

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СТВОРОК ГОРОХА ПОСЕВНОГО И БОБОВ ОВОЩНЫХ

В.В. Орлов¹, П.Д. Михайлова², Е.М. Короткова³, Е.В. Ожимкова¹

¹Тверской государственной технической университет, г. Тверь

²Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь

³Университет Або Академи, Турку, Финляндия

Отходы сельского хозяйства, не имеющие пищевой ценности, представляют особый интерес в качестве вторичных ресурсов для получения востребованных биологически активных веществ. Ежегодно в мире производится около 800 млн. тонн сухих сельскохозяйственных отходов, что приводит к проблемам загрязнения окружающей среды. Следовательно, эффективная переработка таких отходов одновременно решает и экологические вопросы, и позволяет получить продукты с высокой добавочной стоимостью из бросового сырья. В представленной работе проведено исследование химического состава водных экстрактов, полученных из створок гороха сорта «Сладкий жемчуг» и бобов «Русские черные», проанализирована антиоксидантная активность полученных экстрактов. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рациональных способов переработки данных крупнотоннажных растительных отходов.

Ключевые слова: экстракция, вторичные ресурсы, створки бобовых культур, химический состав.

Для достижения устойчивого технико-экономического развития при использовании "зеленых" технологий необходимо всестороннее изучение используемого в данных процессах сырья. Учитывая растущие объемы сбора бобовых культур, к перспективному и недостаточно изученному вторичному сырью можно отнести створки гороха посевного и бобов овощных [1-3].

Бобовые культуры играют ключевую роль в устойчивой интенсификации сельского хозяйства, что делает это их вторыми наиболее культивируемыми растениями в мире после зерновых. Внедрение различных видов бобовых культур в системы севооборота имеет особое значение для того, чтобы: 1) обеспечить производство продуктов питания (главным образом, белковых концентратов и крахмалов) и кормовых добавок; 2) обогатить почвы азотом в результате его биологической фиксации; 3) снизить экологическую нагрузку на окружающую среду путем снижения объемов вносимых химических

удобрений, 4) снизить зараженность почв некоторыми вредителями; 5) повысить рентабельность сельского хозяйства за счет последовательного получения из одного и того же растительного сырья нескольких продуктов с высокой добавочной стоимостью [1, 4–7].

В агрономии бобовые виды растений выступают в роли регенераторов почвенного плодородия, увеличивающих содержание гумуса почв и, являющиеся прекрасными предшественниками преобладающего большинства полевых культур. Бобовые растения обладают мощной корневой системой, позволяющей усваивать питательные вещества из глубоких слоев почвы, включая даже, труднорастворимые фосфаты. Кормовые бобы обладают редкой среди сельскохозяйственных культур способностью перевода труднорастворимых фосфатов в легкоусвояемую для других культурных растений форму [8].

Кормовые бобы занимают первое место среди зернобобовых культур по сбору белка с гектара. Они позволяют получать 0,66 т/га сырого протеина с урожаем зерна, а с урожаем всей биомассы – 0,98 т/га [7].

Среди зернобобовых культур кормовые бобы содержат максимальное количество белка. По своему качественному составу и питательности он не уступает белку мяса. Семена бобов содержат 28-35% белка и все незаменимые аминокислоты. В семенах кормовых бобов по сравнению со злаковыми культурами содержится в 2, а в некоторых случаях и в 3 раза больше белковых веществ, и в то же время они имеют максимальные показатели по выходу перевариваемого протеина и незаменимых аминокислот с одного гектара. А это делает возделывание кормовых бобов выгодным с точки зрения удовлетворения возрастающих потребностей в пищевом и кормовом белке [3, 4, 9].

Методы и методики

Объектами исследования служили створки гороха сорта посевного «Сладкий жемчуг» и бобов овощных «Русские черные». Для проведения экспериментальной части работы растительное сырье было собрано в сухую погоду и только от здоровых, хорошо развитых, не поврежденных насекомыми или микроорганизмами растений. В представленной работе для обезвоживания створок бобовых культур использовалась воздушно-тенивая сушка растительного сырья при комнатной температуре и в отсутствии прямых солнечных лучей. После окончания сушки створки бобовых культур измельчали в лабораторной мельнице, до порошкообразного состояния, после чего переносили в маркированную пластиковую или стеклянную тару и хранили в темном прохладном месте [10].

Экстракты из створок гороха и бобов получали путём настаивания растительного сырья с экстрагентом, в качестве которого использовалась

