УДК 577.2

Валеева Р.Т.,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Химической кибернетики»
Казанский национально исследовательский технологический университет
Россия, г. Казань
Смородин А.Н.,
студент,
4 курс, кафедра «Химической кибернетики»
Казанский национально исследовательский технологический университет
Россия, г. Казань

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСТАКСАНТИНА КАК НАТУРАЛЬНОГО АНТИОКСИДАНТА В КОСМЕТОЛОГИИ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: *В статье рассматривается использование астаксантина – природного ксантофиллового каротиноида с мощной антиоксидантной активностью – в косметологии и пищевой промышленности. Изложены химико-физические свойства астаксантина, его механизм действия как антиоксиданта, особенности биодоступности различных форм. Представлены результаты клинических исследований, демонстрирующих эффективность астаксантина в улучшении состояния кожи (антивозрастной эффект, увлажнение, снижение пигментации). Рассмотрено применение астаксантина в пищевых добавках и функциональном питании, а также ключевые технологические и биофармацевтические аспекты.*

Ключевые слова: *астаксантин, природный антиоксидант, ксантофиллы, косметология, пищевые добавки, биодоступность, антивозрастной эффект, пищевая промышленность, микроводоросли Haematococcus pluvialis, свободные радикалы, окислительный стресс.*

Annotation: *The article discusses the use of astaxanthin– a natural xanthophyll carotenoid with powerful antioxidant activity, in cosmetology and the food industry. The chemical and physical properties of astaxanthin, its mechanism of action as an antioxidant, and the bioavailability of various forms are described. The results of clinical studies demonstrating the effectiveness of astaxanthin in improving skin condition (anti-aging effect, moisturizing, reduction of pigmentation) are presented. The use of astaxanthin in food additives and functional nutrition, as well as key technological and biopharmaceutical aspects, is considered.*

Key words: *astaxanthin, natural antioxidant, xanthophylls, cosmetology, dietary supplements, bioavailability, anti-aging effect, food industry, microalgae Haematococcus pluvialis, free radicals, oxidative stress.*

Современная косметология и пищевая промышленность уделяют особое внимание интеграции биоактивных соединений с выраженной антиоксидантной активностью, способных защищать клетки от окислительного стресса (реакций с участием активных форм кислорода – АФК, включая супероксидный анион, синглетный кислород, гидроксильный радикал). Одним из наиболее перспективных соединений является астаксантин – натуральный ксантофилловый каротиноид, обладающий мощным липо- и гидрофильным антиоксидантным действием.

Астаксантин представлен сложной полярной структурой с двумя кетогруппами и двумя гидроксильными группами. Благодаря сопряжённым двойным связям способен связывать и нейтрализовать свободные радикалы и восстанавливать электронный баланс биомембран. Защищает

водорастворимые и жирорастворимые компоненты мембран, действует с обеих сторон липидного слоя. Механизм действия астаксантина – гашение АФК отдачей электрона, стабилизация липидов, белков и ДНК, предотвращение перекисного окисления.

Применение астаксатина в косметологии и дерматологии

Применение астаксантина в косметической индустрии обусловлено его многоплановым действием на процессы старения кожи. Кожа человека является одним из наиболее подверженных окислительному стрессу органов, поскольку она постоянно подвергается воздействию ультрафиолетового излучения (как УФ-А, так и УФ-В), загрязняющих веществ и озона. Именно в коже происходит генерация значительного количества активных форм кислорода, инициирующих процессы фотостарения, выражающиеся в снижении синтеза коллагена и эластина, деградации внеклеточного матрикса и накоплении перекисно-модифицированных белков.

Клинические исследования, проведенные на выборке из 30 женщин в возрасте 40–60 лет с применением астаксантина в течение 8 недель, продемонстрировали выраженные положительные результаты. Анализ микротопографии кожи показал снижение глубины морщин на 35%, улучшение упругости кожи на 42%, увеличение гидратации на 38%, осветление пигментных пятен на 28% и улучшение эластичности на 45%. Эффекты достигались как при пероральном приеме (в виде капсул), так и при наружном применении в составе кремов и сывороток (рисунок 1).

