

УДК 547.9:582.284.5

DOI: 10.15372/KhUR2024582

EDN: ZRMQDS

Терпеновые и алифатические продукты омыления эфирного экстракта молочая лозного (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.)

Т. П. КУКИНА¹, И. А. ЕЛШИН²¹Новосибирский институт органической химии СО РАН им. Н. Н. Ворожцова,
Новосибирск, Россия

E-mail: kukina@nioch.nsc.ru

²Новосибирский государственный университет,
Новосибирск, Россия

(Поступила 13.06.2024; после доработки 19.07.2024; принята к печати 22.07.2024)

Аннотация

Изучен состав липофильных компонентов молочая лозного (*Euphorbia virgata* Waldst. et Kit.). Кислые и нейтральные компоненты идентифицировали при помощи газо-жидкостной хроматографии с масс-спектрометрической детекцией (ГХ-МС) после щелочного гидролиза цельного экстракта. В качестве экстрагента сырья использован метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ). Выделенные в процессе пробоподготовки суммарные кислоты анализировали после метилирования диазометаном. Состав нейтральных компонентов неомыляемого остатка исследовали без дериватизации, но после разделения методом колоночной хроматографией на силикагеле на группы веществ различной полярности. В результате сравнения спектров с базами данных идентифицированы алифатические кислоты с длиной цепи 10–30 атомов углерода, в том числе ненасыщенные. Кроме того, обнаружены два соединения, редко встречающиеся в растительном сырье: рицинолевая и октадека-9-ен-12-иновая кислоты. Идентифицировано более 100 тритерпеновых и алифатических соединений неомыляемого остатка и 25 компонентов кислых фракций. Установлено, что углеводородная фракция содержит, помимо *n*-алканов, значительное количество непредельного разветвленного углеводорода сквалена. Высокоактивные тритерпеновые спирты и кетоны в основном представлены урсановыми, лупановыми и циклоартановыми производными. Основной компонент стеролов (β -ситостерол) сопровождается холестерином, кампестеролом, стигмастеролом, стигмаст-7-ен-3- β -олом и стигмастан-3- β -олом. Выявлен значительный вклад эуфановых соединений, характерных для растений семейства эуфорбиевых (Euphorbiaceae).

Ключевые слова: молочай лозный, ГХ-МС, тритерпеноиды, стеролы

ВВЕДЕНИЕ

Молочай лозный (*Euphorbia virgata* Waldst.) – травянистое растение, все части которого содержат млечный сок, относится к роду молочаевых (*Euphorbia*) семейства эуфорбиевых (Euphorbiaceae). Вид распространен в Средней Европе, Восточном Средиземноморье, на Балканах, в Малой Азии, Северной Персии, Джунга-

рии. На территории Российской Федерации вид распространен в южных и средних районах европейской части России и Западной Сибири и в Предкавказье. В Сибири встречается в Тюменской, Курганской, Омской, Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областях, в Алтайском и Красноярском крае, в Республике Алтай, Хакасии, Туве, Бурятии как в качестве дикорастущего, так и сорного растения [1–5]. Ботани-

ческие аспекты, включая систематику, филогенез и хорологию, подробно изучены в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН [1–4, 6].

На территории Новосибирской области кроме *E. virgata* произрастает пять видов молочая: *E. pilosa*, *E. esula*, *E. microcarpa*, *E. discolor*, *E. helioscopia*, однако сырьевые запасы этих видов невелики. Наиболее распространен молочай лозный (прутьевидный) *E. virgata* [6]. Он является инвазивным (сорным) растением и может служить сырьем для получения природных соединений с высокой биологической активностью [5, 7, 8]. Состав *E. virgata* практически не изучен, несмотря на использование в народной медицине [9] и исследование компонентов других растений этого семейства [10]. Согласно литературным данным в молочае лозном обнаружены производные ингинола, инозит, галловая кислота и ее метиловый эфир и некоторые флавоноиды [8, 11–14]. В [15] методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрической детекцией (ГХ-МС) был изучен состав эфирного масла надземной части этого растения, идентифицировано 30 летучих соединений. Однако в работе отсутствует информация о выходе эфирного масла. Мало сведений и о близком виде – *E. esula* (молочай острый). Для него известны циклоартановые тритерпеноиды, лупеол и β -ситостерин, а также алканы C_{25} – C_{33} и гексакозанол [8]. Скудость сведений о химическом составе липофильных компонентов растения *E. virgata* определило цель данной работы – изучить количественный и качественный состав липофильных вторичных метаболитов растения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве образцов использована надземная часть растения *E. virgata* (молочай лозный). Сырье заготовлено в фазу цветения и начала плодоношения в июне 2019 г. и высушено при комнатной температуре в помещении без доступа прямых солнечных лучей. Именно в этой фазе растение накапливает наибольшую биомассу при отсутствии отмерших фрагментов надземной части. Аутентичность сырья подтверждена специалистом Центрального сибирского ботанического сада СО РАН канд. биол. наук И. В. Хан. Воздушно-сухое сырье размолото на шнековом измельчителе и просеяно через сито с отверстиями размером 2 мм. Навеска сырья 500 г загружалась в насадку Сокслета и экстраги-

