

Ю. Н. Погорелова, мл. науч. сотрудник; В. С. Болтовский, доцент; Т. П. Цедрик, доцент

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДНО-БЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ БИОКОНВЕРСИЕЙ ВЕРХОВОГО ТОРФА

In work results of researches of process of bioconversion of riding peat in laboratory and trial conditions for reception of the carbohydrate-albuminous fodder additive are generalized, and also results on its efficiency feed to are resulted by a ruminant.

В настоящее время потребности сельского хозяйства в белоксодержащих кормовых добавках во многих странах, в том числе и в Республике Беларусь, удовлетворяются не полностью. Дефицит кормового белка, вызванный, в частности, недостатком богатых белком сельскохозяйственных культур, потребность в импорте белковых кормовых добавок и препаратов обуславливают необходимость собственного производства белковых кормовых продуктов.

Микробный белок имеет сбалансированный состав по аминокислотам и другим питательным веществам, может многотоннажно выпускаться в промышленности вне зависимости от климатических условий на сравнительно небольших производственных площадях. Микроорганизмы имеют значительно большую удельную скорость роста по сравнению с растениями и животными.

В Республике Беларусь основными белковыми кормовыми добавками, получаемыми микробиологическим способом, являются кормовые дрожжи и провит. На гидролизных заводах, являющихся традиционным производителем кормовых дрожжей, их получают культивированием на гидролизатах древесного сырья. Однако чрезвычайно высокая энергоемкость этого способа и образование значительного количества отходов (гидролизного лигнина и сточных вод) привело к тому, что производство кормовых дрожжей в Республике Беларусь в настоящее время фактически приостановлено.

Альтернативой данному способу является «прямая» биоконверсия субстратов на основе растительного сырья под действием микроорганизмов. Основными причинами, сдерживающими его широкую промышленную реализацию, являются длительность процесса и необходимость предварительной обработки лигно-целлюлозных субстратов.

При получении микробного белка важным условием является наличие дешевого, доступного и эффективно используемого микроорганизмами сырья.

Особый интерес для Республики Беларусь представляет верховой торф с низкой степенью разложения, который по своему химическому составу практически не отличается от других видов растительного сырья. В нем содержится

много углеводов, особенно легкогидролизуемых полисахаридов, минеральных макро- и микроэлементов и биологически активных веществ; он содержит протеин, физиологически активные низкомолекулярные и гуминовые кислоты, витамины, антисептики, антиоксиданты и другие вещества, обуславливающие возможность использования верхового торфа в качестве кормовой добавки или сырья для ее получения.

Верховой торф с низкой степенью разложения представляет собой отмершие остатки растений, которые подверглись частичной биологической деструкции в естественных условиях под действием ассоциаций микроорганизмов. Он является благоприятным субстратом для «прямой» биоконверсии микроорганизмами.

Перевариваемость верхового натурального торфа («in vitro») составляет 25–30%. Его можно использовать для увеличения питательности и объема рациона, а также для профилактики желудочно-кишечных заболеваний у животных [1].

Однако при использовании верхового торфа в чистом виде или сдобренного вкусовыми и питательными добавками его кормовая ценность невысока в связи с тем, что большая часть углеводов, в частности клетчатки, и других ценных высокомолекулярных соединений находится в трудно перевариваемой для животных форме и не усваивается ими без проведения дополнительных операций по термической, кислотной или щелочной обработке торфа. Имеются рекомендации по использованию сфагнового торфа в рационах кормления крупного рогатого скота в составе гранулированных и рассыпных кормосмесей: в виде торфобардьяной смеси, углеводно-протеинового корма на основе торфа и мочевины, в смеси с пищевыми отходами или запаренными кормами, после пропаривания в автоклаве, обработанного известью и т. д. [1–3].

