



*Зерно,  
биотехнологическая  
переработка, крахмал,  
кормовые и пищевые  
патоки, клейковина,  
пищевая ценность*

*Grain, biotechnological  
processing, starch, fodder  
and alimentary treacle,  
gluten, alimentary value*

## КОМПЛЕКСНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА

А.А. Кондрашев (фото)

д.ю.н, профессор, проректор по науке  
и международным связям

Н.А. Величко

д.т.н., профессор, директор Института пищевых производств  
В.Н. Невзоров

д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой технологии,  
оборудования бродильных и пищевых производств  
Института пищевых производств

М.А. Янова

к.с.-х.н, доцент кафедры технологии хранения  
и переработки зерна Института пищевых производств

Н.В. Присухина

к.т.н., доцент кафедры технологии хлебопекарного,  
кондитерского и макаронного производств  
Института пищевых производств

ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ», г. Красноярск

Экспорт зерна из России за 2014-2015 гг. составил 23,915 млн т. Количество зерна, собранного на территории Красноярского края в 2014 году, – 2,6 млн т, из них 1,5 млн т использовано для внутреннего потребления региона, а 800 тыс. т составили излишки.

В связи с этим, исследования, направленные на новые технологические решения, связанные с комплексной переработкой зерновых культур и получением продуктов с высокой добавочной стоимостью, в настоящее время являются актуальными и необходимыми в условиях Красноярского края. Они будут способствовать усилению продовольственной безопасности страны, снижению зависимости от ввозимого продовольствия.

В настоящее время в Красноярском крае за 1 полугодие 2015 г. количество экспортируемых и импортируемых злаков и продуктов на основе злаковых составило в тыс. долл.:

Экспорт:

1. Злаки – 1340,1;
2. Продукция мукомольно-крупяной промышленности – 36,7 (Монголия);
3. Готовые продукты из зерна, злаков, муки, крахмала, молока – 6,2 (Монголия);
4. Отходы пищевой промышленности, корм животным – 274,6 (Монголия);
5. Алкогольная и безалкогольная продукция – 2,5 (Украина).

Импорт:

1. Модифицированный крахмал, белковые вещества: 80,8 – (Германия); 0,1 – (Корея);

2. Алкогольная и безалкогольная продукция, уксус: 0,3 – Финляндия; 1,9 – Франция; 1,3 – Австрия; 0,2 – Чехия; 0,1 – Багамы; 0,6 – США; 0,5 Канада; 0,3 – Греция; 3,6 – Латвия; 0,7 – Ирландия; 0,1 – Италия; 0,2 – Южная Африка; 0,1 – Ямайка; 0,5 – Германия; 4,2 – Соединенное Королевство;

3. Готовые изделия из зерна и злаков, муки и крахмала: 0,1 – Германия; 3,7 – Китай;

4. Остатки и отходы пищевой промышленности, корма для животных: 32,4 – Испания.

Таким образом, из приведенных данных следует, что продукты с высокой добавочной стоимостью, производимые из зерна пшеницы почти все ввозятся из-за рубежа. Глубокая переработка зерна позволит минимизировать вывоз зерна с территории Красноярского края и получать продукты, которые в настоящее время импортируются.

Глубокая комплексная переработка зерна предполагает выделение и использование всех компонентов зернового сырья для получения различных продуктов (глюкозно-фруктозный сироп, мальтозная патока, глютен, крахмал и другие). Концепция глубокой переработки зерна на ценные продукты является эффективной альтернативой потенциально убыточному экспорту зерна, растущему дефициту белков в рационе питания человека. Решающая роль принадлежит значительному повышению эффективности использования зерна и продуктов его переработки, совершенствованию процессов глубокой переработки зернового сырья, разработке технологий новых мучных, крупяных продуктов и их смесей с заданным составом и регулируемыми свойствами. Следовательно, разработка эффективного оборудования, ресурсосберегающих технологий переработки зерна и использование зернопродуктов для создания ассортимента новых продуктов здорового питания с направленным изменением химического состава по количеству белка, микронутриентов и пищевых волокон является актуальной задачей. Представляет большой практический интерес разработка ресурсосберегающих технологий переработки зерновых культур в муку с направленным изменением качества и крупы повышенной пищевой ценности, которые могут быть полноценной основой продуктов нового поколения: хлебопродуктов, мучных и сахарных кондитерских изделий и напитков.

