

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФИТОХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

К.В. Старовойтова, Л.В. Терещук, И.Ю. Сергеева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Аннотация

Коллективом ученых кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья проводятся комплекс исследований, направленных на поиск способов извлечения фитохимических соединений для создания пищевых систем функционального назначения. Разработаны лабораторные методы извлечения водорастворимых и жирорастворимых биологически-активных веществ из растительного сырья (токоферолов, каротиноидов и фосфолипидов). В качестве наиболее подходящего метода, заменяющего протоколы экстракции органическими растворителями, выбрана сверхкритическая жидкостная экстракция. С целью разработки лабораторных методов извлечения флавоноидов, а также методов, адаптированных к промышленным условиям, было выбрано следующее растительное сырье: в качестве источника апигенина – петрушка, лютеолина и генистеина – люпин, изорамнетина – ягоды облепихи, цианидина и петунидина – черноплодная рябина, флавонов, флаванонов, флаванолов, флаванололов – корень одуванчика.

Ключевые слова: флавоноиды, CO₂-экстракция, фитохимические соединения, органические растворители

В настоящее время в агропромышленном комплексе Российской Федерации актуальной является проблема эффективности использования имеющихся природных ресурсов для производства продовольствия. Согласно данным Росстата, в Российской Федерации в год на человека приходится 56 кг пищевых отходов, что заметно ниже в сравнении с 82 кг в Германии и 109 кг в США. Однако от 20% до 25% всех пищевых продуктов в России остается не употребленными и утилизируется до использования. Учитывая этот аспект, Россия занимает четвертое место с конца в списке. Наличие потерь и отходов в агропродовольственной цепи, конечно, не может не сказываться на устойчивости производства, поскольку ограниченные ресурсы используются неэффективно. И в отличие от большинства стран мира, в России нет программы или национальной стратегии по сокращению вышеназванных потерь и отходов.

Сельскохозяйственные отходы, в основном фрукты и овощи, богаты пробиотиками, пищевыми волокнами, каротиноидами, жирными кислотами, фенольными соединениями, изопреноидами, липидами, белками, сапонидами и фитоэстрогенами, что делает их важным источником для развития функциональных продуктов питания, нутрицевтиков и косметики. Различные части этих отходов (стебель, листья, кожура, семена и корни) содержат эти соединения в больших количествах. Целевые компоненты, а также трансформированные побочные продукты являются некоторыми примерами, которые могут быть получены и представляют ценность для сельского хозяйства, нутрицевтической и пищевой промышленности.

Избыток сельскохозяйственных отходов несет в себе не только экономические, но и экологические проблемы, если их не утилизировать или не обрабатывать. Необработанные гниющие отходы производят значительное количество метана, который вносит в 25 раз больший вклад в глобальное потепление, чем CO₂. Для преодоления этих проблем крайне необходима валоризация отходов в различные продукты с добавленной стоимостью или экстракция фитохимических соединений с различными функциональными

преимуществами. Использование оптимизированных протоколов экстракции направлено на максимизацию выхода биологически активных соединений или питательных компонентов для удовлетворения потребностей промышленной переработки, избегая при этом ухудшения и деградации функциональности ввода. Прежде чем извлекать любой сложный компонент из биологического источника, он должен быть освобожден из клеточной матрицы в подходящий растворитель.

К традиционным методам экстракции относятся метод сокслета, мацерационная экстракция, гидродистилляция и перколяция. В промышленных масштабах обычно используется метод экстракции органическими растворителями. Затраты времени и энергии, трудоемкость и токсичный характер обычной экстракции растворителем, которая требует большого количества растворителей, может вызвать деградацию молекул-мишеней, потерю летучих соединений, низкий выход целевого вещества и наличие остатков растворителя,

Все эти недостатки заставляют искать недорогие, экологически чистые и эффективные методы экстракции, основанные на, так называемой, зеленой философии. «Зеленая экстракция» определяется на основе двенадцати принципов зеленой химии и зеленой инженерии, из которых были выведены шесть принципов зеленой экстракции. К ним относятся: (1) Инновации за счет сортов и возобновляемых растительных ресурсов, (2) Использование альтернативных растворителей, (3) Снижение потребления энергии за счет рекуперации энергии и инновационных технологий, (4) Производство альтернативных продуктов, (5) Сокращение операций и развитие устойчивой промышленности и (6) Применение экологичной экстракции.

