



652050 Россия,
Кемеровская область,
г. Юрга, ул. Шоссейная 15
ряд 188/2

biointech@mail.ru

8-923-486-2626

biointech.su

Глубокая и комплексная переработка рапса, посредством этанольной экстракции



Концепция проекта

Питание оказывает определяющее влияние на длительность жизни и активное состояние человека. Формирование рациона здорового питания на основе концепции сбалансированности пищевых веществ диктует необходимость создания продуктов с повышенной пищевой ценностью. Одним из направлений повышения пищевой ценности продуктов, в частности мясных, мясомолочных, хлебобулочных и кондитерских изделий, является использование в рецептурах биологически ценного растительного сырья.

В настоящее время появляется все больше сообщений о **невысокой** степени усвояемости синтетических препаратов и вызываемых ими аллергических реакциях, по прогнозам экспертов, период расцвета химического синтеза витаминов и биоактивных **соединений подходит к концу** [Н.Ламан, Н. Копылова]. Наиболее перспективными для коррекции антиоксидантного статуса человеческого организма считаются продукты растительного происхождения, богатые полифенолами, витаминами, каротиноидами и другими биологически активными веществами благодаря их широкому распространению, доступности, ценным свойствам, щадящему воздействию на организм и сравнительно низкой токсичности (Хавинсон В.Х.). Мы включаем данные научные выводы в обсуждаемую тему экстракции масла, так как природа перерабатываемого сырья богата не только большим содержанием масла, но и другими высоко ценными компонентами. Именно это обстоятельство объективно диктует переработке растительного сырья, **комплексный и глубокий подход.**

Технологический потенциал

Семена рапса состоят из семенной оболочки и маслосодержащего ядра, которые имеют разный компонентный состав и питательную ценность. Наибольшее количество нежелательных соединений, в том числе клетчатки, восков и воскоподобных веществ, красящих и ароматических веществ, содержится в семенной оболочке. В этой связи установлены нормативы требований по качеству, в частности ГОСТ 11048 была введена ограничительная норма содержания изотиоцианатов не более 0,8%.

На семенные оболочки приходится до 17% массы семян рапса. Преобладающим компонентом оболочек являются пищевые волокна, на долю которых приходится более 74%, в том числе около 70% приходится на их нерастворимую фракцию и около 4% - на растворимую (Рензьева и др., 2009, с. 2). В семенных оболочках содержится наибольшее количество нежелательных и антипитательных соединений семян рапса, в том числе **глюкозинолатов**, грубой клетчатки, восков и воскоподобных веществ, фитатов, красящих, ароматических веществ и других.

Оболочка содержит компоненты, затрудняющие действие пищеварительных ферментов, вследствие чего при употреблении жмыха из неочищенных семян в составе комбинированных кормов пищевые вещества плохо усваиваются. Присутствие оболочки в полуфабрикате, подвергаемом прессованию, снижает выход масла, ухудшает его вкус, запах, цвет прозрачность, способствует экстракции восков и воскоподобных веществ, что проявляется помутнением масел при снижении температуры, в результате проводимая рафинация не даёт нужного эффекта. Данное обстоятельство не способствует проведению этих производственных операций со стороны переработчиков рапса из-за имеющихся трудностей и нерешённых проблем как технологического, так и технического порядка.

С другой стороны, предварительная очистка семян рапса от семенных оболочек в технологической схеме их переработки, позволяет повысить качество и безопасность рапсового жмыха, и только в таком случае можно считать его перспективным сырьем пищевого назначения. Однако, оболочка семян рапса является трудноотделимой от ядра, отсутствует эффективное оборудование, вследствие чего в традиционных схемах получения рапсового масла семена перерабатываются вместе с оболочкой или с большими потерями ядра при обрушении, который попадая в оболочку, ухудшает качество полисахаридного комплекса и происходит потери масла. В процессе переработки семян нежелательные и антипитательные соединения частично переходят из оболочки в масло, а основная их часть концентрируется в жмыхе, существенно снижая его качество, безопасность и не только пищевую, но даже кормовую ценность.

Именно эту актуальную и принципиальную задачу нами **предлагается** решить в ходе внедрения нашего Проекта по этанольной экстракции. Точно такие же проблемы имеют место и при переработке сои. В настоящее время 90% мирового производства соевых концентратов получают методом спиртовой экстракции, в связи с тем, что именно этот метод позволяет решить вопросы по качеству белкового концентрата. Соевая мука имеет ограничения при использовании в питании, так как вызывает вспучивание кишечника. У человека отсутствуют ферменты, способные гидролизовать α -галактозидные связи раффинозы и стахинозы, имеющиеся в сое, с образованием простых сахаров. Кроме того, для улучшения качества белкового концентрата требуется удаление так называемых безазотистых экстрактивных веществ сои (растворимых углеводов, органических кислот, низкомолекулярных соединений), что и осуществляют с помощью спиртовой экстракции. Наличие этих субстанций отрицательно сказывается на внешнем виде, сохранности и т.д. Однако при этанольной экстракции все эти вещества отделяются от белкового концентрата в результате чего концентрат имеет высокие органолептические характеристики – отсутствуют бобовый привкус и запах, практически нет антигенных веществ и физиологически нежелательных компонентов семян, улучшены санитарно-гигиенические характеристики готового продукта, а благодаря возможности получать концентрат **изофлавонов** из соевой мелассы резко увеличивается рентабельность производства.

На этом показательном примере по сое мы подчёркиваем общность проблем по очистке протеинов в том числе из подсолнечника, льна, рапса и других культур и **наличия проверенного** на практике метода спиртовой экстракции для этих целей.

- Определены такие физико-химические показатели как кислотное число ($KЧ = 1,40 \text{ мгКОН} / \text{г}$), перекисное число ($ПЧ2 = 1,3 \text{ ммоль} / \text{кг O}_2$), анизидиновое число ($AЧ2 = 2,69$). Массовая доля фосфора в исследуемом образце составила $100,71 \text{ мг} / \text{кг}$. Влажность масла – 0,03 %. Проведенные исследования подтверждают, что физико-химические показатели полностью соответствуют требованиям **ГОСТ 31759–2012 «Масло рапсовое. Технические условия»**.

- По физико-химическим показателям **высокоолеиновое** рапсовое масло приближается к оливковому. Оно отличается от оливкового как по суммарному содержанию токоферолов, так и по их составу. Если токоферолы оливкового масла представлены на 90 % альфа-формой и на 10 % – гамма-формой при их общем содержании 111 – 150 мг/кг [9], то токоферольный комплекс рапсового высокоолеинового масла включает 65

– 70 % гамма- и дельта-форм при общем содержании **630–820 мг/100 г**, обладающих высокой антиоксидантной активностью. На долю альфа-формы с присущей для нее витаминной активностью приходится порядка 30 – 35 % общего содержания токоферолов в этом масле.

Вместе с тем, несмотря на сравнительно высокую концентрацию, основная часть токоферолов как и у подсолнечника, остаётся в жмыхе. В этой связи важным элементом Проекта, является экстракция этой части токоферолов из жмыха и направление его в масло, тем самым способствовать повышению и без того высокой его устойчивости к окислению. Одновременно не менее важным моментом будет внесение отфракционированных токоферолов в другие виды масел, которые не обладают такими характеристиками, а дополнительно добавленная концентрация существенно повысит сохранность такого рода масел.

Такую же операцию можно провести с подсолнечным жмыхом. Содержание токоферолов в подсолнечном масле составляет **50-70 мг/100 г**. Однако основная часть токоферолов остается в жмыхе, где их остаточная концентрация составляет **1400...3800 мг/100 г**. То есть, потенциал дополнительной экстракции и использования в производстве продукции функционального назначения такого важного антиоксиданта, как токоферолы, также очень большой. Если учесть, что суточная потребность человека в среднем равна 8-10 мг, то в очищенном виде для этого понадобится граммы, помещённые в капсулы. В сравнении с нашим любимым продуктом – сливочным маслом, то для дневной нормы понадобится съесть 650 граммов, оливкового -85 г.

Аналогичное положение и по жмыху рапса, так как в масле остаточная концентрация токоферолов в пределах 20 мг/100г, при этом в 3 раза меньше, чем в подсолнечном, но почти в 2 раза больше, чем в оливковом, однако большая их часть остаётся в жмыхе при условии, если переработку семян проводить по общепринятой схеме. И совершенно противоположная ситуация при спиртовой экстракции, при которой основная часть токоферолов фракционируется отдельно, как самостоятельная субстанция. В таком случае, учитывая, что сохранность рапсового масла во многом определяется повышенным содержанием олеиновой жирной кислоты, то дополнительное внесение токоферолов, обеспечит ещё большую надёжность по срокам хранения.