Глубокая переработка зернового сырья имеет несколько этапов, реализацию которых можно осуществить либо последовательно, либо параллельно. Первый этап – получение кормовых па-

ток из зерна. Реализация получения кормовых паток из зерна является малозатратной и может осуществляться непосредственно в небольших хозяйствах, или интегрироваться на существующих предприятиях по переработке зерна. В качестве сырья можно использовать не только зерно пшеницы, но и ржи, ячменя, овса и другие крахмалосодержащие продукты или отходы зерноперерабатывающих предприятий – элеваторов, мелькомбинатов. Инновационные технологии получения зерновых паток базируются на принципиально новых технических средствах.

Технология получения зерновых паток состоит из следующих операций:

1. измельчение зерна до дробленки;

2. дезинтеграция и нагревание водно-зерновой смеси в диспергаторе кавитационного действия (ДКД), где происходит желатинизация и разжижение водно-зерновых эмульсий под действием мультиэнзимных композиций (МЭК);

3. ферментация, в котором гидролизат подвергают осахариванию для получения кормовых паток.

Линия получения кормовой патоки автоматизирована и по возможности может быть компьютеризирована. Зерновые патоки в 1 кг содержат от 160 до 250 г легкоусвояемых углеводов (глюкозы и мальтозы), в них также сохраняются все биологические активные компоненты зерна. Они могут заменить кормовую сахарную свёклу и побочные продукты сахарных заводов (сахарные патоки) в рационах крупного рогатого скота. Зерновые патоки на 40-60% дешевле, чем зернодробленка. Преимуществами такой технологии получения кормовых паток из зерна являются: возможность использования фуражного зерна в более глубокую переработку с целью извлечения большей прибыли; близость к потребителю; простота и универсальность линии; различные объемы по производительности; энергосбережение; экологичность производства; быстрая окупаемость [1, 2, 3]. Реализация данной технологии потребует изучения технологических режимов.

Глубокая переработка фуражного зерна (рис. 1) предусматривает получение из него таких продуктов, как нативные крахмалы и нативная клейковина. Нативный крахмал может подвергаться ферментативному гидролизу с получением пищевых паток, глюкозы и глюкозо-фруктозных сиропов, которые в настоящее время являются импортируемым в регион продуктом. Клейковина является ценным белковым продуктом, широко используемым в пищевой промышленности.



Рисунок 1 – Принципиальная схема глубокой переработки зерна пшеницы

Производство крахмала и крахмалопродуктов в мире непрерывно возрастает и занимает одно из ведущих мест в экономике промышленно развитых стран. Это связано как с резким ростом выработки сахаристых продуктов из крахмала, получением химически модифицированных крахмалов, так и с организацией производства биоразрушаемых полимерных материалов и различной микробиологической продукции. В России производится только 2,5 кг крахмала и крахмалопродуктов на одного человека. Мировой рынок крахмала составляет около 60-65 млн тонн в год, из них 35–45 млн тонн производят США, получая генетически модифицированный кукурузный крахмал [4].

