

УДК: 535.232:615.5-001.15+615.26



ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РАСТИТЕЛЬНЫХ UV-ФИЛЬТРОВ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ ФОТОЗАЩИТЫ КОЖИ

О.Д. Немятых¹, И.И. Тернинко^{1,2}, А.С. Сабитов³, А.И. Ляшко¹, З.Б. Сакипова³

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации,

197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 14, лит. А

² Испытательная лаборатория (Центр контроля качества лекарственных средств)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации,

197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 14, лит. А

³ Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова,

050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе Би, д. 88, корп. 4

E-mail: oksana.nemyatyh@pharminnotech.com

Получена 04.05.2022

После рецензирования 20.07.2022

Принята к печати 25.08.2022

Терапевтический потенциал растений основан на фармакологических эффектах, обусловленных их фитохимическим профилем. Сегодня научный интерес к растительным объектам возрастает в результате последних исследований, в которых рассматривается перспектива применения данного сырья для косметической отрасли в качестве средств для защиты кожи от пагубного воздействия УФ-лучей.

Цель. Оценка потенциала растительных UV-фильтров в свете современной концепции фотозащиты кожи.

Материалы и методы. Систематический поиск литературы проводился с помощью электронных информационных массивов PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary. Глубина поиска составила 10 лет (период с 2010 по 2021 гг). Поиск проводили по ключевым словам: антиоксиданты, косметические средства, фотозащита, химический состав, фармакологическое действие.

Результаты. В работе рассмотрены и научно обоснованы современные принципы фотозащиты кожи, базирующиеся на применении химических или физических UV-фильтров. Отмечена тенденция использования растительного сырья и его компонентов в рецептуре фотопротекторов, что связано с широким спектром активности, отсутствием ксенобиотического эффекта и высокой биодоступностью органических растительных соединений.

Заключение. Анализ данных научных публикаций продемонстрировал потенциальную фотопротекторную активность биологически активных веществ растений, обусловленную антиоксидантным, противовоспалительным и антирадикальным эффектами. Результаты исследования являются теоретическим базисом для дальнейшего всестороннего экспериментального изучения растительных объектов с целью получения пула доказательных данных в области фотопротекции в опытах *in vivo*.

Ключевые слова: растительные UV-фильтры; фотопротекция; концепция современной фотозащиты кожи

Список сокращений: IPD – быстрое пигментационное потемнение; IPF – фактор защиты иммунитета; NADH – никотинамидадениндинуклеотид восстановленный; NADPH – никотинамидадениндинуклеотидфосфат; PPD – постоянное пигментационное потемнение; SPF – солнцезащитный фактор; UVA – ультрафиолетовые лучи А; UVB – ультрафиолетовые лучи В; UVC – ультрафиолетовые лучи С; АФК – активная форма кислорода; БАВ – биологически активные вещества; ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения; ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота; УФ-лучи – ультрафиолетовые лучи.

Для цитирования: О.Д. Немятых, И.И. Тернинко, А.С. Сабитов, А.И. Ляшко, З.Б. Сакипова. Оценка потенциала растительных UV-фильтров в свете современной концепции фотозащиты кожи. *Фармация и фармакология*. 2022;10(4):308-319. DOI: 10.19163/2307-9266-2022-10-4-308-319

© О.Д. Немятых, И.И. Тернинко, А.С. Сабитов, А.И. Ляшко, З.Б. Сакипова, 2022

For citation: O.D. Nemyatykh, I.I. Terninko, A.S. Sabitov, A.I. Lyashko, Z.B. Sakipova. Evaluation of plant-based UV filters potential in modern concept view of skin photoprotection. *Pharmacy & Pharmacology*. 2022;10(4):308-319. DOI: 10.19163/2307-9266-2022-10-4-308-319

EVALUATION OF PLANT-BASED UV FILTERS POTENTIAL IN MODERN CONCEPT VIEW OF SKIN PHOTOPROTECTION

O.D. Nemyatykh¹, I.I. Terninko^{1,2}, A.S. Sabitov³, A.I. Lyashko¹, Z.B. Sakipova³

¹ Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University,
14, Prof. Popov Str., Saint-Petersburg, Russia, 197376

² Testing Laboratory (Medicines Quality Control Center)
of Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University,
Bld. A, 14, Prof. Popov Str., Saint-Petersburg, Russia, 197376

³ Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Bld. 4, 88, Tole Bi Str., Almaty, Republic of Kazakhstan, 050000

E-mail: oksana.nemyatykh@pharminnotech.com

Received 04 May 2022

After peer review 20 July 2022

Accepted 25 Aug 2022

A therapeutic plants potential is based on the pharmacological effects due to their phytochemical profile. Today, scientific interest in botanicals is increasing as a result of recent research that looks at the prospect of using these raw materials for the cosmetic industry as a means to protect the skin from the harmful effects of UV rays.

The aim of the study was to evaluate a potential of plant-based UV-filters in modern concept view of skin photoprotection.

Materials and methods. A systematic literature search was carried out using the electronic information arrays PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary. The search depth was 10 years (the period from 2010 to 2021). The search was carried out by the following keywords: antioxidants, cosmetics, photoprotection, chemical composition, pharmacological action.

Results. In the paper, modern principles of skin photoprotection based on the use of chemical or physical UV-filters are considered and scientifically substantiated. A trend for the use of plant-based materials and their components in the formulation of photoprotectors was notified. That is associated with a wide activity spectrum, the absence of a xenobiotic effect, and a high bioavailability of organic plant compounds.

Conclusion. The data analysis from scientific publications demonstrated a potential photoprotective activity of plant-based biologically active substances due to antioxidant, anti-inflammatory and anti-radical effects. The results of the study are a theoretical basis for a further comprehensive experimental study of plant objects in order to obtain a pool of evidence in the field of photoprotection in *in vivo* experiments.

Keywords: plant-based UV filters; photoprotection; concept of modern skin photoprotection

Abbreviations: IPD – Immediate Pigment Darkening; IPF – Immune Protection Factor; NADH – nicotinamide adenine dinucleotide; NADPH – nicotinamide adenine dinucleotide phosphate; PPD – Persistent Pigment Darkening; SPF – Sun Protection Factor; UVA – ultraviolet A rays; UVB – ultraviolet B rays; UVC – ultraviolet C rays; ROS – reactive oxygen species; BASs – biologically active substances; WHO – World Health Organization; DNA – deoxyribonucleic acid; UV rays – ultraviolet rays.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что солнечный свет является инициатором и катализатором большинства метаболических процессов, ультрафиолетовое излучение, как один из фрагментов спектра солнечного света, при множественных воздействиях на кожу провоцирует фотостарение, а также способствует развитию ряда патологий, в т.ч. фотоканцерогенеза [1].

Последствия пагубного воздействия ультрафиолета подчеркивают необходимость защиты кожи по всему спектру солнечного света. Современная концепция фотозащиты кожи человека предполагает использование косметических средств широкого спектра действия, что обуславливает поиск новых натуральных многофункциональных ингредиентов, в том числе обладающих фотопротекторной активностью. Значительный интерес вызывают компоненты растительного происхождения, которые

благодаря поликомпонентности химического состава оказывают многовекторное биологическое действие, что обусловлено, в первую очередь, наличием активных центров биологически активных веществ (гидроксогрупп полифенольных соединений, кето-енольных групп аскорбиновой кислоты, системы сопряженных связей и т.д.) и способствует реализации естественных фотозащитных свойств [2].

