

СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МИСКАНТУСА

В.В. Будаева, Р.Ю. Митрофанов, В.Н. Золотухин, О.С. Архипова

В статье приведены результаты определения химического состава российского мискантуса разного возраста и исследования зависимости выхода и характеристик целлюлозы из мискантуса от возраста растения и способа его переработки.

Ключевые слова: химический состав, российский мискантус, выход и характеристики целлюлозы, возраст растения, способ переработки

ВВЕДЕНИЕ

Мискантус (*Miscanthus*) – род многолетних травянистых растений семейства злаков. В настоящее время за рубежом активно ведутся исследования по переработке различных видов мискантуса, в основном Мискантуса китайского (*Miscanthus sinensis*) и Мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*) [1]. Это растение позиционируют в качестве перспективного целлюлозосодержащего сырья как для производства целлюлозы и продуктов её химической модификации [2, 3, 4], так и для биотехнологического получения растворимых углеводов и биоспиртов [5].

В России мискантус выращивали для посадки на берегах засыхающих озёр с целью спасения озерной флоры и фауны и очистки воды, для борьбы с эрозией почв (против образования оврагов). В результате популяционно-генетических и селекционных исследований мискантуса в Институте цитологии и генетики Сибирского отделения РАН (ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск) была выведена необычная форма растения с очень длинными корневищами, которые после посадки в рядки быстро колонизируют почвенное пространство и создают ровную плантацию мискантуса, представляющую собой уже на третий год посадки сплошные заросли высотой до 2,5 м. Изучение биологии новой формы мискантуса показало возможность создания агропромышленной технологии производства целлюлозосодержащего сырья в качестве альтернативного источника целлюлозы многоцелевого назначения в условиях Западной Сибири [6].

Целями данной работы являются определение химического состава российского мискантуса разного возраста и исследование зависимости свойств целлюлозы из мискантуса от возраста растения и способа его переработки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования являются мискантус урожая 2008 года (возраст растения 9 лет), мискантус урожая 2009 года (возраст растения 1 год), мискантус урожая 2009 года (возраст растения 2 года), которые выращены на плантациях ИЦиГ СО РАН в Новосибирской области и предоставлены в ИПХЭТ СО РАН для исследований.

Определение влажности, зольности (в пересчёте на абсолютно сухое сырьё – а.с.с.), массовой доли экстрактивных веществ (экстрагент – дихлорметан, в пересчёте на а.с.с.), массовой доли кислотонерастворимого лигнина (в пересчёте на а.с.с.), массовой доли целлюлозы методом Кюршнера (в пересчёте на а.с.с.) проводилось по стандартным методикам анализа растительного сырья [7].

Белёную целлюлозу получали натронной варкой (в качающемся автоклаве П.М. 2518 РФ, МКИ⁵ 6 В 01 J 3/04) и отбелкой перекисью водорода в щелочной среде по методике [8].

Техническую целлюлозу получали так называемым азотнокислым способом, рекомендованным ранее для соломы злаковых культур в книгах [9, 10] и мофицированным для мискантуса [11].

Анализ полученных технических целлюлоз и белёных целлюлоз (влажность, зольность (а.с.с.), массовая доля α – целлюлозы (а.с.с.)) проводили по методикам [12], массовую долю остаточного кислотонерастворимого лигнина (а.с.с.) и массовую долю смол и жиров (а.с.с.) – по методикам [13].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Собранный в начале октября спелый мискантус в процессе транспортировки и хранения легко теряет влагу до 8-12 %, что соответствует влажности воздушно-сухого сырья. Листья сухого мискантуса намного прочнее листьев культурных злаков, поэтому они сохраняются при сборе, валковании, брикетировании.

СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МИСКАНТУСА

ровании сырья, их массовая доля в сырье осенью составляет 20-30 % и сохраняется в течение всего срока хранения.

Несмотря на многочисленные данные по химическому составу зарубежного мискантуса [1-6], в литературе отсутствуют результаты определения содержания основных компонентов сырья в зависимости от возраста растения, поэтому, прежде всего, в мискантусах первого года, второго года и девятого года одновременно были определены в пересчете на а.с.с. массовая доля экстрактивных веществ (в качестве экстрагента – дихлорметан), зольность, массовая доля кислотонерастворимого лигнина, массовая доля целлюлозы по Кюршнеру. Последняя характеристика была определена в листьях и стеблях (соломинах) отдельно. Полученные результаты представлены в таблице 1 и в виде диаграммы на рисунке 1.

