TEXHUMECKUE HAYKU

УДК 544.773.432, 547.485.5

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТОВ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

ГОРБУНОВА Наталия Владимировна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЕВТЕЕВ Александр Викторович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

БАННИКОВА Анна Владимировна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЛАРИОНОВА Ольга Сергеевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Персептивной задачей, стоящей перед производителями сельскохозяйственной продукции, является переработка отходов растениеводства, не исключением является и свекловичное производство. Например, при глубокой переработке вторичного сырья можно получить такое особо ценное вещество, как беталаины, обладающие антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, представляющие собой водорастворимые азотсодержащие пигменты и синтезируемые из аминокислоты тирозина на две структурные группы. В результате исследования была оценена возможность применения ультразвуковой экстракции с целью получения комплекса антиоксидантов из свекольной ботвы. Показано, что наиболее высокий уровень извлечения биологически активных веществ был отмечен при применении ультразвуковой экстракции. При этом уровень их уровень был выше примерно на 45 %, что способствует экономии.

Введение. Вторичные продукты сельского хозяйства - одна из важных экологических проблем современности, а успешное ее решение и снижение отрицательного влияния агробизнеса на состояние природной среды и многие другие глобальные проблемы непосредственно связаны с разработкой эффективных методов переработки и использования растительных отходов. При выращивании свеклы образуется вторсырье, которое с успехом можно использовать в пищевой промышленности. К примеру, в свекольной ботве содержится ряд полезных веществ, которые могут позитивно воздействовать на организм человека и с успехом применяться при производстве пищевых продуктов функциональной направленности.

Одними из таких веществ являются беталаины, обладающие антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, представляющие собой водорастворимые азотсодержащие пигменты и синтезируемые из аминокислоты тирозина на две структурные группы: красно-фиолетовые бетацианины и желто-оранжевые бетаксантины. Беталаминовые кислоты, структура которых представлена на рис. 1, а, является общей формой всех беталаинов и бетаксантинов (рис. 1, б, в) [7, 8]. Бе-

тацианины содержат цикло-3,4-диоксифенилаланин (цикло-Дофа) остаток, в сочетании с закрытой структурой цикло-Дофа расширяется электронный резонанс на дифенольное ароматическое кольцо. Это дополнительное сопряжение сдвигает максимум поглощения 480 нм (желтый, батаксантины) около 540 нм (фиолетовый, бетацианины) [9, 10].

Беталаины чаше всего используются в качестве красителя при производстве десертов, кондитерских изделий, сухих смесей, молочных и мясных продуктов. Концентрация чистых пигментов, необходимых для получения желаемого оттенка, относительно невелика и редко превышает 50 мг/кг [5]. Пищевой краситель, известный как «свекольно-красный», является зарегистриро-

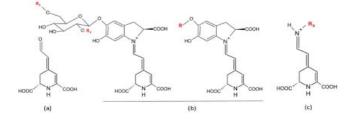


Рис. 1. Общая структура беталаиновых кислот (а), бетацианинов (б) и бетаксантанов (в)

1 2018



ванным в Европейском союзе и США [3, 4]. Данные ингредиенты на производство поставляют в качестве концентратов, в которых содержится до 60–65 % твердых веществ, или в виде порошков, содержащих от 0,3 до 1 % пигмента [4].

Для получения биологически активных веществ из растительного сырья используются методы прессования, нагрева, сокслета и пр. Однако классические методы экстракции обладают недостатками, связанными с безопасностью, экологичностью и энергоемкостью как производства, так и конечного продукта. Недавно были разработаны новые способы экстракции, включающие в себя применение ультразвука, микроволновых волн и ферментов. Среди всех современных методов экстракции применение ультразвуком является наиболее экономичной, экологически чистой и эффективной технологией, позволяющей значительно ускорить процесс перехода активных веществ из сырья в среду [1, 2].

Таким образом, целями настоящей работы являются получение и анализ свойств экстрактов из вторичных продуктов переработки растительного сырья, а также изучение уровня извлечения бетанинов, бетаксантинов и фенольных соединений в зависимости от типа экстракции и используемого экстрагента.