ровалась метил-*трет*-бутиловым эфиром (МТБЭ) в течение 20 часов (3×6 – 7 ч). Метил-*трет*-бутиловый эфир обладает всеми достоинствами диэтилового эфира, но лишен его недостатков, а именно: он не образует пероксидов и не создает повышенной загазованности за счет более высокой температуры кипения. Выход экстракта составил 6.0 % от массы сырья. Обработка экстракта и хроматографическая очистка компонентов неомыляемого остатка (НО) проведена согласно [16]. Неомыляемые вещества составили от 45.8 до 53.3 % от массы экстракта. Пробо-подготовка для ГХ-МС-анализа включала гидролиз экстракта водно-спиртовым раствором гидроксида калия. Кислые компоненты метилировали диазометаном, нейтральные анализировали без дериватизации. Нейтральные вещества НО подвергли хроматографическому разделению на колонке с силикагелем, используя в качестве элюента гексан с повышающимся по объему от 0 до 50 % содержанием диэтилового эфира. Фракции отбирали в пробирки по 12–15 мл. Объединение фракций осуществляли в соответствии с результатами тонкослойной хроматографии на пластинках Sorbfil и Silufol. Для развития хроматограммы использовали смесь гексана с МТБЭ с содержанием последнего от 10 до 50 % по объему. В качестве проявляющего реагента применяли смесь ванилина с серной кислотой и этанолом в соотношении 1 : 10 : 90 (по массе) с последующим нагреванием. В результате получены концентраты углеводов, кетонов, алифатических и терпеновых спиртов (включая стерин и диолы), анализ которых осуществляли методом ГХ-МС в Химическом исследовательском центре коллективного пользования СО РАН. Хромато-масс-спектры зарегистрированы на анализаторе HP GCD Plus 1800 A (Hewlett Packard, США), состоящем из газового хроматографа HP 5890 серии II и масс-селективного детектора HP 5971. Колонка 30 м $\times$ 0.25 мм $\times$ 0.25 мкм с сорбентом HP-5MS (5 мас. % дифенил, 95 мас. % диметилсилоксан). Газ-носитель – гелий (1 мл/мин). Температурный режим колонки: 2 мин при 50 °С, далее повышение температуры со скоростью 10 °С/мин до 280 °С, 30 мин при 280 °С. Температура испарителя – 280 °С, источника ионов – 170 °С. Идентификацию метиловых эфиров жирных кислот осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров NIST 08 и NIST 14. Процент сходения отдельных компонентов с базами данных от 75 до 90 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ кислых и нейтральных компонентов экстрактивных веществ из надземной части растения *E. virgata*, полученных при омылении экстрактов, выявил ряд метаболитов, не обнаруженных ранее в этом растении. Проведенное для компонентов НО дополнительное фракционирование и очистка групп входящих компонен-

тов позволило выделить фракции углеводов, эпоксидов, альдегидов, кетонов, алифатических и терпеновых спиртов, включая стеринны и диолы. Содержание обнаруженных компонентов представлено в табл. 1 и 2.

