

¹С.В.Зверев; ²В.А.Зубцов, д.м.н., профессор, академик РАЕН; ³Д.П. Ефремов

¹ВНИИЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ Пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Российская Федерация

²ФГБНУ «ФНЦ Лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

³Алтайская сельскохозяйственная корпорация, г. Барнаул, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СПОСОБА ОБРУШЕНИЯ СЕМЯН ЛЬНА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: Льняное семя — источник ценных пищевых продуктов и нутриентов. Таковыми, кроме масла, являются белок и лигнан. Однако содержание этих компонентов неравномерно распределено по анатомическим частям семени. Для их эффективного извлечения желательна анатомическая части семян разделить. Например, для получения высокобелкового продукта с минимальным содержанием пищевых волокон, а так же сырья (для выделения лигнана) в виде оболочек, необходимо оболочки отделить от семядолей и эндосперма (обрушить). Технологический процесс обрушения семян включает традиционные для зернопереработки операции сушки, дробления, ситового и пневмосепарирования. Для дробления семян использовался центробежный шелушитель (дробилка). Далее применялись операции отсева на ситах и пневмосепарирование. В результате получено три фракции одна в виде дробленого ядра с повышенным содержанием белка (27 %) и масла (33 %), вторая в виде оболочек (с содержанием клетчатки до 32 %), третья в виде смеси мелких частиц оболочки и ядра.

Ключевые слова: льняное семя, обрушение, дробление, ситовое и пневмосепарирование

¹S.M. Zverev, ²V.A. Zubcov, ³D.P. Efremov

¹VNII of grain and products of its processing—branch FGBNU «FNC Food systems. V.m. Gorbatova «RUSSIAN ACADEMY of SCIENCES, Moscow, Russian Federation

²FGBNU «FNC bast crops», Tver, Russian Federation

³AFK, Barnaul, Russian Federation

THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF HOW THE COLLAPSE OF FLAX SEED AND ITS TEMPERING

Abstract. Linseed is a source of valuable food and nutrients. As such, in addition to oil, are protein and lignans. However, the content of these components is unevenly distributed over the anatomical parts of the seed. For their effective extraction, it is desirable to separate the anatomical parts of the seeds. For example, to obtain a high-protein product with a minimum content of dietary fibers, as well as raw materials (for the isolation of Lignan) in the form of shells, it is necessary to separate the shells from the cotyledons and endosperm (collapse). The technological process of seed collapse includes traditional grain processing operations of drying, crushing, sieve and pneumatic separation. For crushing of seeds were used centrifugal de-hulling machine (crusher). Next was applied the operation of sieving in sieves and pneumoseparation. The result is three fractions, one in the form of crushed kernels with an increased protein content (27 %) and oil (33 %), the shells (with a fiber content up to 32 %), the third in the form of a mixture of small particles of shell and kernel.

Keywords: flax seed, collapse, fragmentation, situlae and pneumoseparation

Введение. Использование льносемян и продуктов их переработки на пищевые цели позволяет получить очень существенный дополнительный народнохозяйственный эффект, связанный с обогащением рационов питания населения высококачественным растительным белком который при высокой пищевой ценности в несколько раз дешевле белка, потребляемого из продуктов животного происхождения [1].

Семена льна состоит из оболочки, эндосперма и семядоля. В льняном семени в среднем содержится около 35 % жира, 23 % белка, 22 % безазотистых экстрактивных веществ, 9 % клетчатки, 3 % золы и 8 % воды. Однако, эти цифры существенно зависят от сорта семян и условий возделывания. При этом, основная доля белка и масла сосредоточена в эндосперме и семядолях, а клетчатки — в оболочках, как это видно из табл. 1.

Таблица 1. Химический состав анатомических частей сменя льна, %

Анатомические части	Доля	Протеин (N*6,25)	Липиды	Зола	Углеводы (кроме целлюлозы)	Целлюлоза	Влажность
Семя в целом	100	21,42	48,40	4,06	26,12	4,47	4,32
Ядро	69,07	19,10	39,15	4,36	17,39	1,29	4,18
Эндосперм	13,92	32,20	40,36	2,56	24,89	5,26	5,29
Семенная оболочка	17,01	1,18	8,19	3,29	80,34	17,93	11,36

Кроме масла, семя льна является источником лигнана (сосредоточен в оболочках), а эндосперм и семядоли — высококачественного белка. Однако извлечение этих компонентов связано с определенными трудностями.

Для повышения эффективности извлечения биоактивных веществ из семени, представляется целесообразным в качестве сырья использовать именно те анатомические части, где эти нутриенты в основном сосредоточены. С этой целью эти анатомические части необходимо выделить. Однако, из-за морфологических особенностей многие масличные семена, такие как рапс, лен и т.д. с трудом поддаются обрушиванию и разделению, что заметно снижает качество получаемых масел и белка.