В литературе [3–5] присутствуют сведения о способности ряда представителей различных ботанических классификационных групп – от водорослей и лишайников до двудольных растений – в эксперименте оказывать антиоксидантное, противовоспалительное и иммуномодулирующее действие, что в комплексе реализует механизм фотопротекции. Так, ряд авторов [6–10] сообщают о способности активных компонентов *Silybum marianum* L., *Gracilariaopsis longissimi* (S.G. Gmelin)

M. Steentoft, *Elaeagnus angustifolia* L., *Moringa oleifera* Lam., *Vitis vinifera* L., *Ruta graveolens* L., *Ginkgo biloba* L., *Dirmophandra mollis* Benth. проявлять фотопротекторные свойства. Также в литературе представлены результаты изучения химического состава [11–14] и экспериментально доказанных фотозащитных свойств [15–17] сырья шиповника, обобщены данные о высокой биодоступности биомолекул масла шиповника [18–21]. Учитывая низкую токсичность, отсутствие ксенобиотического эффекта и относительную доступность фитосубстанций, исследование и оценка компонентов растительного происхождения в качестве потенциальных фотопротекторов представляет научную и практическую значимость [22].

Результаты данного исследования основаны на систематическом анализе последних данных научных публикаций и могут способствовать формированию логико-структурной взаимосвязи «фитохимический состав – спектр фармакологической активности – перспективы использования растения с целью разработки оригинальных косметических средств с фотопротекторным действием».

ЦЕЛЬ. Оценка потенциала растительных UV-фильтров в свете современной концепции фотозащиты кожи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили методами контент-анализа и агрегирования данных. Систематический поиск литературы проводился с помощью электронно-информационных баз PubMed, Scopus, Google Scholar, eLibrary. Глубина поиска составила 10 лет (период с 2010 по 2021 гг.). Реперными (ключевыми) словами для осуществления таргетного поиска были: фотозащита, антиоксиданты, косметические средства, химический состав, фармакологическое действие. Для поиска зарубежных источников были использованы аналогичные запросы только на английском языке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика UV-излучения

На сегодняшний день неоспоримым представляется тот факт, что на организм человека воздействуют два спектра UV-лучей: средневолновые (UVB) с диапазоном длин волн 280–320 нм, составляющие 5% ультрафиолета, и длинноволновые (UVA) с диапазоном длин волн 320–400 нм, охватывающие 95% UV-спектра. Как признание значимости дозы ультрафиолета, воздействующего на кожу человека, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) ввела UV-индекс, т.е. индекс ежесуточной оценки интенсивности UV-лучей у

поверхности Земли в зависимости от погодных условий в конкретной местности. Стоит отметить, что интенсивность UVB-излучения зависит от угла расположения солнца над горизонтом и нарастает на 4–10% при подъеме на каждые 300 метров вверх и на 3% – при продвижении на юг на каждый градус широты. В отличие от UVB, действие UVA-лучей не смягчается озоновым слоем, они обладают значительной проникающей способностью, проходят через облака, стекло и излучаются постоянно в течение всего светового дня [1, 23].

Влияние UV-излучения на кожу

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что кожа человека воспринимает весь спектр электромагнитных волн, но реагирует на них по-разному. При этом взаимодействие электромагнитных волн со структурами кожи зависит от энергии ее фотона, обратно пропорциональной длине волны. Данный процесс характеризуют параметры отражения/рассеяния, поглощения, глубины проникновения волн. Визуализация воздействия УФ-лучей на кожу по данным различных авторов представлена нами на рис. 1.

По отношению к видимому свету кожа является оптически полупрозрачным образованием. Отражение, рассеяние, поглощение волн происходят незначительно на ее поверхности и массово в ее толще. Показатель внутрислойного отражения является одним из показателей молодости кожи, т.к. с возрастом доля отраженного света уменьшается (рис. 2) [1, 23].

В исследованиях российских и зарубежных авторов показано, что чем меньше длина волны (больше ее частота и энергия), тем более плотно с тканевыми и клеточными образованиями она взаимодействует за счет интенсивной абсорбции хромофорами кожи. Как следствие, такие волны реализуют преимущественно поверхностное действие. В роговом слое важным и массивным абсорбирующим агентом является кератин, поглощающий преимущественно UVB-лучи и, в меньшей степени, взаимодействующий с UVA-спектром [23–25]. Наряду с кератином, в этот процесс поглощения энергии волны UV-лучей вовлечены также кератиноциты, меланоциты, фибробласты, клетки Лангерганса и эндотелиоциты. Биологический эффект данного взаимодействия сопровождается продукцией биологических маркеров, в первую очередь, активных форм кислорода (АФК), а также азота и углерода, включающих как свободные радикалы, так и вещества нерадикальной природы (табл. 1) [1, 23].

Важно отметить, что ультрафиолет обладает кумулятивным повреждающим действием на кожу,

т.е. малые повседневные дозы аккумулируются в месячные/годовые дозы. При этом накапливаются не дозы UV-лучей, а последствия их воздействия, преимущественно представленные окислительными повреждениями клеток и межклеточного матрикса. На сегодняшний день рядом исследований показано, что до 80% признаков старения кожи лица связано с воздействием UV-лучей [24–26]. Так, увеличение времени ежедневного облучения кожи солнечным светом, с 1–2 до 5 часов в день, приводит к потере влаги в коже, нарушению тонуса капилляров и усилению образования мелких морщин в 4,8 раза, а ежедневное применение косметического средства с солнцезащитным фактором (SPF) 4–10 способно снизить кумулятивную дозу UV на 50% [23].

Учитывая, что в клетках и внеклеточном матриксе есть абсорберы для всех типов волн, биологические последствия носят многовекторный характер. О неблагоприятном влиянии UV-лучей на кожу свидетельствуют исследования этиологии и патогенеза злокачественных заболеваний кожи. Лучи UVA- и UVB-спектров приводят к окислению часто встречающихся в составе белков в клетках и матриксе аминокислот лизина, пролина и аргинина, что запускает необратимый процесс гликации с образованием продуктов завершённого гликолиза, поперечных сшивок белковых волокон внутри и вне клеток. Последнее обстоятельство приводит к выраженному меланогенезу в эпидермисе и истончению дермы [23, 25]. Стоит подчеркнуть, что применение косметики с SPF 15 у детей снижает риск рака кожи в позднем возрасте на 78% [23].

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что UVB-волны реализуют свой эффект исключительно на уровне эпидермиса, в котором формируются первичные повреждения. Биологически наиболее важным абсорбером UVB-лучей является ДНК кератиноцитов росткового слоя эпидермиса, а мишенью – расположенные рядом пиримидиновые основания тимина и цитозина, между которыми в условиях поглощения фотона UVB-волны возникают патологические ковалентные связи. В результате взаимодействия образуются два фотопродукта – циклобутан пиримидиновый димер и 6–4 фотопродукт (рис. 3) [1, 23]. Стоит отметить, что сформированные фотопродукты с изменённой пространственной геометрией приводят к подмене нуклеотида во вновь синтезируемой цепи и приводят к UVB-мутациям, которые встречаются при UVB-облучении в 85% случаев. Кроме того, в результате массивного повреждения ДНК в эпидермисе образуются первые «ожоговые» клетки с характерной морфологией. Таким образом, пиримидиновые димеры и «ожоговые» клетки представляют собой ранний, точный и информативный показатель

интенсивности UVB-облучения. Маркером интенсивности воздействия UVB-облучения являются также иммунные клетки Лангерганса, которые крайне чувствительны к воздействию UVB-лучей, поскольку теряют свои отростки и мигрируют в регионарные лимфатические узлы [23].

