

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ БАД НА ОСНОВЕ СПИРУЛИНЫ

И.Н. ГУДВИЛОВИЧ, кандидат биологических наук;
А.Б. БОРОВКОВ

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАНУ,
г. Севастополь, Украина

Введение

За последнее время возрос интерес к микроводорослям и цианобактериям, являющимся источником целого ряда биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными, противовоспалительными, радиопротекторными и иммуномодулирующими свойствами [5, 6, 9]. Биологическая ценность продуктов питания, в том числе и биомассы микроводорослей, определяется, прежде всего, качеством белков в продукте, их аминокислотным составом и степенью усвоения их организмом человека. Кроме того, в это понятие включают и содержание в продуктах других жизненно важных веществ (витаминов, микроэлементов, жирных кислот и др.) [2, 8, 10].

Среди культивируемых в промышленных масштабах микроводорослей выделяется *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler (синоним *Arthrospira platensis* (Nordst.) Gomont), которая занимает ведущие позиции по объемам производимой из неё продукции. К антиоксидантам, содержащимся в биомассе *S. platensis*, относят каротиноиды, фикобилипротеины, ненасыщенные жирные кислоты, токоферол, ферменты, полифенолы и др. [8, 9]. Высокая эффективность и популярность спирулины объясняется её способностью накапливать значительные количества белка, содержащего все незаменимые аминокислоты (до 60-70 %), С-фикоцианина (10-14 %) и β-каротина (до 1%) [1, 14].

Поскольку выраженное положительное влияние биомассы спирулины на организм человека определяется содержанием в её биомассе высокоценного белка и пигментов, являющихся антиоксидантами, оценка биологической ценности БАД на основе *S. platensis* проводилась по количественному содержанию данных веществ.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась высушенная биомасса цианобактерии *S. platensis*, произведённая на предприятиях Украины и России (образцы №№ 9-11), а также таблетированные БАД на её основе, произведённые в странах Европы и США (образцы №№ 1-8) (табл. 1).

Количественное определение белка в исследуемых образцах проводили по методу Лоури [11], а содержание пигментов – спектрофотометрическим методом [3]. Хлорофиллы и каротиноиды экстрагировали из клеток 100% ацетоном; спектры экстрактов пигментов регистрировали на спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн 400–800 нм с шагом 0,1 нм. Для количественного определения С-фикоцианина в образцах использовали экстракцию фосфатным буфером (0,05 М; рН = 7-7,5) с последующим спектрофотометрированием. Расчет концентраций пигментов проводили по формулам, предложенным некоторыми авторами, по значениям оптической плотности на длинах волн, соответствующих максимумам поглощения соответствующих пигментов [4, 12].

Содержание сухого вещества (СВ) определяли весовым методом [3]. Массовую долю зольного остатка в сырой биомассе микроводорослей определяли путем предварительного высушивания навесок при 105°C в течение 24 ч. и последующего сжигания в муфельной печи при $t = 500^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы [3].

Результаты и обсуждение

Полученные данные по химическому составу образцов представлены в табл. Содержание белка (50-65% СВ) в образцах *S. platensis* №№ 1, 4, 9, 10, 11 указывает на соблюдение режимов технологического процесса выращивания. Относительное содержание в биомассе микроводорослей и цианобактерий белка значительно зависит от условий культивирования, особенно от условий минерального обеспечения, и в первую очередь неорганического азота [1].

В этих же образцах зарегистрировано максимальное содержание С-фикоцианина: 6-8% СВ, что, однако, несколько ниже нормы для качественной биомассы (8-10% СВ) [14]. Крайне низкое содержание С-фикоцианина в биомассе (2-3% СВ) в образцах №№ 2, 3, 5, 6, 7, 8 указывает на значительные отклонения либо в технологическом процессе выращивания, либо высушивания и хранения. Так как данный пигмент наиболее чувствителен к неблагоприятным условиям выращивания, то его пониженное содержание может быть связано с недостатком элементов минерального питания в среде, прежде всего азота. Кроме того, высушивание биомассы *S. platensis* требует четкого соблюдения температурных режимов, так как при несоблюдении данных параметров потери пигментов могут составлять до 50% [13]. Возможно, что для таблетирования использована биомасса с предварительной экстракцией С-фикоцианина, который является дорогостоящим натуральным красителем [7, 9].

Таблица

Биохимический состав БАД *Spirulina platensis* некоторых мировых производителей

Производитель	Влажность, % СВ	Белок, % СВ	С-ФЦ, % СВ	Хл а, % СВ	Каротиноиды, % СВ	Зола, % СВ
1. Spirulina pure, Germany	7,0±0,2	50,7±3,3	7,5±0,6	0,9±0,1	0,09±0,02	10,9±0,3
2. Pure Spirulina, UK	6,6±0,1	27,3±2,7	2,0±0,2	0,4±0,1	0,02±0,01	17,3±0,5
3. Algae Max Spirulina, USA	7,6±0,1	36,4±3,2	3,5±0,2	0,5±0,1	0,04±0,01	13,7±0,5
4. Marcus Rohrer	7,5±0,2	56,2±2,3	7,0±0,4	1,0±0,2	0,07±0,02	10,7±0,3
5. Spirulina maxima, Italia	7,7±0,2	27,9±1,9	2,1±0,1	0,3±0,1	0,01±0,01	20,9±0,5
6. Spirulina Plant Plankton, USA	7,3±0,3	36,0±4,0	2,2±0,2	0,5±0,1	0,11±0,01	9,4±0,4
7. Spirulina European	9,7±0,4	29,1±1,5	2,0±0,2	0,2±0,1	0,05±0,01	12,4±0,6
8. Spirulina European Nigrita,	10,0 ±0,2	47,0±0,6	3,0±0,1	0,6±0,1	0,20±0,01	16,2±0,2
9. «Кайлас», Украина	8,2±0,2	65,1±0,6	8,1±0,2	1,5±0,1	0,4±0,02	10,1±0,2
10. «АГРО-Виктория»,	8,1±0,2	58,5±0,4	6,5±0,1	1,2±0,1	0,4±0,03	9,8±0,3
11. «Альго-фарм»,	11,5±0,30	53,2±0,5	6,2±0,1	0,6±0,1	0,1±0,05	10,0±0,3

Занижено также в образцах и содержание хлорофилла *a* и каротиноидов [14], что свидетельствует либо о несоблюдении режимов сушки, либо сроков и условий хранения готового продукта.