Селективная дезинтеграция — традиционный способ получения из растительного сырья полуфабрикатов. Этот метод включает операции измельчения, в результате чего получается полидисперсный сыпучий материал, и фракционирование по тем или иным физико-технологическим свойствам (размер частиц, скорость витания, цвет и т.п.). Комплексная переработка отходов масличного сырья в настоящее время признана входящей в критические технологии и требующие инновационного развития. Ранее проведенные эксперименты показали высокую эффективность использования для обрушения зерна белого люпина центробежного шелушителя (дробилки) [2].

Объект и методы исследования. Объектом исследования служили нативные семена масличного льна сорта Северный (Барнаул, ООО «АгроЛён»).

Измельчение семян льна проводили на лабораторном центробежном шелушителе с регулируемой частотой вращения рабочего диска.

Для отсева дробленки использовались сита лабораторные для анализа зерновых культур (ГОСТ Р 51568-99. ИСО 3310-1-90. Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия). Для обозначения в тексте используется значек #.

Пневмосепарирование проводилось на лабораторной установке фирмы «Buhler» с регулируемой скоростью потока воздуха в пневмоканале.

Для взвешивания продуктов шелушения использовались лабораторные весы с точностью до 0,01 г.

Влажность определялась по ГОСТ 10856-96 (Семена масличные. Метод определения влажности), содержание жира — по ГОСТ 10857-64 (Семена масличные. Методы определения масличности), белка — на анализаторе белка по Кьельдалю, сырой клетчатки — по ГОСТ 13496.2-91 (Метод определения сырой клетчатки), полисахаридов — по методике количественного определения суммарного содержания полисахаридов в семенах льна [3].

Технологическая схема процесса обрушения семени льна представлена на рис. 1.

Ранее при обрушении семян льна влажностью 3 % на центробежном шелушителе при скорости удара 41 м/с и отсева на 7 фракции (отсев на 4 ситах) были получены следующие результаты [4]:

1. Суммарный выход приемлемого белкового продукта в виде осадка после пневмосепарирования составляет более 55 %. Содержание в нем белка 21,6 %, клетчатки 23 %, жира 36,0 %.

2. Суммарный продукт в виде оболочек содержит белка 15 %, клетчатки 58,0 %, жира 9,0 %.

Однако, такая схема требует, как минимум, четырех пневмосепараторов, что существенно увеличивает капитальные затраты при организации производства. Поэтому был апробирован простейший трехфракционный вариант.

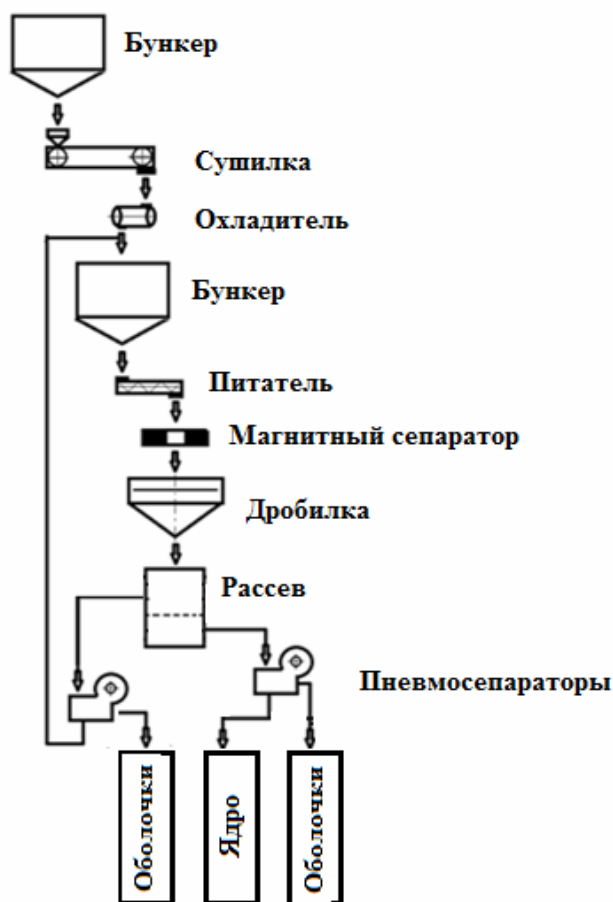


Рис. 1. Технологическая схема экспериментального обрушения семян льна

Обрушение проводилось по следующей схеме:

1. Нефракционированные семена (влажность 3,5 %) измельчались на центробежной дробилке при скорости периферии диска 41 м/с.
 2. Дробленка рассеивалась на две фракции сход-проход на сите #1,6.
 3. Дробление проводилось один раз (без подачи схода с сита #1,6 на доизмельчение).
 4. Проход сита #1,6 подвергали пневмосепарированию.
- Режимы и полученные результаты (ошибка $\pm 10\%$) представлены в табл. 2.

Таблица 2. Режимы и полученные результаты обрушения семян льна

Сито #*, мм	V, м/с	Осадок, %	Относ, %
Сход #1,6	4,8	3,2	9,6
Проход сита #1,6	4,2	50,8	37,4

***сита лабораторные из металлической проволочной сетки**

На рис. 2 даны фотографии продуктов дробления после пневмосепарирования.