Несмотря на то, что UVB-лучи практически не проникают в дерму, индикаторами степени UVB-поражения являются также дермальные реакции, в т.ч. активизация дермальной MMP-1, разрушающей коллаген, покраснение кожи и эластолиз, нарастающий вследствие накопления в сосочковом слое дермы большого количества незрелого эластина [1].

Вместе с тем, кумулятивное воздействие UVA-лучей на организм человека проявляется более выраженными деструктивными изменениями, чем UVB-облучение. Несмотря на тот факт, что UVB-лучи обладают энергией в 1000 раз превышающей энергию UVA, 90% UVB-лучей блокируются роговым слоем эпидермиса, в то время как 50–60% UVA-лучей способны проникать глубоко в дерму. Стоит отметить, что именно UVA-облучение путем лавинообразной продукции пула свободных радикалов, повреждающих клетки и внеклеточные структуры дермы, определяет манифестацию картины фотостарения кожи путем потери эластичности и формирования морщин. Индикатором повреждения ДНК при UVA-облучении является окисление ДНК в области пуринового основания гуанина с накоплением 8-гидроксигуанина. Наряду с этим, избыток АФК приводит к быстрой лиганд-независимой активации мембранных клеточных рецепторов к многочисленным факторам роста и интерлейкинам, искажению активности генов, включая AP-1 и NF-κB, что в конечном итоге обуславливает ингибирование процессов синтеза проколлагена, синтез продуктов гликирования и активацию металлопротеиназ MMP-1, -3 и -9, определяющих деструкцию структур дермального матрикса (рис. 4, табл. 2) [1, 22, 23].

Физиологические механизмы защиты организма от UVA/UVB-лучей представлены роговым слоем эпидермиса, способным к уплотнению под воздействием UVA/UVB-лучей, меланином (от греч. *melanos* – чёрный), который задерживает до 90% фотонов, а также урокановой кислотой. При облучении транс-форма кислоты переходит в цис-форму, при отсутствии воздействия UV-излучения протекает обратная реакция (рис. 5) [23, 27].

Таким образом, многовекторность и глубина морфо-функциональных изменений в коже в условиях воздействия всего спектра UV-лучей подчеркивают значимость фотопroteкции самого крупного органа организма человека.

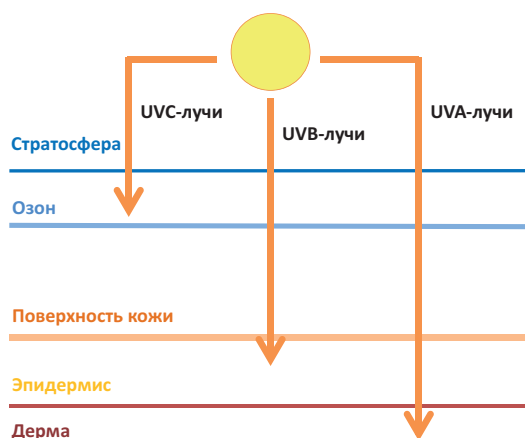
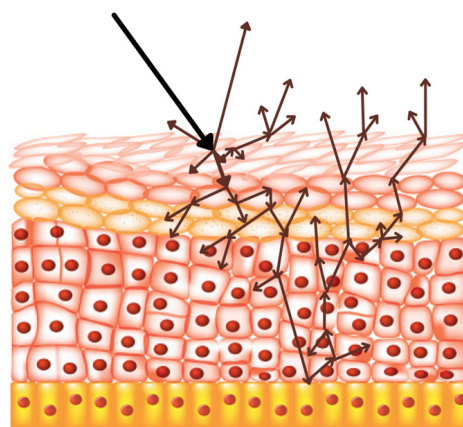
Рисунок 1 – Схема воздействия UV-лучей на кожу человека¹

Рисунок 2 – Распространение световой волны внутри кожи

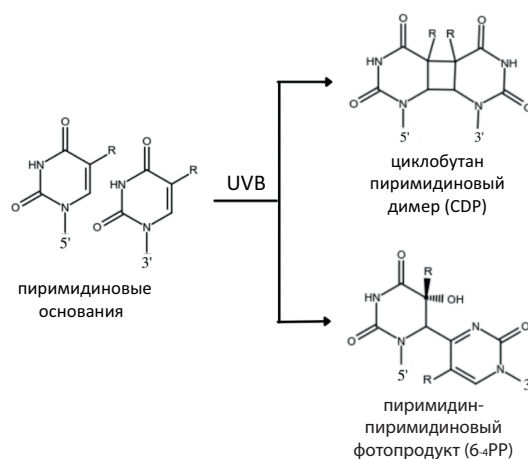


Рисунок 3 – Трансформация тимина Т и цитозина С при поглощении фотона UVB-волны

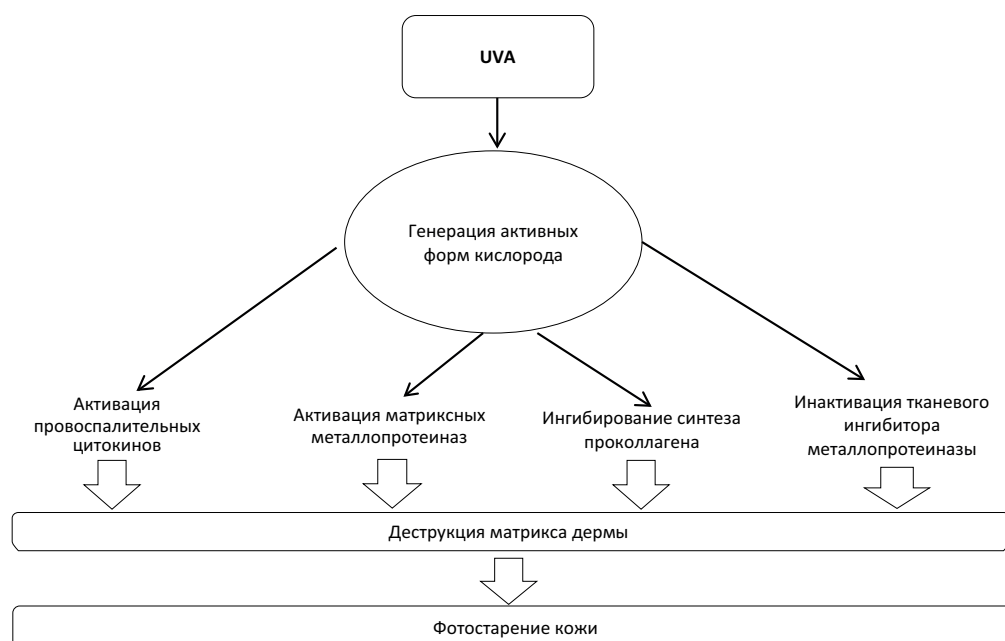


Рисунок 4 – Воздействие на кожу UVA-лучей

¹ Здесь и далее рисунки представляют собой авторскую интерпретацию комплексного анализа данных литературы по отдельным аспектам рассматриваемой проблемы.

