

Разработка биологически активных композиций с антиоксидантными и фотозащитными свойствами на основе экстрактов из лесных лишайников

О.М. ХРАМЧЕНКОВА

Из экстрактов лишайников и касторового масла созданы биологически активные композиции с высоким уровнем фотозащиты в области УФ-Б; средней и ниже среднего эффективностью в области УФ-А, а также довольно слабой общей антиоксидантной и антирадикальной активностью. Фотозащитные свойства оценивали по величинам SPF, $\lambda_{\text{крит}}$ и соотношения УФ-А/УФ-Б; общие антиоксидантные свойства определяли методами PFRAP, CUPRAC и фосфомолибденовым; антирадикальную активность – ингибированием радикала ДФПГ, перекисного окисления линолевой кислоты, обесцвечивания β -каротина.

Ключевые слова: экстракты из лишайников, касторовое масло, параметры фотозащиты, общая антиоксидантная активность, антирадикальные свойства.

Biologically active compositions with a high level of photoprotection in the UV-B region; average and below average efficiency in the UVA region, as well as rather weak general antioxidant and antiradical activity were created from lichen extracts and castor oil. Photoprotective properties were assessed by the values of SPF, λ_{crit} , and the UVA/UV-B ratio; general antioxidant properties – by the PFRAP, CUPRAC and phosphomolybdenum assay; antiradical activity – by DPPH assay, toward lipid peroxidation by the thiocyanate method, and β -carotene bleaching assay.

Keywords: lichen extracts, castor oil, photoprotection parameters, general antioxidant activity, antiradical properties.

Введение. В настоящее время все больше людей имеет дело с последствиями загара, возникающими в результате чрезмерного воздействия солнечного света. Поэтому растет спрос на солнцезащитные средства, к которым потребителями предъявляются следующие требования: успешная защита от ультрафиолета (УФ), наличие антиоксидантных свойств, стабильность и косметическая приемлемость, «натуральность» большей части компонентов. В связи с этим различные экстракты и определенные вещества, извлеченные из водорослей, грибов, высших растений, беспозвоночных животных, все чаще используются для защиты от солнца, что представляет собой особую современную тенденцию в косметической промышленности.

С биохимической точки зрения, упомянутые соединения чаще всего представляют собой вторичные метаболиты, биосинтез которых является специфической реакцией продуцирующих организмов на определенные факторы окружающей среды. Организмы, для которых описаны фотоадаптивные механизмы (в том числе – биосинтез поглотителей ультрафиолета и антиоксидантов), далеко не всегда обитают в условиях чрезмерной инсоляции. Все они продуцируют соединения с π -электронными системами, возникающими в структурах с сопряженными связями, как алифатических, так и ароматических, циклических и гетероциклических. Такие структуры способны экранировать УФ-излучение, и, тем самым, предотвращать его проникновение в кожу, что приводит к уменьшению окислительного стресса и повреждений ДНК. У «природных» соединений была также обнаружена способность уменьшать воспаление кожи, влиять на многие другие пути ее защиты от ультрафиолета [1].

Вторичные метаболиты лишайников давно известны как соединения с множеством видов биологической активности. В 2002 г. опубликовано сообщение о результатах сравнения выделенных из экстрактов лишайников усниновой кислоты, 1-хлорпаннарина, эпифорелевой кислоты и калицина с используемыми в фотозащитной косметике веществами октилметоксисиннаматом и бутилметоксидибензоилметаном. Показано, что лишайниковые вещества обеспечивают защиту от УФ-излучения, сходную с таковой у названных соединений, а усниновая кислота является хорошим фильтром УФ-Б-излучения [2].

Для гирофоровой, диварикатовой, диффрактовой и усниновой кислот, а также атранорина и паннарина *in vivo* и *in vitro* определены значения SPF, на основании чего эти соедине-

ния названы эффективными солнцезащитными субстанциями. Спектральные характеристики, высокая фотостабильность, слабая растворимость в воде, антиоксидантная активность этих соединений позволяют считать их эффективными фотопротекторами [3].

Béatrice Legouin с соавторами изучали вещества, выделенные из лишайника *Vulpicida pinastri*. Показано, что эти соединения эффективно защищают от УФ-излучения и проявляют высокую антиоксидантную активность. Сочетание усниновой, вульпиновой и пинастровой кислот в одной субстанции усиливает фотозащитную активность. Все соединения не проявляют цитотоксической активности в отношении клеточных культур кератиноцитов и являются фотостабильными в диапазонах УФ-Б и УФ-А [4].

