

Караваево : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – 394 с.

10. Макаров, С. С. Вегетативное размножение жимолости синей (*Lonicera ceruleae* L.) в условиях *in vivo* и *in vitro* / С. С. Макаров, Е. А. Калашникова, Р. Н. Киракосян // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 82-91.

11. Нугманов, А. Х. Х. Теория и практика проектирования пищевых систем на основе феноменологического подхода : специальность 05.18.12 "Процессы и аппараты пищевых производств" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Нугманов Альберт Хамед-Харисович, 2017. – 523 с.

12. Фоменко, Е. В. Перспективы использования инновационного оборудования для повышения экономической эффективности предприятий пищевых производств / Е. В. Фоменко, О. Н. Беспалова, А. Х. Х. Нугманов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2010. – № 2-3(314-315). – С. 114-115.

HIGH-PROTEIN COMPOSITE CEREALS ARE A VALUABLE COMPONENT OF HEALTHY DIETS

Sychev Roman Vitalievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of fruit and Vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: srv@rgau-msha.ru

Bayda Ivan Dmitrievich, student Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, e-mail: baidivan007@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *The article contains a description of current trends in the development of high-protein composite cereals for a healthy diet.*

Key words: *cereals, variety, wheat, food industry.*

УДК 615.322

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА

Танин Андрей Юрьевич, студент Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева», e-mail: tanandreas@yandex.ru

Рыжов Тимофей Владимирович, студент Технологического института, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева», e-mail: ryz.tim.vlad-05@rgau-msha-sno.ru

Научный руководитель – Нугманов Альберт Хамед-Харисович, д-р. техн. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Аннотация: в данной статье представлен новый метод получения дигидрокверцетина, важного биологически активного вещества в фармакологии, с применением сверхкритической флюидной CO₂ экстракции. Исследование демонстрирует эффективность и перспективность данного подхода по сравнению с традиционными методами экстракции, подчеркивая его значимость для развития фармацевтической промышленности и науки.

Ключевые слова: дигидрокверцетин, CO₂-экстракция, экстрагент, БАВ, сверхкритические флюиды, этилацетат.

Экстракция является основным способом извлечения биологически активных веществ (БАВ) из растительного сырья. Обычно её осуществляют с помощью химического растворителя – экстрагента, который практически не смешивается с исходным веществом [1]. Однако часть экстрагента всё же присутствует в готовом экстракте и её невозможно полностью из него удалить, что является одним из недостатков применения метода. Помимо этого, в ходе процесса экстракции исходное растительное сырьё взаимодействуя с химическими растворителями, претерпевает ряд изменений. В итоге получаемый экстракт содержит БАВ в состоянии отличном от природного. К тому же применение некоторых экстрагентов в пищевой промышленности ограничено, а в фармацевтической запрещено, в силу их токсического и мутагенного действия. Решением проблемы максимального сохранения химического состава и полезных свойств экстракта является использование в качестве экстрагентов сверхкритические флюиды (жидкости – сжатые газы), обеспечивающие быструю экстракцию благодаря высокой диффузии через твердые материалы и высокой растворяющей способности, аналогичной растворяющей способности жидких органических растворителей [4]. В качестве сверхкритического растворителя наиболее часто используют углекислый газ CO₂ из-за его нетоксичности, низкой критической температуры, возможности создания бескислородной среды, высокой растворяющей способности и невысокой стоимости [4]. Экстрагирование углекислым газом БАВ из измельченного растительного сырья позволяет получить два вида продуктов: селективные и цельные CO₂ экстракты [1].

Сверхкритическую CO₂ экстракцию растительного сырья осуществляют при давлении выше 7,38 МПа и температуре свыше 31,6°С. В этих условиях углекислый газ обладает свойствами жидкости имея такую же плотность и свойствами газа имея такую же вязкость и поверхностное натяжение. Благодаря такому специфическому состоянию CO₂ способен экстрагировать любые неполярные биологически активные вещества, содержащиеся в растительном сырье. Введение в сверхкритический CO₂ небольших количеств полярных растворителей, таких как этиловый или метиловый спирт, ацетон, позволяет осуществлять экстракцию полярных веществ растительного сырья, за счет образования донорно-акцепторных комплексов [1].

