

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМА ПИЩИ, ОБОГАЩЕННОЙ МАСЛЯНЫМ ЭКСТРАКТОМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОВ НА МАССУ ТЕЛА И УРОВНИ САХАРА В КРОВИ У МЫШЕЙ-САМОК C57BL6

А.П. Лыков¹, И.П. Уваров², Р.Г. Геворгиз³, С.Н. Железнова³

¹ НИИКЭЛ-филиал Института цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

² ГБУ НСО «Управление ветеринарии города Новосибирска», Новосибирск, Россия

³ ФИЦ ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

Микроводоросли представляют собой альтернативный источник питательных веществ, включая белки, жиры, углеводы, микроэлементы и биологически активные добавки, которые могут использоваться как пищевые добавки в сельском хозяйстве [1]. Кроме этого, микроводоросли являются источником биологически активных молекул, способных регулировать процессы метаболизма в организме человека и животных [2]. Показано, что включение в рацион цыплят спирулины (2 г/кг корма) способствовало увеличению на 8,95 % потребление корма, приросту массы на 12,5 % и активации ответа на иммунизацию [1]. Установлено, что прием пищи содержащей микроводоросли *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oceanica* и *Phaeodactylum tricornutum* мышами в течение 2-х недель способствовало увеличению массы тела, сопоставимое с контрольной группой или превосходящее прирост массы тела в контроле [2]. Прием крысами с сахарным диабетом экстракта *Spirulina platensis* в дозах 20 и 30 мг/кг способствовали снижению уровня малонового альдегида, глюкозы, липидов, аспаратаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, фактора некроза опухоли-альфа и интерлейкина-6 и увеличивает уровни цинка железа, меди и селена в плазме крови и активность антиоксидантных ферментов [3].

Целью исследования стал анализ влияния приема стандартной сухой пищи для грызунов, обработанных масляным экстрактом микроводорослей различных таксонов.

Материал и методы. Все работы с животными проведены с соблюдением принципов гуманности. Микроводоросли зеленые *Chlorella vulgaris* Beijerinck (*Chlorella*) и *Coelastrella* sp. (*Coelastrella*), цианобактерии *Arthrospira platensis* (Nordstedt) Gomont (*Spirulina*), диатомовые *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et Lewin (*Cylindrotheca*) и красные *Porphyridium purpureum* (Bory) Drew et Ross (*Porphyridium*) из коллекции культур ФИЦ ИнБЮМ РАН. Масляный экстракт микроводорослей готовили на подсолнечном масле (5 г сухой массы микроводорослей на 100 мл масла), настаивали в термостате (ТС-80, Россия) при 37° С в течение 72 часов, далее ими пропитывали стандартную гранулированную пищу для грызунов (300 г.). Опытные группы были сформированы в соответствии с исследуемыми экстрактами микроводорослей: *Chlorella*, *Coelastrella*, *Spirulina*, *Cylindrotheca*, *Porphyridium* и контроль (пропитка пища чистым подсолнечным маслом). Объем выборки в опытных группах составил 5 особей и 6 особей в контрольной группе. Животные получали пищу, обработанную масляными экстрактами микроводорослей или же только подсолнечным маслом в течение 12 суток. На день 0, 7 и 12 производили взвешивание животных и забор периферической крови для определения уровня глюкозы. Для оценки уровня глюкозы в крови использовали Gluco Calea (wellionvet, MED TRUST, Австрия). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 10.0 for Windows (StatSoft, США). Данные представлены как среднее и стандартное отклонение (M±SD), статистически значимое различие между группами оценивали однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA) и принимали при p<0.05.

Результаты. Установлено, что мыши из группы *Coelastrella* имели меньшую массу тела чем мыши в группе *Cylindrotheca* и *Porphyridium*, а также мыши из группы *Spirulina* имели меньшую массу по сравнению с группой *Cylindrotheca* на начало эксперимента (Рис. 1, p<0.05). В группе *Chlorella*, *Coelastrella* и *Spirulina* масса тела значимо меньше, чем в группе *Cylindrotheca* на 7-е и 12-е сутки (p<0.05). Масса мышей в группе *Coelastrella* была меньше, чем в группе *Porphyridium* на 7-е и 12-е сутки, а в группе *Spirulina* масса тела на 12-е сутки также меньше, чем в группе *Porphyridium* (p<0.05).