Методика исследований. Для проведения исследований использовали свекольную ботву, полученную из свеклы *Beta vulgaris* L. сорта Цилиндр, в качестве экстрагентов использовали 70%-й спирт, дистиллированную воду, 2%-ю муравьиную кислоту, гидроксид натрия.

Для получения экстрактов проводили центрифугирование при 40 000 мин⁻¹ в течение 60 мин с последующим выпариванием под вакуумом при 40 °C. Экстракцию также проводили с помощью ультразвукового воздействия при 35 кГц, 450 Вт в течение 60 мин с целью выявления наиболее быстрого и полного способа извлечения эссенциальных компонентов.

Суммарное содержание бетацианинов оценивали с помощью фотометрии, фильтрат фотометрировали относительно экстрагента в кварцевых кюветах при $\lambda = 400-700$ нм (спектрофотометр СФ-56). Суммарное содержание бетацианинов α_1 , мг/г, определяли (в пересчете на бетанин), используя коэффициент молярного погашения ϵ_1 =60000 [6] при λ_{max} по формуле:

$$\alpha_1 = \frac{\text{A(535 HM)}}{\acute{\epsilon}_1(\text{535 HM}) \cdot l} \cdot \frac{\textit{VM} \cdot \text{1000}}{\text{1000}\textit{m}}, \, \text{MG}/\Gamma,$$

где $A_{(535\text{нм})}$ — оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетацианинов; $\mathbf{\dot{\epsilon}}_{1(535\text{нм})}$ — коэффициент молярного погашения бетацианинов на этой длине волны; l — длина оптического пути, см; V — объем экстракта, мл; M — молярная масса бетанина, 550 г/моль; m — масса навески, г.

Количественное определение бетаксантинов, α_2 , мг/г, определяли в пересчете на вульгаксантин I с коэффициентом молярного погашения $\mathbf{\tilde{L}}_1$ =48000 [6], использовали абсорбцию экстракта на двух длинах волн по формуле, учитывающей остаточное поглощение бетаксантинов при 469 нм:

$$\alpha_1 = \frac{\text{A(469 hm)} - kA(535\text{hm})}{\acute{\epsilon}_2(469 \text{ hm}) \cdot l} \cdot \frac{VM \cdot 1000}{1000m}, \text{MG/G},$$

где $A_{_{(469\text{нм})}}$ – оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетаксантинов; $A_{_{(535\text{нм})}}$ – оптическая плотность раствора в максимуме абсорбции бетацианинов; k – коэффициент пересчета, принятый в настоящей работе равным 0.323; $k=\frac{1}{2}(469\text{Hm})/\frac{1}{2}(535\text{Hm})$: $\frac{1}{2}(469\text{Hm})$ – коэффициент молярного погашения бетацианинов при 469 Hm; l – длина оптического пути, см; V – объем экстракта, мл; M – молярная масса вульгаксантина I, 339 г/моль; m – масса навески, г.

Для определения суммы фенольных соединений анализируемого образца неизвестного состава измеренное светопоглощение пересчитывали в единицы концентрации по градуировочному графику, полученному для стандартного полифенола, например, кверцетина. Полученный результат является усреднённым аналитическим откликом всех фенольных соединений, содержащихся в объекте анализа. Определение общего содержания полифенолов определяли с помощью реактива Фолина-Чокальтеу. В колбе на 25 мл смешивали исследуемый раствор, 0,3 мл реактива, 3 мл 20 % мас. Na, CO, доводили объем до метки. Светопоглощение растворов измеряли через 20 мин при 720 нм. Спектры поглощения в УФ и видимой областях измеряли при помощи спектрофотометра СФ-26.