Обсуждение результатов и выводы. Из рис. 2 видно, что осадок, хотя и засорен частично мелко фракцией оболочки, явно содержит большее количество дробленого ядра, чем отходы.

Ниже приведен биохимический состав продуктов обрушения:

- ♦ отходы крупной фракции — белок — 21,69 % (общий азот 3,47 %), клетчатка — 32 %, жиры — 18 %.
 - ♦ отходы мелкой фракции — белок — 20,34 % (общий азот 3,25 %), клетчатка — 12 %, жиры — 12 %.
 - ♦ осадок (ядро) — белок — 27,34 % (общий азот 4,37 %), клетчатка — 3 %, жиры — 32,8 %.
- Содержание полисахаридов в оболочках (суммарные отходы двух фракций) — 47 %.

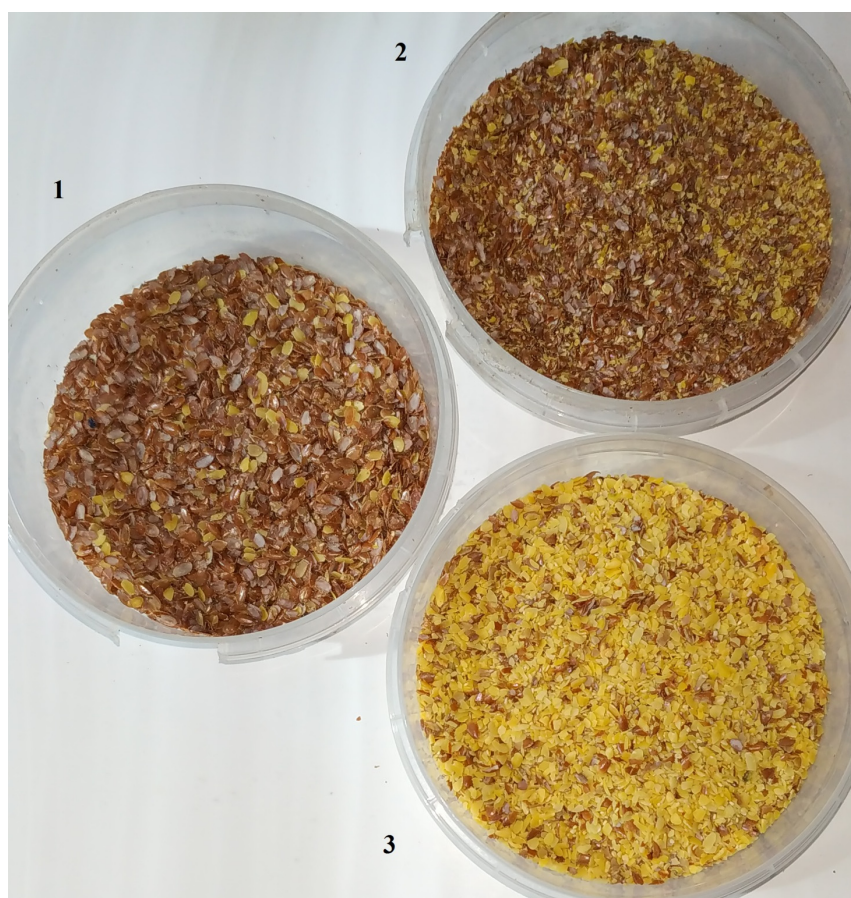


Рис. 2. Продукты обрушения семян льна проход сита #1,6 и скорость воздуха при пневмосепарировании $V = 4,2$ м/с: 1 — отходы крупной фракции; 2 — отходы мелкой фракции; 3 — осадок

Таким образом, предлагаемый вариант технологической схемы обрушения нативных семян льна в принципе позволяет, в большей или меньшей степени, выделить из них компоненту в виде ядра (с повышенным содержанием белка и масла) и оболочки (с повышенным содержанием лигнанов и пищевых волокон). После отжима масла из фракции ядра содержание белка в жмыхе возрастает и он может быть использован в качестве высокобелковой добавки как в пищевой промышленности, так и в кормопроизводстве. Однако экономическая целесообразность такого разделения подлежит оценке в каждом конкретном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубцов, В.А. Инновационные технологии переработки семян льна. Часть 2/ В.А. Зубцов [и др.]. — Тверь: Твер. Гос. Ун-т, 2014. — 160 с.
2. Зверев, С.В. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна / С.В. Зверев, А.Э. Ставцев, А.С. Цыгуткин. — М. : ООО «Сам Полиграфист». — 2019. — 128 с.
3. Зубцов, В.А. Эффективность дезинтеграции семян льна на центробежном шелушителе / В.А. Зубцов, С.В. Зверев, Ю.Ф. Росляков, В.В. Гончар // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2019. — № 1 (367). — С. 89–92.
4. Оленников, Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полисахаридов в семенах льна (*Linum usitatissimum* L) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. — 2007. — том № 4. — С.79–83.