

**Abstract:** *Abstract: Collagen-containing raw materials: new opportunities for the meat industry, collagen, being the main protein of connective tissue, is abundant in animal by-products such as hides, veins, cartilage, skin and bones. These resources, which are often recycled, represent a valuable source of protein for the meat industry. Relevance: The use of collagen-containing raw materials opens up a number of prospects - expanding the range, a wide range of products can be produced from collagen, such as sausage casings, thickeners, texturates, additional ingredients in food, cosmetics and pharmaceuticals, cost reduction:*

**Keywords:** *Collagen-containing raw materials, enzyme preparations, functional products.*

**Key words:** *Collagen-containing raw materials, enzyme preparations, functional products.*

---

УДК 579.66

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФОТОБИОРЕАКТОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

**Бахарев Владимир Валентинович**, д-р хим. наук, доцент, профессор  
Высшей биотехнологической школы, ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет», e-mail: [knilsstu@gmail.com](mailto:knilsstu@gmail.com)

**Базарнов Евгений Вячеславович**, аспирант кафедры Аналитической и  
физической химии Химико-Технологического факультета, ФГБОУ ВО  
«Самарский государственный технический университет»,  
e-mail: [ebazarnov2@gmail.com](mailto:ebazarnov2@gmail.com)

**Давлятшина Марьям Зефяровна**, магистрант высшей  
биотехнологической школы ФГБОУ ВО «Самарский государственный  
технический университет», e-mail: [m.davlyatshina@mail.ru](mailto:m.davlyatshina@mail.ru)

**Царева Елена Алексеевна**, магистрант высшей биотехнологической  
школы, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
e-mail: [elena.tsareva.978@mail.ru](mailto:elena.tsareva.978@mail.ru)

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
Россия, Самара, e-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)

**Аннотация:** статья содержит технический подход к оптимизации  
лимитирующих факторов культивирования микроводорослей путем  
конструирования лабораторного фотобиореактора.

**Ключевые слова:** фотобиореактор, микроводоросли, культивирование,  
лимитирующие факторы, светопроницаемость, теплопередача

Аминокислотный баланс в рационе важен для нормального функционирования организма человека. Однако в последнее время потребление полноценного белка уменьшается, а количество продуктов с высоким содержанием углеводов растёт. Около 40 % жителей России не получают достаточного количества белка, и его ежегодный дефицит составляет более 1 млн. т [1]. Поэтому поиск способов решения данной проблемы является актуальной задачей исследования.

В качестве источника белка могут быть использованы микроводоросли. Они содержат большое количество белков с высокой пищевой ценностью, сопоставимой с растительными и животными белками. Для изучения микроводорослей необходимо учитывать влияние лимитирующих факторов на их рост и фракционный состав биомассы. В качестве лимитирующих факторов процесса культивирования выступают: концентрация  $\text{CO}_2$ , освещенность, интенсивность перемешивания среды, интенсивность инфракрасного излучения. Чтобы создать оптимальные условия роста, можно использовать метод стандартного культивирования в колбах или приобрести фотобиореактор (ФБР) в научно-исследовательских целях. При стандартном культивировании в колбах есть возможность контролировать интенсивность перемешивания, но в таком случае культура недостаточно аэрируется, затруднен доступ углекислого газа и невозможно регулировать уровень освещения, так как источником освещения в данной модели выступает солнечный свет. Лабораторные фотобиореакторы не имеют данных недостатков, однако они не подходят для научно-исследовательской деятельности студентов, так как сложны в обслуживании и требуют дополнительных навыков персонала. Поэтому в работе был изготовлен ФБР из более простых и взаимозаменяемых составляющих, позволяющий учитывать влияние всех лимитирующих факторов роста микроводорослей.

Цель исследования заключалась в изготовлении ФБР для культивирования микроводорослей *Chlorella sp.* и *Nannochloropsis sp.* в лабораторных условиях с учетом влияния лимитирующих факторов. Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи: подобрать конструктивные материалы для лабораторного ФБР; разработать систему управления параметрами культивирования; произвести сборку конструкции фотобиореактора; осуществить установку и подключение панели управления; проверить работоспособность фотобиореактора.