В настоящее время глубокая переработка российского зерна отсутствует. Имеется только незначительная переработка кукурузы и кукурузного крахмала. Объем получаемого российского кукурузного крахмала составляет до 80 тыс. тонн в год. Производство пшеничного крахмала в России из местного сырья незначительно, он поставляется в основном из Таиланда и Китая. Крахмал и его производные широко используются для пищевых целей как углеводные продукты, а также как студнеобразователи, загустители, эмульгаторы, обладающие высокой водоудерживающей способностью. Крахмал входит в состав более

7000 пищевых продуктов и, кроме того, широко используется в ряде стратегических отраслей, таких как медицинской, нефтехимической, металлургической, целлюлозно-бумажной. В медицине крахмал применяется как наполнитель при таблетировании лечебных средств, как основа для получения кровезаменителей, а продукт полного гидролиза крахмала – глюкоза – является незаменимым и широко используемым медицинским препаратом.

Крахмал как основной вид сырья используется в производстве этилового спирта – пищевого, медицинского и технического назначений. Крахмал и его модификации нашли широкое применение в технических целях: в бумажной и текстильной индустрии, для приготовления формовочных смесей в литейном производстве, для стабилизации глинистых растворов при нефтебурении и др. В отличие от полимеров, получаемых из природного невозобновляемого сырья (нефти, газа), крахмал является биоразрушаемым полимером, который может широко использоваться для производства упаковочных, укрывных материалов, посуды разового пользования. По мнению экспертов, потребность в крахмалах в России на начальном этапе составляет от 0,5 до 1,0 млн т/год и в настоящее время удовлетворяется, главным образом, за счет импорта [4]. Цен-

ными продуктами, получаемыми из крахмала, являются сахаристые крахмалопродукты, такие как пищевые патоки различного назначения, глюкозно-фруктозные сиропы, глюкоза пищевая и медицинская, фруктоза пищевая и медицинская.

По зарубежным данным, производство сахаристых крахмалопродуктов из зернового сырья рентабельнее на 30-45% производства сахара из сахарной свеклы [5]. В последнее время в промышленно развитых странах свекловичный и тростниковый сахар в рационе питания и при промышленной переработке все больше заменяется сахаристыми крахмалопродуктами. Это мальтодекстрины, низкосахаренная, карамельная, глюкозно-мальтозная и некоторые другие виды крахмальных патоки, глюкоза, фруктоза кристаллическая, сиропы глюкозные и глюкозно-фруктозные с различным содержанием фруктозы (от 42 до 95%). В Российской Федерации глюкозно-фруктозные сиропы не производятся. Сахаристые крахмалопродукты очень широко используются в разных отраслях пищевой промышленности и успешно заменяют традиционные сахара в безалкогольных напитках на 100%, в кондитерских изделиях – до 50%, при консервировании – на 70%, хлебобулочных изделиях – на 25%, молочных продуктах – на 35% и т.д. Объем потребления жидких сахаров в Российской Федерации значительно ниже мирового уровня и составляет около 3 кг в год на душу населения против 30 кг в США.

В нашей стране в настоящее время наблюдается большой дефицит протеина (около 600 тыс. т), который можно восполнить за счет глубокой переработки зерна пшеницы. Наряду с получением крахмала из пшеницы, можно получить нативный белок – сухую пшеничную клейковину (глютен). Глютен представляет смесь натуральных водонерастворимых белков (глиадина и глютеина), в процессе гидратации образует волокна с упругой консистенцией. Стоимость глютена на мировых рынках составляет 1200-1500 долларов за тонну. Смешивание глютена со «слабой» мукой, позволяет повысить качество и выход хлебобулочных изделий.

Клейковина способствует увеличению водопоглотительной способности теста, улучшению его физических свойств, повышению показателей качества хлеба, структурно-механических свойств мякиша, выхода и срока хранения хлебобулочных изделий. Сухая пшеничная клейковина помогает стабилизировать качество муки, позволяет вырабатывать продукцию (муку, хлеб,

хлебобулочные изделия) стандартного качества, расширять ассортимент вырабатываемой муки, одновременно вовлекая в производство большие объемы зерна 4-го класса. Применение сухой клейковины также дает возможность использовать при хлебопекарном помоле зерно пшеницы 5-го класса.

