

При полном растворении целлюлозы в ЖВНК система становится гомогенной. В процессе растворения система гетерогенная, состоящая из двух фаз – набухшего полимера и разбавленного раствора полимера в растворителе.

В работе использовался раствор ЖВНК, содержащий 3,2% свободной NaOH.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясоедова В.В., Марченко Г.Н., Крестов Г.А. Физическая химия неводных растворов целлюлозы и ее производных. – М.: Наука, 1991.
2. Геллер Б.Э., Геллер А.А., Чиртулов В.Г. Практическое руководство по физико-химии волокнообразующих полимеров. – М.: Химия, 1996.
3. Целлюлоза и ее производные. Т.1 / Под ред. Н. Байклза и Л. Сегала. – М., 1974.
4. Старченко Л.В. Оценка реакционной способности беленых и небеленых целлюлоз // Методы исследования целлюлозы. – Рига, 1988. – С.175–176.

УДК 547.724.1

О.В. Остроух, ассистент; В.С. Болтовский, доцент; Т.П. Цедрик, доцент

ПОЛУЧЕНИЕ ФУРФУРОЛА ДЕГИДРАТАЦИЕЙ ПЕНТОЗНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ СВЧ

There was described a workflow of integrated wasteless treatment of pentose containing plant raw materials to obtain of furfural by dehydration of pentose solutions using of ultrahigh frequency electromagnetic field energy and to obtain of fodder supplement by bioconversion of cellolignine.

Фурфурол и его многочисленные производные широко используются в различных отраслях промышленности: в качестве селективных растворителей при очистке смазочных масел и нефтепродуктов, для синтеза ряда фармацевтических препаратов, при получении полимерных материалов (фуриловых, фурфуролкарбамидных, фурфуролацетоновых) и т. д.

Фурфурол в промышленных масштабах получают только способом гидролиза растительного сырья. Потребности в фурфуроле превышают его производство.

В настоящее время в промышленности реализованы парофазные методы получения фурфурола. Образование фурфурола из пентозанов растительного сырья является многоступенчатой гетерогенной реакцией, осложненной массообменными процессами. Даже при соблюдении всех требований технологического режима выход фурфурола не превышает 50–60 % от теоретически возможного [1, 2].

Одним из перспективных способов является получение фурфурола путем дегидратации пентозных растворов. Протекание процесса в гомогенных условиях позволяет стабилизировать температуру реакции и обеспечить равномерное распределение катализатора, значительно уменьшить потери фурфурола за счет макрокинетических факторов, характерных для парофазных способов его получения, и в результате добиться выхода фурфурола, близкого к теоретически возможному [3,4]. Однако этот способ до настоящего времени не нашел практического применения главным образом в связи с низким выходом фурфурола от массы сырья, высоким расходом пара, карамелизацией оборудования в результате осмоления фурфурола.

Использование энергии электромагнитного поля (ЭМП) сверхвысоких частот (СВЧ) позволяет осуществить практически безинерционный интенсивный нагрев в

массе материала без использования теплоносителей и является одним из путей повышения эффективности процесса жидкофазной дегидратации пентоз в фурфурол.

Проведенные ранее исследования показали целесообразность и эффективность применения энергии СВЧ для получения фурфурола дегидратацией ксилозосодержащих растворов [5].

Применение энергии ЭМП СВЧ позволяет совмещать СВЧ-нагрев с другими видами гидротермической, механической и химической обработки и создавать принципиально новые технологические процессы переработки древесного сырья.

На основании результатов экспериментальных исследований нами разработан технологический процесс получения фурфурола дегидратацией пентозного гидролизата с использованием энергии СВЧ (рисунок). Для дегидратации используется пентозный гидролизат, полученный на первой стадии перколяционного жидкофазного гидролиза растительного сырья, применяемого в настоящее время на заводах отрасли.

Гидролиз проводится в мягких условиях, обеспечивающих достаточно глубокую конверсию пентозанов в пентозы с сохранением физической структуры целлолигнина, который после отбора пентозного гидролизата не подвергается дальнейшему гидролизу при более жестких условиях (вторая стадия), а направляется на переработку. Пентозный гидролизат поступает через коллектор в испаритель, где в результате вскипания жидкости из-за перепада давления он охлаждается и отделяется от летучих примесей. Затем охлажденный до температуры 100 – 103 °С гидролизат поступает в инвертор. После инверсии олигосахаридов и декстринов пентозный гидролизат с температурой около 100 °С направляется на термообработку в СВЧ-реактор с целью дегидратации пентоз в фурфурол под воздействием ЭМП СВЧ.

СВЧ-установка для осуществления процесса дегидратации состоит из реактора в виде трубы, выполненной из материала, проницаемого для ЭМП СВЧ, и ограждающей реактор камеры, выполненной из материала, непроницаемого для ЭМП СВЧ. На камере с одной из наружных сторон установлены устройства для генерации энергии СВЧ (магнетроны). Антенны для направления потока энергии СВЧ в реакционную зону расположены внутри камеры [6].

Для отделения фурфурола от содержащихся в жидкости тяжелокипящих примесей фурфуролсодержащий раствор, полученный в результате СВЧ-дегидратации пентозного гидролизата, подвергается процессу самоиспарения в испарителе. Фурфуролсодержащие пары конденсируются, и полученный фурфуролсодержащий конденсат (ФСК) направляется на ректификацию.

Преимущества предлагаемого способа получения фурфурола заключаются в следующем. Процесс дегидратации пентоз в фурфурол осуществляется без применения технологического пара. Непродолжительное пребывание образующегося фурфурола в реакционной зоне (в течение нескольких секунд) предотвращает осмоление фурфурола и образование продуктов, приводящих к карамелизации оборудования. Обеспечивается выход фурфурола не менее 80 % от теоретически возможного [6]. За счет исключения затрат тепла на предварительный нагрев гидролизата перед СВЧ-дегидратацией и на осуществление стадии гидролиза целлолигнина существенно снижается энергоемкость процесса и повышается эффективность производства.

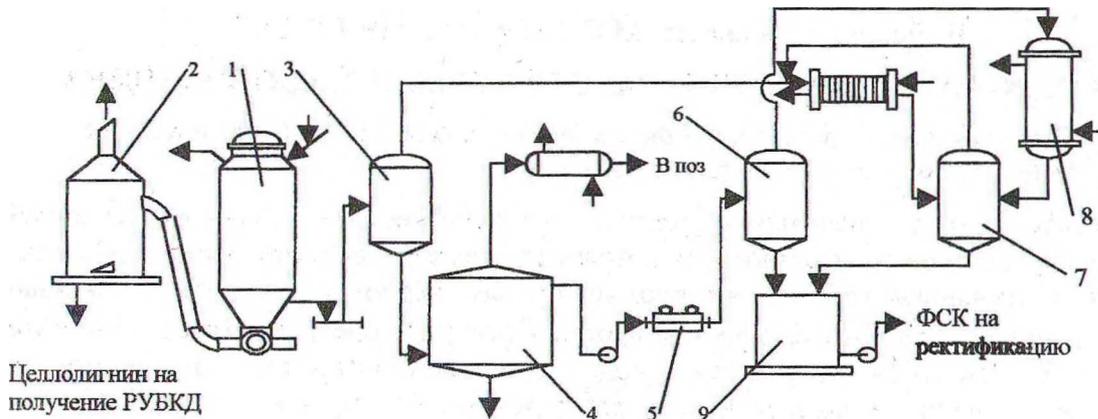


Рис. Технологическая схема процесса:

- 1 – гидролизатор; 2 – циклон (среза); 3, 6, 7 – испарители; 4 – инвертор;
5 – установка СВЧ-дегидратации; 8 – конденсатор; 9 – сборник ФСК

Для обеспечения комплексной переработки сырья оставшийся после первой стадии гидролиза целлолигнин используют в качестве субстрата для прямой биоконверсии в белок микроорганизмами. Целлолигнин представляет собой лигноцеллюлозный субстрат, прошедший термокаталитическую обработку в условиях образования фурфурола.

В результате проведенных исследований установлено, что для эффективной биоконверсии целлолигнина с целью обогащения белком и получения таким образом растительных углеводно-белковых кормовых добавок (РУБКД) целесообразно применять ассоциацию мицелиальных грибов *Trichoderma viride* и дрожжей *Candida tropicalis*. После ферментации субстрат содержит до 9 % сырого протеина [7].

Таким образом, технологический процесс дегидратации пентозных растворов с использованием энергии СВЧ позволяет получить фурфурол с выходом не менее 80 % от теоретически возможного, снизить энергоемкость этого процесса и обеспечивает комплексное использование растительного сырья. Получение РУБКД исключает образование лигнина — основного крупнотоннажного отхода гидролизного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарков В.И., Куйбина Н.И. Химия гемицеллюлоз. – Москва, 1972.
2. Морозов Е.Ф. Производство фурфурола. – Москва, 1988.
3. Мельников Н.П., Цирлин Ю. А. Получение фурфурола из пентозных растворов // Сборник трудов ВНИИГС. – Москва, Ленинград, 1959. – Т. VII. – С. 84-96.
4. Авторское свидетельство СССР № 1225841. Мухин В.П., Смоляков В.П., Кульневич В.Г. Непрерывный способ получения фурфурола // БИ. – Минск, 1986. – № 15.
5. Остроух О.В., Болтовский В.С., Цедрик Т.П. Влияние СВЧ на образование фурфурола из ксилозы // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. навук. – Минск, 2002. – № 1. – С. 59-61.
6. Заявка № а 20001157. Болтовский В.С., Остроух О.В., Цедрик Т.П. Способ получения фурфурола дегидратацией пентозных гидролизатов (приоритет от 26.12.2000 г.).
7. Болтовский В.С., Остроух О.В., Цедрик Т.П. Повышение эффективности гидролитической и биотехнологической переработки растительного сырья // Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия: Материалы Международной конференции. – Минск, 2000. – С. 154-155.