

## ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ СОЕВЫХ БОБОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Г.П. Слесарев, [grigory.slesarev@urfu.ru](mailto:grigory.slesarev@urfu.ru)

Е.Г. Ковалева, [e.g.kovaleva@urfu.ru](mailto:e.g.kovaleva@urfu.ru)

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В обзоре обобщена информация, опубликованная за последние годы, о методах получения ценных веществ из побочных продуктов переработки соевых бобов. Тремя основными продуктами, получаемыми в процессе переработки сои, являются: соевая меласса, соевый шрот и соевая сыворотка. За последние годы интерес к отходам переработки сои заметно вырос, так как эти продукты богаты изофлавонами, белками и углеводами и почти не утилизируются, что открывает большой потенциал для их поиска методов их переработки. В данной статье мы акцентировали внимание именно на различных методах экстракции полезных соединений из побочных продуктов соевой промышленности. На сегодняшний день большинство статей направлено на извлечение изофлавонов, соединений, которые обладают противораковыми, антидиабетическими, противоаллергическими эффектами. Поскольку традиционные методы экстракции дорогие, занимают много времени и в них используются токсичные, летучие и легко воспламеняемые растворители, сейчас мировое сообщество направлено на использование «зеленых» методов извлечения. Экстракция с помощью природных глубоких эвтектических растворителей (NADES) представлена как наиболее перспективная, так как в ней отсутствуют изложенные выше недостатки. Однако для извлечения максимального количества изофлавонов мелассу следует предварительно обработать  $\beta$ -глюкозидазой для увеличения выхода агликоновых форм изофлавонов. Побочные продукты переработки соевых бобов являются обширной и не до конца изученной темой для исследований. Разработка в области утилизации отходов производства позволят решить проблемы не только с экологической составляющей, но и также повлияют на экономические показатели предприятий производителей.

**Ключевые слова:** соевые бобы, соевая меласса, соевый шрот, соевая сыворотка, экстракция, изофлавоны, природные глубокие эвтектические растворители, сапонины

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

**Для цитирования:** Слесарев Г.П., Ковалева Е.Г. Побочные продукты переработки соевых бобов как перспективное сырье для получения ценных веществ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 1. С. 19–26. DOI: 10.14529/food230102

Review article  
DOI: 10.14529/food230102

## SOYBEAN PROCESSING BY-PRODUCTS AS A PROMISING RAW MATERIAL FOR OBTAINING VALUABLE SUBSTANCES

G.P. Slesarev, [grigory.slesarev@urfu.ru](mailto:grigory.slesarev@urfu.ru)

E.G. Kovaleva, [e.g.kovaleva@urfu.ru](mailto:e.g.kovaleva@urfu.ru)

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

**Abstract.** This review summarizes information published in recent years on methods of extraction of valuable substances from by-products of soybean processing. The three main products derived from soybean processing are: soy molasses, soybean meal and soy whey. In recent years, interest in soybean processing waste has grown significantly, as these products are rich in isoflavones, proteins and carbohydrates, which opens great potential for their processing. In this article, we focused on various methods for extraction of beneficial compounds from soy by-products. Nowadays, most scientists have focused on the extraction of isoflavones, compounds that have anticancer, antidiabetic, antiallergic effects. Because conventional extraction methods are expensive, time consuming, and use toxic, volatile, and highly flammable solvents, the global community is now moving toward to green extraction methods. Extraction with natural deep eutectic solvents (NADES) is presented as the most promising, since it does not have the disadvantages outlined above. However, to extract the maximum amount of isoflavones, molasses should be pre-treated with  $\beta$ -glucosidase to increase the yield of aglycone forms of isoflavones. Soybean by-products are a vast and under-researched topic. Research in the field of industrial waste disposal will solve problems not only with the environmental but will also affect the economic performance of manufacturing enterprises.

**Keywords:** soybean, soy molasses, soy meal, soy whey, extraction, isoflavones, Natural Deep Eutectic Solvent, saponins

**Acknowledgments.** The research funding from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Ural Federal University Program of Development within the Priority-2030 Program) is gratefully acknowledged.

