessed 10.08.2020).
- Tarasova R.N., Ozhimkova E.V., Ushchapovskij I.V. Issledovanie prebioticheskikh svojstv geteropolisaharidov l'na kul'turnogo na bakteriyah lactobacillus acidophilus [Investigation of the prebiotic properties of cultivated flax heteropolysaccharides on bacteria lactobacillus acidophilus]. *Vestnik TGTU [Vestnik TSTU]*, 2018, no. 33, pp. 61–63. <https://core.ac.uk/download/pdf/151241252.pdf>
- Tsyganova T.B., Minevich I.E., Zubcov V.A., Osipova L.L. Perspektivy glubokoj pererabotki semyan l'na [Prospects for the deep processing of flax seeds]. *Hlebopechenie Rossii [Baking in Russia]*, 2016, no. 4, pp. 12–15.
- Tsyganova T.B., Minevich, I.E., Zubcov, V.A., Osipova, L.L. Pishchevaya cennost' semyan l'na i perspektivnye napravleniya ih pererabotki. Monografiya [Nutritional value of flax seeds and promising directions for their processing. Monograph]. Kaluga: Publ. Ejdos, 2010. 124p.
- Amin T., Thakur M. Linum Usitatissimum L. (Flaxseed) – a Multifarious Functional Food. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 2014, vol. 4, issue 1, pp. 220–238. URL: https://www.academia.edu/12894423/Linum_usitatissimum_L_Flaxseed_A_Multifarious_Functional_Food (accessed 11.08.2020).
- Barbary O.M., Al-Sohaimy S.A., El-Saadani M.A. Extraction, Composition and Physicochemical Properties of Flaxseed Mucilage. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 2009, vol. 14, issue 3, pp. 605–621.
- Englyst K.N., Liu S., Englyst H.N. Nutritional Characterization and Measurement of Dietary Carbohydrates. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2007, vol. 61, suppl 1, pp. 19–39. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602937>
- Gutte K.B., Sahoo A.K., Ranveer R.C. Bioactive Components of Flaxseed and Its Health Benefits. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 2015, vol. 31, no. 1, pp. 42–51. <https://globalresearchonline.net/journalcontents/v31-1/09.pdf>
- Hao M., Beta T. Development of Chinese Steamed Bread Enriched in Bioactive Compounds from Barley Hull and Flaxseed Hull Extracts. *Food Chemistry*, 2012, vol. 133, issue 4, pp. 1320–1325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.008>
- Kaewmanee T., Bagnasco L., Benjakul S., Lanteri S. Morelli C. F., Speranza G., Cosulich, M.E. Characterisation of Mucilages Extracted from Seven Italian Cultivars of Flax. *Food Chemistry*, 2014, vol. 148, pp. 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.022>
- Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a Potential Functional Food Source. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, vol.52, issue 4, pp. 1857–1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>
- Kaushik P., Dowling K., McKnight S., Barrow C., Wang B., Adhikari B. Preparation, Characterization and

- Functional Properties of Flax Seed Protein Isolate. *Food Chemistry*, 2016. vol. 197, part A, pp. 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.106>
- Kishk Y.E.M. Optimization of Isolation Flaxseed Mucilage from Methanolic Extract and Its Functional Characteristics. *Journal of Food and Dairy Science*, 2013, vol. 4, issue 10, pp. 539–556. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2013.72097>
- Kishk Y.M.K., Elsheshetawy H.E., Mahmoud E.A. Influence of Isolated Flaxseed Mucilage as a Non-Starch Polysaccharide on Noodle Quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, vol. 46, issue 3, pp. 661–668. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02547.x>
- Maramde P.W., Shond P.J., Wanasundara J.P.D. An In-Vitro Investigation of Selected Biological Activities of Hydrolysed Flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) Protein. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2008, vol. 85, issue 12, pp. 1155–1164. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1293-z>
- Oomah B.D., Mazza G. Optimization of a Spray Drying Process for Flaxseed Gum. *International Journal of Food Science and Technology*, 2001, vol. 36, issue 2, pp. 135–143. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00442.x>
- Pavlov A., Paynel F., Rihoney C., Porokhovina E., Bruteh N., Morvan C. Variability of Seed Traits And Properties of Soluble Mucilages in Lines of the Flax Genetic Collection of Vavilov Institute. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2014, vol. 80, pp. 348–361. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.04.020>
- Singer F.A.W., Taha F.S., Mohamed S.S., Gibriel A., El-Nawawy M. Preparation of Mucilage/Protein Products from Flaxseed. *American Journal of Food Technology*, 2011, vol. 6, issue 4, pp. 260–278. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.260.278>
- Sun J., Li X., Xu X., Zhou G. Influence of Various Levels of Flaxseed Gum Addition on the Water-Holding Capacities of Heat-Induced Porcine Myofibrillar Protein. *Journal of Food Science*, 2011, vol. 76, issue 3, pp. 472–478. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02094.x>
- Wang Y., Li D., Wang L.J., Li S.J., Adhikari B. Effects of Drying Methods on Functional Properties of Flaxseed Gum Powders. *Carbohydrate Polymers*, 2010, vol. 81, issue 1, pp. 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.02.005>
- Warrand J., Michaud P., Picton L., Muller G., Courtois B., Ralainirina R., Courtois, J. Structural Investigations of the Neutral Polysaccharide of *Linum Usitatissimum* L. Seeds Mucilage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2005, vol. 35, issue 3–4, pp. 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.12.006>