УДК 664.741.8

А.О. Рензяев, О.П. Рензяев, А.Ф. Сорокопуд

ПНЕВМОСЕПАРАТОР ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана конструкция пневмосепаратора для разделения зерновых материалов, позволяющая эффективно разделять сыпучие компоненты на фракции. Особенностями конструкции является установка числа сепарирующих каналов в зависимости от необходимого количества фракций, обеспечение стабильности подачи зерна и равномерной плотности зернового потока. Определены оптимальные режимы сепарирования на примере рушанки рапса. Разработанный пневмосепаратор рекомендуется для использования на стадии подготовки к прессованию в линиях производства рапсового масла с целью повышения его качества.

Зерновой материал, пневмосепаратор, рапс, рапсовое масло.

Введение

Согласно распоряжению Правительства РФ от 25 октября 2010 г. «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» одним из приоритетных направлений является расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности. Это особенно важно для Сибирского региона с его климатическими условиями и экологической обстановкой. В этой связи задача создания и совершенствования технологий для переработки местного растительного сырья с высоким содержанием физиологически функциональных ингредиентов и их машинно-аппаратурное оформление является актуальной.

Одним из наиболее перспективных представителей местного растительного сырья в Сибирском регионе является рапс – важнейший источник получения пищевого растительного масла и высокобелковых кормов. Семена рапса содержат 40–44 % масла, 18–22 % белка, 6–7 % клетчатки. Рапсовое масло имеет ценный жирнокислотный состав, образующийся после отжима масла, жмых содержит около 40 % белка, хорошо сбалансированного по аминокислотному составу. Это позволяет рассматривать рапс как источник незаменимых пищевых веществ. Биологические особенности рапса позволяют выращивать его в широком диапазоне почвенно-климатических условий, в том числе в зонах рискованного земледелия, к которым относится Сибирский регион.

В тканях масличных семян рапса запасы масла распределены неравномерно – основная часть масла сосредоточена в ядре семени, в то время как плодовая и семенная оболочки содержат относительно небольшое количество масла. Известно, что при переработке многих масличных семян их оболочки отделяют от ядра. Плодовые и семенные оболочки очень пористы и при контакте с маслом способны интенсивно впитывать его, а затем прочно удерживать. Это увеличивает потери масла в производстве. Кроме того, механическая прочность семенной оболочки больше, чем ядра, и ее присутствие снижает эффективность работы оборудования, вызывает повышенный износ рабочих частей машин. В процессе переработки из оболочек в масло переходят воскоподобные и другие нежелательные вещества, ухудшающие вкус и запах, увеличивающие кислотное число и цветность масла, а также снижающие его стойкость при хранении. Максимальное отделение оболочек от семян перед их переработкой является условием, обеспечивающим получение высококачественных масел и высокобелковых жмыхов.

В существующих линиях переработки семян рапса нет стадии отделения оболочки от ядра по причине высокой сложности процесса разделения и отсутствия оборудования для его реализации. Высокая биологическая ценность рапса как пищевого сырья делает актуальным разработку способов разделения рушанки семян перед отжимом масла [1].

Для разделения рушанки зерновых материалов часто используют воздушное сепарирование. Главными преимуществами воздушных сепараторов является возможность широко изменять диапазон режимов сепарирования, производить сепарирование частиц, близких по плотности, геометрическим размерам и крупности.

Целью работы являлась разработка конструкции пневмосепаратора для разделения рушанки рапса на фракции масличного ядра и оболочки для использования в линиях производства рапсового масла на стадии подготовки к отжиму.

Объекты и методы исследований

Для исследований использовали рапс сорта «Юбилейный», выращенный в Кемеровской области. Химический состав, физико-химические показатели семян определялись стандартными методами [2] (табл. 1).

Как видно из табл. 1, показатели качества семян рапса соответствуют регламентированным требованиям согласно ГОСТ 10583. Наибольшая доля в составе исследованных семян приходится на масло (от 41,8–49,6 %), затем следуют белок (от 25,7–27,4 %) и клетчатка (от 10,8–13,8 %). На долю этих компонентов приходится до 80–90 % состава семян, что позволяет рассматривать рапс в качестве сырья для получения ценных питательных веществ.

По содержанию сорной и масличной примеси семена отвечают требованиям. Основу сорной примеси составляли семена различных видов растений, среди которых наибольшей частотой встречаемости обладали: щирица запрокинутая, смолевка-хлопушка, торица посевная, горец раскидистый, ежовник обыкновенный, щетинник зеленый, якутка полевая, марь белая, бодяк, осот желтый и др.

