

продуктов / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев // Катализ в промышленности. – 2024. – Т. 23. – № 1. – С. 37-55.

3. Amezquita-Valencia, M. PdI₂-Catalyzed regioselective cyclocarbonylation of 2-allyl phenols to dihydrocoumarins / M. Amezquita-Valencia, H. Alper // Organic Letters. – 2014. – V. 16. – P. 5827-5829.

4. Sevostyanova, N.T. One-pot esters synthesis from secondary alcohols and CO catalyzed by Pd-phosphine systems / N.T. Sevostyanova, S.A. Batashev, A.S. Rodionova, D.K. Kozlenko // Tetrahedron. – 2023. – V. 146. – 133653.

5. Севостьянова, Н.Т. Влияние гексанола-2 и метанола на совмещенный процесс дегидратации и алкоксикарбонилирования для синтеза сложных эфиров / Н.Т. Севостьянова, С.А. Баташев, А.С. Родионова, Д.К. Козленко // Тонкие химические технологии. – 2024. – Т. 19. – № 3. – С. 192-201.

УДК 577.1; 577.112; 577.127; 581.5; 637.1; 602.3:633/635

А.А. Сисько, И.А. Щедрин, В.П. Курченко

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

ЭКСТРАКЦИЯ БАВ ИЗ КОЖУРЫ ФИСТАШКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВ МОЛОКА И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

***Аннотация.** С использованием этилового спирта и водных растворов β-циклодекстрина, концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ и гидролизата КСБ экстрагированы биологически активные вещества из кожуры фисташки. С использованием ГХ-МС определен их состав и содержание в полученных экстрактах. Показана различная эффективность экстракции БАВ.*

A.A. Sisko, I.A. Shchedrin, V.P. Kurchenko

Belarusian State University
Minsk, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF EXTRACTION OF BAS FROM PISTACHIO PEEL USING VARIOUS EXTRACTANTS

Abstract. Using ethyl alcohol and aqueous solutions of β -cyclodextrin, whey protein concentrate (WPC), heat-denatured WPC and WPC hydrolysate, biologically active substances were extracted from pistachio peel. Using GC-MS, their composition and content in the obtained extracts were determined. Different efficiency of BAS extraction was shown.

Настоящая фисташка (*Pistacia vera*) - широко известное и ценившееся ещё в древности растение, источник съедобных плодов, дубильных продуктов, смолы, древесины. В плодах фисташки находится много полезных биологически активных веществ. Это, например, витамины (А, В1, В2 и т. д.), минералы (Са, Fe, Mg и т. д.), незаменимые аминокислоты (триптофан, фенилаланин, изолейцин и т. д.), углеводы (крахмал, сахароза) и др. Однако, не только в плодах фисташки содержатся биологически активные вещества, но и в её кожуре. Кожура фисташек - побочный продукт переработки фисташек, получивший признание благодаря своей универсальности в качестве биомассы. Этот материал, ранее считавшийся отходами, теперь используется различными способами, принося значительную пользу. Для экстракции БАВ из кожуры фисташки можно использовать различные экстрагенты. Повысить эффективность экстракции можно путем использования ЦД, который эффективно связывает гидрофобные вещества; КСБ, в состав которых входят белки, способные связывать гидрофильные и гидрофобные вещества; термоденатурированные белки КСБ, у которых повышена способность связывать гидрофобные вещества; а также ферментативный гидролизат КСБ, который содержит полярные пептиды, способные связывать гидрофильные вещества. Такие экстракты, обогащенные БАВ из кожуры фисташки, могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания [1-3].

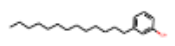
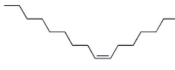
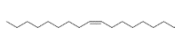
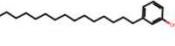
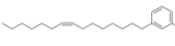
Цель работы. Получение экстрактов биологически активных веществ из кожуры фисташки (КФ) с использованием: этилового спирта, β -циклодекстрина (ЦД), концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ (ТКСБ), гидролизата КСБ (ГКСБ) и исследование их состава с использованием ГХ-МС.

Для проведения экстракции готовились навески КФ, к которой добавлялся экстрагент в соотношении 1:10. Экстрагирование проводили при 45 °С 24 часа. В качестве экстрагента использовали 1 % водные растворы: ЦД, КСБ, ТКСБ термоденатурированный при 85°С 35 мин и ГКСБ. Полученные экстракты лиофильно высушивали. К лиофильно высушенному образцу добавляем метанол для экстракции БАВ (1:10). Полученный метанольный экстракт фильтруем через фильтр 0,45 мкм. ГХ-МС анализ экстрактов из КФ был проведен на

газовом хроматографе Agilent 6850 с масс-селективным детектором Agilent 5975B. В таблице представлены результаты состава и содержания биологически активных веществ, полученных в результате экстракции водными растворами различных экстрагентов.

Таблица - Состав и содержание основных биологически активных веществ, экстрагированных из кожуры фисташки этанолом, ЦД, КСБ, ТКСБ, ГКСБ по результатам ГХ-МС анализа.