Следует обратить внимание и на особенности различных сортов рапса. Исследования жирнокислотного и токоферольного состава масла из семян **высокоолеинового** рапса, а также испытания устойчивости этого масла к окислению показали высокую его устойчивость к окислению – более чем **в 5 раз** выше по сравнению с **обычным** рапсовым маслом и в **1,5 раза** по сравнению с оливковым. Поэтому в зависимости от поставленных задач, следует учитывать при закупке сырья различия в биохимических параметрах в различных сортах рапса.

Однако по поводу токсического действия глюкозинолатов существуют различные мнения. В работе Всероссийского научно-исследовательского института жиров (ВНИИЖ) отмечается, что глюкозинолаты являются фактором защиты семян от вредителей и болезней, поэтому полное их отсутствие не всегда обосновано. В последние годы ведутся многочисленные исследования влияния тиогликозидов растений семейства крестоцветных на здоровье человека. Установлено, что тиогликозиды обладают антидепрессантной, ноотропной, фунгицидной и антикоронавирусной активностью. Синигрин обладает еще и туберкулостатической, глюконастуртин – транквилизирующей активностью, глюконостуртин и прогоитрин – высокой анти-ВИЧ активностью.

Глюкозинолаты считаются перспективными веществами для химиопрофилактики гормонозависимых опухолей и рака легкого у курильщиков (Bianchini, 2004; Fowke, 2003). Индолные изотиоцианаты рапса способны превращаться в индол-3-карбинол, который проявляет антибактериальную, радиосенсибилизирующую и противораковую активность (Бильтрикова и др., 2014, с. 3). В России индол-3-карбинол включен в перечень минорных компонентов и биологически активных веществ с установленным физиологическим действием на организм человека, рекомендуемая норма его потребления составляет 50 мг в сутки. Глюкозинолаты являются неотъемлемой частью крестоцветных растений и являются предшественниками изотиоцианатов и индолных соединений, среди которых присутствуют антиканцерогенные вещества, использующиеся в лечении и профилактике онкологических заболеваний.

Данный анализ вступает в противоречие с жёстким нормированием концентрации этих веществ для рапса, в то время когда содержание глюкозинолатов в овощах семейства крестоцветных колеблется от 50 до 390 мг/100 г продукта и составляет в мг/100 г: в кольраби — 50; в брокколи — 60; в репе — 90; в брюссельской капусте — 240; в кресс-салате — 390.

Содержание изотиоцианатов в редьке черной составляет 133,87 мг в 100 г (Бильтрикова и др., 2014, с. 501-504). В различных видах капусты содержание изотиоцианатов колеблется от 10 до 30 мг/100 г (Донченко и др., 1999, с. 166). Поскольку овощи семейства крестоцветных традиционно употребляются в пищу без ограничений, при этом в 1 кг капусты может содержаться до 300 мг изотиоцианатов, в то время как для рапсового жмыха в составе продуктов питания ограничительной нормой принято 0,3%, относя их к токсичным компонентам. Но никто не потребляет 100 г рапсового масла, поэтому количественное

потребление на практике намного меньше, чем их ограничения. Вместе с тем, дальнейшая более глубокая переработка семян рапса на отдельные фракции, представляет большую практическую выгоду для производства продуктов функционального назначения и соответственно для повышения эффективности в целом всего производства.

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. Программы направленные на развитие АПК 2030-2036 годов, продовольственная безопасность и технологический суверенитет, включают в себя цели производства продуктов с высокой добавленной стоимостью, потребительскими свойствами и экспортным потенциалом.

В данном материале мы предпринимаем попытку показать не столько актуальность этого направления, а пути практического решения на базе внедрения последних достижений науки и практики. Для этого уже имеется достаточно высокий накопленный потенциал.

Состояние и уровень развития технологий по переработке масличных семян

В настоящее время традиционно из рапсового семени получают пока масло и жмых, не подвергая семена обрушиванию перед прессованием и экстракцией масла, что приводит к уменьшению выхода за счёт остатков в выжимке и ухудшению качества масла. В связи с этим целесообразным и более эффективным считаются мероприятия по **комплексной** переработке рапсового семени с максимальным фракционированием всех компонентов, содержащихся в сырье в нативном виде.

Поэтому предлагаемый нами Проект строится именно **по схеме комплексной и глубокой переработки** семян рапса. Проведённый в этом направлении научный поиск показал, что для реализации такой задачи имеются множество разных подходов с применением большого разнообразия оборудования. Данным вопросам посвящены сотни научных статей, защищённых патентов.

Для обсуждения приведём ряд научных выводов и положений от ведущих учёных в этой области. Одновременно мы оставляем своё видение и отношение к каждой научной работе, а также сравниваем с вариантами из нашего Проекта по этой теме, с оценкой их конкурентоспособности.

- Лукин А.А. [Основные направления совершенствования технологических процессов \(cyberleninka.ru\)](http://cyberleninka.ru) На российский рынок поступают импортные белковые продукты, произведенные из генетически модифицированного сырья.

В масложировой промышленности образуются до 1,5 млн тонн вторичного сырья и отходов ежегодно. Основными видами вторичных сырьевых ресурсов масложировой промышленности являются: подсолнечная лузга, жмыхи и шроты, фосфатидные концентраты, соапсточные жиры, гудроны, отработанные отбелные глины и катализаторы, погоны дезодорации.

Мы видим решение этих проблем только при комплексной и глубокой переработке отечественного сырья, на основе нашей технологии спиртовой экстракции.

... Далее Лукин А.А. заключает, что в *масложировой промышленности до сих пор не в достаточной степени проводится водоподготовка с применением современных инновационных методов очистки. Сточные воды предприятий содержат в своем составе растительные масла, животные жиры, мыла, жирные кислоты, ПАВ, воски, смолы, глицерин и другие вещества.*

Учитывая складывающуюся обстановку, внедрение нашей технологии практически решает эти проблемы, характерные для всей отрасли, но таким образом, при котором вообще отсутствуют процессы с образованием соабстоков, полностью исключаются производственные промывные сточные воды, сокращаются многие общепринятые производственные процессы. Сепаративно, по отдельности в свободном виде собираются воски, жирные кислоты, фосфатиды.

Комплексному подходу посвящены значительно меньше разработок, а в большей массе они освещают только отдельные проблемы, затрагивая обособленно методы разделения и концентрирования белка, отдельно выделение полисахаридных не крахмальных компонентов семени по методу водно-спиртовой экстракции и т.д. В научно-технической информации основное внимание уделяется биохимическому составу семян, большой значимости их для питания людей, приводятся рекомендации и рецептуры для использования в различных сферах применения. Что же касается методов комплексной переработки, то число таких исследований незначительно, но проблемнее всего то, что основная часть технологических разработок не подкреплена соответствующими эффективными техническими решениями, эффективными видами

оборудования. Как правило, они базируются на лабораторных аппаратах, предусматривают использование вредных химических материалов, страдают многоэтапностью и сложностью. Есть ещё и другие проблемы, которые не позволяют выйти на промышленное внедрение и производство в больших масштабах, ограничившись лишь лабораторными испытаниями или созданием не больших опытно-экспериментальных установок.

До сих пор ещё бытует мнение, что этанол является слабым растворителем для масла, отчего имеется низкий выход из сырья при экстракции. Однако уже имеются множество научных доводов в пользу того, что этанол, при соответствующих условиях, работает эффективно и даже имеет много преимуществ перед бензиновыми растворителями.

Причём, каждое исследование по данной теме, содержит какое-то рациональное зерно и новшество, которое непременно учитывалось нами при создании нашего Проекта, а отдельные элементы были включены в нашу технологическую, схему, или являются проверенными аргументами в пользу правильного выбора в наших подходах. В первую очередь, такими примерами могут служить положительные испытания из Улан-Удэ по спиртовой экстракции кедрового масла, работы академика В.А. Зубкова, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Тверь, Цыганова Т.Б., Миневиц И.Э.

Ближе к нашей схеме можно привести, как пример, недавнее исследование **Е. В. Феськова, В. Н. Леонтьева, М. Жарского.**

В данной схеме предлагаются **традиционно** обсуждаемые методы переработки в отечественных и зарубежных источниках. В определённой мере, здесь есть новизна, но она в основном касается конкретного сырья – льна. С нашей точки зрения, такая технология не получит широкого промышленного масштабирования, так как не отвечает по многим требованиям качества. В первую очередь это дополнительная экстракция оставшегося в жмыхе масла с помощью **гексана** и в дальнейшем объединение этой партии с качественным маслом холодного отжима. Метод холодного отжима потому и применяется, что при этом получается качественный продукт, а масло после удаления гексана при жёстких температурных условиях теряет все эти характеристики. Аналогичные причины свойственны и по удалению гексана из обезжиренного жмыха, в связи с потерей качества оставшегося там белка. Поэтому заводами такой шрот направляется только на кормовые цели, и никак не на пищевые.