Françoise Lohézic-Le Dévéhat с соавторами оценивали фотозащитные свойства экстрактов из лишайников *Cetraria islandica*, *Lasallia pustulata* и *Usnea hirta*, а также ряда индивидуальных лишайниковых веществ. Экстракт из *Lasallia pustulata* и гирофоровая кислота показали высокие значения SPF, салазиновая кислота лучше, чем аскорбиновая кислота, инактивировала супероксидный радикал, не проявляла фотосенсибилизирующую цитотоксичность [5].

Фотозащитные свойства 3-метоксикарбонил-2-гидрокси-6-метокси-4-метилбензойной, усниновой и декарбокситамноловой кислот, выделенных из лишайника *Usnea roccellina*, описаны в [6]. Данные соединения показали величины SPF, равные $(1,7 \div 1,9)$ при концентрации 10 мкг/мл и $(29,1 \div 31,3)$ при концентрации 200 мкг/мл; а также критическую длину волны $(334 \div 372)$ нм. Декарбоксиметилтамноловая кислота была лучшим антиоксидантом по сравнению с другим выделенным соединением и сырым экстрактом из лишайника.

В работе [7] показано, что лишайниковые вещества сферофорин и паннарин проявляли в отношении плазмидной ДНК защитное действие, подобное эффекту супероксиддисмутазы. На клеточных культурах установлено, что эти метаболиты лишайников ингибируют рост клеток меланомы, вызывая апоптоз клеток, фрагментацию геномной ДНК и значительное увеличение активности каспаз.

Две экспериментальные работы турецкого автора Mehmet Varol посвящены фотозащитным свойствам атранорина и усниновой кислоты [8], а также ряда производных пульвиновой кислоты [9]. Показано, что усниновая кислота и атранорин обладают значительной фотосенсибилизирующей активностью. Однако цитотоксическая, апоптотическая и повреждающая цитоскелет активности атранорина и усниновой кислоты может быть значительным препятствием для их использования в средствах для ухода за кожей человека [8]. По результатам исследования [9] наиболее перспективными фотозащитными соединениями были названы лепрапиновая, пинастровая и вульпиновая кислоты; перспективными – эпанорин и ризокарповая кислота.

В работе [10] приводится обзор патентов на изобретения для составов, где природные соединения используются для фотозащиты. Обсуждается 180 патентов, из которых 25 оцениваются как направленные на применение натуральных продуктов для фотозащиты и предотвращения фотостарения кожи. Показано, что присутствие в фотозащитных средствах антиоксидантов растительного происхождения обеспечивает уменьшение частоты фотокарциногенеза и фотостарения. Использование лишайников, экстрактов из них или отдельных «лишайниковых» веществ в этих патентах не упоминается.

В настоящей работе приводятся результаты разработки биологически активных композиций с антиоксидантными и фотозащитными свойствами на основе экстрактов из лесных лишайников.

Методы исследований. Порядок разработки биологически активных композиций был следующим:

1 в сосновых лесах Гомельского региона (наиболее распространенная лесная формация) выделили группу часто и очень часто встречающихся видов листоватых и кустистых лишайников, образующих в местах произрастания обильную и хорошо отделяющуюся от субстрата биомассу;

2 из этой группы исключили виды, для которых вторичные метаболиты не описаны, имеющие два и более хемотипа, имеющие только одно соединение в качестве вторичного метаболита, а также виды, содержащие алифатические кислоты в качестве вторичных метаболитов;

3 к исследованию приняли 4 вида лишайников: *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. и *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.;

4 отобрали биомассу лишайников в сосновых насаждениях II – VIII классов возраста;

5 в аппарате Сокслета произвели экстракцию биомассы лишайников с использованием ацетона, бензола, гексана, метанола, хлороформа, этанола и этилацетата; удалили растворители, высушили экстракты;

6 приготовили растворы экстрактов в этаноле с концентрацией 200 мкг/мл; выполнили фотометрические и спектрофотометрические измерения, определили величины фотозащитных показателей: SPF, $\lambda_{\text{крит}}$ и УФ-А/УФ-Б;

7 определили общую антиоксидантную и антирадикальную активность полученных экстрактов;

8 исключили из дальнейшего рассмотрения экстракты с невысокими показателями фотозащиты при концентрации 200 мкг/мл;

