

**Заключение.**

Благодаря использованию двухступенчатой системы культивирования (двухступенчатый люминостат) удалось достичь увеличения содержания С-фикоцианина в клетках *S. platensis* в 16 раз. С учётом определенной максимальной продуктивности культуры *S. platensis* (0,09 г СВ/(л·сут)) во второй секции производительность по С-фикоцианину составила 8 мг в сутки. Эта величина может быть увеличена путём организации непропорционально-проточного культивирования: культуральная среда с первой секции, после обмена, вносится во вторую.

**Список литературы / References:**

1. Sarada R., Pillai M.G., Ravishankar G.A. Phycocyanin from *Spirulina* sp: influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin. *Process Biochemistry*, 1999, 34, pp. 795-801.
2. Дробецкая И.В. Влияние условий минерального питания на рост и химический состав *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler. *Дис. ... канд. биол. наук*, Севастополь, 2005, 202 с. [Drobetskaja I.V. Influence of mineral nutrition on the growth and chemical composition of *Spirulina platensis* (Nordst.) Geitler. *Dis. ... cand. biol. of sciences*, Sevastopol, 2005, 202 p. (In Russ.)]
3. Boussiba S., Rihmond E. Isolation and characterization of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Arch. Microbiol.*, 1979, 120, pp. 155-159.
4. Тренкеншу Р.П., Лелеков А.С., Боровков А.Б., Новикова Т.М. Унифицированная установка для лабораторных исследований микроводорослей. *Вопросы современной альгологии*, 2017, т. 1, № 13, URL: <http://algology.ru/1097>. [Trenkenshu R.P., Lelekov A.S., Borovkov A.B., Novikova T.M. Unified setup for laboratory studies of microalgae. *Voprosy sovremennoj al'gologii*, 2017, vol. 1, no. 13, URL: <http://algology.ru/1097>. (In Russ.)]
5. Стаднийчук И.Н. Фикобилипротеины. *Биологическая химия. (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР)*, М., 1990, т. 40, 196 с. [Stadnijchuk I.N. Phycobiliproteins. *Biologicheskaya himiya. Itogi nauki i tekhniki VINITI AN SSSR*, М., 1990, vol. 40, 196 p. (In Russ.)]

**С-ФИКОЦИАНИН КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА БАД ИЗ СПИРУЛИНЫ**

Егунова А. И.<sup>1</sup>, Баяндурова Л.С.<sup>1</sup>, Дорошенко Ю.В.<sup>2</sup>, Лелеков А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГБОУ ЦДОД «Малая академия наук города Севастополя»

*пр. Ген. Острякова, 163, г. Севастополь, 299055, РФ*

<sup>2</sup>ФГБУН «Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН»

*пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ*

*e-mail: a.lelekov@yandex.ru*

**Аннотация.** Проведены исследования рынка по наличию и ассортименту БАД *Spirulina platensis*. Для определения содержания С-фикоцианина в БАД из спирулины исследовали 3 образца различных торговых марок. В качестве контроля использовали 2 образца нативной спирулины, выращенной на базе ИМБИ РАН г. Севастополь. Дополнительно проведена оценка органолептических показателей: запах, вкус и цвет. Установлено, что среднее содержание С-фикоцианина в БАД составило 1,15 - 1,96 %, что значительно ниже нормы. По органолептическим показателям лучшим образцом оказалась торговая марка "Спирулина ВЭЛ" (НПО "Экология питания", г. Москва), а худшим – «Золотая спирулина» (г. Николаев).

