

# Наукометрическая характеристика публикационной активности авторов по использованию твердофазной экстракции при анализе стероидных сапонинов и сапогенинов (обзор)

А.Е. Суханов<sup>1</sup>, А.Н. Ставрианиди<sup>2</sup>, И.А. Крылов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет

Министерства здравоохранения Российской Федерации,

Российская Федерация, 163000, Архангельск, пр. Троицкий, д. 51;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,

Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Суханов Антон Евгеньевич** – доцент, доцент кафедры фармакологии и фармации, ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России. Тел.: +7 (921) 476-06-87. E-mail: docpharmanton@hotmail.com. *ORCID: 0000-0002-6214-307X*

**Ставрианиди Андрей Николаевич** – доцент, доцент кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова Правительства России. Тел.: +7 (903) 149-26-57. E-mail: stavrianidi.andrey@gmail.com. *ORCID: 0000-0003-2848-6535*

**Крылов Илья Альбертович** – доцент, заведующий кафедрой фармакологии и фармации, ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава России. Тел.: +7 (902) 194-54-54. E-mail: krylov.ilya@mail.ru. *ORCID: 0000-0003-3042-4229*.

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** В обзоре рассматриваются вопросы очистки экстрактов от балластных соединений на этапах пробоподготовки при анализе на стероидные сапонины и сапогенины. Основное внимание уделяется методам твердофазной экстракции растительных экстрактов для концентрирования стероидных сапонинов и сапогенинов и удаления балластных соединений из экстрактов для последующего точного химического анализа. Кроме того, этот обзор направлен на развитие методологического мышления исследователей по выбору способа твердофазной экстракции стероидных сапонинов и их генинов.

**Цель исследования:** дать наукометрическую оценку публикационной активности авторов на предмет использования системы твердофазной экстракции Phenomenex на этапе пробоподготовки при анализе растительных экстрактов на стероидные сапонины и сапогенины.

**Материал и методы.** Выполнено обзорно-аналитическое исследование политематической реферативно-библиографической наукометрической база данных Web of Science на предмет наличия статей, опубликованных с 1988 по 2021 гг.

**Результаты.** В базах данных Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index приведены фактически 7 методик твердофазной экстракции стероидных сапонинов и стероидных сапогенинов с указанием реагентов на каждом этапе, одна из которых содержит сведения только об элюирующем реагенте на финальном этапе. В приведенных методиках не прослеживается единой концепции и научного обоснования использования того или иного реагента.

**Заключение.** Нами проведен наукометрический анализ на предмет публикационной активности авторов по использованию твердофазной экстракции растительных экстрактов при фитохимических исследованиях стероидных сапонинов и стероидных сапогенинов в базах данных Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index за все время индексации. Только 7 статей в различных журналах имеют полное или частичное описание методики с указанием названия колонки, типа сорбента, условий кондиционирования, уравнивания, промывания, внесения анализируемого раствора и элюирования веществ.

**Ключевые слова:** стероидные сапонины, стероидные сапогенины, твердофазная экстракция, коэффициент ионизации, коэффициент липофильности.

**Для цитирования:** Суханов А.Е., Ставрианиди А.Н., Крылов И.А. Наукометрическая характеристика публикационной активности авторов по использованию твердофазной экстракции при анализе стероидных сапонинов и сапогенинов (обзор). Фармация, 2022; 71 (6): 5–11. <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-06-01>

SCIENTOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE AUTHORS' PUBLICATION ACTIVITY ON THE USE OF SOLID-PHASE EXTRACTION IN THE ANALYSIS OF STEROID SAPONINS AND SAPOGENINS: A REVIEW

A.E. Sukhanov<sup>1</sup>, A.N. Stavriani<sup>2</sup>, I.A. Krylov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Northern State Medical University Ministry of Health of the Russian Federation, 51, Troitskiy Ave., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;

<sup>2</sup>"Lomonosov Moscow State University" of the Russian Federation, Leninskie Gory 1, Moscow, 119991, Russian Federation

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sukhanov Anton Evgenievich** – associate professor, associate professor at the Department of pharmacology and pharmacy Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Tel.: +7 (921) 476-06-87. E-mail: docpharmanton@hotmail.com. *ORCID: 0000-0002-6214-307X*