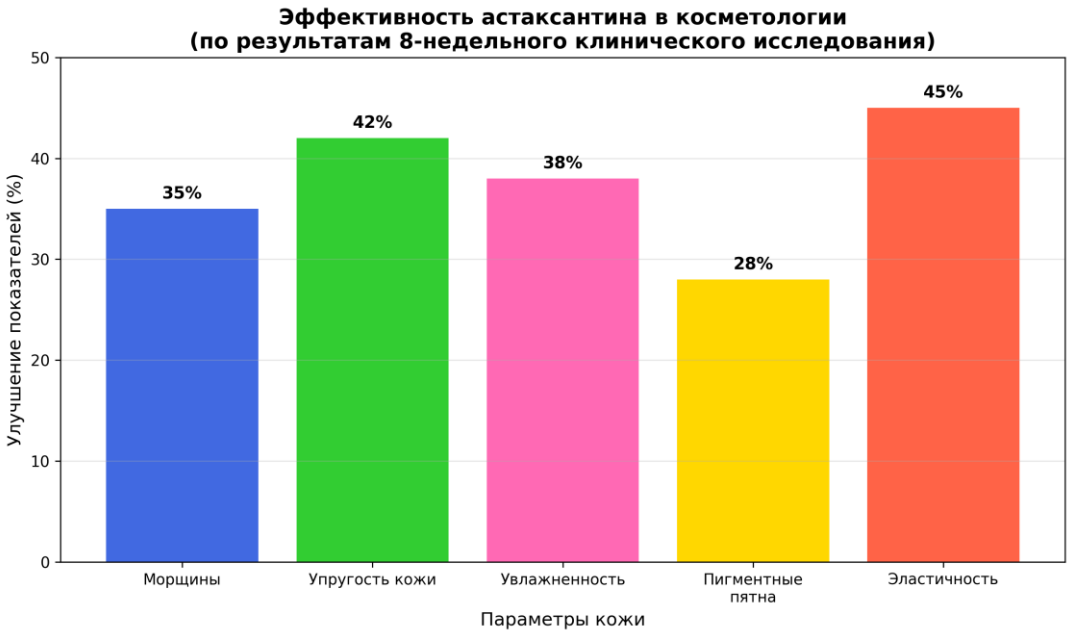

Рисунок 1. Эффективность применения астаксантина для кожи

Механизм косметологического действия астаксантина включает несколько компонентов. Во-первых, он подавляет активность матриксной металлопротеиназы (ММП-2 и ММП-9), ферментов, ответственных за деградацию коллагена и других компонентов внеклеточного матрикса. Во-вторых, астаксантин стимулирует экспрессию проколлагена I типа и фибриллина-1, способствуя синтезу новых структурных белков. В-третьих, он проявляет противовоспалительное действие, снижая уровень провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF-α, IL-8), которые в условиях хронического воспаления ускоряют процессы деградации кожи. В-четвёртых, астаксантин защищает фибробласты от УФ-индуцированного апоптоза, сохраняя жизнеспособность клеток, синтезирующих коллаген. В составе косметических средств астаксантин используется в концентрациях от 0,01% до 2%, в зависимости от типа продукта (кремы, сыворотки, маски, солнцезащитные средства).

Применение астаксантина в пищевой промышленности и нутрицевтике.

Астаксантин нашел широкое применение в пищевой индустрии благодаря двойственности его функций: одновременно выступая как натуральный пищевой краситель (пищевая добавка E161j по классификации ЕС) и как функциональный ингредиент с доказанными биомедицинскими свойствами. Это позволило вывести на рынок целый спектр инновационных продуктов, от функциональных напитков и йогуртов до специализированного спортивного питания и детских пищевых добавок. В функциональных напитках астаксантин применяется в концентрациях 0,5–5 мг/л для придания привлекательного красного/розового цвета и одновременного обогащения напитка антиоксидантными свойствами.

Йогурты и кисломолочные продукты с астаксантином становятся все более популярными в развитых странах, поскольку сочетают пробиотический эффект с мощной антиоксидантной защитой. Спортивное питание получает особую пользу: добавление астаксантина в белковые коктейли и энергетические батончики снижает окислительный стресс, вызываемый интенсивными физическими упражнениями, ускоряет восстановление мышечной ткани и повышает выносливость. Научные исследования с участием спортсменов показали, что регулярное потребление астаксантина (2–12 мг в сутки) приводит к снижению маркеров окислительного стресса на 25–40%, улучшению микроциркуляции и окислительно-восстановительного статуса.

В пожилых людях и лицах с метаболическими нарушениями было продемонстрировано положительное воздействие астаксантина на липидный профиль: снижение уровня триглицеридов на 15–25%, увеличение ЛПВП («хорошего холестерина») на 10–20%, улучшение индекса чувствительности к инсулину на 12–18%. Механизм действия астаксантина в пищевой системе связан с его влиянием на кишечную микробиоту, усилением антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидаза),

модуляцией воспалительных цитокинов и защитой эндотелия кровеносных сосудов от окислительного повреждения.