**For citation:** Slesarev G.P., Kovaleva E.G. Soybean processing by-products as a promising raw material for obtaining valuable substances. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 19–26. (In Russ.) DOI: 10.14529/food230102

### Введение

Соя является самой распространенной среди зернобобовых и масличных культур. Из нее изготавливают масло, муку, концентрат и изолят соевого белка – ценные продукты для пищевой и перерабатывающей промышленности. Компонентами сои являются: белок (43 %), липиды (21 %), волокна (4 %), минералы (6 %) и углеводы (26 %), а также сахара, такие как моно- и дисахара (сахароза, глюкоза, и фруктоза), составляющие около 50 % от общего количества углеводов, и олигосахариды: рафиноза и стахиоза, составляющие вторую половину [24]. Согласно отчету UFOP за 2017/2018 г. мировое производство сои составило 348 миллионов тонн [14]. В связи с возрастанием объемов переработки соевых бобов образуется огромное количество отходов, среди которых соевые меласса, шрот и сыво-

ротка. Большая часть отходов используется в качестве кормов для животных или выбрасывается. В остальных случаях отходы переработки соевых бобов используются для экстракции полезных соединений, таких как изофлавоны, обладающих антиоксидантной, эстрогенной, антидиабетической, антиканцерогенной активностями [18, 19], растительные белки и углеводы [12].

Все три основных вида отходов переработки сои богаты изофлавоноидами – классом гетероциклических соединений, являющимися природными фитоэстрогенами, обладающими ярко выраженными антиоксидантными, антиканцерогенными свойствами, и которые могут использоваться для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний, остеопороза костей и диабета 2-го типа [2].

Соевый шрот, побочный продукт, полученный после экстракции соевого масла, в основном используется в качестве источника пищевого белка в кормах и удобрениях [3].

Соевая сыворотка является жидким побочным продуктом при производстве изолята соевого белка. Она богата различными полезными соединениями, такими как белки, полисахариды и полифенолы [6].

Соевая меласса является основным побочным продуктом, образующимся при производстве концентрата соевого белка. Представляет из себя вязкую жидкость коричневого цвета с характерным запахом. В сыром виде обычно продается по низким ценам для использования в качестве кормовой добавки для животных [7].

**Целью данного исследования** стал аналитический обзор наиболее значимых результатов исследований последних лет по превращению побочных продуктов переработки сои в ценные вещества, который раскроет их потенциал для поиска новых научных методов и технологий для внедрения в промышленное производство.

#### **Методы исследования**

Основным вопросом данного исследования было: какие существуют методы экстракции ценных веществ из продуктов переработки сои, а именно: соевого шрота, соевой мелассы и соевой сыворотки.

Мы провели систематический поиск литературы с 2000 по 2022 год, используя следующие термины «soy ИЛИ soybean» ИЛИ «soy molasses» ИЛИ «soy meal» ИЛИ «soy whey» в сочетании с «isoflavones» ИЛИ «extract» или «HPLC» ИЛИ «saponins». ИЛИ «polysaccharides» в базах данных Scopus, Science Direct и Web of Science.

Стратегия поиска дала в общей сложности 138 тезисов статей. Процесс определения критериев отбора релевантных исследований был монотонным и основывался на просмотре заголовков, аннотаций и, при необходимости, полного текста статей.

Чтобы статья была выбрана и включена в этот обзор, она должна была соответствовать следующим критериям:

1. Статья должна быть оригинальным исследованием с данными, опубликованными в рецензируемых научных журналах. Неопубликованные результаты были исключены из этого исследования.

2. В статье должны быть рассмотрены различные способы выделения полезных веществ из соевой мелассы или из соевой сыворотки или из соевого шрота.

#### **Использование соевой мелассы как источника полезных соединений**

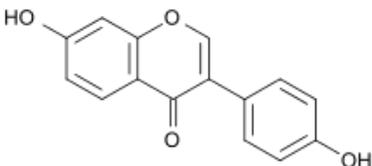
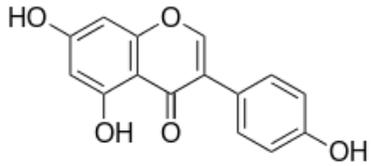
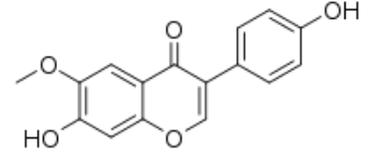
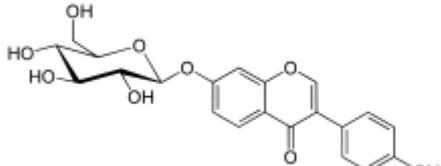
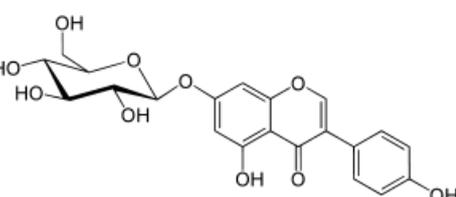
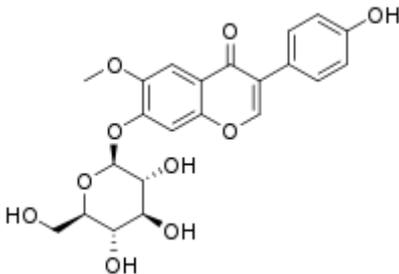
Анализ продуктов переработки сои, не подверженных экстракции, на содержание основных изофлавонов методом HPLC-DAD показал, что и в соевой мелассе, и в соевом шроте присутствуют изофлавоны, в основном в гликозидной форме и в меньшей степени в агликоновой. Среди семи проанализированных продуктов соевая меласса показала наибольшее содержание изофлавонов. Авторы отметили, что меласса представляет из себя отличный источник изофлавонов [11].