Так, табл. 1 включает данные по содержанию компонентов в неомыляемом остатке МТБЭ-экстракта *E. virgata* и в пересчете на массу сырья, а также индексы удерживания (RI). Вид-

ТАБЛИЦА 1

Содержание компонентов в неомыляемом остатке МТБЭ-экстракта *E. virgata* и в пересчете на массу сырья

Компонент	RI	Содержание, мг%	
		в неомыляемом остатке	в сырье
Углеводороды			
Сабинен	974	14.7	0.53
<i>n</i> -Цимол	1025	14.0	0.50
Лимонен	1030	5.4	0.21
Кариофиллен	1421	11.9	0.46
Гумулен	1456	16.3	0.63
Селинен	1495	14.4	0.57
Трикозен	2295	13.1	0.51
Трикозан	2300	26.9	1.05
Тетракозан	2400	22.5	0.88
Пентакозен	2496	51.6	2.00
Пентакозан	2500	116.3	4.45
Гексакозен	2596	32.5	1.26
Гексакозан	2600	132.5	5.15
Гептакозен	2695	111.3	4.43
Гептакозан	2700	1061.9	41.5
Октакозен	2795	66.3	2.59
Октакозан	2800	78.1	3.05
Сквален	2836	3491.9	136.40
Нонакозен	2896	51.6	2.02
Нонакозан	2900	2976.2	116.25
Триакоктан	3000	118.1	4.61
Гентриакоктан	3100	3935.0	153.65
Дотриакоктан	3200	32.5	1.27
Тритриакоктан	3300	112.4	4.39
Пентатриакоктан	3500	49.1	1.92
Альдегиды			
Пентадеканаль	1710	16.4	0.64
Докозаналь	2435	5.7	0.22
Трикозаналь	2543	6.6	0.26
Тетракозаналь	2680	18.3	0.72
Пентакозаналь	2787	65.3	2.55
Гексакозаналь	2837	250.3	9.78
Гептакозаналь	2940	166.3	6.50
Октакозаналь	3040	1349.4	52.70
Нонакозаналь	3139	23.8	0.90
Триакоктеналь	3219	17.5	0.68

Таблица 1 (Продолжение)

Компонент	RI	Содержание, мг%	
		в неомыляемом остатке	в сырье
Триаконтаналь	3238	395.0	15.43
Дотриаконтаналь	3445	21.2	0.83
Кетоны алифатические			
2-Генэйкозанон	2307	19.4	0.76
2-Трикозанон	2512	3.8	0.15
2-Пентакозанон	2725	7.5	0.30
2-Гексакозанон	2816	7.5	0.30
2-Гептакозанон	2918	20.0	0.79
2-Октакозанон	3020	43.6	1.69
2-Нонакозанон	3120	54.0	2.10
2-Триаконтанон	3220	31.9	1.24
2-Гентриаконтанон	3318	8.8	0.35
2-Тритриаконтанон	3521	11.7	0.46
3-Гептакозанон	2886	7.2	0.28
3-Нонакозанон	3114	13.8	0.54
9-Пентакозанон	2682	20.0	0.78
9-Гептакозанон	2886	44.9	1.75
10-Нонакозанон	3085	143.8	5.60
10-Гентриаконтанон	3290	67.6	2.63
Кетоны терпеновые			
β-Ионон	1490	6.6	0.26
Сальвиал-4(14)-ен-1-он	1600	3.3	0.13
Муурол-5-ен-4-он	1692	3.9	0.16
Эуфанон	3250	3.1	0.12
β-Амиренон	3330	39.0	1.52
α-Амиренон + лупенон	3380	426.9	16.68
Бауренон	3370	22.5	0.88
Стигмаста-3,5-диен-7-он	3420	16.5	0.65
24-Метилен-циклоартанон	3445	187.5	7.32
Неогаммацер-22(29)-ен-3-он	3452	6.5	0.25
Эпоксиды			
Кариофиллен-оксид	1590	18.0	0.68
Гумулен-9,10-эпоксид	1635	37.7	1.42
Гумулен-6,7-эпоксид	1610	10.1	0.39
Гумулен-диэпоксид	1732	5.0	0.20
Эпиманоилоксид	2015	59.2	2.31
9,10-Эпокси-пентакозан	2670	70.2	2.74
9,10-Эпокси-гептакозан	2865	36.8	1.49
Спирты алифатические			
10-Гептакозанол	2880	52.7	2.06
10-Нонакозанол	3082	498.5	19.47
10-Гентриаконтанол	3285	221.8	8.66
Изофитол	1998	66.15	2.58
Гераниллиналоол	2030	42.5	1.66
Фитол	2122	2447.9	95.62
Геранилгераниол	2198	40.7	1.59
Эйкозанол	2363	136.8	5.34
Докозанол	2545	406.7	15.89
Тетракозанол	2750	284.7	11.09
Гексакозанол	2925	12167.3	475.27