Изучение альтернативных подходов к получению продуктов с высокой добавленной стоимостью без ущерба для их качества и выхода ведет к разработке новых технологий.

Сверхкритическая жидкостная экстракция представляется наиболее подходящим методом, заменяющим протоколы экстракции на основе органических растворителей. Он использует сверхкритический CO₂, обладающий свойствами одновременно жидкости и газа, что способствует селективной экстракции. Благодаря простоте масштабирования данный метод может успешно применяться на промышленном уровне. Более высокие выходы каротиноидов с использованием CO₂ из плодов облепихи и другого растительного сырья продемонстрировали эффективность метода. Аналогичным образом, обработка зеленой массы и цветков люпина для экстракции флавоноидов и фенолов проводилась с использованием сверхкритических жидкостей.

В настоящее время коллективом кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья КемГУ проводятся теоретические и экспериментальные исследования в области переработки растительного сырья, в том числе вторичного с целью получения новых функциональных добавок и продуктов питания.

Основным направлением научных исследований, осуществляемых на кафедре является разработка лабораторных методов извлечения водорастворимых и жирорастворимых биологически-активных веществ из растительного сырья (токоферолов, каротиноидов и фосфолипидов);

Главным образом исследования направлены на поиск новых источников и разработку новых методов извлечения биологически активных веществ онкопротекторного действия из растительного сырья Сибирского региона и создание гаммы новых функциональных продуктов питания, предназначенных для профилактики последствий воздействия неблагоприятных антропогенных факторов, в том числе для питания работников вредных производств [1].

Одной из задач проекта является разработка онкопротекторных функциональных продуктов питания и напитков, обогащенных флавоноидами. Для создания напитков для функционального и профилактического питания может использоваться широкий ассортимент

продуктов переработки растительного сырья. Разрабатываемые технологии подходят как для промышленного производства, так и для предприятий общественного питания.

Также нами было проведено исследование возможности использования растительного сырья Западносибирского региона для промышленного получения флавоноидов.

С целью разработки лабораторных методов извлечения флавоноидов, а также методов, адаптированных к промышленным условиям, было выбрано следующее растительное сырье: в качестве источника апигенина – петрушка, лютеолина и генистеина – люпин, изорамнетина – ягоды облепихи, цианидина и петунидина – черноплодная рябина, флавонов, флаванонов, флаванолов, флаванолонов – корень одуванчика.

Традиционные способы извлечения флавоноидов из растительного сырья нередко приводят к деградации извлекаемых веществ на олигомеры, биологическая активность которых может существенно отличаться от исходного полифенола. В этой связи, одной из целей поиска оптимальных способов извлечения, является максимальное сохранение целостности молекул полифенолов. Одним из методов извлечения целевых веществ из растительного сырья нами была выбрана сверхкритическая жидкостная экстракция, позволяющая получать высококонцентрированные стерильные экстракты.

Сверхкритические жидкости часто используются в промышленности в качестве альтернативного варианта экстракции растворителем. Благодаря исключению токсичных растворителей из процессов, сверхкритические жидкости признаются экологически чистым. Одним из основных преимуществ использования сверхкритической экстракции для восстановления биологически активных соединений является то, что сверхкритическая жидкость обладает более низкой вязкостью и более высоким коэффициентом диффузии, чем жидкий растворитель, что приводит к более эффективному и легкому проникновению растворителя в матрицу образца, усиливая массообмен. Кроме того, сверхкритическая экстракция обычно выполняется при комнатной температуре. Еще одним преимуществом сверхкритических жидкостей является то, что отделение интересующего соединения от жидкости легко и обычно не требует дополнительных шагов. Углекислый газ является растворителем, наиболее часто используемым при сверхкритической жидкостной экстракции, поскольку он безопасен, доступен и дешев; кроме того, критические температуры CO₂ и давление (73,7 бар) достаточно низкие (31,1 °C), что снижает деградацию термолабильных соединений и оказывает селективность для интересующих соединений.

