

ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕПАРАТОВ ИЗ БУРЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

А.Э. Пыж^{1*}, О.В. Василёнок², Э.С. Кашицкий¹

¹Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск

²Управляющая компания «Современные биотехнологии», Минск

*Контактная информация. Тел.: +375 29 335 45 46, e-mail: viola_25@tut.by

THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC PROPERTIES OF DRUGS BROWN SEAWEED: ANALYTICAL REVIEW

A.E. Pyzh^{1*}, O.V. Vasilenok², E.S. Kashitskiy¹

¹Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

²Management Company «Modern Biotechnology», Minsk

*Corresponding author. Tel.: +375 29 335 45 46, e-mail: viola_25@tut.by

Изложены материалы, касающиеся биологических свойств бурых водорослей, химического строения, применения продуктов лечебно-профилактического питания из бурых водорослей и биологически активных добавок на их основе в восстановительной медицине.

KEYWORDS

marine macrophytes,
laminaria,
fucus,
functional food

The article presents the materials related to the biological properties of brown algae, the chemical structure, the use of products of therapeutic and preventive power of kelp and dietary supplements based on them in improving medicine.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

морские макрофиты,
ламинарии,
фукус,
функциональные
продукты питания

Введение. Условия среды обитания, экологические, экономические и социально-психологические факторы оказывают комплексное, в том числе негативное, воздействие на здоровье человека и, соответственно, являются причиной возникновения заболеваний. Особую значимость для населения всех возрастных групп имеет оптимизация рациона питания, разработка новых пищевых технологий и продуктов, обеспечивающих физиологическую норму и потребность человека в микро-и макроэлементах, витаминах, незаменимых аминокислотах и биологически активных веществах. Наличие корреляции между питанием и уровнем физического благополучия выступает побудительной причиной поиска природных источников сырья для производства продуктов с полезными физиологическими свойствами. Все это определяет возрастающий спрос на источники морского происхождения, в число которых входят морские водоросли, а также лечебно-профилактические препараты на их основе. В данном аспекте представляется актуальным использование морских бурых водорослей родов *Laminaria* и *Fucus*, которые богаты фармакологически активными природными веществами и могут применяться как самостоятельные продукты питания (морская капуста,

диетические лечебно-профилактические гели из бурых водорослей), так и в качестве разнообразных БАДов для профилактики и лечения заболеваний.

Цель исследования – анализ публикаций за последние 10 лет, посвященных лечебно-профилактическим свойствам продуктов и препаратов из бурых морских водорослей.

Материал и методы. Для выполнения поставленной цели были проведены сбор, анализ и систематизация отечественных и иностранных научных работ, методических рекомендаций, регистрационных удостоверений на продукты питания и биологически активные добавки с использованием поисковых систем и баз данных. Поиск научных трудов осуществлялся с помощью интернет-ресурсов, содержащих базы данных биомедицинских публикаций Google Scholar, PubMed, MedLine, ScienceDirect/Scopus. Освещены материалы оригинальных и обзорных статей, в том числе результаты собственных исследований. При поиске информации использовались ключевые слова: brown seaweed, alginate, fucoidan, laminarin, marine macrophytes, laminaria, fucus, kelp antimicrobial activity and their metabolites, chemical composition of algae used in medicine, functional food.

Результаты и обсуждение. Распространение, химический состав и биологическая активность метаболитов бурых водорослей. Оценивая перспективу применения водорослей в народном хозяйстве, необходимо исходить из двух критериев: ценность макрофитов как сырья для пищевой, медицинской и других направлений промышленности и стоимость добычи, переработки, технологий получения заданных веществ, продуктов с учетом запасов и возможностей восстановления природных ресурсов [14].

Бурая морская водоросль ламинария (рисунок) произрастает преимущественно в районе Тихоокеанского побережья Северных Курил – экологически чистого биотопа нашей планеты, уникального по биоразнообразию растительного и животного мира. Практически неисчерпаемым источником бурых водорослей являются прибрежные воды морей Дальнего Востока России. Наиболее эффективный способ переработки водорослей – экстракция этанолом, в процессе которой извлекается основная часть минеральных и органических веществ, имеющих биологическую активность [21]. При этом ресурсы этого уникального природного комплекса до конца не реализованы.