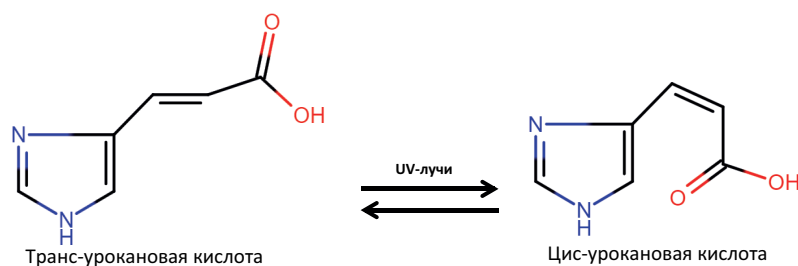


Рисунок 5 – Изомеризация урокановой кислоты квантом света в условиях воздействия UV-лучей

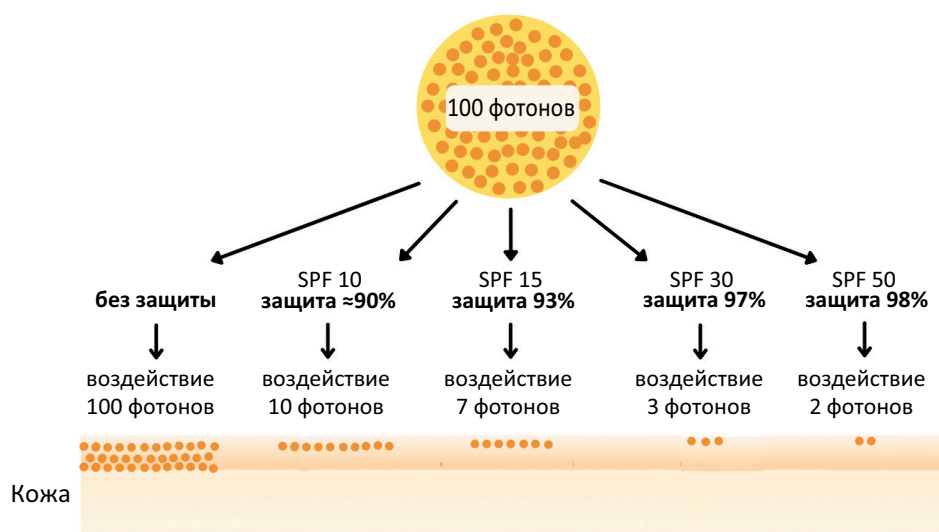


Рисунок 6 – Принцип расчета величины SPF



Рисунок 7 – Методы тестирования клеточной биозащиты при воздействии UV-лучей

Таблица 1 – Генерация токсичных АФК при взаимодействии с различными спектрами солнечного света

Хромофоры кожи	Пик поглощения, нм	АФК
Билирубин	400–600	H_2O_2
Коллаген/эластин	320–400	H_2O_2
Коллаген AGE (пентозидин)	320–400	$\bullet O_2^-$ H_2O_2 $\bullet OH$
Меланин	230–600	H_2O_2
Медь/цитохром С комплекс IV (митохондрия)	770–1400	$\bullet O_2^-$ H_2O_2 $\bullet OH$
NADH, NADPH	290–405	$\bullet O_2^-$ 1O_2
2-тиорацил/4-тиоурин	290–405	$\bullet O_2^-$ 1O_2
Порфирины	290–700	$\bullet O_2^-$ H_2O_2 1O_2
Триптофан	300–400	$\bullet O_2^-$ H_2O_2 1O_2
Рибофлавин	290–465	$\bullet O_2^-$ 1O_2
Уроканиновая кислота	310	1O_2

Примечание: $\bullet O_2^-$ – супероксид-анион радикал; $\bullet OH$ – гидроксильный радикал; 1O_2 – синглетный кислород; АФК – активная форма кислорода; NADH – никотинамидадениндинуклеотид восстановленный; NADPH – никотинамидадениндинуклеотидфосфат.

Таблица 2 – Глубина проникновения и воздействие на кожу UVA/UVB-лучей

Глубина проникновения лучей	Тип лучей	Результат воздействия на кожу
Эпидермис	UVA+UVB	– поражение кератиноцитов – поражение меланоцитов – миграция клеток Лангерганса
Дерма	UVA	– генерация свободных радикалов (в т.ч. поражаются ДНК, белки и липиды, мембраны и митохондрии) – снижение синтетической активности фибробластов, нарушение их клеточного цикла и способности к миграции – нарушение синтеза и деструкции коллагена и эластина – инфильтрация околососудистого матрикса форменными элементами крови
Гиподерма	UVA	– поражение адипоцитов, в т.ч. нарушение синтеза липидов и снижение содержания триглицеридов – снижение синтеза адипонектина

Таблица 3 – Характеристики фотопротекторов с различными величинами SPF-фактора

Степень фотозащиты	Величина SPF-фактора	Трансмиссия	Поглощение (%)
Низкая	6	0,167	83,3
Средняя	10	0,100	90,0
	15	0,067	93,3
Высокая	20	0,050	95,0
	25	0,040	96,0
	30	0,033	96,7
Очень высокая	50	0,020	98,0
	60 (50+)	0,017	98,3

Характеристика и механизм защитного действия UV-фильтров

Защитным действием в отношении УФ-лучей обладают UV-фильтры – вещества, предназначенные для защиты кожи от проникновения УФ-излучения путем абсорбции, отражения или рассеивания. Эффективность UV-фильтров измеряется фактором солнечной защиты (SPF) и является отношением минимальной дозы UV-излучения, которая вызывает покраснение защищенной кожи к минимальной дозе UV-излучения, вызывающей покраснение незащищенной кожи. Индекс солнечной защиты,

например 50, обозначает, что для получения эритемы при наличии защиты требуется в 50 раз большая доза облучения UV, чем без защиты (рис. 6) [1, 23, 27].

На сегодняшний день доказано, что трансмиссия (коэффициент пропускания без изменения направления) UV-лучей в условиях использования фотопротектора связана обратно пропорциональной зависимостью с величиной поглощения. При этом существенное увеличение значений SPF-фактора реализуется лишь некоторым увеличением величин показателя поглощения (табл. 3) [1, 27].