Таблица 1

Массовая доля экстрактивных веществ (экстрагент – дихлорметан)

| Образец | Массовая доля экстрактивных веществ (а.с.с.), % |
|---------------------|---|
| Мискантус 1-го года | 4,3 |
| Мискантус 2-го года | 4,1 |
| Мискантус 9-го года | 4,9 |

Экстрактивные вещества, выделенные из мискантуса с использованием дихлорметана, представляют собой жиро-восковую фракцию, консистенции легкоплавкого жира с приятным травянистым запахом, окрашенную в желто-зеленый цвет. Массовая доля жиро-восковой фракции для всех трех образцов сырья, хранившихся длительное время с момента сбора, находится в пределах 4,1-4,9 %, что количественно соответствует результатам ранее проведенных исследований для соломы злаковых культур [14]. Отсутствие зависимости массовой доли фракции от возраста мискантуса можно объяснить различным сроком хранения с момента сбора до исследования сырья.

Следует отметить, что существует единственное подробное описание липофильной фракции из соломы европейского мискантуса (с исключением листьев в отдельную пробу), полученной авторами [15] с использованием в качестве экстрагента «дихлорметана 99 % чистоты фирмы Sigma chemicals» с выходом всего 0,53-0,63 %. Несмотря на низкий выход, авторы исследовали жирнокислотный состав

фракции, обнаружили непредельные жирные кислоты (НЖК) и в выводах обсуждают необходимость введения отдельной стадии выделения липофильной фракции в процессе переработки мискантуса в целлюлозу. Это они связывают, во-первых, с исключительной фармацевтической ценностью НЖК, и во-вторых, с необходимостью удаления липофильной фракции из сырья для проведения эффективной варки и отбеливания целлюлозы, поскольку известно, что именно эта фракция зачастую является причиной образования отложений в технологических аппаратах и значительно снижает качество волокна.

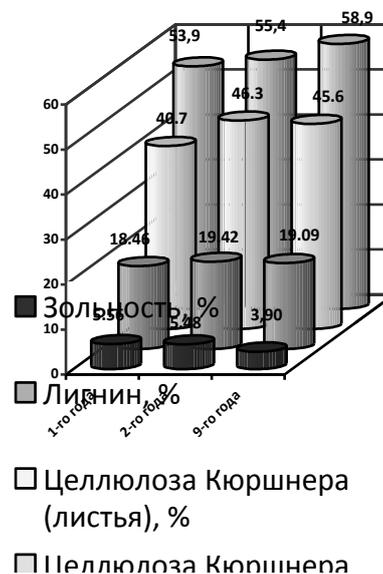


Рисунок 1. Химический состав мискантуса первого, второго и девятого года

Идея необходимости получения липофильной фракции из недревесного сырья, в частности, из соломы и плодовых оболочек культурных злаков, была обоснована намного раньше [14, 16-18], но в статье [15] она впервые высказана применительно к мискантусу.

Таким образом, обнаружено, что содержание экстрактивных веществ, выделенных, в частности, дихлорметаном, в российском мискантусе почти в 8 раз больше, чем в зарубежных растениях. Этот факт необходимо учесть при разработке технологии комплексной переработки сырья и, особенно, при характеристике целевой целлюлозы из мискантуса.

Зависимость массовых долей основных компонентов сырья: золы, лигнина, а также целлюлозы в листьях и стеблях мискантуса от возраста растения, представленная на рисунке 1, не имеет аналогов, поскольку это растение является древесной травой (злаком). Тем не менее, известно, что в сравне-

нии с древесиной на химический состав злаков значительное влияние оказывают условия произрастания, состав почвы, климатические условия, видовые особенности, так как структура стебля окончательно формируется в течение всего 6-8 месяцев.

Причина зависимости зольности от возраста мискантуса, представленная на рисунке 1, а именно, уменьшение зольности от 5,56-5,48 % для молодого растения до 3,90 % для зрелого, заключается в особенности развития и роста корневой системы многолетней травы.