Бурые водоросли, несомненно, признаются ценным природным сырьем, поскольку в короткие сроки наращивают большой объем биомассы, содержат практически полный спектр макро- и микроэлементов, синтезируют фармакологически активные вещества, что определяет их ценность в восстановительной медицине как средства общего оздоровления организма и сохранения резерва здоровья. Значимость зарослеобразующих макрофитов рода *Laminaria* (*Laminaria japonica*) определяется высоким содержанием микро- и макроэлементов (йод, кальций, железо, фосфор, калий, серебро, медь, селен), полисахаридов (фукоидан, ламинарин, альгиновая кислота), маннита, витаминов А, В₁, В₂, В₁₂, С, D, E, а также аминокислот (глутаминовая, аспарагиновая, лейцин, валин, треонин, лизин, изолейцин, фенилаланин, метионин и цистин).

Фукусовые водоросли рода *Fucus* (*Fucus vesiculosus*) находятся на втором месте после ламинариевых по содержанию физиологически активных веществ. В состав органических компонентов входят углеводы (62–83 %), белки (5–16 %), липиды (1–3 %), витамины А, В₁, В₂, В₁₂, С и РР. Водоросли типа *Fucales* отличает высокое содержание фукоидана (7,7–16,5 %) [11].

Углеводы морских макрофитов широко используются в медицине и пищевой промышленности. Маннит применяют в производстве полимеров и сахарозаменителей, агар-агар входит в рецептуру продуктов питания и микробиологических сред. Каррагинаны широко применяются в пищевой промышленности при изготовлении кондитерских изделий и молочных продуктов [18].

Важной особенностью водных растений является извлечение и аккумуляция минеральных веществ из морской воды. В ламинариевых водорослях магния больше, чем в морской воде в 9–10 раз, серы –



Рисунок. Промысловая водоросль *Laminaria japonica* (подводная фотография А.А. Омеляненко)

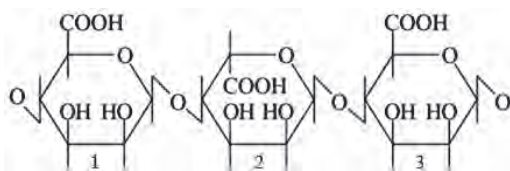
в 17 раз [1]. По содержанию йода водоросли превосходят наземные растения в несколько тысяч раз. Йод в них представлен органической (дийодаминокислоты, комплексы с белками и клетчаткой) и минеральной (йодиды и йодаты калия) формами [2]. В экстрактах бурой водоросли *L. cichorioides* содержание йода достигает 9,0 мг/г, *L. japonica* – 5,4 мг/г [19]. В целом концентрация минеральных веществ в бурых водорослях превышает их содержание в морской воде на 16–39 %.

Применение препаратов из бурых морских водорослей в лечебно-профилактических целях, восстановительной медицине и оздоровлении. Использование морских макрофитов в профилактике дефицита йода приобретает особую актуальность в связи с массовым распространением болезней обмена веществ, органов дыхания, недостатком витаминов, минеральных веществ и ухудшением экологической обстановки [3]. Преимущество бурых водорослей перед другими йодсодержащими продуктами состоит в том, что неорганические соли йода малоустойчивы и не могут конкурировать с источниками природного происхождения, поскольку водоросли содержат комплекс дополнительных веществ, помогающий этот йод усвоить [4].

Известно, что болезни дыхательной системы сопряжены с изменениями гомеостаза. При пневмонии в нарушении гомеостаза значительную роль играют микроэлементы с высокой биологической активностью – йод, железо, селен и др. В регуляции

нейтрофильных гранулоцитов крови задействованы галоидные факторы, из которых наиболее активны йодиды [20]. Показано, что компоненты водорослей (гель «Бурые морские водоросли») эффективно корректируют нарушения системного свободно-радикального статуса, ответственны за раннюю нормализацию показателей клеточной дифференцировки лейкоцитов периферической крови, индукцию гуморального противоинфекционного иммунитета на фоне внебольничной пневмонии у детей [10]. Следует упомянуть, что в Китае и Японии сложились многовековые традиции ежедневного употребления водорослей в пищу. Было выявлено, что в периоды, когда такой рацион утверждался законодательно, достоверно снижались уровни сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и инфекционных заболеваний, патологий щитовидной железы у населения [9].

Наиболее значимым органическим компонентом бурых водорослей считают альгиновую кислоту и ее соли (альгинаты кальция и калия). Альгиновые кислоты – линейные полисахариды, содержащие остатки D-маннурованной (1, 3) и L-маннурановой кислот (2).



