

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

В статье представлена технология производства пектина с применением кислотно-кавитационного способа экстрагирования. Представлены графики зависимостей интенсивности кавитационного воздействия от уровня pH раствора и продолжительности гидролиза.

Ключевые слова: Пектин, пектиновые вещества, кавитация, кислотность, растительное сырье.

Экономика Оренбургской области представлена промышленным и сельскохозяйственным производством. Чёрная и цветная металлургия, металлообработка и машиностроение – главные отрасли областной промышленности. Также широко развиты лёгкая, нефтегазовая промышленности. В городе Новотроицке действует один из крупнейших в России металлургических комбинатов. В городе Орске изготавливают кобальт и никель, а в Медногорске выплавляется медь. Функционируют большие заводы тяжелого машиностроения, находящиеся в Бузулуке и Орске, сельскохозяйственного машиностроения, электротехнических изделий в городе Медногорск. Развита нефтеперерабатывающая и химическая промышленность. Например, масла, сера, азотные удобрения, топливо, резина и прочие. Крупное производство стройматериалов. Общероссийское значение имеет ряд предприятий пищевой и легкой промышленности. Однако такое развитие не может не сказаться на экологической ситуации области – качество питьевой воды продолжает ухудшаться почти по всем нормируемым показателям. Экологическую напряженность усиливает трансграничный перенос вредных веществ со стороны Челябинской области и Республики Башкортостан. Воды реки Урал, являющейся основным источником водоснабжения области, поступают на ее территорию с повышенной концентрацией загрязняющих веществ. [4]

Более 50% обще областного объема сброса загрязненных сточных вод приходится на предприятие АО «Орскнефтеоргсинтез», еще 11,2% вносит «Гайский ГОК». Наиболее характерными загрязняющими веществами для области являются сульфаты, хлориды, соединения азота, общий фосфор, СПАВ, жиры, железо, соли меди, цинка. На территории области обнару-

жено 15 устойчивых загрязнений подземных вод. Основные загрязняющие вещества – нефтепродукты, фенолы, соли тяжелых металлов, ионы железа, бром, селен, фтор. Исследование на содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве и растительности в 10-и километровой зоне Медногорского медносерного комбината выявило значительное загрязнение почв, особенно расположенных в зоне 0,5-5 км. 14 сентября 1954 г на Тоцком полигоне проводилось испытание атомного оружия, повлекшее за собой множество смертей от радиационного заражения, радиационное загрязнение почвы. [4]

Постоянное ухудшение экологической обстановки Оренбургской области оказывает значительный отрицательный эффект на население. Решением проблемы снижения техногенной нагрузки на населения проживающих в регионах с неблагоприятной экологической ситуацией, может стать введение в рацион питания функциональных добавок, таких как пектин. Пектин оказывает положительное влияние на некоторые показатели иммунитета. Низкомолекулированные пектины способствуют ускоренному выведению из организма радиоактивных веществ. Пектин адсорбирует уксуснокислый свинец сильнее активированного угля. Он обладает активной комплексообразующей способностью по отношению к радиоактивному кобальту, стронцию, цезию, цирконию, рутению, иттрию и другим металлам. В процессе усвоения пектин превращается в пектиновую кислоту, которая соединяется с тяжелыми металлами и радионуклидами, образуя нерастворимые соли, выделяемые из организма естественным путем. Есть и другой механизм выведения из организма радиоактивных веществ – он возможен благодаря способности низкомолекулярной фракции пектина проникать в

кровь и образовывать связанные комплексы с последующим естественным удалением. [1,2,4,5]

В регионах с развитой сельскохозяйственной инфраструктурой и с высокой потребностью пектина может стать разработка новых энерго- и ресурсосберегающих технологий производства данного вида продукта.

