

Проектирование и моделирование новых продуктов питания

УДК 664.292

DOI: 10.14529/food200105

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЭКСТРАГЕНТА НА ВЫХОД ПЕКТИНА ПРИ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ ВЫЖИМОК СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Ш.М. Велямов, С.С. Джингилбаев

Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Несмотря на то, что такой ценный продукт, как пектин, содержится в большом количестве во вторичном растительном сырье (выжимках плодов и овощей), применение традиционных технологий получения пектина нерентабельно и предполагает использование веществ, создающих агрессивную рабочую среду. Данный факт препятствует внедрению технологий переработки вторичного растительного сырья с целью получения пектина (или экстракта пектина) на действующем пищевом предприятии. Однако существуют альтернативные способы получения пектина из растительного сырья – биотехнологические способы, с применением ферментативных препаратов, которые дешевле в применении и абсолютно безвредны для здоровья человека, в связи с этим внедрение подобных альтернативных технологий получения пектина на действующем пищевом предприятии становится возможным. На сегодняшний день необходимо провести механизацию биотехнологии получения пектинсодержащего экстракта, а именно изучение процесса ферментативной экстракции на механическом оборудовании. Целью работы является увеличение выхода пектина из растительного сырья при ферментативной экстракции за счет использования активного перемешивания экстрагента. Предметом исследования являлась закономерность получения пектинсодержащего экстракта столовой свеклы. Объектом исследования являлся технологический процесс и оборудование для получения пектинсодержащего экстракта столовой свеклы. Экстракцию пектина проводили согласно способу, запатентованному в РК № 29264. Содержание пектина определялось титриметрическим методом согласно ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ». В статье отображены результаты исследований влияния активного перемешивания экстрагента при ферментативной экстракции пектина из выжимок столовой свеклы. По результатам проведенных исследований выявлен положительный эффект активного перемешивания экстрагента при ферментативной экстракции пектина из выжимок столовой свеклы, в целом длительность процесса экстракции относительно контроля сократилась на 2 часа.

Ключевые слова: экстрактор, перемешивание экстрагента, переработка свеклы, пектин.

Введение

Пектин признан ВОЗ продуктом, рекомендованным в качестве корректора состояния здоровья человека. В соответствии с ст. 321 ТК РК работникам, контактирующим с неорганическими соединениями свинца, необходимо дополнительно к молоку выдавать 14–16 граммов пектина, в виде обогащенных им консервированных растительных пищевых продуктов, фруктовых соков, напитков. В России, Казахстане, республиках Средней Азии собственного пектинового производства не имеется. Следует отметить, что его ежегодная закупка в Казахстане в 20 раз меньше потребности [1, 2].

При переработке плодов и овощей пектин, содержащийся в них, полностью остается в выжимках – вторичном сырье, которое представляет ценность для получения конкурентоспособных пектинопродуктов (пектинового экстракта, пектинового концентрата, сухого пектинового порошка) [3–6]. Однако переработкой данного вторичного сырья в РК практически не занимаются, сырье в лучшем случае уходит на корм скоту, либо утилизируется.

Несмотря на то, что такой ценный продукт – пектин, содержится в большом количестве во вторичном растительном сырье (выжимках плодов и овощей) применение традиционных технологий получения пектина не

рентабельно и предполагает использование веществ, создающих агрессивную рабочую среду. Данный факт препятствует внедрению технологий переработки вторичного растительного сырья с целью получения пектина (или экстракта пектина) на действующем пищевом предприятии. Однако существуют альтернативные способы получения пектина из растительного сырья – биотехнологические способы, с применением ферментативных препаратов, которые дешевле в применении и абсолютно безвредны для здоровья человека, в связи с этим внедрение подобных альтернативных технологий получения пектина на действующем пищевом предприятии становится возможным [7–11].

Один из таких биотехнологических способов получения пектина (экстракта пектина) разработан и запатентован в РК – патент № 29264. Однако на сегодняшний день для успешного внедрения вышеотмеченной отечественной технологии стоит вопрос механизации данной технологии. Для полноценной возможности ее внедрения необходима разработка соответствующего и не дорогого оборудования, которое бы позволило интенсифицировать процесс ферментативной экстракции и использовать его на малых и средних предприятиях по переработке плодов и овощей, которых в РК насчитывается более 180.