Мы подробно остановились на анализе этой схемы и имеющихся проблем, так как большинство отечественных и зарубежных предложений придерживаются близкого или такого же подхода, но с небольшими изменениями. Творческий перенос опыта работы с другими масличными культурами и близкими процессами из других отраслей промышленности, позволяет нам существенно продвинуть практическую реализацию по совершенствованию и модернизации производства рапсового масла с утилизацией побочной продукции, получаемой на базе глубокой переработки всех фракций. Изучая исследования, именно по комплексной переработке, для нас представляет интерес потенциал Федерального научного центра лубяных культур, РФ, Тверь, что касается схемы получения белковых концентратов разной степени очистки. Согласно информации центра, продукт, осажденный из солевого экстракта, содержал 70,8% белка. Продукт, осажденный из щелочного экстракта, содержал 76,40% белка. Полученные данные легли в основу разработки технологии альбумино-глобулинового концентрата «Линумина» с массовой долей белка не менее 72,0% и выходом 20-23%. Остающийся после выделения белка твердый остаток льняного жмыха содержал 12-15% масла и 10-12% белка. Из представленного качественного состава видно, что степень очистки относительно высока, хотя в остатках присутствует ещё большое количество белка и масла, что говорит о недостаточно эффективной экстракции, а значит и о слабом выходе, и малой концентрации конечной продукции. Сравнивая полученные результаты с ожидаемыми показателями по нашей методике видно, что в нашей схеме присутствует ещё операция по спиртовой экстракции масла. По этой причине, получаемый при этом жмых будет содержать белок в большей концентрации (около 90%), в связи присутствием масла лишь в количестве (1-2%). Такая высокая концентрация достигается, несмотря на отсутствие щелочной экстракции, при которой возникают проблемы с утилизацией сывороточных вод. По данным анализа центра технологические сывороточные воды содержали 2-7% (на а.с.в.) белка, и по мнению исследователей, вероятно с низкой молекулярной массой, которые не осаждались под действием центробежных сил, но состав отходов обуславливает кормовую ценность. В связи с этим, а также с целью повышения экологической чистоты центром была разработана технология утилизации всех отходов, целевым продуктом которой является соломо-белковый корм для жвачных животных. По нашему мнению, завозить солому на перерабатывающее предприятие, или завозить воды с такой малой концентрацией полезных веществ на ферму, вряд ли является реальным практическим решением и тем более экономически обоснованным. Далее, с целью повышения содержания белка в льняном белковом концентрате, предлагается влажный концентрат промывать различными растворителями: горячей водой, этиловым спиртом, ацетоном. Было установлено, что промывка горячей водой позволяет повысить содержание белка до 82,5%. Вероятно, вследствие ограниченной

денатурации вызванной термообработкой происходит разрушение комплексов белок-полисахарид и полисахаридные примеси переходят в раствор. Данное предположение специалистов из Федерального научного центра лубяных культур, РФ, Тверь, «Агро Лён», мы можем подтвердить на примере разрушения более крепких связей белка и полисахарида крахмала пшеницы, которое нами было испытано в заводских условиях с помощью установки из Казани. Но в случае с переработкой рапса мы не можем допустить повышения температуры до денатурации белка и потери его биологической активности, поэтому намерены применить другие меры и режимы, проверенные в заводских условиях факторы воздействия для сепарации и очистки белка от полисахаридов рапсовой оболочки, но без их денатурации и получения в нативном виде. Конкретнее об этом ниже.

Новые подходы по фракционированию позволят достичь достаточно высокой очистки семенной оболочки. То есть уже на этой стадии можем иметь два готовых продукта, - в виде очищенной оболочки и очищенного ядра семени, для реализации в пищевой отрасли, выпуска функциональных пищевых продуктов и в лечебно-профилактических целях, обеспечивая при этом прирост добавочной стоимости до окончания полной готовности всей производственной линии.

Недавно опубликованы результаты работы авторами Красноярского Государственного Агро университета, Я. В. Смольникова, И. В. Мацкевич и др., получивших государственную финансовую поддержку для решения проблем внедрения комплексной и глубокой переработки семян рапса. На наш взгляд, несмотря на попытку применить ряд современных методов биоконверсии, данная схема не получит широкого промышленного распространения по многим причинам. Разработчики, понимая вредность гексановой экстракция, уходят от этого способа, заменив процесс извлечения масла путём ферментативной обработки жмыха и центрифугированием размягчённой массы. Данный внедряемый метод как известно применяется при извлечении масла из минерального порошка, который используется в процессе очистки масла. Но недостатком такого приёма является, неполное извлечение масла, так как остаточная концентрация его в жмыхе составит не менее 18%. Об этом свидетельствуют результаты использования оборудования в ОАО «АгроСиб – Раздолье» на котором установлены эффективные режимы центрифугирования отработанного фильтровального порошка: температура 90°C, частота вращения ротора 15 с⁻¹, время центрифугирования – 35 минут, обеспечивающие максимальное снижение в фильтровальном порошке массовой доли жира (с 55,2 % до 18,3 %). В таком случае, что делать с таким немалым количеством остатка далее? Это довольно серьёзный объём, если сравнивать с остаточной концентрацией по нашему методу, где она не превышает 1%. Кроме того, это уменьшает концентрацию белка в последующей фракции. На следующем этапе, авторам проекта следует учесть, как инактивировать используемый фермент, так как обычно для этого понадобится повышенная температура обработки (не менее 70°C), которая в свою очередь, также отрицательно скажется на качестве продукта, денатурируя как белки так и витаминный состав и другие биологически активные субстанции, на которые питают надежды Красноярский государственный аграрный университет вместе с опытным производственным хозяйством «Солянское» в Рыбинском районе, где внедряется данная технология. Не умаляя важности ферментативной технологии, однако в данном случае ожидается потеря биологической активности у выпускаемой продукции, что не будет способствовать её конкурентоспособности на рынке. Серьёзной проблемой в этой схеме является метод сушки на сублимационных установках. Для промышленных объёмов это очень дорогостоящее оборудование, сложное в эксплуатации, поэтому требующее привлечения высокопрофессиональных работников. Кроме того, эксплуатация проходит с большой долей ручного труда, в периодическом режиме, что также отрицательно сказывается на себестоимости. Причём длительность процесса сушки ведётся в пределах 30 часов. В целом стоимость получаемой белковой продукции будет самой высокой в сравнении с другими сушильными установками, отчего планируемые продажи для кормления животных не будут иметь под собой реальных покупателей. Более того, несмотря на тот факт, что такая сушка по качеству высушенных протеинов является образцовой, потенциальными покупателями могут стать только любители товаров премиум класса. А для большинства представителей эконом сектора, в силу непомерной цены получаемой продукции для питания, будет недоступной, из-за низкой покупательской способности большинства населения страны. Сравнивая с нашей установкой, где сушка идёт всего лишь за 2-3 секунды, можно без сложных расчётов определить конкурентоспособность будущей продукции обеих сторон.

Поэтому нами будет внедряться другое оборудование и новая технология по предварительной подготовке семян. При этом вторым продуктом получаем очищенное от оболочки цельное ядро в виде мятки для дальнейшего использования как готовый пищевой продукт прямого использования в виде хлопьев или муки. Это очень удобный вариант, так как уже на первом этапе мы имеем 2 готовых к реализации продукта в условиях, когда ещё не завершена готовность всей линии производства, но как сырьё, обе они, могут направляться для дальнейшей, более глубокой переработки. А ядро, очищенное от оболочки, с более высокой

концентрацией белковой фракции, чем в семени, подаётся на пресс нашей конструкции, с целью получения масла холодным отжимом.

Предпринимаемые факторы воздействия на семена, способствует лучшему отделению оболочки от ядра и более качественной очистке каждой из получаемой фракции. Благодаря дополнительному аппаратурному оснащению участка, обрабатываемые семена, в ходе нескольких технологических операций, направляются не на холодный отжим, а вначале проходят процесс обдирки, шлифования и фракционирования с получением чистой оболочки и очищенного ядра. Повторное описание производственного процесса делается специально для того, чтобы ещё раз показать, что мы опираемся на уже существующие и проверенные методы, но ещё дополнительно привносим свои варианты для совершенствования производства в целом и в комплексе по всей цепочке, заложенной в Проекте. (Это как один из принципиальных ответов на пункт 3, если Проект технически реализуем). Действительно ряд авторов считают, что из-за особых свойств оболочки, здесь имеют место серьёзные трудности при ситовании, сепарации. Однако комплекс действенных мер позволяет нам уже на стадии турбосепарации получить оба продукта с качественными характеристиками более высокими, чем любые фракции полисахаридов и ядра семени рапса, получаемые по другим известным схемам.

