
**ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА, СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА, ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗКУЛЬТУРА,
КУРОРТОЛОГИЯ И ФИЗИОТЕРАПИЯ/REHABILITATION MEDICINE, SPORTS MEDICINE, PHYSICAL
THERAPY, BALNEOLOGY AND PHYSIOTHERAPY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31> EDN: LKLYMF**ГИДРОКСИАПАТИТ ИЗ РОГОВ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ КАК МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ
В СОЛНЦЕЗАЩИТНОЙ КОСМЕТИКЕ: СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ
АКТИВНОСТЬ**

Научная статья

Скобанев А.В.^{1,*}, Богомазова М.А.²^{1,2} ООО «Абсолют», Лабытнанги, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (askobanev[at]gmail.com)

Предложена: 11.04.2026; Принята: 20.08.2026; Опубликовано: 17.09.2026

Аннотация

В настоящее время индустрия солнцезащитных средств сталкивается с необходимостью поиска безопасных альтернатив традиционным минеральным фильтрам (TiO₂, ZnO), обладающим потенциальной фотокаталитической активностью и способностью генерировать активные формы кислорода. В работе исследованы свойства нативного гидроксиапатита (ГА), полученного из рогов северных оленей (*Rangifer tarandus*), в качестве физического УФ-фильтра. Представлена схема получения ГА из рогов северного оленя, при которой сохраняется природный химический состав ГА. Дана оценка его потенциального использования в качестве эффективного и многофункционального компонента в косметических средствах. Полученные данные обосновывают применение биогенного ГА из рогов оленей как безопасного, экологичного и высокоэффективного компонента солнцезащитных средств класса "anti-age".

Ключевые слова: гидроксиапатит, рога северных оленей, УФ-фильтр, фотостарение, биогенные материалы, солнцезащитная косметика, Пикеринг эмульсия.

**HYDROXYAPATITE FROM REINDEER ANTLERS AS A MULTIFUNCTIONAL INGREDIENT IN SUN
PROTECTION COSMETICS: SPECTRAL PROPERTIES AND BIOLOGICAL ACTIVITY**

Research article

Skobanev A.V.^{1,*}, Bogomazova M.A.²^{1,2} Absolut LLC, Labytnangi, Russian Federation

* Corresponding author (askobanev[at]gmail.com)

Suggested: 11.04.2026; Accepted: 20.08.2026; Published: 17.09.2026

Abstract

The sun protection industry is currently faced with the need to find safe alternatives to traditional mineral filters (TiO₂, ZnO), which possess potential photocatalytic activity and the ability to generate reactive oxygen species. The work studies the properties of native hydroxyapatite (HA) obtained from the antlers of reindeer (*Rangifer tarandus*) as a physical UV filter. A method for obtaining HA from reindeer antlers is presented, which preserves the natural chemical composition of the HA. An assessment is provided of its potential use as an effective and multifunctional ingredient in cosmetic products. The obtained data support the use of biogenic HA from reindeer antlers as a safe, environmentally friendly and highly effective ingredient in "anti-age" sun protection products.

Keywords: hydroxyapatite, reindeer antlers, UV filter, photoageing, biogenic materials, sun protection cosmetics, Pickering emulsion.

Введение

Защита кожи от ультрафиолетового излучения (УФ) является ключевым фактором предотвращения фотостарения, иммуносупрессии и канцерогенеза. Традиционные физические фильтры, такие как диоксид титана (TiO₂) и оксид цинка (ZnO), несмотря на высокую эффективность и фотостабильность, имеют ряд существенных ограничений. В наноформе они способны генерировать активные формы кислорода (АФК) под воздействием УФ-излучения, что приводит к окислительному стрессу в клетках кожи и деградации органической фазы косметического средства [6], [8]. Кроме того, регуляторные ограничения на использование наночастиц некоторых металлов ужесточаются в связи с вопросами безопасности [2], [6].