По уровню глюкозы в крови на начало эксперимента не выявлено существенных различий между группами (p>0.05). На 7-е сутки эксперимента показано значимое увеличение уровней глюкозы в крови группы *Spirulina* по сравнению с группой *Coelastrella*, *Cylindrotheca* и контролем, а в группе *Porphyridium* уровни глюкозы в крови выше, чем в контроле (p<0.05).

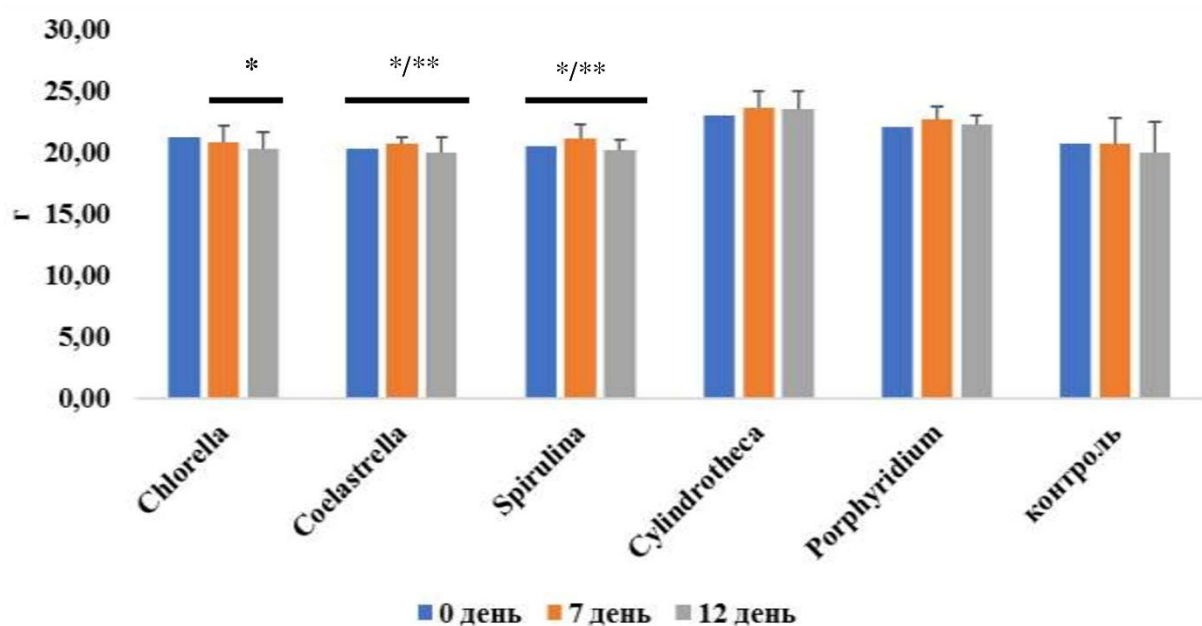


Рисунок 1. Динамика изменения массы тела мышей-самок C57Bl6, принимавших в пищу масляный экстракт микроводорослей. $p < 0.05$ *с *Cyndrotheca*, **с *Porphyridium*.

