

УДК 663.15+579.64

МОДЕЛЬ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ *TENEBRIO MOLITOR* С ДОБАВЛЕНИЕМ ХИТИНОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

Мешанов Т.М. (Национальный исследовательский университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., доцент Кременевская М.И.

(Национальный исследовательский университет ИТМО)

Введение. В настоящий момент во всём мире существует большой дефицит, как пищевого для человека, так и кормового белка для сельскохозяйственных животных. Ежегодный общемировой дефицит превышает 30 млн т, а в России он составляет около 2-2,5 млн т. Для создания производств растительного белка существуют различные источники. Однако, технологические особенности процессов извлечения из сырья питательной энергии и биологически ценных веществ связаны со значительными ресурсоемкими энергетическими, кинетическими и финансовыми затратами. Кроме того, необходимо учитывать и определение экологического статуса территорий при создании предприятий, и их воздействие на окружающую среду. Поэтому актуальным решением белкового кризиса становится поиск альтернативных источников белоксодержащего сырья и использование его с меньшими экологическими рисками и финансовыми затратами. Всё чаще исследования представляются на примере класса беспозвоночных членистоногих животных *Insecta*. В частности, одним из самых изученных насекомых, используемых для переработки отходов и получения кормового белка, является жук мучной хрущак (*Tenebrio molitor*). Проведённые исследования со схожими по количеству в их составе белка насекомыми – личинками мухи чёрная львинка показали, что при добавлении в корм цыплят бройлеров и 8 – 9 месячных телят, рост особей был увеличен, но незначительно. Причиной малой эффективности усвоения белоксодержащих кормов является наличие в них полисахарида хитина насекомых. Целью данной работы является разработка модели усвояемой кормовой добавки для сельскохозяйственных животных с использованием хитинолитических ферментов в премиксах кормов на основе насекомых.

Основная часть. Для создания модели кормовой добавки, как основного источника поступления белка и аминокислот, был выбран *Tenebrio molitor*, он же мучной хрущак – жук длиной от 15 до 20 мм с личинками белого или жёлтого цвета с жёлто-коричневой головой. У него достаточно короткий цикл развития, около 45 суток, может круглогодично размножаться в изолированных от внешней среды условиях производств замкнутого цикла. А также полезное свойство данного насекомого – это способностью к биоутилизации органических отходов в качестве субстрата для его роста. После высушивания личинок уровень протеина может достигать 40%, а после отжима жира – 70%. Что касается аминокислотного сора, то его соответствие можно сравнить с соевым шротом, что позволяет быть подходящей добавкой для использования в рецептурах разных кормов. Культивирование оптимальных с целью индустриального разведения насекомых совершается в отдельных от внешней среды условиях вместе с неукоснительным соблюдением правил биозащиты во избежание попадания на предприятия инфекций, небезопасных для насекомых и человека, с проведением контрольных мероприятий, предотвращающих вылет насекомых во внешнюю среду.

Цикл производства состоит из 4-х этапов: подготовка органических отходов (субстрата), разведение и содержание мух, выращивание личинок, сепарация (отделение личинок мух от субстрата) и высушивание. После проведения всех этапов цикла, на выходе можно получить личинки, имеющие в своём составе до 70% сухого протеина при условии, если их пропустили через маслопресс. Это позволит снизить содержание жира с 30% до 10%. А полученный жир личинки можно использовать для дальнейшего покрытия гранул комбикорма

При решении задачи создания безотходного производства с выпуском усвояемой формы кормовой добавки из насекомых, необходимо учитывать процесс, направленный на