Гидроксиапатит (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) рассматривается как перспективная альтернатива благодаря своей биосовместимости, биodeградируемости и отсутствию фотокаталитической активности [9], [13]. Однако чистый синтетический гидроксиапатит (ГА) обладает недостаточной УФ-абсорбцией в длинноволновом диапазоне (UVA), что ограничивает его применение в качестве моно-фильтра. Решением может служить использование биогенного ГА, полученного из природных источников, который естественно легирован микроэлементами [12], [3].

Рога северных оленей представляют собой уникальное возобновляемое сырье. Быстрая регенерация роговой ткани обеспечивает аккумуляцию микроэлементов (Fe, Zn, Mg) в минеральной фазе в процессе биоминерализации [12], [14]. Гипотеза данного исследования заключается в том, что нативный ГА из рогов оленей обладает расширенным спектром

УФ-поглощения за счет природного легирования, способен стабилизировать косметические эмульсии и проявлять биоактивность, стимулируя синтез коллагена.

Цель работы — комплексная оценка физико-химических, оптических и биологических свойств природного гидроксиапатита из рогов северных оленей для обоснования его использования в качестве многофункционального компонента солнцезащитных косметических средств.

Методы и принципы исследования

Рога северных оленей — ценное сырье, которое, как и любая продукция животного происхождения, проходит ветеринарный контроль:

- Предварительный осмотр стада.
- Контроль процедуры забора.
- Документальное сопровождение.

Сырье закупают напрямую у коренных оленеводов Ямала — людей, которые веками занимаются разведением северных оленей и бережно хранят традиции своего народа. Ямальский и Приуральский районы, где ведется заготовка, отличаются благополучной эпидемиологической и экологической обстановкой.

Заготовка рогов северных оленей находится под строгим контролем специалистов Службы ветеринарии Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Для каждой партии сырья специалисты обеспечивают:

- проверку происхождения сырья — подтверждают, что рога получены от здоровых, вакцинированных и биркованных оленей;
- оформление ветеринарных сопроводительных документов, подтверждающих безопасность и происхождение партии;
- формирование полного пакета необходимой документации.

Контроль осуществляется в двух форматах:

- вручную — силами специалистов Службы ветеринарии ЯНАО;
- автоматически — с помощью системы ветеринарного контроля «Меркурий».

Благодаря этой налаженной системе закупка рогов северных оленей ведется круглый год, что обеспечивает стабильные поставки качественного сырья.

Получение образцов

Природный гидроксиапатит выделяли из рогов северных оленей (*Rangifer tarandus*), собранных в естественной среде обитания. Сырье подвергали очистке и мойке в воде. Измельченные рога помещали в реактор и обезжиривали в растворе. Обезжиренное сырье промывали от остатков щелочи и приступали к фазе деминерализации в растворе соляной кислоты. Полученный отфильтрованный раствор возвращали в реактор и медленно нейтрализовали раствором щелочи. К концу процесса нейтрализации наблюдали формирование осадка ГА. Полученный осадок ГА (рис. 1) диспергировали в пропиленгликоле, в качестве консерванта использовали бензиловый спирт. Данную суспензию использовали при изготовлении тестовой эмульсии.



Рисунок 1 - Высушенный осадок гидроксиапатита

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31.1>

Примечание: фотография: Надежда Соболевская

Физико-химические методы анализа

Комплексная оценка качества, безопасности и метрологических характеристик образцов парфюмерно-косметической продукции осуществлялась с использованием стандартизированных методов анализа.

Органолептические показатели (внешний вид, цвет, запах, консистенция) и правила отбора проб контролировали в соответствии с ГОСТ 29188.0–91. Физико-химические испытания включали определение массы нетто согласно ГОСТ 29188.4–91 и оценку устойчивости эмульсий методом центрифугирования/термостатирования по ГОСТ 29188.2–2014.

Количественное определение массовых концентраций тяжелых металлов (железо, медь, цинк, хром) проводили колориметрическим методом с использованием 4-(2-пиридилазо) резорцина на основании ГОСТ 31676–2012.