Далее, как уже было описано выше, следующая операция проводится на участке извлечения масла из очищенного от оболочки ядра методом холодного прессования с помощью усовершенствованного оборудования, в том числе некоторых конструктивных элементов пресса, специально приспособленных для мелких семян масличных культур, включая и рапс. В этом отношении важны рекомендации Мустафаева С.К., который сделал вывод о важности проведения только одной стадии прессования, причем в мягких режимах, так как для масличных семян, имеющих в жирнокислотном составе масла большое количество легкоокисляемых жирных кислоты, такая технология позволяет использовать получаемое масло второго прессования только для технических целей и непригодна для получения пищевого масла из-за потери первоначальной нативности, полезных субстанций и БАВ. Желание производителей увеличить выход путём двойного прессования, не приводит к существенному извлечению масла, так как при этом в жмыхе всё равно остаётся до 7-8%. Мы приводим эти примеры, также для того чтобы одновременно подчеркнуть всё более возрастающую роль более эффективного метода по дополнительному извлечению с помощью этанольной экстракции. Используя этот метод, нет необходимости добиваться высокого выхода при прессовании, в ущерб качеству, поэтому полученные после одностадийного прессования нерафинированное масло и жмых с масличностью 12% и выше, направляются для более глубокой переработки

Применение спирта, в отличие от гексана, помогает также на стадии фракционирования оболочки семени, а это по цепочке положительно сказывается на других стадиях: по очистке ПС, масла, получении концентрированного белка, свободных, не сырых фосфатидов, фракционировании свободных жирных кислот. Продолжая описание процесса, переходим к этапу проведения спиртовой экстракции оставшегося масла в жмыхе, при котором будет получено дополнительное количество масла и более высоко концентрированная фракция белка (в пределах 78 %) в виде рапсового шрота и масличностью в пределах 1 %.

Продолжая обсуждение новшеств по отдельным производственным участкам, отмечаем, что все технологические процессы предусмотрено проводить в интенсивных режимах, для ускорения времени обработки. Данной теме посвящено много исследований. Здесь будут затронуты работы только по принципиальным позициям. Приводим пример, исследований Гуськова А.А. и разработанную им технологическую схему производственной универсальной вакуумной экстракционно-выпарной установки по выпуску экстрактов, включающая модифицированный двухступенчатый ЖВН производительностью 50...150 т/год для малого и среднего бизнеса АПК. Срок окупаемости капиталовложений на его приобретение и ввод в эксплуатацию 1,7 года (20 месяцев). Она позволяет снизить энергозатраты на 25% и расширить перечень перерабатываемого сырья. <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-tekhnologii-i-tekhnicheskikh-sredstv-ekstragirovaniya-rastvorimykh-veshch>.

Данная установка подтверждает практический эффект вакуума для интенсификации процесса экстракции из сырья. Пониженное давление имеет много положительных сторон, поэтому этим фактором пользуются многие производства, в том числе учитывается и в нашей схеме. Однако данный эффект носит однонаправленный характер к материалу (только вакуум), в то время как одновременное чередование перепада давления и вакуума имеет ещё большую эффективность, что и предлагается ниже другим изобретением Швырёва М.В.

Вначале обсудим совершенствование технологии переработки семян льна с использованием вибрационного экстрактора (cyberleninka.ru). Авторы данной статьи А.Е. Ворыханов, А.Ф. Сорокопуд, и др. считают, что эффективными для интенсификации являются аппараты по экстракции, в которых колебания создаются вибрирующими устройствами (тарелками), расположенными в рабочем объеме. В результате такого воздействия, снизу и сверху тарелок создается высоко турбулизованный слой, который обеспечивает разрушение конгломератов твердой фазы до начальных размеров, интенсивное отмывание и проникновение

жидкой фазы в твердую с использованием виброэкстрактора на стадиях отмывки семян льна от слизи и на стадии экстрагирования белка из обезжиренного шрота.

Орлов С.Е. «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности». В целях интенсификации процесса экстракции и извлечения целевого компонента из частиц растительного сырья, сформулированы общие рекомендации по конструированию рабочих органов роторно-пульсационных аппаратов (РПА) их применению для повышения эффективности проведения процессов экстракции в установках с РПА.

Однако ШВЫРЁВ М.В. С-Петербург имеет другое мнение, отмечая, что традиционные способы извлечения биологически активных веществ (БАВ) из растительного сырья, как правило, малоэффективны, т.к. не обеспечивают достаточную полноту истощения сырья, характеризуются высокой длительностью и непродуктивными затратами подведенной энергии. Большинство способов, предлагаемых для интенсификации процесса (например, вихревое экстрагирование или экстрагирование с применением роторно-пульсационных аппаратов) позволяют сократить длительность процесса, но за счет измельчения сырья и вымывания высокомолекулярных веществ из разрушенных клеток. При этом извлечение масла сопровождается загрязнением балластными веществами и тонкодисперсной твердой фазой растительного материала. Для очистки таких извлечений требуется длительное отстаивание (в течение нескольких суток) или разделение на отстойных суперцентрифугах. Кроме того, наличие большого количества балластных веществ снижает стабильность и сроки годности фитопрепаратов, затрудняют очистку при получении новогаленовых препаратов и других индивидуальных веществ.

С такими критическими замечаниями нельзя не согласиться и в обязательном порядке учитывать эти условия, так как мы уже имели опыт промышленного применения, используя аналогичный агрегат, изготовленный в Казани. Аппарат на основе роторно-пульсационных принципов был применён нами на заводе с целью разрыва прочных связей между белком и крахмалом. Его кавитационный потенциал был настолько высокий, что при эксплуатации не только успешно шло разделение, но даже кристаллы крахмала получали повреждения и трещины. В этом случае нас устраивала такая интенсификация процесса. Однако для процесса экстракции масла, такое оборудование, действительно не подходит. В этой связи Швырёвым М.В. предлагается аппарат собственной разработки, с более щадящими режимами перепада давления, используя поршневую систему. Изучение особенностей экстрагирования ЛРС им проводились на лабораторной установке кафедры процессов и аппаратов СПХФА, путём пульсационного изменения давления в системе.

Рассматривая такое предложение не для лабораторных исследований, а для промышленного применения, то на наш взгляд, такое техническое решение будет слишком больших размеров и дорогостоящий в изготовлении агрегат. К тому же с немалыми энергозатратами, хотя и с меньшими, чем на роторно-импульсных аппаратах по мнению разработчика.

Мы же оцениваем это, с точки зрения использования его под наши объёмы экстракции - 5 куб.м жмыха с растворителем и соглашаемся с автором, что экстрагирование в режиме вакуумного кипения протекает с высокой скоростью (равновесие наступает через 60-80 мин) и позволяет достичь больших выходов в извлечение (80-90 %). Однако, по мнению автора, его широкое распространение ограничивается высокой энергоёмкостью. Хотя планируется компенсировать этот недостаток за счёт дополнительного применения теплового насоса.

Мы детально остановились на вышеперечисленных факторах интенсификации процессов экстракции, так как они объективно указывают на эффективность ускорения извлечения масла из обрабатываемого сырья, одновременно они являются базовыми, без которых ускорение процесса значительно замедляется. Поэтому и в нашей схеме данный фактор, также является обязательным. Вместе с тем, соблюдение этих технологических принципов процесса решается нами в более рациональном техническом решении. Особо важные проблемы от применения оборудования для интенсификации, касающиеся степени измельчения, экстракции балластных веществ, также решаются, используя наше оборудование, что является принципиально важным новшеством Проекта.

Оценивая конкурентоспособность при сравнении с аналогичными динамическими принципами авторов по обработке с нашей установкой, можем констатировать, что во всех перечисленных выше предложениях по интенсификации, несмотря на имеющиеся определённые увеличения скорости экстракции, обеспечение эффекта на такого рода установках связано с большими капиталовложениями и затратами на эксплуатацию. В то время, как в нашем варианте, применяя те же физические принципы по интенсификации процесса экстракции, которые предлагали выше все авторы, стоимость нашей установки в сотни раз меньше, их размещение в обвязке почти незаметно, энергопотребление сведено к минимуму, а эффективность, в целом, даже существенно выше. Окупаемость 1 месяц.

