

ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЫЧУЖНОГО ФЕРМЕНТА С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

ULTRASONIC-ASSISTED RENNET EXTRACTION

Аннотация:

В настоящее время пищевая промышленность России испытывает ряд проблем, во многом связанных со спецификой производства. Отсутствие или недостаточность опыта работы, а также современного и инновационного оборудования в компаниях приводит к тому, что практически на всех этапах производства пищевых продуктов происходит колоссальная потеря необходимых для организма человека питательных веществ, витаминов и минералов. Эта проблема решается введением в состав продуктов биологически активных веществ, содержащих витамины, макро- и микроэлементы, которых не хватает человеческому организму. Для извлечения необходимых компонентов из растительного и животного сырья в работе предложено повышение эффективности процесса экстракции при помощи воздействия на сычужный фермент ультразвука.

Ключевые слова: сычужный фермент, экстракты, вязкость экстрагента, ультразвук, эмульгирование.

Abstract:

Currently, the Russian food industry is experiencing a number of problems, largely related to the specifics of production. The lack or insufficiency of work experience, as well as modern and innovative equipment in companies, leads to the fact that at almost all stages of food production there is a huge loss of nutrients, vitamins and minerals necessary for the human body. This problem is solved by introducing biologically active substances into the products containing vitamins, macro- and microelements that the human body lacks. To extract the necessary components from plant and animal raw materials, it is proposed to increase the efficiency of the extraction process by exposing the rennet enzyme to ultrasound.

Keywords: rennet enzyme, extracts, viscosity of the extractant, ultrasound, emulsification.

Экстрагирование является особым механизмом извлечения из сырья определенных веществ в концентрированном виде²⁹.

²⁹ *Марина Н.В., Новоселова Г.Н., Шавнин С.А. Продукты повышенной*

В процесс экстракции сычужного фермента входят: измельчение сычугов, ферментирование экстракта раствором хлористого натрия, затем отделение жидкой фазы, после чего следует фильтрование и обязательное внесение консерванта — бензоата натрия — для уничтожения активного роста бактерий.

Отделение жидкой фазы характеризуется тем, что экстракцию сычужного фермента проводят однократно раствором хлористого натрия (3,0—10,5 %) в течение 3—3,5 часов при температуре 35—40 °С и постоянном медленном перемешивании, при этом не требуется доведение до определенного значения pH. Это осуществляется с помощью выдержки сычужного фермента в экстракте от 8 до 16 часов при температуре 26—35 °С и установленном значении pH 4,6—4,7 соответственно. Активированный экстракт обрабатывается веществами, которые способны ускорить процесс фильтрации. При этом давление будет составлять от 0,016 до 0,021 МПа при температуре 19—25 °С. Полученный сычужный фермент делается стабильным путем добавления в него сухого хлористого натрия до 17—18 % и доведения показателя pH до 5,4—7,1 с помощью раствора гидроокиси натрия. На стадии стабилизации вносится также консервант — бензоат натрия до содержания его в итоговом продукте 0,1—0,5 %.

Протекание экстракции сычужного фермента обусловлено рядом аспектов, таких как типы строения, характеристика и консистенция экстрагента, степень и характер фрагментации сырья, температурный диапазон и продолжительность экстракции, разница концентраций, эмульгаторы, а также гидродинамика слоя сырья³⁰.

Применение ультразвука при экстрагировании. Насыщенность и сила ультразвука вызывают появление в биосферах ультразвуковой гравитации, приводящей к цитолизу (разрушению клеток) и распаду тканей. Звуковые потоки ускоряют передвижение внутриклеточных

биологической ценности из нетрадиционного растительного сырья // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2010. Т. 12. № 1 (8). С. 2079—2082; Синюткина С.Е., Романцова С.В., Савельева В.Ю. Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств // Вестник ТГУ. 2011. Т. 2. № 1. С. 345—347; Цыганок С.Н. Исследование и совершенствование пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсификации процессов химических технологий. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. Бийск, 2005. 23 с.

³⁰ Малков Ю.А. Технология получения экстрактивных веществ из древесины лиственницы. Дисс. ... канд. тех. наук. Иркутск, 2006. 128 с.; Педдер В.В., Ложилова Л.В., Бяллер В.В., Саврасов Г.В., Шепелев Н.В. «Обратный» ультразвуковой капиллярный эффект и его использование в хирургии // Проблемы техники в медицине. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции. Тбилиси, 1986. С. 90—91.

структур, что ведет к разрыву молекулярной связи в биополимерах. Таким образом, ультразвук повышает проницаемость клеточных оболочек, что ускоряет процесс диффузии. Применение ультразвуковых волн широко используется в медицине, биологии, виноделии, научной сфере, мясной промышленности, молокопроизводстве при диспергировании и гомогенизации молока, в кондитерском производстве и других отраслях промышленности.

Влияние ультразвука на физико-химический процесс, происходящий при экстракции сычужного фермента, может выражаться в следующем:

- 1) усовершенствование некоторых химических процессов;
- 2) изменение скорости процесса, а также влияние скорости на направление химической реакции;
- 3) эмульсификация несмешивающихся жидкостей и эмульсий;
- 4) коагуляция твердых частиц при измельчении твердых тел.

Воздействие ультразвука также сказывается на действии, связанном с массообменным процессом. Кроме того, имеет значение и межмолекулярная химическая трансформация, т. е. катализация реакций гидролиза, окислительно-восстановительная реакция, распад молекул на радикалы и связанные с этим процессы и т. д.³¹

В ходе экстрагирования использование ультразвука способствует практически полному вытягиванию пищевых веществ в экстракт без воздействия больших температур. Также на ход извлечения воздействует строение ткани растительного сырья и формы сообщения веществ, например, у минеральных веществ³².

