

УДК 582.26.27

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОБИОРЕАКТОРОВ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ *SPIRULINA PLATENSIS*

Петрова Т.А. (магистрант 1-ого курса университета ИТМО факультет биотехнологий)

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук Новоселов А.Г.
(Университет ИТМО)

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность решения проблемы дефицита белковой и биологически активной пищевой и кормовой продукции путем повышения эффективности производственного оборудования для культивирования микроводоросли *Spirulina Platensis*. Предложена наиболее оптимальная конструкция фотобиореактора (ФБР) и определены направления исследований, способных оказать существенное влияние на повышение производительности данной отрасли.

Введение. Проблема дефицита белковой и биологически активной пищи усугубляется ростом численности городского населения и увеличением потребления продуктов питания. Продукты промышленного производства зачастую подвергаются жесткой технологической обработке, что приводит к полной или частичной ликвидации биологически активных веществ. В свою очередь, дефицит данных веществ, способствует снижению защитной функции организма от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Помимо прочего, ухудшение экологической обстановки и современные методы ведения сельского хозяйства, может приводить к загрязнению продуктов питания пестицидами, радионуклидами и другими токсичными элементами.

В отличие от гетеротрофных микроорганизмов, нуждающихся для роста в различных органических соединениях, фототрофные микроводоросли синтезируют биомассу из полностью окисленных неорганических веществ (углекислый газ, вода) и минеральных элементов за счет световой энергии, преобразуемой в процессе фотосинтеза.

Микроводоросли рассматриваются как некоторая альтернатива традиционному сельскому хозяйству благодаря высокой фотосинтетической продуктивности, возможности ведения процесса культивирования в промышленных условиях с существенно меньшей зависимостью от сезонности и погодных условий, с использованием земель и регионов, не пригодных для выращивания высших растений. Технологии промышленного производства биомассы микроводорослей не загрязняют окружающую среду и расходуют относительно небольшое количество воды.

Практический интерес к микроводоросли *Spirulina Platensis* (далее - Спирулина) связан с питательными и фармакологическими свойствами данного вида. Повышенный интерес к Спирулине объясняется, прежде всего, большим содержанием полноценного белка в биомассе, которое достигает 50-70% сухого веса клетки. Наличие всех незаменимых аминокислот и легкая усвояемость белков Спирулины позволяют использовать эту микроводоросль в качестве альтернативного, и даже единственного источника пищевого или кормового белка. По содержанию витаминов и микроэлементов Спирулина, превосходит многие продукты питания, как растительного, так и животного происхождения. Исключительной особенностью отдельных видов микроводорослей является наличие в составе фикоцианина, стимулирующего работу иммунной системы и оказывающего радиопротекторное действие. Гамма-линоленовая кислота, содержится кроме Спирулины только в материнском молоке. Хлорофилл включен в клетки Спирулины в легко усваиваемой форме, он способствует восстановлению клеток печени и обладает противоопухолевым действием.

Еще в 1974 году Спирулина была признана ВОЗ самым полезным растением на Земле и объявлена ООН на Всемирной Продуктовой Конференции "пищей будущего". Все больший размах приобретает производство Спирулины для пищевых целей в таких перенаселенных странах как Китай и Индия, где спирулина официально признана

«национальной пищей». Разработаны рекомендации по использованию Спирулины в питании космонавтов и экипажей атомных подводных лодок, а также для устранения белкового дефицита в экономически слаборазвитых странах (Заир, Центрально-Африканская республика и др.).

По данным экономической статистики в 2019 году импорт водорослевой продукции в Россию составил почти 4 млн. кг, общей стоимостью в 28,6 млн. долларов США. По сравнению с предыдущими периодами, показатель количества импорта растет.

Основная часть. Для проектирования промышленного производства с высоким качеством и объемом получаемого продукта, оптимальным является метод закрытого культивирования. Данный метод нуждается в обеспечении культуральной жидкости светом поглощаемого спектра, минеральным питанием и углекислым газом с возможностью регулировки и контроля данных параметров на различных этапах культивирования.

Анализ существующих конструкций ФБР показал, что при масштабировании различных моделей оборудования, возникают трудности, и, в конечном итоге, все предлагаемые модели обладают теми или иными недостатками.

В результате теоретического исследования выявлено, что наиболее перспективной конструкцией ФБР является объемная модель с внутренним освещением. Данная модель легко масштабируется, предоставляет возможность равномерного распределения минерального и углеродного питания.

Размещение источников освещения внутри ФБР позволяет увеличить КПД энергоресурсов, затраченных на освещение, и избавляет от проблемы поиска бюджетного и не теряющего прозрачности материала для корпуса реактора. Данные модели ФБР могут быть улучшены наиболее эффективными механизмами очистки осветительных приборов от биопленки. Актуальными являются исследования в направлении разработки наиболее эффективных средств освещения и более полного вывода газа кислорода из культуральной среды.

Для обеспечения возможности исследования данного направления на базе нашего Университета, предлагается конструкция струйно-инжекционного фотобиореактора (СИФБР) с управляемым внутренним освещением. Предложенная модель ФБР, работает в режиме проточного культивирования, в котором единственным лимитирующим фактором является достаточное, для клеток, освещение. Учитывая тот факт, что данных по культивированию микроводоросли *Spirulina Platensis* в аппарате КСФБР на данный момент нет, встала задача исследовать и оптимизировать параметры освещения для получения наиболее высокой производительности аппарата с наименьшими затратами.

Выводы. Данное направление исследований несет большое практическое значение для развития микробиологической промышленности в России. Предложенная модель СИФБР с возможными дальнейшими улучшениями, отвечает доступности масштабирования и дает возможность прогнозирования производительности будущих предприятий. Наличие эффективного производственного оборудования и аналитических данных в совокупности с уже разработанной правовой базой и большим рынком сбыта в России, позволят развить производство микроводорослей и характеризовать его как прибыльное и экологически чистое.