Разработка оборудования для экстракции компонентов из растительного сырья должна осуществляться с учетом способности интенсификации извлечения необходимых компонентов. В нашем случае среди всех процессов были выделены процессы механического перемешивания экстрагента и последующее исследование изменения параметров на количество выделенного компонента.

В проведении экстракции эффективность процесса может быть достигнута за счет ускорения течения сорбционных процессов, которые ускоряют вымывание растворимых веществ из исходного растительного сырья [12, 13]. В представленной работе была использована быстроходная лопастная мешалка пропеллерного типа.

Данное оборудование, как правило, применяют для маловязких жидкостей, что дает возможность получить равномерно взмученную жидкость и избежать выпадение осадка. Маловязкие системы (эмульсии, суспензии) содержат до 10 % твердой фазы с частицами до 0,15 мм. Для систем с более высокой вяз-

костью (более 0,6 Па·с) пропеллерные мешалки непригодны, так как не могут обеспечить необходимой однородности системы в связи с присутствием твердой фазы высокой плотности [14,15].

Применение такого типа перемешивающих аппаратов за счет дополнения конструкции коробками передач находит все большее применение. Положительным фактором является то, что за счет возможности изменения конструктивных деталей возможна их адаптация к производственным условиям [15, 16].

Как правило, пропеллерные мешалки позволяют интенсифицировать перемешивание маловязких жидкостей, взмучивая осадок с параметрами – до 10 % твердой фазы с размером частиц до 0,15 мм и получать суспензии и эмульсии высокой дисперсности.

Применение такого оборудования обеспечивает высокую интенсивность перемешивания, при умеренном расходе электроэнергии, независимо от числа оборотов [16–18].

Цель работы – обеспечение высокого выхода пектина из растительного сырья при использовании ферментативной экстракции за счет использования активного перемешивания экстрагента.

Объекты и методы исследования

Для проведения эксперимента были использованы классические методики, изложенные в доступной технической литературе в области дисциплин «ПАПП» и «ПАХТ».

Методология конструкторского проектирования выстраивалась на основе теории планирования эксперимента, с учетом норм и правил проектирования пищевой и химической аппаратуры. Полученные данные обрабатывались с применением общепринятых методов математической статистики.

Для проектирования аппаратного сопровождения процессов, получения графического материала использовались общеизвестные программные продукты на ПЭВМ.

Объектом исследований для апробации разработанного оборудования являлись выжимки столовой свеклы.

В ходе эксперимента оценивались технологический процесс и оборудование для переработки столовой свеклы.

Предмет исследований: закономерность получения пектинсодержащего экстракта из столовой свеклы.

В качестве инструмента для получения пектинсодержащего экстракта была разрабо-

Проектирование и моделирование новых продуктов питания

тана экспериментальная модель экстрактора открытого типа. Схема аппарата для экстракции пектина представлена на рис. 1.

Конструктивные элементы экстрактора:

- ультразвуковой экстрактор;
- нагревательный элемент;
- быстроходная, пропеллерного типа, мешалка.

Технология экстрагирования прописана в ранних работах и включает: предварительную подготовку сырья (сито 7); загрузку в сетки и погружение в жидкую фазу (экстрагент); процесс ультразвуковой обработки (УЗ излучатель 3) при постоянном вымешивании (быстроходная мешалка 2) и нагревании (нагреватель 2). После окончания экстракции жидкую фазу можно слить с крана 8, а растительное сырье отжать и отделить на сите 7. Весь процесс управляется при помощи компьютерного пульта (элемент 4).

Разработанная экспериментальная модель позволяет увеличить эффективность извлечения пектина за счет активной мацерации клеток растительного сырья. Разрушенные клетки становятся доступными для активного вымывания растворимых компонентов. При этом в качестве стимуляторов процесса экстракции выступают ультразвук, нагревание и механическое воздействие.

При расчете геометрических характеристик экстрактора за основу взято: раститель-

ное сырье относительно ультразвуковых излучателей располагается в ближней зоне ультразвуковых волн, поскольку в дальней зоне звукового поля давление звука уменьшается, что снижает эффективность воздействия. Объем экстрактора рассчитывается в зависимости от массы загружаемого сырья, на 1 кг сырья с учетом технологического запаса – 15 л воды.