Результаты исследований. Известно, что влияние методов экстракции растительных клеток и тканей может привести к значительным изменениям в содержании биологически активных соединений, таких как антиоксиданты, полифенолы, а также изменения в соотношении бетацианин/бетаксантин. В данном исследовании экстракты получали из 0,5 г измельченной свеклы с использованием различных условий экстракции. Конечный экстракт не обладал запахом, цвет образцов не отличался видимыми эффектами, был свободен от неприятного запаха и обладал устойчивыми во времени цветовыми узорами. Образцы экстрактов фотометрировали относительно экстрагентов в кварцевых кюветах при $\lambda = 400-700$ нм (спектрофотометр СФ-56). Суммарное содержание бетацианинов и бетаксантинов определяли в пересчете на бетанин и вульгаксантин с помощью известной формулы [6].

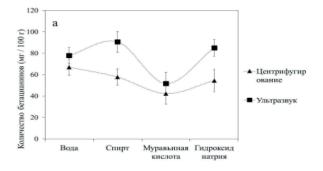
Графическое представление результатов эксперимента по изучению влияния способа экстрагирования на содержание биологически ак-

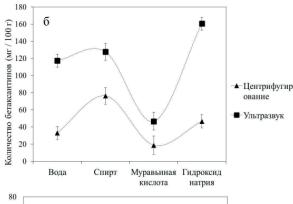




тивных веществ в экстрактах, полученных из продуктов комплексной переработки растительного сырья, представлено на рис. 2. На основании полученных данных выявлена прямая зависимость как от вида экстрагента, так и от самого способа получения экстракта. Наиболее полное извлечение было отмечено у образцов, экстрагируемых с использованием растворов этилового спирта и щелочи. Следует отметить, что ультразвуковое воздействие позволяет повысить уровень экстракции до 45 %.

Анализ содержания бетацианинов (см. рис. 2 а) в экстрактах показал, что имеются существенные различия в их количестве в зависимости от типа экстрагирования (центрифугирование или ультразвук) и растворителя. Было выявлено, что наименьшее количество бетацианинов (42,3 \pm 10,5 мг/100 г) содержалось в экстрактах, полученных с помощью центрифугирования и с использованием муравьиной кислоты в качестве растворителя. Максимальное содержание бетацианинов (90,5 \pm 7,5 мг/100 г) было обнаружено





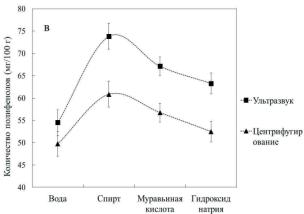


Рис. 2. Содержание бетацианинов (a); бетаксантинов (б); полифенолов (в) в зависимости от типа экстракции и экстрагента

при экстракции ультразвуком с использованием спирта. Максимальное количество бетаксантинов – 127,6 \pm 9,8 мг/100 г (см. рис. 2, б) и полифенолов - $60.9 \pm 2.9 \text{ мг}/100 \text{ г}$ (рис. 2, в) получено с использованием ультразвука и спирта. Эти значения были в 1,5 раза выше, чем те, которые были получены с тем же растворителем (спирт) при центрифугированиии, что указывает на целесообразность применения ультразвука при экстракции. Таким образом, полученные данные дают основание предполагать, что наилучшим экстрагентом является 70 %-й этиловый спирт, а способ ультразвуковой экстракции позволит обеспечить наиболее полное извлечения комплекса биологически активных веществ из вторичных продуктов растениеводства.

Заключение. Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод о перспективности применения ультразвукового воздействия в процессе экстрагирования. На основании представленных экспериментальных данных доказан высокий уровень извлечения биологически активных веществ из вторичных продуктов растениеводства, по сравнению с конвекционным методом экстракции (центрифугирование).

