

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

МРНТИ 65.65.03

Ш.М. Велямов¹, С.С. Джингилбаев¹, С.Г. Актерян²

¹Алматинский технологический университет, г.Алматы, Казахстан

²Университет пищевых технологий, г.Пловдив, Болгария

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЮ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПЕКТИНА НА ЭКСТРАКТОРЕ

Аннотация. Проведено исследование влияния ультразвуковой обработки на выход пектина при ферментативной экстракции из столовой свеклы на экстракторе – оптимальной интенсивностью обработки УЗ составила 25 Гц. Цель работы - выявить закономерность влияния ультразвукового генератора и лопастной мешалки пропеллерного типа на количественный выход пектина из столовой свеклы при ферментативной экстракции на экстракторе. Изучено влияния скорости перемешивания экстрагента на выход пектина при ферментативной экстракции из столовой свеклы. Оптимальной скоростью является – 1000 об/мин. Эксперименты, показали, что использование в конструкции экстрактора растительного сырья, а также быстроходной мешалки повышают его эффективность на 19-21%. Разработка оборудования для получения биологически ценных продуктов на основе глубокой переработки овощной продукции позволит наглядно увидеть возможность ее внедрения.

Ключевые слова: экстрактор, пектин, свекла, переработка, экстракция, ультразвук.

• • •

Түйіндеме. Мақсаты – ультрадыбысты генератордың және пропеллерлік үлгідегі қалақты бұлғауыштың экстрактордағы ферментті экстракция кезінде асханалық қызылшадан алынған пектиннің мөлшерлік шығу ықпалының заңдылық әсерін анықтау. Экстрактордағы асханалық қызылшасынан ферментативті экстракция кезінде пектиннің шығуына ультрадыбысты өңдеудің әсеріне зерттеу жүргізілді – УД өңдеудің оңтайлы қарқындылығы 25 Гц болды. Экстрактордағы асханалық қызылшасынан ферментативті экстракция кезінде пектиннің шығуына экстрагенттің араластыру жылдамдығының әсеріне зерттеу жүргізілді. Оңтайлы жылдамдығы – 1000 айн/мин. Жүргізілген эксперименттер көрсеткендей, ультрадыбыстық генератордың өсімдік шикі-

затын экстрактордың конструкциясында, сондай-ақ жоғары жылдамдықты бұлғағышта пайдалану оның тиімділігін 19-21%-ға едәуір арттырады. Көкөніс өнімдерін тереңдетіп қайта өңдеу арқылы биологиялық құнды өнімдерді алу үшін отандық технологияға арналған жабдықты жасау оны жүзеге асырудың нақты мүмкіндігін көрсетеді.

Түйінді сөздер: экстрактор, пектин, қызылша, қайта өңдеу, экстракция, ультрадыбыс.

• • •

Abstract. It was studied the effect of ultrasonic treatment on the yield of pectin during enzymatic extraction from table beet on the extractor. The optimum intensity of ultrasonic treatment was 25 Hz. The aim of the work is to reveal the regularity of the influence of the ultrasonic generator and propeller-type blade impeller on the quantitative yield of pectin from table beet during enzymatic extraction on the extractor. The effect of the mixing speed of the extractant on the yield of pectin during enzymatic extraction from table beet on the extractor was studied. The optimum speed is 1000 rpm. Experiments have shown that the use of an ultrasonic generator in a plant extractor, as well as a high-speed stirrer, increases its efficiency by 19-21%.

The development of equipment for obtaining biologically valuable products based on deep processing of vegetable products will make it possible to clearly see the possibility of its implementation.

Keywords: extractor, pectin, beet, processing, extraction, ultrasound.

Введение. В Казахстане как и за рубежом наиболее перспективным направлением увеличения показателей сохранности и эффективности использования овощей, является их переработка с сохранением ценных биологически активных соединений. При этом для пищевой промышленности весьма важна разработка эффективной технологии и оборудования для извлечения пектина из овощей и обогащение полученной продукции – соков, пюре и др.

Одно из важнейших направлений повышения эффективности современного производства - более широкое вовлечение в переработку вторичных сырьевых ресурсов [1]. Использование вторичного сырья переработки столовой свеклы для изготовления соков, пюре и получения пектинсодержащего экстракта, считается выгодным, поскольку его содержание в таком сырье составляет от 0,6 до 1,2%. [2].

Пектин является важным углеводным полимером, и в основном используется в пищевых продуктах, фармацевтических препаратах,

в ряде других отраслей пищевой промышленности [3]. Он защищает организм от воздействия радиоактивных и тяжелых металлов (свинца, стронция и других), задерживает развитие вредных микроорганизмов в кишечнике, способствует выведению холестерина [4].

