

УДК 66.011

Р. Д. Санталов, Н. С. Михалев, А. А. Андросова

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ
ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ
CHLORELLA**

В настоящее время существует проблема обеспечения населения полноценным питанием, которое способствует укреплению здоровья. Решению данной проблемы посвящена «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года» от 24 апреля 2012 г. №1853п-П8. Актуальным является вопрос поиска источников сырья, обладающего биологической активностью и снижающего риск ряда заболеваний, появление которых обусловлено окислительными процессами, протекающими в клетках с образованием свободных радикалов. Ключевую роль в профилактике данных заболеваний играют антиоксиданты, которые способны останавливать процессы аэробного окисления в клетках. К их числу относится хлорофилл.

Одной из ключевых стадий в производстве хлорофилла является выделение клеток биомассы из культуральной жидкости. Цена конечного продукта во многом зависит от метода выделения биомассы. В промышленности широко распространены такие методы, как центрифугирование, ультрафильтрация, обработка ультразвуком. Стоимость указанных операций по выделению может превышать 50% от общих энергозатрат на производстве [2]. Поэтому для решения данной проблемы необходимо исследовать методы осаждения биомассы химическими реагентами. Использование этих методов позволит снизить общие энергозатраты.

В качестве химических реагентов для осаждения биомассы предлагается использовать оксид алюминия, который способен адсорбировать клетки микроводорослей на своей поверхности. В результате взаимодействия оксида алюминия и клеток микроводоросли происходит образование коагуляционного сгустка и выпадение его в осадок.

Использование ионов меди Cu^{2+} приводит к снятию отрицательного заряда с поверхности клеток микроводорослей, образованию агломератов и выпадению их в осадок.

Действие гексацианоферрата калия на осаждение клеток биомассы связано со снятием гидратной оболочки макромолекул белка микроводорослей и последующим выпадением их в виде коагуляционного осадка.

Применение катионного флокулянта Flopat SH 4550 объясняется способностью закрепляться на поверхности клеток не только с помощью водородных связей, но и благодаря химическому взаимодействию (хемосорбции) катионов с анионами белковых групп, находящимися на поверхности клеток микроводоросли, тем самым способствуя флокуляции.

Целью работы является экспериментальное исследование коагулирующих способностей оксида алюминия, сульфата меди, гексаацетиоферрата калия и флокулянта Flopam SH 4550.

Объектом исследования является суспензия микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Культивирование штамма производилось на стандартной среде ТАМИЙЯ в фотобиореакторе при круглосуточном освещении лампами дневного света и аэрации газовой смеси из окружающей среды с применением компрессора. На момент начала эксперимента оптическая плотность суспензии при длине волны 621 нм равна 0,772, что соответствует концентрации 11,2 млн. кл./мл. Пересчет от оптической плотности к концентрации клеток производился по заранее построенному градуировочному графику [1]. Измерение оптической плотности производилось на фотометре КФК 03-01.

Коагулирующие способности солей изучались добавлением различного количества реагента к суспензии. Для каждой соли было приготовлено по 4 образца суспензии объемом 10 мл. Результаты эксперимента представлены в табл. 1. Контроль осуществлялся путем измерения оптической плотности через 30, 60, 90, 180 мин и 24 ч.

При добавлении сульфата меди с увеличением концентрации изменялся цвет суспензии от светло-зеленого до светло-голубого. Образование хлопьев и выпадение водорослей в осадок не произошло. Наименьшая оптическая плотность через сутки наблюдалась в пробирке с меньшей концентрацией.