9 приготовили растворы экстрактов в этаноле с полулетальной для культуры клеток кератиноцитов человека концентрацией (использовали только те экстракты, для которых показано отсутствие цитотоксичности [11]); выполнили фотометрические и спектрофотометрические измерения, определили величины фотозащитных показателей;

10 на основании состава вторичных метаболитов лишайников, чьи экстракты были использованы, создали комбинации экстрактов: в систему вводили полулетальные для культуры клеток кератиноцитов человека концентрации, после чего определили величины фотозащитных показателей;

11 для оптимизации создаваемых композиций в их состав вводили касторовое масло; определяли величины фотозащитных показателей следующих смесей: экстракт из лишайника + касторовое масло и комбинация экстрактов из лишайников + касторовое масло;

12 для субстанций, описанных в пп. 9–12, показавших $\text{SPF} \geq 15,0$, определяли общую антиоксидантную и антирадикальную активность по методикам, описанным в [12].

Результаты и их обсуждение. Решение о группирующем признаке для создания композиций экстрактов из различных видов лесных лишайников принимали на основе химического состава их вторичных метаболитов с использованием данных [13]:

- *C. arbuscula*: фумарпротоцетраровая, протоцетраровая и усниновая кислоты;
- *E. prunastri*: усниновая и эверновоя кислоты, атранорин и хлоратранорин;
- *H. physodes*: атранорин и хлоратранорин, физодовая, 3-гидроксифизодовая, физодоловая, 2'-О-метилфизодовая и протоцетраровая кислоты;
- *R. pollinaria*: усниновая, эверновоя и обтузатовая кислоты.

Очевидно, что только в случае комбинирования экстрактов из *H. physodes* с другими, перечисленными выше, сохраняется вероятность избегания получения цитотоксичных смесей, где к усниновой кислоте из *C. arbuscula* добавится она же из *E. prunastri* или *R. pollinaria* или произойдет суммирование эверновоя кислоты из *E. prunastri* и *R. pollinaria*.

Так как основные показатели фотозащиты субстанций обычно определяют при концентрации 200 мкг/мл, а величины полулетальных для культуры клеток кератиноцитов человека концентраций редко превышают 100 мкг/мл, имело смысл сразу определить SPF смесей экстрактов для исключения неперспективных сочетаний – таблица.

Таблица – Фотозащитные свойства композиций экстрактов из лишайников

Состав	SPF	Состав	SPF
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>C. arbuscula</i> , мет.	$6,8 \pm 0,51$	<i>H. physodes</i> , мет. + <i>C. arbuscula</i> , эт/ац.	$5,6 \pm 0,43$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>C. arbuscula</i> , эт/ац.	$4,0 \pm 0,39$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>C. arbuscula</i> , мет.	$6,6 \pm 0,44$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>E. prunastri</i> , бенз.	$9,8 \pm 0,82$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>E. prunastri</i> , бенз.	$10,1 \pm 0,69$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>E. prunastri</i> , мет.	$10,3 \pm 0,94$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>E. prunastri</i> , мет.	$10,6 \pm 0,87$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>E. prunastri</i> , хл.	$10,7 \pm 0,83$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>E. prunastri</i> , хл.	$11,0 \pm 0,93$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>E. prunastri</i> , эт.	$13,9 \pm 0,99$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>E. prunastri</i> , эт.	$14,9 \pm 0,83$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>E. prunastri</i> , эт/ац.	$15,8 \pm 1,02$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>E. prunastri</i> , эт/ац.	$16,1 \pm 1,06$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , ац.	$9,7 \pm 0,72$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , ац.	$10,3 \pm 0,82$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , бенз.	$8,0 \pm 0,65$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , бенз.	$6,7 \pm 0,56$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , мет.	$12,6 \pm 0,94$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , мет.	$12,9 \pm 1,04$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , хл.	$10,3 \pm 0,86$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , хл.	$10,5 \pm 0,97$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , эт.	$9,0 \pm 0,88$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , эт.	$9,3 \pm 0,68$
<i>H. physodes</i> , бенз. + <i>R. pollinaria</i> , эт/ац.	$10,8 \pm 0,94$	<i>H. physodes</i> , хл. + <i>R. pollinaria</i> , эт/ац.	$11,1 \pm 0,86$
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>C. arbuscula</i> , мет.	$5,6 \pm 0,35$	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>C. arbuscula</i> , мет.	$7,4 \pm 0,67$