Помимо применения пектина как лекарственного средства, его порошок или пектиновый концентрат вводят в рацион для обогащения блюд специального назначения. Пектиновые диеты рекомендованы для профилактического питания рабочим, находящимся в контакте с пылью тяжелых металлов. Добавление его в диету как компонента, улучшает обменные реакции организма, регулирует процесс пищеварения, нормализует работу органов и всей пищеварительной системы в целом [5-6].

Кроме того, его присутствие необходимо для стабильного сохранения комплекса жизненно важных витаминов и микроэлементов, а также для полноценного их усвоения организмом. Поэтому так важна разработка эффективной технологии и оборудования для извлечения пектина [7].

В состав пищевых волокон входят пектины, представляющие собой полимеры галактуроновой кислоты. Пектины обладают свойством набухать в водной среде и сорбировать желчные кислоты, токсичные вещества из организма человека, что указывает на его ценность как продукта функционального назначения [8]. В клетках, молекулы ассоциированы с целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином, что препятствуют его полному гидролизу [9]. Поэтому методы, применяемые для выделения пектинов длительны и трудоемки, и, как правило, требуют совершенствования оборудования и способов экстракции.

Наиболее богаты пектинами овощи, такие как свёкла столовая, морковь, перец, тыква, баклажаны, а также фрукты - яблоки, айва, вишня, слива, груши, цитрусовые. Рекомендованная доза для взрослых 3-4 г в день, а для детей 1-2 г.

Наиболее распространенное сырье для производства пектина - выжимки яблок и цитрусовых плодов. Гидролиз-экстрагирование осуществляют в экстракторе периодического действия водным раствором азотной (соляной) кислоты при следующих условиях: pH 1,5–2,0, 70–80°C, ГМ 10–12, 3,0–3,5 ч. Экстракт отделяют на прессах (А-экстракт). Выжимки снова загружают в экстрактор и обрабатывают в течение 1,5–2 ч водой при температуре 45–50°C, ГМ 12–14. После отделения раствора его объединяют с экстрактом и дают отстояться

в течение 2–4 ч. Среднее содержание СВ в экстракте 1,0–1,2%, включая 0,3–0,4% ПВ. Экстракт сепарируют и фильтруют [11].

Цитрусовые пектины получают из цедры лимона и лайма, иногда апельсинов и грейпфрутов. Для гидролиза протопектина используют различные кислоты: соляную, сернистую, серную, азотную, лимонную, уксусную и фосфорную. Наиболее часто применяют серную и сернистую кислоты, обладающие отбеливающим эффектом. Однако использование этих кислот усложняет аппаратурное оформление процесса [11]. Цитрусовый пектин в основном используют при производстве консервов и молочных продуктов.

В данной работе в качестве растительного сырья для получения пектинсодержащего экстракта на разработанном экстракторе были взяты выжимки столовой свеклы, поскольку данное вторичное сырье является не дорогим, и процентное содержание в нем пектина, наиболее максимально (табл. 1). Свекловичный жом, содержит 15-30% пектина от общей массы сухих веществ и рассматривается как лучшее альтернативное сырье [12].

Кроме того известно, что при переработке плодов и овощей пектиновые вещества, не растворяясь, почти всецело остаются в отходах переработки, в данном случае в их выжимках. Следовательно, разработка оборудования и технологии для получения пектинсодержащих экстрактов из вторичного растительного сырья с целью дальнейшего применения в качестве биологически активной добавки является актуальной задачей [7].

Традиционная технология получения пектина, используемая большинством зарубежных компаний, основана на кислотном-термическом гидролизе и последующем спиртовом осаждении из гидролизата. Для этого применяют смеси спирта с кислотой и спиртов различных концентраций, сильных кислот (HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4), хлористого алюминия и гидроокиси аммония, создающих агрессивную рабочую среду и вредные условия труда. Производственный процесс протекает при повышенных температурных режимах (45...120°C) в кислой среде при $\text{pH} = 0,5-2,0$ с колебаниями времени экстракции и гидролиза от 3 до 6 ч и общим циклом процесса до 12 и более часов. Однако сложность кислотно-спиртового метода получения пектина обуславливает высокую цену целевого продукта, делая этот уникальный природный продукт недоступным для большинства населения [13-14].