По нормативам и правилам проектирования пищевой и химической аппаратуры в зависимости от технологических условий процесса для расчета диаметра лопастей мешалки принимают в среднем соотношение указанное в формуле:

$$D/d = (1,5, \dots 2, \dots, 3), \quad (1)$$

где D – внутренний диаметр корпуса аппарата, м; d – диаметр лопастей мешалки, м.

Для расчёта рабочей мощности перемешивания применяется критериальное уравнение Эйлера.

Метод экстрагирования осуществляется при следующих параметрах:

– соотношение сырье: экстрагент из расчета 1:13 – на 100 грамм высушенных выжимок столовой свеклы 1300 мл воды;

– температурный режим: для набухания растительного сырья – 56 °С в течение 15–18 часов, для ферментативной экстракции – 37 °С в течение 4 часов при $pH = 7,2 \pm 0,1$.

Количество полиферментного комплекса

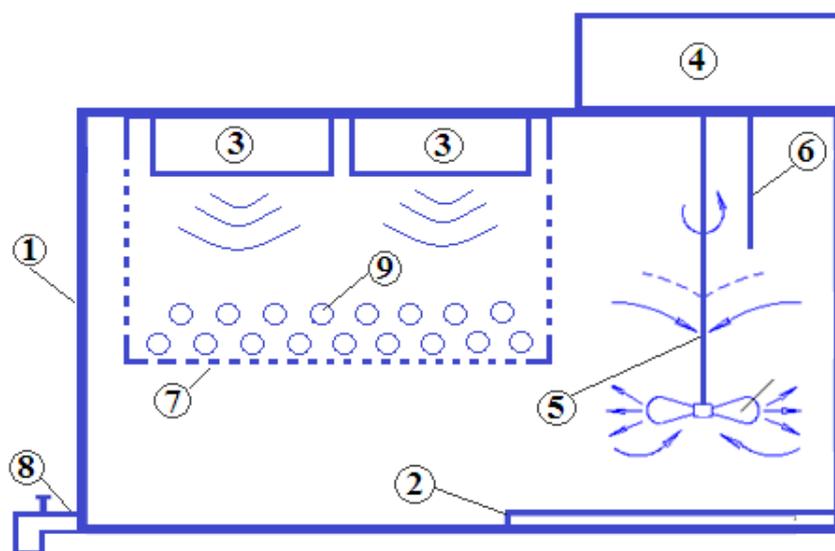


Рис. 1. Схема экстрактора растительного сырья: 1 – экстрактор для растительного сырья содержит термостойкий корпус; 2 – нагревательный элемент; 3 – ультразвуковой излучатель; 4 – компьютер управления; 5 – быстроходную мешалку; 6 – датчик температуры; 7 – металлическое сито для загрузки и разгрузки растительного сырья; 8 – кран для слива экстракта

в пересчете на пектинолитический фермент пектиназу – 20 000 ед. активности составляло 10 % от массы сырья. В нашем случае использовали полиферментативный комплекс компании «BioJSC», производство Бельгия. Активность компонентных ферментов (ед./г): пектиназы – 2000 ед. активности, целлюлазы – 350 ед. активности, т. е. 10 % от массы взятого сухого растительного сырья.

Растительным объектом для экстракции пектина был выбран районированный сорт столовой свеклы – «Бордо» (на стадии технической пригодности). Предварительно из корнеплодов извлекали сок, а выжимки использовали для экстракции пектина.

Содержание пектина определялось титриметрическим методом согласно методике ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ».

1. 50 мл раствора 0,4 % едкого натра (для омыления) добавляется к 30–50 мл образца (отстаивание в течение 12 часов).

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

3. Фильтрация осадка через заранее высушенный до постоянного веса фильтр.

4. 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).

5. Промывка горячей водой для удаления солей.

6. Фильтры с осадками пектата кальция высушиваем до постоянного веса при 105 °С.

7. Перерасчет проводится по следующей

формуле:

$$P = (a-b) \cdot 0,9235 \cdot 100\% / n, \quad (2)$$

где P – пектиновые вещества, %; a – вес фильтра с осадком, г; b – вес фильтра высушенного до постоянного веса, г; 0,9235– коэффициент перевода пектата кальция в пектиновую кислоту; n – масса навески, г.