Известны способы получения углеводсодержащих кормовых добавок – торфа осаждаемого, сахара кормового торфяного, гидролизатов верхового торфа [4, 5], недостатком которых являются значительные энергозатраты, кроме того, в полученных кормовых добавках повышается содержание сахара, но не обеспечивается обогащение их белком.

Групповой химический состав верхового торфа различных месторождений Республики Беларусь

Компоненты	Содержание, % от массы абсолютно сухого торфа		
	«Глинка»	«Неманское»	«1 Мая»
Полисахариды:	47,2	39,2	44,4
легкогидролизуемые	25,3	22,3	27,0
трудногидролизуемые	21,9	16,9	17,4
Редуцирующие вещества в растворе:			
легкогидролизуемые	29,13	25,1	30,4
трудногидролизуемые	24,3	18,3	19,3
Непрогидролизованый остаток	30,4	38,6	29,6
Общий белок (сырой протеин)	4,77	5,13	4,2
Зольные элементы	4,6	1,1	1,1
pH водной вытяжки	4,0	4,6	4,6

Одним из сравнительно легко реализуемых способов повышения перевариваемости верхового торфа и обогащения его протеином является обработка острым паром в присутствии азотсодержащих реагентов, в частности мочевины [2]. При этом, однако, не достигается требуемая сбалансированность кормов по аминокислотам, в том числе незаменимым, и, кроме того, при нарушении техники скармливания, особенно при превышении доз, синтетические азотистые вещества могут быть токсичными для организма животных [6].

В связи с этим исследование процесса биоконверсии верхового торфа и разработка технологии получения кормовой добавки на его основе является актуальной задачей и представляет важное практическое значение.

При выборе субстрата на основе верхового торфа с низкой степенью разложения для последующей биоконверсии определяли его групповой химический состав. Анализ результатов определения группового состава верхового торфа различных месторождений показал, что он может быть использован в качестве сырья для получения кормовых добавок. Он содержит 35,4–47,2% полисахаридов (в том числе легкогидролизуемых – 18,2–27,0%; трудногидролизуемых – 15,4–21,9%). Наиболее пригодным для прямого культивирования под действием микроорганизмов является верховой торф месторождений «Глинка», «Неманское», «1 Мая», так как в нем содержится наибольшее количество полисахаридов и меньше непрогидролизованного остатка (табл. 1).

Для последующей биоконверсии применяли верховой слаборазложившийся торф, отделенный от пушицы, содержащий 25,3% легкогидролизуемых полисахаридов, 21,9% трудногид-

ролизуемых, 30,4% непрогидролизованного остатка (лигнин и гуминовые вещества).

В качестве культур – продуцентов белка использовали микроорганизмы, выделенные из верхового торфа и преобладающие в нем в количественном отношении.

Выбранные штаммы исследовали на способность к биоконверсии данного вида субстрата. На основании результатов по изучению продуктивности отобраны два – ТБ 01 и ТБ 03. Исследование их морфологических и физиологических свойств позволило определить их родовую принадлежность: ТБ 01 – *Trichoderma* sp. и ТБ 03 – *Aspergillus* sp.

При исследовании влияния условий культивирования на интенсивность развития выделенных культур изучали динамику их роста при различных температурах и значениях pH. Установлено, что наиболее благоприятными для культивирования исследуемых штаммов грибов являются температура 28–32°C и диапазон pH 4–5, которые соответствуют наиболее интенсивному росту мицелия [7].

При изучении биоконверсии верхового торфа определяли содержание основных компонентов по методикам, применяемым в гидролизном производстве, почвоведении [8, 9]. Содержание сырого протеина анализировали по методу Кьельдаля, истинного белка – по Барнштейну [8].

В качестве продуцентов белка использовали культуры мицелиальных грибов *Aspergillus* sp. ТБ 03 и *Trichoderma* sp. ТБ 01, выделенные из верхового торфа и наиболее продуктивные для его биоконверсии [7], а также их ассоциацию.