**Stavriani Andrei Nikolaevich** – associate professor, associate professor at the Department of analytical chemistry at the Lomonosov Moscow State University, Government of the Russian Federation. Tel.: +7 (903) 149-26-57. E-mail: stavriani.andrey@gmail.com. *ORCID: 0000-0003-2848-6535*

**Krylov Ilya Albertovich** – associate professor, head of the Department of pharmacology and pharmacy Northern State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Tel.: +7 (902) 194-54-54. E-mail: krylov.ilya@mail.ru. *ORCID: 0000-0003-3042-4229*

SUMMARY

**Introduction.** This review deals with the purification of extracts from ballast compounds at the stages of sample preparation in the analysis for steroid saponins and sapogenins. The focus is on solid-phase extraction methods of plant extracts for concentrating steroid saponins and sapogenins and removing ballast compounds from extracts for subsequent accurate chemical analysis. In addition, this review aims to develop the methodological thinking of researchers in selecting a method for solid-phase extraction of steroidal saponins and their genins.

**Objective:** To give a scientometric evaluation of the authors' publication activity on the use of the Phenomenex solid-phase extraction system at the sample preparation stage in the analysis of plant extracts for steroid saponins and sapogenins.

**Material and methods.** A review-analytical study of the Web of Science multidisciplinary abstract-bibliographic database, articles published in 1988-2021, was carried out.

**Results.** Actually, 7 methods of solid-phase extraction of steroidal saponins and steroidal sapogenins were listed in the databases "Web of Science core collection", "KCI-Korean journal database", "Medline", "SciELO citation index"; one of the methods contains information only on the elution reagent at the final stage. A unified concept and scientific rationale for the use of a particular reagent is not evident in the above methods.

**Conclusion.** We have conducted a scientometric analysis of the authors' publication activity on the use of solid-phase extraction of plant extracts in phytochemical studies of steroid saponins and steroid sapogenins in the databases "Web of Science core collection", "KCI-Korean journal database", "Medline", "SciELO citation index" over the entire period of indexing. Only seven articles in various journals have either full or partial description of the technique with the name of the column, type of sorbent, conditions of conditioning, equilibration, washing, introduction of the analyzed solution, and elution of substances.

**Key words:** steroidal saponins, steroidal sapogenins, solid-phase extraction, ionization coefficient, lipophilicity coefficient.

**For reference:** Sukhanov A.E., Stavriani A.N., Krylov I.A. Scientometric characteristics of the authors' publication activity on the use of solid-phase extraction in the analysis of steroid saponins and sapogenins: a review. *Farmatsiya*, 2022; 71 (6): 5–11. <https://doi.org/10.29296/25419218-2022-06-01>

Введение

Была проанализирована политематическая реферативно-библиографическая наукометрическая база данных Web of Science.

Целью исследования явился анализ публикационной активности авторов на предмет использования твердофазной экстракции (далее – ТФЭ) на этапах пробоподготовки с целью очистки от балластных соединений растительных экстрактов, концентрирования аналитов было использовано ключевое словосочетание «solid phase extraction steroidal saponin».

Материал и методы

В качестве объектов исследования использовали индексированные научно-практические статьи и обзоры политематической рефератив-

но-библиографической наукометрической базы данных Web of Science, опубликованных с 1988 по 2021 гг.

С целью более точного и релевантного поиска уникальных записей по использованию ТФЭ при анализе сапонинов и сапогенинов поиск осуществлялся по всем типам изданий в базах данных Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index.

В закладке «документы» использовали несколько поисковых фильтров: все года публикаций, за исключением 2022 г., тема «solid phase extraction steroidal saponin». Для уточнения результатов поиска использовали базовые фильтры по параметрам «год публикаций» – с 1988 по 2021, тип документов: «articles», «review articles», «early access», «proceeding papers», «book chapters», все

категории «Web of Science», все авторы, все аффилированные научные организации, все источники – названия журналов, все издательские организации.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенного анализа на странице «Результаты» политематической реферативно-библиографической наукометрической базы данных Web of Science найдено и отображено 19 результатов поиска в выше названных базах данных. Согласно ключевому словосочетанию «solid phase extraction steroidal saponin» с применением фильтров релевантного поиска динамика публикационной активности авторов от года к году увеличивается (рис. 1).