Предельная частота вращения лопастной мешалки составила – 16,6 с⁻¹ при дальнейшем увеличении скорости наблюдалось чрезмерное пенообразование при экстрагировании пектина из выжимок столовой свеклы водой.

Для определения рациональной продолжительности экстракции отбирались пробы каждый час в течение 5 часов, поскольку по запатентованному способу максимальное время экстракции составило – 5 часов и основной целью было сократить время экстракции и увеличить выход пектина из растительного сырья.

Результаты и их обсуждение

Для активного перемешивания экстрагента использовалась лопастная мешалка пропеллерного типа с тремя лопастями, в серии опытов частоту вращения выбранной мешалки меняли от 10 до 16,6 с⁻¹.

В таблице приведены результаты определения наиболее эффективной частоты вращения выбранной мешалки для проведения ферментативной экстракции пектина из выделенного диапазона числа оборотов.

В ходе исследования было установлено, что использование лопастной мешалки ускоряет процесс экстракции, так, общая длительность процесса составила 5 часов, при этом максимальная концентрация пектина по окончании процесса в растворе составила 0,56 %.

На рис. 2 приведены результаты влияния частоты вращения мешалки на выход пектина

Результаты определения оптимальной частоты вращения выбранной мешалки для проведения ферментативной экстракции пектина на экстракторе

Число оборотов мешалки, с ⁻¹	Содержание пектина в 100 г сухих выжимок столовой свеклы, г	Время экспозиции, ч				
		1	2	3	4	5
Контроль	6,89	22,1	37,2	48,5	59,5	61,4
10		31,3	42,8	54,5	65	64,6
13,3		38,3	47,5	61,5	65,1	63,9
16,6		42,9	50,2	65,0	63,9	62,8
M + m		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