Преимущество углекислотной экстракции также заключается в управляемой селективности по отношению к различным группам биологически-активных соединений. Нами были получены гидрофильные и липофильные CO₂ –экстракты из петрушки и жома из ягод облепихи, гидрофильный – из люпина. Обнаружение в исследуемом сырье флавоноидов осуществляли при помощи качественных реакций на искомые вещества (цианидиновая реакция на флавоноиды, реакция комплексообразования с хлоридом алюминия).

Разработанные в результате НИОКР теоретические основы получения биологически активных компонентов, предназначенных для профилактики заболеваний, возникающих под воздействием генотоксических факторов окружающей среды могут быть использованы в нутрицевтике и пищевой промышленности при разработке лечебно-профилактических продуктов планируется использовать при разработке технологий производства продуктов питания и биологически-активных добавок к пище, направленных на детоксикацию и коррекцию оксидативного стресса, а также в фармацевтике при получении препаратов для восстановления защитных функций организма у лиц, находящихся в преморбидных состояниях, благодаря их введению в ежедневный рацион.

Список литературы

1. Idris, S.A., Markom, M., Abd. Rahman, N. *et al.* Multifactor assessments to determine the overall performance of supercritical fluid extraction from *Gynura procumbens* essential oil. *Sci Rep* 12, 14293 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16773-4>
2. Chan, C.-H., Yusoff, R., Ngoh, G. & Kung, F. W. Extraction of anti-diabetic active ingredient, quercetin from herbal plant using microwave-assisted extraction (MAE) Technique. in *The International Conference on Materials for Advanced Technologies 2–5* (SUNTEC Singapore, 2011). <https://doi.org/10.13140/2.1.3487.4885>.

FUTURE DIRECTIONS OF VEGETABLE RAW MATERIAL PROCESSING FOR EXTRACTION OF PHYTOCHEMICAL COMPOUNDS FOR FOOD SYSTEMS

K.V. Starovoitova, L.V. Tereshchuk, I.Yu. Sergeeva
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Abstract

A team of scientists from the Department of Food Technology from Plant Raw Materials conducts a set of studies aimed at finding ways to extract phytochemical compounds to create functional food systems. Laboratory methods have been developed for the extraction of water-soluble and fat-soluble biologically active substances from plant raw materials (tocopherols, carotenoids and phospholipids). Supercritical liquid extraction was chosen as the most suitable method to replace organic solvent extraction protocols. In order to develop laboratory methods for extracting flavonoids, as well as methods adapted to industrial conditions, the following vegetable raw materials were chosen: as a source of apigenin - parsley, luteolin and genistein - lupin, isoramnetin - sea buckthorn berries, cyanidine and petunidine - chokeberry, flavons, flavanones, flavanonols - root dandelion.

Keywords: flavonoids, CO₂ extraction, phytochmic compounds, organic solvents

References

1. Idris, S.A., Markom, M., Abd. Rahman, N. *et al.* Multifactor assessments to determine the overall performance of supercritical fluid extraction from *Gynura procumbens* essential oil. *Sci Rep* 12, 14293 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16773-4>
2. Chan, C.-H., Yusoff, R., Ngoh, G. & Kung, F. W. Extraction of anti-diabetic active ingredient, quercetin from herbal plant using microwave-assisted extraction (MAE) Technique. in *The International Conference on Materials for Advanced Technologies 2–5* (SUNTEC Singapore, 2011). <https://doi.org/10.13140/2.1.3487.4885>.