Несмотря на недостаточно высокую оценку применяемого оборудования, которую мы дали, в ходе проведения испытаний, авторами показана реальная эффективность по интенсификации процессов экстракции с помощью динамического воздействия на сырьё. Для этого мы и приводим эти примеры, чтобы

продемонстрировать реальность интенсификации по извлечению масла в ускоренном режиме и такой опыт имеет под собой фактическое аппаратное оснащение. А учитывая тот факт, что имеется возможность усовершенствовать процесс за счёт более приемлемого оборудования, тем самым подтверждается реальность интенсификации процесса в заводских условиях в наиболее рентабельном варианте. Подробное описание таких примеров приводится в помощь специалистам, которые будут оценивать реальность предлагаемых нами новых технологических схем и аппаратного обеспечения не только этих процессов, но и последующих в ходе переработки по отдельным участкам, а также всей схемы производства в целом.

Данные схемы очищения и получения концентрированных белков с небольшими изменениями предлагаются всеми разработчиками и всем им присущи одни и те же недостатки. А именно - проблемным остаётся вопрос применения химических материалов. А если рассматривать выше предлагаемые схемы, в которых применяется ещё и гексан, то риски по реализации получаемого качества возрастают, потому как данный вариант с гексаном точно следует устранить, как не отвечающий требованиям биологической чистоты.

Согласно литературным данным (Рогов, 2000, Нечаев, 2003), некоторые технологические этапы получения растительного белка, например, удаление масла экстракционным методом с помощью гексана, снижение активности ингибиторов ферментов, приводит к денатурации белка, снижению содержания незаменимых аминокислот, в частности, полному разрушению триптофана (Доморошенко, 2001, Нечаев, 2003).

В статье Миневич И.Э. ФГБНУ «ФНЦ ЛК» г. Тверь, Цыганова Т.Б., Черных В.Я. Москва по отработанной схеме получили белковый концентрат содержащий 58% белка. По нашей технологии на первом этапе - более 70%, а на конечной стадии концентрации почти 90%.

Сравнивая содержание жира по гексановой экстракции муки перед выделением полисахаридов, при котором остаток составил 5%, с вариантом этанольной экстракции, где масличность будет в пределах 1% можно сделать неоднозначный вывод. А если к этому добавить проблемы по удалению гексана и его отрицательном влиянии на качество, то здесь более правильным будет говорить не о конкурентности, а о целесообразности внедрения такой схемы. То есть, можно сделать вывод о получении обеих выделяемых полисахаридных фракций большей чистоты, чем у оппонентов. Так, оставшееся содержание полисахаридов у авторов составило 25,5%, по нашей методике выход будет не менее 98%, а остаток в пределах 1-2%.

Судя по невысокой концентрации белка (58%) и, наоборот, о высоком содержании полисахаридов, оставшихся в белковом концентрате, который получили авторы, можно сделать вывод о низкой эффективности предлагаемых ими методов экстракции, а если добавить к этому и о не большом выходе белка из жмыха, поскольку по такой схеме в жмыхе остаётся до 30% неотфракционированного белка, то в целом наш вариант по сравниваемым показателям находится вне конкуренции. Причём концентрированный белок после спиртовой экстракции получается нами без того, чтобы проводить экстракцию с целью концентрирования, без применения химических веществ, а значит и без потери биологической активности, содержащихся в семени высоко ценных компонентов, без понесённых затрат на эти дополнительные производственные процессы экстракции. В нашей схеме на этом этапе нет проблем по утилизации сывороточных вод. В выводах статьи говорится о том, что их полученная продукция обладает высокими функциональными свойствами. В большей мере это именно так, но проблема состоит в том, что по такой схеме нельзя получить конкурентоспособную продукцию в силу повышенных затрат в промышленном варианте, при котором необходимо учитывать всю инфраструктуру расходов. Но самая большая проблема состоит в том, что в публикуемых материалах нет предложений по составу оборудования в целом по всему комплексу технологических процессов, за исключением отдельных стадий, но и то, с неполными вариантами комплектования.

Во всех изученных нами экспериментах для дополнительной экстракции масла из жмыха или для его обезжиривания перед проведением водной экстракции, используется гексан, ссылаясь при этом на факт применения экстрагента в промышленности сегодня. Тем самым даже в научной среде игнорируется общепризнанное научное заключение об отрицательном влиянии бензиновых фракций на качество получаемой продукции.

Об существенной биологической активности белковой части и влиянии различных факторов на их инактивацию аргументированно анализируется в статье “Экстракция и очистка белков льняного семени и изучение их антибактериальной активности” Mohammad Hassan, Houshdar Tehrani, Rumeysa Batal и другие (Иран). Авторы отмечают, что данную тематику в мире только начали изучать и имеется считанное количество научных работ. Однако уже собран хороший материал о динамике активности различных белков и влиянии отдельных факторов на эти процессы. То есть, белки рассматриваются не только как объект для питания, а как многофункциональная составная часть семени, которой присущи антибактериальность, радиопротекторное влияние и другие характеристики биоактивности, почти не обсуждавшиеся ранее в научных кругах. В своём обзоре новых методов экстракции масляных компонентов семени [Маюри Шарма](#),

Критика Дадхвал, Йогеш Гат и другие (Индия) дают резко отрицательную оценку применению гексана для пищевых и медицинских целей и предлагают рассмотреть альтернативные варианты.

В статье Влияние термической предварительной обработки на фенольный и белковый профили и динамику окисления масла золотистого льняного семени Катажина Вашковяк, Беата Миколайчак и другие(г. Познань) в динамике изменения высокотемпературных режимов во время переработки семян, констатируют степень структурных изменений белка льняного семени. Произошла термически индуцированная агрегация белка и сшивка. Наиболее значительные изменения были обнаружены для белков 13 кДа и 53 кДа. Значительно ухудшилась окислительная стабильность масла по сравнению с обработкой низкими температурами. Эти изменения снизили питательные качества и срок годности поджаренных или приготовленных на пару масличных семян, в том числе для начала экстракции.

На данном направлении глубокий анализ проделан Григорьевой А.Л. г. Тверь, которая в своём исследовании констатирует, что используемые в настоящее время методы экстракции и концентрирования приводят к денатурации белка, разрушению третичной и вторичной его структуры. Снижение концентрации денатурирующего агента приводит к образованию водородных связей и самосборке более жестких Р-структур, реализуя потенциал, заложенный в последовательности аминокислотных остатков. Как показали проведенные автором исследования, технологическая обработка растительных белков приводит к денатурации, и, как следствие, снижению их растворимости, изменению функциональных свойств. Денатурация белка способствует повышению доступности химических связей белка для пищеварительных ферментов, что облегчает усвоение протеинов человеческим организмом (Рогов, 2000), но с другой стороны, в процессе денатурации возможны уменьшения содержания некоторых незаменимых аминокислот, образование лизиноаланина и т.п. (Нечаев, 2003), что может снижать биологическую ценность получаемых белковых продуктов.

А на следующем этапе работы было выявлено, что свободные аминокислоты, представляющие особую пищевую ценность, пептиды с низкой молекулярной массой, перешедшие в первичную сывороточную воду редуцирующие сахара, водорастворимые полисахариды (камеди и слизи) в результате частичного гидролиза под действием соляной кислоты на этапе осаждения белка, они распадаются на моносахариды и альдобионовую кислоту (Пашенко, 2004). Анализ амидных характеристических полос поглощения, указывает на денатурационные изменения в структуре белков, присутствующих во вторичной жмыховой пасте. Большая часть белков вторичной жмыховой пасты находится в р-конформации.

Мы считаем, что автором проведён очень ценный анализ, в котором не просто констатируется факт денатурации белка, как это обычно отмечается во всех научных работах, а аргументированно доказывается степень потери его биологической активности, которая как раз и обеспечивает полноту функций в нативном виде, способствует укреплению здоровья людей в особенности молодого поколения. Потеря этих функций превращает белок в простой питательный продукт. Данные выводы совпадают с исследованиями из Индии, Ирана, Польши, которые мы специально привели для обозначения важности, - сохранить в полной мере биологическую активность всех содержащихся субстанций.

Мы в очередной раз подробно обсуждаем и эту очередную проблему, так как она является базовой для построения любой схемы переработки биологических объектов. Речь идёт о сохранении максимальной нативности сырья по всей технологической цепочке. Любое фракционирование, тем более глубокое, не должно инактивировать биологическую активность получаемых новых компонентов из семян. Поэтому предлагаемым Проектом с самого начала и до последней стадии производства закладываются именно такие подходы. Это базовое положение Проекта. Пища не должна носить ярлык «мёртвой».