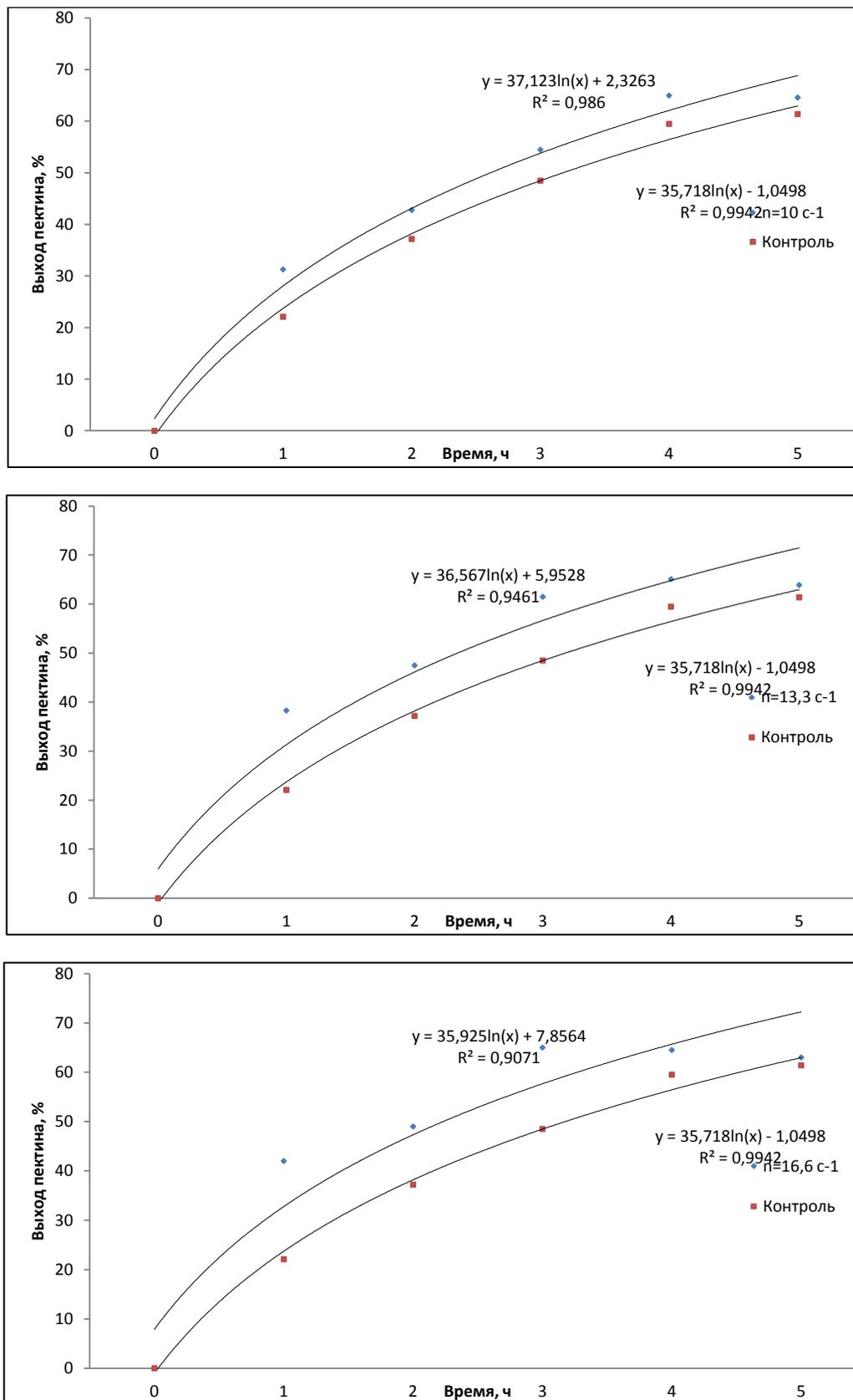


Рис. 2. Влияние частоты вращения мешалки на выход пектина

из столовой свеклы при различных значениях числа оборотов n .

Как видно из результатов исследований, приведенных в таблице и на графиках (см. рис. 2), при частоте вращения мешалки $n = 16,6 \text{ с}^{-1}$ выход пектина дошел до уровня контрольного образца за 3 часа, тогда как в контрольном испытании (без использования активного перемешивания) данный показатель достигался в течение 5 часов ферментации.

Исходя из вышесказанного, активное перемешивание экстрагента при ферментативной экстракции пектина увеличивает скорость его выхода. Проведенный эксперимент наглядно указывает на эффективность разработанного экстрактора растительного сырья, оснащенного лопастной мешалкой пропеллерного типа.

Заключение

Проведенные эксперименты наглядно указывают на то, что использование в конструкции экстрактора растительного сырья вихревой мешалки значительно сократит время экстракции, по результатам видно, что время экстракции сократилось на 2 часа относительно контрольного эксперимента.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Выражаем благодарность Казахстанскому научно-исследовательскому институту за предоставленную материальную базу и возможность проведения экспериментов.

Финансирование. Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК по теме НИР: «Разработка технологий глубокой и комплексной переработки плодово-ягодных и овощных культур с целью изготовления биологически активных веществ, для обогащения пищевых продуктов и получения функциональных пищевых продуктов с естественно-оздоровительным эффектом».

Литература

1. Бокова Т.И. Закономерности детоксикации антропогенных загрязнителей (тяжелых металлов) в системе почва – растение – животное – продукт питания человека: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.16. – Новосибирск, 2005. – 34 с.

2. Баимбетов Н.С., Идирисова Б.Ш. Проблемы экологической безопасности Республи-

ки Казахстан // Вестник КазНУ. – 2012. – <https://article.kz.com/article/9573>.

3. Кусаинова А.Б. Текущее состояние и дальнейшие перспективы развития отраслей переработки сельхозпродукции // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. – 2008. – № 1. – 2 с.

4. Голубев В.Н. Пектин: химия технология, применение. – М., 2005. – 317 с.

5. 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. – 2000. – № 80. – P. 17–28.

6. 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. – P. 47–73.

7. Состояние рынка пектина в России и за рубежом / Н.В. Сокол, З.Н. Хатко, Л.В. Донченко, Г.Г. Фирсов // Новые технологии. – 2008. – С. 25–27.

8. Донченко Л.В., Сокол Н.В., Красносельова Е.А. Пищевая химия. Гидроколлоиды: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М., 2018. – С. 9–10.

9. Колмакова Н. Необычное в привычном: пектин как полезная пищевая добавка // Пищевая промышленность. – 2004. – № 8. – С. 77–78.

10. Колесников В.А. Пищевые свекловичные волокна: производство и использование // Сахар. – 2006. – № 4. – С. 58–61.

