

Таким образом, новый магнитный сорбент на основе фумарата алюминия демонстрирует высокую скорость адсорбции в сочетании с большой емкостью в отношении красителя конго красного. Адсорбированный на композите $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Al-fum}$ конго красный легко смывается ацетоном, что может быть использовано для выделения красителя из кубовых смесей и регенерации адсорбента.

Список использованных источников

1. Mohammadnejad, M., Alizadeh, S. $\text{MnFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$, MOF magnetic composite, as a novel sorbent for efficient dye removal: fabrication, characterization and isotherm studies. *Sci. Rep.* 14, 9048 (2024). doi: 10.1038/s41598-024-59727-8.
2. Gupta, V.K., Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal - a review. *J. Environ. Manage.* 90 (8), 2313-2342 (2009). doi:10.1016/j.jenvman.2008.11.017.
3. Qi, Z. P., Yang, J. M., Kang, Y. S., Guo, F. & Sun, W. Y. Facile water-stability evaluation of metal-organic frameworks and the property of selective removal of dyes from aqueous solution. *Dalt. Trans.* 45 (21), 8753–8759 (2016). doi: 10.1039/c6dt00886k.

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

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

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ БАВ ИЗ МЯКОТИ ПЛОДОВ БАОБАБА (*ADANSONIA DIGITATA L.*)

Аннотация. Из мякоти плодов баобаба экстрагированы БАВ этиловым спиртом и водными растворами β -циклодекстрина, концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ и гидролизата КСБ. С использованием ГХ-МС определен их состав и содержание в экстрактах. Показана различная эффективность экстракции жирных кислот, фенольных и азотсодержащих соединений в зависимости от использованного экстрагента.

THE EFFECT OF EXTRACTANTS ON THE COMPOSITION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF EXTRACTS FROM THE PULP OF BAOBAB FRUITS (*ADANSONIA DIGITATA L.*)

Abstract. *BAS were extracted from the pulp of baobab fruits with ethyl alcohol and aqueous solutions of β -cyclodextrin, whey protein concentrate (WPC), heat-denatured WPC and WPC hydrolysate. Their composition and content in the extracts were determined using GC-MS. Different extraction efficiencies of fatty acids, phenolic and nitrogen-containing compounds were shown depending on the extractant used.*

Баобаб называют суперфруктом. Сегодня это одно из наиболее популярных дополнений к здоровой пище, которое делает ее еще более полезной. Такой положительной репутации баобаба способствует его состав, в который входят большое количество антиоксидантов, кальция и витамина С. В состав мякоти плодов баобаба входят аминокислоты: аргинин, валин, глютаминовая кислота, изолейцин, гистидин, лизин, лейцин, метионин, пролин, треонин, тироксин, триптофан, цистеин. Минералы в составе порошка баобаба: железо, кальций, калий, марганец, магний, натрий, фосфор, цинк. Витамины, которыми богат баобаб: каротин, В1, В2, В6, РР, С. Кроме этого, в плодах содержится: глюкоза, крахмал, мальтоза, сахароза, полисахариды, фруктоза. В африканской традиционной медицине мякоть плодов баобаба используется как жаропонижающее, противодизентерийное, потогонное, иммуностимулирующее, противовоспалительное, обезболивающее и пробиотическое средство. Мякоть обладает многочисленными лечебными свойствами, такими как антиоксидантная активность, гепатопротекторный эффект, кардиопротекторный эффект и антидиабетический и антихолестериновый потенциал [1 - 4].

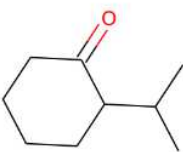
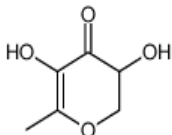
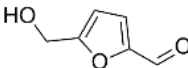
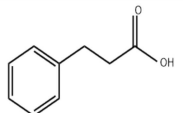
Цель работы. Получение экстрактов биологически активных веществ из мякоти плодов баобаба (МПБ) с использованием: этилового спирта и водных растворов β -циклодекстрина (ЦД), концентрата сывороточных белков (КСБ), термоденатурированного КСБ (ТКСБ) и гидролизата КСБ (ГКСБ).

