УДК/UDC 663.1 DOI: 10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-36-41

Гернет М.В., д.тн., проф., Грибкова И.Н., к.т.н., с.н.с., Кобелев К.В., к.т.н., Передкова А.Д.
ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Россия, Москва)

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ БИОСОРБЕНТОВ В ПИВОВАРЕННОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. Обстоятельства, сложившиеся на отечественном и мировом рынках пивоваренной продукции в настоящий момент, диктуют повышенные требования к качеству пива. Для того, чтобы удовлетворять растущие требования потребителя, производители вкладывают значительные ресурсы в разработку новых технологических приемов, направленных на интенсификацию различных стадий производства продукции и повышение качества готовой продукции. В их числе - разработка аппаратурных решений, выбор микробиологических культур с заданными характеристиками, добавление различных препаратов, интенсифицирующих процесс брожения. Перспективным способом корректировки химического состава сбраживаемой среды является введение сорбентов, в том числе и биологической природы. Многочисленными исследованиями доказана возможность и эффективность применения с этой целью биосорбентов на основе обработанной различными способами разнообразных микробных биомасс. В работе отмечена важность сбалансированного состава пивного сусла в целях создания оптимальных условий для брожения микроорганизмов. Рассматривается возможность применения биосорбентов на основе микроорганизмов для решения вопросов регулирования минерального состава питательной среды, в частности, исследован сорбционный процесс препарата, полученного на основе дрожжей Saccharomyces cerevisiae, и доказана перспективность его применения для оптимизации процесса брожения.

Ключевые слова: минеральный состав сусла, биосорбенты, сорбция, условия сорбции.

M.V. Gernet, Doctor of Technical Science, Professor, I.N. Gribkova, Candidate of Technical Science, Senior Researcher, K.V. Kobelev, Candidate of Technical Science, A.D. Peredkova
All-Russian Scientific Research Institute of the Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry - Branch of the V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Systems of RAS, Moscow, Russia

PERSPECTIVE OF THE BIOSORBENTS USE IN THE BREWING INDUSTRY

Annotation. The circumstances, that have developed in the domestic and world markets of brewing products at the moment, dictate the increased requirements for the quality of beer. In order to meet the growing demands of the consumer, producers invest considerable resources in the development of new technological methods, aimed at intensifying the various stages of production and improving the quality of the finished product. Among them - the development of hardware solutions, the selection of microbiological cultures with specified characteristics, the addition of various drugs that intensify the fermentation process. A promising way to adjust the chemical composition of the fermentation medium is to introduce sorbents, including biological ones. Numerous studies have shown the possibility and effectiveness of using biosorbents for this purpose on the basis of various microbial biomasses processed in various ways. The importance of balanced composition of beer wort in order to create optimal conditions for fermentation of microorganisms was noted in the work. The possibility of using biosorbents, based on microorganisms for solving the problems of

regulating the nutrient medium mineral composition is considered, in particular, the sorption process of the preparation obtained on the basis of the yeast Saccharomyces cerevisiae, has been investigated, and the prospects of its application for optimization of the fermentation process had been proved.

Key words: wort mineral composition, biosorbents, sorption, sorption conditions.

Известно, что от жизнедеятельности дрожжей зависит органолептический профиль напитков брожения. В технологии необходимо обеспечить сбалансированный состав сусла в целях накопления желательных и подавления образования нежелательных вторичных продуктов брожения. Наряду с углеводными, азотистыми, фосфосодержащими соединениями важно контролировать минеральный состав сусла, который, как известно, подразделяется на макроэлементный (K, Na, P, Mg, Ca) и микроэлементный (Fe, Cu, Mn, Co, Zn, Mo, Ni, Si, Al, B) [1].

Это обусловлено потребностью дрожжей в осуществлении процессов размножения и роста – микроэлементы, например, обладают способностью вступать в соединения с белками, пептидами и амино- и оргкислотами, углеводами и др. [1].

Практически все микроэлементы входят в состав ферментов дрожжей; встраиваясь в нуклеиновые кислоты, микроэлементы обуславливают структуру, физико-химические свойства и биологическую функцию нуклеиновых кислот, регулирующих процесс брожения.

Недостаток фосфора в среде приводит к снижению содержания белка и витамина B_2, поскольку этот элемент является основным энергетическим компонентом биосинтеза клетки, а также входит в структуру ферментов и витаминов [2].

Калий в дрожжах выполняет роль кофермента, участвует в регуляции транспорта ионов через клеточную стенку и митохондриальную мембрану; влияет на размножение дрожжей и скорость сбраживания [3].

Ионы натрия регулируют транспорт воды в клетку и обеспечивают осмотический баланс, участвуют в биологическом механизме переноса сахаров и аминокислот внутрь клетки, а также обеспечивают хлоро-калиевый обмен [1].

Магний входит в состав рибосом, и таким образом влияет на жизнедеятельность клетки: недостаток вызывает диссоциацию рибосом (подавление синтеза белка). Этот катион участвует в транспорте глюкозы и аминокислот, активирует все металлоферменты [1].