Наиболее современным, экологически-чистым способом получения пектина является биотехнологический способ, основанный на дей-

ствии ферментов микробного происхождения, используемых в качестве гидролизующих агентов. Ферментативный гидролиз имеет ряд неоспоримых технологических преимуществ, главное из которых увеличение выхода пектина при сохранении его студнеобразующих свойств [15].

В данной работе использовался биотехнологический способ получения пектинсодержащего экстракта из выжимок столовой свеклы запатентованный сотрудниками КазНИИ «Перерабатывающей пищевой промышленности» (патент Республики Казахстан №29264). На сегодняшний день, стоит вопрос механизации ферментативной технологии для получения пектинсодержащего экстракта, в частности разработки конструкции и аппаратного оснащения экстрактора растительного сырья, позволяющего максимально эффективно производить процесс экстракции пектина.

Ультразвуковые волны генерируют эффект кавитации в растворителе, что приводит к более быстрому движению молекул и глубокому проникновению растворителя в клетки растительного сырья [16]. Таким образом, ультразвуковое влияние (УЗ) эффективно воздействует на экстракцию биологически активных соединений из природных источников при использовании таковых в пищевых целях [17].

Активное перемешивание экстрагента при экстракции растворимых веществ, также позитивно сказывается на скорости выхода пектина за счет ускорения массообменных процессов и вымывания растворимых веществ из растительного сырья. В данной модели экстрактора использовалась быстроходная лопастная мешалка пропеллерного типа.

Сегодня пропеллерные мешалки поставляются с коробками скоростей, позволяющими изменять число оборотов, что еще более облегчает их применение в полупроизводственных условиях [18].

Пропеллерные мешалки применяются главным образом для следующих целей:

- интенсивного перемешивания маловязких жидкостей;
- приготовления суспензий и эмульсий;
- взмучивания осадков, содержащих до 10% твердой фазы, состоящей из частиц размером до 0,15 мм.

Таким образом, основными достоинствами пропеллерной мешалки являются: высокая интенсивность перемешивания и умеренный расход электроэнергии, даже при значительном числе оборотов [18].

Опираясь на вышеизложенное, можно утверждать, что создание экстрактора оснащенного ультразвуковым генератором и быстроход-

ной мешалкой значительно сократит время экстракции пектина, что позволит увеличить выход конечного продукта.

Методы исследования. Для проведения исследований была создана экспериментальная модель растительного экстрактора открытого типа, оснащенного ультразвуковым генератором, нагревательным элементом, и быстроходной мешалкой (рис.1). Собранная экспериментальная модель позволяет осуществить активное воздействие УЗ на растительное сырье, и вымывать растворимые компоненты путем активного перемешивания экстрагента нагретого до необходимой температуры.

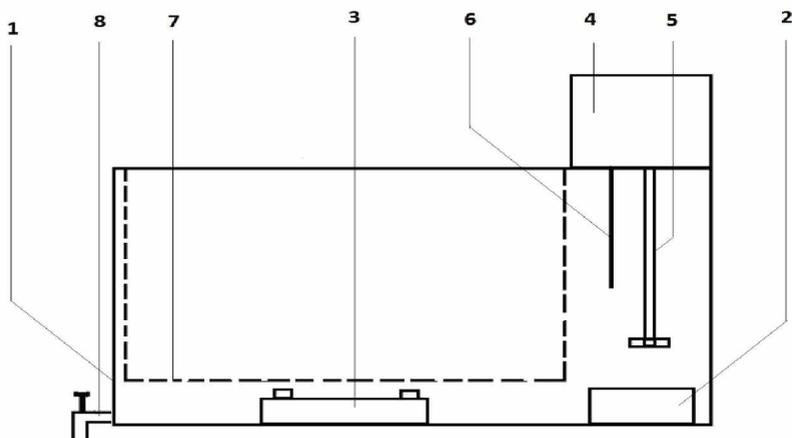


Рис.1 – Схема предлагаемой конструкции экстрактора растительного сырья:

1 - термостойкий корпус; 2- нагревательный элемент; 3- ультразвуковой генератор; 4 - компьютер управления; 5 - быстроходная мешалка; 6 - датчик температуры; 7 - металлическое сито для загрузки и разгрузки растительного сырья; 8 - кран для слива экстракта

В процессе работы экстрактора растительное сырье находится в сетке полностью погруженной в жидкую фазу, и под постоянным воздействием ультразвука для разрушения растительных клеток, при этом жидкая фаза активно перемешивается, и нагревается до нужной температуры, что обеспечивает активное вымывание экстрагируемого вещества. В конце процесса жидкая и твердая фазы легко разделяются.

