

Для Республики Беларусь переработка отходов картофелекрахмальных производств является весьма актуальной проблемой. В связи с этим проводятся исследования по разработке эффективной и научно обоснованной технологии переработки отходов. Разработка технологии включает в себя ряд научных исследований по изучению процессов обезвоживания отходов. В статье отражены основные принципы подбора процессов обезвоживания, разработана таблица возможных вариантов испытаний.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КАРТОФЕЛЕКРАХМАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З. В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент
Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор,
генеральный директор;*

*Л. В. Евтушевская, научный сотрудник отдела технологий продукции
из корнеклубнеплодов*

В Республике Беларусь наибольшее количество картофеля перерабатывается на крахмал (до 170 тыс. т в год), при этом из производства выводятся два вида продукции: готовый продукт – сухой товарный крахмал и отходы производства – картофельная мезга в смеси с соковыми водами. Ни один крахмальный завод республики до 2017 г. не имеет комплекта оборудования хотя бы для механического обезвоживания мезги, поэтому в настоящее время большинство предприятий перекачивают насосами жидкую мезгу на поля фильтрации или, частично сгущая, вывозят цистернами на поля под запашку.

Отходы, образующиеся при производстве картофелепродуктов и крахмала, представляют собой в определенной степени ценный кормовой продукт. Исходя из справочных данных, в 100 кг сухой мезги содержится около 95,0 кормовых единиц. Справочно: за одну кормовую единицу (к. ед.) принят 1 кг овса. Питательность кормов в кормовых единицах определяется по соотношению продуктивного действия этих кормов к 1 кг овса. Исходя из этого, за счет утилизации и дегидратации картофельной мезги на кормовые цели получаем скрытый резерв дополнительных кормов [1].

Одной из наиболее важных проблем картофелекрахмального производства является переработка вторичного сырья: мезги и картофельного сока, которые содержат большое количество биологически активных веществ (рис. 1).

В табл. 1 представлены совокупные результаты исследований при коэффициенте извлечения крахмала $K_i=85\%$.

Расчет по данным табл. 1 указывает на то, что общее снижение крахмалистости в картофеле приводит к относительному увеличению сухих веществ в мезге и сточной воде до 22,4 %.

Вторичное сырье картофелекрахмальных производств используется как кормовая добавка в нативном жидком, а также сиропообразном, пастообразном и сухом виде после дополнительной обработки, включающей процессы: центрифугирования, осаждения и фильтрования с применением термической и химической коагуляции, а также коагулянтов и флокулянтов; термического удаления влаги и биоконсервации (ферментолиза).

Образующиеся при производстве картофелепродуктов и крахмала отходы представляют собой смесь жидких и твердых отходов. Жидкие отходы по своему агрегатному состоянию из производства выходят настолько разбавленными, что содержание в них сухих веществ составляет 2-4 %. Поэтому очевидно, что для проведения их в состояние сухого кормового продукта требуется осуществить ряд технологических процессов [2,3].

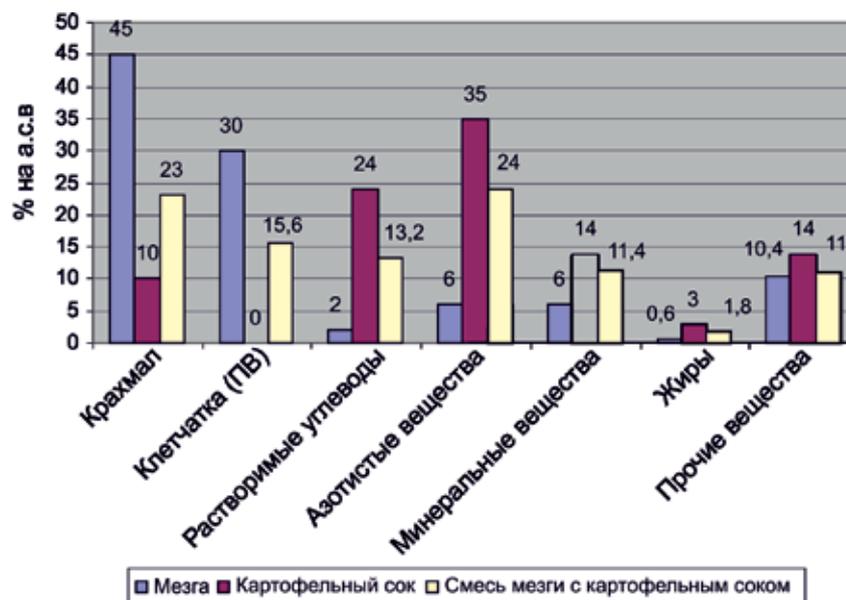


Рис. 1. Химический состав вторичного сырья картофелекрахмальных заводов

Таблица 1. Количество сухих веществ составных частей картофеля в продуктах и отходах производства крахмала