Таблица 1 (Окончание)

Компонент	RI	Содержание, мг%	
		в неомыляемом остатке	в сырье
Октакозанол	3150	487.6	19.05
Спирты терпеновые (включая стерины и токоферолы)			
Спачуленол	1582	13.6	0.53
Кадиол	1660	5.9	0.23
Маноол	2058	8.6	0.34
α -Токоферол	3140	1040.7	40.65
Холестерол	3142	22.2	0.87
Кампестерол	3232	357.3	13.95
Обтузифолиол	3262	827.2	32.31
Эуфол	3294	172.5	6.74
Стигмастерол	3302	55.6	2.17
24-Метиллофенол	3310	14.0	0.55
β -Ситостерол	3325	5955.9	232.62
Стигмастанол	3330	134.2	5.24
β -Амирин	3340	3125.0	122.07
Стигмаст-7-ен-3- β -ол	3360	6.8	0.27
α -Амирин + лупеол + циклоартенол	3385	8228.4	390.61
Цитростадиенол	3510	393.8	15.38
24-Метилен-циклоартанол + эуфорбол	3520	3770.8	147.30
Олеаноловый альдегид	3560	42.2	1.65
Урсоловый альдегид	3620	11.0	0.43
Эритродиол	3656	54.9	2.14
Уваол	3715	130.2	5.09

Примечание. Здесь и в табл. 2: RI – индекс удерживания; МТБЭ – метил-трет-бутиловый эфир.

но, что группа углеводородных компонентов представлена в основном *n*-алканами с нечетным числом атомов углерода. Наряду с ними обнаружены алкены, а также ценный разветвленный полинепредельный углеводород сквален, характеризующийся широким спектром биологической активности [17–19]. Группа альдегидов состоит в основном из четных компонентов, главный из которых – октакозаналь. Алифатические кетоны с числом атомов 21–33 содержат кетогруппу во 2-, 3-, 9- и 10- положении. Наиболее многочислен ряд компонентов с 2-кетогруппой. Как и алканы, это в основном компоненты с нечетным числом атомов. Высокоактивные тритерпеновые спирты и кетоны главным образом представлены урсановыми, лупановыми и циклоартановыми производными. Основной компонент стеролов (β -ситостерол) сопровождается холестеролом, кампестеролом, стигмастеролом, стигмаст-7-ен-3- β -олом и стигмастан-3- β -олом. Значителен вклад эуфановых соединений, характерных для растений семейства эуфорбиевых. Помимо α -токоферола, обнаружены следовые количества β -, γ -токоферолов и токоферолхинон.

В результате сравнения ГХ-МС-спектров компонентов в неомыляемом остатке МТБЭ-экстракта *E. virgata* с базами данных идентифицированы алифатические кислоты с длиной цепи 10–30 атомов углерода, в том числе ненасыщенные (см. табл. 2). Основными компонентами являются миристиновая, пальмитиновая, олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты. Кроме того, обнаружены два соединения, редко встречающиеся в растительном сырье: рицинолевая и октадец-9-ен-12-иновая кислоты, ранее обнаруженные в других растениях семейства эуфорбиевых [7]. В табл. 2 также представлены индексы удерживания (RI) метиловых эфиров, полученных в ходе пробоподготовки для ГХ-МС-анализа.

