

УДК 664

ОДНОКЛЕТОЧНАЯ ЗЕЛЕНАЯ МИКРОВОДОРОСЛЬ CHLORELLA КАК ОСНОВА ПРОДУКТОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Р.И. Абдрахманова, Л.Ф. Ахмадеева, Б.Ж. Баймурзина, Д.А. Булкова, Б.Ш. Ишмуратова, Г.Ш. Казыханова, Н.В. Калинина, З.Ю. Ибрагимова, З.Н. Кашапова, А.С. Муканова, О.Н. Мухина, А.М. Нафикова, Р.Х. Нигматуллин, С.А. Николаева, М.Н. Рахмангулов, Э.Ю. Страхова, З.Н. Сулейманова, Л.А. Сулейманова, А.А. Харрасов, В.Г. Хасанов, А.К. Шарипова, О.В. Черноусова, Л.А. Гайсина, З.М. Хасанова, Л.А. Хасанова

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

Современные динамичные изменения в производстве и потреблении продуктов питания диктуют новые подходы к их разработке с учетом основных мировых тенденций, демонстрирующих, в частности, переход от массового стандартизированного производства и потребления пищевых продуктов к индивидуальному и персонализированному с использованием оригинальных и физиологически значимых для организма человека ингредиентов в качестве основы специализированных и функциональных продуктов питания [1; 9; 11]. К таковым, несомненно, можно отнести микроскопическую одноклеточную зелёную протококковую водоросль хлореллу (*Chlorella*), для нормального роста и развития которой необходимы вода, минеральные вещества, углекислый газ и кислород, при этом в оптимальных условиях водоросль демонстрирует интенсивный рост и за короткий промежуток времени может дать существенный выход биомассы в разы превышающий данный показатель у высших растений [15]. Применение хлореллы в пищевой индустрии и аграрном производстве в качестве основы или пищевой добавки для продуктов питания человека и кормов сельскохозяйственных животных связано с высоким содержанием в ней биологически ценных веществ. Более половины биомассы хлореллы составляет белок, содержащий все незаменимые аминокислоты (валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан), причем по калорийности хлорелла приравнивается к шоколаду, а по выходу белка с 1 га она превосходит злаковые культуры в пятьдесят раз, при этом белок хлореллы по своей питательной ценности в два раза превосходит соевый белок и равноценен белку сухого молока или мяса [2; 17; 25]. Будучи фототрофным микроорганизмом хлорелла содержит 1–4 % хлорофилла. Она богата липидами, пищевыми волокнами, витаминами и микроэлементами, особенно витаминами групп В, С, РР, Е, К, каротином (провитамин А) и такими макро- и микроэлементами, как калий, магний, фосфор, железо, бром, йод, радий, кобальт [12; 17; 25]. Хлорелла проявляет выраженную антиоксидантную, противовоспалительную, детоксицирующую, антимикробную и противоопухолевую активность, обладает иммуностимулирующим и протекторным действием [19; 20; 22; 23; 25–27]. Так, антиоксидантные свойства хлореллы выше, чем у многих овощей, например, таких как капуста, сельдерей, шпинат. Лютеин и β -каротин хлореллы могут стать богатым источником этих веществ для человека и эффективным средством профилактики и лечения глазных болезней, в частности, макулярной дегенерации глаза и катаракты [24]. Важно отметить, что биохимический состав хлореллы в значительной степени определяется условиями выращивания, поскольку изменения компонентов её питательной среды может привести к получению биомассы желаемого состава с различным соотношением белков и жиров. Так, на среде, богатой азотом, хлорелла накапливает преимущественно протеины и незначительное количество липидов, при недостатке же азота и избытке углерода в питательной среде, наоборот, преобладают липиды при низком содержании протеинов [12; 15; 17]. Высокая урожайность хлореллы и относительно несложная технология выращивания предполагают её активное использование в разработке специализированных и функциональных продуктов питания [7; 8]. В настоящее время на кафедре биоэкологии и биологического образования БГПУ им. М. Акмуллы» ведутся исследования по оценке влияния условий культивирования на прирост биомассы одноклеточной зелёной протококковой водоросли *Chlorella vulgaris* Вежегинск [18]. Нами же был проведен поиск патентной и нормативной документации по продуктам питания на основе хлореллы с целью последующего использования данной информации при разработке продуктов специализированного и функционального назначения. Анализ имеющихся данных показал, что хлорелла может добавляться в продукты питания и, в частности, напитки для повышения их пищевой ценности, делая полезными для организма человека. Патентный поиск продемонстрировал, что значительная доля мировых исследований этой микроскопической водоросли с целью её пищевого использования проводится в таких странах, как США, Япония, Китай и Россия [3; 6; 10; 21; 28–30]. Так, в Японии хлореллу повсеместно добавляют в пищевые продукты, такие, как хлеб и молоко, что, безусловно, является одним из факторов, обеспечивающих японцам устойчивое лидерство по средней продолжительности жизни на планете. В пределах Таможенного союза, охватывающего страны СНГ, продукты из хлореллы в качестве биологически активных добавок включены в технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 № 880. Существуют специальные санитарные требования, включающие в себя продукты из этой водоросли (СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»). Приложение 5а «Биологически активные вещества, компоненты пищи и продукты, являющиеся их источниками, не оказывающие вредного воздействия на здоровье человека при использовании для изготовления биологически активных добавок к пище») [5; 14]. В России продукты из хлореллы чаще всего применяются для животных.

