

добротности колебания E_{011} в диапазоне порядка 0,4 – 2% – изменение добротности колебаний H_{011} и H_{013} . Это объясняется тем, что электрические силовые линии колебаний H_{011} и H_{013} замкнуты и имеют только одну радиальную составляющую E_ϕ , которая у торцевой стенки равна нулю, а электрическое поле E_z колебания E_{010} равномерно по длине резонатора, поэтому колебание E_{010} будет обладать большей чувствительностью к наличию влаги в осадке.

Таким образом, исследование только осадка жидкого углеводорода устраняет влияние изменения растворенной влаги в жидких углеводородах, объемная доля которой зависит от температуры, атмосферного давления, типа углеводорода. Наличие тонкого слоя влаги на нижней торцевой стенке резонатора структуру поля мод H_{011} , H_{013} и E_{010} практически не искажает. Наличие такого тонкого слоя практически не изменяет резонансную частоту колебаний (частота остается в пределах полосы задержания ненагруженной системы), а добротность (за счет изменения эффективной проводимости нижней стенки) изменяется значительно. С увеличением добротности пустого резонатора пропорционально увеличивается чувствительность к содержанию свободной влаги.

Приведенные исследования позволяют сделать вывод о принципиальной возможности применения объемных резонаторов для определения свободной влаги в полевых условиях.

Литература

1. Беликов А.М. Авиационные топлива и смазочные материалы / А. М. Беликов, Э. В. Коробельников, В. А. Судца, – Ставрополь: СВВАИУ им. Маршала авиации, 2009 – 246 с.
2. Григорьев М.А., Борисова Г.В. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1991. - 208 с.
3. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник под редакцией В.В.Клюева. –М.: Машиностроение. 1995. с. 487.
4. Берлинер М.А. Измерение влажности –М.: Энергия 1973, - 201 с.

Использование послеспиртовой барды в качестве сырья для получения высокобелковых кормовых препаратов

Мельникова Е.В., к.т.н. Герман Л.С., Захаров З.В., Жарко М.Ю.

Университет машиностроения

8(499)267-19-39

Аннотация. В статье рассмотрены способы переработки компонентов послеспиртовой барды для получения ферментационных сред (углеводной и ростовой части). Приведены результаты экспериментов по культивированию на этих средах дрожжей рода *Phaffia*, продуцента высшего каротиноида астаксантина.

Ключевые слова: послеспиртовая барда, дробина, биомасса дрожжей, гидролиз, культивирование.

Проблема утилизации послеспиртовой барды в наши дни стоит очень остро, так как спирт используется во многих сферах нашей жизнедеятельности. Например, в медицине и пищевой промышленности. Производство спирта, несомненно, должно расширяться, ведь спирт – это не только химическое соединение, но и основа для получения высокооктанового бензина (при помощи низкотемпературного крекинга), то есть биотоплива. Значит, потребности в спирте будут возрастать. При получении 1 литра спирта получают 10 литров барды, которую недопустимо выливать в окружающую среду. Себестоимость получения спирта низкая, а для того чтобы перерабатывать отходы, понадобятся большие материальные затраты, в связи с этим нужно получать из барды «дорогой» продукт (высококачественный). Сушить барду экономически невыгодно, так как приходится удалять 95% влаги, что влечет за собой большие затраты на переработку и, соответственно, увеличивает себестоимость спирта. Получаемый в результате кормовой препарат содержит 30-35% белка, стоимость такого

кормового продукта не превышает 12-15 тыс. рублей за тонну и не оправдывает затрат на сушку барды.

Решению проблемы переработки барды с получением высокобелковых кормовых препаратов посвящена данная работа.

Первым этапом предлагаемой технологии переработки барды является разделение послеспиртовой барды на фракции: жидкую; биомассу спиртовых дрожжей; дробину (остатки зерна, содержащие целлюлозу и гемицеллюлозу, т.е. клетчатку).

Жидкую фракцию предполагается упаривать и выращивать на ней кормовые дрожжи рода *Pichia*, способные утилизировать глицерин (так как жидкая фракция содержит в основном глицерин). В процессе культивирования получают биомассу дрожжей с содержанием белка не менее 60%.

Биомассу спиртовых дрожжей можно использовать непосредственно в качестве кормового белка, т.к. после разделения барды биомасса дрожжей содержит 40-45% белка. Спиртовые дрожжи также гидролизуют и используют как источник ростовых веществ при культивировании различных микроорганизмов.