Обнаруженные данные позволяют считать исследованное сырье источником биологически активных тритерпеноидов с широким спектром активности. Диметилстеролы, метилстеролы и стеролы, обладающие способностью подавлять абсорбцию холестерина, проявляют также иммуномодулирующую, антиоксидантную, антилипидемическую, жаропонижающую, противовос-

ТАБЛИЦА 2

Содержание алифатических кислот в МТБЭ-экстракте *E. virgata* и в пересчете на массу сырья

Кислота	RI*	Содержание, мг%	
		во фракции кислот	в сырье
Каприновая	1322	32.8	6.7
Лауриновая	1521	377.1	77.0
Миристиновая	1722	1009.8	206.1
Пентадекановая	1817	56.2	11.5
Пальмитиновая	1922	3918.2	799.6
Пальмитолеиновая	1893	59.4	12.1
Маргариновая	2017	52.2	10.7
Олеиновая + линоленовая	2098	3397.7	693.4
Линолевая	2090	1629.7	332.6
Стеариновая	2119	554.4	113.1
Арахидовая	2327	821.9	167.7
Генэйкозановая	2419	12.3	2.5
Бегеновая	2524	421.7	86.1
Докозатриеновая	2283	224.5	45.8
Трикозановая	2628	69.5	14.2
Лигноцериновая	2727	239.2	48.8
Пентакозановая	2826	133.9	27.3
Церотиновая	2930	168.5	34.4
Гептакозановая	3033	55.1	11.2
Монтановая	3135	272.8	55.7
Нонакозановая	3235	28.8	5.9
Мелиссовая	3338	343.9	70.2

* Рассчитан для метиловых эфиров.

палительную, антимикробную, антифунгальную, противопротозойную активность. Такие соединения, как лупеол, α - и β -амирины, β -ситостерол демонстрируют хемопревентивный и противораковый эффекты, проявляют кардиопротекторную, противотуберкулезную и анти-ВИЧ активность [20–26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследован состав липофильных компонентов надземной части растения *E. virgata* Waldst. (молочай лозный (прутьевидный)). Этот вид молочая – широкораспространенное растение с большим сырьевым запасом. Ранее его липофильные компоненты практически не были исследованы. Выполнен анализ фракции неомыляемого остатка и суммарных кислых компонентов МТБЭ-экстракта *E. virgata*. Идентифицировано более 100 компонентов неомыляемого остатка и 25 кислых составляющих, большинство из которых ранее не обнаружены в этом растении. Идентифицировано 25 углеводов, включая

биоактивный сквален, 12 альдегидов алифатического строения, 16 алифатических и 11 терпеновых кетонов, 7 алифатических и терпеновых эпоксидов, 12 алифатических и 21 терпеновый спирт, включая токоферолы, альдегидоспирты, стеролы и диолы. Изученное растительное сырье может использоваться в качестве источника его компонентов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам многофункционального Химического исследовательского центра коллективного пользования СО РАН (Новосибирск) за проведение спектральных и аналитических измерений и к. б. н. Хан И. В. за подтверждение аутентичности сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Байков К. С. Семейство молочайные (Euphorbiaceae juss.) в Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1993. 16 с.
- 2 Байков К. С. Род молочай (*Euphorbia* L., Euphorbiaceae) в Северной Азии: систематика, хорология, филогения: автореф. ... дис. д-ра биол. наук. Новосибирск, 2001. 32 с.