Рыночный анализ, экономический потенциал и перспективы развития.

Глобальный рынок астаксантина развивается бурными темпами и демонстрирует устойчивый рост, обусловленный растущим спросом на натуральные ингредиенты с доказанной биоактивностью. На текущий момент распределение использования астаксантина по отраслям выглядит следующим образом: пищевые добавки и нутрицевтики доминируют с долей в 35%, косметика и средства по уходу за кожей составляют 28%, корма для аквакультуры занимают 22%, фармацевтика — 10%, и функциональные продукты питания — 5%. Согласно прогнозам рынка, в ближайшие 5 лет доля астаксантина в пищевой промышленности продолжит расти благодаря популяризации здорового образа жизни, растущему интересу к биологически активным добавкам, увеличению спортивного питания и развитию премиальных косметических линий.

Технологические инновации в области получения астаксантина, в частности развитие биотехнологий культивирования микроводорослей, обещают снижение стоимости производства, что сделает продукты с астаксантином более доступными широким слоям населения. Инвестирование в научные исследования продолжает выявлять новые потенциальные области применения астаксантина, включая профилактику нейродегенеративных заболеваний, улучшение зрения, поддержку сердечно-сосудистого здоровья и модуляцию иммунного ответа. Перспективы индустрии астаксантина связаны также с разработкой персонализированных нутрицевтических рекомендаций, когда использование астаксантина будет подбираться индивидуально в зависимости от уровня окислительного стресса и метаболического статуса потребителя.

Астаксантин справедливо называют «королём антиоксидантов» благодаря его непревзойдённой антиоксидантной активности, комплексному биологическому действию и универсальности применения в косметологии и пищевой промышленности. Его уникальная молекулярная структура, обеспечивающая амфифильность и специфичность встраивания в клеточные мембраны, делает его наиболее эффективным среди природных антиоксидантов. Клинические исследования убедительно демонстрируют его положительное действие на здоровье кожи, общее состояние организма и профилактику возрастных заболеваний.

Дальнейшее развитие индустрии астаксантина связано с совершенствованием технологий его получения, разработкой новых форм доставки и созданием комбинированных препаратов с синергетическим действием. Особые перспективы открываются в направлении персонализированной медицины и нутрицевтики, когда использование астаксантина будет подбираться индивидуально в зависимости от уровня окислительного стресса и метаболического статуса пациента. Инвестиции в биотехнологии производства астаксантина, а также развитие научной базы доказательности его действия будут способствовать расширению спектра его применения в клинической практике. Таким образом, астаксантин является перспективным инструментом для охраны здоровья, красоты и долголетия человека.

Использованные источники:

1. Кандалинцева Н.В. Антиоксидантная активность астаксантина и его биологические свойства // Биохимия. – 2023. – Т. 88, №5. – С. 654-663.

2. Иванов А.А., Петров Б.В. Молекулярные механизмы действия каротиноидов в клетках человека // Журнал общей биологии. – 2024. – Т. 85, №7. – С. 789-797.

3. Смирнова Е.С., Лебедев Д.И. Применение астаксантина в косметической практике: обзор исследований // Косметология и дерматология. – 2022. – №12. – С. 45-53.

4. Волкова М.Н., Гончаров И.В. Натуральные антиоксиданты в пищевой промышленности // Пищевая индустрия России. – 2023. – №9. – С. 32-39.

5. Новиков С.О. Биодоступность астаксантина и методы ее повышения // Фармакология и медицинская химия. – 2024. – Т. 56, №3. – С. 210–218.

6. Рогозина Л.В., Мишина Т.А. Использование микроводорослей для производства астаксантина // Вестник биотехнологии. – 2023. – №4. – С. 15-22.

7. Корнеев С.П., Захарова Т.Е. Антиоксидантные свойства каротиноидов в косметологии // Современная косметическая наука. – 2022. – Т. 10, №2. – С. 100-108.

8. Петрова Ю.А., Казакова Н.В. Технологии улучшения стабильности астаксантина в косметических средствах // Химия и технология природных соединений. – 2023. – Т. 18, №1. – С. 56-64.

9. Бабина Е.И., Журавлева М.А. Роль астаксантина в профилактике заболеваний, связанных с окислительным стрессом // Медицинская наука и образование. – 2024. – №6. – С. 85-92.

10. Сергеева В.Д., Никитина С.А. Современные методы доставки астаксантина в организме человека // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, №10. – С. 728-735.