При работе экстрактора растительное сырье загружается в сито 7, которое полностью погружено в экстрагент, при помощи компьютера управления 4, выставляется нужный режим, и экстрагент нагревается до нужной температуры, посредством нагревателя 2 и активно перемешивается быстроходной мешалкой 5. При этом ультразвуковой генератор 3 действует на растительное сырье, разрушая растительные клетки, а нагретый экстрагент вымывает пектин. После окончания процесса, жидкую фазу можно слить с крана 8, а растительное сырье отжать, и отделить ситом 7.

Экстракцию пектина проводили согласно запатентованному способу (патент РК №29264). Согласно данному способу экстракцию пектина проводят в водной среде из расчета 1:13 - на 100 г высушенных выжимок столовой свеклы 1300 мл воды. Температура среды при набухании растительного сырья 56°C поддерживается в течение 15-18 ч, температура среды при ферментативной экстракции - 37°C в течение 4 ч при $pH=7,2\pm 0,1$. Количество вводимого полиферментного комплекса в ориентире на пектинолитический фермент пектиназу имеет 20 000 ед. активности. В данном случае использовался полиферментативный комплекс компании «Bio JSC», Бельгия - с активностью компонентных ферментов (ед/г): пектиназы - 2000, целлюлазы - 350, т.е. 10% от массы взятого сухого растительного сырья.

В качестве растительного сырья для получения пектинсодержащего экстракта выбран районированный сорт столовой свеклы «Бордо» на стадии технической спелости. Предварительно корнеплоды переработали на сок, а из выжимок получали пектинсодержащий экстракт.

Содержание пектина определялось титриметрическим методом (ГОСТ 29059-91) «Продукты переработки плодов и овощей титриметрический метод определения пектиновых веществ»:

- 50 мл раствора 0,4% едкого натра (для омыления) добавляется к 30-50 мл образца (отстаивание в течении 12 ч);

- Добавляется 50 мл 1 нормальной уксусной кислоты и 50 мл 11,1% раствора хлористого кальция для осаждения пектина;

- Фильтрация осадка через, заранее высушенный до постоянного веса, фильтр;

- Осадок промывается 0,5% раствором хлористого кальция, далее обильно промывается холодной дистиллированной водой для освобождения от хлористого кальция (проверка по реакции на хлор с азотнокислым серебром);

- Промывка горячей водой для удаления солей;
- Фильтры с осадками пектата кальция высушиваем до постоянного веса при 105°C;

Перерасчет проводится по формуле:

$$P = \frac{(a-b) 100\%}{n} 0.9235,$$

где P - Пектиновые вещества, % ;

a - вес фильтра с осадком;

b - вес фильтра высушенный до постоянного веса;

0,9235- коэффициент перевода пектата кальция в пектиновую кислоту;

n - масса навески.

Входные параметры процесса ферментативной экстракции пектина на разработанном экстракторе приведены в табл.1.

Таблица 1

Входные параметры процесса ферментативной экстракции пектина на разработанном экстракторе

Параметры	-1	0	+1
Частота ультразвуковой обработки, кГц	20	25	30
Скорость перемешивания экстрагента, об/мин.	600	800	1000
Время экспозиции при использовании разработанного экстрактора растительного сырья с ультразвуковым генератором и быстроходной мешалкой пропеллерного типа в ферментативной экстракции пектина из столовой свеклы, ч	1	3	5

Из литературных источников известно, что наиболее оптимальная частота обработки растительного сырья ультразвуком колеблется в пределах 18-30 кГц и интенсивностью кавитации 5 Вт/см² [19]. Поэтому для оптимизации процесса экстракции пектина использовалась ультразвуковая обработка растительного сырья, в частности столовой свеклы, с частотой волн 20 кГц как нижний предел, 25 кГц средний и 30 кГц верхний предел при константе интенсивности кавитации.

Под воздействием ультразвуковых волн частотой от 18-30 кГц, интенсивностью 5 Вт/см², проходящих через камеру обрабатываем-

мым сырьем, под действием кавитации происходит разрыв оболочки клетки, частичная деполимеризация протопектина, а также интенсификация проникновения экстрагента в сырье и диффузии растворимого пектина в раствор [19].

Предельная скорость вращения лопастной мешалки составила 1000 об/мин. при дальнейшем увеличении скорости наблюдалось чрезмерное пенообразование при экстрагировании пектина из выжимок столовой свеклы водой.

Для определения оптимальной продолжительности экстракции отбирались пробы каждый час в течении 5 ч, поскольку по ранее запатентованному способу максимальное время экстракции составило 5 ч и основной целью было сократить время экстракции и увеличить выход пектина из растительного сырья.