Организация производства пектина в Оренбургской области поможет более эффективно проводить профилактику многих заболеваний населения, благодаря полезным медицинским свойствам пектина. [3]

На сегодняшний день существует несколько способов гидролиза-экстрагирования пектина из растительного сырья. Классическим способом считается применение при гидролиз-экстрагировании соляной кислоты. Однако, все описанные технологии, имеющие в основе кислотный гидролиз, различаются лишь в подборе гидролизующего агента и варьировании технологических режимов – температуры, уровня рН и продолжительности процесса. Кроме этого, влияние на выход и качественные показатели готового пектина оказывают подготовительные стадии. Польскими исследователями предлагается технология, имеющая подготовительную стадию, в которой сырьё подвергается 10-ти минутной обработке паром. Экстракция пектиновых веществ проводится органическими кислотами в две стадии различающимися между собой режимами воздействия. [1,3]

Различия режимов воздействия технологий применяющих кислотный гидролиз зависят, главным образом, от вида обрабатываемого сырья, способа его подготовки, используемых реагентов и оказывают влияние на качество и вид получаемого пектина. [1,4]

Экспериментально установлены оптимальные параметры ультразвукового воздействия при использовании лимонной, серной и соляной кислот. Результаты экспериментов доказывают, что интенсивность перечисленных кислот возрастает при воздействии кавитации. По результатам данного эксперимента получены зависимости выхода пектина от интенсивности ультразвуковых колебаний. На первом этапе исследований для эксперимента были приняты оптимальные параметры температуры и продолжительности гидролиза-экстрагирования пектина классическим методом (рис. 1-3).

Оптимальным значением интенсивности ультразвукового воздействия на сырьё является 5 Вт/см^2 при уровне рН 5 для соляной кислоты, интенсивность 4 при рН 5 для серной кислоты, интенсивность 6 при рН 4 для лимонной (Рисунок 3). При этом выход пектина оказывается несколько ниже выхода пектина, полученного классическим способом. В связи с этим возникает необходимость подбора новых оптимальных параметров продолжительности и температуры кислотно-кавитационного гидролиза.

По полученным зависимостям на рисунке 1 видно, что введение процесса кавитации увеличивает интенсивность воздействия на сырьё, однако выход пектина при заданных условиях не является максимальным. В связи, с чем были проведены эксперименты по определению оптимальной продолжительности кислотно-кавитационного гидролиза.

Результаты эксперимента отражены в диаграммах на рисунке 2.

Результаты исследования зависимости выхода пектиновых веществ от продолжительности гидролиза и интенсивности кавитационного воздействия, для кормового арбуза (рис. 2) показывают, что оптимальные параметры интенсивности и продолжительности воздействия различны в зависимости от применяемых кислот. Так для соляной кислоты оптимальные значения интенсивности кавитационного воздействия составляют $I = 5 \text{ Вт/см}^2$, в течение 60 минут. Для серной кислоты показатели интенсивности воздействия $I = 4 \text{ Вт/см}^2$, в течение 45 минут. Применение лимонной кислоты в качестве гидролизующего агента позволяет получить высокий выход пектина при $I = 6 \text{ Вт/см}^2$, при продолжительности обработки 90 минут.

На рисунке 3 представлена зависимость выхода пектиновых веществ тыквы от интенсивности кавитационного воздействия (I) и рН среды: 5 Вт/см^2 при уровне рН 5 для соляной кислоты, $I = 4$ при рН 5 для серной кислоты, $I = 6$ при рН 4 для лимонной. Выход пектина также оказывается несколько ниже выхода пектина, полученного классическим способом.

При экстрагировании пектина из тыквы оптимальные параметры интенсивности и продолжительности одинаковы для каждой кислоты параметрам, полученным при исследовании гидролиза кормового арбуза. Т.е. для гидроли-