Как видно из рис. 1, авторский интерес к использованию в химических анализах системы ТФЭ, и, соответственно, появление публикаций начался в 2001 г. Была индексирована 1 авторская публикация. С 2005 по 2007 гг. не было индексировано ни одной публикации в базе данных. В дальнейшем наблюдался скачкообразный незначительный рост публикационной активности авторов. Отчетливый рост публикационной активности авторов начал увеличиваться с 2014 г., и достиг максимума в 2018–2019 годах, имевших по 3 индексированные авторские работы. Затем авторский интерес к использованию ТФЭ стероидных сапонинов упал до 1 публикации в 2020–2021 гг.

В динамике изучаемого периода с 2001 по 2021 г. наибольшее количество публикаций приходилось на тип документа – «articles» – 15 (78,95%), второе место по публикационной активности типов документов принадлежит «review articles» – 4 (21,05%).

При изучении публикационной активности авторов по ТФЭ стероидных сапонинов проводился анализ категорий баз данных Web of Science. По количеству публикаций первое место принадлежит категории «chemistry analytical» – 8 публикаций, второе место принадлежит категории «pharmacology pharmacy» – 5 публикаций, на третьем месте категория «biochemical research methods» – 4 публикации и т.д.

Наибольшую публикационную активность имеют три автора Khan K.M., Mannan A., Sarker S.D. – 3 публикации [2–4], второе место делят также три автора Khan G.A., Liu L., Nahar L. по 2 публикации [3, 5], третье место (по 1 публикации) – все остальные авторы данной категории.

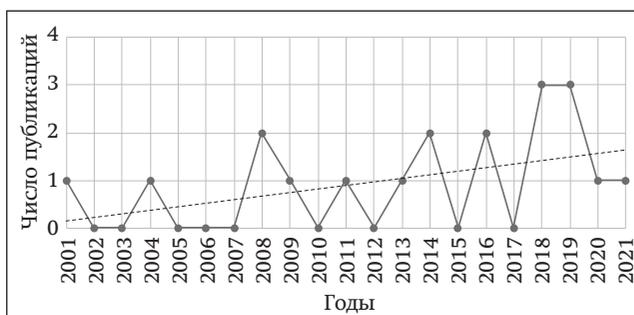
В период с 2001 по 2021 гг. динамика публикационной активности высших учебных и иссле-

довательских университетов мира выглядит следующим образом: первое место делят «Comsats University Islamabad Cui» и «Liverpool John Moores University» – по 3 публикации, второе место делят «Drug regulatory author» и «University of veterinary animal science Pakistan» – по 2 статьи, и по 1 статье – оставшиеся 32 университета.

Нами проанализированы также источники публикаций – журнальные статьи. Первое место занимает «Journal of separation science» – 3 публикации, второе место занимают два издания «Biomedical chromatography» и «Natural product research» – по 2 публикации, остальные издания имеют по 1 публикации.

Результаты анализа публикационной активности авторов по ранжированному количеству цитирований представлены в табл. 1.

Анализируя данные по наиболее цитируемым работам, отображенные в табл. 1 и найденные по ключевому словосочетанию «solid phase extraction steroidal saponin» в научных базах Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index можно сделать вывод о том, что в указанных журналах наибольшее предпочтение авторами отдавалось определению нескольких индивидуальных соединений, относящихся к разным классам соединений, например, стероидные сапонины и стероидные сапогенины, стероидные сапонины и флавоноиды, стероидные сапогенины и флавоноиды. Однако при поисковом запросе «solid phase extraction steroidal saponin» в научных базах Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index система выдала ошибочный результат по ТФЭ тритерпеновых сапонинов и тритерпеновых



**Рис. 1.** Динамика публикационной активности авторов по поисковому запросу «solid phase extraction steroidal saponin» в базах данных Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index  
**Fig. 1.** Dynamics of authors' publication activity according to the search query "solid phase extraction steroidal saponin" in Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index