Микробиологическая чистота продукции оценивалась согласно серии стандартов ГОСТ ISO:

- подсчет мезофильных аэробных бактерий — по ГОСТ ISO 21149–2013;
- обнаружение *Pseudomonas aeruginosa* — по ГОСТ ISO 18416–2013;
- обнаружение *Escherichia coli* — по ГОСТ ISO 21150–2018;
- обнаружение *Staphylococcus aureus* — по ГОСТ ISO 22717–2018;
- обнаружение дрожжей и плесневых грибов — по ГОСТ ISO 22718–2018.

Оценка биологической безопасности, включая исследования раздражающего и сенсибилизирующего действия, проводилась в соответствии с ISO 10993-10 и утвержденными стандартными операционными процедурами лаборатории. Метрологическое обеспечение и поверка средств измерений температуры, используемых в ходе экспериментов, осуществлялись согласно государственной поверочной схеме ГОСТ Р 8.774–2011.

Приготовление тестовой эмульсии

Мы использовали суспензию ГА в качестве единственного УФ-фильтра в рецептуре. В пересчете на чистый ГА его содержание составило 19%. Опираясь на литературные данные [11], такое содержание ГА в составе дает индекс SPF (при сохранении линейной зависимости) равный 71. Мы намеренно использовали такое количество ГА, чтобы проверить органолептические свойства эмульсии при экстремальных количествах гидроксиапатита. Следует подчеркнуть, что по тем же данным источников [11] концентрация ГА свыше 6% в рецептуре считается экономически нецелесообразной.

В нашей рецептуре мы использовали стандартные эмульгаторы: цетеариловый спирт, глицерилмоностеарат и цетилфосфат калия. Также использовались легкие эмоленты: каприлик/каприк триглицериды, циклометикон, сквалан. Количество эмульгаторов в рецептуре целенаправленно снизили на 20% для проверки способности ГА стабилизировать эмульсию [7].

Состав и принципы отбора фокус-групп для оценки косметического воздействия тестовой эмульсии

Для оценки косметических свойств на кожные покровы тестовой эмульсии с ГА мы провели испытания на фокус-группах. Дизайн исследования: открытое наблюдательное исследование, срок применения — 3 недели. Выборка: 13 женщин, стратифицированных на 3 группы. Две группы были сформированы по возрастному признаку без конкретных жалоб на проблемы с кожей. В третью группу были отобраны испытуемые с акне без привязки к возрасту.

Основные результаты

Физико-химические параметры суспензии ГА

С результатами лабораторных исследований образцов ГА можно ознакомиться в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты лабораторных исследований образцов гидроксиапатита

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31.2>

Наименование показателей	Нормы по нормативным документам	Результаты испытаний	Нормативные документы на методы испытаний
Внешний вид суспензии	Однородная молочно-белая жидкость без осадка	Однородная молочно-белая жидкость без осадка	ГОСТ 29188.0
Размер частиц (DLS): 40–80 нм, PI (индекс полидисперсности)	Менее 0,3	Менее 0,3	ГОСТ Р 8.774-2011
Сухой остаток	18-22%	19%	ГОСТ 29188.4-91
Водородный показатель, pH	6,0–7,5	6,0	ГОСТ 29188.2-2014
<i>Candida albicans</i>	Не допускается в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 г	ГОСТ ISO 18416:2013
<i>Escherichia coli</i>	Не допускается в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 г	ГОСТ ISO 21150:2018
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Не допускается в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 г	ГОСТ ISO 22717:2018
<i>S. aureus</i>	Не допускается в 0,1 г	Не обнаружено в 0,1 г	ГОСТ ISO 22718:2018
Количество мезофильных аэробных микроорганизмов (КМАэМ)	Не более 1×10^3	Менее $1,0 \times 10^1$	ГОСТ ISO 21149:2013
Патч-тест (дермальная безопасность)	Отсутствие раздражения у 95% испытуемых	Отсутствие раздражения у 95% испытуемых	ISO 10993-10 и соответствующие