Процесс твердофазной ферментации субстрата осуществляли в чашках Петри, поме-

щенных в термостат, при соблюдении условий асептики. В чашки помещали около 2 г (в расчете на абсолютно сухое вещество) измельченного (до фракции 1,5–2 мм), предварительно простерилизованного в автоклаве верхового торфа и вносили раствор питательных солей, г/л ((NH₄)₂SO₄ – 3, KH₂PO₄ – 0,6, K₂HPO₄ – 0,4, MgSO₄ – 0,05). В качестве посевного материала использовали 2-суточную культуру мицелиальных грибов. К этому времени посевной материал достигал наибольшей плотности. Подготовленный для ферментации верховой торф инокулировали культурой микроорганизмов, выращенных на синтетической питательной среде Ридер в аэробных условиях, до достижения влажности субстрата 50–70% при соблюдении для каждой культуры величины pH среды.

После тщательного перемешивания содержимого чашки Петри инкубировали в термостате при оптимальной для данной культуры температуре (30°C) в течение 7 суток.

В процессе биоконверсии через каждые сутки определяли количество водорастворимых углеводов (по количеству редуцирующих веществ) и общего белка (сырого протеина). При определении редуцирующих веществ (РВ) содержимое чашки количественно переносили на фильтр и промывали горячей дистиллированной водой. В фильтрате РВ определяли эбулиостатическим методом. В конечном продукте определяли содержание истинного белка и легкого гидролизующего полисахарида [8].

Результаты, полученные при культивировании выделенных культур мицелиальных грибов на субстрате из верхового торфа, приведены в табл. 2.

Как видно из полученных результатов, после 2 суток ферментации наблюдается заметное снижение содержания редуцирующих веществ. При этом одновременно отмечается увеличение содержания белка в субстрате. Очевидно, это свидетельствует о завершении лаг-фазы роста культур и начале фазы их ускоренного роста.

Наибольшее накопление белка достигается на 6–7-е сутки процесса и составляет по абсолютному значению 8,7 и 9,3% от массы абсолютно сухого субстрата для *Trichoderma* sp. ТБ 01 и *Aspergillus* sp. ТБ 03 соответственно.

При применении ассоциации грибов *Trichoderma* sp. 01, *Aspergillus* sp. 03 содержание белка после 7 суток культивирования составило 12,9%, что на 58% больше по сравнению с содержанием в исходном субстрате. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование ассоциации способствует более эффективной ассимиляции моносахаридов, накапливаемых в процессе действия целлюлолитических ферментов грибов. Как видно из табл. 2, в результате биоконверсии верхового торфа при твердофазном культивировании содержание белка в полученном продукте возрастает в 2–3 раза: от 4,7% сырого протеина в исходном торфе до 8,7% для *Trichoderma* sp. ТБ 01, 9,3% для *Aspergillus* sp. ТБ 03 и 12,9% для их ассоциации.

Учитывая, что содержание белка после 6 и 7 суток культивирования отличается незначительно, а дальнейшее увеличение продолжительности процесса нецелесообразно с технологической точки зрения, рекомендуется проводить процесс биоконверсии верхового торфа в течение 7 суток с использованием монокультур или, что более предпочтительно, ассоциации мицелиальных грибов.

Таблица 2

Показатели процесса биоконверсии верхового торфа мицелиальными грибами

Продолжительность культивирования, ч	<i>Aspergillus</i> sp. ТБ 03		<i>Trichoderma</i> sp. ТБ 01		Ассоциация <i>Aspergillus</i> sp. ТБ 03 и <i>Trichoderma</i> sp. ТБ 01	
	Содержание, % от массы абсолютно сухого продукта					
	Водорастворимые РВ	Сырой протеин	Водорастворимые РВ	Сырой протеин	Водорастворимые РВ	Сырой протеин
24	0,42	6,7	0,56	7,5	0,61	9,1
48	0,28	7,8	0,27	7,9	0,32	10,6
72	0,44	8,1	0,45	8,3	0,47	11,0
96	0,53	8,3	0,48	8,5	0,45	11,1
144	0,48	9,1	0,40	8,6	0,38	11,7
168	0,43	9,3	0,37	8,7	0,35	12,9
192	–	–	–	–	0,32	12,9