В первую очередь был подобран материал фотобиореактора (ФБР), для чего оценивались спектральные характеристики пропускания различных материалов: полиэтилена, поликарбоната и стекла. Анализ светопрозрачности материалов был произведен на спектрофотометре «ЮНИКО 1201». Выбор длины волны обусловлен максимальным светопоглощением хлорофилла [2]. Пики светопоглощения хлорофилла «а» и «б» наблюдаются при 420 и 670 нм (рис. 1).

Наиболее светопрозрачным материалом является стекло (табл. 1).

Несмотря на меньшую светопрозрачность поликарбонатного корпуса в сравнении со стеклянным, фотобиореактор из поликарбоната также имеет ряд преимуществ: биологическую инертность, прозрачность в спектре поглощения

хлорофилла. Это позволяет использовать его днем без искусственного освещения, имитируя натуральные природные условия.

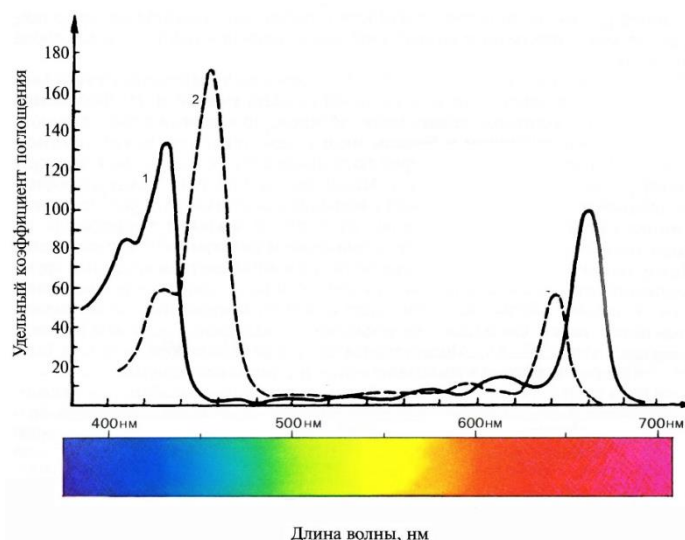


Рисунок 1 – Пики поглощения хлорофиллов: 1 - «а»; 2 - «б»

Таблица 1

Светопроницаемость материалов

Материал	Светопроницаемость 670 нм, %	Светопроницаемость 420 нм, %
Стекло	82,5	59,8
Полиэтилен	56,5	39,1
Поликарбонат	68,9	58,6

Также была проведена оценка теплопередачи материалов, необходимая для расчета теплового баланса фотобиореактора и обеспечения режима термостатирования культуры, с минимальным градиентом температуры по объему реактора [3]. Было установлено, что при разной теплопроводности стекла и полимеров, фотобиореактор из стекла и фотобиореактор из полимера будут обладать сходными характеристиками по теплопередаче через стенку реактора ввиду разной толщины стенки реактора в зависимости от материала исполнения.

В результате, были изготовлены ФБР из стекла и поликарбоната.

Для подачи воздуха была сконструирована система, состоящая из компрессора; диффузора, расположенного в реакторе, и редуктора давления. Для перемешивания биомассы был установлен насос Aquael Circulator. Таким образом, стало возможным обеспечение постоянства и воспроизводимости условий культивирования. Также для микроводорослей важным фактором является контроль рН, для этого в крышке был размещен зонд. Управление фотобиореактором производилось при помощи микроконтроллера Arduino Uno.

Как отмечалось ранее, при выращивании микроводорослей лимитирующими факторами роста биомассы являются интенсивность

освещения, режим светотени, отсутствие застойных зон, а также количество кислорода и углекислого газа в среде. Выбор источника освещения производился по спектральным характеристикам с учетом пиков поглощения хлорофилла. В качестве наиболее подходящего источника была выбран светодиод lm281b+ (Samsung, Южная Корея) с наиболее соответствующими требованиям спектральными характеристиками. На его основе были изготовлены светодиодные линейки, смонтированные в корпусе реактора.

**Результаты исследования:** для проверки эффективности работы ФБР было проведено пробное периодическое глубинное культивирование микроводорослей *Chlorella sp.* и *Nannochloropsis sp.* в автотрофных условиях при освещении 16:8 (свет:темнота) на протяжении 7 дней. Эксперимент показал, что при внешней температуре не выше 24 °С коэффициент теплопередачи стенок ФБР позволяет поддерживать внутреннюю температуру реактора на уровне не более 27 °С. Системы аэрации, перемешивания и контроля рН функционировали стабильно и без сбоев. Разницы в теплопередаче между моделями из стекла и поликарбоната обнаружено не было.