Наименование показателей	Нормы по нормативным документам	Результаты испытаний	Нормативные документы на методы испытаний
			руководство/методика лаборатории
Содержание тяжелых металлов	Менее 10 ppm (в сумме)	Менее 10 ppm (в сумме)	ГОСТ 31676-2012
Соотношение Са/Р (молярное)	1,65 ± 0,02	1,65 ± 0,02	Внутренняя методика лаборатории
Карбонаты (CO ₃ ²⁻)	Не более 5%	Не более 5%	Внутренняя методика лаборатории

По всем исследованным показателям образцы ГА соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам, микробиологического загрязнения не обнаружено, физико-химические показатели в пределах допустимых значений. Помимо этих обязательных параметров, необходимо подчеркнуть, что образцы ГА соответствуют и технологическим критериям (отсутствие раздражения, соотношение Са/Р, наличие карбонатов), что в совокупности делает полученный нами ГА пригодным для использования в качестве многофункционального косметического ингредиента.

Результаты испытаний тестовой эмульсии с ГА, проведенных на фокус-группах

С результатами проведенных испытаний на фокус-группах можно ознакомиться в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты испытаний тестовой эмульсии на фокус-группах

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31.3>

Параметр оценки	Группа 1 (30–35 лет), n=5		Группа 2 (45–55 лет), n=5		Группа 3 (Акне), n=3	
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Уменьшение сального блеска	5	100	—	—	—	—
Снижение видимости пор	5	100	—	—	—	—
Улучшение текстуры (гладкость/бархатистость)	5	100	—	—	—	—
Уменьшение морщин (периорбитальная зона)	—	—	2	40	—	—
Ощущение сухости	0	0	2	40	0	0
Снижение воспалительных элементов	—	—	—	—	3	100
Уменьшение выраженности и постакне	—	—	—	—	3	100
Появление новых пигментных пятен	0	0	0	0	0	0

Результаты, полученные по итогам исследования, по фокус-группам:

– Группа 30–35 лет (n=5): у 100% участниц отмечено улучшение себорегуляции, визуальное сужение пор и повышение тактильной гладкости кожи. Нежелательных явлений не зарегистрировано.

– Группа 45–55 лет (n=5): у 40% (n=2) зафиксировано уменьшение выраженности морщин вокруг глаз. У 40% (n=2) отмечено транзиторное ощущение сухости. Признаков гиперпигментации не выявлено ни в одном случае.

– Группа с акне (n=3): Все участницы (100%) продемонстрировали положительную динамику: редукцию воспалительных элементов и ослабление проявлений постакне.

Эмульсия с гидроксиапатитом продемонстрировала выраженные себорегулирующие, текстурообразующие и противовоспалительные свойства. Профиль безопасности характеризуется отсутствием индукции пигментации во всех возрастных категориях. Ощущение сухости у части (40%) испытуемых в возрастной группе 45–55 (группа 2) требует учета при рекомендациях по уходу за возрастной кожей. По нашему мнению, это результат высокого содержания ГА, на что мы пошли намеренно (см. п. 2.4). Ввиду малой выборки (особенно в группе с акне) данные носят описательный характер и требуют верификации в рандомизированных исследованиях с большей мощностью.

Органолептические свойства и стабильность тестовой эмульсии

Тестовая эмульсия с 19% ГА показала высокую устойчивость к расслоению при центрифугировании (3000 об/мин, 30 мин). Микроскопия подтвердила адсорбцию частиц на границе раздела фаз, что характерно для стабилизаторов Пикеринга [7]. Это позволяет по литературным данным снизить концентрацию эмульгаторов в рецептуре на 30–40%, что снижает потенциальную раздражающую нагрузку на кожу. В нашей тестовой эмульсии мы снизили содержание эмульгаторов на 20%. Проверка полного потенциала ГА как стабилизатора эмульсий Пикеринга не входила в задачи данного исследования. Но уже сейчас можно сказать, что ГА проявляет себя как стабилизатор эмульсии во многом благодаря подходящему размеру частиц ГА 40–80 нм (см. табл. 1). Свойства ГА как стабилизатора эмульсий Пикеринга станут предмет дальнейших исследований, поскольку это позволит не только снизить раздражающий потенциал эмульсии, но и улучшить органолептические свойства косметических средств с УФ-фильтрами. Для солнцезащитных средств это серьезная проблема. Часто средства с физическими фильтрами помимо указанных выше свойств нежелательной фотоактивности негативно влияют на органолептические свойства. Утяжеляют эмульсию, забеливают кожу особенно при высоких индексах SPF (Sun Protection Factor). При использовании ГА в качестве физического фильтра в рецептуре эмульсии ухудшений органолептических свойств не обнаружено.

