

ции почв и инфраструктурных рисков до формирования рефугиумов редкой флоры и очагов инвазий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развертыванием системы мониторинга на ключевых участках с использованием автоматических логгеров и регулярной аэрофотосъемки. Это позволит перейти от статичной оценки к прогнозированию динамики эрозионных процессов и их влияния на экологический каркас города, а также разработать рекомендации по оптимизации городского планирования и рекультивации нарушенных земель.

1 Буйко Д. В. Актуализация топографической основы геоэкологических карт по данным космо- и аэрофотосъемки / Буйко Д. В., Шепляков Е. А. // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы X Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 22 апреля 2022 года. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2022. – С. 31–33.

2 Буйко Д. В. Основные этапы создания цифровой геоморфологической карты г. Витебска и окрестностей / Д. В. Буйко, Е. О. Шепляков // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы XI Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 21 апреля 2023 года : в 2 т. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2023. – Т. 1. – С. 143–144.

3 Обухова К. А. Применение данных беспилотной съемки в сфере землепользования / К.А. Обухова, А.В. Селезнева, Д. В. Буйко // Научная деятельность в условиях цифровизации: теоретический и практический аспекты: сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием (22 июля 2023 г, г. Тюмень). В 2 ч. Ч. 2 – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2023. – С. 141–144.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА ИЗ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Павлова Е.Е.¹, Вашневская А.В., Суворова П.А.²

*¹магистрант 2 года обучения, ²студентки 3 курса ВГУ имени П.М. Машерова,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Научный руководитель – Жерносеков Д.Д., доктор биол. наук, доцент

Биотехнологический потенциал ксилотрофных грибов рода *Pleurotus* активно исследуется с целью получения ценных метаболитов, в частности, молокосвертывающих ферментов. Молокосвертывающие ферменты грибного происхождения рассматриваются как перспективная альтернатива традиционному сычужному ферменту в сыроделии, что обусловлено их высокой активностью, доступностью продуцента и отсутствием факторов, связанных с этическими и религиозными ограничениями свойственными ферментам животного происхождения.

Фермент *P. ostreatus* специфично расщепляет к-казеин, инициируя процесс коагуляции молока. Одним из основных препятствий для внедрения грибных молокосвертывающих ферментов в промышленность является сложность получения препаратов со стабильными характеристиками. Ферментный препарат, полученный в результате глубинного культивирования *P. ostreatus*, несмотря на высокую активность, часто содержит примеси, ухудшающие органолептические свойства конечного продукта (придающие горечь, посторонние запахи) и затрудняющие его стандартизацию. Кроме того, в этом случае растворенный фермент содержится в значительном объеме жидкости, что уменьшает его концентрацию в конечном продукте. В связи с этим важное значение приобретает поиск эффективных методов получения концентрированного препарата с высокой активностью.

Одним из способов концентрирования ферментных препаратов является их лиофилизация. Несмотря на необходимость дорогостоящего оборудования, несомненными преимуществами этого способа являются возможность получить в конечном итоге сухой продукт с длительным сроком хранения, в котором сохраняется его ферментативная активность. Кроме того, при необходимости полученный порошок можно развести в подходящем растворителе с возможностью регулировать концентрацию активного вещества в конечном продукте.

Ранее нами было показано, что культуральная жидкость и экстракт плодовых тел *P. ostreatus* содержат молокосвертывающий фермент [1].

Цель данной работы: оптимизация метода получения молокосвертывающего фермента с целью его использования в молочной промышленности Республики Беларусь.

Материал и методы. Исходный штамм *Pleurotus ostreatus* x *floridanus*, гибрид (*P. ostreatus* x *P. florida*) 462 был предоставлен Государственным научным учреждением «Институтом леса Национальной академии наук Беларуси». В дальнейшем штамм культивировали на картофельно-сахарозной среде в шейкере-инкубаторе при $t=28$ °C и 70 об/мин. Культуральную жидкость отбирали для проверки молокосвертывающей активности (МСА).

Фруктовые тела *P. ostreatus* приобретали в магазинах торговой сети «Евроопт». Впоследствии из них изготавливали гомогенаты на 0,1М ацетатном буфере (pH=5,0). Полученный экстракт проверяли на МСА.

Для лиофилизации ферментов использовали установку Labconco, работающую при $t= -53$ °C и давлении 28 Па. Полученные лиофилизированные порошки растворяли в ацетатном буфере (0,1М; pH=5,0) для проверки МСА.

МСА проверяли по методике, описанной в работе [2]. Для определения концентрации белка использовали метод Брэдфорда [3]. Дополнительно оценивали органолептические свойства полученных молочных сгустков.

Результаты и их обсуждение. Наилучший по плотности молочный сгусток был получен в результате использования неочищенной культуральной жидкости *P. ostreatus*, в этом же случае отмечается самая высокая удельная активность исследуемого фермента. При использовании лиофильного порошка, полученного из культуральной жидкости, наблюдается ухудшение качества сгустка, а также незначительное снижение удельной молокосвертывающей активности. В обоих случаях отмечается отсутствие у полученных сгустков постороннего (грибного) аромата и вкуса, однако наблюдается незначительная горечь.

При исследовании экстракта плодовых тел также отмечается, что лучший по структуре молочный сгусток был получен до изготовления лиофильного препарата, но лиофилизация позволила увеличить удельную молокосвертывающую активность фермента на 77 % по сравнению с исходным. В обоих случаях отмечается полное отсутствие посторонних ароматов и вкусов.

При этом выявлено, что удельная ферментативная активность культуральной жидкости *P. ostreatus* и лиофильного препарата, полученного из нее, выше по сравнению с экстрактом плодовых тел *P. ostreatus* и с лиофильным препаратом, полученным из этого же экстракта.

Заключение. На данном этапе исследования можно говорить о том, что лиофилизацию, как способ сохранения и концентрации фермента целесообразно рассматривать в работе с плодовыми телами *P. ostreatus*, но требуется уделить внимание факторам, влияющим на качество молочного сгустка, так как это наравне с временем коагуляции молочных белков является первостепенным критерием, на который обращают внимание производители молочной продукции. Предпочтение стоит отдавать использованию культуральной жидкости *P. ostreatus*, которая на данный момент проявляет более высокую активность в сравнении с экстрактом плодовых тел.

1 Павлова, Е. Е. Молокосвертывающий фермент из культуральной жидкости и экстрактов плодовых тел Вешенки обыкновенной / Е. Е. Павлова, А. В. Вашневская, П. А. Суворова // XIX Машеровские чтения : мат. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 24 октября 2025 г. / редкол.: Е.Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2025. — Т. 1. – С. 141–142.

2 Подбор условий для поверхностного и глубинного культивирования промышленного штамма *Pleurotus ostreatus* с целью получения молокосвертывающего фермента / Д. Д. Жерносеков, Е. Е. Павлова, А. А. Литенкова [и др.] // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2023. – № 4. – С. 11–16.

3 Bradford, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding / M. M. Bradford // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72, № 1–2 – P. 248–254.