**Ключевые слова:** *Spirulina platensis*, накопительная культура, С-фикоцианин.

**C-PHYCOCYANIN AS AN INDICATOR OF THE QUALITY OF DIETARY SUPPLEMENT OF SPIRULINA**

Egunova A.I.<sup>1</sup>, Bayandurova L.S.<sup>1</sup>, Doroshenko Yu.V.<sup>2</sup>, Lelekov A.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Minor Academy of Science in Sevastopol

*Generala Ostryakova av., 163, Sevastopol, 299055, Russia*

<sup>2</sup>Institute of Marine Biological Research A.O. Kovalevsky

*Nachimov av., 2, Sevastopol, 299011, Russia*

*e-mail: a.lelekov @ yandex.ru*

**Abstract.** Market research on the availability and range of BAD *Spirulina platensis* were conducted. To determine the C-phycocyanin content from *S. platensis* 3 samples of different brands was examined. As a control, 2 sample of native *S. platensis* grown on the basis of IMBI (Sevastopol) was used. The organoleptic characteristics: smell, taste, and color were evaluated. It is established that the average content of C-phycocyanin in BAD is amounted to 1.15 - 1.96 %, which is significantly below the norm. According to the organoleptic characteristics, the best model was the trademark "Spirulina VEL" ("Ecology of power", Moscow) and the worst – "The Golden spirulina" (Nikolaev).

**Key words:** *Spirulina platensis*, batch culture, C-phycocyanin.

Микроводоросли широко используются в научно-исследовательских и промышленных целях [1-4]. Среди широких слоёв населения наибольшую известность и популярность получила *Spirulina (Arthrospira) platensis*,

которая применяется в ряде стран в продуктах здорового питания и в лечебных целях из-за её ценных составляющих, в частности белков и витаминов. В настоящее время это один из самых питательных натуральных продуктов с разносторонним сбалансированным действием, обладает прекрасным оздоровительным и восстанавливающим действием после многих заболеваний. Она стимулирует гематологические, иммунологические и метаболические процессы в организме. Является высокоэффективным радиопротектором, способствует выведению шлаков из организма, регулирует кровяное давление, нормализует работу нервной системы [5,6].

Спирулина содержит в своем составе каротиноиды, хлорофилл и С-фикоцианин. Фикоцианин (от греч. *phýkos* – водоросль и *kyanós* – тёмно-синий) – это пигмент темно-зеленого цвета, придающий водоросли её окраску. Его содержание может составлять в среднем от 4 до 9 % по массе сухих веществ спирулины и зависит от условий культивирования микроводоросли [7]. Чем выше содержание С-фикоцианина в биологически активных добавках (БАД) из спирулины, тем более качественным и ценным продуктом они являются для человека. Следует отметить тот факт, что независимое тестирование качества спирулины в составе биологических активных добавок, имеющих в свободной продаже в аптечной сети, ранее не проводилось.

Цель работы заключалась в проведении сравнительной оценки содержания С-фикоцианина в спирулине различных торговых марок.

#### Материал и методы.

Материалом для исследований послужили образцы БАД из спирулины следующих торговых марок: "Спирулина ВЭЛ" (НПО "Экология питания", г. Москва), "Золотая спирулина" (ООО "Спирулина", г. Николаев), "Спирулина Киммерийская" (СП НТЦ "ЮНИС", г. Керчь). В качестве контроля использовали два образца нативной спирулины с условными названиями "САША+ЛЮБАВА" (выращена самостоятельно на базе отдела биотехнологий и фиторесурсов ИМБИ РАН) и "ИМБИ" (выращена сотрудниками института).

В эксперименте спирулину выращивали методом накопительных культур в унифицированной лабораторной установке на среде Заррук [8]. Наблюдение за ростом культуры и определение параметров проводили каждые 3 - 4 суток. Температура жидкости в культиваторе находилась в диапазоне 27 - 29 °С. После перемешивания культуры определяли коэффициент пропускания на фотометре КФК-2 при длине волны 750 нм, погрешность измерения величины пропускания не превышала 1 %. Оптическую плотность рассчитывали по формуле:  $D = -\lg(T)$ , где  $T$  – величина пропускания. При пересчёте единиц оптической плотности на сухую биомассу определяли калибровочный коэффициент для перехода от величины оптической плотности культуры к её биомассе, который составил 0,8.