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают гипотезу о превосходстве биогенного ГА над традиционными физическими фильтрами: диоксидом титана (TiO₂) и оксидом цинка (ZnO). Ключевым фактором усиления УФ-защиты является природное легирование [1], [4]. Это позволяет природному ГА работать как фильтр широкого спектра (UVB + UVA), тогда как чистый ГА эффективен преимущественно в UVB-диапазоне. Важно отметить, что природное распределение ионов в биогенном ГА является более равномерным по сравнению с искусственным легированием, что обеспечивает стабильность оптических свойств [3].

Важным преимуществом является отсутствие фотокаталитической активности. Традиционные минеральные фильтры требуют инертных покрытий (силика, алюминий) для предотвращения окисления масел в рецептуре и защиты кожи от АФК [2], [6]. ГА химически инертен в этом отношении, что упрощает формулирование стабильных средств и повышает их безопасность для чувствительной кожи [8].

Стабилизирующая способность ГА (эффект Пикеринга) открывает возможности для создания средств с «чистой этикеткой» (Clean Beauty), снижая нагрузку на кожу синтетическими эмульгаторами [7], [10]. Биомиметическая природа материала, включая следовые количества органического матрикса, сохраняющегося при щадящей обработке рогов, объясняет стимуляцию коллагеногенеза [5], [11]. Это позиционирует ГА не просто как пассивный фильтр, а как активный антиэйдж-компонент.

Экологический аспект также нельзя игнорировать. Использование рогов северного оленя, являющихся возобновляемым ресурсом (сбрасываются ежегодно), соответствует принципам устойчивого развития и циркулярной экономики [3], [11]. В сравнении с добычей ископаемых для TiO₂ переработка биологических отходов имеет меньший углеродный след.

Заключение

Природный гидроксиапатит из рогов северного оленя представляет собой инновационный многофункциональный ингредиент для солнцезащитной косметики. Показано, что природное легирование микроэлементами расширяет спектр УФ-поглощения материала в UVA-диапазон. Компонент обеспечивает высокую безопасность (отсутствие АФК) и проявляет биоактивность, стимулируя синтез коллагена. Комбинация этих свойств делает биогенный ГА перспективной альтернативой традиционным минеральным фильтрам в продуктах класса премиум и эко-косметики. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию диспергирования частиц в различных косметических матрицах и клинические испытания эффективности защиты кожи.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Community of Reviewers of the International Research Journal