Агликоновые и гликозидные формы изофлавонов, которые могут встречаться в соевой мелассе, соевом шроте и соевой сыворотке представлены в таблице.

Биодоступность изофлавонов сои различается между изофлавоновыми агликонами и гликозидами, и исследования показали, что изофлавоновые агликоны превосходят изофлавоновые гликозиды в отношении различной биологической активности благодаря их эффективному всасыванию в организм человека. Таким образом, существует большой интерес к увеличению количества изофлавоновых агликонов в соевых продуктах, главным образом потому, что, как уже было написано выше, большинство изофлавонов существует в гликозидной форме. Для гидролиза соевой мелассы с целью повышения выхода агликоновых изофлавонов используется  $\beta$ -глюкозидаза, которая гидролизует гликозидные связи, высвобождая остаток сахара, тем самым повышая выход изофлавоновых агликонов [20].

Увеличение выхода агликоновых форм изофлавонов также возможно благодаря использованию ферментации соевой мелассы штаммом *Saccharomyces cerevisiae*. Сравнение эффективности проведения экстракции традиционным методом и с ферментированной мелассой показал, что выход изофлавонов, полученных методом этилацетатной экстракции ферментированной мелассы, был выше, чем классическим методом экстракции. Также авторы сравнили антиоксидантную активность полученных веществ. Экстракт из ферментированной мелассы показал более высокое значение антиоксидантной активности

Изофлавоны, которые могут содержаться в побочных продуктах переработки соевых бобов

Форма	Структурная формула	Химическая формула	Название соединения
Агликоновые формы		$C_{15}H_{10}O_4$	Дайдзеин
		$C_{15}H_{10}O_5$	Генистеин
		$C_{16}H_{12}O_5$	Глицитеин
Гликозидные формы		$C_{21}H_{20}O_9$	Дайдзин
		$C_{21}H_{20}O_{10}$	Генистин
		$C_{22}H_{22}O_{10}$	Глицитин

(0,0269 мЭкв) [8]. У экстрактов соевой мелассы также был выявлен противоопухолевый эффект, показав наименее выраженный токсический эффект в отношении клеток глиобластомы и остеосаркомы. Одновременно с этим влияние на клетки рабдомиосаркомы оказалось значительно более выраженным [1, 9].

Перспективным методом выделения изофлавонов из соевой мелассы является адсорбция на активированном угле. Значение адсорбции для выделенных изофлавонов было следующим: генистин > дайдзин > 600-О-малонилгенистин > 600-О-малонилдайдзин, показывающее, что движущие силы адсорб-

ции были благодаря дисперсионному взаимодействию между ароматическим кольцом изофлавонов и ароматической структурой активированного угля [23].

Использование биологически активных соединений в пищевой промышленности затруднительно из-за их нестабильности. Процесс микрокапсулирования предназначен для защиты соединений от факторов окружающей среды и компонентов самой пищи, а также для маскировки нежелательных вкусовых и ароматических характеристик, которые эти соединения могут придавать пище. Экстракты соевой мелассы, полученные с помощью различных растворителей, таких как этанол 80 %, метанол 80 %, зерновой спирт 50 и 80 % анализировались на содержание изофлавонов. Наибольший выход был продемонстрирован для экстракции с 50 % зерновым спиртом. Для выбранного экстракта оценивался потенциал для применения различных инкапсулирующих агентов. 18 % Hi-maize (модифицированный крахмал) оказался наиболее пригодным инкапсулирующим агентом [4].