Таблица 4 – Классификация и номенклатура UV-фильтров

Критерий	Физические UV-фильтры	Химические UV-фильтры
Химическая природа	– неорганические соединения (используются в микронизированном, ультра-микронизированном, тонкодисперсном виде и в форме наночастиц)	– органические соединения
Механизм действия	– представляют собой минеральные экраны, которые рассеивают и отражают солнечные лучи	– поглощают ультрафиолет и под действием кванта света претерпевают изомеризацию
Локализация эффекта	– поверхность рогового слоя эпидермиса	– эпидермис
Преимущества	– высокий уровень безопасности, инертность по отношению к UV-лучам – UVA/UVB – фотозащита – ценовая доступность	– возможность создания комбинаций с минимальными «рабочими» концентрациями и широким защитным спектром – сочетаемость с другими компонентами рецептуры
Недостатки	– физические частицы в течение дня удаляются за счет активности желез и др. факторов – «эффект белил» – довольно высокие «рабочие» концентрации – сложности при сочетании с другими компонентами рецептуры	– вероятность развития аллергических реакций – потенциальная фототоксичность (в т.ч. провоцируют фотоконтактный дерматит)
Наименования фильтров, присутствующих на европейских и российских косметических рынках	– диоксид цинка, диоксид титана	– UVB: п-аминобензойная кислота (ПАВА) и ее производные (падимат О), салицилаты (гомоментилсалицилат, октисалат, троламин салицилат), циннаматы (октиноксат), производные камфоры, производные метоксикоричной кислоты – UVA: авобензон, мексорил, нео гелиопан UVA/UVB: октокрилен, бензофенон-3, 4, 5, 8, фенилбензотриазол сульфокислоты (энсулизол), диоксибензон, триазины и триазоны (тиносорб, ювинул)

Уровень необходимой коже фотозащиты строго индивидуален и определяется возрастом и особенностями организма, типом и состоянием кожи, прогнозируемой длительностью пребывания на солнце, а также UV-индексом (0–12) региона с учетом облачности. Так как UVB-лучи более интенсивные, то цифра на этикетке солнцезащитного средства обозначает защиту от данного типа волн. Более слабые UVA-лучи не требуют очень высокой степени защиты, поэтому защита от них составляет 1/3 от лучей типа В. Например, маркировка SPF 30 означает, что от UVB будет защита 30, а от UVA – 1/3, то есть 10² [26].

Для точного определения уровня UVA-протекции применяют несколько тестов. Все они базируются на измерении пропускания/поглощения (рис. 7). Методы *in vivo*, в частности немедленное наличие темной пигментации (Immediat Pigment Darkening – IPD) и постоянное наличие темной пигментации (Persistent Pigment Darkening – PPD) основаны на определении кожного ответа на UVA-облучение (пигментация и эритема) с последующим подсчетом UVA-защитного фактора, аналогичного подсчету SPF.

² Regulation (EC) No. 1223/2009 Of The European Parliament And Of The Council of 30.11.2009 on cosmetic products // Official Journal of the European Union. – 2009. – L. 342. – P. 59–209.

Кроме того, сегодня введены дополнительные тесты для оценки не только защитного эффекта против эритемы, но также и защиты от иммунологических и мутационных эффектов, вызванных ультрафиолетом³.

В состав солнцезащитных препаратов входят фильтры, задерживающие солнечные лучи (табл. 4), принцип работы которых основан на физическом или химическом взаимодействии. Химические фильтры, улавливая UV-лучи, преобразуют их в тепловую энергию. Физические фильтры, такие как минеральные соединения титана или цинка, остаются на поверхности кожи и блокируют солнечное облучение, отражая лучи. Физические фильтры практически всегда отбеливают кожу и хуже смываются, подходят для чувствительной кожи, химические – прозрачные и незаметные на лице, могут обладать раздражающим действием. Перечень UV-фильтров, разрешенных к применению в Европейском союзе, представлен в Регламенте (EU) 1223/2009⁴. Документ содержит

³ Commission Recommendation of 22 September 2006 on the efficacy of sunscreen products and the claims made relating thereto // Official Journal of the European Union. – 2006. – L. 265. – P. 39–42.

⁴ Regulation (EC) No. 1223/2009 Of The European Parliament And Of The Council of 30.11.2009 on cosmetic products, 2009.

28 позиций International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI) с указанием области поглощения и максимально допустимой концентрации. В России соответствующий перечень регламентирован Приложением 5 Таможенного регламента Комиссии таможенного союза 009/2011⁵, который также определяет условия использования фотопротекторов и предупреждения, информация о которых должна быть доведена до потребителя.

В свете рассуждений о свойствах фотопротекторов стоит отметить фотостабильность, т.е. способность сохранять свою структуру и свойства под влиянием излучения, а также коэффициент гашения, демонстрирующий, насколько активно препарат поглощает энергию. Важно подчеркнуть, что некоторые химические фильтры в значительной мере подвергаются фотолизу. К примеру, через 15 мин после воздействия солнечного света отмечается снижение активности: авобензона – до 36%, октил-п-метоксициннамата – на 4,5%. Эффективными значениями коэффициента гашения считаются величины более 20 (бутилметоксидибензоилметан – 31,0 октилдеметил п-аминобензойная кислота – 28,4, этилгексил-п-метоксициннамат – 24,2) [27].

Таким образом, особенности химической структуры, механизма действия, необходимость сохранения стабильности, эффективности и безопасности применения определяет круг требований к современному фотопротектору, в т.ч. способность поглощать лучи в широком диапазоне; фото-, термо- и водоустойчивость; низкая проникающая способность в отношении рогового слоя эпидермиса; приемлемый профиль безопасности (отсутствие токсичности, а также канцерогенного, сенсibilизирующего эффектов); способность эффективно предотвращать видимые (солнечные ожоги) и невидимые (фотостарение, канцерогенез) эффекты UV-излучения [28, 29].

Фотопротекторные свойства растительных БАВ

Высокий уровень инноваций и динамизма фармацевтической и косметической отраслей находит отражение в активном поиске новых многофункциональных натуральных ингредиентов. В настоящее время особое внимание обращает на себя тенденция применения растительного сырья и его компонентов в рецептуре солнцезащитных средств, что обусловлено широким спектром активности, отсутствием ксенобиотического эффекта и высокой биодоступностью органических растительных соединений⁶ [30, 31].

На сегодняшний день неоспоримым представляется тот факт, что растения адаптируются к изменениям окружающей среды [32–35], в т.ч.

повреждающему действию солнечных лучей путем реализации защитных механизмов, включающих продуцирование или активацию процессов биосинтеза антиоксидантных молекул [36–38]. Более того, в ряде исследований [22, 24, 26, 30] научно обоснованы гипотезы о потенциальной фотопротекторной активности соединений растительного происхождения.

При этом в ряде работ [39, 40] отмечается, что растительные экстракты проявляют синергетическое действие с химическими и физическими УФ-фильтрами, повышая тем самым SPF-фактор растительных косметических композиций. Причем механизм фотопротекторного действия различен: от собственной адсорбции УФ-лучей до антиоксидантного и противовоспалительного эффектов, которые опосредованно реализуют фотопротекцию, нивелируя негативное действие солнца.

В ряду БАВ растений наибольшее фотопротекторное значение исследователи придают различным классам фенольных соединений. Так, Acevedo A. с коллегами сообщает, что после введения вербаскозида и линарина в состав фотопротекторного косметического средства, его SPF-фактор составлял 24. Данные соединения представляют собой гликозиды кофейной кислоты и акацетина, что в очередной раз подтверждает тезис о выраженной антирадикальной активности полифенольных соединений [41]. Полифенольные соединения проявляют широкий спектр биологических свойств: антиоксидантное, противовоспалительное, гепатопротекторное, вазоактивное, антитромботическое, противоопухолевое, антибактериальное и противопаразитарные. В работе Velasco M.V.R. и соавт. отмечают подобие структуры полифенольных соединений с органическими УФ-фильтрами, например, этилгексилметоксициннаматом и, как следствие, схожесть фотопротекторных свойств [42].