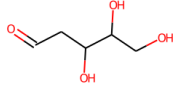
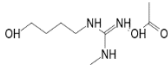
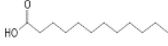
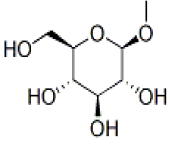
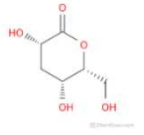
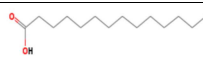
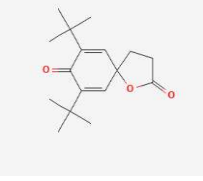
Для приготовления экстрактов к 1,5 г мякоти плодов баобаба добавляли 40 мл экстрагента: этилового спирта, ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ в концентрации 1,0%. Экстрагировали при 45°C 2 часа. Полученные экстракты лиофильно высушивали. К лиофильно

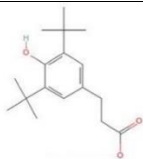
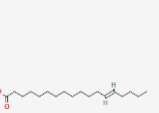
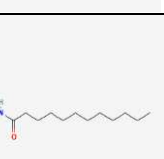
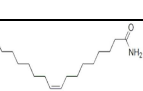
высушенному образцу добавляли метанол для экстракции БАВ (1:10). Полученный метанольный экстракт фильтровали через фильтр 0,45 мкм. Состав и содержание БАВ исследовали с использованием ГХ-МС анализа.

Использование в качестве экстрагентов БАВ из МПБ водных растворов ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ показало их различную эффективности в связывании жирных кислот, фенольных и азотсодержащих соединений. В таблице представлены результаты анализа основных веществ из состава БАВ, полученных с использованием одинаковых концентратов экстрагентов.

Таблица – Состав и содержание основных биологически активных веществ, экстрагированных из мякоти плодов баобаба этанолом, ЦД, КСБ, ТКСБ, ГКСБ по результатам ГХ-МС анализа, мкг/мл

Время удержания, мин	Вещество, CAS, молекулярная формула, молекулярная масса	Стр. Формула	EtOH, мкг/мл	ЦД 1%, мкг/мл	КСБ 1%, мкг/мл	ТКСБ 1%, мкг/мл	ГКСБ 1%, мкг/мл
5.352	Cyclohexanone, 2-(1-methylethyl)-, 001004-77-9 C₉H₁₆O , 140.22		н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	7.34
6.541	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-, 028564-83-2, C ₆ H ₈ O ₄ , 144.125		12.86	12.72	16.08	8.49	17.33
7.441	5-Hydroxymethylfurfural, 000067-47-0, C ₆ H ₆ O ₃ , 126.110		4.90	15.61	н.д.	н.д.	н.д.
8.521	Hydrocinnamic acid, 000501-52-0, C ₉ H ₁₀ O ₂ , 150.174		1.65	н.д.	н.д.	22.75	н.д.

9.723	D-erythro-Pentose, 2-deoxy-, 000533-67-5, C5H10O4 , 134.13		н.д.	н.д.	15.66	н.д.	н.д.
9.785	N1-(4-hydroxybutyl)-N3-methylguanidine acetate, 1000188-13-5, C8H19N3O3, 205.26		12.31	13.63	н.д.	н.д.	н.д.
10.645	Dodecanoic acid, 000143-07-7, C12H24O2, 200.32		1.17	н.д.	0.79	1.27	н.д.
10.899	.beta.-D-Glucopyranoside, methyl, 000709-50-2, C7H14O6 , 194.18		н.д.	н.д.	2.99	1.48	н.д.
11.119	3-Deoxy-d-mannoic lactone, 1000127-87-1, C6H10O5, 162.1406		н.д.	5.70	7.86	2.56	3.08
12.329	Tetradecanoic acid, 000544-63-8, C14H28O2, 229.364		1.88	0.84	0.46	3.64	0.89
13.587	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione, 082304-66-3, C17H24O3, 276.4		2.43	2.27	1.69	1.51	2.20
13.862	n-Hexadecanoic acid, 000057-10-3, C16H32O2, 256.4241		7.78	3.64	3.72	11.79	3.48