вода дистиллированная. Вода как экстрагент имеет следующие технологические преимущества: хорошо проникает через клеточные стенки (если они не пропитаны гидрофобными веществами), растворяет многие вещества, фармакологически и химически индифферентна, соответствует всем требованиям техники безопасности, дешева и доступна для большинства предприятий. Для проведения эксперимента на аналитических весах взвешивали точную навеску (до четвертого знака) воздушно-сухого исследуемого растительного сырья. Затем навеска количественно переносилась в колбу и смешивалась с соответствующим гидромодулю (1:15) количеством дистиллированной воды. Полученную суспензию оставляли на 24 ч при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$ и отсутствии прямых солнечных лучей, а затем отделяли экстракт от растительного сырья фильтрованием (фильтр обеззоленный синяя лента). Для сохранения биологической активности полученные экстракты хранили в холодильной камере при температуре $4 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Для полученных экстрактов определяли содержание сухого вещества [11] и исследовали химический состав, для чего анализируемые экстракты из створок бобовых культур выпаривали досуха, а затем силилировали N,O-бис(триметилсилил)трифторацетамидом и триметилхлорсиланом в пиридине. Силилированный раствор анализировался на газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором (Clarus 500, PerkinElmer); колонки: две параллельные 25 м . 0,20 мм i.d., 0,11 мкм – HP-1 и HP-5; колонка HP-1/SIMDIS – 6-7 м . 0,530 мм, 0,15 мкм. Отдельные компоненты идентифицировались хроматомасс-спектрометрией силилированных образцов на приборе HP 6890-5973, оборудованного аналогичной 25-метровой колонкой HP-1 GC как описано выше. Идентификация основывается на сравнении с соединениями, обнаруженными в спектральных библиотеках, или на ручной интерпретации масс-спектров [12].

Кроме того, для экстрактов определяли антиоксидантную активность (АОА) перманганатным методом [13]. Перманганатный метод определения антиоксидантной активности представляет собой способ, основанный на титровании 0,05н раствора перманганата калия в среде 0,24М серной кислоты до обесцвечивания раствора анализируемой пробой. Показателем относительной антиоксидантной активности служит объем образца в миллилитрах, израсходованный на титрование 1 мл 0,05н раствора марганцевокислого калия. Чем меньше расходуется на титрование образца, тем выше его антиоксидантная активность [13].

Содержание общего белка в створках гороха посевного определяли методом Къельдаля [10], клетчатки – методом Кюршнера и Ганека [10], пектиновых веществ – кальций-пектатным методом [14].

Результаты и обсуждения

В ходе проведения экспериментов были получены экстракты, характеризующиеся слабокислой средой: для экстрактов из створок посевного гороха $pH \approx 5,2 \pm 0,01$, для экстрактов из створок овощных бобов $pH \approx 5,3 \pm 0,01$.

Проведенный хроматографический анализ экстрактов бобовых подтверждает сложный химический состав створок. Результаты анализа химического состава экстрактов представлены в таблице 1.

Следует отметить, что экстракты, полученные из створок гороха посевного, характеризуются более высоким содержанием моносахаридов и дисахаридов, следовательно, именно данный вид сырья можно рассматривать в качестве возобновляемого источника углеводов.

Таблица 1
Количественный состав экстрактов створок гороха посевного «Сладкий жемчуг» и бобов «Русские черные»

Компонент	Экстрактов створок бобов (мг/г)	Экстрактов створок гороха (мг/г)
Пропандиевая кислота	0,61±0,018	–
Глицерин	0,84±0,025	1,48±0,044
Аспарагиновая кислота	–	0,93±0,028
Янтарная кислота	1,36±0,041	–
2,3-Дигидроксипропановая кислота	8,27±0,248	0,44±0,013
Яблочная кислота	2,28±0,068	–
2,3-Дигидроксипропановая кислота	0,68±0,020	1,14±0,034
Лимонная кислота	7,82±0,235	5,36±0,161
Производные фенилаланина	9,06±0,272	–
Мио-инозитол	1,27±0,038	5,53±0,166
Моносахариды	67,84±2,035	352,46±10,574
Дисахариды	6,07±0,182	73,97±1,320

Кроме того для створок гороха посевного, было определено содержание общего белка $9,4 \pm 0,1\%$ (на а.с.в.), клетчатки $18,3 \pm 0,3\%$ и общего содержания пектиновых веществ $4,4 \pm 0,1\%$ (на а.с.в.). Для бобов овощных содержание общего белка в створках составило $9,2 \pm 0,1\%$ (на а.с.в.), клетчатки $18,7 \pm 0,3\%$ и общего содержания пектиновых веществ $3,8 \pm 0,1\%$ (на а.с.в.).

Результаты анализа антиоксидантной активности экстрактов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Антиоксидантная активность водных экстрактов,
полученных из растительного сырья

Экстракт из створок бобов «Русские черные»		Экстракт из створок посевного гороха «Сладкий жемчуг»	
АОА, мг/мл (в пересчете на кверцетин)	АОА, мг/мл (в пересчете на аскорбиновую кислоту)	АОА, мг/мл (в пересчете на кверцетин)	АОА, мг/мл (в пересчете на аскорбиновую кислоту)
0,833±0,025	4,498±0,135	0,385±0,012	2,079±0,062

Анализируя данные, представленные в таблицах 1 и 2, можно сделать вывод о том, что антиоксидантные свойства исследуемых экстрактов обусловлены содержанием органических кислот, а также миоинозитола, а также производных фенилаланина для экстрактов, полученных из створок бобов.

Так как вода не характеризуется наличием антисептических свойств, то водные экстракты, особенно характеризующиеся высоким содержанием сахаров, очень быстро становятся средой для размножения микроорганизмов, что в свою очередь строго регламентирует их сроки хранения.

