

3. Одинокова И.А. и др.// Пластические массы, 1988, N3, -С.32-33. Карпухин О.Н.// Успехи химии, 1980, N8, -С.1521-1553;
4. Городецкая Н.Н., Ракова В.Г., Алмаева Л.С.// Пластические массы, 1986, N2, -С.39-40
5. Матусевич Ю.И., Круль Л.П.// В кн.: Тез. докл. IX Всесоюзн. совещания по термическому анализу, 1985, -С.200-201
6. Прокопчук Н.Р., Алексеев А.Г.// Докл. АН БССР, 1990, N11, -С.1026-1028

УДК 663.1:631.363

Т.П.Цедрик, доцент ;
В.С.Болтовский, доцент ;
Д.В.Некрасов, аспирант

БИОКОНВЕРСИЯ ЦЕЛЛОЛИГИНА МИЦЕЛИАЛЬНЫМИ ГРИБАМИ

The process of bioconversion the cellulignin in protein by fungi from genus *Trichoderma viride* and *Aspergillus niger* was investigated.

Для решения проблемы ликвидации дефицита белка важная роль принадлежит микробному синтезу с использованием в качестве субстрата дешевых природных ресурсов и отходов промышленности и сельскохозяйственного производства. Эти ресурсы являются возобновляемым и практически неисчерпаемым источником энергии, перспективным сырьем для получения кормовых добавок и других ценных химических продуктов. Возникает необходимость разработки прогрессивных технологий использования этого сырья.

Основная растительная биомасса - одревесневшее целлюлозосодержащее сырье - в силу особенностей химического строения и надмолекулярной структуры целлюлозы слабо усваивается животными. В корм непосредственно может быть использована только зеленая биомасса растений.

В настоящее время потребности сельскохозяйственного производства в углеводных и белковых кормах удовлетворяются не полностью. В связи с этим представляет интерес переработка растительного сырья с получением кормовых растительно-углеводнобелковых добавок. Для превращения биомассы растительного сырья в перевариваемые животными кормовые продукты необходимо изменить прочную физическую структуру одревесневших растительных тканей путем разрыва или ослабления межволоконных связей произвести деполимеризацию целлюлозы (клетчатки) с образованием моно- и олигосахаридов. С этой целью

применяются различные методы обработки [1]. Наиболее целесообразно проводить гидролитическую деструкцию полисахаридов растительного сырья в процессе термокаталитической обработки и последующий ферментативный гидролиз [1].

Биоконверсию целлюлозосодержащих материалов в белок можно осуществлять под действием различных микроорганизмов, способных интенсивно развиваться на этих средах и накапливать биомассу.

В данной работе проводились исследования процесса биоконверсии целлюлолигнина (полученного из березовой древесины) мицелиальными грибами с целью обогащения субстрата белком.

Целлюлолигнин (остаток после гидролиза гемицеллюлоз) получали в лабораторных условиях следующим образом. Березовые опилки размером частиц 2-3 мм пропитывали 1%-ным раствором серной кислоты, помещали в реактор и обрабатывали перегретым водяным паром при температуре 170°C в течение 120 мин. После отгонки фурфуролсодержащих паров полученный целлюлолигнин использовали для твердофазной ферментации мицелиальными грибами. В целлюлолигнине определяли содержание легко- и трудногидролизующих полисахаридов и лигнина по методикам, применяемым в химии древесины [2], а также содержание истинного белка. Для проведения твердофазной ферментации целлюлолигнина, содержащий 58,5% полисахаридов и 38,4% лигнина, увлажняли до 65-70%-ной влажности водой с растворенными в ней питательными солями.

Биоконверсию целлюлолигнина проводили микроорганизмами, продуцирующими целлюлитические и лигноразрушающие ферменты и их ассоциацию. Были выбраны культуры грибов *Trichoderma viride* и *Aspergillus niger*. Подбор культур микроорганизмов осуществляли на основании имеющихся в литературе данных о составе их биомассы, об аминокислотном составе белков, о способности вырабатывать ферменты, наиболее полно деградирующие компоненты растительного сырья [3], а также на основании предварительных данных, полученных нами ранее при изучении процесса глубинного и поверхностного культивирования на древесных опилках с целью ферментативного гидролиза полисахаридов и накопления биомассы. Процесс культивирования проводили в термостате при температуре 30°C в течение 7-15 суток. Каждые сутки в субстрате определяли содержание моносахаридов, полисахаридов лигнина и накопленного белка.

Для определения моносахаридов отбирали пробу обрабатываемого материала, отмывали горячей водой, отфильтровывали и в фильтрате определяли содержание редуцирующих веществ эбулиостатическим методом [3]. В остатке определяли содержание полисахари-

дов и лигнина. Количество истинного белка в обрабатываемом материале определяли по Барнштейну [4]. Для определения продолжительности ферментации была изучена динамика изменения полисахаридного состава, содержания лигнина и накопления белка в субстрате.

Результаты исследований представлены в таблице.