Результаты исследования. Контрольное испытание – ферментативная экстракция пектина из выжимок столовой свеклы проводили лабораторным способом, согласно патенту (РК №29264), без использования экстрактора оснащенного ультразвуковым генератором и быстроходной мешалкой лопастного типа. Результаты контрольного испытания показали, что выход пектина из сухих выжимок столовой свеклы в раствор экстрагента составил $65 \pm 0,2\%$ от общего его содержания в сырье – 6,89 г после 5ч ферментации.

После контрольного испытания для выявления оптимального режима воздействия УЗ, провели исследования влияния ультразвука (с различной частотой обработки) на выход пектина из выжимок столовой свеклы, исследование проводилось трехкратно, результаты приведены в табл.2.

Как видно (табл. 2) наиболее оптимальной интенсивностью обработки ультразвуком при ферментативной экстракции пектина из выжимок столовой свеклы является частота волны 25 кГц. При этом, наибольшее содержание пектина в растворе экстрагента составило $71,9 \pm 0,2\%$ от общего его содержания в сырье – 6,89 г, после 3-х ч ферментации, что на $10,5 \pm 0,2\%$ больше и на 2 ч быстрее контроля.

Для определения оптимальной скорости перемешивания экстрагента были трехкратно проведены эксперименты при минимальной скорости – 600 об./мин., средней – 800 об./мин. и максимальной - 1000

об./мин. При увеличении скорости свыше 1000 об./мин. наблюдалось чрезмерное пенообразование, а при снижении скорости меньше 600 об./мин. время на экстракцию сократилось по минимуму, в связи с этим был определен данный диапазон скоростей.

Таблица 2

Результаты определения оптимальной интенсивности УЗ воздействия при ферментативной экстракции пектина на экстракторе

Частота УЗ воздействия, кГц	Содержание пектина 100 г сухих выжимок столовой свеклы	Время экспозиции, ч				
		1	2	3	4	5
		Выход пектина из сухих выжимок столовой свеклы в раствор экстрагента, %				
Эксперимент №1						
20	100% = 6,89 г	32,2	43,2	64,3	70,4	70,5
25		45,0	56,9	71,7	72,0	72,1
30		46,3	58,3	71,8	72,2	72,3
Эксперимент №2						
20	100% = 6,89 г	32,6	43,6	64,6	70,8	70,7
25		45,3	57,1	72,0	72,4	72,2
30		46,6	58,6	72,1	72,4	72,5
Эксперимент №3						
20	100% = 6,89 г	32,6	43,7	64,7	70,7	70,9
25		45,4	57,4	71,9	72,4	72,6
30		46,4	58,4	71,9	72,6	72,8
Среднее арифметическое						
20	100% = 6,89 г	32,5	43,6	64,5	70,6	70,7
25		45,2	57,1	71,9	72,3	72,3
30		46,4	58,4	71,9	72,4	72,5
M+m		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Приведены результаты определения оптимальной скорости перемешивания при ферментативной экстракции пектина на экстракторе из выделенного диапазона скоростей (табл. 3)

Таблица 3

Результаты определения оптимальной скорости перемешивания при ферментативной экстракции пектина на экстракторе

Скорость быст- ходной мешалки, об/мин.	Содержание пектина в 100 г сухих выжимок столовой свеклы	Время экспозиции, ч				
		1	2	3	4	5
		Выход пектина из сухих выжимок столовой свеклы в раствор экстрагента, %				
Эксперимент №1						
600	100% = 6,89 г	31,1	42,6	54,3	64,8	64,3
800		38,0	47,2	61,2	64,8	63,7
1000		42,7	49,6	64,6	63,6	62,5
Эксперимент №2						
600	100% = 6,89 г	31,4	43,1	54,7	64,9	64,7
800		38,5	47,7	61,8	65,3	64,1
1000		43,1	51,2	65,2	64,1	62,9
Эксперимент №3						
600	100% = 6,89 г	31,3	42,8	54,5	65,1	64,8
800		38,4	47,7	61,5	65,1	63,9
1000		42,9	49,9	65,3	64,1	62,9
Среднее арифметическое						
600	100% = 6,89 г	31,3	42,8	54,5	65	64,6
800		38,3	47,5	61,5	65,1	63,9
1000		42,9	50,2	65	63,9	62,8
M+m		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Как видно из результатов исследований (табл. 3) при перемешивании экстрагента со скоростью лопастей мешалки в 1000 об/мин. выход пектина дошел до уровня контрольного образца (65±0,2% от общего его содержания в сырье – 6,89 г) за 3 ч ферментации, тогда как лабораторным способом данный показатель достигался с течением 5 ч ферментации. Исходя из вышесказанного, следует, что интенсивное перемешивание экстрагента при ферментативной

экстракции пектина значительно увеличивает скорость его выхода. Проведенный эксперимент, наглядно указывает на эффективность разработанного экстрактора растительного сырья, оснащенного лопастной мешалкой пропеллерного типа.