В рамках исследования были поставлены опыты по измерению и повышению содержания в сычужном ферменте химозина и пепсина.

³¹ *Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Голых Р.Н., Хмелев С.С.* Выявление режимов ультразвукового воздействия, обеспечивающих формирование кавитационной области в высоковязких и неньютоновских жидкостях // *Южно-Сибирский научный вестник*. 2014. № 1. С. 22—27; *Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н.* Ультразвук. Аппараты и технологии. Бийск: Изд-во Алтайского гос. тех. ун-та, 2015. 688 с.; *Халитова Э.Ш.* и др. Исследование процесса извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 4—6 февраля 2015 г. / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург, 2015. С. 1021—1025.*

³² *Манеева Э.Ш.* Использование ультразвуковой обработки при экстрагировании пряно-ароматического сырья // *Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития. Сб. статей I Всероссийской научно-практической конференции, Оренбург, 17 мая 2017 г. / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: «Агентство Пресса», 2017. С. 178—181.*

В основе эксперимента лежала экстракция сычужного фермента теленка и взрослой коровы (Табл. 1).

Табл. 1. Содержание химозина и пепсина.

Фермент	Состав, %	
	химозин	пепсин говяжий
Сычужный фермент теленка	70—80	20—30
Сычужный фермент взрослой коровы	30—40	60—70

Прежде всего устанавливалось влияние способа экстракции на содержание экстрактивных веществ и защиту от окисления получаемых экстрактов. Воздействие мощностью 120 Вт в течение 10 мин. высокоэффективно для получения ферментов $2,503 \pm 0,042$ мг/мл (при контроле $2,152 \pm 0,03$ мг/мл). Усиление мощности воздействия до 240 Вт обеспечивает существенный рост показателя накопления экстрактивных веществ до $65,23 \pm 1,3$ % (при контроле $65,23 \pm 0,5$ %).

Содержание экстрактивных веществ в образцах, обработанных при различных режимах ультразвукового воздействия, представлено в Табл. 2.

Табл. 2. Содержание экстрактивных веществ при воздействии ультразвуком.

Показатель	Наименование образца		
	Контроль	Образец 1 (УЗ 5 мин/120 Вт)	Образец 2 (УЗ 5 мин/240 Вт)
Содержание экстрактивных веществ (ЭВ), %	65,23	60,90	65,23

Таким образом, установлено, что ультразвуковая обработка оптимизирует кинетику экстрагирования и выход биологически активных веществ из субстрата. Кроме того, предложенный метод по сравнению с существующей технологией позволяет исключить операцию предварительного настаивания, что значительно сокращает продолжитель-

ность извлечения ферментного препарата. Доказана эффективность предлагаемой технологии получения фермента, что подразумевает необходимость дальнейшего совершенствования процесса экстракционного извлечения сычужного фермента с использованием энергетического воздействия ультразвука и разработку высокоэффективного оборудования для этого.

Список литературы

1. Малков Ю.А. Технология получения экстрактивных веществ из древесины лиственницы. Дисс. ... канд. тех. наук. Иркутск, 2006. 128 с.
2. Манеева Э.Ш. Использование ультразвуковой обработки при экстрагировании пряно-ароматического сырья // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития. Сб. статей I Всероссийской научно-практической конференции, Оренбург, 17 мая 2017 г. / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: «Агентство Пресса», 2017. С. 178—181.
3. Марина Н.В., Новоселова Г.Н., Шавнин С.А. Продукты повышенной биологической ценности из нетрадиционного растительного сырья // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2010. Т. 12. № 1 (8). С. 2079—2082.
4. Педдер В.В., Лощилова Л.В., Бяллер В.В., Саврасов Г.В., Шепелев Н.В. «Обратный» ультразвуковой капиллярный эффект и его использование в хирургии // Проблемы техники в медицине. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции. Тбилиси, 1986. С. 90—91.
5. Синютина С.Е., Романцова С.В., Савельева В.Ю. Экстракция флавоноидов из растительного сырья и изучение их антиоксидантных свойств // Вестник ТГУ. 2011. Т. 2. № 1. С. 345—347.
6. Халитова Э.Ш. и др. Исследование процесса извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 4—6 февраля 2015 г. / Оренбургский гос. ун-т. Оренбург, 2015. С. 1021—1025.
7. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Голых Р.Н., Хмелев С.С. Выявление режимов ультразвукового воздействия, обеспечивающих формирование кавитационной области в высоковязких и неньютоновских жидкостях // Южно-Сибирский научный вестник. 2014. № 1. С. 22—27.
8. Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Ультразвук. Аппараты и технологии. Бийск: Изд-во Алтайского гос. тех. ун-та, 2015. 688 с.
9. Цыганок С.Н. Исследование и совершенствование пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсифика-

ции процессов химических технологий. Автореф. дисс. ... канд. тех. наук. Бийск, 2005. 23 с.

Сведения об авторах

Овсянников Виталий Юрьевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий. E-mail: *ows2003@mail.ru*

Щербаков Сергей Владимирович, аспирант кафедры машин и аппаратов пищевых производств Воронежского государственного университета инженерных технологий. E-mail: *sergsherbakov36@mail.ru*

Information about the authors

Ovsyannikov Vitaliy Yuryevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies. E-mail: *ows2003@mail.ru*

Sherbakov Sergei Vladimirovich, postgraduate student of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Voronezh State University of Engineering Technologies. E-mail: *sergsherbakov36@mail.ru*