

*А.Д. Гресева*  
**БИОМАССА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ КАК ИСТОЧНИК ПРОТЕИНА  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Научный руководитель: канд. биол. наук, доц. О.Н. Замбржицкий*

*Кафедра общей гигиены*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

*A.D. Greseva*  
**MICROALGAE BIOMASS AS A SOURCE OF PROTEIN AND BIOLOGICALLY  
ACTIVE COMPOUNDS**

*Tutor: PhD, associate professor O.N. Zambrzhitsky*

*Department of General Hygiene*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

**Резюме.** Статья посвящена сравнительной гигиенической оценке пищевой и биологической ценности биомассы микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Spirulina*.

**Ключевые слова:** гигиеническая оценка, пищевая ценность, биологическая ценность, микроводоросли, нутриенты.

**Resume.** The article is devoted to the comparative hygienic assessment of the nutritional and biological value of the biomass of microalgae *Chlorella vulgaris* and *Spirulina*.

**Keywords:** hygienic assessment, nutritional value, biological value, microalgae, nutrients.

**Актуальность.** Хлорелла (лат. *Chlorella vulgaris*) и Спирулина (лат. *Spirulina*) – это уникальные микроводоросли, биомасса которых может быть использована в качестве нетрадиционного источника протеина и биологически активных соединений для алиментарной профилактики болезней неинфекционной природы [1,2].

**Цель:** на основе анализа и обобщения литературных данных (включая официальные юридические нормативно правовые акты и справочники химического состава пищевых продуктов и блюд) дать сравнительную гигиеническую оценку пищевой ценности и рассчитать биологическую ценность белка биомассы микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Spirulina*.

**Задачи:**

1. Дать сравнительную гигиеническую оценку химического состава и энергетической ценности биомассы *Chlorella vulgaris* и *Spirulina*;

2. Рассчитать показатели аминокислотного сора, коэффициентов различия аминокислотного сора, утилитарности незаменимых аминокислот, утилитарности аминокислотного состава белка и биологическую ценность белка биомассы микроводорослей.

**Материалы и методы.** Теоретической и методологической основой проведения исследований явилась нормативная правовая база Республики Беларусь в области гигиены питания, справочные материалы по химическому составу пищевых продуктов, нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь. Сравнительную гигиеническую оценку содержания нутриентов в биомассе микроводорослей проводили исходя из требований рекомендуемой физиологической суточной

потребности (РСП) в нутриентах и энергии для мужчин и женщин, относящихся к 2-й группе тяжести и напряженности труда (коэффициент физической активности 1,6)[3]. Показатели биологической ценности белка (БЦ,%), аминокислотного сора (АС, %), коэффициентов утилитарности незаменимых кислот (Ki), значений различия аминокислотного сора (КРАС,%) и утилитарности аминокислотного состава белка биомассы микроводорослей (U) находили расчетным методом, используя соответствующие формулы [4]. Полноценность пищевого белка по аминокислотному составу оценивали при сравнении его с аминокислотной шкалой Продовольственного комитета Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ, 2007) [5].

**Результаты и их обсуждения.** В таблицах 1,2,3,4 представлены сравнительные показатели энергетической ценности, содержания макро- и микронутриентов в биомассе микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Spirulina*, а также содержание незаменимых аминокислот в 100г белка. Кроме этого, приведены показатели рекомендуемой суточной потребности в нутриентах для мужчин и женщин. Эти показатели позволяют оценить пищевую ценность 100г биомассы микроводорослей и возможный вклад ее в обеспеченность суточных потребностей людей в пищевых веществах и энергии.