Составные части картофеля	Содержание в %			
	в картофеле	в крахмале	в сточной воде	в мезге
Крахмал	11,0	9,35	0,2	1,45
Клетчатка	1,20	вкрапления	-	1,20
Углеводы растворимые	0,95	-	0,79	0,16
Минеральные вещества	1,00	-	0,58	0,32
Азотистые вещества	1,95	-	1,74	0,16
Прочие вещества	1,15	0,05	0,56	0,54
Всего	17,25	9,50	3,87	3,88

Технологии переработки всевозможных видов отходов основываются на механических, гидродинамических, тепловых, диффузионных, химических, биохимических процессах. Как правило, в технологии утилизации отходов сочетаются различные методы воздействия на них [4,5].

Именно поэтому, целью работы было проверить возможность использования основных технологических операций при переработке отходов картофелекрахмальных производств.

Проведя анализ возможных вариантов переработки отходов, имеющегося оборудования, а также учитывая ранее полученный опыт в вопросе их утилизации, определены основные технологические процессы: выделение твердой фракции; измельчение; механическое обезвоживание (отстаивание; центрифугирование, прессование, мембранная очистка); термическое обезвоживание (экструдирование, сушка, подсушка); — рыхление-смешивание [6].

На основании проведенных ранее исследований по изучению агрегатного и количественного состояния отходов составлена таблица всевозможных вариантов испытаний (табл. 2).

В табл. 2 указаны все основные технологические процессы и группы отходов. Знаком «+» отмечены процессы и группы отходов, которые требуют проведения испытаний; знаком «-» не требующие проведения испытаний.

Процесс осаждения отстаиванием состоит в том, что суспензия в емкости на протяжении определенного времени находится в состоянии покоя в результате чего взвешенные частицы с большей, чем у жидкости плотностью осаждаются на дно емкости, образуя слой сгущенного продукта, который можно затем извлечь не смешивая с осветленной жидкостью.

Таблица 2. Варианты испытаний

№ п/п	Технологические процессы	Группы отходов					
		Твердые сырые		Картофель- ный сок	Жидкие отходы	Смесь твер- дых и жид- ких	Подсушенные и сухие
		кусочки	измель- ченные				
1	Выделение твердой фракции	-	-	-	-	+	-
2	Измельчение	+	-	-	-	-	+
3	Механическое обезво- живание:						
	отстаивание	-	+	-	-	+	-
	центрифугирование	-	+	-	+	+	-
	мембранная очистка	-	-	+	+	-	-
	прессование	+	+	-	-	-	-
4	Экструдирование	-	+	-	-	+	+
5	Подсушка и сушка	-	+	+	-	-	-
6	Рыхление- смешивание	+	+	+	-	-	+

Осаждение происходит за счет разности сил тяжести и архимедовой подъемной силы, которая для частиц сферической формы равна

$$F = (4/3)\pi r^3 g(\gamma_{\text{ч}} - \gamma_{\text{ж}}), \quad (1)$$

где r – радиус частицы; $\gamma_{\text{ч}}$ и $\gamma_{\text{ж}}$ – удельный вес осаждаемой частицы и жидкости.

Время отстоя жидкости при высоте H уровня в отстойном резервуаре [11]:

$$\tau = H / \vartheta_{\text{ч}}. \quad (2)$$

В результате проведенных исследований установлено, что разделение картофельной мезги путем отстаивания малоэффективно, так как объем осадка после осаждения составляет 30-40 % от первоначального объема и добиться необходимой концентрации твердой фазы в жидких отходах путем естественного отстаивания невозможно. Поэтому, использование метода отстаивания картофельной мезги на первом этапе механического обезвоживания представляется более эффективным, что позволит снизить энергозатраты и удалить более 60 % всей жидкой фракции мезги в виде осветленной соковой воды.

Процесс разделения суспензий и жидких сред путем прохождения их через пористую перегородку, способную задерживать взвешенные частицы и пропускать фильтрат, т. е. фильтрование более эффективный.

Процесс фильтрования описывается кинетическим уравнением [11]:

$$\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta p}{\mu_{\text{ж}}(R_0 + R_{\text{ф.п}})}, \quad (3)$$

где V – объем фильтрата, м^3 ; S – площадь поверхности фильтрования, м^2 ; τ – продолжительность фильтрования, с ; Δp – перепад давления, Н/м^2 ; $\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкой фазы, $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$; R_0 и $R_{\text{ф.п}}$ – сопротивления соответственно осадка и фильтровальной перегородки, м^{-1} .

Движущая сила процесса фильтрования – разность давлений по обе стороны фильтровальной перегородки. Существует 3 вида фильтрования:

1. Разделение суспензий – процесс отделения твердых фракций, которые задерживаются на фильтровальной перегородке, а жидкость при этом проходит и собирается в сосуд;
2. Ступение суспензий – процесс повышения концентрации твердой фазы, при помощи удаления некоторой части жидкости через фильтровальную перегородку;
3. Осветление жидкостей – процесс очищения жидкости от небольшого количества твердых фракций, содержащихся в них.

Осадки, образующиеся при фильтровании, разделяют на несжимаемые и сжимаемые.

Для определения конкретных фильтрационных характеристик твердой фазы жидкой картофельной мезги были проведены исследования по изучению структуры осадка мезги, коэффициента проницаемости и скорости фильтрования через слой осадка мезги в интервале давлений.

Предварительно перед исследованиями жидкую мезгу отстаивали до массовой доли сухих веществ СВ = 6 %. В результате исследований было установлено, что путем фильтрования можно получить массовую долю сухих веществ в осадке твердой фракции картофельной мезги 15-17 %. Осадок, полученный при выделении плотной фракции картофельной мезги путем фильтрования является сжимаемым.

Осаждение в поле центробежных сил также относится к механическим методам обезвоживания картофельной мезги. Этот способ основан на том же принципе, что и осаждение отстаиванием (на разности плотностей жидкой и твердой фаз), только движущей силой процесса является центробежная сила [8].

Согласно теории центрифугирования [9]:

$$P_{ц} = P_{м} \cdot \frac{\omega^2 R}{g}, \quad (4)$$

где $P_{ц}$ – центробежная сила, действующая на частицу, Н; $P_{м}$ – сила тяжести, действующая на частицу, Н;

$$\Phi = \frac{\omega^2 R}{g} - \text{критерий Фруда (фактор разделения)}, \quad (5)$$

где ω – угловая скорость вращения центрифуги, c^{-1} ; R – радиус, на котором находится частица, М; g – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Для центрифуг с постоянной скоростью вращения ротора

$$\Phi = \frac{n^2 \cdot R}{900}, \quad (6)$$

где n – угловая скорость вращения ротора ($мин^{-1}$); R – радиус вращения частицы (м).

В результате исследований проводимых на лабораторной центрифуге с радиусом ротора 0,09 м и регулируемой частоты вращения ротора установлено, что первоначально при относительно невысоком увеличении фактора разделения идет интенсивное уплотнение осадков и после достижения значений Φ около 2000 и более уже при более интенсивном росте аргумента в уплотняемом осадке увеличивается незначительно массовая доля сухих веществ. Под воздействием центробежных сил в мезге картофельной происходит увеличение массовой доли сухих веществ в осадке от 1-2 до 22 и более %.

Таким образом установлено, что центрифугированием нельзя получить сгущенной твердой фазы мезги с высокой массовой долей сухих веществ, в то же время процесс обезвоживания жидкой мезги этими методами можно рассматривать как второй этап механического обезвоживания.

Процесс прессования довольно широко используется для обезвоживания растительного сырья и заключается в сдавливании обрабатываемого материала с помощью прессующего механизма, при этом происходит отжим жидкости из влажного кашицеобразного материала, либо связывание мелких сыпучих частиц в более крупные образования.

Прессование отцентрифугированной картофельной мезги сопровождается отжимом жидкости из материала. При прессовании под воздействием сдавливания жидкость вытекает наружу через поры твердого каркаса материала. Такое течение подчиняется закону Пуазейля:

$$Q = \frac{\Delta p \cdot d^2 \cdot F}{32 \cdot \mu \cdot L}, \quad (7)$$

где Q – объемный расход жидкости, $м^3/с$; Δp – повышение давления в материале по отношению к давлению окружающей среды, Па; d – средний диаметр капилляров (пор), м; F – суммарная площадь сечения капилляров, $м^2$; μ – динамическая вязкость отжимаемой жидкости, Па; L – средняя длина капилляров, м.

Исследования, проведенные по обезвоживанию картофельной мезги путем прессования показали, что прессование обеспечивает массовую долю сухих веществ в мезге до 40 %.

На рис. 2 представлены образцы мезги полученной после механического обезвоживания.



Рис. 2. Мезга картофельная:
а – отцентрифугированная СВ=25 %; б – отпрессованная СВ = 39,89 %

Таким образом, трехэтапное механическое обезвоживание (отстаивание, центрифугирование и прессование) позволяет получать отпрессованную мезгу с массовой долей сухих веществ до 40 % и с содержанием в мезге до 5,6 % влаги от всего ее количества, содержащегося в исходной жидкой мезге [5–7, 10].

Но не все продукты растительного происхождения, учитывая их агрегатное состояние, могут быть обезвожены прессованием. Так предварительные исследования показали, что картофельные отходы в денатурированном виде (жидкие, вареные, бланшированные) практически не обезвоживаются прессованием: под давлением эти отходы не отдают влагу и продавливаются через поры ограждающей поверхности всей своей массой.

Экструдирование, подсушка и сушка относятся к термическим способам обезвоживания. Учитывая, что выше названные процессы являются наиболее энергоемкими, поэтому целесообразно подвергать термическому обезвоживанию отходы с наименьшей влажностью.

В целях разработки оптимальных режимов сушки отходы с повышенной влажности необходимо довести их до состояния оптимальной влажности. В связи с этим, будут использоваться процессы рыхления и смешивания, как один из вариантов подготовки отходов к сушке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А. П. Калашников [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
2. Сельскохозяйственный сервис [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sxedu.ru/korm/60-otxody-kрахмального-proizvodstva-mezga.html>. – Дата доступа: 18.11.2016.
3. Картофель и картофелепродукты: наука и технология/ З. В. Ловкис [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 536 с.
4. *Обович, Б. Б.* Переработка промышленных отходов / Б. Б. Обович. – М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1999. – 445 с.
5. *Обович, Б. Б.* Переработка промышленных отходов / Б. Б. Обович, В. В. Девяткин. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. – 496 с.
6. *Паромчик И. И.* Безотходная технология переработки картофеля/ И. И. Паромчик, Ф. И. Субач, Е. Н. Скачков. – Минск: «Навука і тэхніка», 1990. – 136 с.
7. *Калимуллина, Д. Д.* Применение методов механического обезвоживания сточных вод / Д. Д. Калимуллина, И. З. Багаутдинов // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2016. – № 5. – С. 118–119.
8. Медицинская энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.medical-enc.ru/22/centrifugation.shtml>. – Дата доступа 18.11.2016.
9. Центрифугирование. Принцип метода [электронный ресурс] – Режим доступа: http://ibmc.msk.ru/content/Education/w-o_pass/ММoB/17.pdf. – Дата доступа 18.11.2016.
10. Студопедия [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studopedia.info/1-114375.html>. – Дата доступа: 18.11.2016.

11. Ловкис, З. В. Гидровлика: учебное пособие / З. В. Ловкис. – Минск: «Беларуская навука», 2012. – 439 с.

Рукопись статьи поступила в редакцию 10.04.2017

Z. V. Lovkis, L. V. Evtushevskaja

TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WASTE PROCESSING OF POTATOES OF SILICON PRODUCTION

For Republic of Belarus conversion of waste the kartofelekrakhmalnykh of productions is urgent area of researches. With respect thereto researches on development of effective and scientifically based technology of conversion of waste are conducted. Development of technology includes a number of scientific research on studying of processes of dehydration of waste. The basic principles of matching of processes of dehydration are reflected in article, the table of various options of testing is developed.

УДК 663.2

В статье представлены исследования опытных образцов виноматериалов из винограда сортов Кристалл, Бианка, Зилга и Маршал Фош, выращенного на территории Республики Беларусь. Полученные в результате брожения виноградные виноматериалы соответствовали всем необходимым физико-химическим показателям и органолептическим характеристикам. Проанализированы минеральный и компонентный состав виноматериалов, составлены профилограммы для каждого сорта винограда по основным ароматическим соединениям. Опытные образцы виноградных виноматериалов содержали массовую долю фосфора, калия, натрия, железа, меди и цинка в диапазонах, характерных для данных наименований продуктов. Соотношение К и Na в виноматериалах находилось в характеристических промежутках, свойственным для качественных вин. Содержание общих фенольных соединений в красных образцах виноматериалов, позволяет рекомендовать потребление готового продукта в профилактических целях для предотвращения преждевременного старения и сердечно-сосудистых заболеваний. Исследования, приведенные в статье, подтверждают возможность применения белорусских сортов винограда в производстве ароматизированных вин для расширения рынка винодельческой продукции.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИНМАТЕРИАЛОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ВИНОГРАДА, ВЫРАЩЕННОГО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

*М. В. Силич, научный сотрудник лаборатории хроматографических исследований
Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству
и безопасности продуктов питания;*

*И. М. Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского
контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания;*

*В. Л. Рослик, заведующий лабораторией хроматографических исследований
Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству
и безопасности продуктов питания*

В современных условиях с изменением общественно-экономических отношений существенным образом изменился и рынок винопродукции. В Республике Беларусь он представлен широ-