Основной проблемой является переработка дробины. Дробина подвергается кислотному гидролизу, так как ферментативный гидролиз плохо проходит из-за высокого содержания в ней целлюлозы. На кислотном гидролизате дробины можно культивировать дрожжи *Phaffia rhodozyma* штамм Y2228, являющиеся продуцентом астаксантина, так как эти дрожжи способны утилизировать как шестиатомные, так и пятиатомные сахара.

Астаксантин является высшим каротиноидом с самой высокой антиоксидантной активностью. В организмах высших животных астаксантин выполняет регуляторные функции, повышает иммунитет, повышает выживаемость особей в условиях стресса и вредных воздействий окружающей среды.

Для определения оптимальных условий проведения кислотного гидролиза и максимального выхода астаксантина был проведен эксперимент согласно многоуровневому плану латинских прямоугольников для 4 факторов на 4 уровнях. Основными варьируемыми параметрами выбраны концентрация сухих веществ (дробины), концентрация серной кислоты, температура гидролиза и время выдержки при гидролизе.

Таблица 1

Планирование эксперимента для 4 факторов на 4 уровнях

№ п/п	Концентрация СВ(%)	Концентрация H ₂ SO ₄ (%)	Температура стерилизации, °C	Время выдержки, час	РВ/СВ(γ)
1	5%	3	111	1,30	0,26
2	15%	3	118	1,30	0,24
3	20%	3	121	1,30	0,19
4	10%	3	114	1,30	0,22
5	5%	9	118	1,30	0,26
6	15%	9	111	1,30	0,23
7	20%	9	114	1,30	0,22
8	10%	9	121	1,30	0,16
9	5%	12	121	1,30	0,07
10	15%	12	114	1,30	0,22
11	20%	12	111	1,30	0,19
12	10%	12	118	1,30	0,05
13	5%	6	114	1,30	0,20
14	15%	6	121	1,30	0,22
15	20%	6	118	1,30	0,18
16	10%	6	111	1,30	0,23

Итоги расчётов величины эффектов аддитивно-решётчатого описания

№ п/п	Наименование фактора		Натуральные и кодированные (в скобках) значения уровней факторов			
1	S1	Содержание СВ, %	5	10	15	20
		Эффект	0,0015	-0,031	0,0315	0,001
2	S2	H ₂ SO ₄ , %	3	6	9	12
		Эффект	0,0315	0,0115	0,0215	-0,0635
3	S3	<u>Тстерил, °C</u>	111	114	118	121
		Эффект	0,0315	0,019	-0,0315	-0,036

За параметр, характеризующий качество гидролиза дробины, принято соотношение полученных редуцирующих веществ (РВ) к сухим веществам (СВ), содержащимся в барде.

После проведения эксперимента рассчитаны эффекты и по ним построены диаграммы, иллюстрирующие влияние различных параметров на выход редуцирующих веществ.

В результате эксперимента определены оптимальные условия кислотного гидролиза дробины: концентрация сухой дробины – 10%, концентрация серной кислоты – 6%, температура гидролиза – 114°C, температура выдержки – 1,5 часа.

Затем при выбранных оптимальных параметрах проведен кислотный гидролиз дробины.

Таблица 3

Планирование эксперимента для 4 факторов на 4 уровнях.

№ п/п	Концентрация СВ(%)	Концентрация H ₂ SO ₄ (%)	Температура стерилизации, °C	Время выдержки, час	AK(y1)	ΔPB(y2)
1	15	3	111	2	9,50	9,8
2	9	3	118	1,5	8,90	9,32
3	6	3	121	0,5	7,07	8,4
4	12	3	114	1	8,25	7,56
5	15	1,5	118	0,5	6,33	8,08
6	9	1,5	111	1	5,64	8,28
7	6	1,5	114	2	5,94	7,82
8	12	1,5	121	1,5	6,87	9,48
9	15	0,75	121	1	6,56	6,66
10	9	0,75	114	0,5	4,56	6,38
11	6	0,75	111	1,5	6,04	6,48
12	12	0,75	118	2	6,22	7,2
13	15	2,25	114	1,5	8,21	7,74
14	9	2,25	121	2	6,03	7,74
15	6	2,25	118	1	4,56	6,74
16	12	2,25	111	0,5	6,20	6,84

В оптимальных условиях, определенных в предыдущем опыте, приготовили 2 л гидролизата дробины, отфильтровали негидролизованную дробину, упарили в 10 раз для получе-

ния большей концентрации сахаров. После этого использовали упаренный гидролизат для культивирования дрожжей рода *Phaffia Rhodozyma* штамм Y2228.