Окончание таблицы

<i>H. physodes</i> , мет. + <i>C. arbuscula</i> , эт/ац.	8,4 ± 0,66	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>C. arbuscula</i> , эт/ац.	3,8 ± 0,25
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>E. prunastri</i> , бенз.	11,9 ± 0,87	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>E. prunastri</i> , бенз.	11,2 ± 0,93
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>E. prunastri</i> , мет.	12,3 ± 0,94	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>E. prunastri</i> , мет.	11,4 ± 0,84
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>E. prunastri</i> , хл.	14,0 ± 0,99	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>E. prunastri</i> , хл.	11,6 ± 0,88
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>E. prunastri</i> , эт.	16,1 ± 1,12	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>E. prunastri</i> , эт.	15,3 ± 1,08
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>E. prunastri</i> , эт/ац.	18,0 ± 1,15	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>E. prunastri</i> , эт/ац.	19,9 ± 1,57
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , ац.	11,8 ± 0,97	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , ац.	10,4 ± 0,93
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , бенз.	9,2 ± 0,88	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , бенз.	7,6 ± 0,69
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , мет.	15,9 ± 0,96	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , мет.	13,6 ± 1,01
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , хл.	11,5 ± 0,87	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , хл.	10,7 ± 1,02
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , эт.	10,8 ± 0,93	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , эт.	9,6 ± 0,79
<i>H. physodes</i> , мет. + <i>R. pollinaria</i> , эт/ац.	13,6 ± 0,95	<i>H. physodes</i> , эт/ац. + <i>R. pollinaria</i> , эт/ац.	12,0 ± 0,99
Обозначения ац., бен., мет., хл., эт. и эт/ац. соответствуют ацетоновым, бензольным, метанольным, хлороформным, этанольным и этилацетатным экстрактам, соответственно.			

Из данных таблицы следует, что практически все композиции экстрактов из лишайников теряют свои фотозащитные свойства при использовании полулетальных для культуры клеток кератиноцитов человека концентраций за исключением этанольных из *E. prunastri* в сочетании с метанольными из *H. physodes*; этилацетатных из *E. prunastri* в сочетании с бензольными, метанольными, хлороформными или этилацетатными из *H. physodes*; а также сочетания метанольных экстрактов из *H. physodes* и *R. pollinaria*.

Одним из способов управления свойствами косметических композиций является введение в их состав растительных масел. Использование растительных масел ограничивается двумя факторами: способностью образовывать липкие пленки при высыхании и их малой растворимостью в этаноле при комнатных и физиологических температурах. Поэтому для улучшения свойств создаваемых композиций нами было выбрано касторовое масло, которое не высыхает, не образует пленку, хорошо растворимо в 96 % растворе этилового спирта, устойчиво к прогорканию, в силу чего широко используется в медицине и ветеринарии. В композиции экстрактов из лесных лишайников мы вводили 10 %, 20 % и 30 % касторового масла, после чего определяли параметры фотозащиты, а также антиоксидантные и антирадикальные свойства – рисунок.

