

УДК 633.854.54

Научный сотрудник Е.В. Феськова,
заведующий кафедрой В.Н. Леонтьев,

(Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»
Минск, Республика Беларусь) кафедра биотехнологии и биоэкологии.
тел. +375 17 327 28 03

доцент П.Н. Саввин, доцент Е.В. Комарова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и хим. технологии органич. соединений
и переработки полимеров.
тел. 8-473-249-92-37
E-mail: kaftpp14@mail.ru

Researcher A. Feskova, head of the department V.N. Leontiev,
(Educational Institution "Belarusian State Technological University" Minsk, Belarus)
Department of biotechnology and bio-ecology.
phone +375 17 327 28 03

associate professor P.N. Savvin, associate professor E.V. Komarova
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of Chemistry and Chemical
technology of organic compounds and polymer processing.
phone. 8-473-249-92-37
E-mail: kaftpp14@mail.ru

Технологические особенности измельчения и фракционирования семян льна масличного

Technological features of milling and fractionation of flaxseeds

Реферат. Обоснованы оптимальные параметры измельчения и фракционирования семян льна масличного. Установлено, что фракция оболочек с наибольшим содержанием лигнана секоизоларицирезинола диглюкозид (SDG) получается при измельчении семян льна на роторной мельнице ударного типа непрерывного действия при частоте вращения ротора 1380–1640 мин⁻¹. Проведенные исследования показали, что при увеличении частоты вращения ротора неразрушенных семян становится меньше. Однако за счет того, что оболочки измельчаются сильнее, их становится труднее отделить от семядолей на. Для идентификации SDG и его количественного определения использовали метод ВЭЖХ-МС. Установлено, что оптимальное разделение фракций оболочек и семядолей происходит при просеве перемолотых семян последовательно на ситах с диаметром отверстий 1 мм и 0,5 мм. Предложена технология промышленного получения лигнансодержащей фракции и муки на основе переработки семян льна масличного, включающая в себя измельчение семян льна при частоте вращения ротора 1380–1640 мин⁻¹ с последующим добавлением 2 % диоксида кремния и поэтапное просеивание с использованием сит с диаметром отверстий 2 мм. Для использования фракции оболочек с высоким содержанием лигнанов в качестве сырья для биологически активной добавки к пище требовалось ее дополнительно измельчить до размеров не более 0,4 мм (технологические особенности капсулирования). Разработанная технология позволяет с максимальными выходами получать лигнансодержащую фракцию (выход 10 %) и муку льняную (выход 80 %).

Summary. The optimal parameters of milling and fractionation of flaxseeds were substantiated. It was found that the hull fraction with the highest content of lignan secoisolariciresinol diglucoside SDG was obtained when flaxseeds were grinded using a rotatory impact continuous operation mill at the rotation 1380–1640 rpm. Studies have shown that with the increasing of the rotor speed the number of unbriken seeds decreased. However, due to the fact that the shells are crushed more, they become more difficult to separate from the cotyledons. For identification and quantification of SDG the HPLC-MS method was used. It is found that the optimum separation membranes and cotyledon fraction occurs at sifting milled seeds sequentially through the sieves having meshes of 1 and 0.5 mm. The technology of industrial production of lignans-containing fraction and flour on the basis of flaxseeds processing were proposed. This technology includes milling flaxseeds at the rotation 1380–1640 rpm, with subsequent 2% silicon dioxide addition and stepwise sieving using sieves with the mesh size 2 mm. To use a fraction membranes high in lignans as raw material for biologically active additives to food it needed additional enforcement-ground to a size not more than 0.4 mm (technological features of capsulation). The developed technology allowed getting with maximum yields of lignans-containing fraction (10% yield) and flaxseed flour (80% yield).

Ключевые слова: семена льна масличного, лигнаны, секоизоларицирезинола диглюкозид (SDG), измельчение, фракционирование, лигнансодержащая фракция.

Keywords: flaxseeds, lignans, secoisolariciresinol diglucoside (SDG), milling, fractionation, lignans-containing fraction.