Выделение С-фикоцианина проводили с помощью экстракции дистиллированной водой. После процедуры экстрагирования фикобилипротеинов измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре СФ-2000 на длине волн 650 и 620 нм. Полученные значения оптической плотности  $D_{620}$  и  $D_{650}$  использовали для расчёта массовой доли С-фикоцианина в пробе по формуле [9]:

$$C_{\text{ФЦ}} = \left( \frac{0,174 \cdot D_{620} - 0,117 \cdot D_{650}}{m \cdot l} \right) \cdot V \cdot 100\%,$$

где  $V$  – объём объединенного экстракта, (мл);  $m$  – масса навески, (мг);  $l$  – длина оптического пути.

Из органолептических показателей определяли запах, вкус и цвет.

#### Результаты и обсуждение.

*Культивирование спирулины в накопительном режиме.* Культивирование спирулины проводили по методике, описанной выше. Начальная плотность культуры составляла 0,07 г СВ/л (см. рис. 1).

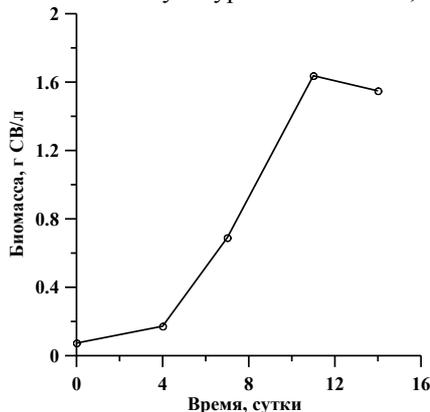


Рисунок 1 – Зависимость биомассы спирулины (сухого вещества) от времени в эксперименте

На 4-й день значение биомассы изменилось в большую сторону не значительно (до 0,17 г СВ/л). Затем скорость прироста биомассы увеличивалась и достигла максимальных значений (1,64 г СВ/л) на 11 сутки. В дальнейшем значения биомассы снижались и на 14 сутки были зафиксированы на уровне 1,55 г СВ/л, т.е. культура начала погибать, поэтому выращивание спирулины завершилось. Таким образом, мы наблюдали типичную S-образную кривую роста, характерную для большинства микроорганизмов. Полученную биомассу спирулины использовали для дальнейших анализов.

*Органолептические показатели спирулины различных торговых марок.* Проведены исследования рынка по наличию и ассортименту БАД *Spirulina platensis* в городе Севастополе. Обнаружено, что марка «Спирулина ВЭЛ» в настоящее время является основной и фактически единственной в аптеках нашего города. Для сравнительного анализа мы также использовали торговые марки "Золотая спирулина" и "Спирулина Киммерийская", приобретенные ранее.

Сенсорная оценка, проводимая с помощью органов чувств человека, наиболее древний и широко распространённый способ испытаний качества пищевых продуктов. Современные методы лабораторного анализа более сложны и трудоёмки в сравнении с приёмами органолептической оценки и позволяют характеризовать частные признаки качества продукта. В наших исследованиях мы изучали запах, цвет и вкус имеющихся образцов спирулины (см. табл. 1). Все образцы имели характерный запах спирулины. Самый неприятный, сильно выраженный запах имела торговая марка «Золотая спирулина» (г. Николаев).

По вкусу образцы нативной спирулины напоминала тыквенные семечки, однако спирулина «САША+ЛЮБАВА» отдавала прелым. Это может свидетельствовать о том, что образец напитал влагу. Самой неприятной по вкусу оказалась «Золотая спирулина», она напоминала мыло. «Спирулина-ВЭЛ», напротив, имела приятный запах и сладковатый вкус. Цвет всех образцов спирулины был в пределах градаций зелёного, благодаря имеющимся у микроводоросли пигментам. Мы наблюдали оттенки от салатно-зелёного у «Золотой спирулины» до чёрного с зелёным оттенком у спирулины «ИМБИ».

Обобщив все органолептические показатели, следует отметить, что самым худшим образцом оказалась торговая марка «Золотая спирулина» (г. Николаев).

*Содержание С-фикоцианина в спирулине различных торговых марок.* Качество БАД со спирулиной и их польза напрямую зависит от содержания в препарате С-фикоцианина. Это связано с его полезными свойствами и целебным эффектом. Для определения содержания С-фикоцианина в спирулине исследовали по 3 пробы каждого образца по методике, описанной выше.