**Наиболее цитируемые журнальные статьи по ключевому словосочетанию «solid phase extraction steroidal saponin» (с 2001 по 2021 календарные года). Данные ранжированы в сторону уменьшения по количеству цитирований**

Table 1

**Most cited journal articles by the keyword combination "solid phase extraction steroidal saponin" (calendar years 2001 to 2021). Data are ranked downward by the number of citations**

Авторы статьи	Название статьи	Год опубликования	Количество цитирований	Определяемые целевые соединения
C.Y. Cheok et al. [1]	Extraction and quantification of saponins: a review	2014	181	Total steroidal saponins and steroidal saponinins
R.A. Moreau et al. [6]	Phytosterols and their derivatives: Structural diversity, distribution, metabolism, analysis, and health-promoting uses	2018	118	Acylated steryl glycoside, brassinolide, brassinosteroid
L.W. Qi et al. [7]	Metabolism of ginseng and its interactions with drugs	2011	72	Derivates of protopanaxadiol (ginsenosides Ra3, Rb1, Rd, Rg3, and Rh2); Derivates of protopanaxatriol (ginsenosides Rg1, Re, Rh1, and R1)
M. Sandvoss et al. [8]	Combination of matrix solid-phase dispersion extraction and direct on-line liquid chromatography-nuclear magnetic resonance spectroscopy-tandem mass spectrometry as a new efficient approach for the rapid screening of natural products: Application to the total asterosaponin fraction of the starfish <i>Asterias rubens</i>	2001	58	Derivates of asterosaponins
C.H. Ma et al. [9]	Identification of major xanthenes and steroidal saponins in rat urine by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry technology following oral administration of <i>Rhizoma Anemarrhenae</i> decoction	2008	37	Mangiferin, neomangiferin, timosaponin, timosaponin A2, A3, E1, N, B2, B3, C. <i>Anemarrhenasaponin</i>
J.T. Lin et al. [10]	Determination of steroidal saponins in different organs of yam ( <i>Dioscorea pseudojaponica</i> Yamamoto)	2008	24	Derivates of furostanic glycosides (26-O- $\beta$ -D-glucopyranosyl-22 $\alpha$ -methoxyl-(25R)-furost-5-en-3 $\beta$ -ol 3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,2)-O-[[ $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,4)]-O-[[ $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,4)]]- $\beta$ -D-glucopyranoside), methylprotodioscin, methylprotogracillin,
S. Vazquez-Castilla et al. [11]	Optimization of a method for the profiling and quantification of saponins in different green asparagus genotypes	2013	18	Derivates of spirostanol glycosides ((25R)-spirost-5-en-3 $\beta$ -ol 3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,2)-O-[[ $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,4)]]-O-[[ $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1,4)]]- $\beta$ -D-glucopyranoside), dioscin, gracillin,
K.M. Khan et al. [2]	Cytotoxicity of the roots of <i>Trillium govanianum</i> against breast (mcf7), liver (hepg2), lung (a549) and urinary bladder (ej138) carcinoma cells	2016	15	Brassoside E, diosgenin, govanoside A, pennogenin E, polyphyllin VII, sarsasapogenin, trillarin
T.L. Li et al. [12]	An improved facile method for extraction and determination of steroidal saponins in <i>Tribulus terrestris</i> by focused microwave-assisted extraction coupled with GC-MS	2009	15	Tigogenin, gitogenin, Hecogenin, neohecogenin
K.M. Khan et al. [15]	Cytotoxicity, in vitro anti-leishmanial and fingerprint HPLC-photodiode array analysis of the roots of <i>Trillium govanianum</i>	2018	7	Quercetin, myrestine, kaemferol, total extract of <i>Trillium govanianum</i> Wal, Ex D, Don
A. Kielbasa et al. [13]	Isolation and determination of saponin hydrolysis products from <i>Medicago sativa</i> using supercritical fluid extraction, solid-phase extraction and liquid chromatography with evaporative light scattering detection	2019	6	Medicagenic acid, bayogenin, hederagenin, soyasapogenol B

