

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ БИОКОНВЕРСИИ МИЦЕЛИАЛЬНОЙ БИОМАССЫ

Римарева Л.В. *д-р техн. наук*, Мочалина П.Ю., Оверченко М.Б. *канд. техн. наук*,  
Игнатова Н.И., Серба Е.М. *д-р биол. наук*

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный  
исследовательский центр питания и биотехнологий» (Москва)*

**Реферат.** Создание функциональных ингредиентов на основе ферментолитатов грибной биомассы является актуальной задачей современного мира. Получены экспериментальные данные о содержании полисахаридов и белковых веществ, составе и массовой концентрации катионов, анионов неорганических и органических кислот в отходах ферментного производства – биомассе *Aspergillus oryzae*, которые позволяют рассматривать ее как перспективный субстрат для получения биодобавки для коррекции минерального состава и повышения биологической ценности продуктов питания и кормов.

**Ключевые слова:** грибная биомасса, функциональный ингредиент, аминокислоты, биополимеры

**Summary.** The creation of functional ingredients based on fermentation fungal biomass is an urgent task of the modern world. Experimental data on the content of polysaccharides and protein substances, composition and mass concentration of cations, inorganic and organic acid anions in enzymatic production wastes – biomass *Aspergillus oryzae*, which allow to consider it as a promising substrate for obtaining bio-additives for correction the mineral composition and increase the biological value of food and feed.

**Key words:** mycelial biomass, functional ingredient, amino acids, biopolymers

**Введение.** Одним из приоритетных направлений развития современной биотехнологии является разработка кормовых и пищевых добавок с использованием мицелиальных грибов. Микромицеты являются продуцентами целого ряда биологически активных веществ: белков, липидов, полисахаридов, органических кислот, ферментов, витаминов и др. Среди грибов для пищевой промышленности *Aspergillus oryzae* выделяется как продуцент протеолитических и амилалитических ферментов, источник ценных ингредиентов, которые могут обеспечивать биологическую полноценность и качество пищевых продуктов и кормов [1-3].

Важным преимуществом создания биотехнологии кормовых и пищевых добавок на основе грибной биомассы – отхода ферментного производства является низкая стоимость, доступность и быстрая возобновляемость сырьевых ресурсов.

Целью работы является исследование биотехнологического процесса направленного биокатализа биомассы мицелиального гриба *Aspergillus oryzae* 01133 для получения добавок пищевого и кормового назначения с заданными свойствами.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследования являлись биомасса мицелиального гриба, полученная после глубинного культивирования микромицета

*Aspergillus oryzae* 01133, путем отделения от культуральной жидкости; ферментные препараты – источники протеиназ и пептидаз, β-глюканы, хитиназы и маннаны [4, 5].

**Обсуждение результатов.** Полученные экспериментальные данные показали, что грибная биомасса является источником биологически полноценных белков (27,8 %) с высоким содержанием незаменимых аминокислот, а также полисахаридов (32,0 %), представленных в виде хитино-глюканового комплекса и ценных маннанов (табл.).

Таблица – Биохимическая характеристика биомассы гриба *Aspergillus oryzae* и ферментолитатов, полученных на ее основе

Образец	Биохимическая характеристика				
	NH <sub>2</sub> , %	Сырой протеин, %	Своб. АК, % от общ.	РВ, %	ОРВ, %
Биомасса гриба	0,5	27,8	1,3	3,0	32,0
Ферментолитат 1 (жидкая фаза)	3,0	25,0	40,0	7,9	14,5
Ферментолитат 2 (твердая фаза)	1,0	45,5	-	-	38,5

С целью получения пищевых и кормовых добавок с заданными свойствами разработан биотехнологический процесс направленной конверсии полимеров мицелиальной биомассы с учетом разработанных способов и подобранных ферментных систем [2,3], обеспечивающий повышение биодоступности внутриклеточных биологически ценных компонентов.

Полученную после отделения культуральной жидкости биомассу гриба *A. oryzae* подвергали каталитической деструкции под действием ферментных комплексов – источников протеиназ и пептидаз, β-глюканы, маннаны и хитиназы в течение 12 ч. По окончании процесса гидролиза инкубационную смесь разделяли на жидкую и твердую фазы, представляющие ферментолитаты грибной биомассы с различным биохимическим составом и структурно-функциональными свойствами (табл., рис.).