Поскольку в первый год при прорастании из корневища образуется кочка с одним побегом, то ко второму и последующим годам их число быстро увеличивается до десятков единиц. В последующие годы плотность стеблей стабилизируется на уровне 200-220 штук на кв.м. Корневища образуют в почве на глубине 5-20 см сплошную сеть и их длина составляет 60-65 м/м². За сезон они вырастают до метра и более, кроме того, вдоль них закладываются почки, которые и обеспечивают сплошное отрастание новых побегов [6]. Таким образом, в связи с увеличением числа стеблей происходит перераспределение минеральных веществ почвы в стебле (без использования дополнительных подкормок почвы) и, как следствие, уменьшение зольности в сырье.

В отличие от зольности, массовая доля кислотонерастворимого лигнина в образцах различного возраста находится, примерно, на одном уровне 18,46-19,42 %, что соответствует характеристике зарубежного зрелого мискантуса, приведенного в [1-5].

Так как молодой мискантус представляет собой мягкий стебель длиной не более 1,0 м с большим количеством листьев, а зрелое растение имеет стебель высотой до 3,0 м с гораздо меньшим количеством листьев и известно, что в стеблях злаков целлюлозы содержится больше [10, С. 131-133], определение массовой доли целлюлозы проводили в листьях и стеблях отдельно для каждого образца мискантуса.

В результате обнаружено, что содержание целлюлозы в листьях находится в пределах 40,7-46,3 % и значимо различается для мискантусов первого года и второго года жизни. В то время как в стебле (соломине) содержание целлюлозы намного выше и составляет 53,9-58,9 %. Имеет место зависимость содержания целлюлозы в стебле от возраста растения: 53,9 % – для первого года и 58,9 % – для зрелого мискантуса (9-го года),

т.е. с возрастом растения содержание целлюлозы повышается.

Ранее были определены массовые доли целлюлозы в мискантуса без разделения на листья и стебли [19]: для первого года – 51,3 %, для второго года – 53,7 %, для зрелого – 57,4 %. Несмотря на некоторое завышение результатов при определении целлюлозы по Кюршнеру, полученные результаты позволяют предположить целесообразность переработки мискантуса уже второго года жизни в целлюлозу целевого назначения. Хотя целлюлоза, полученная из молодого мискантуса, будет характеризоваться полидисперсностью в связи с наличием в целевом продукте низкокачественной целлюлозы из листьев.

Некоторые способы получения целлюлозы из зарубежного мискантуса описаны в книге [1]. В Республике Китай промышленным способом получения целлюлозы из Мискантуса *sacchariflorus* (амурского) является крафт-варка: в смеси гидрооксида натрия с сульфатом натрия при средневысоких температурах. В 1984-1988 гг. китайские исследователи Йи-минг и Ю, Мин и Хенгжонг, Юанлу и Зайжонг рекомендовали температуру варки 165 °С с гарантией получения целлюлозного продукта с выходом 54 % с остаточным лигнином 1,15-1,33 %. Результаты исследования целлюлозы показывают средний размер волокна 0,73 мм и высокое содержание мелкодисперсных волокон (38,7 %).

С 1987 г. производство крафт-целлюлозы Мискантуса *sacchariflorus* на целлюлозно-бумажной фабрике Юиянг составляет приблизительно 120 т/день. В результате дополнительных исследований, проведенных непосредственно на фабрике, сделан вывод о том, что печатная бумага, изготовленная с использованием крафт-целлюлозы Мискантуса *sacchariflorus* в качестве основного сырья (до 80 %) и сосновой целлюлозы в качестве второстепенного сырья, имеет высокую степень непрозрачности и хорошую абсорбционную способность краски. Она считается подходящей для ротационной машины высокой печати, а также для офсетной печати.

С целью исключения из процессов получения целлюлозы мискантуса высокотоксичных (сернистых и хлорсодержащих) соединений предприняты другие химические обработки сырья. Самыми перспективными из химических методов, которые исследуются в настоящее время за рубежом, являются натронная варка целлюлозы, использование органических катализаторов и обработка органическими растворителями и разбавлен-

СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МИСКАНТУСА

ными водными кислотами (органосоль-процессы).