Данная технология является самой энергосберегающей из всех известных технологий экстракции БАВ из растительного сырья, и помогает максимально сохранить химический состав и полезные свойства получаемого экстракта [1].

Дигидрокверцетин – это полифенол, флавоноид, получаемый из древесины лиственниц Сибирской и Даурской [7]. Представляет собой мелкокристаллический или аморфный порошок от светло-желтого до желтого цвета, без запаха, слегка горьковатого вкуса. Наибольшее содержание дигидрокверцетина обнаружено в комельной, а также в корневой части дерева, а именно в стержневых и боковых его корнях [6]. Изомер дигидрокверцетина транс-2R,3R-дигидрокверцетин называется таксифолин. Дигидрокверцетин и таксифолин содержатся в пище и являются пищевыми добавками. Среди продуктов, содержащих дигидрокверцетин и таксифолин — оливковое масло, виноград, цитрусовые и лук [2]. Рекомендуемая дневная норма таксифолина для лиц старше 14 лет – 100 мг. Изомеры дигидрокверцетина также используются при лечении бронхолегочных заболеваний, в том числе острой пневмонии, хронического обструктивного бронхита и бронхиальной астмы. Они обладают антиоксидантными свойствами, защищают клетки от повреждений, улучшают состояние сосудов и сердечной мышцы, снижают риск сердечно-сосудистых заболеваний [2].

Существующие фармацевтические образцы дигидрокверцетина отличаются по определенным физико-химическим параметрам из-за различий в технических условиях производства. Эти различия могут быть обусловлены разными параметрами процесса, такими как температура, давление, время и другие факторы. Кроме того, использование различных растворителей для экстракции, очистки и кристаллизации также может влиять на характеристики конечного продукта. Изменение условий производства и выбор оптимальных методов обработки могут помочь стандартизировать качество и характеристики дигидрокверцетина [3].

Антиоксидантная активность дигидрокверцетина также зависит от растворителя и используемых технологий. Молекула дигидрокверцетина состоит из двух асимметричных атомов углерода – C-2 и C-3 и, таким образом, существует в виде четырех энантиомеров (wo пар стереоизомеров). Основным природным изомером является транс (+) -2R, -3R изомер дигидрокверцетина. Известно, что эти природные изомеры обладают максимальными уровнями биологической активности [3].

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание целевого изомера дигидрокверцетина в экстрактах, приготовленных с использованием этилацетата в качестве экстрагента, было максимальным, достигая 99% от его общего выхода, в то время как ацетоновые и спиртовые экстракты имели значительно более низкие значения (рис. 1) [3].

Растворитель	Температура Экстракции °С	Выход дигидрокверцетина, % от абсолютной сухой древесины	Содержание (+) - 2R, -3R изомера от общего количества DHQ, %
Этилацетат	77	1.15 ± 0.05	98 ± 1
	22	1.1 ± 0.05	96 ± 1
Водный этанол (70%)	80	0.8 ± 0.05	85 ± 1
	22	0.85 ± 0.058	90 ± 1
Ацетон	56	1.2 ± 0.05	91 ± 1
	22	1.15 ± 0.05	92 ± 1

Рисунок 1 — Выходы и свойства дигидрокверцетина при различных способах экстракции

Влияние растворителя на изменения энантиомерного состава положения дигидрокверцетина в зависимости от продолжительности хранения в различных растворителях изучалось параллельно с использованием этанола, ацетона и этилацетата (рис. 2) [3].