Время удержания	Вещество, молекулярная формула, MM, CAS	Структурная формула	Относительное содержание вещества в экстракте, %				
			EtOH	ЦД, 1,0%	КСБ, 1,0%	ТКСБ, 1,0%	ГКСБ, 1,0%
6.52	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- CAS: 028564-83-2 C ₆ H ₈ O ₄ MM: 144		н.д.	н.д.	6.5	3.5	н.д.
6.77	N-Methylpyrrole-2-carboxylic acid CAS: 006973-60-0 C ₆ H ₇ NO ₂ MM:125		н.д.	3.6	н.д.	н.д.	7.8
7.10	Catechol CAS: 000120-80-9 C ₆ H ₆ O ₂ MM: 110		н.д.	22.3	16.1	н.д.	35.3
7.76	Nonanoic acid CAS: 000112-05-0 C ₉ H ₁₈ O ₂ MM:158		н.д.	2.4	н.д.	н.д.	3.0
8.69	Hydrocinnamic acid CAS: 000501-52-0 C ₉ H ₁₀ O ₂ MM: 150		н.д.	н.д.	н.д.	15.3	н.д.
8.78	n-Decanoic acid CAS: 000334-48-5 C ₁₀ H ₂₀ O ₂ MM: 172		н.д.	н.д.	2.2	1.6	н.д.
9.04	1,2,3-Benzenetriol CAS: 000087-66-1 C ₆ H ₆ O ₃ MM: 126		н.д.	н.д.	8.0	2.7	н.д.
9.75	l-[-]-4-Hydroxy-1-methylproline CAS: 1000251-00-7 C ₆ H ₁₁ NO ₃ MM:145		н.д.	30.4	н.д.	н.д.	4.7
10.10	4-Amino-4,5(1H)-dihydro-1,2,4-triazole-5-one CAS: 001003-23-2		н.д.	н.д.	18.4	н.д.	н.д.

16.14	3-Tridecylphenol CAS: 072424-02-3 C ₁₉ H ₃₂ O MM: 276		41.5	0.8	н.д.	н.д.	1.7
16.57	9-Octadecenamide CAS: 003322-62-1 C ₁₈ H ₃₅ NO MM:281		н.д.	1.6	н.д.	н.д.	н.д.
16.58	9-Octadecenamide, CAS: 000301-02-0 C ₁₈ H ₃₅ NO MM: 281		1.1	н.д.	1.5	0.4	0.4
17.42	Phenol, 3-pentadecyl- CAS: 000501-24-6 C ₂₁ H ₃₆ O MM: 304		11.9	н.д.	0.4	0.3	н.д.
18.72	(Z)-3-(pentadec-8-en-1-yl)phenol CAS: 000501-26-8 C ₂₁ H ₃₄ O MM:302		24.4	н.д.	н.д.	0.6	0.8
Общее содержание алифатических соединений, %			30,4	13,4	13,8	9,2	8,3
Общее содержание циклических соединений, %			42,1	60,2	60,2	68,4	51,9

Сравнительный анализ эффективности экстракции БАВ из КФ, представленный в таблице, показал значительное различие использования 1% растворов ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ по отношению к спиртовому экстракту. За счет образования комплекса включения ЦД с фенольными соединениями и ненасыщенными жирными кислотами в полученном экстракте значительно увеличивается их содержание, в сравнении со спиртовым экстрактом. Водный раствор КСБ экстрагировал преимущественно фенольные соединения, при этом выход жирных ненасыщенных кислот значительно снижался. Благодаря повышенной гидрофобности ТКСБ возрастала экстракция из КФ насыщенных жирных кислот, но снижалось содержание в полученном экстракте содержание ненасыщенных жирных кислот, азотсодержащих соединений и других веществ. Использование 1% водного раствора ГКСБ, в качестве полярного экстрагента показало его способность увеличивать выход из КФ только полярных фенольных соединений. При этом, экстракция гидрофобных соединений, таких как жирные кислоты, азотсодержащие соединения и другие вещества была мало эффективна.

Проведенное исследование показало, что использование водных растворов белков сыворотки молока и их производных позволяет получить экстракты биологически активных веществ из КФ, которые могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания.

Список использованных источников

1. Halavach, T.M. et.al. (2021). Antimutagenic and antibacterial activity of β -cyclodextrin clathrates with extensive hydrolysates of colostrum and whey / Biointerface Research in Applied Chemistry, 11(2), pp. 8626–8638.
2. Halavach, T.M. et.al. (2020). Biologically active properties of hydrolysed and fermented milk proteins / The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 9(4), pp. 714–720.
3. Görgüç, A., Gençdağ, E., Yılmaz M. (2020). Bioactive peptides derived from plant origin by-products: biological activities and technological utilizations in food developments – a review / Food Research International, 136(109504), pp. 1–45.

УДК 621.798

А.Д. Скридловская, П.С. Кулинич

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

УМНАЯ УПАКОВКА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА

***Аннотация.** В данной работе рассмотрена роль введения умной упаковки на рынок. Выполнен анализ различных технологий для повышения конкурентоспособности. Подробно рассмотрены виды индикаторов вскрытия упаковки, а также путём опроса выявлен наиболее эффективный и удобный вариант контроля вскрытия умной упаковки.*

A.D. Skridlevskaya, P.S. Kulinich

Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

SMART PACKAGING. USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES TO INCREASE COMPETITIVENESS AND IMPROVE USER EXPERIENCE