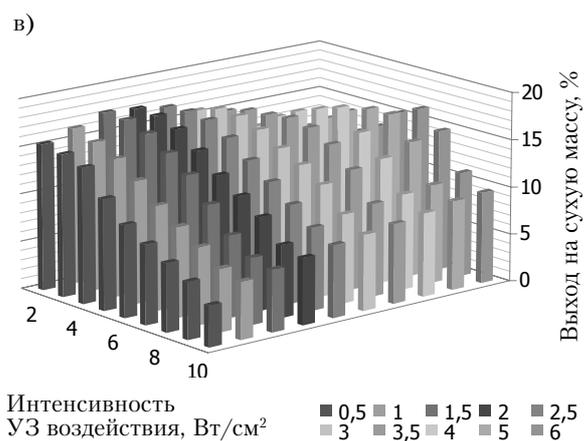
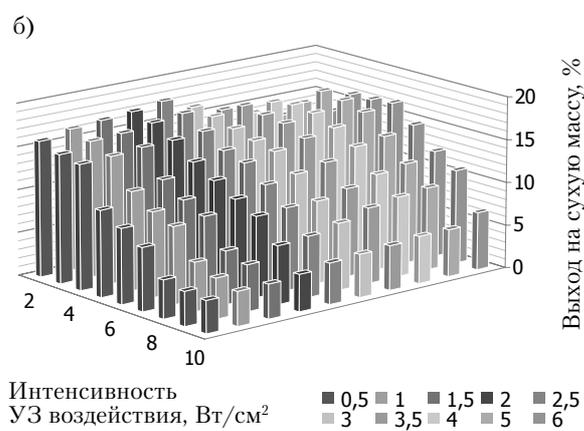
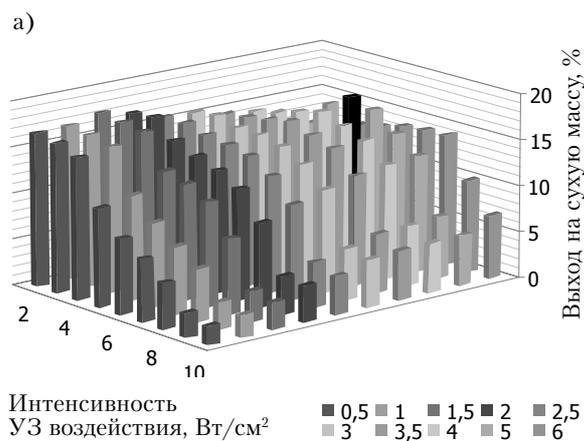


Рисунок 1. Зависимость выхода пектиновых веществ кормового арбуза от интенсивности кавитационного воздействия и pH среды при гидролизе соляной кислотой (а), серной кислотой (б) и лимонной кислотой (в)

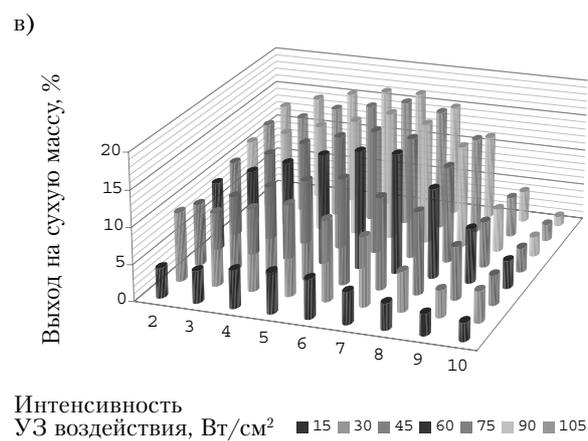
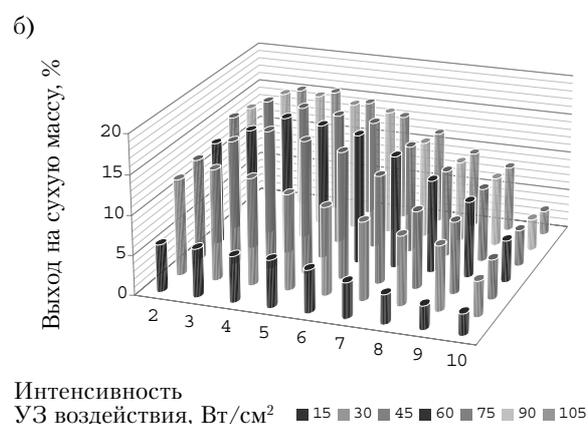
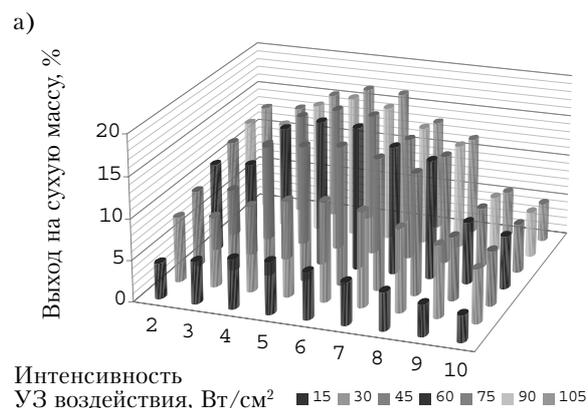