Кроме хлебопекарной промышленности глютен может использоваться в производстве макаронных изделий. Макароны свойства муки, которые характеризуют возможность получения из нее изделий высокого качества, определяются, главным образом, количеством клейковины. Клейковина в макаронном производстве выполняет две основные функции: является пластификатором и связующим веществом. Для повышения плотности и улучшения структуры готовых изделий она может использоваться в мясоперерабатывающей промышленности. Клейковина может применяться для приготовления готовых зерновых завтраков в состав которых могут быть включены пшеничные или овсяные отруби, жир, сушеные фрукты, орехи, витамины, минеральные и другие добавки. Для обогащения готовых завтраков белком используется пшеничная клейковина или соевая мука. Введение в готовые завтраки клейковины способствует обогащению их белком, сохранению витаминов, минеральных веществ. Кроме того, клейковина является эффективной добавкой для связывания кусочков и обрезков мяса, из которых готовятся бифштексы, котлеты, консервированная ветчина. Сухая клейковина используется как добавка (в количестве от 2 до 6%) в мясной и сосисочный фарши и другие мясные эмульсионные продукты. Сухая пшеничная клейковина является натуральным биобезопасным продуктом, который может заменить соевый белок во многих мясных пищевых продуктах.

Гидролизованная клейковина, подвергнутая экструзии (прессованию), может использоваться при разработке новых продуктов питания – аналогов мяса, крабов, искусственной икры. Вязкоупругие свойства клейковины позволяют применять ее при изготовлении аналогов сыра, имеющих текстуру и вкусовые качества натурального сыра. Сухая пшеничная клейковина в сочетании с соевым белком может быть использована для замены до 30% казеината натрия при изготовлении сыров; в количестве 3-6% от массы компонентов смеси она может быть применена в производстве плавящихся сыров. Наиболее высокая консистенция плавящихся сыров отмечается при введении в

рецептуру 3% клейковины во всем исследуемом диапазоне массовой доли влаги (46–48%) в готовом продукте [4].

Для повышения питательной ценности рыбных кормов используется пшеничная клейковина. Свойства клейковины обеспечивают связывание, необходимое для шариков и гранул корма, её нерастворимость в воде уменьшает разрушение гранул и шариков. Вязкоупругие свойства клейковины улучшают жевательные свойства корма. Для этого клейковина экструдирована, насыщается воздухом и на ее основе получается в зависимости от требований – либо плавающий, либо погружающийся на дно корм. Пшеничная клейковина применяется как основа жевательной резинки, а также в косметических изделиях (тушь для ресниц), в фармацевтической промышленности для таблетирования.

Согласно литературным данным, при переработке 100 тыс. т зерна можно получить 8,5 тыс. т сухой клейковины, 15 тыс. т глюкозно-фруктозного сиропа, 30 тыс. т пшеничного крахмала, 24 тыс. т модифицированного крахмала, 20 тыс. т отрубей [6].

Одной из важнейших технологических операций при глубокой переработки зерна является выполнение рассевов получаемых пищевых продуктов. Существующее оборудование, применяемое для отсева продуктов переработки зерна, имеет существенные недостатки, такие как низкая производительность, большая металлоемкость и высокое энергопотребление. Для решения данной проблемы в Краснодарском ГАУ был разработан вибрационно-центробежный сепаратор, обеспечивающий повышение эффективности отсева за счет целенаправленного программирования функций вибрации, а также безступенчатое управление и плавность регулирования процессом. Кинематическая схема вибрационно-центробежного сепаратора представлена на рисунках 2, 3.