Фотопротекторные свойства изучены для многих фенольных комплексов растений. Так, положительное влияние полифенольных соединений сухого экстракта подорожника ланцетовидного было продемонстрировано в работе бразильских ученых [43]. Показано, что добавление 7% сухого экстракта в фитокомпозицию увеличивало соотношение UVA/UVB с 0,49 до 0,52. Оптимальные фотозащитные свойства демонстрирует силимарин – комплекс флаволигнановых соединений расторопши пятнистой – который при введении его в косметические фотопротекторные средства обеспечивает SPF, равный 13–14 [44]. Высокие фотопротекторные свойства (SPF = 9,9) характерны также для фенольного комплекса морских водорослей [45]. Сообщается о фотопротекторных свойствах антоцианов – отдельной группы соединений флавоноидной природы, обеспечивающих красно-фиолетовые оттенки окраски надземных частей (преимущественно

⁵ Решение Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 № 799 «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (вместе с «ТР ТС 009/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности парфюмерно-косметической продукции»).

⁶ Там же.

цветков и плодов) растений. Cefali L.C. с соавторами показали, что масляные экстракты антоцианов малины и черники демонстрируют SPF-фактор 37 и 54 соответственно [46].

Несмотря на преимущественное акцентирование внимания на доказательности фотопротекторных свойств фенольных соединений, для других групп растительных БАВ также характерно защитное действие от негативного влияния солнечных лучей. В работах авторов [47-49] отмечается высокая фотопротекторная активность лигнина за счет его способности нивелировать свободные радикалы. Отмечено, что включение лигнина в косметические лосьоны, увеличило соотношение UVA/UVB в диапазоне 0,69–0,72. В публикациях [50, 51] приводятся данные по изучению фотопротекторной активности кофеина, пирокатехина, хлорогеновой и 3,4,5-трикофеилхиновой кислот, выделенных из зерен кофе. Показана их эффективность в протекции старения кожи, вызванного воздействием UV-лучей и позитивное влияние на поврежденную ДНК.

В литературе приведена доказательная база и показана возможность использования в качестве натуральных UV-фильтров растительных масел: авокадо (SPF 4–15), кокосового (SPF 2–8), макадамии (SPF 6), ши (SPF 3–6), жожоба (SPF 4), что обусловлено наличием остатков полиненасыщенных (преимущественно линолевой и линоленовой) кислот и их способностью нейтрализовать свободные радикалы, обеспечивая антиоксидантную защиту. Растительные экстракты, например, алоэ, ромашки, шлемника, винограда и др., можно рассматривать как комплексные фитокомпозиции без индивидуализации маркерного компонента фотопротекторного действия [31, 32].

Стоит отметить, что российскими и зарубежными авторами изучен и экспериментально установлен фотозащитный потенциал, выраженный антиоксидантной активностью биологически

активных веществ шиповника [11–14]. Выявлены потенциальные возможности использования масла орешков (плодиков) в разработке солнцезащитных средств за счет компонентов масла – каротиноидов, витаминов Е и F, триглицеридов полиненасыщенных (линолевой и линоленовой) кислот, которые способствуют защите от UV-излучения. В литературе [18, 19] обобщены данные о высокой биодоступности биомолекул масла шиповника, что определяется его составом, схожим с липидным слоем кожи человека.

Подтверждением возможности использования вторичных метаболитов растений – фенольных соединений (в т.ч. флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, лигнаны), витаминов, терпенов – может служить широкое применение последних в рецептуре фотозащитных косметических средств и нутрицевтических продуктов [1, 22, 23]. Поскольку формирование доказательной базы клинической эффективности в области фотопротекции растительных солнцезащитных фильтров, представляющих целый комплекс биомолекул с антиоксидантным, противовоспалительным и антирадикальным действием, осложняется трудоемкостью выделения и наработки оптимального количества БАВ, подобные позиции на рынке косметических ингредиентов сегодня отсутствуют [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных научных публикаций демонстрирует потенциальную фотопротекторную активность БАВ растений, обусловленную антиоксидантным, противовоспалительным и антирадикальным эффектами. Результаты исследования являются теоретическим базисом для дальнейшего всестороннего экспериментального изучения растительных объектов с целью получения пула доказательных данных в области фотопротекции *in vivo*.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Данное исследование не имело финансовой поддержки от сторонних организаций.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

О.Д. Немятых – концепция и дизайн работы, написание текста; А.С. Сабитов – сбор и обработка материала; А.И. Ляшко – сбор и обработка материала, написание текста; И.И. Тернинко – сбор и обработка материала, написание текста; З.Б. Сакипова – сбор и обработка материала, написание текста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wolf P. [UV-Filter. State of the Art] // Hautarzt. – 2009. – Vol. 60, No. 4. – P. 285–293. DOI: 10.1007/s00105-008-1623-y. German
2. He H., Li A., Li Sh., Tang J., Li L., Xiong L. Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF) // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2021. – Vol. 134. – Art. ID: 111–161. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.111161
3. Westfall A., Sigurdson G.T., Giusti M.M. Antioxidant, UV protection, and anti-photoaging properties of anthocyanin-pigmented lipstick formulations // J. Cosmet. Sci. – 2019. – Vol. 70, No. 2. – P. 63–76.
4. Korać R.R., Khambholja K.M. Potential of herbs in skin protection from ultraviolet radiation // Pharmacogn. Rev. – 2011. – Vol. 5, No. 10. – P. 164–173. DOI: 10.4103/0973-7847.91114
5. Lohézic-Le Dévéhat F., Legouin B., Couteau C., Boustie J.,