Табл. Показатели процесса биodeградации целлюлознолигнина мицелиальными грибами

Продолжительность ферментации, ч	Содержание, % от массы субстрата			
	Полисахариды	Моносахариды	Лигнин	Истинный белок
<i>Trichoderma viride</i>				
24	54.2	0.32	37.2	3.5
48	48.5	0.38	36.9	5.1
72	43.8	0.26	36.8	6.2
96	42.0	0.20	36.8	7.4
120	38.2	0.12	36.5	9.1
168	38.0	0.02	36.5	9.1
240	38.0	0.01	36.5	9.1
<i>Aspergillus niger</i>				
24	50.5	0.10	32.5	3.2
48	45.6	0.08	24.8	6.3
72	41.4	0.06	16.2	8.2
96	39.5	0.04	14.0	9.1
120	34.9	0.02	11.8	10.5
168	34.7	0.02	10.6	10.8
240	34.5	0.01	10.4	11.2
360	34.5	0.01	10.4	11.2
<i>Tr. Viride + Asp. niger</i>				
24	50.5	0.18	30.2	4.2
48	41.1	0.26	23.4	9.5
72	37.3	0.20	13.9	10.9
96	31.9	0.16	12.1	12.8
120	28.8	0.10	11.4	15.2
168	28.6	0.05	10.6	15.6
240	28.6	0.02	9.8	15.7
360	28.6	0.01	9.2	15.7

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что процесс ферментации целлолигнина протекает более эффективно по сравнению с исходной древесиной. В целлолигнине содержится значительно меньше гемицеллолоз, которые имеют разветвленную структуру и экранируют целлюлозу и лигнин от воздействия ферментов, чем снижают скорость ферментативного гидролиза целлюлозы и биodeградации лигнина. Для осуществления процесса биodeградации лигнина микроорганизмами в качестве источника энергии необходимы моносахариды, которые образуются в результате ферментативного расщепления полисахаридов мицелиальными грибами вида *Trichoderma viride*. Грибы *Trichoderma viride* продуцируют комплекс целлюлоз, необходимых для биodeградации целлюлозы. Однако в этом комплексе недостаточное количество целлюлозы, которая расщепляет гликозидные связи в целлюлозе с образованием глюкозы. Для восполнения недостатка целлюлозы использовали ассоциацию культур *Trichoderma viride* и *Aspergillus niger*. Эти микроорганизмы выделяют целлюлолитические, пектиназы и окислительные ферменты, деградирующие лигнин [3]. В процессе их культивирования происходит деструкция всех компонентов субстрата.

Как видно из таблицы, при культивировании грибов вида *Trichoderma viride* за первые трое суток резко снижается содержание трудногидролизуемых полисахаридов с 58,5 до 43,2%. Так как в целлолигнине трудногидролизуемые полисахариды представлены в основном целлюлозой, то *Trichoderma viride* продуцирует целлюлолитические ферменты, которые и переводят целлюлозу в легкогидролизуемое состояние. Частично образуются и моносахариды, которые утилизируются микроорганизмами с накоплением биомассы, о чем свидетельствует увеличение белка в субстрате. Содержание лигнина практически остается неизменным, так как *Trichoderma viride* не продуцирует лигниназ. В последующее время скорость гидролиза замедляется. В субстрате накапливается 9,1% истинного белка. Активный рост культуры продолжается в течение пяти суток, затем замедляется и на седьмые сутки практически прекращается.

Наиболее эффективно процесс биоконверсии протекает при использовании ассоциации культур микроорганизмов. В этом случае появляется явление синергизма. Целлюлолитические ферменты образуют моносахариды, которые являются питательной средой для микроорганизмов. Выращенная культура *Aspergillus niger* продуцирует лигниназы, которые деградируют лигнин. При культивировании ассоциации микроорганизмов общее содержание полисахаридов в субстрате составило 28,8%, лигнина - 9,2% и содержание истинного белка - 15,7%.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена возможность прямой биотрансформации целлюлозы мицелиальными грибами в белок. Оптимальная продолжительность ферментации составляет 96-120 часов. В процессе биоконверсии субстрат обогащается белком на 12-15%. Содержание лигнина снижается на 60-70%. Полученный субстрат по своему составу соответствует растительно-углеводно-белковому корму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтовский В.С., Цедрик Т.П. Повышение эффективности использования отходов деревообработки при биоконверсии// *Деревообрабатывающая промышленность*, 1996 (в печати).
2. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. -М.: Лесная промышленность, 1991.
3. Лабанок А.Г., Бабицкая В.Г. Микробный синтез на основе целлюлозы. - Минск. Наука и техника, 1988.
4. ГОСТ 20083-74 Дрожжи кормовые. Технические условия. Госстандарт, 1985.

УДК 557.21.044.14

Н.А.Белясова, доцент;
Т.В. Домашова, студ.;
Н.В. Гриц, доцент

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ДЛЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ СТРЕПТОКОККОВ

The conjugational system of genetic transfer for bacteria of genus Streptococcus has been created.

Молочнокислые стрептококки являются основными организмами заквасок для производства всех молочнокислых продуктов. Их главное свойство - способность сбраживать лактозу молока в молочную кислоту и, как следствие этого, обеспечивать кислотную денатурацию белка казеина. При этом они выделяют ряд метаболитов, которые и придают продукту своеобразные вкус, запах, консистенцию, цвет и др. [1]. Таким образом, как качество, так и органолептические показатели молочнокислых продуктов определяются составом заквасок.

Обычно в состав заквасок входит несколько штаммов (или чистых культур) молочнокислых стрептококков. Каждый штамм должен обладать определенным набором качеств, удовлетворяющих производству молочнокислых продуктов: высокой скоростью роста, устойчивостью к неблагоприятным факторам, конкурентоспособностью по отношению к посто-