Содержание истинного белка (по Барнштейну) в конечном продукте после ферментации в течение 168 ч (табл. 3) при использовании грибов *Trichoderma* sp. ТБ 01, *Aspergillus* sp. ТБ 03 и их ассоциации несущественно отличается от количества сырого протеина (табл. 2). Это свидетельствует о том, что основное количество в обогащенном белком торфе составляет истинный белок.

Кроме того, в полученном продукте увеличивается содержание легче усваиваемых животными легкогидролизуемых углеводов – с 18,2–21,8% до 23,8–29,8% (табл. 3).

При твердофазной ферментации верхового торфа мицелиальными грибами (табл. 2) остаточное содержание РВ составляет 0,35–0,43% от массы абсолютно сухого продукта, что свидетельствует об их неполной утилизации микроорганизмами. С целью повышения содержания белка при ферментации использовали ассоциацию мицелиальных грибов *Aspergillus* sp. ТБ 03, *Trichoderma* sp. ТБ 01 и дрожжей вида *Candida tropicalis*, которые эффективно утилизируют моносахариды с накоплением белка (табл. 4).

При применении ассоциации мицелиальных грибов *Trichoderma* sp. ТБ 01 и *Aspergillus* sp. ТБ 03 и дрожжей вида *Candida tropicalis* содержание белка после 7 суток культивирования составило 10,4%, а сырого протеина – 13,2%. Дрожжи способствуют более эффективной ассимиляции моносахаридов, накапливаемых в процессе действия целлюлолитических ферментов грибов.

Но использование ассоциации грибов и дрожжей для обогащения исходного субстрата белком

при получении кормовой добавки требует жесткого соблюдения режима сушки готового продукта, который не допускает наличия живых дрожжевых клеток. Поэтому с технологической точки зрения более предпочтительно для обогащения белком углеводсодержащих растительных субстратов использовать ассоциацию мицелиальных грибов.

Исследование влияния основных технологических параметров процесса твердофазной ферментации верхового торфа (температуры, влажности и рН субстрата) на эффективность биоконверсии и нахождение их сочетания, которое приводило бы к максимальному накоплению белка, осуществляли с использованием статистических методов планирования эксперимента.

Обработка результатов эксперимента и решение уравнений регрессии, адекватно описывающих процесс, позволили определить оптимальные условия культивирования, при которых содержание сырого протеина имеет максимальное значение [10]. Например, для ассоциации культур мицелиальных грибов: температура ферментации – 29°C; влажность субстрата – 63%; рН – 5.

Полученные результаты позволили перейти к проверке режимов твердофазной ферментации верхового торфа в опытно-промышленных условиях на экспериментальной установке, смонтированной на торфопредприятии РУП «Неманское» [11]. В результате испытаний была наработана опытная партия кормовой добавки в количестве 3 т, характеристика которой представлена в табл. 5.

Таблица 3

Содержание истинного белка и легкогидролизуемых полисахаридов в верховом торфе после биоконверсии

Верховой торф после ферментации	Содержание, % от массы абсолютно сухого продукта	
	Истинный белок	ЛГПС
<i>Aspergillus</i> sp. ТБ 03	8,6	27,2
<i>Trichoderma</i> sp. ТБ 01	8,0	23,8
Ассоциация культур	10,3	29,8

Таблица 4

Показатели процесса биоконверсии верхового торфа ассоциацией мицелиальных грибов *Aspergillus* sp. ТБ 03, *Trichoderma* sp. ТБ 01 и дрожжей *Candida tropicalis*