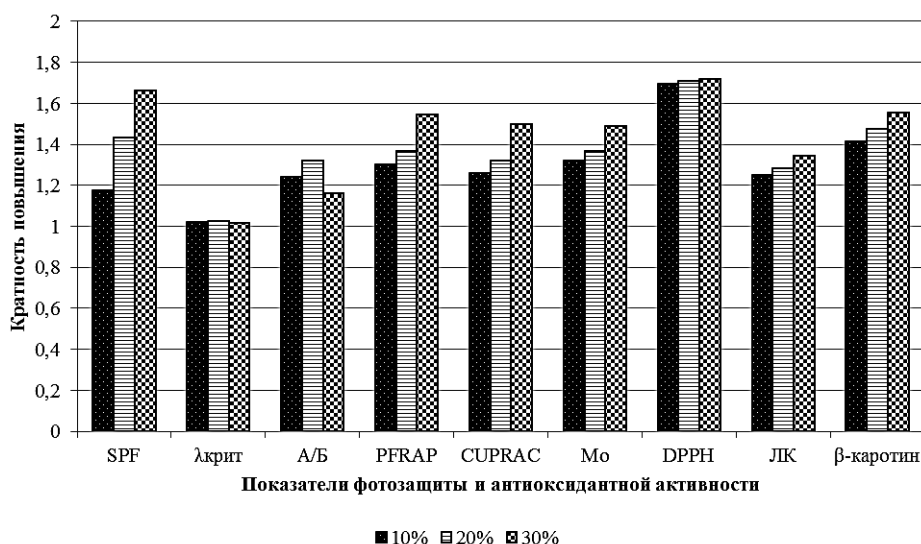


Рисунок – Влияние концентрации касторового масла на фотозащитные и антиоксидантные свойства композиций экстрактов из лесных лишайников (SPF – величина солнцезащитного фактора; $\lambda_{\text{крит}}$ – критическая длина волны; А/Б – величина показателя УФ-А/УФ-Б (меры широты защитных свойств анализируемых субстанций); PFRAP – общая антиоксидантная активность, определенная методом Potassium Ferricyanide Reducing Power; CUPRAC – общая антиоксидантная активность, определенная методом Cupric Reducing Antioxidant Capacity; Мо – общая антиоксидантная активность, определенная фосфомолибденовым методом; DPPH – антирадикальная активность, определенная методом ингибирования DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила); ЛК – антирадикальная активность, определенная железом-тиоцианатным методом ингибирования перекисного окисления Линолевой Кислоты; β-каротин – антирадикальная активность, определенная методом ингибирования обесцвечивания β-каротина)

Показано, что увеличение концентрации касторового масла в составе композиций экстрактов из лесных лишайников достоверно повышает их фотозащитные свойства в области УФ-Б до 1,75 раз; и не влияет на показатели в области УФ-А. Установлена также тенденция повышения антиоксидантной активности композиций за счет введения в них касторового масла.

При оценке общей антиоксидантной активности композиций экстрактов из лесных лишайников методом PFRAP установлено, что простые смеси экстрактов из лишайников такими свойствами не обладают, тогда как при добавлении касторового масла данный показатель возрастает до 1/3 показателя, определенного для кверцетина в концентрации 200 мкг/мл [14]. К таким композициям относятся: *H. physodes*, бензольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, метанольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *E. prunastri*, этанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, метанольный и *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, метанольный. Показатели общей антиоксидантной активности композиций, определенные методом CUPRAC, практически не с чем сравнивать, кроме работы [15], где процент ингибирования восстановления комплекса Cu(II)–неокупроин аскорбиновой кислотой при концентрации 100 мкг/мл составляет около 80. Подавляющее большинство созданных нами композиций из экстрактов лишайников и касторового масла ингибируют данный процесс примерно на 20 %. Результаты определения фосфомолибденовым методом общей антиоксидантной активности композиций показали, что введение в их состав двадцати и более процентов касторового масла позволяет добиться не менее, чем половинного уровня значений, приведенных в десятках экспериментальных работ двух последних десятилетий.

Процент ингибирования радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (метод DPPH), перекисного окисления линолевой кислоты (железо-тиоцианатный метод), а также обесцвечивания β-каротина не превышал 30, что в целом соответствует литературным данным. Для концентрации α-токоферола 1 мг/мл определенный нами тремя перечисленными методами процент ингибирования составил $61,8 \pm 0,96$; $79,6 \pm 1,54$ и $51,2 \pm 0,62$, соответственно [16]. Так как использованные нами концентрации экстрактов из лишайников в сумме не превышали 200 мкг/мл, полученные данные легко объясняются разведением растворов.

Ниже приводим составы экспериментальных образцов антиоксидантных и фотозащитных добавок к косметическим средствам на основе экстрактов из лесных лишайников.

I Этиловый спирт + касторовое масло (10 %) + экстракты из лишайников:

H. physodes, метанольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, метанольный;

II Этиловый спирт + касторовое масло (20 %) + экстракты из лишайников:

H. physodes, бензольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, бензольный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, метанольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *E. prunastri*, этанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, хлороформный;

III Этиловый спирт + касторовое масло (30 %) + экстракты из лишайников:

H. physodes, бензольный + *E. prunastri*, бензольный; *H. physodes*, бензольный + *E. prunastri*, метанольный; *H. physodes*, бензольный + *E. prunastri*, хлороформный; *H. physodes*, бензольный + *E. prunastri*, этанольный; *H. physodes*, бензольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, бензольный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, бензольный + *R. pollinaria*, этанольный; *H. physodes*, метанольный + *E. prunastri*, этанольный; *H. physodes*, метанольный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, метанольный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, метанольный + *R. pollinaria*, этанольный; *H. physodes*, хлороформный + *E. prunastri*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *E. prunastri*, этанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, хлороформный + *R. pollinaria*, этанольный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, метанольный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, хлороформный; *H. physodes*, этилацетатный + *R. pollinaria*, этанольный.