Данная кислота устойчива при длительном хранении и является эффективным сорбентом тяжелых металлов, токсических и радиоактивных веществ. Поскольку альгинаты не перевариваются и не всасываются в желудочно-кишечном тракте, связанные вещества свободно выводятся из организма. Продукты из морских водорослей могут применяться для ускоренного выведения токсичных веществ из организма – свинца, ртути, кобальта, метанола, а также для элиминации производных урана и радиоактивных элементов. Это относится не только к токсинам, которые попадают в организм человека алиментарным путем, но и токсикантам из внутренней среды организма [5].

Соединения альгиновых кислот обладают антимикробной активностью [13], задействованы в регуляции роста микроорганизмов путем связывания переходных металлов – железа, меди, необходимых для функционирования дыхательной и электрон-транспортной систем аэробных бактерий, роста и экспрессии их факторов патогенности [6, 7]. Другой механизм реализации антибактериального действия альгината натрия заключается в создании в малой концентрации (0,125 %) мукоидной пленки, задерживающей рост стафилококков, сальмонелл, гемолитических стрептококков, дрожжеподобных грибов. Последнее обстоятельство обуславливает эффективность гелей из бурых водорослей при лечении дисбактериоза кишечника, вызванного избыточным ростом условно-патогенной микро-

флоры [9]. Выявлен положительный терапевтический эффект альгината калия при стоматологических заболеваниях у детей [12].

Из полисахаридов бурых водорослей наибольший интерес представляют фукоиданы – высокосульфированные, обычно разветвленные полисахариды из L-фукозы с примесью галактозы, ксилозы, урновых кислот и белкового компонента. Фукоиданы фукусовых проявляют многочисленные биологические эффекты, связанные с их способностью модифицировать свойства клеточной поверхности. Растворы фукоиданов обладают антилипидемическим и антитромботическим действием, сходным с действием гепарина, которое не зависит от их вязкости. Благодаря этим свойствам фукоиданы нашли применение в медицине [15].

Оценена эффективность биологически активной добавки на основе фукоидана из бурых морских водорослей *Fucus evanescens* в комплексной терапии пациентов с ишемической болезнью сердца для коррекции цитокинового статуса. Показано, что включение данной субстанции в рацион приводит к нормализации последнего и позволяет снизить дозу синтетических статинов [5].

Исследованиями последних лет установлено влияние сульфатированного полисахарида фукоидана на углеводный и липидный обмен. В работе [16] продемонстрировано, что фукоидан в дозе 1200 мг/кг массы тела в день снизил уровень глюкозы крови на 34 % у аллоксан-диабетических крыс, а в дозе 300 мг/кг массы тела в день – влечет достоверное снижение уровней холестерина, триглицеридов и ЛПНП в плазме. Предполагают, что фукоидан оказывает гипогликемическое воздействие за счет стимулирования поджелудочной железы и высвобождения инсулина [17].

В хроническом эксперименте на крысах показано, что продукт функционального питания из бурых водорослей Лактомарин в дозе 171,4 мг/кг массы тела в день обладает выраженным благоприятным влиянием на уровни общего белка и глюкозы крови. Полученные экспериментальные данные дают предпосылки рекомендовать изучаемое средство к использованию в качестве диетического продукта естественного происхождения для снижения уровня глюкозы при гликемических состояниях [8].

По данным многочисленных исследований, гель из морских бурых водорослей способствует устойчивости организма в отношении развития новообразований, поскольку полисахариды бурых водорослей (фукоидан, ламинарин и фукоцианин) обладают свойствами тормозить рост раковых клеток кишечника [20]. Механизм противоопухолевого действия фукоидана связан с его большой молекулярной массой, высоким содержанием альгиновой кислоты, фукозы, фосфатных групп, а также активацией апоптоза злокачественных клеток, антиадгезивной активностью. Доказано, что фукоиданы не обладают цито-

токсическими эффектами. Принято считать, что фукоидан подавляет интенсивное ангиообразование и таким образом уменьшает кровоснабжение опухолей [11].