Существует относительно большое количество технических условий для их изготовления: ТУ 10.91.10–298–37676459–2017, ТУ – 298 – 2017 (суспензии и гранулы из хлореллы), ТУ – 318 – 2015 (лакомства для животных, включающие в себя добавки из хлореллы). В 2017 г. НПЦ «Агропищепром» разработал для ООО НПО «Альгобиотехнология» технические условия «Сырье. Суспензия, паста, порошок, гранулы, таблетки из хлореллы» (ТУ – 03.11.63–001 – 99803661–2017), согласно которым ООО НПО «Альгобиотехнология» выпускает линейку продукции на основе биомассы зеленых водорослей *Chlorella kessleri*. В 2018 г. сотрудничество между двумя научными центрами привело к разработке линейки бионапитков *Chlorella* (хлореллы) [13].

Таким образом, анализ изученных данных показал целесообразность и перспективность использования одноклеточной зелёной протококковой микроводоросли *Chlorella* в качестве добавки или основы при разработке продуктов питания специализированного и функционального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бибик, И.В. Напитки функционального назначения на основе растительного сырья // Пиво и напитки. 2013. № 1. С. 12–14.
2. Богданов, Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных. Пенза, 2007. 48 с.
3. Богданов, Н.И. Патент RU 2 613 424 С1. Планктонный штамм *Chlorella kessleri*, предназначенный для получения биомассы.
4. Бруннек, Н.И. Технология приготовления напитков в общественном питании [Текст]: монография / Н.И. Бруннек, А.Т. Морозов, Г.Н. Ловачева. М.: Экономика, 1980. 96 с.
5. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов СанПин 2.3.2.1078–10.
6. Грабарник, В.Е., и др. Патент RU 2 644 653 С1. Планктонный штамм *Chlorella vulgaris*, предназначенный для получения пищевой биомассы.
7. Жумадилова, Ж.Ш. и др. Совершенствование способов получения биомассы из микроводорослей в условиях Кызылординской области Республики Казахстан // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Биологические науки. 2016. № 10. С. 246–248.
8. Жумадилова, Ж.Ш. и др. Культивирование микроводоросли с целью получения биомассы в лабораторных условиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Биологические науки. 2015. № 10. С. 838–839.
9. Ермолаева, Г.А. Пищевые добавки в производстве напитков / Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. 2000. № 6. С. 20–23.
10. Коротенин, М.А., Богданов, Н.И. Патент RU 2 726 111 С1. Планктонный штамм *Parachlorella kessleri*, предназначенный для получения пищевой продукции.
11. Кунакова, Р.В. и др. Здоровое питание XXI века: функциональные продукты питания и нутригеномика // Вестник Академии наук РБ. 2016. Т. 21. № 3 (83). С. 5–14.
12. Маслов Ю.И. Условия синтеза липидов в культурах хлореллы // [Текст]: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. Ленинград, 1967. 21 с.
13. Научно-производственный центр «Агропищепром». Режим доступа: <https://agropit.ru/>
14. Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).
15. Стрешинская, Г.М. Состав различных штаммов зеленой водоросли *Chlorella* / Г.М. Стрешинская, М.В. Пахомова, К.В. Косиков // Прикладная биохимия и микробиология. 1967. Т. 3. № 4. С. 477–481.
