

5 мин. Полноту выделения целевого вещества и содержание загрязняющих пигментов, каротиноидов, определяли спектрофотометрически. Полученный экстракт содержал хлорофилл, имел яркий изумрудно-зеленый цвет. Каротиноиды полностью отсутствовали. Осадок содержал 40% влаги и до 2% хлорофилла (от сухого вещества).

Для извлечения остаточного количества хлорофилла осадок подвергали повторной экстракции чистым этанолом и центрифугированию. Полученные на первой и на второй ступени экстракты объединяли. Избыток этанола из экстракта удаляли отгонкой под вакуумом.

Экстракт хлорофилла в этаноле смешивали с рафинированным, дезодорированным растительным маслом.

Готовый продукт – масляный раствор хлорофилла темно-зеленого цвета с содержанием хлорофилла *a* 1,5% соответствует СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», ГОСТ Р 52481-2005 «Красители пищевые» как пищевой краситель хлорофилл (E140).

Таким образом, на основе лабораторных исследований обоснована технология получения пищевой добавки хлорофилла (E140) из биомассы синезеленых водорослей. По полученным ранее данным, скорость прироста биомассы термофильных синезеленых водорослей рода *Phormidium* при их искусственном культивировании достигает 50 мг сухого вещества в час с 1 м² поверхности, что позволяет рассматривать этот объект как сырье для промышленного получения ценных компонентов, в том числе хлорофилла.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ ИЗ СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Ефимов А.А., Ефимова М.В.

Камчатский государственный технический университет

Петропавловск-Камчатский, Россия

Целью проведенной работы являлось определение способов, технологических режимов получения пищевой белковой добавки из термофильных синезеленых водорослей рода *Phormidium*, характеризующихся высоким (35,08% органической части) содержанием протеина.

В качестве сырья использовали биомассу водорослей, культивированных в искусственных условиях. При оптимальных условиях культивирования накопление биомассы достигало 50 мг сухого вещества в час с 1 м² поверхности.

Существующие технологии получения белковых продуктов из синезеленых водорослей в основном предусматривают выделение белков из биомассы путем их последовательной экстракции водой, растворами солей, раствором щелочи. При этом в раствор переходит до 70% содержа-

щихся в биомассе белков, т.е. наблюдается потеря значительной части белков и других биологически активных компонентов.

Ценность белковых продуктов заключается в высоком содержании белка и его полноценности. Синезеленые водоросли отличаются от других видов сырья, помимо наличия полноценного белка, наличие в составе богатого комплекса разнообразных биологически активных веществ. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно получать белковые продукты из синезеленых водорослей по технологии, обеспечивающей максимальное сохранение биологически активных компонентов.

Биохимический состав синезеленых водорослей рода *Phormidium* характеризуется незначительным содержанием липидов, соответственно, технология получения белковой добавки не требует операции удаления липидов.

Предлагаемая нами технология предусматривает отделение биомассы от питательной среды, удаление загрязнений, дезинтеграцию клеток, тепловую детоксикацию и денуклеизацию, удаление влаги высушиванием и измельчение до порошкообразного состояния.

Поступающая из культиватора на обработку суспензия содержала от 5 до 10 г/дм³ сухого вещества биомассы. На поверхности клеток, волокон биомассы находилось большое количество жидкого субстрата, содержащего неорганические соли, продукты метаболизма водорослей. Биомассу отделяли от жидкости на сите с размером ячеек 1,0x1,0 мм и промывали для удаления компонентов питательной среды питьевой водой, соответствующей требованиям СанПиН 2.1.4.1074. Расход воды составлял 10:1.

Размер ячеек оказывает влияние на потери биомассы за счет потери отдельных клеток, целых трихомов с промывными водами. Для выбора размера ячеек сита промывание проводили на ситах с размером ячеек 1,5x1,5, 1,0x1,0, 0,5x0,5 мм. Синезеленые водоросли рода *Phormidium* образуют длинные нити (трихомы), связанные между собой полисахаридной слизью. Такие структуры хорошо задерживаются на сите с крупной (1,5x1,5 мм) ячейкой. Минимальные потери – 0,5% от массы исходного сырья получили при использовании сита с размером ячеек 0,5x0,5 мм. Однако при этом из-за забивания ячеек сита биомассой резко возросла продолжительность промывания. Оптимальным оказалось промывание биомассы на сите с размером ячеек 1,0x1,0 мм. Температура воды в начале промывки не должна превышать 25-30°C для предотвращения коагуляции загрязнений белковой природы. Последующую промывку можно вести горячей водой.