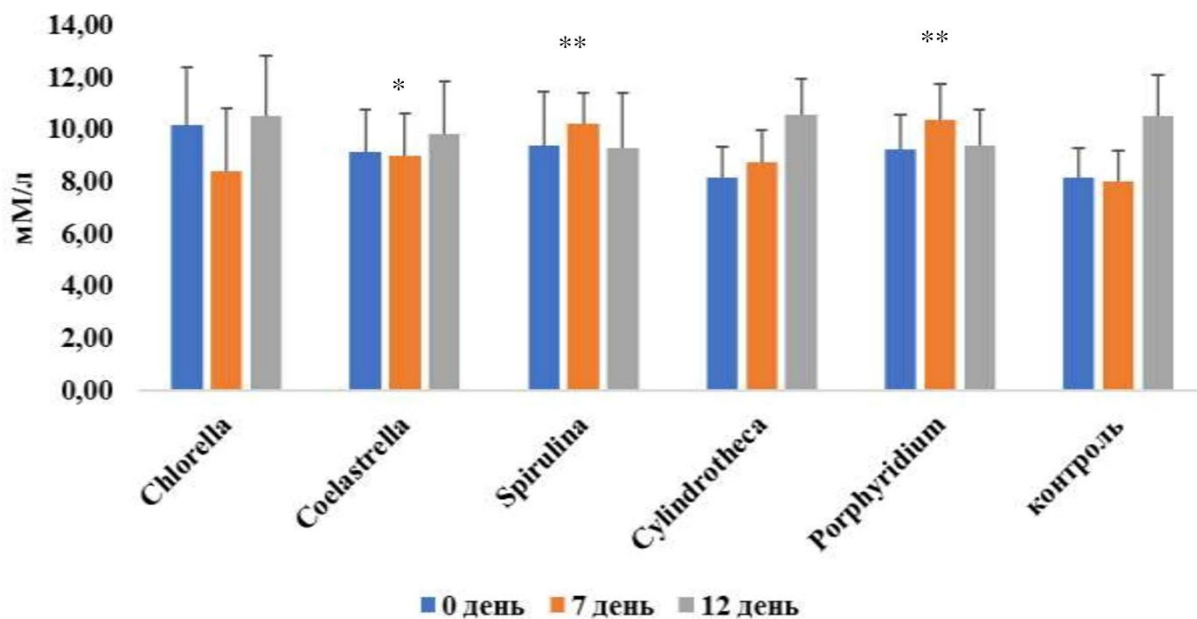


Рисунок 2. Влияние приема в пищу масляного экстракта микроводорослей на уровни глюкозы в крови у мышей-самок C57Bl6. $p < 0.05$ *с *Spirulina*, **с контролем

Обсуждение. Полученные нами результаты указывают на то, что прием в пищу масляных экстрактов микроводорослей различных таксонов не приводили к гибели животных, существенному изменению массы тела в группах по сравнению с исходными показателями (разброс массы тела от -4 % до +2 %), что может быть результатом привыкания мышей к новым вкусовым качествам пищи, а также тем, что в добавке отсутствовали белки. В отношении уровней глюкозы в крови установлено, что размах колебаний глюкозы в группах был от -1 % до +20 %, значимое увеличение показателя выявлено в группе *Cyndrotheca* (+29,66 %) и в контроле (+28,57 %) от исходного уровня. Показано что включение *Chlorella vulgaris* в рацион рыб увеличивает массу тела [4].

Микроводоросли из арктических льдов *Chlamydomonas sp.* у мышей вызывали улучшения в тимусе, мозге, сердце, печени, селезенке и почках, предотвращало снижение активности аспартатаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и глутатиона [5]. Прием в пищу *Isochrysis galbana* увеличивал физическую выносливость у мышей, уровни гликогена в печени, мышечного гликогена и глюкозы в крови [6]. У кроликов употребление в пищу *Chlorella vulgaris* существенно не влияло на массу тела [7]. Микроводоросли являются источником каротиноидов, так включение в рацион креветок *Dunaliella sp.* способствовало приросту массы тела и выживаемости при инфицировании *Vibrio parahaemolyticus* [8]. На радужной форели показано, что добавление в рацион *Haematococcus pluvialis* как источника астаксантина способствовало снижению уровня глюкозы [9]. Диета, обогащенная микроводорослями, у цыплят способствовало увеличению частоты мышечных сокращений, потере мышечной массы [10]. В тоже время включение в рацион цыплят *Arthrospira platensis* существенно не увеличивали прирост массы тела [11]. Спиртовой экстракт *Phaeodactylum tricornutum* у мышей склонных к ожирению способствовал накоплению фукоксантина в жировых тканях и меньшему приросту массы тела по сравнению с контрольной группой [12].

Заключение. Масляные экстракты микроводорослей различных таксонов не проявляли токсического влияния и не влияли существенно на прирост массы тела и уровни глюкозы у мышей.

Исследование проведено в рамках государственного задания НИИКЭЛ-филиал ИЦиГ СО РАН «Разработка методов молекулярного профилирования и инновационных технологий прогнозирования, ранней диагностики, лекарственной и клеточной терапии социально-значимых заболеваний дисметаболической государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (No 121030300149–0).