© Феськова Е.В., Леонтьев В.Н.,
Саввин П.Н., Комарова Е.В., 2015

Лен – поистине универсальное и, без сомнения, одно из самых ценных технических растений. В последнее время льняное семя начинает играть все большую роль в мировом производстве продуктов питания. Семена льна масличного богаты жирными кислотами, минеральными веществами (Ca, P, Cu, Fe, K, Mg, Na, Z и др.), протеинами, клейковиной, микрофибриллами, витаминами (C, B₁, B₂, B₆), токоферолами (витамин E) и полисахаридами [1].

Отличительной чертой семян льна масличного является высокое содержание лигнанов по сравнению со всеми зерновыми, бобовыми, овощами и фруктами. Лигнаны – это фенольные соединения, в частности димеры, содержащие дибензобутановую группу и относящиеся к классу фитоэстрогенов, т. е. веществ растительного происхождения, проявляющих эстрогеноподобную активность в организме человека. Среди лигнанов секоизоларицирезинола диглюкозид (SDG) (рисунок 1) является самым распространенным. SDG – один из основных предшественников лигнанов млекопитающих энтеролактона и энтеродиола, который играет важную роль в защите от гормонозависимых видов рака (рак молочной железы, рак простаты, рак щитовидной железы и т. д.), а также от ряда других заболеваний (атеросклероз, остеопороз, диабет и т. д.). Лигнаны также обладают антиаллергенными свойствами и мощным антиоксидантным действием [2].

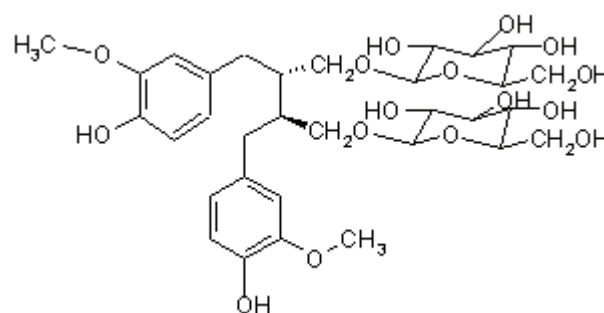


Рисунок 1. Структура секоизоларицирезинола диглюкозида

Основная масса лигнанов локализована в оболочках семян льна. Льняные оболочки являются побочным продуктом обработки семян льна, однако представляют собой потенциальный компонент здорового питания [3]. Оболочка семян льна состоит из наружного слоя, истинной оболочки, жесткой и волокнистой, не содержащей масла и белков, и внутренней мягкой оболочки, содержащей некоторое количество масла и белка (рисунок 2). Однако, т.к. истинную и внутреннюю оболочки трудно отделить друг от друга, их выделяют вместе [4].

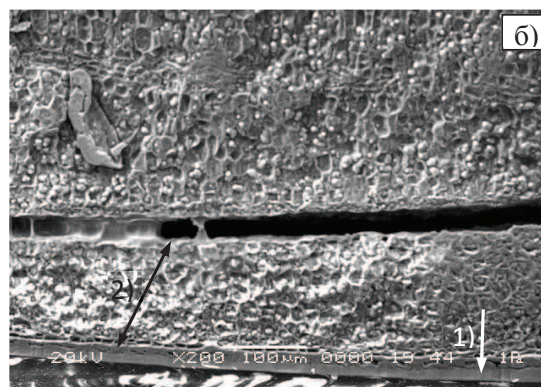


Рисунок 2. Микрофотографии продольного среза льняного семени
а) – увеличение в 100 раз; б) – увеличение в 200 раз
1) – истинная оболочка; 2) – внутренняя оболочка

Оболочки семян льна масличного крепко прикреплены к семядоле. Для получения фракций, богатых оболочками льна, разработаны различные методы, большинство из которых включают стадию обезжиривания семян, что требует использования органических растворителей. Однако оболочки, полученные с использованием органических растворителей, нежелательно употреблять в пищу.

Целью работы являлся подбор оптимальных параметров измельчения и фракциониро-

вания семян льна масличного и разработка технологии получения лигнансодержащей фракции и муки льняной.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований по измельчению семян льна масличного в роторной мельнице ударного типа (УЦМ-200) при разных частотах вращения ротора – 1250, 1500, 1750, 2000 мин⁻¹. Измельченные семена просеивали на ситах с диаметром отверстий 1 мм или последовательно через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм.