Авторы статьи	Название статьи	Год опубликования	Количество цитирований	Определяемые целевые соединения
K.M. Khan et al. [4]	Phytochemical profiling and evaluation of modified resazurin microtiter plate assay of the roots of <i>Trillium govanianum</i>	2020	4	Gallic acid, quercetin, total steroidal saponins
E. Mochizuki et al. [14]	Ultraviolet derivatization of steroidal saponin in garlic and commercial garlic products as p-nitrobenzoate for liquid chromatographic determination	2004	4	Proto-eruboside B, eruboside B, aginoside
L. Liu [5]	Microwave-assisted three-liquid-phase extraction of diosgenin and steroidal saponins from fermentation broth of <i>Dioscorea zingiberensis</i> C, H, Wright	2016	3	Daltonin, diosgenin triglucoside, diosgenin diglucoside, trillin, diosgenin
S. Peng et al. [15]	A rapid method for on-line solid-phase extraction and determination of dioscin in human plasma using a homemade monolithic sorbent combined with high-performance liquid chromatography	2020	2	Dioscin
Z.Y. Xu et al. [16]	A novel LC-MS/MS method for determination of tissue distribution and excretion of timosaponin B-II in rat biological matrices	2014	2	Timosaponin B-II
T.C. Ma et al. [17]	Optimization of extraction for <i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bge. Using silica gel-based vortex-homogenized matrix solid-phase dispersion and rapid identification of antioxidant substances	2020	1	Neomangiferin, mangiferin, isomangiferin, vitexin, isovitexin, calycosin, timosaponin AIII, timosaponin BII, timosaponin M, timosaponin N

сапогенинов. Следовательно, наиболее цитируемыми журнальными статьями в научных базах по ключевому словосочетанию на момент поиска являются 18 индексированных научных произведений. Ошибка поиска с использованием вышеуказанных фильтров составила 5,26%, 94,74% отображенных научных произведений выполнены группой авторов.

Наиболее цитируемая статья на момент поиска «Extraction and quantification of saponins: a review» [1] является обзорной и содержит исчерпывающий анализ производящих растений и растительного сырья, содержащих тритерпеновые и стероидные сапонины и сапогенины, проанализированы фармакологические эффекты указанных соединений, дана характеристика использования тритерпеновых и стероидных сапонинов и сапогенинов в пищевых целях, проанализированы техники экстракции и выделения сапонинов и сапогенинов из растительного сырья, охарактеризованы методы количественного анализа экстрактов растений методами спектрофотометрии и хроматографии.

Согласно приведенным наиболее цитируемым литературным источникам (табл. 1), мы охарактеризовали и дали сравнительную характеристику методик ТФЭ при анализе стероидных

сапонинов и сапогенинов по следующим параметрам, таким как «название колонки», «тип сорбента колонки», «масса сорбента колонки», «объем вносимых реагентов», «реагент для кондиционирования сорбента колонки», «реагент для уравнивания сорбента колонки», «вносимый анализит в сорбент колонки», «реагент для промывки сорбента колонки», «реагент для элюирования анализа» (табл. 2).

Результаты разработанных и использованных методик ТФЭ при анализе на стероидные сапонины и их генины представлены в табл. 2.

### Заключение

Нами проведен наукометрический анализ на предмет публикационной активности авторов по использованию твердофазной экстракции растительных экстрактов при фитохимических исследованиях стероидных сапонинов и стероидных сапогенинов в базах данных Web of Science core collection, KCI-Korean journal database, Medline, SciELO citation index, опубликованных с 1988 по 2021 гг. Только семь статей в различных журналах имеют полное или частичное описание методики с указанием названия колонки, типа сорбента, условий кондиционирования, уравнивания, промывания, внесения анализируе-

**Сравнительная характеристика методик твердофазной экстракции при анализе стероидных сапонинов и сапогенинов**

**Table 2**

**Comparative characteristics of solid-phase extraction techniques in the analysis of steroidal saponins and sapogenins**