11. Аймухамедова Г.Б., Алиева Д.Э., Шелухина П.П. Свойства и применение пектиновых сорбентов. – Фрунзе: Илим, 1984. – 131 с.

12. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Г.В. Жматова, А.Н. Нефедов, А.С. Гордеев, А.Б. Килимник // Вестник ТГТУ. – 2005. – № 3 (Том 11) – С.701–707.

13. Кардашов Г.А. Физические методы интенсификации процессов химических технологий. – М.: Химия, 208 с.

14. Гриценко В.В. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения направления 151000.62 «Технологические машины и оборудование». – Рубцовск, 2014. – С. 61.

15. Corbin C., Fidel T., Leclerc E.A., Barakzoy E., Sagot N., Falguieres A., Renouard S., Blonndeu J.-P., Dussot J., Laine E., Hano C. De-

*velopment and validation of an efficient ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from flax (*Linum usitatissimum* L.) seeds // *Ultrason. Sonochem.*, 2015, no. 26, pp. 176–185.*

16. Saraswathi B. Propeller mixer. *Pharmaceutical Information // Articles and Blogs*, 2016, pp. 237.

17. Муравьев И.А. Пути интенсификации процесса экстрагирования растительного сы-

рья и совершенствование способов его расчета // *Материалы конференции по совершенствованию производства лекарств и галеновых препаратов.* – Ташкент, 1969. – С. 181.

18. Бутиков В.В. Интенсификация процессов в массообменном оборудовании химических производств наложением электрических полей // *Электронная обработка материалов.* – 1983. – № 4. – С. 30–32.

Велямов Шухрат Масимжанович, PhD, докторант кафедры «Механизация и автоматизация производственных процессов», Алматинский технологический университет (г. Алматы, Казахстан), v_shukhrat@mail.ru

Джингилбаев Сеит Сарсенбаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация и автоматизация производственных процессов», Алматинский технологический университет (г. Алматы, Казахстан), d.seit@mail.ru

Поступила в редакцию 4 декабря 2019 г.

DOI: 10.14529/food200105

STUDY OF THE EFFECT OF ACTIVE MIXING OF THE EXTRACTANT ON THE YIELD OF PECTIN DURING ENZYMATIC EXTRACTION FROM BEETROOT

Sh.M. Velyamov, S.S. Jingilbaev

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

Despite the fact that such a valuable product, pectin, is found in large quantities in secondary plant materials (squeezing fruits and vegetables), the use of traditional technologies for producing pectin is not cost-effective and involves the use of substances that create an aggressive working environment. This fact prevents the introduction of processing technologies of secondary plant materials in order to obtain pectin (or pectin extract) at an existing food enterprise. However, there are alternative methods for producing pectin from plant materials – biotechnological methods, using enzymatic preparations that are cheaper to use and absolutely harmless to human health, in this regard, the introduction of such alternative technologies for producing pectin in an existing food enterprise becomes possible. To date, it is necessary to mechanize biotechnology for the production of pectin-containing extract, namely, the study of the process of enzymatic extraction on mechanical equipment. The aim of the work is to increase the yield of pectin from plant materials during enzymatic extraction through the use of active mixing of the extractant. The subject of the study was the pattern of obtaining pectin-containing extract of table beet. The object of the study was the technological process and equipment for producing pectin-containing extract of table beet. The extraction of pectin was carried out according to the method patented in the Republic of Kazakhstan No. 29264. The pectin content was determined by the titrimetric method according to GOST 29059-91 Products of the processing of fruits and vegetables titrimetric method for determination of pectin substances. The article presents the results of studies of the influence of active mixing of the extractant during the enzymatic extraction of pectin from squeezed table beets. The results of the studies revealed a positive effect of active mixing of the extractant during the enzymatic extraction of pectin from squeezed table beets, in general, the duration of the extraction process relative to the control was reduced by 2 hours.

Keywords: extractor, extractant mixing, beet processing, pectin.