Вибрационно-центробежный сепаратор содержит раму 1, на которой вертикально установлен вал 2, барабан 3, выполненный в виде обращенного меньшим основанием вниз усеченного конуса и установленный на валу 2, привод вращения барабана (не показан) со шкивом 4, блок управления вибратором 5 для сообщения барабану 3 круговых колебаний и загрузочную воронку 6. Барабан 3 закрыт кожухом 7, на котором закреплены приемные лотки 8 и 9 для проходовой и сходовой фракций соответственно, штоки 10 цилиндров 11 с эластичными тороидами 12, соединительные шланги 13. Рабочая поверхность барабана 3 выполнена в виде сменных сит, диаметр которых зависит от сепарируемой смеси.

Вибрационно-центробежный сепаратор работает следующим образом. Зерновая смесь, через загрузочную воронку 6 поступает на рабочую поверхность барабана 3 и движется по ней в результате вращения и круговых колебаний барабана 3, благодаря чему разделяется на две фракции. Мелкие зерна проходят через отверстия сит и поступают в приемный лоток 8, а крупные зерна идут сходом по рабочей поверхности барабана 3 и поступают в приемный лоток 9. Круговые колебания барабана 3 обеспечивает блок управления 5, в котором задается алгоритм подачи в цилиндры 11 пневмоимпульсов. Блок управления 5 позволяет получать многовариантность настройки амплитуды и частоты пневмоимпульсов, возможность целенаправленного программирования функций вибраций бесступенчатого управления и плавности регулирования. По шлангу 13 пневмоимпульсы (заданной частоты и амплитуды)

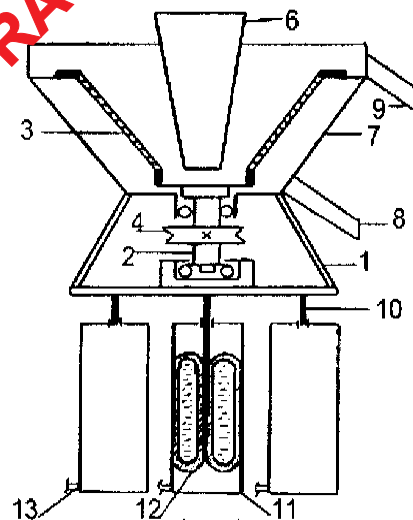


Рисунок 2 – Общий вид устройства

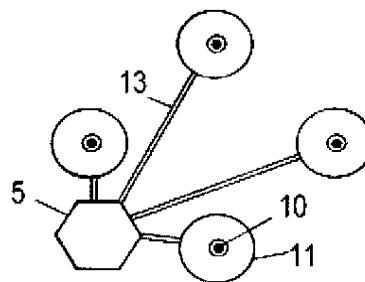


Рисунок 3 – Схема управления вибраций

поступает в один из цилиндров 11, его эластичный тороид 12 перекачивается вверх, продвигая вверх шток 10 своего цилиндра 11 и поднимая край рамы 1. Следующий пневмоимпульс подается в соседний цилиндр 11 аналогично, шток которого поднимает соседний край рамы 1. Пневмоимпульсы поочередно подаются по кругу в цилиндры, поднимая их штоки, и соответственно совершаются движения рамы с сепаратором. Создавая периодически резкий сброс давления в цилиндрах 11, барабан 3 получает встряску (через раму 1), что способствует повышению эффективности отсева и самоочистки сита [5].

Таким образом, в области глубокой переработки пшеницы имеется потенциал развития

растениеводства. Приоритетным направлением развития переработки пшеницы в Российской Федерации должно быть разделение углеводной и белковой части зерна для пищевых целей. Такой путь развития позволит получать здоровые, полезные продукты: быстрого приготовления, чипсы, снеки, функциональную еду для детей, спортсменов и больных, создать производство кормов и кормовых добавок для сельскохозяйственных животных, рыб.

Разработка и внедрение высокотехнологичного оборудования будет способствовать получению продукции глубокой переработки зерна с улучшенными потребительскими свойствами, снижению материальных затрат.