Меласса активно используется как подкормка в животноводстве. Вследствие этого происходит активное исследование влияния мелассы на организм животных. Было выяснено, что сапонины соевой мелассы, выделенные посредством бутанольной экстракции, могут влиять на развитие энтерита у атлантического лосося [15].

В настоящее время «зеленые» технологии являются одним из ключевых вопросов в области химии, поскольку они направлены на снижение негативного влияния антропогенного воздействия и сохранение окружающей среды. Зеленая технология предлагает новые экологически приемлемые методы экстракции путем контроля физических свойств сред, таких как давление и температура, использования неопасных сред и разработки новых «зеленых» растворителей. Одной из наиболее перспективных и инновационных является технология с использованием новых «зеленых» растворителей. В этом контексте природные глубокие эвтектические растворители (Natural Deep Eutectic Solvent, NADES) активно исследуются, чтобы заменить существующие жесткие органические растворители [22]. Эти растворители представляют собой смеси в основном органических соединений, температура плавления которых намного ниже, чем у любого из его отдельных компонентов, в

основном за счет проявления межмолекулярных водородных связей. Обнаружено, что NADES обладают высокой способностью экстрагировать фенольные соединения, что связано с взаимодействиями H-связей, которые устанавливаются между молекулами NADES и фенольными соединениями. Однако при сравнении классических методов экстракции с экстракцией с применением NADES становится ясно, что на данный момент для экстракции с помощью NADES необходимо больше исследований по оптимизации условий, выход изофлавонов при использовании органических растворителей значительно выше.

Использование NADES открывает большие перспективы для экологической переработки соевой мелассы, так как это дешевый, быстрый метод с применением нетоксичных и дешевых растворителей [25]. Было обнаружено, что в экстрактах NADES, кроме агликоновых изофлавонов, содержится большое количество генистеин-7-О-глюкозида. Что открывает большой потенциал для увеличения выхода агликоновых форм посредством использования ферментативного гидролиза [1, 9].

#### **Использование соевого шрота как источника полезных соединений**

В настоящее время экстракция изофлавонов оптимизирована только в лабораторных масштабах, но успешное внедрение извлечения изофлавонов в промышленных масштабах имеет огромный потенциал для получения дополнительных доходов. Было проведено исследование по оптимизации экстракции изофлавонов из соевого шрота в коммерческих масштабах. Оптимальными шагами для экстракции выбраны: измельчение, турбоэкстракция, фильтрация, сушка, кислотный гидролиз, нейтрализация, фильтрация, нанофильтрация органических растворителей, сушка [5].

Также эффективным методом экстракции изофлавонов из соевого шрота является водная экстракция. Полученные растворы содержат в большем количестве гликозидные формы, что позволяет в дальнейшем оптимизировать выход агликоновых форм и увеличить антиоксидантную активность [10].

#### **Использование соевой сыворотки как источника полезных соединений**

В случае с соевой сывороткой экстракция изофлавонов осуществляется путем пенного фракционирования и последующего кислот-

ного гидролиза для извлечения агликоновых форм. Впоследствии данный метод был усовершенствован применением адсорбции изофлавонов на хитозановых микросферах [17, 18]. Параллельно был предложен метод отделения белков соевой сыворотки от изофлавонов путем регулирования температуры и pH [16].

Соевая сыворотка используется не только для экстракции изофлавонов, но и для полисахаридов, выделяемых посредством водной экстракции с применением ультразвука. Полученные экстракты могут использоваться в качестве новых иммуномодуляторов [13]. Биологической активностью также обладают пептиды, выделяемые из ферментированной соевой сыворотки [21]. Другим белковым соединением является ингибитор трипсина из

плодов сои, полученный с помощью простого метода, заключающегося в pH-преципитации и высаливании сульфатом аммония [26].

#### **Заключение**

Таким образом, анализ результатов вышеизложенных исследований позволяет утверждать, что современные достижения в области эффективного применения отходов соевой переработки для выделения биологически полезных веществ могут минимизировать экологические риски для биосферы планеты и увеличить экономическую прибыль предприятий посредством продажи полученных соединений. Рекомендуется дальнейшая исследовательская работа для полной оптимизации условий извлечения полезных веществ из соевой мелассы, соевого шрота и соевой сыворотки.