Исследование получения целлюлозного продукта мискантуса с помощью щелочной делигнификации при низких температурах проводилось Университетом Сантьяго де Компостелла как часть европейского проекта Miscanthus Productivity Network [20]. В качестве сырья – образцы урожая *Miscanthus giganteus* возрастом два года. Обработку проводили в устройстве для многокомпонентной микроварки НААТО, состоящей из 8 блоков объемом 0,22 л и имеющей вращающиеся элементы для полного взаимодействия измельченного сырья и выщелачивающего раствора. В результате был сделан вывод о том, что использование NaOH в качестве агента делигнификации позволяет производить целлюлозный продукт из мискантуса при умеренных температурах с хорошим выходом (около 60 %) и приемлемыми значениями остаточного лигнина (менее 10 %, что соответствует солиubilизации лигнина близкой к 80 %).

Обширные исследования по варке целлюлозы мискантуса на основе добавления органического катализатора для повышения влияния делигнифицирующего агента проводились в Германии в начале 90-х гг. [21]. При использовании антрахинона, как при сульфатной варке, так и натронной варке, получены интересные результаты.

Антрахинон известен как мощный катализатор реакции окисления-восстановления в подобных процессах, в частности, когда варят недревесный материал. Однако, поскольку он дорогой и его нельзя регенерировать, добавление даже самого малого количества антрахинона можно допустить только в том случае, если он критически улучшит выход или качество получаемого целлюлозного продукта.

В данном случае было обнаружено, что добавление 0,05 % антрахинона существенно улучшает делигнификацию в обоих процессах, не влияя на выход целлюлозной варки. Поэтому, по мнению авторов в обоих случаях применение антрахинона может быть оправдано заметным снижением числа Каппа (содержания лигнина), что делает возможным бесхлорное выщелачивание до высоких величин яркости (аналога российского термина белизны).

Этими же авторами [21] проводились предварительные исследования варки целлюлозы мискантуса с использованием как щелочного агента, так и органического растворителя, в соответствии с общими параметрами процесса ASAM (alkaline sulfite anthraquinone methanol pulping process). Процесс ASAM является промышленным получением целлюлозы из тополя и другой лиственной древесины и основан на щелочной сульфитной варке с добавлением антрахинона и метанола. В результате проведенных исследований был сделан вывод о том, что использование метанола не является необходимым для промышленной переработки мискантуса в качестве замены древесины тополя.

И наконец, проведены научно-исследовательские работы по обработке органосоль-процессом мискантуса Университетом Сантьяго де Компостелла. Преимущество органосоль-процессов в сравнении с традиционными методами производства целлюлозы состоит в том, что обширная и быстрая делигнификация лигноцеллюлозного материала достигается при более низких давлениях и температурах, чем при промышленных методах. Кроме этого, три основные полимерные фракции (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин) биомассы можно разделить на три разные фазы или этапа и легче регенерировать реактивы.

Испытаны два разных органосоль-процесса: метод Баттеля (фенол и разбавленная водная соляная кислота) и ацетосоль-метод (уксусная кислота с концентрацией 70-95 % и соляная кислота с концентрацией 0,16-1,00 %). Работа осуществлена по границированной композиционной модели (методом моделирования), которая практически уменьшила объем экспериментальных работ.

Нами проведены исследования целлюлоз из российского мискантуса различного возраста только двумя способами: первый – натронная варка и отбелка перекисью водорода, второй – азотнокислый способ (комбинация последовательных обработок азотной кислотой и гидрооксидом натрия).

Выход и характеристики белёных целлюлоз из мискантусов разного возраста, полученных натронной варкой и отбелкой [8], представлены в таблице 2.

Таблица 2

Выход и характеристики белёных целлюлоз из мискантусов второго года и девятого года жизни, полученных натронной варкой и отбелкой

| Образец | Выход (а.с.с.), % | Влажность, % | Зольность (а.с.с.), % | Лигнин (а.с.с.), % | α-целлюлоза (а.с.с.), % |
|---|-------------------|--------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|
| Белёная целлюлоза (мискантус 2-го года) | 38,95 | 3,60 | 0,55 | 2,57 | 86,30 |
| Белёная целлюлоза (мискантус 9-го года) | 40,80 | 1,60 | 0,20 | 1,26 | 88,20 |

Приведенные в таблице 2 результаты являются усреднёнными значениями нескольких экспериментов.