- 3 Байков К. С. Молочай Северной Азии. Новосибирск: Наука, 2007. 361 с.
- 4 Хан И. В. Строение соцветий молочаев внетропической Азии в связи с их систематикой и филогенией: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 16 с.
- 5 Никитин В. В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983. 453 с.
- 6 Красноборов И. М., Ломоносова М. Н., Шауло Д. Н., Вибе Е. И., Жирова О. С., Корольюк Е. А., Красников А. А., Снытко О. Н., Тупицына Н. Н. Определитель растений Новосибирской области. Новосибирск: Наука, 2000. 492 с.
- 7 Головкин Б. Н., Руденская Р. Н., Трофимова И. А., Шре-тер А. И. Биологически активные вещества растительно-го происхождения: в 3 т. М.: Наука, 2001–2002.
- 8 Растительные ресурсы России: дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая актив-ность / отв. ред. Л. А. Буданцев. Т. 2. Семейства Acti-nidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae. СПб.; М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2009. С. 139–154.
- 9 Altundag E., Ozturk M. Ethnomedicinal studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey // *Procedia Social Behav. Sci.* 2011. Vol. 19. P. 756–777.
- 10 Kemboi D., Peter X., Langat M., Tembu J. A review of the ethnomedicinal uses, biological activities, and triterpenoids of *Euphorbia* Species // *Molecules*. 2020. Vol. 25, No. 17. Art. 4019.
- 11 Magozwi D. K., Dinala M., Mokwana N., Siwe-Noundou X., Krause R. W. M., Sonopo M., McGaw L. J., Augustyn W. A., Tembu V. J. Flavonoids from the Genus *Euphorbia*: isolation, structure, pharmacological activities and structure–activity relationships // *Pharmaceuticals*. 2021. Vol. 14, No. 5. Art. 428.
- 12 Карпова Е. А. Флавоноиды некоторых видов рода *Euphorbia* L. в связи с их систематическим положением // *Си-бирский экол. журн.* 2007. Т. 14, № 3. С. 485–493.
- 13 Карпова Е. А., Храмова Е. П. Хемосистематические аспек-ты состава и содержания флавоноидов некоторых видов рода *Euphorbia* L. // *Turczaninowia*. 2011. Т. 14, № 3. С. 150–159.
- 14 Ulubelen A., Öksüz S., Halfon B., Aynehchi Y., Marby T. J. Flavonoids from *Euphorbia larica*, *E. virgata*, *E. chamaesyce* and *E. magalanta* // *J. Nat. Prod.* 1983. Vol. 46, No. 4. Art. 598.
- 15 Зыкова И. Д., Ефремов А. А. Компонентный состав эфир-ного масла *Euphorbia virgata* Waldst., произрастающего в Сибири // *Сибирский мед. журн.* 2014. Т. 126, № 3. С. 91–92.
- 16 Кукина Т. П., Елшин И. А., Сальникова О. И., Ельцов И. В. Алифатические и тритерпеновые продукты омыления эфирных экстрактов *Populus nigra* L. // *Химия растит. сырья*. 2019. № 3. С. 109–118.
- 17 Kelly G. S. Squalene and its potential clinical uses // *Al-tern. Med. Rev.* 1999. Vol. 4, No. 1. P. 29–36.
- 18 Smith T. J. Squalene: potential chemopreventive agent // *Expert Opin. Invest. Drugs*. 2000. Vol. 9, No. 8. P. 1841–1848.
- 19 Kohno Y., Egawa Y., Itoh S., Nagaoka S., Takahashi M., Mukai K. Kinetic study of quenching reaction of singlet oxygen and scavenging reaction of free radical by squalene in *n*-butanol // *Biochim. Biophys. Acta, Lipids Lipid Me-tab.* 1995. Vol. 1256. P. 52–56.
- 20 Bin Sayeed M. S., Karim S. M. R., Sharmin T., Morshed M. M. Critical analysis on characterization, systemic effect, and therapeutic potential of beta-sitosterol: a plant-derived or-phan phytosterol // *Medicines*. 2016. Vol. 3, No. 4. Art. 29.
- 21 Vázquez L. H., Palazon J., Navarro-Ocaña A. The pentacy-elic triterpenes α,β -amyriins: a review of sources and bio-logical activities // *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health* / A. Rao (Ed.). Rijeka: InTech, 2012. P. 487–502.
- 22 Gallo M. B. C., Sarachine M. J. Biological activities of lupeol // *Int. J. Biomed. Pharm. Sci.* 2009. Vol. 3, No. 1. P. 46–66.
- 23 Wal A., Srivastava R. S., Wal P., Rai A., Sharma S. Lupeol as a magical drug // *Pharm. Biol. Eval.* 2015. Vol. 2, No. 5. P. 142–151.
- 24 Pujirahayu N., Bhattacharjya D. K., Suzuki T., Kataya-ma T. α -Glucosidase inhibitory activity of cycloartane-type triterpenes isolated from Indonesian stingless bee propolis and their structure–activity relationship // *Pharmaceuti-cals*. 2019. Vol. 12, No. 3. Art. 102.
- 25 Dzubak P., Hajduch M., Vydra D., Hustova A., Kvasnica M., Biedermann D., Markova L., Urban M., Sarek J. Pharmacolo-gical activities of natural triterpenoids and their thera-peutic implications // *Nat. Prod. Rep.* 2006. Vol. 23, No. 3. P. 394–411.
- 26 Parmar S. K., Sharma T. P., Airao V. B., Bhatt R., Agha-ra R., Chavda S., Rabadiya S. O., Gangwal A. P. Neuro-pharmacological effects of triterpenoids // *Phytopharma-cology*. 2013. Vol. 4, No. 2. P. 354–372.