Промывание вели до исчезновения в промывной воде следов сульфат-ионов, определяемых реакцией с ионами бария, т. к. содержание сульфат-ионов в питательной среде при культивировании синезеленых водорослей наибольшее. Для равномерности протекания процесса промыв-

вание проводили при перемешивании. При медленном, осторожном перемешивании клеточные стенки не повреждаются, не происходит их вымывания и потерь внутриклеточного содержимого.

После промывки биомассы содержание влаги в ней достигало 95%, что требовало на последующих этапах выпаривания, сушки, сопровождающихся значительными энергетическими затратами. Значительная часть влаги является свободной, находится на поверхности водорослевой массы и легко удаляется отстаиванием, фильтрованием, центрифугированием. Фильтрование и отстаивание проводили на сите с размером ячеек 1,0x1,0 мм до прекращения отделения воды. Продолжительность процесса составила 35-40 мин. При таком способе отделения влаги содержание сухих веществ в массе составило около 15%, что недостаточно для проведения дальнейших операций. Более полного отделения влаги достигали центрифугированием. Центрифугирование производили при режимах 12, 28, 50, 100 г. Центрифугирование при частоте вращения 50 г сопровождалось разрушением клеточных оболочек и вытеканием внутриклеточного содержимого – промывная вода приобретала синевато-фиолетовый цвет. Потеря внутриклеточной жидкости, содержащей растворенные белки, нежелательна. Был найден оптимальный режим центрифугирования, при котором достигалось удаление воды из биомассы, но не наблюдалось разрушение клеток – 28 г, продолжительность 2 мин. При этом остаточное содержание сухих веществ составило 20%.

После центрифугирования биомассу подвергали сушке после предварительного измельчения. Измельчение массы необходимо для сокращения продолжительности сушки, т. к. прочные клеточные стенки слизистые чехлы водорослевых нитей препятствуют испарению внутриклеточной влаги. Однако эксперименты показали, что если разрушение нитей в блендере ножевого типа при частоте вращения 1000 об/мин происходит в течение 45 с, то для разрушения клеток требуется большая продолжительность процесса. Возможная причина этого заключается в малых размерах клеток и эластичности клеточных стенок. Микроскопические исследования показали, что измельчение в течение более 1,5 мин мало изменяло микроструктуру биомассы.

Пиореобразная биомасса содержала 80 % воды.

Измельченную массу для детоксикации, денуклеизации и стерилизации подвергали тепловой обработке при 105°C в течение 10 мин.

Сушку осуществляли в тонком, не более 2 мм, слое массы потоком горячего воздуха температурой 80-85°C до содержания влаги не выше 8%. При более высоких температурах происходило спекание массы продукта. После сушки массу

охлаждали в сушилке потоком холодного воздуха до температуры не выше 20°C.

Высушенную массу измельчали на блендере до порошкообразного состояния, пригодного для таблетирования.

Таким образом, на основе лабораторных исследований обоснована технология получения пищевой добавки из биомассы синезеленых водорослей.

Высокая скорость прироста биомассы термофильных синезеленых водорослей рода *Phormidium* при их искусственном культивировании позволяет рассматривать этот объект как сырье для промышленного получения ценных компонентов, в том числе белка.

При реализации процесса в промышленных условиях продукция биомассы может достигать 4,38 тонн с гектара в год, что в пересчете на белок составляет 1,3 т/га в год.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ФАЗОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ НИТРАТА АММОНИЯ – ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ОКИСЛИТЕЛЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Попок В.Н.

*Томский государственный университет
Томск, Россия*

В настоящее время ведутся интенсивные работы по фазовой стабилизации нитрата аммония (НА) в области температур от -50 °C до +80 °C окислами металлов (CuO, NiO, ZnO), природными и искусственными цеолитами, сокристаллизацией НА с нитратом калия, цезия, перхлоратом аммония (ПХА) и бихроматом аммония, с энергоемкими соединениями из классов триазолов, тетразолов, путем создания эвтектических сплавов [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты сравнительного анализа полиморфных переходов (ПП) в НА промышленного производства заводов Российской Федерации марок А (ГОСТ 2-68) и ЖВ (ГОСТ 14792-79) (гранулы и порошки), а также в НА, стабилизированном оксидами металлов и в сокристаллизатах НА с ПХА и бихроматом аммония, в том числе в смесевых высокоэнергетических системах (ВС) на основе различных горючих-связующих (ГСВ). Необходимо отметить, что НА марок А и ЖВ хранятся в заводской упаковке и не теряют своих свойств в течение 10-15 лет в естественных температурных условиях (интервал изменения температуры от -40 °C до +40 °C). В качестве ГСВ смесевых ВС применялись связующие на основе каучука СКД, пластифицированного нефтяным маслом, а также ГСВ на основе нитроэфирных и нитраминных пластификаторов [3]. Для анализа ПП в НА и смесях на его основе использовались методы дифференциальной сканирующей калориметрии