Сравнение зольности и массовой доли остаточного лигнина в белёных целлюлозах из зрелого и молодого мискантусов позволя-

ют сделать вывод об относительной легкости удаления золы и лигнина из зрелого сырья методом натронной варки и отбелки перекисью водорода в щелочной среде, в частности, содержания этих компонентов в беленой целлюлозе в два раза меньше: 0,20 % и 1,26 % соответственно в сравнении с 0,55 % и 2,57 % в беленой целлюлозе из молодого мискантуса. Степень делигнификации находится в пределах 87-93 %.

Кроме того, имеет место более высокое содержание α-целлюлозы в продукте из зрелого растения: на 2 % выше, чем из молодого (88,20 % и 86,30 % соответственно). Более высокий выход целлюлозы на 1,8 % (40,80 % в сравнении с 38,95% в пересчете на массу исходного мискантуса) дополнительно свидетельствует в пользу переработки именно зрелого сырья. Тем не менее, полученные результаты анализа беленой целлюлозы не противоречат возможности получения ее и из молодого мискантуса.

Азотнокислый способ получения целлюлозы заключается, прежде всего, в обработке

сырья разбавленной азотной кислотой, в процессе которой происходит полный гидролиз гемицеллюлоз и частичное окисление (деструкция) лигнина. Последующая обработка лигноцеллюлозного материала раствором гидроксида натрия удаляет деструктурированный лигнин из целлюлозы.

Выход и характеристики технических целлюлоз из мискантуса разного возраста, полученных азотнокислым способом [11], представлены в таблице 3. Целлюлозы № 1, 2, 3 получены на лабораторной установке, образец № 4 получен на опытно-промышленной установке.

Во всех случаях получена техническая целлюлоза с содержанием остаточного лигнина 3,3-4,6 %, что соответствует степени делигнификации 76-83 %.

Сравнение массовой доли остаточного лигнина в технических целлюлозах из молодого и зрелого мискантусов еще раз подтверждает относительную легкость делигнификации зрелого сырья в процессе получения целлюлозы.

Таблица 3

Выход и характеристики технических целлюлоз из мискантусов разного года жизни, полученных азотнокислым способом

| Образец | Выход, % | Влажность, % | Зольность (а.с.с.), % | Лигнин (а.с.с.), % | α-целлюлоза (а.с.с.), % |
|-----------------------------------|----------|--------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 Целлюлоза (мискантус 1-го года) | 31,30 | 3,60 | 4,50 | 4,59 | 94,09 |
| 2 Целлюлоза (мискантус 2-го года) | 31,30 | 2,80 | 4,40 | 4,30 | 92,58 |
| 3 Целлюлоза (мискантус 9-го года) | 34,40 | 3,00 | 4,70 | 3,32 | 93,25 |
| 4 Целлюлоза (мискантус 9-го года) | 38,40 | 2,70 | 4,20 | 3,53 | 90,30 |

Примечание: образец № 4 получен на опытно-промышленной установке ИПХЭТ СО РАН

Аналогично изложенному выше для натронной варки, выход целлюлозы из зрелого сырья выше, чем из молодого, и составляет 34,40-38,40 % и 31,30 % соответственно. В то же время закономерностей, связанных с содержанием α-целлюлозы в зависимости от возраста сырья для азотнокислого способа, не прослеживается.

Для завершения проведенных исследований зависимости выхода и характеристик целлюлоз от способа получения и возраста российского мискантуса необходимо дополнительно определить степень полимеризации полученных целлюлоз и массовую долю жиро-восковой фракции в целевом продукте.

Работа выполнена в рамках междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 73.

ВЫВОДЫ

Исследован химический состав мискантусов разного возраста.

Определены выход и характеристики целлюлоз, полученных из мискантуса разного возраста натронной варкой и азотнокислым способом. В результате проведенных исследований установлено, что наибольший выход целлюлозы и более высокое качество целевого продукта можно получить из зрелого мискантуса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michael B. Jones, Mary Walsh. Miscanthus: For Energy and Fibre. Published by Earthscan, 2001. – 192 p.
2. Barba C. et all. // Cellulose. – 2002. – 9. – P. 319-326.