#### **Список литературы/References**

1. Aboushanab SA., Shevyrin VA., Slesarev GP., Melekhin V V., Shcheglova A V., Makeev OG., Kovaleva EG., Kim KH. Antioxidant and Cytotoxic Activities of Kudzu Roots and Soy Molasses against Pediatric Tumors and Phytochemical Analysis of Isoflavones Using HPLC-DAD-ESI-HRMS. *Plants*, 2022; vol. 11, no. 6. DOI: 10.3390/plants11060741.
2. Bajkacz S., Adamek J. Evaluation of new natural deep eutectic solvents for the extraction of isoflavones from soy products. *Talanta*, 2017; vol. 168, no. August 2016, pp. 329–335. DOI: 10.1016/j.talanta.2017.02.065.
3. Baldwin EL., Karki B., Zahler JD., Rinehart M., Gibbons WR. Submerged vs. Solid-State Conversion of Soybean Meal into a High Protein Feed Using *Aureobasidium pullulans*. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2019; vol. 96, no. 9, pp. 989–998. DOI: 10.1002/aocs.12251.
4. Batista VSF., Nunes GL., Viegas GI., Lucas BN., Bochi VC., Emanuelli T., Barin JS., de Menezes CR., da Rosa CS. Extraction, characterization and microencapsulation of isoflavones from soybean molasses. *Ciencia Rural*, 2020; vol. 50, no. 3, pp. 1–7. DOI: 10.1590/0103-8478cr20190341.
5. Chea JD., Lehr AL., Stanzione JF., Yenkie KM. Evaluation of isoflavone extraction options at commercial scale. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 2022; vol. 16, no. 6, pp. 1708–1725. DOI: 10.1002/bbb.2411.
6. Chua JY., Liu SQ. Soy whey: More than just wastewater from tofu and soy protein isolate industry. *Trends in Food Science and Technology*, 2019; vol. 91, no. November 2018, pp. 24–32. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.06.016.
7. Duru KC., Kovaleva EG., Danilova IG., van der Bijl P., Belousova A V. The potential beneficial role of isoflavones in type 2 diabetes mellitus. *Nutrition Research*, 2018; vol. 59, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.nutres.2018.06.005.
8. Duru KC., Kovaleva EG., Glukhareva T V. Application of fermentation for isoflavone extraction from soy molasses. In *AIP Conference Proceedings*, 2017; 020099-1–8. DOI: 10.1063/1.5002996.
9. Duru KC., Slesarev GP., Aboushanab SA., Kovalev IS., Zeidler DM., Kovaleva EG., Bhat R. An eco-friendly approach to enhance the extraction and recovery efficiency of isoflavones from kudzu roots and soy molasses wastes using ultrasound-assisted extraction with natural deep eutectic solvents (NADES). *Industrial Crops and Products*, 2022; vol. 182, no. April, pp. 114886. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114886.