Результаты однофакторных экспериментов указанных выше показали, что использование как ультразвукового генератора, так и лопастной мешалки пропеллерного типа значительно увеличивают количество и скорость выхода пектина из растительного сырья, полученного по ранее запатентованной технологии «Способ получения пектинсодержащего экстракта из выжимок столовой свеклы районированных в Казахстане для пищевых целей».

Технологический режим для ферментативной экстракции пектина оптимизирован по следующим параметрам:

- Частота ультразвукового генератора 25 кГц при интенсивности кавитации 5 Вт/см²;
- Скорость лопастной мешалки пропеллерного типа для интенсивного перемешивания экстрагента 1000 об/мин.

Далее рассмотрим результаты исследования ферментативной экстракции по ранее обоснованному технологическому режиму работы экстрактора. На рис. 2 приведены результаты исследования оптимальной продолжительности ферментативной экстракции пектина из столовой свеклы при использовании разработанного экстрактора.

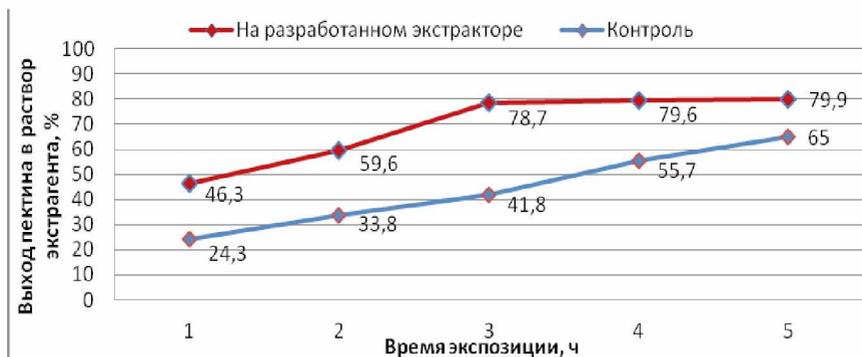


Рис.2 Динамика выхода пектина при ферментативной экстракции выжимок столовой свеклы на разработанном экстракторе

Из приведенных результатов (рис.2) видно, что предложенная конструкция экстрактора растительного сырья позволяет значительно сократить продолжительность ферментативной экстракции пектина на 2 ч, а также увеличить выход пектина примерно на 19-21% за счет глубокого воздействия на структуру растительной клетки ультразвуком и вымывания сухих веществ активным перемешиванием экстрагента.

Были изучены основные физико-химических показатели пищевой и энергетической ценности: органолептические показатели, плотность, остаточные количества пестицидов, соли тяжелых металлов: мышьяк (As), свинец (Pb), кадмий (Cd), ртуть (Hg), пектинсодержащего экстракта полученного из выжимок столовой свеклы по отработанному технологическому режиму. Результаты указанных исследований представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Пищевая ценность и основные физико-химические показатели пектинсодержащего экстракта столовой свеклы сортов «Бордо»

Наименование показателей, Ед.изм.	Фактическое содержание	Обозначение нормативной документации на методы испытаний
Пищевая ценность, 100 г:		
Белок, %	1,9	ГОСТ 26889-86
Жир, %	0,15	ГОСТ 8756.21-89
Углеводы, %	15,38	И.М. Скурихин, 1987 г.
Влага, %	81,47	ГОСТ 28561-90
Зола, %	1,10	И.М. Скурихин, 1987 г.
Энергетическая ценность, ккал	70	И.М. Скурихин, 1987 г.
Содержание витаминов, 100 г:		
А, мкг	0	ГОСТ 7047-55
Е, мг,%	0,09	ГОСТ 30627.3-98
РР, мг,%	0,12	ГОСТ 7047-55
β-каротин, мкг	8,0	ГОСТ 8756.22-80
Минеральные вещества, 100 г:		
Кальций, мг	49±9,8	СТ РК ИСО 12081-2010
Железо, мг	1,47±0,29	ГОСТ 26928-86
Медь, мг	0,531	СТ РК ГОСТ Р 51301-2005
Цинк, мг	0,223	СТ РК ГОСТ Р 51301-2005

Помимо исследования физико-химических показателей полученного пектинового экстракта из районированной столовой свеклы сорта «Бордо» были проведены исследования на содержание токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов с целью определения степени пищевой безопасности полученного продукта (табл. 5).