Закключение. Таким образом, созданы экспериментальные образцы составов, представляющих собой растворы в этаноле экстрактов из лесных лишайников в сочетании с касторо-

вым маслом. Концентрации экстрактов из лишайников не превышали полулетальные для культур кератиноцитов человека (HACaT), касторового масла – 30 %. Созданные экспериментальные образцы характеризуются высоким и очень высоким уровнями фотозащиты в области УФ-Б; средней широтой защиты в области УФ-Б + УФ-А; средней и ниже среднего эффективностью в области УФ-А, а также довольно слабой общей антиоксидантной и антирадикальной активностью. По совокупности показателей созданные экспериментальные образцы не являются собственно фотозащитными, но могут быть рекомендованы в качестве добавок в солнцезащитные средства.

Исследование проводилось в рамках ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия, подпрограмма «Лесохимия-2», задание 2.4.01.04, № ГР 20211711.

Литература

1. Nichols, J. A. Skin photoprotection by natural polyphenols : Anti-inflammatory, antioxidant and DNA repair mechanisms / J. A. Nichols, S. K. Katiyar // Archives of Dermatological Research. – 2010. – Vol. 302. – P. 71–83.
2. Protection against UVB irradiation by natural filters extracted from lichens / F. Rancan [et al.] // Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology. – 2002. – Vol. 68 (2–3). – P. 133–139.
3. Lichen metabolites as UVB filters / E. Fernández [et al.] // Cosmet. Toiletries. – 1996. – Vol. 111. – P. 69–74.
4. Specialized Metabolites of the Lichen *Vulpicida pinastri* act as photoprotective agents / B. Legouin [et al.] // Molecules. – 2017. – Vol. 22 (7). – P. 1162–1179.
5. Lichenic extracts and metabolites as UV filters / F. Lohézic-Le Dévéhat [et al.] // Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology. – 2013. – Vol. 120. – P. 17–28.
6. Rojas, J. L. Metabolites with antioxidant and photo-protective properties from *Usnea roccellina* Motyka, a lichen from Colombian Andes / J. L. Rojas, M. Díaz-Santos, N. A. Valencia-Islas // UK J Pharm Biosci. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–26.
7. Lichen metabolites prevent UV light and nitric oxide-mediated plasmid DNA damage and induce apoptosis in human melanoma cells / A. Russo [et al.] // Life Sci. – 2008. – Vol. 83. – P. 468–474.
8. Evaluation of the sunscreen lichen substances usnic acid and atranorin / M. Varol [et al.] // BIOCELL. – 2015. – Vol. 39 (1). – P. 25–31.
9. Varol, M. Photoprotective properties of natural pulvinic acid derivatives to ward ultraviolet-Induced damages / M. Varol // International Journal of Secondary Metabolite. – 2018. – Vol. 5 (4). – P. 319–330.
10. Natural compounds for solar photoprotection : A patent review / M. Serafini [et al.] // Expert Opin Ther Patents. – 2014. – Vol. 25 (4). – P. 467–478.
11. Матвеенков, М. В. Цитотоксические и фотомодифицирующие свойства экстрактов из пространенных лишайников юго-востока Беларуси / М. В. Матвеенков, О. М. Храменкова, И. А. Чешик // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 1. – С. 65–75.
12. Храменкова, О. М. Антиоксидантные и цитотоксические свойства экстрактов из лишайников / О. М. Храменкова. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – 224 с.
13. CNALH [Electronic resource]. – Access mode : <https://lichenportal.org>. – Data of access : 29.03.2021.
14. Dzomba, P. Phytochemicals, antioxidant and antibacterial properties of a lichen species *Cladonia digitata* / P. Dzomba, E. Togarepi, C. Musekiwa // African Journal of Biotechnology. – 2012. – Vol. 11 (31). – P. 7995–7999.
15. In vitro assessment of antioxidant and antimicrobial activities of different solvent extracts from lichen *Ramalina nervulosa* / J. P. Sundararaj [et al.] // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. – 2015. – Vol. 7 (8). – P. 200–204.
16. Храменкова, О. М. Антирадикальная активность экстрактов из лишайников / О. М. Храменкова // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2023. – № 3 (138) – С. 51–55.