В проведенных экспериментах для экстрактов из створок бобовых культур было исследовано изменение антиоксидантной активности в течение 30 дней при хранении их в холодильной камере при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Контрольными образцами для проверки стабильности водных вытяжек являлись свежеприготовленные экстракты. Установлено, что антиоксидантная активность водных экстрактов из створок гороха за 30 суток снизилась на 41,1% (в пересчете на кверцетин) по сравнению с контрольным экстрактом, а для экстрактов из створок бобов за 30 суток данный параметр снизился на 17,8% (в пересчете на кверцетин) по сравнению с контрольным свежеприготовленным экстрактом. Следует отметить, что антиоксидантная активность всех исследованных экстрактов остается без изменений в течение 8 суток хранения, затем до 16-х суток антиоксидантная активность снижается незначительно (на 3–3,5%).

Заключение

По результатам исследования химического состава створок посевного гороха и бобов овощных можно сделать следующие выводы:

1. Створки бобовых культур, которые являются крупнотоннажными отходами, могут являться дешевым и возобновляемым источником биологически активных веществ.

2. Исследованные экстракты створок гороха посевного характеризуются более высоким содержанием моносахаридов и дисахаридов, чем экстракты, полученные из створок бобов овощных, следовательно, именно отходы заготовки гороха могут найти применение в качестве легко возобновляемого источника простых углеводов. В то же время, антиоксидантная активность выше у экстрактов, полученных из створок бобов овощных.

3. Полученные экстракты могут быть использованы при создании инновационных пищевых продуктов и кормовых добавок, поскольку содержат ряд биологически активных веществ.

Список литературы

- 1 Palmero F. [etc] // *European Journal of Agronomy*. 2022. V. 136. 126514
- 2 Garrido-Galand S. [etc] // *Food Research International*. 2022. V. 145. 110398
- 3 Conti V., Guzzetti L., Panzeri D. // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. V. 117. P. 139-147
- 4 Babua S., Singh S., Raghavendra R., Sanjeev S., Vinod K. // *Bioresource Technology*. 2022. V. 360. 127566
- 5 Etesami H. // *Current Research in Biotechnology*. 2022. V. 4. P. 78-86
- 6 Mani-Lopez E., Palou E., Lopez-Malo A. // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. V. 112. P. 16-24
- 7 Garrido-Galand S. [etc] // *Food Research International*. 2021. V. 145. 110398
- 8 Yuqiang T. [etc] // *Rhizosphere*. 2021. V. 20. 100447
- 9 Dowling A. [etc] // *Field Crops Research*. 2021. V. 260. 107980
- 10 Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош, М. И. Иконникова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- 11 Плотников А.М., Иванюшин Е.А. *Агрохимия: методические указания для лабораторно-практических занятий*. Лесниково: КГСХА, 2014. 76 с
- 12 Smeds A.I., Eklund P.C., Willfor S.M. // *Holzforschung*. 2012. V. 66. P. 283-294.
- 13 Нилова Л.П., Вытовтов А.А., Камбулова Е.В., Кайгородцева М.С. // *Потребительский рынок Евразии: современное состояние, теория и практика в условиях Евразийского экономического союза и ВТО: Сборник статей III Междунар. науч.-практ. конф.* Екатеринбург, 2015. С. 118-122.
- 14 Донченко Л.В. *Технология пектинов и пектинопродуктов*. М.: ДеЛи, 2000. 256 с.

Об авторах:

ОРЛОВ Владимир Владимирович – аспирант 3 года обучения, ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: v.v.orlov95@gmail.com

МИХАЙЛОВА Полина Дмитриевна – научный сотрудник, ФГБУНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур (170041, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56); e-mail: polik_nolik@mail.ru

КОРОТКОВА Екатерина Михайловна – научный сотрудник, Университет Або Академи, Лаборатория химии древесины, Турку, Финляндия sulman@online.tver.ru

ОЖИМКОВА Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры Биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО Тверской государственный технический университет, (170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22); e-mail: ozhimkova@mail.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF AQUEOUS EXTRACTS PRODUCED FROM HUSK OF PODS PEA AND VEGETABLE BEANS

V.V. Orlov¹, P.D. Mikhailova², E.M. Korotkova³, E.V. Ozhimkova¹

¹Tver State Technical University, Tver

²Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver

³Abo Akademi University, Porthansgatan 3, 20540 Turku, Finland

Agricultural waste, which has no nutritional value, is of particular interest as secondary resources for obtaining biologically active substances in demand. About 800 million dry tons of agricultural waste are produced annually in the world, which leads to problems of environmental pollution. Consequently, the efficient processing of such wastes simultaneously solves environmental issues and makes it possible to obtain products with a high added value from waste raw materials. In the presented work, a study was made of the chemical composition of aqueous extracts obtained from the wings of pea varieties "Sweet Pearls" and beans "Russian Black", the antioxidant activity of the obtained extracts was analyzed. The results obtained can be used to develop rational methods for processing these large-tonnage plant wastes.

Keywords: *extraction, secondary resources, legume wings, chemical composition.*