1. Экспериментальные данные зависимости оптической плотности от концентрации коагулянта

	Масса, г	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	180 мин	Сутки
Flopam FO 4550 SH		0,772					
1	0,001		0,036	0,056	0,065	0,031	0,046
2	0,003		0,490	0,103	0,063	0,059	0,038
3	0,006		0,319	0,154	0,116	0,079	0,037
4	0,009		0,301	0,065	0,060	0,039	0,053
CuSO ₄							
1	0,011		0,855	0,897	0,852	0,822	0,682
2	0,019		0,902	0,986	0,937	0,958	1,148
3	0,024	1,040	1,138	1,110	1,552	0,870	
4	0,028	1,087	1,240	1,289	1,292	1,050	

	Масса, г	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	180 мин	Сутки
Al_2O_3							
1	0,001		0,252	0,263	0,228	0,196	0,108
2	0,003		0,251	0,265	0,243	0,216	0,115
3	0,006		0,246	0,265	0,267	0,220	0,116
4	0,009		0,255	0,287	0,276	0,212	0,082
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$							
1	0,001		0,252	0,265	0,262	0,214	0,086
2	0,003		0,240	0,254	0,263	0,212	0,067
3	0,006		0,245	0,256	0,259	0,180	0,060
4	0,009		0,246	0,257	0,247	0,221	0,067
Контроль	0		0,772				0,708

По результатам экспериментального исследования изучения коагулирующей способности образцов солей были определены степени осаждения для различного количества реагента к суспензии.

Степень осаждения S определялась по формуле 1:

$$S = (C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{нач}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная оптическая плотность суспензии; $C_{\text{кон}}$ – оптическая плотность после осаждения.

Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации реагирующей соли представлены на рис. 1 – 4.

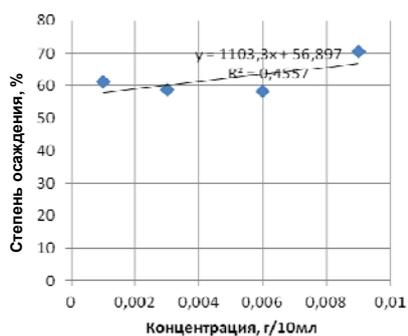


Рис. 1. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации оксида алюминия

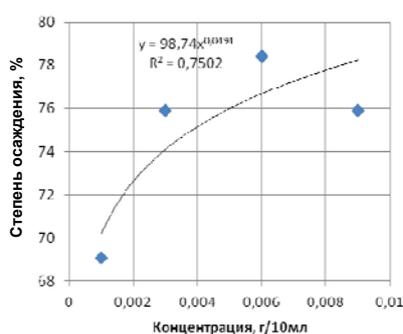


Рис. 2. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации сульфата меди

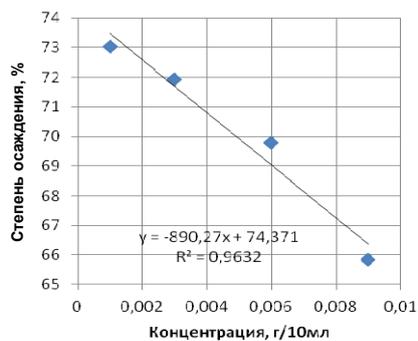


Рис. 3. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации гексацианноферрата калия

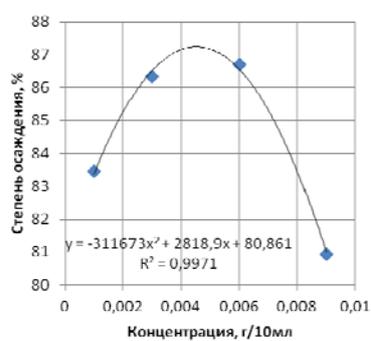


Рис. 4. Зависимость степени осаждения биомассы от концентрации Floxam FO 4550 SH

На основании экспериментальных данных было выявлено, что наилучшим химическим реагентом-коагулянтом является Floxam FO 4550 SH.

Список литературы

1. *Владимирова, М. Г.* Интенсивная культура одноклеточных водорослей / М. Г. Владимирова, В. Е. Семенов. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1962. – 44 с.
2. *Музафаров, А. М.* Культивирование и применение микроводорослей : учеб. / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев. – Ташкент : Фан, 1984. – С. 42 – 45.
3. *Бирюков, В. В.* Основы промышленной биотехнологии / В. В. Бирюков. – Москва : Изд-во «КолосС», «Химия», 2004. – 134 с.

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