Влажность всех образцов (7-11% СВ) соответствует требованиям к качеству высушивания биомассы микроводорослей и условиям её хранения [14]. Повышенная зольность в образцах №№ 2, 3, 5, 7, 8 (12-21% СВ при норме 8-10% СВ) свидетельствует о плохой промывке биомассы *S. platensis* либо о добавлении к биомассе вещества неорганического происхождения для улучшения таблетирования.

Известно, что на биохимический состав микроводорослей и цианобактерий, выращиваемых в открытых водоемах, значительное влияние оказывают климатические условия, а при культивировании в фотобиореакторах закрытого типа – характеризующие их работу параметры: освещенность, концентрация биогенов, условия перемешивания и др. [1, 14]. Биологическая ценность микроводорослей и продуктов из них определяется составом и сбалансированностью биологически активных веществ, входящих в их состав. Для использования биомассы в фармацевтической, пищевой промышленности и в животноводстве необходимо, чтобы клетки микроводорослей содержали ценные вещества (протеины, полисахариды, липиды, пигменты) в необходимых количествах.

Известно, что в биомассе активно растущей цианобактерии *S. platensis* содержание сбалансированного по аминокислотному составу белка составляет не менее 60%, а пигмента С-фикоцианина – не менее 8-10% в пересчёте на сухое вещество (СВ) [1, 7, 14]. Данные параметры являются основными при определении биологической ценности БАД на основе высушенной биомассы спирулины [1, 14].

Таким образом, из 11 исследованных образцов, полученных в промышленных условиях и предполагающих реализацию в качестве БАД, только состав образцов № 1, 4, 9, 10 и 11 в основном соответствует требованиям, предъявляемым к качественной биомассе спирулины.

Выводы

Полученные данные в некоторой степени позволяют оценить качество БАД на основе биомассы *S. platensis*, производимых в мире. В большинстве образцов содержание белка, С-фикоцианина, хлорофилла *a* и каротиноидов не соответствует параметрам для качественной биомассы. Следует отметить, что даже лучшие из проанализированных образцов производителей (№№ 1, 4, 9, 10, 11) не полностью соответствуют требованиям, предъявляемым для высококачественной биомассы *S. platensis*, а образцы БАД №№ 2, 3, 5, 6, 7, 8 не только не соответствуют этим требованиям, но и не имеют значительной биологической ценности. Таким образом, даже небольшой перечень показателей, которые декларируются фирмами-изготовителями, не всегда соответствует реальным показателям качества биомассы.

Список литературы

1. Дробецкая И. В. Влияние условий минерального питания на рост и химический состав *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitl.: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук / ИнБИОМ НАНУ. – Севастополь, 2005. – 25 с.
2. Ефимов А. А. Обоснование технологии получения фикоцианина из сине-зеленых водорослей как пищевой добавки // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 80–82.
3. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. – К.: Наук. думка, 1975. – 247 с.
4. Стадничук И. Н. Фикобилипротеины. Биологическая химия. – М.: Мир, 1990. – 196 с.

5. Abd El-Baky H. Over production of Phycocyanin pigment in blue green alga *Spirulina* sp. and its inhibitory effect on growth of Ehrlich ascites carcinoma cells // J. Medical Sci. – 2003. – Vol. 3, № 4. – P. 314-324.
6. Belay A. The Potential application of *Spirulina* (*Arthrospira*) as nutritional and therapeutic supplement in health management // J. Amer. Nutraceutical Assoc. – 2002. – Vol. 15, № 2. – P. 27-49.
7. Boussiba S., Richmond A. C-phycocyanin of the blue-green algae *Spirulina platensis* // Arch. Microbiol. – 1998. – Vol. 125, № 2. – P. 143-147.
8. Demmig-Adams B., Adams W. Antioxidants in photosynthesis and human nutrition // Science. – 2002. – Vol. 298, № 5601. – P. 2149-2153.
9. Eriksen N. Production of phycocyanin-a pigment with applications in biology, biotechnology and medicine // Appl. Microbiol. and Biotechnol. – 2008. – Vol. 1. – P. 1-14.
10. Moser U. N-3 and N-6 pufas in healthy and diseased skin // J. Appl. Cosmetol. – 2002. – Vol. 20, № 2. – P. 137-142.
11. Protein measurement with the Folin phenol reagent / O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – P. 265-275.
12. Rowan K. S. Photosynthetic pigments of algae. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1989. – 334 p.
13. Sarada R., Pillai M. G., Ravishankar G. A. Phycocyanin from *Spirulina* spp.: influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin // Process Biochem. – 1999. – Vol. 34. – P. 795-801.
14. Vonshak A. *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-biology and Biotechnology. – London: Taylor & Francis, 1997. – P. 43-65.

Рекомендовано к печати к.б.н. Садогурской С.А.