14.075	3,5-di-tert-Butyl-4hydroxyphenylpropionic acid, 020170-32-5, $C_{17}H_{26}O_3$, 278.4		1.33	0.97	0.81	1.38	0.99
15.250	Octadecanoic acid, 000057-11-4, $C_{18}H_{36}O_2$, 284.5		1.87	н.д.	0.44	2.64	0.50
16.357	Ricinoleic acid, 000141-22-0, $C_{18}H_{34}O_3$, 298.461		0.24	0.91	н.д.	0.21	0.71
16.577	9-Octadecene amide, (Z)-, 000301-02-0, $C_{31}H_{61}NO$, 463.8		7.72	11.56	8.19	2.08	1.38
Общее содержание алифатических соединителей, %			32,97	30,67	29,26	21,63	6,96
Общее содержание циклических соединений,%			23,17	32,27	29,43	38,17	35,04

Сравнительный анализ эффективности экстракции БАВ из МПБ, представленный в таблице, показал значительное различие использования 1% раствора ЦД, КСБ, ТКСБ и ГКСБ по отношению к спиртовому экстракту. Использование органических экстрагентов: этанола или этилацетата, позволяет получить из МПБ экстракт, содержащий большой спектр БАВ, которые проявляют различную биологическую активность. Вместе с тем, в пищевых технологиях использование в качестве экстрагента этилового спирта нецелесообразно. Для экстракции биологически активных веществ из плодов баобаба могут быть использованы водные растворы белков сыворотки молока и их производные, а также циклодекстрин. 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. Полученный экстракт может применяться в качестве биологической добавки. Применение водного раствора КСБ создает преимущество в экстрагировании фенольных соединений, при этом выход жирных ненасыщенных кислот значительно снижался. Такой

молочный продукт, обогащенный фенольными соединениями из МПБ может использоваться в качестве функционального напитка. При термической денатурации КСБ белки, входящие в его состав, приобретают гидрофобные свойства и способны связывать гидрофобные соединения. Благодаря этому ТКСБ увеличивает экстракцию из МПБ насыщенных жирных кислот и других соединений, что позволяет его использовать в качестве обогащенного молочного напитка. Гидролизат КСБ содержит низкомолекулярные пептиды, которые проявляют гипоаллергенные, антиоксидантные, антимутагенные и другие свойства. Его использование в качестве экстрагента БАВ из МПБ позволяет значительно увеличить его антиоксидантные свойства, за счет увеличения содержания полярных фенольных соединений. Таким образом, использование водных растворов белков молока позволяет получить экстракты биологически активных веществ из МПБ, которые могут быть использованы в качестве функциональных продуктов питания.

Список использованных источников

1. Datsugwai, M.S. & Yusuf, A.S., (2017) Phytochemical analysis and antimicrobial activity of baobab (*Adansonia digitata*) leaves and stem bark extracts on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* / Journal of BioScience and Biotechnology, 6(1), 9–16.
2. Abdallah, M. & Ali, M., (2018) Antibacterial activity of leaf and stem bark extracts of *Adansonia digitata* against *Escherichia coli* and *Salmonella typhi* grown in Potiskum, Yobe State, Nigeria/ Annals of Microbiology and Infectious Diseases, 1(4), 1–7.
3. Lisao, K., Geldenhuys, C.J. & Chirwa, P.W., (2017) Traditional uses and local perspectives on baobab (*Adansonia digitata*) population structure by selected ethnic groups in northern Namibia / South African Journal of Botany, 113, 449–456. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.09.014>