Такого же мнения придерживаются большая часть исследователей, которые считают, что главным недостатком известных способов извлечения белковых изолятов (за исключением турбосепарации) является необходимость применения агрессивных веществ, для элиминации которых из конечных продуктов требуется многократная промывка водой. Это создает экологические проблемы и значительно удорожает получаемый изолят [9].

Растительный белок масличных в России сегодня применяется пока как пищевая добавка в диетическом питании человека. Тогда как количественный и высококачественный аминокислотный состав белка свидетельствует о перспективности их применения в качестве источника белка для повышения биологической ценности других продуктов питания. Необходимы такие технологические решения, которые позволят создать последовательную безотходную переработку и использования масличных семян, когда вторичные продукты одной стадии становятся сырьем следующей без потери их биологической активности.

Анализируя различные схемы, мы в первую очередь обращаем внимание именно на эту характеристику, неоднократно подчеркивая при этом не только важность этих параметров качества для здоровья человека, но и констатируем, что пока другого конкурента методам этанольной экстракции в промышленном варианте переработки масличных культур, чем это предусмотрено по нашей схеме комплексной переработки нет.

Наибольшее число дискуссий посвящены вопросам эффективности экстракции с помощью этанола. До сих пор бытует мнение, что этанол является слабым экстрагентом и в качестве доказательства приводится пример неоднородности двух систем – масла и спирта, различной диэлектрической проницаемости. Однако в последнее время уже опубликовано множество научных статей, в которых рассматриваются пути и способы приведения этих свойств к однородности.

В ходе этого эксперимента показана эффективность применения нового вида электрофизического воздействия на клеточном уровне ряда масличных культур в том числе на выход масла «ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЮ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА» И.А. Шорсткий, г. Краснодар https://www.researchgate.net/publication/330247592_Influence_of_pulse_electric_field_on_oil-bearing_material_rheology. Следует особо отметить, что Шёрстким И.А. под руководством Е. О. Герасименко, профессора кафедры технологии жиров "Кубанского гостехуниверситета" использовали в Проекте ФЦП «Создание и трансфер зеленых технологий глубокой переработки зернового и масличного сырья в целях снижения потерь от социально значимых заболеваний», в практическом плане подтвердили эффективность многих внедряемых ими прогрессивных методов переработки масличных культур. Были получены много положительных результатов. Однако учёные В. В. Деревенко и А. Б. Боровский в своей статье путём «мистификации» решили сделать вывод о том, что: Подводя итог вышеизложенному констатируем, что этанольная экстракция ядра семян подсолнечника неэффективна и практически на существующем оборудовании в производственных условиях нереализуема. Нами в работе: «Аннотация на критическую статью о роли этанола в процессах экстракции растительных масел» дан не только подробный анализ ошибочных оценок авторов этой критической статьи, но и приведён перечень множества научных работ и экспериментов в пользу этанола, как экстрагента для масел. См. «Аннотация... в приложении.

В работе С.С. Хизриева, С.Н. Борисенко и др. (Ростов на Дону) продемонстрирована возможность изменения диэлектрической проницаемости не только спирта, но даже и у воды, которая по этой причине превращается в хороший растворитель масла, приобретая такие же свойства как и у неполярных гидрофобных растворителей. Получены положительные результаты по экстракции БАВ.

Более детально эти вопросы рассматриваются нами на примере изменения диэлектрической проницаемости этанола и успешной экстракции им кедрового масла учёными из г. Улан Удэ. В основной информации по представлению Проекта подробно описываются получаемые результаты. На экспериментальной установке ими использован лишь фактор волнового воздействия, однако полнота спиртовой экстракции превышает 90%. Если количество факторов воздействия увеличить, как это запланировано в нашей схеме, то остаточная масличность в шроте не будет превышать и 1%. Ряд отрицательных характеристик в статьях, связаны с длительным течением экстракции. Но мы поэтому подробно остановились на методах интенсификации, которые испытывали многие учёные для сокращения времени экстракции.

По этому вопросу следует особо отметить работы авторитетного учёного и известного руководителя отрасли А.Н. Лисицына, которым проведены исследования по интенсификации масла обмена в 2018 году, раскрывающие пути повышения эффективности процесса экстракции с помощью электро-волновых полей (ЭВП) за счёт структурных изменений биомембран растительных клеток, изменения имеющихся там пор для улучшения поступления растворителя и ускорения процесса экстракции.

При этом, автором, равно как и другими исследователями в экспериментах используют лишь один этот фактор влияния или максимум два. Нами же применяются целый комплекс других методов и факторов воздействия для интенсификации производственных процессов по переработке масличных культур. Кроме влияния электро-волновых полей (ЭВП), есть и более эффективные.

Примеров положительной роли этанола можно привести множество, но мы остановились лишь на части из них для того, чтобы продемонстрировать реальность применения его на практике, как более эффективного экстрагента растительных масел, по многим параметрам, чем любые другие органические растворители. И то, что более 80% мирового производства соевого белкового концентрата получают на основе противоточной спиртовой экстракции, говорит о низкой эффективности применения растворителей бензинового ряда, в том числе и невозможности в последующем использовать исключительно ценный соевый высокобелковый шрот в пищевых целях из-за ухудшения качества белка. Другие преимущества этанола ниже.

А то положение дел, которое складывается с внедрением новых подходов по этанольной экстракции в производственный цикл и отсутствия примеров в масштабе промышленных линий, ещё раз говорит о причине отставания прикладной науки по внедрению уже отработанных ею технологий.

Описание технологического процесса экстракции рапса посредством этанольной экстракции



Для проведения каждой технологической операции Проекта предлагаются новые технические решения, используя авторское нестандартное оборудование, изготовляемое собственными силами, согласно разработанным конструкторским чертежам и схемам. Обобщая вышеперечисленные методы усовершенствования производственных процессов, нами одновременно даётся сравнительная характеристика с теми схемами, которые обсуждались выше, а также вносится предложение для внедрения Проекта по следующей схеме:

Закупаемые семена рапса первоначально проходят очистку по обычной схеме, на стандартном оборудовании. Однако дополнительно включаются операции по предварительной подработке семян, с целью их очистки и улучшения выхода масла, за счёт проведения операций по частичной мацерации клеточных мембран ядра и большего раскрытия имеющихся там пор, а также для **ослабления связей** оболочки и ядра семени.

Предварительно подработанные семена направляются на шлифовальное оборудование для отделения оболочки семени и получения очищенной фракции ядра. На этом этапе получают два самостоятельных продукта для потребления:

- **Оболочка семян** в сухом виде.
- **Ядро семени**, как второй продукт, характеризуется содержанием полного объёма масла, в пределах 50%, (кроме остатка в оболочке) и полного объёма белковой фракции семени в пределах 30%, кроме той доли, которая является составной частью мембран оболочки и оставшаяся во фракции полисахаридов.

Оба полученных ПС продуктов могут быть использованы для **пищевого** назначения или направляться на последующую переработку **как сырьё**. Данный этап получения вышеперечисленных 2-х фракций намного качественнее, чем все предлагаемые выше обсуждённые варианты **по степени очистки и выхода**, в том числе и турбосепарации при фракционированном извлечении без использования растворителей. В отличие от всех схем получения очищенных полисахаридов и концентрированного белка в нашей схеме полностью исключено применение агрессивных материалов, отсутствуют проблемы с утилизацией сывороточных вод, где содержится до 5-7% полезных веществ.

Далее, выделенное ядро, направляется на предварительную подработку и извлечение рапсового масла холодным прессованием на усовершенствованном оборудовании, специально для мелкосемянных масличных культур и с учётом специфики использования под этанольную экстракцию. На данном этапе получается **рапсового масла холодного отжима**, без применения высокотемпературных режимов и при максимальном сохранении там всех биологически активных субстанций. В данном процессе выход масла регулируется не стремлением получить как можно большего количества, а не нарушить нативность масла и не допустить денатурации белков жмыха.

Вторым продуктом, является **полуобезжиренный шрот** с содержанием белка до 60%. Обе полученные фракции могут быть использованы для **пищевого** назначения, как готовые продукты, в том числе для других целей или направляться на последующую переработку **как сырьё**.

Полуобезжиренный шрот, полученный после холодного отжима, направляется на **участок этанольной экстракции** для извлечения оставшегося там масла. На данном этапе используются специальные экстракторы и агрегаты, оснащённые специальной аппаратурной обвязкой, которые обеспечивают ведение производственного процесса в условиях, обозначенных в режимной карте производства. Для интенсификации технологических процессов, ускоренного извлечения масла применяются факторы кавитационного и динамического воздействия, при котором скорости одновременного перемешивания жмыха и экстрагента превышают $Re = 3\ 000$, в отличие от традиционных экстракторов, где жмых находится без движения, без ворошения, а экстрагент в виде бензиновой фракции движется при скорости лишь несколько метров в секунду. Поэтому, только по этим параметрам, разница в эффективности новых методов очевидна.