Уровень экстракции при использовании ультразвукового воздействия повышался до 45 %, что способствует экономии как материальных, так и временных ресурсов. Таким образом, использование перспективных методов экстракции позволяет получить пищевые добавки функциональной направленности нового поколения, сохраняющих повышенное количество биологически ценных веществ для рационального питания человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Бриттон Г.* Биохимия природных пигментов. М.: Мир, 1986. 422 с.
- 2. Рыжнев В.Ю., Яшин Я.И., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и их влияние на здоровье и старение человекаю М.: ТрансЛит, 2009. 212 с.
- 3. Castellar M.R., Obo´n J.M., Ferna´ndez-Lo´pez J.A The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from Opuntia stricta fruits /// Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86, P. 122–128.
- 4. *Delgado-Vargas F.*, Jime ´nez A.R., Paredes-Lo ´pez O. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains characteristics, biosynthesis, processing, and stability // Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2000, 40, P. 173–289.
- 5. Stitzing F.C., Carle R. Analysis of betalains // Food colorants. Chemical and functional properties. / Ed. C. Socaciu. CR Press Taylor & Francis Group, 2008, P. 507–520.
- 6. *Strack D*. Humilixanthin, a new betaxanthin from Rivina humilis // Phytochemistry, 1987, 26, P. 2285–2287.
- 7. *Strack D. Steglich W., Wray V* Betalains // Methods in Plant // Biochemistry, 1993, Vol. 8, P. 421–450.
- 8. *Strack D., Vogt T.*, Schliemann W. Recent advances in betalain research // Phytochemistry, 2003, 62, P. 247–269.

Горбунова Наталия Владимировна, аспирант ка-федры «Технологии продуктов питания», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Евтеев Александр Викторович, ведущий специалист учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и с.-х. продукции, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Банникова Анна Владимировна, д-р техн. наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания», Сара-

товский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Ларионова Ольга Сергеевна, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Микробиология, биотехнология и химия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410005, г. Саратов, ул. Соколовая, 335. Тел.: (8452) 69-25-32.

Ключевые слова: ультразвуковая экстракция; бетацианины; бетаксантины; полифенолы; глубокая переработка растительного сырья.

EVALUATION OF THE USE ULTRASOUND TO OBTAIN EXTRACTS WITH HIGHER CONTENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM THE PRODUCTS OF COMPLEX PROCESSING OF CROP PRODUCTION

Gorbunova Natalia Vladimirovna, Post-graduate Student of the chair "Food Technology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Evteev Aleksandr Viktorovich, Leading specialist of the Laboratory of Foods and Agricultural Products Quality Determination, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Bannikova Anna Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Food Technology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Larionova Olga Sergeevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the chair "Microbiology, biotechnology and chemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: ultrasonic extraction; betacyanins; betaxanthins; polyphenols; deep processing of plant raw materials.

The perceptive task facing producers of agricultural products is the processing of crop wastes, and beet production is no exception. For example, with deep processing of secondary raw materials, it is possible to obtain such a particularly valuable substance as betalaines, which possess antioxidant and anti-inflammatory properties, which are water-soluble nitrogen-containing pigments and synthesized from amino acid tyrosine into two structural groups. As a result of the study, the possibility of using ultrasonic extraction for the purpose of obtaining a complex of antioxidants from beet tops was evaluated. As a result of the study, it was shown that the highest level of extraction of biologically active substances was observed when using ultrasonic extraction. At the same time, their level was higher by approximately 45%, which contributes to savings.

УДК 631.671

СЦЕНАРИИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ И ПРОГНОЗЫ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПОВОЛЖЬЯ

КОРСАК Виктор Владиславович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КРАВЧУК Алексей Владимирович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ПРОКОПЕЦ Роман Викторович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

НИКИШАНОВ Александр Николаевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

АРЖАНУХИНА Екатерина Владимировна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье исследуется вопрос прогноза изменений климата в Среднем и Нижнем Поволжье. На основе сценариев глобального потепления Межправительственной группы экспертов по изменению климата с применением методов регрессионного анализа рассчитываются прогнозные суммы осадков и эффективных температур теплого времени года для метеостанций поволжских областей на периоды до середины и конца нынешнего века. Делается обоснованный вывод о том, что изменения климата региона сделают невозможным ведение богарного земледелия, и единственным средством сохранения растениеводства является орошение.

Введение. В течение всего прошлого и начала нынешнего века во всем мире шло бурное развитие орошения земель, что стало одним из главных факторов обеспечения продовольственной безопасности населения нашей планеты [7]. Для

засушливых регионов Среднего и Нижнего Поволжья ирригация является единственным средством повышения эффективности и обеспечения стабильности мирового сельскохозяйственного производства. Об этом писали как классики оте-

1 2018