References

1. Bokova T.I. *Zakonomernosti detoksikatsii antropogennykh zagryazniteley (tyazhelykh metallov) v sisteme pochva – rastenie – zhivotnoe – produkt pitaniya cheloveka* [Regularities of detoxification of anthropogenic pollutants (heavy metals) in the soil – plant – animal – human food system: autoref. dock. techn. science]. Novosibirsk, 2005. 34 p.
2. Baimbetov N.S., Idirisova B.Sh. [Problems of ecological safety of the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik KazNU*, 2012. (in Russ.) Available at: <https://article.kz.com/article/9573>.
3. Kusainova A.B. Tekushchee sostoyanie i dal'neyshie perspektivy razvitiya otrasley pererabotki sel'khozproduksii [Current state and further prospects of development of agricultural processing industries]. *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost' Kazakhstana* [Food and processing industry of Kazakhstan], 2008, no. 1. 2 p.
4. Golubev, V.N. *Pektin: khimiya tekhnologiya, primeneniye* [Pectin: chemistry technology, application]. Moscow, 2005. 317 p.
5. 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.*, 2000, no. 80, pp. 17–28. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(2000101)80:1<17::AID-JSFA491>3.0.CO;2-4
6. 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, no. 37, pp. 47–73. DOI: 10.1080/10408399709527767
7. Sokol N.V., Khatko Z.N., Donchenko L.V., Firsov G.G. [State of the pectin market in Russia and abroad]. *Novye tekhnologii* [New technologies], 2008, pp. 25–27. (in Russ.)
8. Donchenko L.V., Sokol N.V., Krasnoselova E.A. *Pishchevaya khimiya. Hidrokolloidy* [Food chemistry. Hydrocolloids]. 2nd ed. Moscow, 2018, pp. 9–10.
9. Kolmakova N. [Unusual in the usual: pectin as a useful food additive]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2004, no. 8, pp. 77–78. (in Russ.)
10. Kolesnikov V.A. [Food beet fibers: production and use]. *Sakhar* [Sugar], 2006, no. 4, pp. 58–61. (in Russ.)
11. Aymukhamedova G.B., Alieva D.E., Shelukhina P.P. *Svoystva i primeneniye pektinovykh sorbentov* [Properties and application of pectin sorbents]. Frunze, 1984. 131 p.
12. Zhatova G.V., Nefedov A.N., Gordeev A.S., Kilimnik A.B. [Methods of intensification of technological processes for extracting biologically active substances from plant raw materials]. *Vestnik TGTU*, 2005, no. 3 (vol. 11), pp. 701–707. (in Russ.)
13. Kardashov G.A. *Fizicheskie metody intensivatsii protsessov khimicheskikh tekhnologiy* [Physical methods of intensification of processes of chemical technologies]. Moscow, 1990. 208 p.
14. Gritsenko V.V. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Processes and devices of food production]. Rubtsovsk, 2014, p. 61.
15. Corbin C., Fidel T., Leclerc E.A., Barakzoy E., Sagot N., Falguieres A., Renouard S., Blonndeu J.-P., Dussot J., 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, no. 26, pp. 176–185. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.02.008
16. Saraswathi B. Propeller mixer. *Pharmaceutical Information. Articles and Blogs*, 2016, p. 237.
17. Murav'ev I.A. [Ways to intensify the process of extracting growing raw materials and improving the methods of its calculation]. *Materialy konferentsii po sovershenstvovaniyu proizvodstva lekarstv i galenovykh preparatov* [Proceedings of the conference on improving the production of medicines and galenic preparations]. Tashkent, 1969, p. 181. (in Russ.)
18. Butikov V.V. [Intensification of processes in mass transfer equipment of chemical production by applying electric fields]. *Elektronnaya obrabotka materialov* [Electronic processing of materials], 1983, n. 4, pp. 30–32. (in Russ.)

Проектирование и моделирование новых продуктов питания

Shukhrat M. Velyamov, PhD doctoral candidate of the department “Mechanization and Automation of Production Processes”, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, v_shukhrat@mail.ru

Seit S. Jingilbaev, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization and Automation of Production Processes, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, d.seit@mail.ru

Received December 4, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Велямов, Ш.М. Изучение влияния активного перемешивания экстрагента на выход пектина при ферментативной экстракции из выжимок столовой свеклы / Велямов Ш.М., Джингилбаев С.С. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 40–48. DOI: 10.14529/food200105

FOR CITATION

Velyamov Sh.M., Jingilbaev S.S. Study of the Effect of Active Mixing of the Extractant on the Yield of Pectin During Enzymatic Extraction from Beetroot. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 40–48. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200105