#### Литература

1. Патент 2285725 Российская Федерация, МПК С13К1/06 (2006.01). Способ получения сахаристых продуктов из зернового сырья [Текст] / Аксенов В.В., Порсев Е.Г., Незамутдинов В.М., Мотовилов К.Я.; заявитель и патентообладатель ГНУ СибНИПТИП СО РАСХН. – № 2004134764/13; заявл. 16.11.2004; опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29. – 6 с.

2. Патент 2346461 Российская Федерация, МПК А23К1/00 (2006.01) А23К1/16 (2006.01). Способ получения глюкозно-мальтозо-аминокислотной кормовой добавки из зерна злаковых культур пшеницы и ржи [Текст] / Аксенов В.В., Мотовилов К.Я., Мотовилов О.К.; заявитель и патентообладатель ГНУ СибНИПТИП СО РАСХН. – № 2006115713/13; заявл. 06.05.2006; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. – 4 с.

3. Патент 2340681 Российская Федерация, МПК С13К1/06 (2006.01). Способ получения сахаристых продуктов из ржаной и пшеничной муки [Текст] / Аксенов В.В., Порсев Е.Г., Мотовилов К.Я.; заявитель и патентообладатель ГНУ СибНИПТИП СО РАСХН. – № 2004125119/13; заявл. 03.08.2004, опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34. – 5 с.

4. Аксенов, В.В. Биотехнологическая переработка как фактор повышения пищевой ценности зерновых крахмалоносов [Текст] / В.В. Аксенов // Материалы междунауч. практ. конф. «Храни, технологии и здоровье» / Институт за исследования и развитие на храните Селскостопанска академия. – Пловдив, 2013. – С. 38-43.

5. Сорокоумова, Т. Что такое глубокая переработка зерна [Текст] / Т. Сорокоумова // Агроинфо. – 2015. – 14 апр. – С.1-2.

#### References

1. Patent 2285725 Rossijskaja Federacija, MPK S13K1/06 (2006.01). Sposob poluchenija saharistyh produktov iz zernovogo syr'ja [Tekst] / Aksenov V.V., Porsev E.G., Nezamutdinov V.M., Motovilov K.Ja.; zajavitel' i patentoobladatel' GNU SibNIPTIP SO RASHN. – № 2004134764/13; zajavl. 16.11.2004; opubl. 20.10.2006, Bjul. № 29. – 6 s.

2. Patent 2346461 Rossijskaja Federacija, MPK A23K1/00 (2006.01) A23K1/16 (2006.01). Sposob poluchenija gljukozno-maltozo-aminokislotnoj kormovoj dobavki iz zerna zlakovyh kul'tur pshenicy i rzhi [Tekst] / Aksenov V.V., Motovilov K.Ja., Motovilov O.K.; zajavitel' i patentoobladatel' GNU SibNIPTIP SO RASHN. – № 2006115713/13; zajavl. 06.05.2006; opubl. 20.02.2009, Bjul. № 5. – 4 s.

3. Patent 2340681 Rossijskaja Federacija, MPK C13K1/06 (2006.01). Sposob poluchenija saharistyh produktov iz rzhanoj i pshenichnoj muki [Tekst] / Aksenov V.V., Porsev E.G., Motovilov K.Ja.; zajavitel' i patentoobladatel' GNU SibNIPTIP SO RASHN. – № 2004125119/13; zajavl. 03.08.2004, opubl. 10.12.2008, Bjul. № 34. – 5 s.

4. Aksenov, V.V. Biotehnologičeskaja pererabotka kak faktor povyšeniya pishhevoj cennosti zernovyh krahmalonosov [Tekst] / V.V. Aksenov // Materialy mezhd. nauch. prakt. konf. «Hrani, tehnologii i zdравe» / Institut za izsledvane i razvitie na hranite Selskostopanska akademija. – Plovdiv, 2013. – S. 38-43.

5. Sorokoumova, T. Chto takoe glubokaja pererabotka zerna [Tekst] / T. Sorokoumova // Agroinfo. – 2015. – 14 apr. – S.1-2.