Среднее содержание С-фикоцианина в спирулине «ИМБИ» составило 10,62 %, что выше средних показателей [7]; спирулины «САША+ЛЮБАВА» – 3,4 %, что не соответствует норме; «Спирулина-ВЭЛ» – 1,76 %, что значительно ниже нормы; «Золотая спирулина» – 1,15 %, что не соответствует норме и на 0,6 % ниже, чем в «Спирулине-ВЭЛ»; «Спирулина Киммерийская» – 1,96 %, что не соответствует норме, однако на 0,20 % выше, чем в «Спирулине-ВЭЛ».

Таблица 1 – Данные органолептического анализа БАД и контрольных образцов

	«Золотая спирулина»	«Спирулина Киммерийская»	«Спирулина-ВЭЛ»	«САША+ЛЮБАВА»	«ИМБИ»
Запах	резкий, неприятный, терпкий	мало ощутимый	приятный, мало ощутимый, соленый	мало ощутимый, соленый	запах почти не чувствуется
Вкус	соленый, привкус напоминает мыло	соленый, привкус отдает горечью	сладковатый, привкус отдает йодом	вкус прелых тыквенных семечек	вкус невыраженный, напоминает тыквенные семечки
Цвет	салатово-зелёный	темно-зеленый	тёмно-зелёный	цвет неоднородный, от зелёного до изумрудного	чёрный с зелёным оттенком

#### Заключение.

По органолептическим показателям (вкус, цвет, запах) самым худшим образцом оказалась торговая марка «Золотая спирулина» (г. Николаев), а самым лучшим – «Спирулина-ВЭЛ» (г. Москва).

По содержанию С-фикоцианина в различных образцах спирулины можно расположить их по качеству в порядке убывания: Спирулина «ИМБИ», Спирулина «САША+ЛЮБАВА», «Спирулина Киммерийская» (г. Керчь), «Спирулина-ВЭЛ» (г. Москва), «Золотая спирулина» (г. Николаев).

Несмотря на то, что исследуемые таблетки торговых марок содержат дополнительные вещества, необходимые для таблетирования, полученные значения С-фикоцианина намного ниже средних.

Однако содержание С-фикоцианина в нативной спирулине «САША+ЛЮБАВА» тоже оказалось ниже средних величин. Следовательно, производство такого ценного для человека и его здоровья продукта, как *S. platensis*, должно осуществляться профессионалами и с постоянным контролем качества.