10. Freitas CS., Da Silva GA., Perrone D., Vericimo MA., Dos S. Baião D., Pereira PR., Paschoalin VMF., Del Aguila EM. Recovery of antimicrobials and bioaccessible isoflavones and phenolics from soybean (*glycine max*) meal by aqueous extraction. *Molecules*, 2019; vol. 24, no. 1. DOI: 10.3390/molecules24010074.
11. Gasparetto JC., Smolarek FSF., De Francisco TMG., Miranda LC., Pontarolo R., Siqueira PF. Development and validation of an HPLC-DAD method for analysis of the six major isoflavones in extracts from soybean processing. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2012; vol. 89, no. 7, pp. 1211–1222. DOI: 10.1007/s11746-012-2030-1.
12. Gerliani N., Hammami R., Aider M. Extraction of protein and carbohydrates from soybean meal using acidic and alkaline solutions produced by electro-activation. *Food Science and Nutrition*, 2020; vol. 8, no. 2, pp. 1125–1138. DOI: 10.1002/fsn3.1399.
13. Guan X., Wang Q., Lin B., Sun M., Zheng Q., Huang J., Lai G. Structural characterization of a soluble polysaccharide SSPS1 from soy whey and its immunoregulatory activity in macrophages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022; vol. 217, no. July, pp. 131–141. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.043.
14. Karp SG., Woiciechowski AL., Letti LAJ., Soccol CR. Bioethanol from soybean molasses. *Green Energy and Technology*, 2016; vol. 0, pp. 241–254. DOI: 10.1007/978-3-319-30205-8\_10.
15. Knudsen D., Urán P., Arnous A., Koppe W., Frøkiær H. Saponin-containing subfractions of soybean molasses induce enteritis in the distal intestine of Atlantic salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007; vol. 55, no. 6, pp. 2261–2267. DOI: 10.1021/jf0626967.
16. Liu W., Wu Z., Wang Y., Li R., Huang D. Isolation of soy whey proteins from isoflavones in the concentrated solution using foam fractionation. *Separation and Purification Technology*, 2015; vol. 149, pp. 31–37. DOI: 10.1016/j.seppur.2015.05.010.
17. Liu W., Wu ZL., Wang YJ., Li R., Yin NN., Jiang JX. Separation of isoflavone aglycones using chitosan microspheres from soy whey wastewater after foam fractionation and acidic hydrolysis. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2015; vol. 25, pp. 138–144. DOI: 10.1016/j.jiec.2014.10.024.
18. Liu W., Zhang HX., Wu ZL., Wang YJ., Wang LJ. Recovery of isoflavone aglycones from soy whey wastewater using foam fractionation and acidic hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013; vol. 61, no. 30, pp. 7366–7372. DOI: 10.1021/jf401693m.
19. Lummaetee K., Ku HM., Wongrat W., Elkamel A. Optimization of supercritical fluid extraction of isoflavone from soybean meal. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2017; vol. 95, no. 6, pp. 1141–1149. DOI: 10.1002/cjce.22786.
20. Maitan-Alfenas GP., Lorena LG., De Almeida MN., Visser EM., De Rezende ST., Guimarães VM. Hydrolysis of soybean isoflavones by *Debaryomyces hansenii* UFV-1 immobilised cells and free  $\beta$ -glucosidase. *Food Chemistry*, 2014; vol. 146, pp. 429–436. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.099.
21. Mashayekh F., Pourahmad R., Eshaghi MR., Akbari-Adergani B. Isolation and Evaluation of Bioactive Properties of Peptides Derived from Enzymatic Hydrolysis of Soy whey. *Journal of food science and technology (Iran)*, 2022; vol. 19, no. 125, pp. 329–343. DOI: 10.22034/FSCT.19.125.329.
22. Paiva A., Craveiro R., Aroso I., Martins M., Reis RL., Duarte ARC. Natural deep eutectic solvents - Solvents for the 21st century. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2014; vol. 2, no. 5, pp. 1063–1071. DOI: 10.1021/sc500096j.
23. Shi Y., Kong X., Zhang C., Chen Y., Hua Y. Adsorption of soy isoflavones by activated carbon: Kinetics, thermodynamics and influence of soy oligosaccharides. *Chemical Engineering Journal*, 2013; vol. 215–216, pp. 113–121. DOI: 10.1016/j.cej.2012.10.100.
24. Siqueira PF., Karp SG., Carvalho JC., Sturm W., Rodríguez-León JA., Tholozan JL., Singhania RR., Pandey A., Soccol CR. Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae* at laboratory, pilot and industrial scales. *Bioresource Technology*, 2008; vol. 99, pp. 8156–8163. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.03.037.
25. Slesarev GP., Glukhareva T V., Duru KC., Shevyrin VA., Lyubyakina PN., Kovaleva EG. Comparative study of extraction of soy molasses isoflavones and in vivo bioconversion of daidzein into s-equol in rats models. *Agronomy Research*, 2021; vol. 19, no. Special Issue 2, pp. 1167–1178. DOI: 10.15159/AR.21.056.

26. Zhang Y., Zhang Y., Ying Z., Li W., Li H., Liu X. Trypsin Inhibitor from Soybean Whey Wastewater: Isolation, Purification and Stability. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2022; vol. 12, no. 19. DOI: 10.3390/app121910084.

***Информация об авторах***

**Слесарев Григорий Павлович**, аспирант кафедры «Технологии органического синтеза», Химико-технологический институт, инженер-исследователь, Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, grigory.slesarev@urfu.ru

**Ковалева Елена Германовна**, кандидат химических наук, профессор кафедры «Технологии органического синтеза», Химико-технологический институт, Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, e.g.kovaleva@urfu.ru

***Information about the authors***

**Grigory P. Slesarev**, PhD student of the Department of Organic Synthesis Technologies, Institute of Chemical Engineering, Engineer Researcher, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, grigory.slesarev@urfu.ru

**Elena G. Kovaleva**, Candidate of Chemical Sciences, Professor of the Department of Organic Synthesis Technologies, Institute of Chemical Engineering, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia, e.g.kovaleva@urfu.ru

***Статья поступила в редакцию 27.10.2022***

***The article was submitted 27.10.2022***