Полученные результаты позволили подтвердить эффективность ферментативной конверсии полимеров биомассы микромицета с образованием продуктов гидролиза полисахаридов клеточных стенок и белковых веществ. После разделения основная часть растворимых веществ была сконцентрирована в жидкой фракции ферментолитатов (ферментолитат 1), а вещества с более высокой молекулярной массой - в твердой фракции (ферментолитат 2).

Ферментолитат 1 содержал, в основном, растворимые компоненты в виде свободных аминокислот, низкомолекулярных пептидов, олигосахаридов, микроэлементов, которые способствовали приданию ему определенных функциональных свойств. В результате биокаталитической конверсии порядка 40 % белковых веществ было прогидролизировано с образованием аминокислот в свободной форме, остальные высокомолекулярные белки деструктурированы в пептиды с более низкой молекулярной массой.

Аминокислоты, из которых состоит белок, являются строительным материалом всех структур организма. При этом особая роль в придании функциональных свойств ферментолитату 1 принадлежит аминокислотам, которые находясь в свободной форме, могут

наиболее активно участвовать в метаболизме человека и животных. Каждая аминокислота в отдельности выполняет свою незаменимую роль.

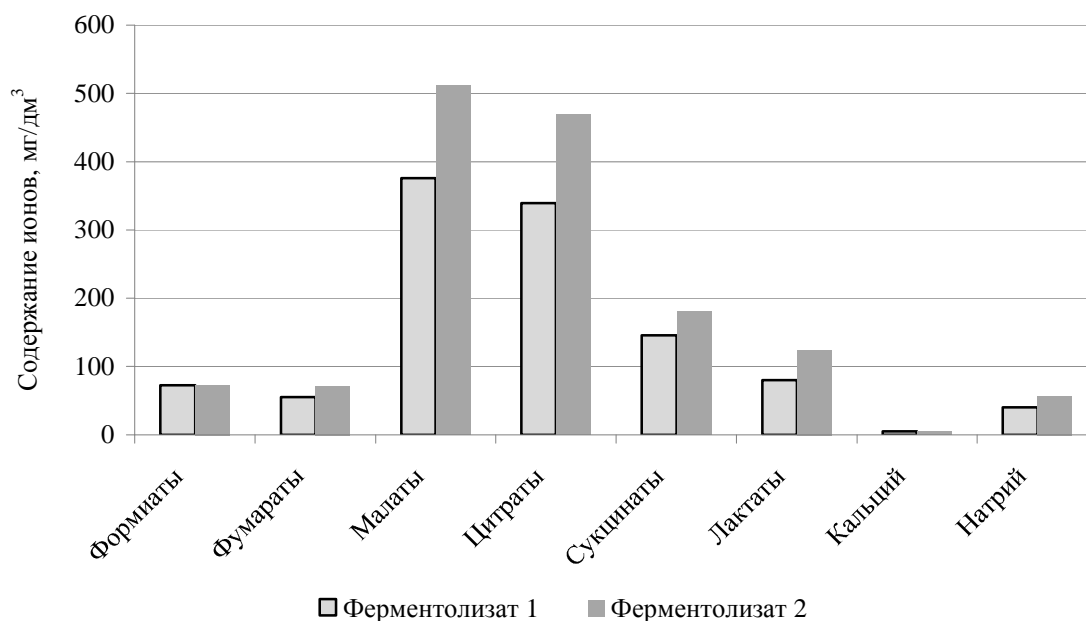


Рис. Ионный состав ферментолизатов 1 и 2, полученных на основе биоконверсии полимеров биомассы гриба *Aspergillus oryzae*

Ферментолизат 2, в основном, содержал остатки клеточных стенок микромицета, содержащих полисахариды (38,5 % ОРВ), представляющие собой трудно гидролизуемый хитино-глюкановый комплекс, и белковые вещества (45,5 %). При этом практически отсутствовали аминокислоты в свободной форме и редуцирующие углеводы. Повышенное содержание ценных полисахаридов, включающих  $\beta$ -глюканы, маннаны, хитин может придавать ему функциональные свойства, характерные для продуктов гидролиза аминопполисахаридов, обладающих сорбционной и антимикробной способностью [8].