**Табл. 1.** Энергетическая ценность и содержание макронутриентов в биомассе микроводорослей

Показатели	Среднее содержание в 100 граммах абсолютно сухой биомассы		РСП	
			муж	жен
	Хлорелла	Спирулина		
Белки, г	52,8	67,0	80	66
Липиды, г	20,0	7,72	93	73
Углеводы, г	7,3	33,3	411	318
Пищевые волокна, г	2,5	3,6	20	
Линолевая (18:2) ω6, г	0,659	1,1	8 - 10	
Линоленовая (18:3) ω3, г	3,042	0,053	0,8 – 1,6	
Энергетическая ценность, ккал	420,4	470,7	2800	2200

**Табл. 2.** Содержание витаминов и биологически активных соединений в биомассе микроводорослей

Показатели	Среднее содержание в 100 граммах абсолютно сухой биомассы		РСП
	Хлорелла	Спирулина	
Токоферол (витамин E), мг	5,13	9,5	15,0
Аскорбиновая кислота (витамин C), мг	0,36	-	90,0
Тиамин (витамин B <sub>1</sub> ), мг	1,29	0,1	1,5
Рибофлавин (витамин B <sub>2</sub> ), мг	1,11	6,0	1,8
Пантотеновая кислота (витамин B <sub>5</sub> ), мг	2,5	-	5
Пиридоксин (витамин B <sub>6</sub> ), мг	0,054	0,7	2

Продолжение таблицы 2

Фолиевая кислота (витамин В9), мкг	0,54	94,0	400
β-каротин, мг	91,7	28,6	5
Витамин Н, мкг	100,0	-	50
Витамин В <sub>12</sub> , мкг	50,0	233,0	3,0
Витамин А, мкг	-	29,0	900,0
Ниацин (витамин В <sub>3</sub> ), мг	0,22	12,8	20,0
Витамин К, мкг	-	1,7	120,0

**Табл. 3.** Содержание макро- и микроэлементов в биомассе микроводорослей

Показатели	Среднее содержание в 100 граммах абсолютно сухой биомассы		РСП
	Хлорелла	Спирулина	
Калий, мг	129,0	1,4	2500
Кальций, мг	175,0	333,0	1000
Магний, мг	264,0	500,0	400
Фосфор, мг	58,0	1100,0	800
Железо, мг	167,0	166,0	10/18
Йод, мкг	680,7	500,0	150
Селен, мкг	0,007	166,0	70/55
Молибден, мкг	69,0	399,0	70
Хром, мкг	1,03	2,1	50
Марганец, мг	15,5	6,7	2,0
Медь, мг	3,4	1,6	1,0
Цинк, мг	2,6	3,0	12,0

**Табл. 4.** Содержание незаменимых аминокислот в 100 г белка абсолютно сухой биомассы

Аминокислота	Содержание аминокислот в 100 г белка, г		
	Эталон ФАО/ВОЗ	Хлорелла	Спирулина
Аргинин	5,5	4,41	7,1
Валин	5,0	3,4	5,6
Гистидин	2,0	3,01	2,24
Изолейцин	4,0	2,16	4,86
Лейцин	7,0	4,5	7,3
Лизин	5,5	5,31	3,9
Метионин+ цистеин	3,5	1,45	2,83
Треонин	4,0	1,9	4,18
Триптофан	1,0	1,3	1,27
Фенилаланин+тирозин	6,0	2,2	7,43
Сумма незаменимых аминокислот	43,5	30,6	46,7
Содержание белка в абсолютно сухой биомассе микроводорослей, г		55,0	67,0

Результатами исследования установлено, что 100 г абсолютно сухой био-массы хлореллы удовлетворяет рекомендуемую суточную потребность (РСП) в белке для мужчин на 68,7% и женщин на 83,3%. Для спирулины эти показатели еще выше: 83,7% для мужчин и 101,5% для женщин. В углеводах доля РСП составляет для спирулины 8,1% и 10,5% соответственно для мужчин и женщин. Энергетическая ценность этого количества биомассы хлореллы (420 ккал) и спирулины (470 ккал), позволяет компенсировать суточные энергозатраты для мужчин на 15% и на 19,1% для женщин с использованием хлореллы, а за счет спирулины на 16,8% и на 21,4% соответственно для мужчин и женщин. Содержание белка в 100 г абсолютно сухой биомассы хлореллы составляет 55 г, причем около 31 г это незаменимые аминокислоты. Для биомассы спирулины этот показатель составляет 67 г, и около 47 г - незаменимые аминокислоты.