Масло в семенах льна масличного содержится в семядолях, а SDG – в оболочках, поэтому для оценки качества разделения измельченных семян на фракции (оболочек и семядолей) определяли содержание масла и SDG в сходах (фракциях, которые остаются на сите), полученных при перемалывании семян при разной частоте вращения ротора и при просеивании на ситах с различным диаметром отверстий.

Для идентификации SDG и его количественного определения использовали метод ВЭЖХ-МС при помощи хроматомасс-спектрометра (Waters, США), оснащенного диодно-матричным детектором с использованием колонки BDS HYPERSIL C₁₈ 250×4,6 мм, 5 мкм (Thermo Electron Corporation, США) и масс-детектора с электроспрей ионизацией (ESI).

Количественное определение SDG проводили по калибровочному графику, построенному по стандартным растворам коммерческого препарата SDG (ChromaDex, США). Содержание масла определяли весовым методом после его экстракции в аппарате Сокслета.

Проведенные исследования показали, что при увеличении частоты вращения ротора неразрушенных семян становится меньше. Однако за счет того, что оболочки измельчаются сильнее, их становится труднее отделить от семядолей на вышеуказанных ситах.

Установлено, что оптимальное разделение фракций оболочек и семядолей происходит при просеве перемолотых семян последовательно через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм (рисунок 3).

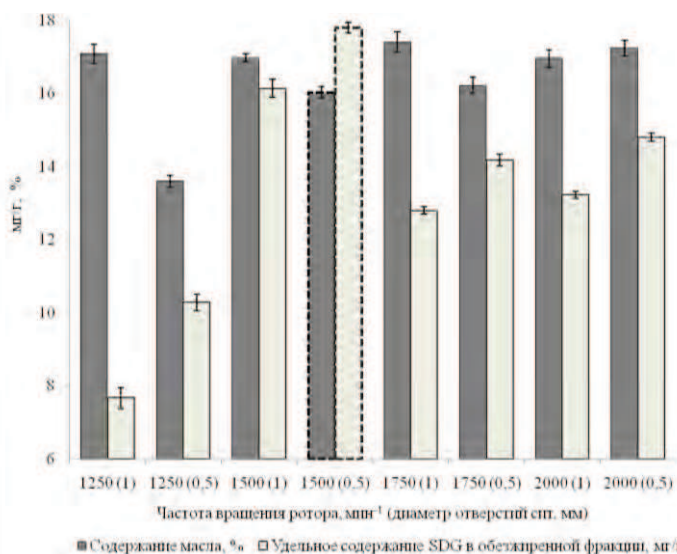


Рисунок 3. Влияние частоты вращения ротора на содержание масла и SDG
(1) – просеивание измельченных семян через сито с диаметром отверстий 1 мм;
(0,5) – последовательное просеивание измельченных семян через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм

На рисунке 4 представлена зависимость величины содержания масла и SDG в образцах, полученных при измельчении семян и при

просеве перемолотых семян последовательно через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм, от частоты вращения ротора.

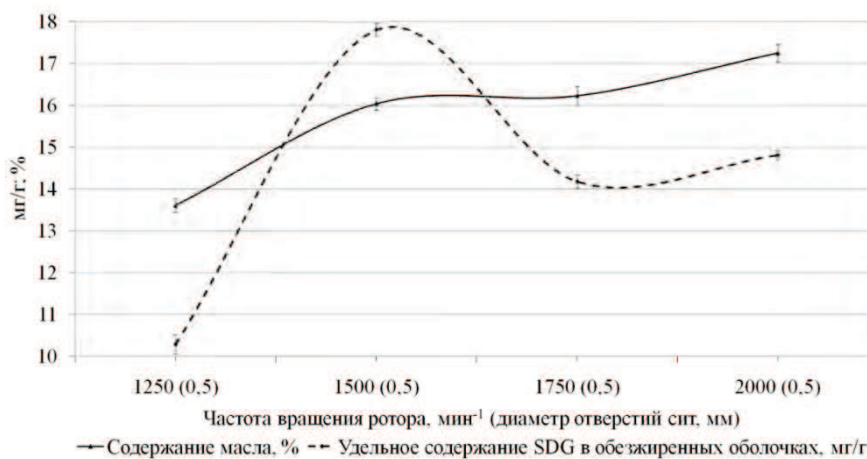


Рисунок 4. Влияние частоты вращения ротора на содержание масла и SDG при последовательном просеивании фракций через сита с диаметром отверстий 1 и 0,5 мм

Установлено, что оптимальный диапазон частоты вращения ротора составляет 1380–1640 мин⁻¹.