трансформацию такого сложнодеградируемого полисахарида, имеющегося в сырье, как хитин. Существуют различные химико-биологические многостадийные методы получения чистого хитина из насекомых, но предлагаемые способы для их реализации связаны со значительными ресурсными, временными и финансовыми затратами предприятий. Поэтому для создания модели перевариваемого продукта предлагается использовать модификацию данного биополимера пробиотическим штаммом *Serratia marcescens*, продуцентом хитозаназо- и хитинолитических ферментов при смешивании основной добавки и штамма в соотношении массовых частей 1 : 1. Среди микроорганизмов, способных продуцировать хитиназу, энтеробактерии *Serratia marcescens* являются одними из самых эффективных. Серрация считается нормальным обитателем кишечника человека и животных, обеспечивающим его адекватное функционирование, при условии соблюдения нормального иммунного состояния особи. В противном случае, могут быть поражены органы мочевого выделения, дыхания и ЖКТ. Микроорганизмы, продуцирующие хитинолитические ферменты также обладают антигрибковым эффектом, что позволяет разрушать стенки мицелия патогенных грибов растительных культур, которые входят в состав каждого корма. Установлено, что в лабораторных условиях данный штамм микроорганизма культивируется на питательной среде, содержащей дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* – 50-150 г/л, буферные соли – 1,5 г/л и воду – 1 л. Культивирование проводят при температуре 28-30°C и рН среды 8,0-8,4 с аэрацией в течение 3-5 суток. Максимальный выход хитинолитических ферментов получился с активностью 1,02 Е/мл. Данный способ возможно масштабировать для крупного производства, используя стандартный цилиндрический ферментёр эрлифтного типа большого объёма.

При сравнении затрат на производство белка из насекомых и говядины (кг/кг), по данным «ФИЦ питания и биотехнологии», установлено сокращение расходов для первого варианта на воду в 500 раз, кормов и площадей используемых земель – в 12 и 10 раз, соответственно. Предлагаемая модель кормовой добавки из насекомых с использованием комплекса хитинолитических ферментов предполагает ещё большее снижение затрат на закупку кормовой базы для животных, поскольку использование, например, культуры штамма микроорганизма, продуцирующего данные ферменты, по цене 2500 руб. за ампулу лиофилизированной культуры (ВКПН НИЦ «Курчатковский институт») на сегодняшний день, позволит масштабировать сырьевую базу для производства белковой добавки за период 1,5 месяца на 70 %

Выводы. Предложена модель кормовой добавки на основе энтомологической биомассы личинок жука мучного хрущака с добавлением пробиотического штамма *Serratia marcescens* в качестве продуцента хитинолитических ферментов для повышения усвояемости протеиновой массы. Использование кормовой добавки, имеющей в своём составе белок и перевариваемую форму полисахарида хитина, позволит наращивать производства и расширять спектр кормовых премиксов для выращивания сельскохозяйственных животных. Данный подход может представлять интерес для предприятий, выпускающих или проектирующих цеха по производству кормовых премиксов, поскольку незначительные затраты по созданию дополнительного технологического участка производства с использованием микробиологических технологий имеют быструю окупаемость и экологическую стабильность. Кроме того, использование принципов глубокой переработки на основе биотехнологических приемов могут быть рассмотрены и производителями белковых ингредиентов из растительного и животного сырья.

Список литературы:

1. Хитозан (2013) / Под ред. Скрябина К.Г., Михайлова С.Н., Варламова В.П. М.: Изд. Центр «Биоинженерия РАН» , 593 с.
2. «Насекомые как потенциальный источник протеина для животных: современное состояние отрасли», авторы: М. Журавлев, А. Истомин, [Электронный ресурс] - <https://clck.ru/33bZcY>

3. Пат. 241744 Российская Федерация, Способ культивирования бактерий *Serratia marcescens*, продуцента хитиназы, патентообладатели: Институт цитологии и генетики СО РАН; заявл. 2003.02.03; опубл. 2004.12.10.

4. Анализ вызовов и современных тенденций развития технологий на рынке белков Л. Н. Рождественская, канд. экон. наук; Е. С. Бычкова, канд. техн. наук Новосибирский государственный технический университет А. Л. Бычков, канд. хим. наук Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск

5. Биотехнология пищевого белка / Киселева О. В.,Тарнопольская В. В.,Миронов П. В. - Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2021.- 92 с.

6. The use of defatted *Tenebrio molitor* larvae meal as a main protein source is supported in European sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) by data on growth performance, lipid metabolism, and flesh quality / Авторы: Ana Basto, Josep Calduch-Giner, Beatriz Oliveira, Lisa Petit, Tiago Sá , Margarida R. G. Maia , Susana C. Fonseca , Elisabete Matos, Jaume Pérez-Sánchez and Luisa M. P. Valente. [Электронный ресурс] - <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2021.659567/full>