Продолжительность ферментации, ч	Содержание, % от массы абсолютно сухого продукта	
	Водорастворимые РВ	Сырой протеин
24	0,44	7,6
48	0,56	8,2
72	0,34	9,6
96	0,28	10,5
144	0,21	12,8
168	0,15	13,2
192	0,15	13,2

Характеристика углеводно-белковой кормовой добавки на основе верхового торфа, полученной твердофазной ферментацией мицелиальными грибами

Показатели	Значение
Размер частиц, мм	До 10
Влажность продукта, % натурального сухого	60–65 10–12
Содержание основных компонентов	
Сырой протеин	10–12
Углеводы	19–25
Клетчатка	10–15
Сырой жир	1,6
Токсичность	Не токсична

Кормовая добавка использовалась при проведении натуральных испытаний на возможность ее применения в рационе кормления жвачных животных. Результаты испытаний, выполненных в лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота, показали, что использование добавки на основе верхового торфа, обогащенной белком путем биоконверсии мицелиальными грибами, не оказывает отрицательного влияния на поедаемость кормов, процессы рубцового пищеварения, перевариваемость и использование питательных веществ, продуктивность животных и качество мяса. При бактериологических исследованиях мяса патогенной микрофлоры не выявлено, а относительная биологическая ценность мяса выше по сравнению с контролем.

При этом снижение затрат комбикорма на 10–20% по массе за счет добавки в составе силосно-концентратных рационов обеспечило среднесуточные приросты опытных животных на уровне 905–920 г.

Дополнительная прибыль от снижения себестоимости 1 ц прироста при скормливания кормовой добавки в рационе молодняка крупного рогатого скота составит 15–20 тыс. руб.

На основании полученных результатов разработан технологический процесс получения углеводно-белковой кормовой добавки на основе верхового торфа.

Литература

1. Наумова Г. В., Братишко Р. Ф. и др. Использование сфагнового торфа в кормлении животных. – Мн.: Наука и техника, 1980. – 36 с.
2. Маякова Е. Ф., Тихомиров Г. П. Углеводно-протеиновый корм из торфа и его использование в животноводстве // Торфяная пром-сть. – 1977. – № 12. – С. 17–18.

3. Степанов В. В. О получении и использовании углеродсодержащей добавки – осахаренного торфа // Повышение питательности малоценных кормов. – Л.: НИИСХЦРНЗ, 1981. – С. 54–59.

4. А.с. 935061 СССР. Способ получения углеводной кормовой добавки из торфяного отжима / Эрнст Л. К., Науменко З. М., Лазинская С. И., Смирнова М. Ф. // Открытия. Изобретения. – 1982. – № 22. – С. 27.

5. Эрнст Л. К., Науменко З. М., Руденко Н. П. и др. Производство и использование гидролизованного сахара в животноводстве. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 263 с.

6. Справочник по кормовым добавкам / Под ред. Солнцева К. М. – Мн.: Ураджай, 1998. – 397 с.

7. Погорелова Ю. Н., Белясова Н. А., Болтовский В. С. Выделение и характеристика микромицетов, способных к биоконверсии верхового торфа // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2005. – Т. 10. – № 4. – С. 80–82.

8. Емельянова И. З. Химико-технический контроль гидролизованного производства. – М., Лесная промышленность, 1976. – 328 с.

9. Блинцов И. К., Забелло К. Н. Практикум по почвоведению. – Мн.: Вышэйшая школа, 1979. – 207 с.

10. Погорелова Ю. Н., Болтовский В. С. Влияние параметров процесса твердофазной ферментации на эффективность процесса биоконверсии верхового торфа // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2005. – Т. 10. – № 4. – С. 83–85.

11. Погорелова Ю. Н., Болтовский В. С. Опытнo-промышленная проверка технологии производства обогащенной белком кормовой добавки на основе верхового торфа // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология орган. в-в. – 2005. – Вып. XIII. – С. 129–131.