Были установлены параметры измельчения и фракционирования семян льна в промышленных условиях. Измельчение семян льна масличного производили на мельнице ударного непрерывного типа УЦМ-200, частота вращения ротора 1500 мин⁻¹. Измельченные семена льна просеивали через сита с диаметром отверстий 2 и 1 мм. Критерием отбора являлось содержание масла в получаемых сходах. По результатам исследований было установлено, что меньшее содержание масла наблюдалось в сходе, полученном при просеивании через сито с диаметром отверстий 2 мм (18,47±0,89% и 29,14±0,88% в сходе, полученном при просеивании через сито с диаметром отверстий 1 мм).

Из-за того, что семена льна масличного содержат большое количество масла и при просеивании происходит слипание фракций и налипание их на сита, для облегчения просеивания измельченных семян добавляли 2 % диоксида кремния.

Для использования фракции оболочек с высоким содержанием лигнанов в качестве сырья для биологически активной добавки к пище требовалось ее дополнительно измельчить до размеров не более 0,4 мм (технологические особенности капсулирования). Так как оболочка льняного семени очень эластичная для ее дополнительного измельчения использовали молотковую мельницу с пятью молотками. После дополнительного измельчения на молотковой мельнице схода, полученном при просеивании через сито с диаметром отверстий 2 мм, его просеивали через сита с диаметрами отверстий 0,4 и 0,28 мм. В результате просеивания было установлено, что использование сит с диаметром отверстий 0,4 мм наиболее пригодно для просеивания, так как дальнейшее уменьшение диаметра отверстий сита (0,28 мм) приводило к слипанию частиц и уменьшению выхода фракции оболочек.

Нами предложена технология промышленного получения фракции оболочек с высоким содержанием лигнанов (лигнансодержащей фракции) и муки на основе переработки се-

мян льна масличного (рисунок 5). Предлагаемая к внедрению технология не предполагает использование органических растворителей.

Разработанная технология позволяет с максимальными выходами получать целевые продукты: лигнансодержащую фракцию (выход 10%) и муку льняную (выход 80%).



Рисунок 5. Технология получения лигнансодержащей фракции и муки льняной

Таким образом, определенные в эксперименте параметры переработки семян льна легли в основу технологии получения лигнансодержащей фракции по ТУ ВУ 100354659.088-2010 «Фракция оболочек семян льна масличного», которую использовали для производства на УП «Минскинтеркапс» биологически активной добавки к пище «Лигнокапс» по ТУ ВУ 100348119.052-2014 «Добавка биологически активная к пище "Лигнокапс"», и муки льняной по ТУ ВУ 100354659.099-2012 «Мука льняная».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed – a potential food source // J. Food Sci. Technol. 2015. V. 52. № 4. P. 1857–1871.
- 2 Chen J., Liu X., Shi Y.-P. Determination of the Lignan Secoisolaricresinol Diglucoside from Flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) by HPLC // Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies. 2007. V. 30. P. 533–544.

- 3 Oomah B.D., Sitter L. Characteristics of flaxseed hull oil // Food Chemistry. 2009. V. 114. № 2. P. 623–628.

- 4 Mridula D., Barnwal P., Singh K.K. Dehulling characteristics of selected flaxseed varieties // Food Bioprocess Technol. 2013. V. 6. P. 3284–3289.

REFERENCES

1 Kajla P., Sharma A., Sood D.R. Flaxseed –a potential food source. J. Food Sci. Technol, 2015, vol. 52, no. 4, pp. 1857-1871.

2 Chen J., Liu X., Shi Y.-P. Determination of the Lignan Secoisolariciresinol Diglucoside from Flaxseed (*Linum Usitatissimum* L.) by HPLC.

Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies, 2007, vol. 30, pp. 533–544.

3 Oomah B.D., Sitter L. Characteristics of flaxseed hull oil. Food Chemistry, 2009, vol. 114, no. 2, pp. 623–628.

4 Mridula D., Barnwal P., Singh K.K. De-hulling characteristics of selected flaxseed varieties. Food Bioprocess Technol., 2013, vol. 6, pp. 3284–3289.