Таблица 5

Показатели безопасности пектинсодержащего экстракта столовой свеклы сорта «Бордо»

Наименование показателей, Ед.изм.	Допустимые нормы по НД	Фактическое содержание, "Бордо"	Обозначение НД на методы испытаний
Токсичные элементы, мг/кг, не более:			
Свинец	0,5	0,311	СТ РК ГОСТ Р 51301-2005
Кадмий	0,03	Не обнаружено	СТ РК ГОСТ Р 51301-2005
Мышьяк	0,2	Не обнаружено	ГОСТ 26930-86
Ртуть	0,02	Не обнаружено	ГОСТ 26930-86
Пестициды, мг/кг, не более:			
ГХЦГ (α, β, γ - изомеры)	0,1	0,0024	СТ РК 2011-2010
ДДТ и его метаболиты	0,1	Не обнаружено	СТ РК 2011-2010
Нитраты, мг/кг	1400	401	ГОСТ 29270-95
Радионуклиды, Бк/кг, не более:			
Цезий - 137	80	5,5	МИ №KZ 07.00.00304-2009
Стронций - 90	40	Не обнаружено	МИ №KZ 07.00.00303-2009
КМАФАиМ, КОЕ/см ³ не более	5x10 ³	1,5x10 ² -5,5x10 ²	
БГПК (колиформы), 1 см ³	Не допустимо	Не обнаружено	
E.coli	-	Не обнаружено	Изучение микробиологических показателей (общая обсемененность) проведены классическими микробиологическими методами по определению количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы, 10 см ³	Не допустимо	Не обнаружено	
Дрожжи, КОЕ/см ³ , не более	50	<50	
Плесни, КОЕ/см ³ , не более	50	<50	
V.cereus, КОЕ/см ³ , не более	200	<1,5x10 ²	

В результате проведенных исследований (табл. 4, 5), натуральный водный экстракт, полученный из выжимки столовой свеклы «Бордо» соответствуют нормам безопасности пищевой продукции и его можно использовать в качестве пищевой добавки.

Обсуждение результатов. Задачей исследований являлось найти более эффективное воздействие на экстрагируемое сырье, создать экстрактор позволяющий управлять процессом ферментативной экстракции пектина из растительного сырья и повысить выход экстрактивных веществ, сохраняя их биологическую ценность.

Результатом исследований стала разработка такого экстрактора с набором элементов, которые позволили интенсивно и эффективно произвести ферментативную экстракцию растительного сырья. В конце процесса жидкая и твердая фазы отделились, инактивировав ферментативные препараты.

Данный результат достигнут тем, что в процессе работы растительное сырье находилось в сетке полностью погруженной в жидкую фазу, и под постоянным воздействием ультразвука для разрушения растительных клеток. При этом жидкая фаза активно перемешивалась, и нагревалась до нужной температуры, что обеспечило активное вымывание экстрагируемого вещества. В конце процесса жидкая и твердая фазы легко разделились.

Проводя патентные исследования, выяснилось, что известные устройства для извлечения пектина из растительного сырья имеют технологическую сложность изготовления магнестрикционных преобразователей, а также сложность их обслуживания. Площадь боковой поверхности преобразователей, с которых производится излучение, мала, что приводит к неполному использованию возможности ультразвука для экстракции, и низкий КПД его использования, т.к. использование магнестрикционных преобразователей, больших по размерам, нецелесообразно из-за большой потребляемой мощности. Помимо этого существенным недостатком современных аппаратов является отсутствие в них кавитации и необходимости предварительного измельчения экстрагируемого сырья. Есть при-

меры устройств, требующие больших энергозатрат по причине поддержания высоких температур в обогреваемом сборнике с целью извлечения экстрагента из полученного экстракта. В результате длительного пребывания лабильных биологических веществ при высокой температуре в зоне нагрева происходит их разложение. Также одним из негативных факторов, влияющих на интенсификацию процесса, является то, что ультразвуковая волна не распространяется по всему объему из-за недостаточного перемешивания.