3. Barba C. et all. // Cellulose. – 2002. – 9. – P. 327-335.
4. Daiyong Ye et all. // Carbohydrate Polymers. – 2005. – 62. – P. 258-266.
5. Yuan J.S. et all. // Trends Plant Sci. – 2008. – 13 – P. 421-429.
6. Шумный В.К. и др. // Информационный вестник ВОГиС. – 2010. – т. 14, №1. – С. 122-126.
7. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – С. 55 – 106, 157 – 165.
8. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н., Сакович Г.В. // Ползуновский вестник. – 2009. – № 3. – С. 328-335.
9. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 711 с.
10. Лендьел П., Моравли Ш. Химия и технология целлюлозного производства / Пер. с нем. Ф.Б. Дубровинской под ред. А.Ф. Тищенко. – М.: Лесн. промышленность, 1978. – С 447-450.
11. Золотухин В.Н., Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю. / Синтез и разработка технологии компонентов высокоэнергетических составов и химических продуктов гражданского применения: тезисы докладов научно-технической конференции, посвященной 50-летию отдела 20 ФГУП «ФНПЦ «Алтай». – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – С. 55-57.
12. ГОСТ 595 Целлюлоза хлопковая. Технические условия. Издание официальное. – М.: Изд-во стандартов, 2002.-14с.
13. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – 320 С. 171 – 230.
14. Мотина Е.В., Митрофанов Р.Ю., Будаева В.В. // Ползуновский вестник. – 2006. – № 4-2. – С. 471-476.
15. Villaverde J.J. // J. Agric. Food Chem. – 2009. – 57. – P. 3626-3631.
16. Будаева В.В., Золотухин В.Н., Василишин М.С., Митрофанов Р.Ю., Бычин Н.В., Мотина Е.В. / Химия XXI век: новые технологии, новые продукты: доклады IX междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, Кемерово: КузГТУ, 2006. – С. 312-315.
17. Будаева В.В., Якимов Д.И. // Ползуновский вестник. – 2007. – № 3. – С. 15-25.
18. Сакович Г.В., Ильясов С.Г., Василишин М.С., Будаева В.В., Егоров В.Ю. // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 259-266.
19. Архипова О.С., Будаева В.В. / Технология и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием – В 2-х ч. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – Ч. 1. – С. 211-214.
20. Iglesias G. et all. // Bioresource Technology. – 1996. –58. –P. 17-23.
21. Kordachia O. et all. In: Hall D.O. (eds), Biomass for Energy and Environment, Agriculture and Industry – Proceedings of 7th E.C. Conference. 5-9 October 1992, Florence, Italy, Ponte Press, Bochum, Germany. – P. 307-316.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ ПРИМЕСИ В СОСТАВЕ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ ПШЕНИЦЫ

Р.В. Искрин, В.С. Лузев

Проведено исследование зерновой массы на наличие примесей при помощи сканера. Разработана компьютерная программа с базой данных, автоматизирующая процесс анализа засоренности.

Ключевые слова: анализ изображений, зерно, засоренность, нейронные сети

Качество многих продуктов зависит от качества зерна, из которых они изготовлены, поэтому анализ свойств зерновых культур является неотъемлемой частью производственного процесса на многих предприятиях пищевой промышленности. Без качественного анализа зерна невозможно осуществлять производство высокосортной продукции. Хлеб, каша, пиво, квас, торт, макароны – вот краткий перечень элементов нашего рациона, качество которых напрямую зависит от анализа зернопродуктов.

В России ежегодно производится до 100 млн. тонн продовольственного зерна. Тысячи фермерских хозяйств и крупных агрохолдингов занимаются выращиванием таких зерновых культур, как пшеница, рожь, ячмень, овёс и многих других. Кроме зерновых культур,

выращиваются также гречиха, пшено, горох, фасоль и многие другие растения, плоды которых используются в пищевом производстве и нуждаются в анализе их качества. Данная работа ориентирована, прежде всего, на зерновую продукцию.

В сельском хозяйстве. Фермер знает, что только хорошее зерно он сможет продать за высокую цену, поэтому постоянно занимается анализом урожая, что позволяет ему оценивать применяемые удобрения, технологии, сравнивать плодородность различных полей.

В зерноперерабатывающей промышленности. Если зернопереработчик хочет, чтобы его продукцию раскупали, то он будет заниматься очень тщательным выбором поставщиков сырья, а значит, ему не избежать анализа зерна.