16. Текебаева, Ж.Б. и др. Аккумулярующие свойства микроводорослей *Chlorella vulgaris* И2 и *Parachlorella kessleri* У1 по отношению к полигантам различного происхождения // Вестник. Серия Биологическая. *Experimental biology*. 2018. № 4(77). С. 107–115.
17. Чаплыгина, О.С. Функциональный напиток на основе суспензии клеток *Chlorella vulgaris* / О.С. Чаплыгина, С.А. Сухих // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2017. № 1. С. 134–136.
18. Allaguvatova, R. A simple method for the cultivation of algae *Chlorella vulgaris* Bejerinck // R. Allaguvatova, Y. Myasina, V. Zakharenko, L. Gaysina / ECOBALTICA. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 390. P. 1–5.
19. Hasegawa, T. Augmentation of the resistance against *Listeria monocytogenes* by oral administration of a hot water extract of *Chlorella vulgaris* in mice // *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 1994. № 16. P. 191–202.
20. Hasegawa, T. Hot water extracts of *Chlorella vulgaris* reduce opportunistic infection with *Listeria monocytogenes* in C57BL/6 mice infected with LP-BM5 murine leukemia viruses / T. Hasegawa, M. Okuda, M. Makino, K. Hiromatsu, K. Nomoto, Y. Yoshikai // *Int J Immunopharmacol*. 1995. № 17. P. 505–512.
21. Keijiro Uchino, Kizugawa. Patent No.: US 7,914,832 B2. Method for producing *Chlorella* fermented food.
22. Konishi, F. Antitumor effect induced by a hot water extract of *Chlorella vulgaris* (CE): resistance to Meth-A tumor growth mediated by CE-induced polymorphonuclear leukocytes // *Cancer Immunol Immunother*. 1985. № 19. P. 73–78.
23. Miranda, M.S. Antioxidant activity of the microalga *Chlorella vulgaris* cultured on special conditions / M.S. Miranda, S. Sato, J. Mancini-Filho // *Boll Chim Farm*. 2001. № 140. P. 165–168.
24. Shibata, S. Antioxidant and anticataract effects of *Chlorella* on rats with streptozotocin induced diabetes // *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2003. № 49(5). P. 334–339.
25. Shim, J.Y. Protective effects of *Chlorella vulgaris* on liver toxicity in cadmium administered rats / J.Y. Shim, H.S. Shin, J.G. Han, H.S. Park, B.L. Lim // *J Med. Food*. 2008. № 11(3). P. 479–485.
26. Tanaka, K. Augmentation of antitumor resistance by a strain of unicellular green algae *Chlorella vulgaris* / K. Tanaka, F. Konishi, K. Himeno, K. Taniguchi, K. Nomoto // *Cancer Immunol Immunother*. 1984. № 11. P. 90–94.
27. Tanaka, K. Oral administration of *Chlorella vulgaris* augments concomitant antitumor immunity / K. Tanaka, Y. Tomita, M. Tsuruta, F. Konishi, M. Okuda, K. Himeno, K. Nomoto // *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 1990. № 12. P. 277–291.
28. Timothy Nicholas Ray. Patent App. Pub. No.: US 2004/0185063 A1. Broken cell wall *Chlorella* and process for preparation thereof.
29. Ting-Jung Lin, Mei-Hua Huang. Patent App. Pub. No.: US 2018 / 0333445 A1. Method for preparing fresh *Chlorella* drink and use of the fresh *Chlorella* drink.
30. Yoshio Nakajima, Yoko Kondo. Patent No.: US 9,060,542 B2. *Chlorella* extract-containing product and method for improving the storage stability of the same