- Coiffard L. Lichenic extracts and metabolites as UV filters // J. Photochem. Photobiol. B. – 2013. – Vol. 120. – P. 17–28. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2013.01.009
6. Vostálová J., Tinková E., Biedermann D., Kosina P., Ulrichová J., Rajnochová Svobodová A. Skin protective activity of silymarin and its flavonolignans // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24, No. 6. – P. 1022–2406. DOI: 10.3390/molecules24061022
7. Álvarez-Gómez F., Korbee N., Casas V., Teófilo Abdala-Díaz R., Figueroa F. UV photoprotection, cytotoxicity and immunology capacity of red algae extracts // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24, No. 2. – Art. No. 341. DOI: 10.3390/molecules24020341
8. Ahmady A., Amini H. M., Zhakfar A.M., Babak G., Sediqi M.N. Sun protective potential and physical stability of herbal sunscreen developed from afghan medicinal plants // *Turk. J. Pharm. Sci.* – 2020. – Vol. 17, No. 3. – P. 285–292. DOI: 10.4274/tjps.galenos.2019.15428
9. Baldisserotto A., Buso P., Radice M., Dissette V., Lampronti I., Gambari R., Manfredini S., Vertuani S. Moringa oleifera leaf extracts as multifunctional ingredients for “natural and organic” sunscreens and photoprotective preparations // *Molecules*. – 2018. – Vol. 23, No. 3. – Art. No. 664. DOI: 10.3390/molecules23030664
10. Cefali L.C., Ataide J.A., Fernandes A.R., Sanchez-Lopez E., Sousa I.M.O., Figueiredo M.C., Ruiz A.L.T.G., Foglio M.A., Mazzola P.G., Souto E.B. Evaluation of *In Vitro* Solar Protection Factor (SPF), Antioxidant Activity, and Cell Viability of Mixed Vegetable Extracts from *Dirmophandra mollis* Benth, *Ginkgo biloba* L., *Ruta graveolens* L., and *Vitis vinifera* L. // *Plants* (Basel). – 2019. – Vol. 8, No. 11. – Art. ID: 453. DOI: 10.3390/plants8110453
11. Kiralan M., Yildirim G. Rosehip (*Rosa canina* L.) Oil // *Fruit Oils: Chemistry and Functionality*. – 2019. – P. 803–814. DOI: 10.1007/978-3-030-12473-1_43
12. Fascella G., D'Angiolillo F., Mammano M., Amenta M., Romeo F., Rapisarda P., Ballistreri G. Bioactive compounds and antioxidant activity of four rose hip species from spontaneous Sicilian flora // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 289. – P. 56–64. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.02.127
13. Jiménez P.P., Masson S.L., Quitral R.V. Chemical composition of chia seed, flaxseed and rosehip and its contribution in fatty acids omega-3 // *Revista Chilena De Nutricion*. – 2013. – Vol. 40, No. 2. – P. 155–160. DOI: 10.4067/S0717-75182013000200010
14. Pashazadeh H., Özdemir N., Zannou O., Koca I. Antioxidant capacity, phytochemical compounds, and volatile compounds related to aromatic property of vinegar produced from black rosehip (*Rosa pimpinellifolia* L.) juice // *Food Bioscience*. – 2021. – Vol. 44, No. 9. – Art. ID: 101318. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101318
15. Dąbrowska M., Maciejczyk E., Kalemba D. Rose hip seed oil: Methods of extraction and chemical composition // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2019. – Vol. 121, No. 8. – Art. ID: 1800440. DOI: 10.1002/ejlt.201800440
16. Duru N., Karadeniz F., Erge H.S. Changes in bioactive compounds, antioxidant activity and HMF formation in rosehip nectars during storage // *Food and Bioprocess Technology*. – 2012. – Vol. 5, No. 7. – P. 2899–2907. DOI: 10.1007/s11947-011-0657-9
17. Kayath H., Dhawan S., Nanda S. *In-vitro* Estimation of Photo-Protective Potential of Rosehip Seed Oil and QbD Based Development of a Nanoformulation // *Current Nanomedicine*. – 2019. – Vol. 9, No. 3. – P. 216–231. DOI: 10.2174/2468187309666190126112141
18. Kulaitienė J., Medveckienė B., Levickienė D., Vaitkevičienė N., Makarevičienė V., Jarienė E. Changes in fatty acids content in organic rosehip (*Rosa* spp.) seeds during ripening // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, No. 12. – Art. No. 1793. DOI: 10.3390/plants9121793
19. Bhavé A., Schulzova V., Chmelarova H., Mrnka L., Hajslova J. Assessment of rosehips based on the content of their biologically active compounds // *J. Food Drug. Anal.* – 2017. – Vol. 25, No. 3. – P. 681–690. DOI: 10.1016/j.jfda.2016.12.019
20. Дубцова Г.Н., Негматуллоева Р.Н., Бессонов В.В., Байков В.Г., Шевякова Л.В., Махова Н.Н., Передеряев О.И., Богачук М.Н., Байгарин Е.К. Состав и содержание биологически активных веществ в плодах шиповника // *Вопросы питания*. – 2012. – Т. 81, № 6. – P. 84–88.
21. Chu C.C., Nyam K.L. Application of seed oils and its bioactive compounds in sunscreen formulations // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2021. – Vol. 98, No. 7. – P. 713–726. DOI: 10.1002/aocs.12491
22. Radice M., Manfredini S., Ziosi P., Dissette V., Buso P., Fallacara A., Vertuani S. Herbal extracts, lichens and biomolecules as natural photo-protection alternatives to synthetic UV filters. A systematic review // *Fitoterapia*. – 2016. – Vol. 114. – P. 144–162. DOI: 10.1016/j.fitote.2016.09.003
23. Олисова О.Ю., Владимирова Е.В., Бабушкин А.М. Кожа и солнце // *Российский журнал кожных и венерических болезней*. – 2012. – Т. 15, № 6. – С. 57–62. DOI: 10.17816/dv36783
24. Свиридова А.А., Ищенко А.А. Солнцезащитные средства. I. Классификация и механизм действия органических фильтров // *Химия и химическая технология*. – 2006. – Т. 49, № 11 – С. 3–14.
25. Cavinato M., Jansen-Dürr P. Molecular mechanisms of UVB-induced senescence of dermal fibroblasts and its relevance for photoaging of the human skin // *Exp. Gerontol.* – 2017. – Vol. 94. – P. 78–82. DOI: 10.1016/j.exger.2017.01.009
26. Wu S., Han J., Laden F., Qureshi A.A. Long-term ultraviolet flux, other potential risk factors, and skin cancer risk: a cohort study // *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* – 2014. – Vol. 23, No. 6. – P. 1080–1089. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-13-0821
27. Fitzpatrick T.B. The validity and practicability of sun-reactive skin types I through VI // *Arch. Dermatol.* – 1988. – Vol. 124, No. 6. – P. 869–871. DOI: 10.1001/archderm.124.6.869
28. Smanalieva J., Iskaková J., Oskonbaeva Z., Wichern F., Darr D. Investigation of nutritional characteristics and free radical scavenging activity of wild apple, pear, rosehip, and barberry from the walnut-fruit forests of Kyrgyzstan // *European Food Research and Technology*. – 2020. – Vol. 246, No. 5. – P. 1095–1104. DOI: 10.1007/s00217-020-03476-1
29. Ácsóvá A., Hojerová J., Janotková L., Bendová H., Jedličková L., Hamranová V., Martiniaková S. The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: *in vitro* and *in vivo* studies // *Photochem. Photobiol. Sci.* – 2021. – Vol. 20, No. 1. – P. 139–151. DOI: 10.1007/s43630-020-00009-3
30. Charles Dorni A.I., Amalraj A., Gopi S., Varma K., Anjana S.N. Novel cosmeceuticals from plants- an industry guided review // *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. – 2017. – Vol. 7. – P. 1–26. DOI: 10.1016/j.jarmap.2017.05.003
31. Baumann L. How to use oral and topical cosmeceuticals to prevent and treat skin aging // *Facial Plast. Surg. Clin. North. Am.* – 2018. – Vol. 26, No. 4. – P. 407–413. DOI: 10.1016/j.fsc.2018.06.002
32. Akbarzadeh A., Rezaei-Sadabady R., Davaran S., Joo S.W., Zarghami N., Hanifehpour Y., Samiei M., Kouhi M., Nejati-Koshki K. Liposome: classification, preparation, and applications // *Nanoscale Res. Lett.* – 2013. – Vol. 8, No. 1. – Art. No. 102. DOI: 10.1186/1556-276X-8-102
33. Fivenson D., Sabzevari N., Qiblawi S., Blitz J, Norton B,