Литература

1. Khan S, Mobashar M, Mahsood FK, Javaid S, Abdel-Wareth AA, Ammanullah H, Mahmood A. Spirulina inclusion levels in a broiler ration: evaluation of growth performance, gut integrity, and immunity. *Trop Anim Health Prod.* 2020; 52(6):3233–3240.
2. Neumann U, Derwenskus F, Gille A, Louis S, Schmid-Staiger U, Briviba K, Bischoff SC. Bioavailability and Safety of Nutrients from the Microalgae *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oceanica* and *Phaeodactylum tricornutum* in C57BL/6 Mice. *Nutrients.* 2018; 10(8):965. doi: 10.3390/nu10080965.
3. Nasirian F, Dadkhah M, Moradi-Kor N, Obeidavi Z. Effects of *Spirulina platensis* microalgae on antioxidant and anti-inflammatory factors in diabetic rats. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2018; 11:375–380.
4. Mahmoud EA, El-Sayed BM, Mahout VII, El-Murr AEI, Neame-Allah ANF. Effect of *Chlorella vulgaris* enriched diet on growth performance, hepato-immunological responses, antioxidant and transcriptomics profile disorders caused by deltamethrin toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol.* 2020; 102:422–429.
5. Yi R, Deng L, Mu J, Li C, Tan F, Zhao X. The Impact of Antarctic Ice Microalgae Polysaccharides on D-Galactose-Induced Oxidative Damage in Mice. *Front Nutr.* 2021; 8:651088. doi:10.3389/fnut.2021.651088.
6. Li W, Luo C, Huang Y, Zhan J, Lei J, Li N, Huang X, Luo H. Evaluation of antifatigue and antioxidant activities of the marine microalgae *Isochrysisgalbana* in mice. *Food Sci Biotechnol.* 2019; 29(4):549–557.
7. Abdelnour SA, Sheiha AM, Taha AE, Swelum AA, Alarifi S, Alkahtani S, Ali D, AlBasher G, Almeer R, Falodah F, Almutairi B, Abdel-Daim MM, Abd El-Hack ME, Ismail IE. Impacts of Enriching Growing Rabbit Diets with *Chlorella vulgaris* Microalgae on Growth, Blood Variables, Carcass Traits, Immunological and Antioxidant Indices. *Animals (Basel).* 2019; 9(10):788. doi: 10.3390/ani9100788.
8. Medina Félix D, Campa Córdoba ÁI, López Elías JA, Martínez cordovan LR, Preciado GF, Cortés Jacinto E, Luna González A, Mendoza Cano F, Huerta Ladas N. Dosage and frequency effects of the microalgae *Dunaliella sp.* on the diet of *Lithopone's* vannamei challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. *J Invertebr Pathol.* 2019; 161:14–22.
9. Sheikhzadeh N, Tayefi-Nasrabadi H, Oushani AK, Enferadi MH. Effects of *Haematococcus pluvialis* supplementation on antioxidant system and metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem.* 2012; 38(2):413–419.
10. Khan IA, Parker NB, Löhr CV, Cherian G. Docosahexaenoic acid (22:6 n-3) – rich microalgae along with methionine supplementation in broiler chickens: effects on production performance, breast muscle quality attributes, lipid profile, and incidence of white striping and myopathy. *Poult Sci.* 2021; 100(2):865–874.
11. Pestana JM, Puerta B, Santos H, Madeira MS, Alfaia CM, Lopes PA, Pinto RMA, Lemos JPC, Fontes CMGA, Lordelo MM, Prates JAM. Impact of dietary incorporation of *Spirulina (Arthrospira platensis)* and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. *Poult Sci.* 2020; 99(5):2519–2532.
12. Gille A, Stojnic B, Derwenskus F, Trautmann A, Schmid-Staiger U, Posten C, Briviba K, Palou A, Bonet ML, Ribot J. A Lipophilic Fucoxanthin-Rich *Phaeodactylum tricornutum* Extract Ameliorates Effects of Diet-Induced Obesity in C57BL/6J Mice. *Nutrients.* 2019; 11(4):796. doi: 10.3390/nu11040796.