Для ускорения экстракции применяется также эффект чередования **перепадов давления и вакуума** на специальных агрегатах нашей конструкции, изготовление которого обходится намного дешевле, чем это предлагается на других запатентованных видах оборудования по данному эффекту. Применение аналогичных факторов интенсификации невозможны на оборудовании маслоэкстракционных заводов, в силу их конструктивных особенностей и в большей мере из-за особых требований к степени измельчения частиц жмыха.

В то время как на нашем оборудовании, наоборот, мы используем эффект увеличения площади поверхности экстракции, за счёт измельчения шрота до 100 мкн, а не 0,5 мм, как это применяется на современных заводских экстракторах.

Несмотря на мелкий размер частичек жмыха, для ускорения экстракции, нам удалось обеспечить многократный противоток экстрагента от низкой концентрации к большей, применяя **специальные агрегаты модернизированной конструкции**, обеспечивая тем самым, рост градиента масла в мисцелле, в том числе на завершающем этапе, путём отмывки жмыха чистым этанолом. Все участки обеспечены технически необходимыми мерами безопасности от потери паров спирта, автоматическим регулированием перепадов давления во время перекачек экстракционного материала из одной ёмкости в другую ёмкость. На этом этапе, разделяя отмывтый последней порцией этанола жмых на специальном агрегате, получаем два продукта:

- **Мисцеллу** с содержанием масла в количестве 12-15% и
- **Рапсовый жмых** с содержанием там в количестве 40% этанола и до 1% масла.

Обезжиренный жмых направляется далее на частичный отбор спирта, а затем на сушильную установку нашей конструкции и изготавливаемую нашими силами для окончательного отделения спирта от жмыха. Мисцелла направляется на участок отделения спирта от масла.

Процесс удаления спирта от жмыха происходит в интенсивном режиме, благодаря высокой скорости одновременного движения теплоносителя (нагретый азот) и частичек жмыха, в результате чего высушенный от спирта и влаги шрот, в течении 2-3 секунд направляется в циклоны, где происходит отделение теплоносителя, насыщенного парами спирта от высушенного шрота. Высушенный шрот, по сути это высококонцентрированный белок с содержанием протеинов более 90%, влажности 1-2%, подаётся на охлаждение и затем на склад для хранения и организации процесса упаковки, для реализации ангро в большую тару, и для розничной торговли – в меньшую по весу упаковку.

Насыщенный парами спирта теплоноситель проходит через теплообменник для конденсации паров в жидкое состояние и возвращается назад, в оборот, по замкнутой системе, для повторного использования в сушильной установке. Процесс интенсивного удаления спирта из жмыха обеспечивается уникальной схемой аппаратного оснащения сушильной установки, замкнутой системой использования азота, как теплоносителя, на высоких скоростях (40-50 м/сек), низкими энергетическими затратами на испарение этанола (менее 60 куб. м природного газа на 1 куб. м испаренного спирта, или в целом до 0,5-1 рубля на 1 кг высушенного шрота). Для предупреждения окислительных процессов и предупреждения инактивации биологически активных веществ, которые ускоряются из-за применения интенсивных факторов воздействия, в схеме предусмотрена надёжная защита от кислородных окислительных реакций в масле и в белке жмыха и шрота, за счёт применения нейтрального азота и обеспечения этим также, противопожарной безопасности от спиртовых паров. Учитывая интенсивность процессов, умеренные температурные режимы, время пребывания продукта в системе, конечную температуру продукта на выходе (40 градусов), полученный белковый концентрат обладает всеми нативными свойствами, имеет высокую биологическую активность, что является недостижимым уровнем качества при других технологиях.

В целях безопасности вся линия переработки, начиная от поступления семян, имеет замкнутый и изолированный характер, для исключения потери паров спирта. Кроме того, она постоянно пополняется

азотом, для исключения влияния кислорода на все новые продукты, получаемые на всех стадиях производства.

Такого множества положительных факторов интенсификации в комплексе всех проводимых производственных процессов не обеспечивает ни одна из известных схем, предлагаемых в стране и в мире. А в промышленности такого производства вообще нет, поэтому сравнивать с конкурентами не с кем. Аналогично это касается и комплекса параметров работы установки по сушке, которой нет равных по эффективности во всей масленичной отрасли. Данная установка является модифицированным вариантом более сложной по конструкции сушилки, которая была изготовлена нашими силами ранее, и в настоящее время до сих пор используется на предприятиях уже на протяжении многих лет в РМ по другим видам сырья.

После процесса сушки получаются следующие продукты:

В источниках такой продукт называют рапсовый шрот, мы же его называем

- **Белковый концентрат**, который содержит в пределах 90% протеина, без наличия оболочки, что не характерно для других видов шрота, причём такая концентрация получена без применения химически агрессивных материалов, без отходов производства и экологических проблем, при максимальной сохранности биологической активности белковой фракции. Длительные сроки сохранности обеспечиваются, в связи с пониженным содержанием влаги (1-2%), жира (1%) в концентрате и эффективной бактерицидной спиртовой обработкой.

- **Конденсат этанола**, полученный в ходе сушки, возвращается назад в производство, в чистом виде.

- **Теплоноситель** в виде химически нейтрального азота, после отделения концентрата на циклонах, находится в оборотной системе сушильной установки. Этим достигается не только экономное расходование оборотного материала, но и полностью исключаются потери готового продукта после циклонной обработки, в отличие от других циклонных систем аналогичного принципа работы по разделению воздуха и продукта сушки. Такой принцип не применяется ни на одной из известных типов сушилок растительного сырья.

Мисцелла, направленная на участок отделения спирта от масла, подвергается воздействию различных факторов, для чего используются в том числе физико-химические свойства этанола.

Здесь происходит потеря диэлектрической проницаемости и соответственно гидрофобных свойств этанола, как полярного растворителя. Данные мероприятия позволяют существенно снизить затраты на регенерации экстрагента. В результате проведения сепарации на выходе получаем:

- **Мисцеллу** с низким содержанием масла, которая частично направляется на регенерацию, а часть возвращается в оборот, на экстракцию, в область слабой концентрации растворённого масла в экстрагенте, тем самым снимается нагрузка на станцию регенерации, уменьшаются энергетические затраты.

- **Масло** с низким содержанием этанола, направляется на участок рафинации, без применения химпрепаратов, при вакуумном постадийном отделении остатков спирта на специальном оборудовании, изготовляемого собственными силами. При этом параллельно, происходит в управляемом режиме и процесс дезодорации наиболее лёгких фракций ароматических летучих веществ. По окончании переработки, на данном участке получают следующие продукты:

- **Масло рапсовое рафинированное**, без применения водной и химической рафинации, как это имеет место при традиционной заводской технологии. Продукт характеризуется максимальной сохранностью там витаминного и антиоксидантного состава и всех нативных первоначальных свойств, характерных для цельного семени от нового урожая. Такой уровень качества способствует большей сохранности по срокам хранения, позволяет использовать его не только для пищевого назначения, но и в фармацевтике, косметологии, лечебно-профилактических и оздоровительных препаратах, составе БАД и др.

- **Фосфатиды очищенные**, получены отделением от масла в полном объёме и качественном составе, аналогичным по содержанию в необработанных семенах. Эта фракция выделена без применения водной гидратации и щелочного осаждения, с сохранением высокой биологической активности всех содержащихся там фракций, включая **лецитин**. В таком виде они широко востребованы в кондитерской области, косметологии. Фосфатиды по такому методу промышленностью страны не выпускаются, а получают их путём длительных операций при гидратации масла и в виде соапстока, вместе с натриевыми солями жирных кислот (мыла) при щелочной обработке. А после химической нейтрализации высокоценных жирных кислот, идут длительные по времени и с большими энергозатратами процессы отстоя, фильтрации, очистки от мыла, дегидратации всей массы экстрагированного гексаном масла. Поэтому фосфатиды по традиционной технологии могут применяться в основном только для скармливания животным в составе комбикормов.

- **Мисцела**, с низкой маслячностью и растворённых свободных жирных кислот, направляется на установку по регенерации этанола, изготавливаемую по разработанным нами чертежам и отличается низкой стоимостью по сравнению аналогичными аппаратами для спиртовой промышленности. С целью снижения энергозатрат, температурных режимов по испарению для предупреждения процесса инактивации БАВ, процесс ректификации проводится под вакуумом, а также используются новые, дополнительные факторы

интенсификации процессов регенерации спирта, которые учтены конструкцией установки, но на других установках не применяются. В конце процесса получают следующие продукты:

- **Этиловый спирт ректифицированный 96%** в полной готовности для повторного использования в процессе этанольной экстракции.