Таблица 1

Показатели качества семян рапса

Показатель	Значение
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	5,1–12,0
Массовая доля масла, % на абсолютно сухое вещество	41,8–49,6
Массовая доля белка, %	25,7–27,4
Массовая доля клетчатки, %	10,8–13,8
Массовая доля примеси, %: сорная масличная	 1,2–3,0 1,0–9,0
Массовая доля глюкозинолатов, % на абсолютно сухое обезжиренное вещество	0,46–0,56
Зараженность вредителями или наличие следов заражения	Отсутствие
Масса 1000 зерен, г	3,92±0,12

Важным вопросом использования продуктов переработки крестоцветных масличных культур является их безопасность. К крестоцветным культурам традиционно предъявляют требования по ограничению содержания глюкозинолатов (не более 3 %) и эруковой кислоты (не более 5 %). Из глюкозинолатов под действием фермента тиоглюкозидазы могут образовываться изотиоционаты, которые способны распадаться с образованием различных соединений, в том числе и обладающих токсичным действием. Как видно из табл. 1, содержание глюкозинолатов в исследованных образцах семян составляло от 0,46 до 0,56 %. Глюкозинолаты локализованы в гидрофильной части семян и при переработке в основном концентрируются в жмыхах. Общее содержание изотиоционатов в семенах рапса не превышало 0,56 %, что говорит о том, что данный сорт относится к низкоглюкозинолатным. Содержание эруковой кислоты в масле не превышало 1,9 %, что соответствует требованиям, предъявляемым к пищевым маслам.

На этапе проектирования пневмосепаратора определялись скорости витания составляющих рушанки рапса (ядра, оболочки, недорушенного (расколотого) зерна), для чего был сконструирован вертикальный сепарирующий канал прямоугольного сечения. Канал состоит из корпуса, выполненного из ПВХ и оргстекла, который установлен на деревянную раму из бруса. Канал разделен по вертикали на восемь уровней, в которых производятся замеры скоростей движения воздуха. Снизу в корпус канала при помощи вентилятора низкого давления подается воздух, скорость его подачи регулируется ЛАТРом. Во избежание перепадов напряжения в сети перед ЛАТРом устанавливается стабилизатор напряжения. Скорость воздуха внутри корпуса воздушного канала измерялась термоанемометром МП-53.

Рушанка семян рапса, разделенная заранее на фракции (недорушенное зерно, оболочка и ядро), подается сверху через загрузочное окно в воздушный канал и распределяется по ситу. Затем включается вентилятор и с помощью анемометра замеряется скорость движения воздуха, подаваемого в канал. Воздух подается в канал с постоянно увеличивающейся скоростью до тех пор, пока фракция не начинает «витать». На задней стенке канала размещена линейка, с помощью которой измеряется высота подъема каждой фракции.

Результаты и их обсуждение

Определение высоты подъема каждой фракции рушанки в зависимости от скоростей подачи воздуха в сепарирующий воздушный канал производилось с целью определения их скоростей витания. Полученные результаты определения скоростей витания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Скорости витания фракций рушанки рапса
в воздушном канале при заданной высоте подъема, м/с, Δ±0,05

Наименование фракции	Высота подъема, мм								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Ядро	3,62	5,53	6,56	7,05	7,75	8,40	8,92	9,37	10,00
Оболочка	0,90	1,48	2,06	2,51	3,03	3,33	3,91	4,30	4,45
Недорушенное зерно	9,51	11,45	12,36	13,45	14,21	15,28	15,19	15,92	16,48

Как следует из табл. 2, наиболее легкой фракцией является оболочка, затем следует ядро и наиболее тяжелая фракция – недорушенное зерно. С учетом результатов определения скоростей витания фракций рушанки рапса принималась необходимая последовательность расположения сепарирующих каналов пневмосепаратора для каждой фракции и высота перегородок между ними, что необходимо для более полного разделения составляющих рушанки.

В основу разработанной конструкции положен принцип сепарации зернового материала восходящим воздушным потоком. Наиболее близким по технической сущности к разработанному устройству является канал для сепарации зерна восходящим воздушным потоком, образованный передней, задней и

боковыми стенками, содержащий сетку, установленную с наклоном от передней стенки к задней, и окна для приема исходного и вывода обработанного зернового материала, в котором поперек боковых стенок над сеткой с зазором установлен по крайней мере один барьер [3]. В ходе реализации конструкции возникли два актуальных вопроса: нестабильная подача зернового материала и невозможность разделения более чем на две фракции (тяжелую и легкую), что снижает эффективность сепарирования.

Стабильность подачи зернового материала в зону сепарирования было предложено обеспечить установкой дозатора шнекового типа, позволяющего одновременно регулировать производительность в широком диапазоне и обеспечивать относительно равномерную подачу материала. На эффективность процесса сепарирования также оказывает большое влияние неравномерное распределение зернового материала по сетке. Данную проблему было решено устранить установкой перегородки (барьера) в конце сетки, которая служит для накапливания зернового материала и создания однородной смеси, продуваемой воздушным потоком.