Авторы статей	Название колонок	Тип сорбента колонки	Масса сорбента колонки, мг	Реагент и его объем для кондиционирования сорбента колонки	Реагент и его объем для уравнивания сорбента колонки	Вносимый аналит в сорбент колонки	Реагент и его объем для промывки сорбента колонки	Реагент для элюирования аналита
C.H. Ma et al. (2008)	Не указано	C18	Не указано	2 мл 99,9% метанол х.ч.	1 мл воды деионизированной	Моча	1 мл воды деионизированной	1 мл 99,9% метанола х.ч.
J.T. Lin et al. (2008)	«Zorbax»	C18	200	3 мл 99,9% метанол х.ч.	3 мл 25% водного раствора метанол х.ч.	Стандарты сапонинов по 1 мг на 1 мл 50% водного раствора метанола х.ч.	6 мл 50% водного раствора метанола х.ч.	3 мл 80% водного раствора метанола х.ч.
S. Vazquez-Castilla et al. (2013)	Не указано	C18	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	Не указано	40% водный раствор этанола х.ч.
K.M. Khan et al. (2016, 2018, 2020)	«Strata»	C18	20 000	50 мл 50% водного раствора метанол х.ч.	100 мл воды деионизированной	10% водный растительный экстракт (2 г сырья в 20 мл воды деионизированной)	Не указано	По 250 мл 20%, 50%, 80% водного раствора метанола х.ч. и 99,9% метанол х.ч.
A. Kielbasa et al. (2019)	OASIS® MCX	Полистерол-дивинил-бензол-оксипирролидин с сульфогруппами	Не указано	1) 10 мл 50% водного раствора метанола х.ч. 2) 10 мл 50% водного раствора метанола х.ч. подкисленного кислотой хлористоводородной до pH=3,0-3,5	Не указано	Водный экстракт из растительного сырья	Не указано	4 мл 99,9% метанола х.ч. для элюирования сапогенинов
E. Mochizuki et al. (2004)	1) «Sep-Pak C18 Vag». 2) «Sep-Pak PS2». 3) «Sep-Pak C18». 4) «Bond Elut Jr NH2». 5) «Florsil»	1) C18. 2) PS2. 3) C18. 4) NH2. 5) MgSiO3.	1) 2 000. 2) 10 000. 3) 10 000. 4) 1 000. 5) 10 000.	1) 100-300 мл 30% водного раствора метанола х.ч. 2) Не указано. 3) Не указано. 4) Не указано. 5) 300 мл воды деионизированной + 150 мл 30% водного раствора метанола х.ч.	Не указано	Метанольный экстракт из растительного сырья	Вода деионизированная	1) 20 мл 70% водного раствора метанола х.ч. 2) Не указано. 3) Не указано. 4) Не указано. 5) 99,9% хлороформ-99,9 % метанол-вода деионизированная (6:4:1)
Z.Y. Xu et al. (2014)	«Oasis® HLB»	Полистерол-дивинил-бензол-оксипирролидин	10	2 мл 99,9% ацетонитрила х.ч.	2 мл воды деионизированной	Солевой раствор гомогенизированной ткани, желчи и кала на изотоническом растворе натрия хлорида (1:3) по объему для каждого аналита	2 мл воды деионизированной	1 мл 90% водного раствора ацетонитрила х.ч.

мого раствора и элюирования веществ. Необходимо разработать унифицированную методику ТФЭ растительных экстрактов при анализе на стероидные сапонины и сапогенины.

\*\*\*

Работа поддержана Министерством здравоохранения Российской Федерации (проект государственного задания 056-00017-21-00 от 17.12.2020 г.)