**Список литературы / References:**

1. Минюк Г.С., Дробецкая И.В., Чубчикова И.Н. [и др.] Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор. *МЭЖ*, 2008, т. 8, № 2, с. 5-23. [Minyuk G.S., Drobeckaya I.V., Chubchikova I.N. [et al.] Unicellular algae as renewable biological resource: a review. *MEZH*, 2008, vol. 8, no. 2, pp. 5-23. (In Russ.)]
2. Нехорошев М.В., Рябушко В.И., Железнова С.Н., Геворгиз Р.Г. Культивируемые водоросли – коммерческий источник антиоксидантов. *Российский биотерапевтический журн.*, 2016, т. 15, № 1, с. 74. [Nekhoroshev M.V., Ryabushko V.I., Zheleznova S.N., Gevorgiz R.G. Cultivated algae are a commercial source of antioxidants. *Rossiiskij bioterapevticheskij zhurn.*, vol. 15, no. 1, 2016, p. 74. (In Russ.)]
3. Геворгиз Р.Г., Железнова С.Н., Зозуля Ю.В. и др. Промышленная технология производства биомассы морской диатомеи *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin с использованием газовихревого фотобиореактора. *Актуальные вопросы биологической физики и химии*, 2016, т. 1, с. 73-77. [Gevorgiz R.G., Zheleznova S.N., Zozulya Yu.V. [et al.] Industrial technology for biomass production of the marine diatom *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin, using the individual gaseous-vortex photobioreactor. *Aktual'nye voprosy biologicheskoy fiziki i himii*, 2016, vol., pp. 73-77. (In Russ.)]
4. Borovkov A.B., Gudvilovich I.N. Intensive cultivation of *Dunaliella salina* for production of biomass with elevated  $\beta$ -carotene content. Communication 1. Effect of cultivation factors. *Hydrobiological Journal*, 2015, vol. 51, iss. 3, pp. 69-76.
5. Benemann J.R., Tillett D.M., Weissman J.C. Microalgae biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 1987, vol. 5, pp. 47-53.
6. Venkataraman L.V., Becker E.W. Algal cultivation / In: Venkataraman L.V., Becker E.W., editors. Biotechnology and utilization of algae. *The Indian experience*, 1985, pp. 12-32.
7. Вимер И., Вайнтрауб И.А. Фикобилипротеины из сине-зеленых водорослей. *Изв. АН МССР*, 1987, т. 4, с. 20-23. [Vimer I., Vajntraub I. A. Phycobiliproteins of blue-green algae. *Izv. AN MSSR*, 1987, vol. 4, pp. 20-23. (In Russ.)]
8. Тренкеншу Р.П., Лелеков А.С., Боровков А.Б., Новикова Т.М. Унифицированная установка для лабораторных исследований микроводорослей. *Вопросы современной альгологии*, 2017, т. 1, № 13, URL: <http://algology.ru/1097>. [Trenkenshu R.P., Lelekov A.S., Borovkov A.B., Novikova T.M. Unified setup for laboratory studies of microalgae. *Voprosy sovremennoj al'gologii*, 2017, vol. 1, no. 13, URL: <http://algology.ru/1097>. (In Russ.)]
9. Стаднийчук И.Н. Фикобилипротеины. Биологическая химия. *Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР*, М., 1990, т. 40, 196 с. [Stadnijchuk I.N. Phycobiliproteins. *Biologicheskaya himiya. Itogi nauki i tekhniki VINITI AN SSSR*, М., 1990, vol. 40, 196 p. (In Russ.)]

**ДЕЙТЕРООБМЕН В НОРМАЛЬНЫХ И ОПУХОЛЕВЫХ ТКАНЯХ МЫШЕЙ**Косенков А.В.<sup>1</sup>, Лобышев В.И.<sup>1</sup>, Гуляев М.В.<sup>1</sup>, Юсубалиева Г.М.<sup>2</sup>, Гриненко Н.Ф.<sup>2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
ул. Ленинские Горы, 1, г. Москва, 119991, РФ<sup>2</sup>ФМИЦ Психиатрии и Наркологии им. В.П. Сербского Минздрава России  
пер. Кропоткинский, 23, г. Москва, 119034, РФ  
e-mail: av.kosenkov@physics.msu.ru

**Аннотация.** Данная работа посвящена определению времен полувыведения дейтерия из воды и биополимеров тела здоровых мышей и мышей, зараженных карциномой молочной железы.

**Ключевые слова:** тяжелая вода, онкология, дейтерий.

**EXCHANGE OF DEUTERIUM IN NORMAL AND TUMOR TISSUES OF MICE**Kosenkov A.V.<sup>1</sup>, Lobyshev V.I.<sup>1</sup>, Gulyaev M.V.<sup>1</sup>, Yusubalieva G.M.<sup>2</sup>, Grinenko N.F.<sup>2</sup><sup>1</sup>Lomonosov Moscow States University  
1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia<sup>2</sup>The Serbsky State Scientific Center for Social and Forensic Psychiatry  
Kropotkinsky ln, 23, Moscow, 119034, Russia  
e-mail: av.kosenkov@physics.msu.ru

**Abstract.** This work is devoted to determining the times of elimination of deuterium from water and biopolymers of the body of healthy mice and mice infected with breast carcinoma.

**Key words:** heavy water, oncology, deuterium.

В большом числе работ продемонстрированы изотопные эффекты тяжелой воды на живые системы [1]. Особняком стоят работы, посвященные воздействию D<sub>2</sub>O на новообразования онкологической природы [2,3]. Так показано, что воздействие тяжелой воды на больной организм замедляет процессы развития опухолей и продлевает жизнь этого организма. Наилучший эффект достигается при совместном применении тяжелой воды