

УДК 58.04

**СПЕЦИФИКА ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА КУЛЬТУРУ
МИКРОВОДОРОСЛИ SCENEDESMUS QUADRICAUDA****А.К. Пономарев, Л.Л. Брежнев, А.В. Черенков, О.В. Горбунов***Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, Россия***ВВЕДЕНИЕ**

Успехи современных животноводческих предприятий, во многом зависят от качества кормов. В настоящее время используемые комбикорма содержат недостаточно витаминов, макро- и микроэлементов. Скорость роста, повышение иммунитета, быстрый набор веса, – это далеко не полный список преимуществ хорошо сбалансированных кормов.

Микроводоросли могут стать необходимым источником витаминов и микроэлементов, в их составе содержится большое количество полезных веществ, например в хлорелле (*Chlorella*). В 1г сухого вещества содержится более 100 различных макро- и микроэлементов.

Немаловажным является сам процесс культивирования штаммов микроводорослей, где особое внимание стоит уделить разработкам методов управляемого накопления биомассы. На сегодняшний день изучено много методов флокуляции одноклеточных водорослей, в том числе химические, физические, биологические. Известен опыт использования коагулянтов, таких как сульфат магния, хлорид железа, алюминиевые квасцы [3–4].

По интенсивности накопления биомассы водоросли, хотя и уступают бактериям, синтезирующим питательные вещества, значительно превосходят сельскохозяйственные культуры. При их выращивании в культиваторах открытого типа с 1 га водной поверхности можно получать до 65 т сухой биомассы.

Содержание белка в клетке *Scenedesmus* составляет 45–55 % в расчёте на сухую массу [1]. Белки водоросли хорошо сбалансированы по содержанию незаменимых аминокислот. Наряду с содержанием белковых веществ в клетках водорослей довольно много синтезируется полиненасыщенных жирных кислот (являющихся, как и некоторые аминокислоты, незаменимыми) и провитамина А – каротина (до 150 мг/%). [1, 6].

Цель работы – изучить действие флокулянтов на скорость и эффективность коагуляции микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Культура клеток микроводоросли *Scenedesmus quadricauda* с плотностью 10^5 кл./мл. pH-9.3, оптическая плотность при 680нм составила 0,401нм для длинны оптического слоя 50 мм.

В качестве флокулянтов применялись 1 % растворы хлорида железа (FeCl_3), сульфат меди (CuSO_4), гидроксид магния (MgOH), карбонат кальция (CaCO_3) и 2 % растворы гидроксида натрия с хлоридом кальция ($\text{NaOH}+\text{CaCl}_2$) и сульфат железа (FeSO_4).

Для определения воздействия флокулянта на скорость осаждения измерялось количественное содержание хлорофилла.

В конические колбы отбиралось равное количество культуры водоросли. Перед началом опыта измерялась оптическая плотность и значение водородного показателя для установки исходных значений.

Все колбы ставились на магнитную мешалку со скоростью перемешивания культуры 400 об/мин, бюреткой вносилось определенное количество реагента до момента флокуляции, pH – метром фиксировалось значение водородного показателя в течении воздействия реагентом. Через 2 минуты после воздействия флокулянта колбы снимались с магнитной мешалки. Далее с интервалом в 10 мин измерялась оптическая плотность в каждой колбе, проба отбиралась в срединном слое культуры водоросли.

Количественное определение содержания хлорофилла проводилось с помощью спектрофотометра при длине волны 680 нм. Данные рассчитывались по формуле: $1-100 \times A/B$ где А – значение оптической плотности в данный момент времени, В – значение оптической плотности в начале эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех растворах перед осаждением различными флокулянтами концентрация хлорофилла составила $99,3 \text{ мкг}\text{см}^{-3}$. В конце эксперимента у двух флокулянтов степень осаждения была практически равной и составила 81,8 % FeCl_3 и 83,7 % $\text{NaOH}+\text{CaCl}_2$. Немного хуже в качестве флокулянта показал себя сульфат меди, при котором концентрация хлорофилла через 30 минут составляла $32,2 \text{ мкг}\text{см}^{-3}$, что составило 67,6 %. Худший результат – у осадителей гидроксида магния и карбоната кальция (их степень осаждения составила 13–11 %), содержание хлорофилла на конец эксперимента составило 86–88 $\text{мкг}\text{см}^{-3}$ в пробе. Необходимо отметить, что через 10 минут намного быстрее осаждение происходило при использовании хлорида железа, при котором скорость осаждения хлорофилла составила 69 %, в то время как в растворах сульфата меди и $\text{NaOH}+\text{CaCl}_2$ – лишь 36,3 и 30,3 %.