Таблица 4

**Итоги расчётов величины эффектов аддитивно-решётчатого описания
(по выходу астаксантина)**

5

(по выводу из таблицы 1)						
№ п/п	Наименование фактора		Натуральные и кодированные (в скобках) значения уровней факторов			
1	S1	Содержание СВ, %	6	9	12	15
		Эффект	-0,778	-0,398	0,205	0,970
2	S2	H2SO4 , %	0,75	1,5	2,25	3
		Эффект	-0,835	-0,485	-0,430	1,750
3	S3	<u>Тестерил °C</u>	111	114	118	121
		Эффект	0,165	0,060	-0,178	-0,048
4	S4	<u>Время выдержки, ч.</u>	0,5	1	1,5	2
		Эффект	-0,64	-0,427	0,825	0,243

Согласно многоуровневому плану латинских прямоугольников для 4 факторов на 4 уровнях проведен гидролиз биомассы спиртовых дрожжей, выделенных из послеспиртовой барды. За параметры, по которым проводилась оптимизация выбраны концентрация астаксантина, полученная после культивирования дрожжей *Phaffia Rhodozyma* штамм Y2228 на среде, содержащей полученный гидролизат спиртовой биомассы в качестве ростового фактора; потребленные сахара (ΔРВ). В экспериментальные среды все гидролизаты спиртовой биомассы внесены в питательную среду в одинаковом количестве (по 8 мл), исследованы влияние степени гидролиза спиртовой биомассы на рост культуры и выход астаксантина.

Таблица 5

Итоги расчётов величины эффектов аддитивно-решётчатого описания (по ΔРВ)

№ п/п	Наименование фактора		Натуральные и кодированные (в скобках) значения уровней факторов			
1	S1	Содержание СВ,%	6	9	12	15
		Эффект	-0,423	0,147	0,-0013	0,287
2	S2	H2SO4 ,%	0,75	1,5	2,25	3
		Эффект	-1,103	0,633	-0,518	0,987
3	S3	<u>Тестерил, °C</u>	111	114	118	121
		Эффект	0,068	-0,408	0,053	0,287
4	S4	<u>Время выдержки, ч.</u>	0,5	1	1,5	2
		Эффект	-0,357	-0,427	0,427	0,357

Экспериментальные данные показывают, что из отходов спиртовой промышленности, а именно из дробины послеспиртовой барды, можно получить высококачественный кормовой продукт – биомассу дрожжей с содержанием белка не менее 50% и содержанием астаксантина 10мг/л. Такой кормовой продукт можно использовать в сельском хозяйстве в качестве по-

лифункциональной кормовой добавки для балансировки содержания белка в корме с/х животных, птицы и рыбы и т.д. Дополнительное внесение в комбикорма астаксантина позволит сократить количество лекарственных средств, применяемых при выращивании животных, и следовательно, улучшить качество выпускаемой продукции.



Рисунок 1 – Экспериментальные данные по культивированию продуцента астаксантина на питательной среде, содержащей в качестве источника углеводов гидролизат дробины и в качестве источника ростовых веществ гидролизаты спиртовых дрожжей с разной степенью гидролиза белка