Ионный состав ферментолизатов биомассы микромицета *A. oryzae* представлен анионами органических и неорганических кислот и катионами (рис.). В общем количестве идентифицированных ионов наиболее высокое содержание в ферментолизатах 1 и 2 приходилось на фосфаты (5553,6-7251,4 мг/дм³) и калий (1283,5-2109,1 мг/дм³). Кроме того, в них содержалось существенное количество анионов, особенно в ферментолизате 2, полученном после 12 ч ферментативной деструкции белковых веществ и полисахаридов: малатов – 512,0 мг/дм³, цитратов – 468,8 мг/дм³ и сукцинатов – 180,7 мг/дм³.

Микроэлементы имеют значительную роль в составе функциональных пищевых ингредиентов. Следствием дефицита микроэлементов является ферментативная и гормональная недостаточность, снижение адаптивных возможностей организма, иммунитета, уровня восстановительных процессов [7,8]. Для большинства жизненных процессов человека и животных необходимы органогенные элементы, среди которых особая роль принадлежит фосфору. Калий не менее важен для организма, так как он участвует во многих биохимических процессах и входит в состав каталитических центров важнейших ферментов. Поэтому грибная биомасса, содержащая в общем количестве идентифицированных ионов порядка 65 % фосфатов и 19-25 % калия, является перспективным субстратом.

Органические кислоты оказывают благоприятное влияние на процесс пищеварения. Они снижают рН среды, способствуя созданию определенного состава микрофлоры, активно участвуют в энергетическом обмене веществ, стимулируют сокоотделение в желудочно-кишечном тракте, улучшают пищеварение, активизируют перистальтику кишечника, способствуя снижению риска развития многих желудочно-кишечных и других заболеваний, обеспечивая ежедневный стул нормальной структуры, тормозят развитие гнилостных процессов в толстом кишечнике. Выявленное количество в биомассе анионов органических кислот, необходимых для пищеварения человека и животных, доказывает биологическую ценность грибной биомассы и перспективность ее использования в производстве продуктов пищевого и кормового назначения.

**Выводы.** Таким образом, биодобавки, полученные на основе ферментолитов микробной биомассы, могут использоваться в качестве функциональных ингредиентов для восполнения дефицита рациона питания по белку и аминокислотам, обогащения кормов и продуктов питания легкоусвояемыми белковыми веществами, ценными полисахаридами, витаминами и микроэлементами.

### Литература

1. Поляков, В.А. Скрининг микроорганизмов – продуцентов биологически активных веществ для создания биотехнологии обогащенных натуральных биокорректоров пищи на основе микробной биомассы / В.А. Поляков, Л.В. Римарева, Е.И. Курбатова [и др.] // В сб. «Перспективные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК». ВНИИПБТ. – М.: Пищепромиздат, 2010. – С. 58-63.
2. Римарева, Л.В. Биотехнологические аспекты создания пищевых добавок биокорректирующего действия на основе микробной биомассы / Л.В. Римарева, Е.И. Курбатова, Н.А. Фурсова, Е.Н. Соколова, А.В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 2. – С. 45-47.
3. Римарева, Л.В. Использование биомассы гриба *Aspergillus oryzae* в качестве источника биологически активных веществ / Л.В. Римарева, Е.М. Серба, М.Б. Оверченко, К.В. Рачков, Е.В. Орлова, И.М. Абрамова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 9. – С. 46-50.
4. Серба, Е.М. Мицелиальные грибы – перспективный источник гидролаз и ценных биополимеров / Е.М. Серба, Л.В. Римарева, М.Б. Оверченко, Н.С. Погоржельская, Е.Н. Соколова, Н.И. Игнатова, Ю.А. Борщева // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 4. – С. 41-43.
5. Серба, Е.М. Скрининг активных популяций гриба *A. oryzae* по способности к синтезу промышленно значимых метаболитов / Е.М. Серба, М.Б. Оверченко, Л.В. Римарева, Н.С. Погоржельская, В.Е. Давыдкина, В.А. Поляков // Микология и фитопатология. – 2017. – №1. – С. 47-53.
6. Орлова, Е.В. Влияние ферментолитов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на клеточный цикл и апоптоз клеток перевиваемых опухолей / Е.В. Орлова, Л.В. Римарева, М.Б. Оверченко, В.С. Орлова, Е.М. Серба // Биозащита и биобезопасность. – 2012. – № 3. – С. 48-51.
7. Ершов, Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд, А.З.М. Книжник – М.: Высшая школа, 2003; 4-е изд. – 560 с.
8. Нечаев, А.П. Пищевая химия. / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова, В.В. Колпакова, И.С. Витол, И.Б. Кобелева – СПб.: ГИОРД, 2015. – 672 с.