Полученные результаты определения скоростей витания и высоты подъема зернового материала, исследования принципов воздушного сепарирования и предложенная модернизация легли в основу конструкции лабораторно-экспериментального пневмосепаратора, который был изготовлен на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» КемТИПП.

Конструкция пневмосепаратора поясняется рис. 1, на котором представлен вертикальный разрез сепаратора вдоль направления движения обрабатываемого зернового материала.

Пневмосепаратор работает следующим образом: зерновой материал поступает в загрузочный бункер, откуда дозатором подается в разделительный канал. Зерновой материал скапливается на поддерживающей сетке. Благодаря перегородке, препятствующей дальнейшему движению зерна по ситу, образуется смесь зернового материала с воздухом. Наиболее тяжелая фракция преодолевает перегородку и ссыпается в сепарирующий канал. Более легкая фракция уносится воздушным потоком и разделяется на фракции в сепарирующем и осадительном каналах в зависимости от скорости витания частиц. Отработанный воздух попадает в циклон, где происходит его очистка от пылевой фракции. Зерновой материал (рушанка рапса) разделяется на ядро, оболочку, недорушенное зерно и мелкую фракцию, которые осаждаются в соответствующих каналах и ссыпаются в сборники.

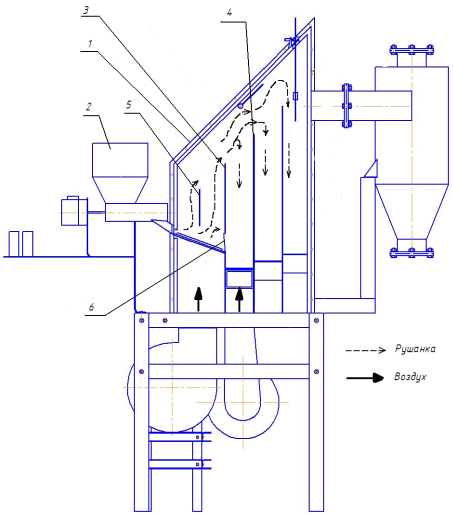

Рис. 1. Схема лабораторно-экспериментального пневмосепаратора для разделения зернового материала: 1 – корпус; 2 – шнековый дозатор; 3 – задняя стенка сепарирующего канала; 4 – стенка осадительного канала; 5 – барьер, выравнивающий зерновой поток; 6 – перегородка

Основным параметром, влияющим на эффективность процесса сепарирования, является скорость движения воздуха в сепарирующем канале. Ее регулирование позволяет достичь необходимой высоты подъема фракций рушанки рапса и осуществить процесс разделения ее в разные осадительные каналы.

С целью определения оптимальных режимов работы пневмосепаратора были проведены опыты, в ходе которых изменялась скорость движения воздуха в сепарирующем канале. По мере поступления рушанки в сепаратор частицы оболочки и ядра уносит поток воздуха, распределяя их по каналам. Недорушенное зерно и целое ядро поднимаются на небольшую высоту, которой достаточно, чтобы преодолеть заслонку между первым и вторым каналами, тогда как более легкая фракция – недорушенное (расколотое) ядро – осаждается во второй осадительный канал. Мелкая фракция рушанки (мелкое колотое ядро и частицы оболочки) осаждается в последнем канале. После проведения каждого эксперимента из сборников извлекались фракции рушанки и вручную разбирались на составляющие. Каждая фракция выражалась в процентах от общей массы навески (табл. 3), где V_1 – скорость движения воздуха на выходе из вентилятора, V_2 – скорость движения воздуха в сепарирующем канале.

Таблица 3

Влияние скорости движения воздуха (м/с) на выходе из вентилятора и в сепарирующем канале на разделение рушанки рапса, n = 7, Δ±1

V_1, м/с	V_2, м/с	Содержание фракции в навеске, %			
		Ядро	Оболочка	Недорушенное зерно	Мелкая фракция
6,50	5,8	69	26	1	4
7,00	6,4	76	20	1	3
7,50	6,8	84	12	1	3
8,00	7,3	92	5	2	1
8,50	7,6	85	11	2	2

В процессе исследований было подтверждено, что наиболее эффективно процесс разделения рушанки на фракции ядра и оболочки происходил при движении воздуха в сепарирующем канале со скоростью 7–7,3 м/с. При данном режиме достигалось процентное содержание фракции ядра в полученных пробах до 92 %. Фотографии рушанки семян рапса перед сепарированием и фракции ядра после разделения на пневмосепараторе представлены на рис. 2 и 3.