В ходе исследования трех разных флокулянтов было выявлено, что флокуляция происходит при резком изменении значений pH на 2–3 единицы, после добавления 3–3,5 мл раствора флокулянтов произошел скачок водородного показателя со значений pH 9,3 до pH 7,49 – 7,22 для нейтральных солей и до pH 11,26 – 11,23 для щелочных солей.

В качестве интегрального показателя скорости осаждения клеток культуры водорослей может служить количество хлорофилла на $\text{мкг}\text{см}^{-3}$. Иными словами – количественное остаточное содержание хлорофилла в срединном слое пробы за определенный момент времени.

Из графика 1 видно, что за тридцатиминутный промежуток, в котором проводился эксперимент, лучший результат по полноте осаждения показал 2 % раствор гидроксида натрия и хлорида кальция, но за короткий промежуток времени быстрее всего осаждает хлорид железа, концентрация хлорофилла в пробе упала с $99,3 \text{ мкг}\text{см}^{-3}$ до $30,4 \text{ мкг}\text{см}^{-3}$.

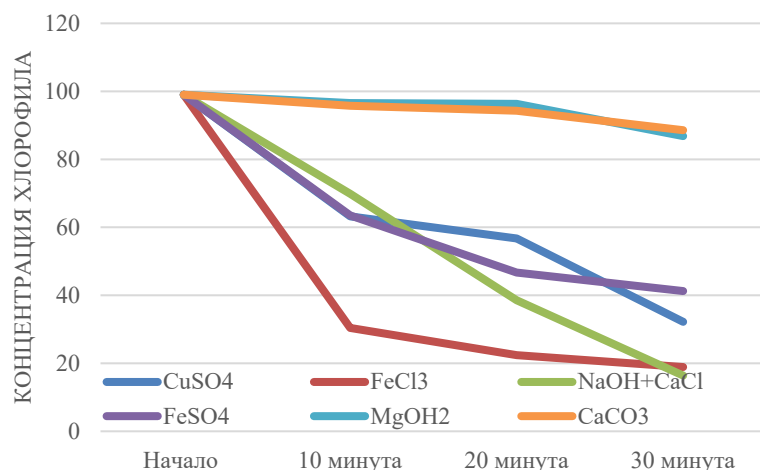


Рис. 1. Содержание хлорофилла $\text{мкг}\text{см}^{-3}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из опытов по осаждению водорослей видно, что за 30 минутный интервал опыта смесь флокулянта гидроксида натрия и хлорида кальция показывает лучший результат (83,8 %), Схожий результат у хлорида железа (81,8 %). Сульфаты обладают равной скоростью осаждения в промежутке 20 минут, однако в конце эксперимента наблюдается расхождение в динамике осаждения в пользу сульфата меди.

Худший результат по осаждению показывают 1 % растворы гидроксида магния и карбоната кальция 13,3 % и 11,1 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- Шевелуха Е.А., Калашникова С.В., Дегтярев С.В., Кочиева Е.З. Сельскохозяйственная биотехнология – М.: Высшая школа, 1998. – 416 с
- Кузнецова Т.А., Базарнова Ю.Г., Боргоякова А.С. Исследование влияния процесса автофлокуляции клеток микроводоросли *Chlorella sorokiniana* в аквакультуре на получение комплекса пигментов // Известия КГТУ. 2018. № 51.
- Чернова Е.Н., Русских Я.В., Жаковская З.А. Физические и химические методы воздействия на цианобактериальное "цветение" водоемов: обзор // Региональная экология. – 2018. – №. 3. – С. 39.
- Smith, B.T., & Davis, R.H. (2012). Sedimentation of algae flocculated using naturally-available, magnesium-based flocculants. *Algal Research*, 1(1), 32–39. doi:10.1016/j.algal.2011.12.002.
- Riebesell U., Schloss I., Smetacek V. Aggregation of algae released from melting sea ice: implications for seeding and sedimentation // *Polar biology*. – 1991. – Т. 11. – №. 4. – С. 239–248.
- Baya D.T. et al. Caractérisation des phénomènes d'auto-floculation, de bio-floculation et de co-floculation des microalgues dans un chenal algal à haut rendement (synthèse bibliographique) // *BASE*. – 2014.