- **Свободные жирные кислоты** (полиненасыщенные и частично насыщенные), характеризующиеся сбалансированным соотношением омега 3, 6, повышенным содержанием омега 3 и 9 в сравнении с другими растительными маслами. Подробнее о значимости и применении всей выпускаемой номенклатуры см в основной информации по представлению Проекта.

Мы детально остановились на оценке эффективности отдельных технологических операций и в сравнении с традиционными заводскими схемами, так как каждая стадия переработки характеризуется определённой новизной и не имеет аналогов в отрасли. Одновременно, если оценивать не только уровень инновационности отдельных процессов, а в целом виде весь Проект по комплексной и глубокой переработке семян рапса на основе этанольной экстракции с аналогичными схемами других производителей, то следует отметить, что в промышленном масштабе комплексной и глубокой переработки масличных культур с помощью этанольной экстракции вообще **не существует**. Переработка семян масличных культур, именно в тесной взаимосвязи с получением расширенного ассортимента готовой продукции без гексановой экстракции, а с помощью спирта в заводских условиях **отсутствует**. До настоящего времени промышленная переработка семян рапса идёт исключительно только методом горячего и холодного прессования, с получением рапсового масла и рапсового жмыха. То есть в стране имеется производство только двух продуктов.

В этой связи, сравнение с аналогами или оценка конкурентоспособности Проекта с другими переработчиками по обсуждаемой схеме не представляется возможным **по причине отсутствия таковых** не только в РФ, СНГ, но и в мире. Свидетельством этому заключению служит не только научный поиск исследовательских работ по данной теме, но и факт того, что в мире производится 85 % концентрата соевого белка методом гексановой экстракции. Но поскольку этим способом гексан не способствует получению качественного белка при обезжиривании жмыха, промышленникам приходится производить повторную очистку концентрата дополнительной обработкой с помощью этанольной экстракции. Однако это касается только спиртовой очистки белкового концентрата от тех компонентов жмыха, которые ухудшают качество белка.

Что же касается экстракции масла вместо гексана спиртом, то такая технология пока не под силу промышленникам из-за отсутствия соответствующего оборудования, несмотря на разработанные технологии в лаборатории. Данный факт нами обсуждался и давалась сравнительная оценка в ходе анализа отдельных технологических схем, которые предлагались различными авторами патентов. Одновременно вносились альтернативные варианты с нашей стороны, в том числе по **апробированным** промышленным образцам.

Складывающиеся обстоятельства и существующие проблемы на данном участке масличной отрасли в стране и в мире придают Проекту ещё большую значимость и острую необходимость его оперативного внедрения по предлагаемой уникальной схеме.

Для практического внедрения предлагаемого Проекта и созданием промышленного предприятия на базе инновационной технологии потребуется поэтапное финансирование в объёме, который будет соответствовать каждому периоду, при котором будет выпускаться готовая продукция. Это касается объёмов по закупке готового и изготовлению нестандартного оборудования.

Технико-экономические показатели технологического процесса глубокой переработки семян рапса посредством этанольной экстракции

Объёмы выхода масла, высококонцентрированного белка с содержанием 90% протеина, фосфатидов, свободных жирных кислот (СЖК) за сутки от переработки 50 тонн семян рапса.

1	Объём переработки в сутки	50 т
2	Масличность семян рапса	45%
3	Предварительная подготовка семян: - полисахаридная фракция оболочки - Некондиционные семена , плева, мучка - ядро семени рапса очищенное	9 т 2 т 39 т
4	Выход первой части масла холодного отжима	14 т
5	Выход жмыха из ядра семени после холодного отжима	20 т
6	Всего масла после этаноловой экстракции, холодного отжима, зеленой рафинации и фильтрации	22 т
7	Получение в процессе этаноловой экстракции высоко концентрированного белка 90%	12 т
8	Выход фосфатидов и свободных жирных кислот после сепарации и фракционирования	1 т
9	Прочие фракции (сахара, крахмал, миниральные вещества)	4 т
10	Итого после переработки: $9 \text{ т} + 2 \text{ т} + 22 \text{ т} + 12 \text{ т} + 1 \text{ т} + 4 \text{ т} = 50 \text{ т}$	50 т
11	На последующем этапе планируется выпуск токоферолов, лецитинов, выделенных обезжиренных фосфатидов, Омега 3,6,9 и других биологически активных фракций с высокими потребительскими свойствами и добавочной стоимостью, широко востребованными в фармацевтике, медицине, косметологии, пищевой промышленности и др.	

Затраты в ходе глубокой переработки 50 тонн рапса в сутки, месяц, год (11 месяцев) посредством инновационной технологии этанольной экстракции.

1	Потребление электроэнергии: 200 кВт × 20 час/сутки = 4000 кВт/сутки × 7 руб/кВт = 28 000 руб.	28 000 руб./сутки
2	Потребление теплотенергии от газа: 30 Гкал/сутки × 90 куб. м/Гкал = 2700 куб. м × 6 руб/1 Гкал = 16 200 руб.	16 200 руб./сутки
3	З/п. на 1 чел. 3600 руб./ в смену: 3 смены в сутки, 18 чел. = 64 800 руб.,	64 800 руб./сутки
4	Налоги на ЗП: 64 800 руб. × 13% = 8 424 руб.	8 424 руб./сутки
5	Закупка семян рапса на одни сутки: 50 т × 31 500 руб./т = 1 575 000 руб.	1 575 000 руб./сутки
6	Технологические затраты за сутки: 28 000 руб. + 16 200 руб. + 64 800 руб. + 8 424 руб. + 1 575 000 = 1 692 424 руб.	1 692 424 руб./сутки
7	Технологические затраты за месяц (30 дней): 1 692 424 руб. × 30 дн = 50 772 720 руб./месяц	50 772 720 руб./месяц
8	Технологические затраты за год (11 месяцев): 50 772 720 руб./месяц × 11 месяцев = 558 499 920 руб./год	558 499 920 руб./год

Доходы от реализации продукции переработки 50 тонн рапса, полученной в процессе инновационной технологии, этанольной экстракции в сутки, месяц, год (11 месяцев).

1	Масло после этанольной очистки и рафинации: 23 900 литров/сутки (22 т × 0,92 кг/л) × 95 руб./кг = 2 090 000 руб./сутки	2 090 000 руб./сутки
2	Высококонцентрированный рапсовый белок после сепарации и фракционирования: 12 т × 250 000 руб./т/сутки = 3 000 000 руб./сутки	3 000 000 руб./сутки

3	Фосфатидный комплекс и свободные жирные кислоты: 1 т × 150 000 руб./т = 150 000 руб./сутки	150 000 руб./сутки
4	Полисахаридная фракция оболочки рапса: 9 т × 2 000 руб = 18 000	18 000 руб./сутки
5	Доход от реализации продукции за сутки, на этапе технологической переработки: 2 090 000 руб. + 3 000 000 руб. + 150 000 руб. + 18 000 руб. = 5 258 000 руб./сутки	5 258 000 руб./сутки
6	Доход от реализации продукции за месяц (30 дней) на этапе технологической переработки: 5 258 000 руб./сутки × 30 дн = 157 740 000 руб./месяц	157 740 000 руб./месяц
7	Доход от реализации нативной биологической продукции за год (11 месяцев), на этапе технологической переработки: 157 740 000 руб./месяц × 11 месяцев = 1 735 140 000 руб./год	1 735 140 000 руб./год
8	Прибыль на этапе технологической переработки за сутки: 5 258 000 руб. (доход в сутки) – 1 692 424 руб. (затраты в сутки) = 3 565 576 руб./сутки	3 565 576 руб./сутки
9	Прибыль на этапе технологической переработки за месяц: 3 565 576 руб./сутки × 30 дней = 106 967 280 руб./месяц	106 967 280 руб./месяц
10	Прибыль на этапе технологической переработки 16,5 тыс. тонн рапса за год (11 месяцев): 106 967 280 руб./месяц × 11 месяцев = 1 176 640 080 руб. за год	1 176 640 080 руб./год

Расчёт рентабельности проекта как оценка эффективности вложения ресурсов
Формула: Рентабельность = Прибыль разделить на Себестоимость и умножить на 100%

$$P = 1\,176\,640\,080 / 558\,499\,920 = 2,106 \times 100\% = 201\%$$