**Выводы:** в рамках исследования был сконструирован лабораторный ФБР для выращивания микроводорослей, подобраны материалы и компоненты, которые минимизируют влияние ограничивающих факторов на рост биомассы (материал ФБР, система аэрации, насос). Затем была собрана лабораторная модель и проверена её работоспособность в лабораторных условиях при выращивании микроводорослей *Chlorella sp.* и *Nannochloropsis sp.*

### Библиографический список

1. Киселева О.В., Тарнопольская В.В., Миронов П.В. Биотехнология пищевого белка: учеб. пособие. Красноярск, 2021. – 92 с.
2. Темердашев З.А., Павленко Л.Ф., Ермакова Я.С., Корпакова И.Г., Елецкий Б.Д. Экстракционно-флуориметрическое определение хлорофилла «а» в природных водах // Аналитика и контроль. – 2019. – № 3. – С. 323-333.
3. Филиппов В.В., Филиппова О.А. Теплообмен в химической технологии. Теория. Примеры расчёта. Основы проектирования: учеб. пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2023. – 218 с.
4. Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки / А. М. Попов, К. Б. Плотников, П. П. Иванов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 273-281
5. Особенности использования прямого нагрева при концентрировании сыворотки / А. М. Попов, Н. Н. Турова, Е. И. Стабровская [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-10. – С. 2124-2128

### FABRICATION OF PHOTOBIOREACTOR FOR RESEARCH OF LIMITING FACTORS OF MICROALGAE CULTIVATION PROCESS

*Bakharev Vladimir Valentinovich, Doctor of Chemistry Sciences, Associate*

*Professor, Professor of the Higher Biotechnological School, Samara State Technical University, e-mail: [knilsstu@gmail.com](mailto:knilsstu@gmail.com)*

***Bazarnov Evgeniy Vyacheslavovich**, graduate student of the Department of Analytical and Physical Chemistry, Faculty of Chemical Technology, Samara State Technical University, e-mail: [ebazarnov2@gmail.com](mailto:ebazarnov2@gmail.com)*

***Davlyatshina Maryam Zefyarovna**, master's student of the higher biotechnological school of the Samara State Technical University, e-mail: [m.davlyatshina@mail.ru](mailto:m.davlyatshina@mail.ru)*

***Elena Alekseevna Tsareva**, master's student at the Higher Biotechnological School, Samara State Technical University, e-mail: [elena.tsareva.978@mail.ru](mailto:elena.tsareva.978@mail.ru)*

Samara State Technical University, Russia, Samara, e-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)

**Abstract:** *The article contains a technical approach to optimization of limiting factors of microalgae cultivation by designing a laboratory photobioreactor.*

**Keywords:** *photobioreactor, microalgae, cultivation, limiting factors, light permeability, heat transfer.*

---

УДК 382.1

## ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ

***Белоусова Регина Валерьевна**, студентка, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: [regs5079@gmail.com](mailto:regs5079@gmail.com)*

***Латыпова Эмилия Хамзиевна**, ассистент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», e-mail: [emiliya.latypova@yandex.ru](mailto:emiliya.latypova@yandex.ru)*

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,  
Россия, Уфа, e-mail: [bgau@ufanet.ru](mailto:bgau@ufanet.ru)

**Аннотация:** Статья посвящена вопросам детского питания, включая рекомендации по организации питания детей различных возрастных групп. Рассматриваются основные принципы составления диеты, важность баланса питательных веществ, а также роль питания в профилактике заболеваний. В статье освещаются современные подходы к питанию детей, включая рекомендации по введению прикорма, выбору продуктов и приготовлению здоровых блюд.

**Ключевые слова:** Детское питание, сбалансированное питание, прикорм, питательные вещества, диетология, педиатрия питание.

Детское питание занимает центральное место в обеспечении здорового роста и развития ребенка с самых первых дней его жизни. Качественно составленный рацион питания несет в себе ключи к формированию крепкого иммунитета, правильному физическому и умственному развитию. Важность