Литература

1. Васильев А.В. Переработка растительного сырья и его отходов / А.В. Васильев, Д.О. Кулининков, В.П. Панфилов, И.В. Шакир // 1-й Межд. конгр. «Биотехнология: состояние и перспективы развития». М.- 2002. с. 304.
2. Градова Н.Б. Особенности микроорганизмов, используемых в технологических процессах получения белка и биологически активных веществ / Н.Б. Градова, О.А. Решетник. Казань: КХТИ, 1987. 80 с.
3. Галкина Г.В. Новая технология переработки послеспиртовой барды / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова, Е.В. Куксова // Ликероводочное производство и виноделие. 2004. №6. с. 14-16.
4. Технология спирта / В.Л. Яровенко и др.. М.: Колос, «Колос-Пресс», 2002. -464 с.
5. Лозанская Т.И. Производство кормовых дрожжей из послеспиртовой зерновой барды по безотходной технологии / Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова, Л.А. Лихтерберг // Ликероводочное производство и виноделие. 2002. № 7. с. 1-3.
6. Патент РФ № 2159287. Способ получения белковой кормовой добавки / А.Ю. Винаров, А.И. Заикина, А.П. Захарычев и др. 2000.
7. Градова, Н. Б. Изучение изменчивости дрожжей *Candida* по признаку «Содержание белка в биомассе» / Н. Б. Градова, В. Г. Осипова, З. Н. Робышева // Микробиологическая промышленность. -1975.- №9 С. 8-10
8. Shurson, Phelps A Evaluating distiller's dried grains with solubles. / National Hog Farmer, Mar. 2003.
9. US Patent 5.958.233. Apparatus for efficiently dewatering corn stillage solids and other materials. 1999
10. Astaxanthin hyperproduction by *Phaffia rhodozyma* (now *Xanthophyllomyces dendrorhous*) with raw coconut milk as sole source of energy Domínguez-Bocanegra, A.R., Torres-Muñoz,

J.A. Applied Microbiology and Biotechnology, Springer, 30.07.2004, vol. 66, no. 3, pp. 249-252

11. Astaxanthin production by a *Phaffia rhodozyma* mutant on grape juice. Meyer P, Du Preez J (1994) World J Microbiol Biotechnol. 0:178–183. doi:10.1007/BF00360882
12. Biotechnological potential of *Phaffia rhodozyma*, Subhasita Roy, Sandipan Chatterjee, and Sukanta Kumar Sen*. Microbiology Division, School of Life Sciences, Department of Botany, Visva-Bharati University, Santiniketan 731 235, India. Journal of Applied Biosciences (2008), Vol. 5: 115 – 122. ISSN 1997 – 5902

Применение гуммиарабика в моющих композициях ПАВ

Иванова А.А., д.т.н. проф. Булатов М.А.
Университет машиностроения

Аннотация. В работе рассмотрены эмульгирующие свойства гуммиарабика, которые легли в основу создания экспериментального моющего раствора ПАВ. Представлены результаты действия этого раствора на примере удаления нефтесодержащих осадков.

Ключевые слова: водные растворы гуммиарабика, эмульгаторы, гомогенизация, стабилизация дисперсных систем.

Гуммиарабик является одним из хорошо известных природных соединений, которое издавна используют как пищевую добавку [1].

Гуммиарабик (*Agrium*) представляет собой высушенный на воздухе экссудат, полученный при надрезе стволов или ветвей *Acacia Senegal* L. Willdenow или *Acacia seyal*, а также других родственных разновидностей акации (Fam. Leguminosae). INS-номер гуммиарабика E-414.

Очищенный от механических примесей гуммиарабик в производственных условиях подвергают дополнительной очистке путем растворения в воде, ультрафильтрации и пастеризации, а затем высушивают методом распылительной сушки. Полученный рафинированный продукт нетоксичен, легко растворим в воде, бесцветен, не искажает вкус и запах пищевой системы [1].

Гуммиарабик (рафинированный) нашел широкое применение в различных областях пищевой технологии как эффективный стабилизатор дисперсных систем (эмульсий, масел, пен), материал для микрокапсулирования, регулятор структуры и консистенции пищи, криопротектант, пленкообразователь, и др.

Популярность гуммиарабика связана с его уникальными свойствами и особенностями строения. Поэтому актуальностью данной темы является расширение области применения гуммиарабика в промышленных целях, путем вытеснения синтетических продуктов, которые нарушают экологическое равновесие.

Эмульгирующие и стабилизирующие свойства водных растворов гуммиарабика

Большинство гидроколлоидов формирует высоковязкие растворы при низких концентрациях (1-5 %). Однако при таких относительно низких концентрациях гуммиарабик дает растворы, которые имеют очень низкие значения вязкости по сравнению с другими полисахаридами с подобной молекулярной массой (ньютоновские растворы).

Это показано на рисунке 1, где сравнивается вязкость 1 % раствора гуаровой камеди, камеди рожкового дерева, карбоксиметилцеллюлозы натрия и гуммиарабика как функция скорости сдвига.

Гуммиарабик – очень эффективный эмульгатор и стабилизатор, что объясняется его функциональными возможностями защитного коллоида. Гуммиарабик позволяет получать устойчивые эмульсии с большинством масел в широком диапазоне pH и в присутствии элект-