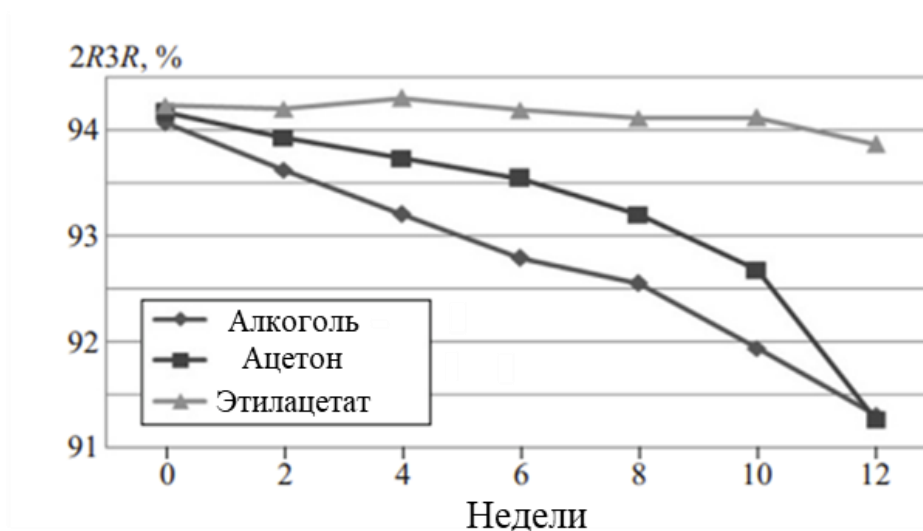


Рисунок 2 — Изменения количественного содержания (+) -2R, -3R изомера дигидрокверцетина в растворах в различных растворителях при различных сроках хранения.

Данные представлены на рисунке 2 показывают, что дигидрокверцетин в растворе этилацетата не претерпевал изменений в составе энантиомеров через три месяца. Однако хранение вещества в ацетоне или этаноле приводило к снижению содержания изомеров (+) -2R, -3R, что наблюдалось с первого дня хранения [3]. Таким образом, технология с использованием этилацетата в качестве экстрагента защищает целевой продукт от рацемизации и дает продукт, в котором 97% от общего количества, получаемого экстракцией дигидрокверцетина является транс изомер (+) -2R,-3R-дигидрокверцетин. Это значительно повышает биологическую активность промышленного продукта. Исследования показали, что этилацетат в качестве экстрагента в этом процессе имеет явные преимущества перед другими растворителями, используемыми в промышленности.

Испытания будут проводиться на сверхкритическом высокоточном флюидном экстракторе модели HSFE 5 Шанхайской компании BETTER Industry Co., Ltd. (рис. 3), имеющий объём 5 литров, расход углекислого газа 50 л/ч., мощностью 12 кВт, давлением 50 МПа и температурой 75 °С. Предусмотрена возможность рециркуляции CO₂, что снижает траты на исследования.



Рисунок 3 — Сверхкритический флюидный экстрактор HSFE 5

Библиографический список

1. Пищевые инновации и биотехнологии Том 1. Технологии пищевых производств, качество и безопасность: Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, стр. 490-491, 2022
2. Das A., Baidya R., Chakraborty T., Samanta A.K., Roy S. "Pharmacological basis and new insights of taxifolin: A comprehensive review." *Biomedicine & Pharmacotherapy Journal*, Vol. 142, October 2021.
3. V. A. Babkin, L. A. Ostroukhova, A. A. Levchuk, and N. A. Onuchina *Pharmaceutical Chemistry Journal*, Vol. 51, No. 1, pp. 39 – 41, April 2017 (Russian Original Vol. 51, No. 1, January 2017).
4. Неверов Е.Н., Короткий И.А., Плотников И.Б., Коротких П.С., Кожаев А.А. "Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода." *Вестник КрасГАУ*, 2020, № 6, стр. 215-222.
5. Rayees A.B., Navdeep S.S., Idrees A.W., et al. "Bioactive constituents of saffron plant: Extraction, Encapsulation and their Food and pharmaceutical applications." *Applied Food Research*, 2022.