Выводы. Таким образом, на основании экспериментальных исследований можно говорить о пригодности и эффективности предложенной конструкции экстрактора растительного сырья, оснащенного ультразвуковым генератором и быстроходной мешалкой для ферментативной экстракции пектина. Проведенные эксперименты, наглядно показали, что использование в конструкции экстрактора растительного сырья ультразвукового генератора и быстроходной мешалки значительно повышают его эффективность на 19-21%.

Список литературы

1. *Кусаинова А.Б.* Текущее состояние и дальнейшие перспективы развития отраслей переработки сельхозпродукции//Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана, №1.- 2008.- С.2
2. *Mazz Marry, Maureen C McCann, Frank Kolpak, Alan R White, Nicola J Stacey and Keith Roberts.* Extraction of pectic polysaccharides from sugar-beet cell walls. J Sci Food Agric 80:17±28, 2000. - 17p.
3. *Thakur, B.R., Singh, R.K., Handa, A.K. & Rao, M.A.* Chemistry and uses of pectin - a review. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1997. -№37. - С.47-73
4. *Левченко Б.Д.* Использование полезных свойств пектиновых веществ в медицинской практике, Электротехнология пектиновых веществ, Тез. докл, 4 н.-т. Сем.-К, 2003. - 30 с.
5. *Голубев, В.Н.* Пектин: химия технология, применение - М.: АТН РФ, 1995. - 387 с.

6. Аймухамедова Г.Б., Шелухина Н.П. Пектиновые вещества и их значение в народном хозяйстве, Труды Юбилейной научн. сессии АН КиргССР, Фрунзе, 2007.- С.173-197.

7. Иванова Т.Н., Ершова Е.Д. Использование пектина при производстве напитков на основе плодовоовощного сырья, Пиво и напитки, 2012. - №3. - С.43-45

8. Дегтярев, И.С. Свойства и строение галактуроновой кислоты в технологии производства пектинов/Известия вузов. Пищевая технология, 2007.- № 4.- С. 15-18.

9. Колесников, В.А. Пищевые свекловичные волокна: производство и использование, Сахар, 2006.- № 4.- С. 58-61

10. Robert A. Baker Reassessment of Some Fruit and Vegetable Pectin Levels. Journal of food science, 1997.- Volume 62.- No. 2.- 225p.

11. Colin D. May. Industrial Pectins: Sources, Production and Applications Carbohydrate Polymers, 1990.- P.79-99

12. Yapo, B.M., Wathelet B., Paquot M. Comparison of alcohol precipitation and membrane filtration effects on sugar beet pulp pectin chemical features and surface properties. Food Hydrocolloids, 2007.- №21(2).- P.245-255.

13. Garna H., Mabon, N., Robert C., Cornet C., Nott K., Legros H., et al. Effect of extraction conditions on the yield and purity of apple pomace pectin precipitated but not washed by alcohol. Journal of Food Science, 2007.- №72(1).- C.001-C009.

14. C. Lv, Wang Y., Wang, L.J., Li, D., & Adhikari, B. Optimization of production yield and functional properties of pectin extracted from sugar beet pulp. Carbohydrate Polymers, 2013.- №95(1), P.233-240

15. María Luisa Franchi, María Belén Marzialetti, Graciela N Pose and Sebastián Fernando Cavalitto. Evaluation of Enzymatic Pectin Extraction by a Recombinant Polygalacturonase (PGI) From Apples and Pears Pomace of Argentinean Production and Characterization of the Extracted Pectin. Franchi et al., J Food Process Technol, 2014.- Volume 5, Issue 8, 1000352, 1.

16. Toma M., Vinatoru M., Paniwnyk L., Mason T.J. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction, Ultrason. Sonochem, 2001.- №8.- P. 137-142.

17. Corbin C., Fidel T., Leclerc E.A., Barakzoy E., Sagot N., Falguieres A., Renouard S., Blonndeu, J. Dussot J.-P., Laine E., Hano C. Development and validation of an efficient ultrasound assisted

extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds, *Ultrason. Sonochem*, 2015.- №26.- P.176–185

18. *Saraswathi B.* Propeller mixer. *Pharmaceutical Information, Articles and Blogs*, 2016. -

19. *Акопян В.Б.* Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: учебное пособие для вузов, Под ред. С.И. Щукина. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.- 209 с.

Велямов Ш.М., магистр, e-mail: v_shukhrat@mail.ru

Джингилбаев С.С., доктор технических наук, профессор,
e-mail: d_set@mail.ru

Актерян С.Г., доктор технических наук, профессор, e-mail: r.akterian@mail.ru

Источник финансирования исследований:

ТОО «Казахский НИИ Перерабатывающей и пищевой промышленности»