

*Я. В. Устинская, М. А. Еськова, А. К. Брянкина, И. А. Протопопов,  
Е. И. Шишков, М. С. Темнов\**

## **К ВОПРОСУ О КУЛЬТИВИРОВАНИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК**

Концепция устойчивого развития предусматривает гармоничное развитие человечества, сопровождающееся экономическими и социальными изменениями, при которых эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал с целью создания честного и изобильного мира, в котором растет качество жизни людей. В контексте решения этих проблем за последнее десятилетие активизировался поиск подходов и технологий для получения нетрадиционных источников сырья, пригодных для производства пищевых продуктов. Создание технологий комплексного использования микроводорослей для обеспечения человека пищевыми ингредиентами могло бы стать потенциально привлекательным подходом для решения перечисленных проблем.

В пищевой промышленности все большую роль играют микроводоросли, которые с давних времен употребляют в пищу люди из разных уголков планеты. Микроводоросли вида *Chlorella vulgaris* входят в десятку наиболее питательных продуктов на земном шаре. Этот вид микроорганизмов ценен из-за своей способности адсорбировать и выводить из организма тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть и уран) и некоторые другие токсические соединения. Так же для этой водоросли при ее выращивании в определенных условиях культивирования характерно высокое содержание липидов (в 100 г порошка биомассы – 25 – 35 г липидов), белков, аминокислот, витаминов (А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>), минералов (железо, магний, цинк), каротиноидов [1].

Первые попытки массового производства одноклеточных водорослей относятся к 1940-м годам. Первоначально проводили исследования по использованию клеток культивируемых водорослей в качестве корма для молоди рыб; затем очень быстро эти водоросли стали рассматривать как возможный источник различных веществ, в том

---

\* Работа выполнена под руководством заведующего кафедрой «ТОПиХП», д-ра техн. наук, проф. Д. С. Дворецкого.

числе и пищевых. В 1960 – 1970-е годы одноклеточные и некоторые другие микроскопические фотоавтотрофные водоросли широко изучались в СССР, США, Японии и других странах в связи с возможным применением в сельском хозяйстве. Микроводоросли рассматривались в качестве дополнительного источника белка, липидов, витаминов; в освоении космоса – как звено в замкнутых экологических системах, способное обеспечить биологическую регенерацию воздуха и воспроизводство пищи; для получения ценных метаболитов и веществ для медицинской и микробиологической промышленности.

Одним из важнейших этапов технологии получения метаболитов из биомассы микроводорослей является процесс культивирования, целью которого является получение максимального количества биомассы заданного химического состава по минимальной себестоимости.

Условия культивирования будут определять активность метаболических путей биосинтеза компонентов клетки, химический состав биомассы, строение клеточных стенок, что в свою очередь окажет значительное влияние на условия разрушения клеток и извлечение ценных внутриклеточных метаболитов. Таким образом, можно сказать, что условия культивирования микроводорослей будут определять кинетику экстрагирования веществ белковой природы, способ предварительной дезинтеграции клеток, виды экстрагентов и их соотношения.

Выбор вида и количества химических веществ питательной среды, необходимых для культивирования штамма микроводорослей, зависит от особенностей жизнедеятельности микроорганизмов и может отличаться даже внутри одного вида. Необходимо отметить, что изменяя состав питательной среды можно получать продукт желаемого состава с различным соотношением белков и жиров. Так, на среде богатой азотом, *Chlorella vulgaris* может накапливать от 40 до 88% белка и 5% жира, а при недостатке азота и избытке углерода в питательной среде, наоборот, – 88% жира и 5% белка [1].

Одной из главных проблем является дефицит белка в рационе человека. Особую важность белки приобретают для людей, занимающихся спортом и тяжелым физическим трудом, детей и беременных женщин. Физиологическая потребность в белке для взрослого населения, в том числе спортсменов от 0,8 г белков/кг массы тела до 1,5 г белков/кг массы тела (в среднем от 65 до 120 г белков в сутки для мужчин и от 58 г/сутки до 90 г/сутки для женщин).