Исходя из установленных норм суточных потребностей в витаминах, в биомассе микроводорослей содержится большое количество витамина Е, рибофлавина, тиамина, пантотеновой кислоты, ниацина, витамина Н, β- каротина. Сравнительная оценка содержания в биомассе микроводорослей макро- и микроэлементов показала достаточно высокие (по отдельным минералам значительно превышающие РСП) значения.

Оценка содержания незаменимых аминокислот в 100г белка микроводорослей показала количественное превышение отдельных аминокислот в белке спирулины по отношению к белку хлореллы и даже к белку ФАО/ВОЗ. В белке спирулины в связи с этим фактом значительно большее суммарное значение незаменимых аминокислот (46,7г), а у хлореллы только 30,6г.

В таблицах 5 и 6 представлены сравнительные показатели аминокислотного сора (%), коэффициентов утилитарности аминокислот (К<sub>и</sub>), коэффициентов различия аминокислотного сора (%), биологической ценности белка (%) и коэффициентов утилитарности аминокислотного состава (U) белка микроводорослей.

**Табл. 5.** Показатели аминокислотного сора (%) и коэффициента утилитарности аминокислот (К<sub>и</sub>) микроводорослей

Аминокислота	Аминокислотный сора, %			Коэффициент утилитарности аминокислот, К <sub>и</sub>		
	Эталон ФАО/ВОЗ	Хлорелла	Спирулина	Эталон ФАО/ВОЗ	Хлорелла	Спирулина
Аргинин	100,0	80,18	129,0	1,0	0,456	0,55
Валин		68,0	112,0		0,538	0,633
Гистидин		150,5	112,0		0,243	0,633
Изолейцин		54,0	121,5		0,677	0,583
Лейцин		64,3	104,3		0,569	0,68
Лизин		96,54	70,9		0,379	1,0
Метионин+ цистеин		41,4	80,85		0,884	0,877
Треонин		47,5	104,5		0,770	0,678
Триптофан		130,0	127,0		0,281	0,558
Фенилаланин+тирозин		36,6	123,8		1,0	0,572

**Табл. 6.** Показатели коэффициента различия аминокислотного сора (%), биологической ценности белка (%) и коэффициента утилитарности аминокислотного состава (U) белков водорослей

Показатели	Эталон ФАО/ВОЗ	Хлорелла	Спирулина
Коэффициент различия аминокислотного сора, %	0,0	40,3	37,66
Биологическая ценность белка, %	100,0	59,7	62,34
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава, U	1,0	0,365	0,71

Расчеты сора незаменимых аминокислот установил, что аминокислоты фенилаланин+тирозин лимитируют биологическую ценность белка хлореллы, которая составляет 59,7%. Для белка спирулины лимитирующей аминокислотой является лизин, а биологическая ценность белка составляет 62,34%. В связи с этим, коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка хлореллы (U) всего лишь 0,365, по сравнению с коэффициентом утилитарности аминокислотного состава белка спирулины 0,71 и идеального белка (эталон ФАО/ВОЗ), равного 1.

#### **Выводы:**

1. Биомасса спирулины (по сравнению с биомассой хлореллы) имеет более высокую пищевую и биологическую ценность.
2. Биомасса микроводорослей имеет большой потенциал для коррекции питания человека с целью обеспечения рекомендуемых суточных потребностей в нутриентах, энергии и полноценном протеине в качестве нетрадиционного источника питания.

#### **Литература**

1. Кедик, С. А. Спирулина – пища XXI века / С. А. Кедик, Е. И. Ярцев, Н. В. Гульятеева. – М.: Москва «Фарма Центр». – 2006. – 166 с.
2. Туманова, А.Л. Применение пищевого концентрата «Живая хлорелла»: методические рекомендации по применению для оздоровления населения / А.Л. Туманова. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. – 32 с.
3. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утверждённые постановлением МЗ РБ от 20.11.2012 №180.
4. Методические рекомендации к лабораторным занятиям по дисциплине «Техническая биохимия» / Сост. Т.Н. Соколова, В.М. Прохоров, В.Р. Карташов [и др.]. - Нижний Новгород: Нижегородский гос. Тех. университет им. Р.Е. Алексеева, 2015. – 7с.
5. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation. - Geneva. - 2007. – 265 p.