6. Патент CN109574976A: Тан Цзюнь, Юань Болей, Рен Хуэй; Цзилинский университет; Способ промышленного получения дигидрокверцетина высокой чистоты из корней лиственницы.
7. Патент RU2318528C2: Евгений Викентьевич, Лифанов Олег, Анатольевич Колотыгин; Способ получения дигидрокверцетина.
8. Мясищева, Н. В. Целесообразность низкотемпературного хранения ягод смородины черной / Н. В. Мясищева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. 39. – С. 155-158
9. Биологическая и пищевая ценность мяса гусят линдовской породы / Ал Али Гина, С. А. Грикшас, П. А. Кореневская, Р. В. Сычев // Мясная индустрия. – 2023. – № 1. – С. 36-39. – DOI 10.37861/2618-8252-2023-01-36-39
10. Сычев, Р. В. Формирование урожая и пивоваренных свойств зерна ячменя в зависимости от уровня азотного питания и применения фиторегуляторов в условиях Центрального района Нечерноземной зоны : специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Сычев Роман Витальевич. – Москва, 2010. – 17 с.
11. Разработка состава и технологии получения таблетированной формы концентрата безалкогольного напитка / М. Н. Школьникова, Е. В. Аверьянова, Д. В. Доня, И. В. Хлопотов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 3(46). – С. 96-101
12. Патент № 2222808 С2 Российская Федерация, МПК G01N 33/02. Прибор для исследования структурно-механических свойств пищевых материалов : № 2001115809/13 : заявл. 08.06.2001 : опубл. 27.01.2004 / А. Н. Пирогов, Д. В. Доня ; заявитель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности

IMPROVING TECHNOLOGIES FOR PRODUCING DIHYDROQUERCETIN

***Tanin Andrey Yuryevich**, student of the Technological Institute Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev,
e-mail: tanandreas@yandex.ru*

***Ryzhov Timofey Vladimirovich**, student of the Technological Institute, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev,
e-mail: ryz.tim.vlad-05@rgau-msha-sno.ru*

***Scientific supervisor – Nugmanov Albert Khamed-Kharisovich**, Dr. tech. Sciences,
Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruits,
Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University -
Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
e-mail: nugmanov@rgau-msha.ru*

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: rector@rgau-msha.ru

Abstract: *This article presents a new method for the production of dihydroquercetin, an important biologically active substance in pharmacology, using supercritical fluid CO₂ extraction. The study demonstrates the effectiveness and promise of this approach compared to traditional extraction methods, highlighting its importance for the development of the pharmaceutical industry and science.*

Key words: *dihydroquercetin, CO₂ extraction, extractant, biologically active substances, supercritical fluids, ethyl acetate.*

УДК 597.6

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КРИОКОНСЕРВАЦИИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Филозон Владислав Сергеевич, студент Университета ИТМО факультета биотехнологий, e-mail: flozop@yandex.com

Володарский Михаил Олегович, студент Университета ИТМО факультета биотехнологий, e-mail: michael.volodarsky@yandex.ru

Осьмак Ольга Олеговна, инженер Университета ИТМО НОЦ ИнфоХимии, e-mail: Osmak21@yandex.ru

Санников Максим Витальевич, лаборант Университета ИТМО НОЦ ИнфоХимии, e-mail: mvsannikov@itmo.ru

Ашихмина Мария Сергеевна, инженер Университета ИТМО НОЦ ИнфоХимии, e-mail: msashikhmina@itmo.ru

Национальный исследовательский университет ИТМО,
Россия, Санкт-Петербург, e-mail: od@itmo.ru

Аннотация: статья содержит экспериментальные и расчетные данные об эффективности криопротекторных веществ, используемых при криоконсервации пробиотических молочнокислых бактериальных культур, в последствии потребляемых в производстве ферментированных кисломолочных продуктов.

Ключевые слова: пробиотик, криопротекторы, квантово-химические расчеты, пищевая промышленность, молочные продукты.

Выполнено при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 23-16-00224)

Введение. Питание человека является интересным объектом для изучения и привнесения новшеств как с научной, так и промышленной точек зрения, а