Рисунок 2. Зависимость выхода пектиновых веществ кормового арбуза от интенсивности кавитационного воздействия и продолжительности экстрагирования при гидролизе соляной кислотой (а), серной кислотой (б) и лимонной кислотой (в)

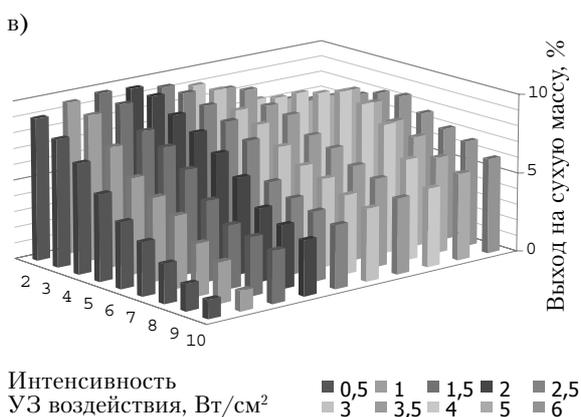
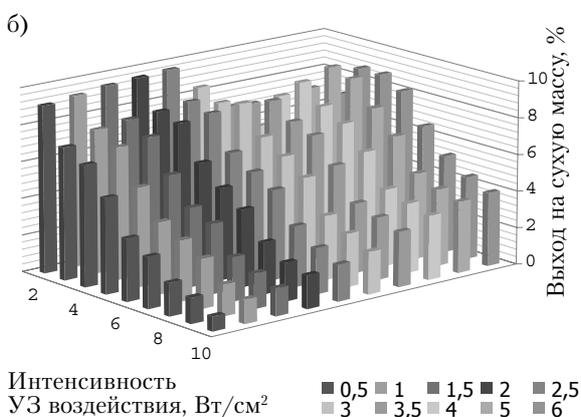
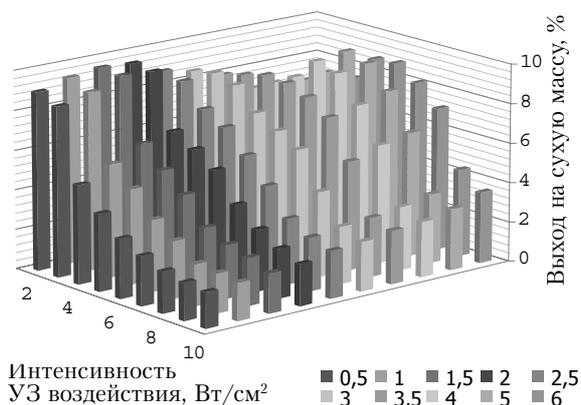


Рисунок 3. Зависимость выхода пектиновых веществ от интенсивности кавитационного воздействия и pH среды при гидролизе соляной кислотой (а), серной кислотой (б) и лимонной кислотой (в)

за соляной кислотой оптимальные значения интенсивности кавитационного воздействия составляют $I = 5 \text{ Вт/см}^2$, продолжительность 60 минут. Для серной кислоты $I = 4 \text{ Вт/см}^2$, в течение 45 минут. Лимонная кислота позволяет получить высокий выход пектина при $I = 6 \text{ Вт/см}^2$, при продолжительности обработки 90 минут.

В результате ряда экспериментов было определено оптимальное значение температуры. Для всех видов кислот оно составляет $55...60^\circ\text{C}$. При превышении указанного температурного порога выход и качество получаемого пектина снижается.

По полученным результатам проведенных экспериментов при применении кавитации совместно с кислотой, pH которой соответствует традиционному способу экстрагирования, выход пектина снижается, поскольку наблюдается чрезмерно агрессивное воздействие на сырье и растворенный пектин. Однако при снижении уровня pH кислоты выход пектина из исследуемого сырья достигает значений соответствующих литературным данным.

Показатели качества получаемого пектина для каждого сырья показаны в таблице 1.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение кавитации совместно с кислотой при экстрагировании пектина позволяет снизить концентрацию кислоты сохранив при этом показатели выхода и качества получаемого пектина.