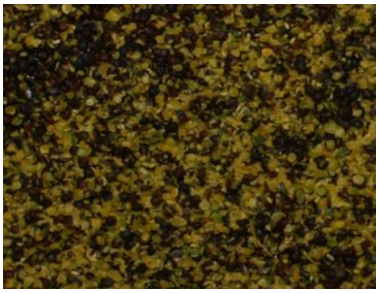

Рис. 2. Рушанка семян рапса перед пневмосепарированием, содержание ядра 69 %, оболочки 29 %

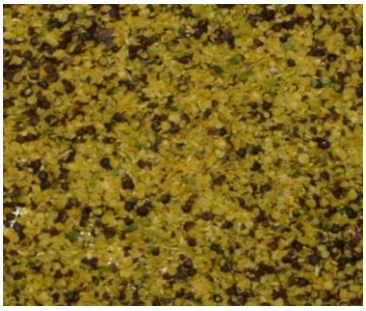

Рис. 3. Фракция ядра семян рапса после обработки в пневмосепараторе, содержание ядра 92 %, оболочки 5 %

Проведенные исследования жирнокислотного состава масел из целых семян рапса и очищенных от оболочек ядер показали, что качественный состав жирных кислот в маслах одинаков, однако количественный состав несколько отличается. В масле, полученном из очищенных ядер, почти на 25 % снижалась доля эруковой кислоты и увеличивалась на 5 % доля незаменимой (эссенциальной) α-линоленовой ЖК семейства ω-3, что повышает пищевую ценность и уровень безопасности масла. Было отмечено, что масло из очищенных масличных ядер имеет меньшие значения цветного, кислотного и перекисного чисел, что также свидетельствует о повышении его качества [4].

Выполненное исследование позволяет сделать вывод о целесообразности создания технологии комплексной переработки семян рапса, основанной на обрушивании семян и раздельной переработке их структурных частей. Из масличных ядер можно получать масла и белки, из оболочек – пищевые волокна. Такая технология позволит повысить качество продуктов переработки семян масличных культур – масел и жмыхов.

Разработанный пневмосепаратор показал высокую эффективность разделения рушанки рапса на фракции ядра и оболочки, что позволяет рекомендовать данный сепаратор для использования в линиях производства рапсового масла для повышения его качества.

В ходе экспериментов было подтверждено, что установка шнекового дозатора, способного стабильно подавать рушанку рапса, привела к стабилизации зернового потока в сепарирующем канале и повышению эффективности процесса разделения. Установка перегородки в конце поддерживающей сетки позволила накапливать зерновой материал и добиваться его равномерного распределения, что в свою очередь обеспечило стабильность результатов разделения рушанки рапса. Достаточное количество сепарирующих каналов с необходимой высотой подъема зернового материала при оптимальной скорости воздуха обеспечивает необходимую эффективность разделения зернового материала на фракции. Все вышеописанное позволило обеспечить требуемую стабильность плотности обрабатываемого зернового потока, что является главным условием равномерного поля скоростей движения воздуха в сепарирующем канале, а следовательно и высокой эффективности процесса разделения зернового материала.

Таким образом, эффективность работы предложенной конструкции пневмосепаратора, устойчивость показателей качества процесса сепарации и стабильность технологического процесса разделения зернового материала обеспечиваются рациональными соотношениями, связывающими основные параметры каналов и их количество с конструктивными особенностями.

Разработанный пневмосепаратор относится к технике разделения зерна и других сыпучих материалов воздушным потоком и может найти применение при очистке зерна и семян в сельском хозяйстве и продуктов их переработки в масложировой, мукомольно-крупяной, комбикормовой промышленности и других отраслях.

Список литературы

1. Горпинченко, Т.В. Актуальные вопросы производственного и кормового использования рапса (обзор) / Т.В. Горпинченко // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2003. – № 7. – С. 54–63.

2. Щербаков, В.Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению масличного сырья / В.Г. Щербаков, С.Б. Иваницкий, В.Г. Лобанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 1999. – 128 с.

3. Пат. 2193929 Российская Федерация, МПК[7] С1 В07В4/08. Канал для сепарации зерна восходящим воздушным потоком / Зюлин А.Н., Бабченко В.Д.; заявитель и патентообладатель Зюлин А.Н., Бабченко В.Д. – № 2002102270/03; заявл. 30.01.2002; опубл. 10.12.2002.

4. Рензяева, Т.В. Разработка способа повышения качества продуктов переработки рапса и рыжика / Т.В. Рензяева, О.П. Рензяев, А.О. Рензяев // Масложировая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 32–34.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

A.O. Renzyaev, O.P. Renzyaev, A.F. Sorokopud

PNEUMATIC SEPARATOR TO SEPARATE GRAIN

The construction of pneumatic separator to separate grain, allowing efficient separation of bulk components into fractions, is developed. The construction features are the installation of separating channels depending on the required number of fractions, providing stable feed and uniform density of grain stream. The optimal mode of separation exemplified by the hulled rape is determined. The pneumatic separator is recommended to be used during preparation stage of the pressing in the rape oil production lines to improve its quality.

Grain material, pneumatic separator, rape, rape oil.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru