

анолита 33, который снабжен мешалкой 35, холодильником 36 и датчиком температуры 34. Ось мешалки не совпадает с центральной вертикальной осью сборника 33, а холодильник 36 установлен вблизи стенки сборника 33 на стороне, противоположной установке мешалки 35. Из сборника 33 суспензия крахмала по трубе 37 и через задвижки 30 и 31 насосом 32 перекачивается в верхнюю часть анолитной камеры 16, в которой установлены анод 17 и датчик рН 22. При этом задвижки 31 и 30 открыты, а задвижка 29 – закрыта для предотвращения самопроизвольного истечения крахмальной суспензии из сборника анолита 33. В анолитной камере 16 происходит модификация крахмала. С помощью насоса 28 анолит подают в нижнюю часть сборника анолита 33, что, при наличии внутреннего холодильника 36 и смещенной от центра сборника анолита 33 мешалки 35, позволяет эффективно охлаждать нагретый анолит, т.е. повышает энергоэффективность установки в целом и снижает расход воды на охлаждение анолита. Сигнал от датчика температуры 34 поступает на устройство управления регулятором расхода охлаждающей воды 25, который связан с регулятором расхода охлаждающей воды 26, с помощью которого осуществляется регулирование расхода охлаждающей воды в холодильник в соответствии с требуемой температурой внутри сборника анолита 33. В анолитной камере 16 установлен датчик рН 22, который электрически соединен с устройством управления напряжением 21, которое управляет напряжением постоянного тока, подаваемым от источника постоянного тока 14 на анод 17 и катод 18. При изменении рН анолита требуемое напряжение на электродах электролизной камеры, обеспечивающее оптимальный режим работы установки, устанавливается автоматически. В катодную камеру 19 раствор солей подают по трубе 8 через задвижку 9 с помощью насоса-дозатора 10 в нижнюю часть из емкости для приготовления водного раствора солей 3, которая снабжена мешалкой 4 и трубопроводами подачи в нее соли, воды и катализатора. Верхняя часть катодной камеры 19 трубой 42 соединена с верхней частью сборника отработанного католита 38. Отработанный католит поступает в сборник отработанного католита 38 самотеком, а труба 42 имеет свободный конец без задвижки. Наличие сборника отработанного католита 38, отделенного от емкости для накопления свежеприготовленного раствора соли 7, предотвращает загрязнение последнего отработанным католитом, что повышает эффективность работы заявляемой установки в целом и снижает расход воды на приготовление раствора соли. Отработанный католит по мере надобности сливают из сборника 38 по трубе 11 через задвижку 12 и трубу 13.

Таким образом, предложена эффективная, надежная в эксплуатации, энерго- и ресурсосберегающая установка для электрохимической модификации крахмала, которую можно использовать в технологиях, требующих разделения и раздельной обработки продуктов, образующихся в анодной и катодной камерах электролизера. При этом в разработанной установке обеспечено автоматическое поддержание заданной температуры процесса и величины рН в различных технологических режимах, а также одновременно достигнуто снижение расхода воды и реагентов.

УДК 621.798-036 : 664.2

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ВИДОВ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Степаненко А.Б., Карпунин И.И., д.т.н. (БГАТУ), Литвяк В.В., к.х.н., Москва В.В.
(РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»)*

Актуальным и наиболее оптимальным решением проблемы полимерных отходов в настоящее время является создание и освоение широкого круга полимеров и композитов с регулируемым сроком службы, т.е. биоразлагаемых полимерных материалов. Термин биоразлагаемые пластики включает в себя широкую гамму полимеров, способных при соответствующих условиях разлагаться на безвредные для природы компоненты. Получение

и применение биополимеров становится все более предпочтительным также по мере роста цен на нефть и другие виды нефтехимического сырья. Примерно 98% мирового объема полимерных материалов производится из ископаемого сырья – нефти, газа, продуктов переработки угля. Помимо истощения запасов энергоносителей необходимость в изменении структуры ресурсов энергопотребления диктуется весьма тревожными климатическими изменениями, явно связанными с деятельностью человека и растущим загрязнением природной среды. В свете этого в мире все большее значение приобретают экологичные материалы, получаемые из возобновляемого сырья, источником которого служит биомасса растений.

Биоразлагаемые пластики из натурального сырья должны выполнять важную роль в решении проблемы захоронения и компостирования пластиковых отходов, в частности многотоннажных упаковочных материалов, имеющих весьма короткий жизненный цикл и составляющих значительную часть твердых бытовых отходов. Наконец, развитие «зеленых» технологий способствует развитию агропромышленного комплекса.