В результате проведенных исследований разработана технологическая схема производства пектина, с применением низко концентрированных кислот, с дополнительной интенсификацией гидролиза за счет ультразвуковой кавитации. Выполнено исследование надежности работы лабораторного ультразвукового устройства в широком диапазоне изменений интенсивности кавитации и кислотности среды. Определены оптимальные технологические параметры режимов экстрагирования пектина из исследуемых видов растительного сырья для каждой из применяемых кислот: соляная кислота имеет оптимальные значения интенсивности (I) – 5 Вт/см^2 , при pH 5, продолжительность (ϕ) 60 минут; серная кислота – $I = 4$, при pH 5, продолжительность (ϕ) 45 минут; лимонная кислота – $I = 6$, при pH 4, продолжительность (ϕ) 90 минут.

В результате внедрения кислотно-кавитационной технологии в промышленности процесс экстрагирования пектина, экологичность и безопасность производства возрастает, снизятся расходы химических реагентов во всей технологии, что положительно скажется на себестоимости готового продук-

Таблица 1. Основные физико-химические и аналитические характеристики пектиновых веществ

Показатели	Пектин кормового арбуза	Пектин тыквы	Пектин свекловичного жома	Пектин корзинок подсолнечника
Студнеобразующая способность, мм. рт. ст.	505...550	490...542	350...404	433...470
Комплексообразующая способность, мг Рb ²⁺ /г	395...415	460...605	550...610	410...440
Степень этерификации, %	45...57	55...61	46...52	43...54

та, которая составит 140-160 руб., в зависимости от сырья.

18.11.2010

Список литературы:

1. Даниловцева, А. Б. Оптимизация технологических параметров гидролиза-экстрагирования при получении пектина из плодово-ягодных выжимок / А. Б. Даниловцева, И. В. Полякова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - N 5. - С. 32-33.
2. Жиров, В. М. Исследование процесса ультрафильтрационного концентрирования пектина / В. М. Жиров, Н. И. Белов // Пищевая промышленность. - 2005. - N 4. - С. 70-71.
3. Кузнецова, Е. А. Ультрафильтрационное концентрирование и очистка экстрактов подсолнечного пектина / Е. А. Кузнецова, А. Л. Лукин, В. В. Котов // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2008. - N 6. - С. 23-27.
4. Оренбургская область [Электронный ресурс]. <http://www.orenburgobl.ru/> - 17.11.2010
5. Обзор текущего состояния рынка и производства пектина [Электронный ресурс]. Пектин в России, Инвестиционный проект, 2005. – Режим доступа: WWW.URL: <http://www.esi.ru.> – 9.03.2007.

Сведения об авторах:

Тыщенко В.М., ведущий инженер кафедры пищевой биотехнологии
Оренбургского государственного университета, аспирант
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, Halftrust@mail.ru

Быков А.В., начальник отдела научно-исследовательской и инновационной работы студентов
Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, отдел НИРС, Artem19782@yandex.ru

Tyshchenko V. M, Bykov A.V.
WORKING OUT OF NON-POLLUTING TECHNOLOGY OF PROCESSING OF VEGETATIVE RAW MATERIALS ON THE BASIS OF THE ULTRASONIC CAVITATION

In article the production technology of pectin with application of a kislotno-cavitational way extraction is presented. Schedules of dependences of intensity of cavitation influence from level pH a solution and duration of hydrolysis are presented.

Keywords: Pectin, pectinaceous substances, a cavitation, acidity, vegetative raw materials.

References:

1. Danilovtseva A. V. Optimizatsija of technological parameters of hydrolysis-ekstragirovanija at reception of pectin from a plodovo-berry residue / A. B. Danilovtseva, I. V. Poljakova // Storage and agricultural raw materials processing. - 2007. - N 5. - p. 32-33.
2. Zhiron, V. M. Issledovanie of process ultrafiltrational concentration pectin / V. M. Zhiron, N. I. Belov // the food-processing industry. - 2005. - N 4. - p. 70-71.
3. Kuznetsova A. L., E. A. Ultrafiltratsionnoe концентрирование and clearing of extracts of sunflower pectin / E. A. Kuznetsova, A. L. Lukin, V. V. Kotov // Storage and agricultural raw materials processing. - 2008. - N 6. - p. 23-27.
4. The Orenburg region [the Electronic resource]. <http://www.orenburgobl.ru/> - 11/17/2010
5. The review of a current condition of the market and pectin manufacture [the Electronic resource]. Pectin to Russia, the Investment project, 2005. – an access Mode: WWW.URL: <http://www.esi.ru.> – 3/9/2007.