Заключение. Морские бурые водоросли обладают многочисленными преимуществами, такими как относительно низкие издержки производства, широкий спектр фармакологически активных соединений, возможность обеспечения физиологической потребности человека в микро- и макро-

элементах, полисахаридах, витаминах, аминокислотах. Лечебно-профилактические свойства продуктов из бурых водорослей обусловлены наличием антиоксидантных, антикоагулянтных, антилепидемических, противомикробных, иммуномодулирующих и противоопухолевых свойств, что наглядно демонстрирует их огромные потенциальные возможности в восстановительной медицине, комплексной терапии кардиологических, урологических, онкологических, эндокринных, инфекционных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Евтушенко А.А. *Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений*. М., 1967. С. 3.
2. Коровкина Н.В., Богданович Н.И., Кутакова Н.А. *Исследования состава бурых водорослей Белого моря с целью дальнейшей переработки* // *Химия раст. сырья*. 2007; 1; 59–64.
3. Малявская С.И., Самодов В.А. *Йоддефицитные состояния и их коррекция* // *Применение препаратов водорослевого происхождения в клинике внутренних болезней: тез. докл. науч. конф.* Архангельск, 1998. С.11–13.
4. Подкорытова А.В., Вишневская Т.И. *Морские водоросли – естественный источник йода* // *Парафармацевтика*. 2003; 2: 22–23.
5. Одинец А.Г., Покротниекс Ю., Татаринова Л.В. и др. *Оценка эффективности и безопасности приема геля из бурых морских водорослей у пациентов с синдромом функциональной диспепсии* // *Лечебное дело*. 2016; 2; 33–38.
6. Nies D.N. *Microbial heavy-metal resistans* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1999; 51 (6): 730–750.
7. Rensing C., Grass G. *Escherichia coli mechanisms of copper homeostasis in a changing environment* // *FEMS Microbiol. Rev.* 2003; 27 (2–3): 197–213.
8. Василёнок О.В., Пыж А.Э., Кашицкий Э.С. и др. *Лечебно-диетические свойства диетического продукта из дальневосточных бурых водорослей: материалы Респ. науч.-практ. семинара, Минск, 30 июня 2016 г.* / РУП «ДРОЦ “Ждановичи”». Минск, 2016. С. 19–20.
9. Разумов А.Н. и др. *Использование геля из гомогенизированных бурых морских водорослей для диетического (лечебно-профилактического) питания*. М., 2008. 31 с.
10. Холодок Г.Н. и др. *Использование геля «Бурые морские водоросли» в комплексной терапии внебольничной пневмонии у детей* // *Дальневосточ. мед. журн.* 2011; 3: 50–53.
11. Разумов А.Н., Бобровницкий И.П., Козлов В.К. и др. *Применение фукоидан-содержащего средства «Фуколамин» в клинической практике*. М.: Раритет, 2015. 40 с.: ил.
12. Горбатова Л.Н. *Физиологическая оценка состояния губ и ряда механизмов системной защиты при хейлите у детей: автореф. ... дис. д-ра мед. наук*. Архангельск, 2006. 37 с.
13. Freile-Pelegrin Y., Morales L.J. *Antibacterial activity in Marine Algae from the Coast of Yucatan, Mexico* // *Bot. Marina*. 2004; 47; 140–146.
14. Воскобойников Г.М., Макаров М.В., Облучинская Е.Д. и др. *Макрофиты Баренцева моря: биологические особенности и перспективы использования*. URL: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation/ksc75/3.3>.
15. Аразашвили А.И. *Биологически активные вещества и другие природные соединения морских водорослей*. Тбилиси: Изд. Ин-та фармакохимии, 1980. 335 с.
16. Wang J., Jin W., Zhang W. et al. *Hypoglycemic property of acidic polysaccharide extracted from Saccharina japonica and its potential mechanism* // *Carboch. Polim.* 2013; 5 (95): 143–147.
17. Одинец А.Г., Татаринова Л.В. *Фукоидан: современные представления о его роли в регуляции углеводного обмена* // *Лечебное дело*. 2016; 3 (49): 40–44.
18. Васьяковский В.Е. *Морские макрофиты. Систематика, биохимия, использование* // *Сорос. образ. журн.* 1998; 7; 51–57.
19. Имбс Т.И. *Полисахариды и низкомолекулярные метаболиты некоторых массовых видов бурых водорослей морей Дальнего Востока России. Способ комплексной переработки водорослей: автореф. ... дис. канд. хим. наук: 02.00.10*. Владивосток, 2010. 23 с.
20. Разумов А.Н., Михайлов В.И., Мясоедов А.П. *Использование пищевого продукта «Ламифарен» для диетического (лечебно-профилактического) питания в восстановительной медицине и комплексной терапии заболеваний*. М., 2003. 32 с.
21. Вишневская Т.И., Аминина М.Н., Гурулева О.Н. *Разработка технологии йодсодержащих продуктов из Laminaria japonica* // *Изв. ТИНПО-Центра*. 2001; 129: 2–8.

Поступила 16.08.2016