- Norton S. Sunscreens: UV filters to protect us: Part 2-Increasing awareness of UV filters and their potential toxicities to us and our environment // International Journal of Women's Dermatology. – 2021. – Vol. 7, Issue 1. – P. 45–69. DOI: 10.1016/j.ijwd.2020.08.008
34. Takshak S., Agrawal S.B. Defense potential of secondary metabolites in medicinal plants under UV-B stress // J. Photochem. Photobiol. B: Biology. – 2019. – Vol. 193. – P. 51–88. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2019.02.002
 35. Shikov A.N., Narkevich I.A., Akamova A.V., Nemyatykh O.D., Flisyuk E.V., Luzhanin V.G., Povydysh M.N., Mikhailova Y.V., Pozharitskaya O.N. Medical Species Used in Russia for the Management of Diabetes and Related Disorders // Front. Pharmacol. – 2021. – Vol. 12. – Art. ID: 697411. DOI: 10.3389/fphar.2021.697411
 36. Zhang S., Zhang L., Zou H., Qiu L., Zheng Y., Yang D., Wang Y. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants // Plant Physiol. Biochem. – 2020. – Vol. 148. – P. 80–89. DOI: 10.3389/fpls.2021.781236
 37. Verdager D., Jansen M., Llorens L., Morales L., Neugart S. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown // Plant Sci. – 2017. – Vol. 255. – P. 72–81. DOI: 10.1016/j.plantsci.2016.11.014
 38. Cefali L.C., Ataíde J.A., Moriel P., Foglio M.A., Mazzola P.G. Plant-based active photoprotectants for sunscreens // Int. J. Cosmet. Sci. – 2016. – Vol. 38, No 4. – P. 346–353. DOI: 10.1111/ics.12316
 39. Piovesana de Souza F., Campos G.R., Packer J.F. Determinação da atividade fotoprotetora e antioxidante em emulsões contendo extrato de *Malpighia glabra* L. // Acerola. J. Basic. Appl. Pharm. Sci. – 2013. – Vol. 34, No. 1. – P. 69–77.
 40. Kumar N., Jose J. Current developments in the nanomediated delivery of photoprotective phytochemicals // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2020. – Vol. 27, No. 31. – P. 38446–38471. DOI: 10.1007/s11356-020-10100-y
 41. Avila Acevedo J.G., Castañeda C.M., Benítez F.J., Durán D.A., Barroso V.R., Martínez C.G., Muñoz L.J., Martínez C.A., Romo de Vivar A. Photoprotective activity of *Buddleja scordioides* // Fitoterapia. – 2005. – Vol. 76, No. 3–4. – P. 301–309. DOI: 10.1016/j.fitote.2005.03.009
 42. Velasco M.V.R., Balogh T.S., Pedriali C.A., Sarruf F.D., Pinto C.A.S.O., Kaneko T.M., Rolim Baby A. [Association of rutin with octyl p-methoxycinnamate and benzophenone-3: *in vitro* evaluation of photoprotective efficacy by reflectance spectrophotometry] // Lat. Am. J. Pharm. – 2008. – Vol. 27, No. 1. – P. 23–27. Portuguese
 43. Velasco M.V., Sarruf F.D., Salgado-Santos I.M., Haroutiounian-Filho C.A., Kaneko T.M., Baby A.R. Broad spectrum bioactive sunscreens // Int. J. Pharm. – 2008. – Vol. 363, No. 1–2. – P. 50–57. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2008.06.031
 44. Netto MPharm G., Jose J. Development, characterization, and evaluation of sunscreen cream containing solid lipid nanoparticles of silymarin // J. Cosmet. Dermatol. – 2018. – Vol. 17, No. 6. – P. 1073–1083. DOI: 10.1111/jocd.12470
 45. Shanuja S.K., Iswarya S., Sridevi J., Gnanamani A. Exploring the UVB-protective efficacy of melanin precursor extracted from marine imperfect fungus: Featuring characterization and application studies under *in vitro* conditions // Int. Microbiol. – 2018. – Vol. 21, No. 1–2. – P. 59–71. DOI: 10.1007/s10123-018-0005-2
 46. Cefali L.C., Franco J.G., Nicolini G.F., Ataíde J.A., Mazzola P.G. *In vitro* antioxidant activity and solar protection factor of blackberry and raspberry extracts in topical formulation // J. Cosmet. Dermatol. – 2019. – Vol. 18, No. 2. – P. 539–544. DOI: 10.1111/jocd.12842
 47. Young A.R., Narbutt J., Harrison G.I., Lawrence K.P., Bell M., O'Connor C., Olsen P., Gryns K., Baczynska K.A., Rogowski-Tylman M., Wulf H.C., Lesiak A., Philipsen P.A. Optimal sunscreen use, during a sun holiday with a very high ultraviolet index, allows vitamin D synthesis without sunburn // Br. J. Dermatol. – 2019. – Vol. 181, No. 5. – P. 1052–1062. DOI: 10.1111/bjd.17888
 48. Li S.X., Li M.F., Bian J., Wu X.F., Peng F., Ma M.G. Preparation of organic acid lignin submicrometer particle as a natural broad-spectrum photo-protection agent // Int. J. Biologic. Macromol. – 2019. – Vol. 132. – P. 836–843. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.03.177
 49. Cefali L.C., Ataíde J.A., Fernandes A.R., Sousa I.M.O., Gonçalves F.C.D.S., Eberlin S., Dávila J.L., Jozala A.F., Chaud M.V., Sanchez-Lopez E., Marto J., d'Ávila M.A., Ribeiro H.M., Foglio M.A., Souto E.B., Mazzola P.G. Flavonoid-Enriched Plant-Extract-Loaded Emulsion: A Novel Phytocosmetic Sunscreen Formulation with Antioxidant Properties // Antioxidants (Basel). – 2019. – Vol. 8, No. 10. – Art. No. 443. DOI: 10.3390/antiox8100443
 50. Cho Y.H., Bahuguna A., Kim H.H., Kim D.I., Kim H.J., Yu J.M., Jung H.G., Jang J.Y., Kwak J.H., Park G.H., Kwon O.J., Cho Y.J., An J.Y., Jo C., Kang S.C., An B.J. Potential effect of compounds isolated from *Coffea arabica* against UV-B induced skin damage by protecting fibroblast cells // J. Photochem. Photobiol. B. – 2017. – Vol. 174. – P. 323–332. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2017.08.015
 51. Musazzi U.M., Franzè S., Minghetti P., Casiraghi A. Emulsion versus nanoemulsion: how much is the formulative shift critical for a cosmetic product? // Drug Deliv. Transl. Res. – 2018. – Vol. 8, No. 2. – P. 414–421. DOI: 10.1007/s13346-017-0390-7

АВТОРЫ

Немятых Оксана Дмитриевна – доктор фармацевтических наук, доцент, профессор кафедры управления и экономики фармации ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0001-5933-2120. E-mail: oksana.nemyatykh@pharminnotech.com

Тернинко Инна Ивановна – доктор фармацевтических наук, доцент, начальник структурного подразделения Испытательной лаборатории (Центр контроля качества лекарственных средств) ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России; профессор кафедры фармацевтической химии ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-2942-1015. E-mail: inna.terninko@pharminnotech.com

Сабитов Асхат Султанович – преподаватель школы фармации, КазНМУ имени С.Д. Асфендиярова, Республика Казахстан. ORCID ID: 0000-0001-8101-2123. E-mail: acxam78@gmail.com

Ляшко Анастасия Игоревна – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры управления и экономики фармации ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0001-9534-0398. E-mail: anastasia.fitisova@pharminnotech.com

Сакипова Зуриядда Бектемировна – доктор фармацевтических наук, профессор, декан Школы фармации, КазНМУ имени С.Д. Асфендиярова, Республика Казахстан. ORCID ID: 0000-0003-4477-4051. E-mail: sakipova.z@kaznmu.kz