Японцы полагают, что в связи с ростом интереса к возобновляемым источникам сырья к 2020 году уже четверть мирового рынка пластмасс будет приходиться на биопластики, а это около 30 млн. тонн. О большом интересе к биополимерам свидетельствует быстрый темп (буквально по гиперболе) роста числа патентов в сфере получения и технологии переработки биополимеров. Получение биоразлагаемых полимеров сопряжено также с преодолением некоторых присущих им отрицательных качеств. Например, хрупкость характерна для изделий из целлюлозы и полигидроксibuтилата, а плохая термопластичность и влажочувствительность свойственна полимерам на базе крахмала. Тем не менее, развитие науки и технологии в этой области идет быстрыми темпами. Биополимеры и композиты на их основе уже превратились из специального продукта в экономически значимый товар, который становится все более привлекательными и доступным и, этому способствуют агропро-мышленная интеграция, прогресс в биотехнологии, генной инженерии и селекции.

Полилактид. В настоящее время одним из самых перспективных биоразлагаемых упаковочных пластиков считают полилактид (ПЛА), поскольку его можно получать как синтетическим способом, так и ферментативным брожением декстрозы сахара или мальтозы, сула зерна или картофеля. Полилактид – прозрачный бесцветный термопластичный полимер, который можно перерабатывать в пленку, волокно, листы для термоформования, в упаковку для пищевых продуктов. В результате пластификации ПЛА приобретает эластичность и может заменять полиэтилен, пластифицированный поливинилхлорид или полипропилен (ПП). Срок использования ПЛА можно увеличить с помощью ориентации, повышающей модуль упругости и термостабильность ПЛА, а также с помощью снижения содержания в пластмассе мономера. Полилактид разлагается в компосте за один месяц, а также хорошо усваивается микробами морской воды. Еще в 1925 году было установлено, что полигидроксимасляная кислота является питательной средой для различных микроорганизмов, разлагающих ПЛА до CO_2 и H_2O . Аналогичные свойства имеют и полиэфиры других гидроксикарбоновых кислот: гликолевой, молочной, валериановой и капроновой.

Методом прямой поликонденсации получают достаточно хрупкие кристаллические ПЛА. Путем полимеризации промежуточного вещества – лактида – с раскрытием цикла можно получать как кристаллические, так и аморфные ПЛА. Последний метод более предпочтителен, поскольку позволяет получать высокомолекулярный ПЛА. Приемлемые механические, барьерные и эстетико-гигиенические свойства ПЛА позволяют использовать его в качестве пищевого упаковочного материала, практически не уступающего по качеству полиэтилентерефталату. Изделия из ПЛА характеризуются высокой жесткостью, прозрачностью и блеском, а также большей способностью (на 50 %) сохранять форму после сжатия или кручения по сравнению с ПП. Из ПЛА изготавливают пленку, в том числе ориентированную и усадочную, бутылки для розлива жидкостей, контейнеры для пищевых

продуктов, одноразовую посуду. Вместе с тем ПЛА уступают обычным полимерным материалам по теплостойкости, и, как следствие этого, упаковка из ПЛА не может быть заполнена содержимым с температурой 50°C и выше, так как она начинает деформироваться. Один из путей повышения теплостойкости ПЛА – радиационное сшивание полимера после этапа полимеризации, который, однако, не получил широкого практического распространения. Барьерные характеристики ПЛА по отношению к кислороду хуже (в 10 раз), чем у полиэтилентерефталата, поливинилхлорида, ПП вследствие чего тара из ПЛА чаще всего используется для упаковки сухих и некоторых замороженных продуктов, а также жидкостей с небольшим сроком хранения. Высокий коэффициент диффузии CO_2 не позволяет применять бутылки из ПЛА для розлива газированных напитков и ограничивает области их использования розливом молока, фруктовых соков, воды, растительного масла. Однако по экономическим характеристикам ПЛА – сегодня наиболее конкурентоспособный биополимер [1].

Смеси крахмала с синтетическими полимерами. Среди биополимеров основную долю составляет в настоящее время термопластичный крахмал – около 80% рынка. Самый известный и крупнотоннажно выпускаемый синтетический продукт, содержащий в качестве активного биоразлагаемого наполнителя крахмал, – это материал «Mater-Bi». Данное уникальное свойство материалов семейства «Mater-Bi», как способность поглощать и пропускать некоторые жидкости, в настоящее время используется в производстве так называемых «дышащих пленок». Из таких полимеров выпускают лотки для продуктов питания, одноразовую посуду для системы быстрого питания «fast-food» [2].

Наиболее часто крахмалом модифицируют полиэтилен (ПЭ) – пленочный материал, который обычно используется для кратковременного применения (упаковки пищевых продуктов, пленок для сельского хозяйства и медицины и т.п.). Крахмал в этих композициях обычно выступает как наполнитель, обеспечивающий биodeградацию полимерного изделия после его использования [3]. Термопластичные смеси синтетического полимера с крахмалом получают, используя, как правило, крахмал, пластифицированный глицерином и водой. Смешение компонентов осуществляют в экструдере при температуре около 150°C – температуре, обеспечивающей хорошую желатинизацию полисахарида [4]. При этом получают двухфазные смеси, биоразложение которых начинается с поверхности пленки, обогащенной крахмалом. Биоразложению обычно способствует использование добавок малых количеств прооксидантов, усиливающих биodeградацию за счет окислительного разложения материала в естественных условиях [5]. Примером такой смеси может служить композиция ПЭ-крахмал-растительное масло. Последнее играет роль прооксиданта и одновременно облегчает смешение природного и синтетического полимера при его формировании.