Белок *Chlorella vulgaris* содержит все незаменимые аминокислоты (табл. 1), а его пищевая ценность в два раза выше, чем для соевого белка. Питательная ценность 1 кг биомассы хлореллы в целом равно-

значна 4–5 кг сои. Поскольку хлорелла содержит более 50% белка (для сравнения, показатель для пшеницы составляет около 12%) и не уступает по стоимости мясу, во многих странах она активно внедряется в рацион питания человека.

### 1. Потребность в аминокислотах и содержание их в биомассе микроводорослей [1]

Аминокислота	Потребность в расчете на массу тела, мг/кг	Суточная потребность, г/100 г	Биомасса <i>Chlorella vulgaris</i> , г/100 г
Глицин		3	5,3
Аланин		3	7,6
Серин		3	4,7
Аспарагиновая кислота + Аспарагин		6	7,2
Глутаминовая кислота		10	12,4
Глутамин (амид глутаминовой кислоты)		6	6,5
Пролин		5	4,8
Гистидин	10	2	2,5
Триптофан	4	1	1,1
Треонин	15	3,4	4,8
Метионин	15	2-4	3,1
Валин	26	4	5,8
Лейцин	39	6,6	7,7
Изолейцин	20	3,5	4,1
Лизин	30	5,7	5,7
Аргинин	10	6	6,5
Фенилаланин	25	6,3	8,0

Аминокислоты как основные составные части белков участвуют во всех жизненных процессах наряду с нуклеиновыми кислотами, углеводами и липидами. Аминокислоты используются в биосинтезе полипептидов и белков, а также в синтезе фосфатидов, порфиринов и нуклеотидов [1].

Один из основных принципов здорового питания, считают диетологи, сокращение количества насыщенных жиров и увеличение доли ненасыщенных жиров в рационе. По рекомендации ВОЗ ненасыщенные жиры должны составлять 20% от суммарного потребления продуктов, а насыщенные не должны превышать 10%.

Употребление в пищу продуктов, содержащих ненасыщенные жирные кислоты, в частности омега-3 жирные кислоты, жизненно необходимо для поддержания работы сердца, мозга и центральной нервной системы и в целом общего здоровья человека. Перспективным сырьем, содержащим такие жирные кислоты, является биомасса микроводорослей [2]. В настоящее время подобные добавки стоят довольно дорого и содержат лишь небольшое количество целевого компонента, что обусловлено недостаточной изученностью влияния условий культивирования и дальнейшей переработки микроводорослей на содержание ненасыщенных жирных кислот и их биодоступность.

Современный тренд на здоровое питание и развитие фитнес-индустрии позволяет предположить, что популярность биомассы микроводорослей как полезных метаболитов будет расти: мировой объем производства микроводорослей в пищевой отрасли за последние пять лет показывал устойчивый рост; например в 2015 г. этот показатель достиг отметки в 2196,1 млн тонн, а к 2020 г. ожидается рост до 3700 млн тонн, т.е. за последние четыре года устойчивый рост составляет около 10% в год. В последние годы по всему миру возникает все больше производств по их культивированию (биотехнологические) и их переработке в ценные компоненты с высокой добавленной стоимостью (химико-технологические).

*Статья написана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации – грант МК-2235.2020.8.*

### **Список литературы**

1. Nutritional Evaluation of Australian Microalgae as Potential Human Health Supplements / M. Kent, H. M. Welladsen, A. Mangott, Y. Li // PLoS One. – 2015. – V. 10, No. 2: e0118985.

2. Dvoretzky D. et. al. Research into the Influence of Cultivation Conditions on the Fatty Acid Composition of Lipids of Chlorella Vulgaris Microalgae. «CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS». 2020. Vol.79. – P. 31 – 36. DOI: 10.3303/CET2079006.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*