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

#### Литература/References

- Cheok C.Y., Salman H.A.K., Sulaiman R. Extraction and quantification of saponins: a review. *Food Research International*. 2014; 59: 16–40. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.01.057
- Khan K.M., Nahar L., Al-Groshi A. et al. Cytotoxicity of the roots of *Trillium govanianum* Against Breast (MCF7), Liver (HepG2), Lung (A549) and urinary Bladder (EJ138) carcinoma cells. *Phytotherapy Research*. 2016; 30 (10): 1716–20. DOI: 10.1002/ptr.5672
- Khan K.M., Nahar L., Mannan A. et al. Cytotoxicity, in vitro anti-leishmanial and fingerprint HPLC-photodiode array analysis of the roots of *Trillium govanianum*. *Natural Product Research*. 2018; 32 (18): 2193–201. DOI: 10.1080/14786419.2017.1371164
- Khan K.M., Sarker S.D., Khan G.A. et al. Phytochemical profiling and evaluation of modified resazurin microtiter plate assay of the roots of *Trillium govanianum*. *Natural Product Research*, 2020; 34 (19): 2837–41. DOI: 10.1080/14786419.2019.1590716
- Liu L. Microwave-assisted three-liquid-phase extraction of diosgenin and steroidal saponins from fermentation broth of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright. *Solvent Extraction Research and Development-Japan*. 2016; 23: 101–14. DOI: 10.15261/serdj.23.101
- Moreau R.A., Nystrom L., Whitaker B.D. et al. Phytosterols and their derivatives: Structural diversity, distribution, metabolism, analysis, and health-promoting uses. *Progress in Lipid Research*. 2018; 70: 35–61. DOI: 10.1016/j.plipres.2018.04.001
- Qi L.-W., Wang C.-Z., Du G.-J. et al. Metabolism of ginseng and its interactions with drugs. *Current drug metabolism*. 2011; 12 (9): 818–22. DOI: 10.2174/138920011797470128
- Sandvoss M., Weltring A., Preiss A. et al. Combination of matrix solid-phase dispersion extraction and direct on-line liquid chromatography-nuclear magnetic resonance spectroscopy-tandem mass spectrometry as a new efficient approach for the rapid screening of natural products: application to the total asterosaponin fraction of the starfish *Asterias rubens*. *J. of Chromatography A*. 2001; 917 (1–2): 75–86. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)00668-9
- Ma C., Wang L., Tang Y. et al. Identification of major xanthenes and steroidal saponins in rat urine by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry technology following oral administration of rhizoma *Anemarrhenae* decoction. *Biomedical Chromatography*. 2008; 22 (10): 1066–83. DOI: 10.1002/bmc.1026
- Lin J.-T.; Yang D.-J. Determination of steroidal saponins in different organs of yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto). *Food Chemistry*. 2008; 108 (3): 1068–74. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.11.041
- Vazquez-Castilla S., Jaramillo-Carmona S., Maria Fuentes-Alventosa J. et al. Optimization of a method for the profiling and quantification of saponins in different green *Asparagus* genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013; 61 (26): 6250–8. DOI: 10.1021/jf401462w
- Li T., Zhang Z., Zhang L. et al. An improved facile method for extraction and determination of steroidal saponins in *Tribulus terrestris* by focused microwave-assisted extraction coupled with GC-MS. *J. of Separation Science*. 2009; 32 (23–24): 4167–75. DOI: 10.1002/jssc.200900483
- Kielbasa A., Krakowska A., Rafinska K. et al. Isolation and determination of saponin hydrolysis products from *Medicago sativa* using supercritical fluid extraction, solid-phase extraction and liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *J. of Separation Science*. 2019; 42 (2): 465–74. DOI: 10.1002/jssc.201800994
- Mochizuki E., Yamamoto T., Mimaki Y. et al. Ultraviolet derivatization of steroidal saponin in garlic and commercial garlic products as p-nitrobenzoate for liquid chromatographic determination. *J. of Aoac International*. 2004; 87 (5): 1063–9. PMID: 15493662
- Peng S., Bai L., Shi X. et al. A rapid method for on-line solid-phase extraction and determination of dioscin in human plasma using a homemade monolithic sorbent combined with high-performance liquid chromatography. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2020; 412 (2): 473–80. DOI: 10.1007/s00216-019-02256-5
- Xu Z., Gao S., Cai F. et al. A novel LC-MS/MS method for determination of tissue distribution and excretion of timosaponin B-II in rat biological matrices. *Biomedical Chromatography*. 2014; 28 (7): 1011–6. DOI: 10.1002/bmc.3109
- Ma T., Sun J., Li X. et al. Optimization of extraction for *Anemarrhena asphodeloides* Bge using silica gel-based vortex-homogenized matrix solid-phase dispersion and rapid identification of antioxidant substances. *J. of Separation Science*. 2020; 43 (11): 2180–92. DOI: 10.1002/jssc.202000101

Поступила 24 июня 2022 г.

Received 24 June 2022

Принята к публикации 18 августа 2022 г.

Accepted 18 August 2022