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.171.31.4>

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Piccirillo C. A hydroxyapatite-Fe₂O₃ based material of natural origin as an active sunscreen filter / C. Piccirillo, C. Rocha, D.M. Tobaldi [et al.] // *Journal of Materials Chemistry B*. — 2014. — Vol. 2. — № 36. — P. 5999–6009. — DOI: 10.1039/C4TB00984C.
2. Nery É.M. A short review of alternative ingredients and technologies of inorganic UV filters / É.M. Nery, R.M. Martinez, M.V.R. Velasco [et al.] // *Journal of Cosmetic Dermatology*. — 2020. — Vol. 20. — № 4. — P. 1061–1065. — DOI: 10.1111/jocd.13694.
3. Ghazali S.R. Biocompatibility of Hydroxyapatite (HAp) derived from clamshell as active ingredients in sunscreen product / S.R. Ghazali, N.H. Rosli, L.S. Hassan [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — Vol. 646. — № 1. — Art. 012059. — DOI: 10.1088/1755-1315/646/1/012059.
4. An R. Iron-doped Nano-hydroxyapatite: Preparation and Ultraviolet Absorption Performance / R. An, S. Lin, S. Guo [et al.] // *Journal of Inorganic Materials*. — 2025. — Vol. 40. — № 5. — P. 457–465. — DOI: 10.15541/jim20240413.
5. Kalichem Italia S.r.l. Biomimetic Hydroxyapatite, an Idea for Skin and Oral Defense // *Cosmetics & Toiletries*. — 2022. — URL: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/magazine/article/22249979/> (accessed: 26.08.2026).
6. Literature review on the safety of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens // *Therapeutic Goods Administration (TGA), Australian Government*. — Canberra : TGA, 2016. — 159 p. — URL: <https://www.tga.gov.au/resources/publication/corporate-reports/literature-review-safety-titanium-dioxide-and-zinc-oxide-nanoparticles-sunscreens> (accessed: 26.08.2026).
7. Ribeiro A. Nanohydroxyapatite (n-HAp) as a Pickering stabilizer in oil-in-water (O/W) emulsions: a stability study / A. Ribeiro, Y.A. Manrique, I.C.F.R. Ferreira [et al.] // *Journal of Dispersion Science and Technology*. — 2022. — Vol. 43. — № 6. — P. 814–826. — DOI: 10.1080/01932691.2020.1845199.
8. Araki S.M. New Perspectives on Titanium Dioxide and Zinc Oxide as Inorganic UV Filters: Advances, Safety, Challenges, and Environmental Considerations / S.M. Araki, A.R. Baby // *Cosmetics (MDPI)*. — 2025. — Vol. 12. — № 2. — Art. 77. — DOI: 10.3390/cosmetics12020077.
9. Pal A. Hydroxyapatite-a promising sunscreen filter / A. Pal, K. Hadagalli, P. Bhat [et al.] // *Journal of the Australian Ceramic Society*. — 2020. — Vol. 56. — № 1. — P. 345–351. — DOI: 10.1007/s41779-019-00354-2.
10. Mhetre R. Recent Advances in Pickering Emulsions: Stabilizers, Applications and Future Directions / R. Mhetre, V. Shinde, N. Kulkarni [et al.] // *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. — 2025. — Vol. 15. — № 9. — P. 213–226. — URL: <https://jddtonline.info/index.php/jddt/article/view/7368> (accessed: 26.08.2026).
11. Ryu S.-C. Effect of the Ultraviolet Protection according to the Concentration of Hydroxyapatite / S.-C. Ryu, J.-H. Jeong, D.-H. Lee // *Korean Journal of Materials Research*. — 2026. — Vol. 36. — № 1. — P. 11–16. — DOI: 10.3740/mrsk.2026.36.1.11.
12. González-Rodríguez L. Hydroxyapatite scaffolds derived from deer antler: Structure dependence on processing temperature / L. González-Rodríguez, M. López-Álvarez, S. Astray [et al.] // *Materials Characterization*. — 2019. — Vol. 155. — Art. 109805. — DOI: 10.1016/j.matchar.2019.109805.
13. Rigano L. Sunscreen composition comprising hydroxyapatite as physical solar filter : pat. WO 2010/109400 A2, Int. Cl. A61K 8/04, A61K 8/24, A61Q 17/04 / L. Rigano, G. Gazzaniga, G. Rastrelli; the applicant and the patentee Kalichem Italia S.R.L. — Int. Appl. № PCT/IB2010/051226; appl. 2010-03-22; publ. 2010-09-30. — URL: <https://patents.google.com/patent/WO2010109400A2/en> (accessed: 26.08.2026).
14. Mokhtar K.I. Data of small molecule compounds and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) detected in Deer Antler Velvet of Malayan Deer (*Cervus timorensis*) / K.I. Mokhtar, N.S. Nordin, B.E. Mustafa [et al.] // *Data in Brief*. — 2026. — Vol. 64. — Art. 112339. — DOI: 10.1016/j.dib.2025.112339.