Для получения водорастворимой пленки из смеси крахмала и пектина в состав композиции вводят пластификаторы: глицерин или полиоксиэтиленгликоль. Причем, с увеличением содержания крахмала увеличивается также хрупкость пленки. Из смеси, содержащей крахмал, амилозу и незначительное количество слабых кислот, экструдировать листы – полуфабрикат для изготовления упаковки. Вспененные листы получают из композиции, содержащей гранулированный крахмал и водный раствор поливинилового спирта. Лучшие показатели прочности, гибкости и водостойкости получены на образцах, содержащих от 10 до 30% поливинилового спирта. Такая смесь разлагается в почве за одну неделю.

Наиболее часто в смесях с крахмалом используют сополимеры этилена с винилацетатом или продукты омыления ацетатных групп в этих сополимерах. Экструзией получены смеси крахмалов восковой или нативной кукурузы, а также высокоамилозного крахмала марки «Nylon VII» с сополимером этилена и винилового спирта (56% звеньев $\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})$). Методами широкоугольного рентгеновского рассеяния, сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии изучены их структурные характеристики [6].

Смеси крахмала с производными целлюлозы и другими природными полимерами.

Большое число исследований последних лет посвящено смесям крахмала с другими природными полимерами, такими как пектины, целлюлоза и др., или с продуктами их химической модификации. Экструзией смесей кукурузного крахмала с микрокристаллической целлюлозой и метилцеллюлозой с добавками пластификаторов (полиолов) или без них получены съедобные пленки [7]. Материалы из этих композиций являются достаточно прочными, не уступающими по механическим показателям упаковке из ПЭ [8]. Так, из пленки, приготовленной методом экструзии с раздувом, можно изготавливать пакеты для переноски небольших грузов (приблизительно от 3 до 5 кг).

В Республике Беларусь опытно-экспериментальные разработки биоразлагаемых упаковок до сих пор в промышленном масштабе не реализовывались. Биodeградируемые пластмассы представлены на нашем рынке в основном экологически безопасными пленками «Ecolean», которые на данный момент широко применяются для упаковки молочных продуктов. Сотрудниками отдела технологий продуктов из картофеля, плодов и овощей РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проводятся научно-исследовательские работы по разработке современной высокоэффективной технологии получения биodeградируемой упаковки на основе полеолефинов и крахмалосодержащего сырья. В качестве крахмалосодержащего сырья будут использованы физически модифицированные (экструзионные) крахмалы.

Литература

1. Буряк В.П. Биополимеры – настоящее и будущее // полимерные материалы. 2005. N11 (78). – С. 8–12.
2. Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Успехи химии. – 2000. – Т. 69. – N5. – С. 498–503.
3. Roper, H. // Starch/Starke / H. Roper, H. Koch. – 42. – 123. – 1990
4. St.-Pierre, N. // Polymer / N.St.-Pierre, B.D. Favis, B.A. Ramsay, J.A. Ramsay, H. Verhoogt. – 38. – 647. – 1997.
5. Scott, G. // Trends Polym. Sci / G. Scott. – 5. – 360. – 1998.
6. Simmons, S. // J. Appl. Polym. Sci / S. Simmons, E.L. Thomas. – 58. – 2259. – 1995
7. Psomiadou, E. // Carbohydr. Polym. / E. Psomiadou, I. Arvanitoyannis, N. Yamamoto. – 31. – 193. – 1996.
8. Bastioli, C. // J. Environ. Polym. Degrad. / C. Bastioli, A. Cerutti, I. Guanella, G.C. Romano, M. Tosin. – 3. – 81. – 1995.

УДК 663.81 : 577

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
СОКОВ, НЕКТАРОВ И МОРСОВ**

Литвяк В.В., к.х.н., Почицкая И.М., к.с.-х.н., Силич М.В.

(РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»)

На рынке Республики Беларусь в настоящее время имеется большой ассортимент соков, нектаров и морсов различных производителей. Изучение и оценка качественных характеристик по таким физико-химическим показателям как сухие вещества (СВ), общая титруемая кислотность (ОТК), содержание оксиметилфурфурола (ОМФ), а также углеводов (глюкозы, фруктозы и сахарозы) в соках, нектарах и морсах является важной народнохозяйственной задачей.

Особенно важно осуществлять контроль ОМФ (продуктом термического разложения глюкозы, обладающего канцерогенным действием) в пищевых продуктах содержащих глюкозу и подвергающихся в результате технологических операций термической обработке [1].

Цель – исследовать физико-химические показатели соков, нектаров и морсов