Сера входит в состав аминокислот, пептидов, витаминов, участвует в реакциях синтеза, дыхания [1,3].

Влияние микроэлементов на дрожжи S. cerevisiae представлено в табл. 1. [1-4].

Таблица 1 – Влияние микроэлементов на дрожжи S. cerevisiae

Ион	Лимитирующая концентрация, мг/дм^3	Характер влияния на дрожжи
Mg^{2+}	не более 170	входит в состав ферментов гликолиза, необходимых для роста и брожения
Ca^{2+}	не более 281	стимулирование флокуляции дрожжей, фактор роста
Fe^{2+}	более 0,2	синтез ферментов дыхания, усиление почкования, при превышении лимитирующей концентрации приводит к дегенерации дрожжей
Mn^{2+}	не более 0,2	кофактор ферментов, повышает бродильную активность, способствует росту дрожжей
Cu^{2+}	более 10	способствует синтезу ферментов дыхания, повышает бродильную активность , усиливает почкование, при превышении лимитирующей концентрации является токсичным элементом

Zn^{2+}	0,1-0,2	стимуляция размножения, способствует флокуляции дрожжей
Cl^-	500	замедление брожения, снижение флокуляции
SiO_3^{2-}	более 10	замедляют брожение, влияя на диффузионные процессы в клетке
Co^{2+}	100 г/кг	фактор роста
B, Co, Mo, J_2		повышение выхода дрожжей, увеличение бродильной активности
Al, Ni, Ag As	54; 3; 0,01 5	задерживают рост и размножение дрожжей в концентрациях, превышающих лимитирующие значения

Таким образом, можно сделать вывод о том, что возможно контролировать макро- и микроэлементный состав питательной среды для дрожжей.

В целях регулирования минерального состава сусла применяются следующие шаги: контроль качества затираемого сырья, а также технологической воды и пр.

Однако не во всех случаях возможно достичь оптимального состава сусла вышеизложенными мерами.

В этой связи во ВНИИПБиВП проходят исследования по оптимизации минерального состава питательной среды с помощью препаратов-биосорбентов в технологии пивоварения.

Известно много разновидностей биосорбентов, различающихся по своей химической природе и представленных в табл. 2 [5-21].

Механизм действия природных биосорбентов основан на физической сорбции (за счет разных зарядов), ионообменных реакциях, реакциях комплексообразования и пр. [7,11,14].

Таблица 2 – Разновидности биосорбентов

Биосорбенты		
природного происхождения	микроорганизмы	
	живая культура	препарат на основе микроорганизмов
циклодекстрины	бактерии	
цеолиты	грибы	
ферромагнитные соединения	дрожжи	
смолы	водоросли	
почвенный грунт	мох	
производные растительных источников		

Препараты на основе микроорганизмов осуществляют сорбцию за счет взаимодействия через функциональные группировки (последовательность участия в комплексообразовании функциональных групп на поверхности клеточных стенок: карбоксильные группы>аминогруппы>фосфорильные группы>сульфогидрильные группы>липиды); посредством реакции хелатизации; ионообменного процесса; комплексообразования; физической адсорбции; неорганического микроосаждения и т.д. Сорбция же живыми клетками включает в себя два этапа биосорбции: пассивная (обратимая реакция за счет взаимодействия металлов и функциональных групп препаратов) и активная (за счет механизмов транспорта в клетке) [22].

Как показала сравнительная оценка биосорбционной способности микроорганизмов, объем сорбции зависит от микроорганизма-продуцента, сорбируемого элемента и условий сорбции. Так, известен факт, что бактерии лучше сорбируют металлы по сравнению с дрожжами и грибами. В сорбции имеет значение возраст клетки микроорганизма – с увеличением возраста сорбция увеличивается, что обуславливается увеличением толщины клеточных стенок по мере старения клеточной популяции, соответственно и количество лиганд (протон-

связывающих и металлсвязывающих сайтов) на поверхности биосорбента увеличивается, а это приводит к увеличению сорбции [23].

Важно наличие в питательной среде таких факторов роста, как источники углерода, питательные вещества, состав среды культивирования и т.д. От формы связанного металла (радиус иона, валентность и т.д.) зависит скорость сорбции. Также для эффективной сорбции придают большое значение pH среды, температуре, времени контакта, сопутствующим ионам в растворе, начальной концентрации металла и биомассы, реакционности иона металла и т.д.) [24].

В нашей работе исследовался процесс сорбции нескольких ионов, особое внимание уделялось сорбции Zn^{2+}, поскольку эти ионы необходимы для дрожжей в качестве фактора размножения.

При анализе биосорбции препаратов применяли атомно-адсорбционный метод спектроскопии для определение ионов Zn^{2+} по ГОСТ30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» и проводили сорбцию на основе модельных растворов солей $ZnSO_4*7H_2O$.

Способность к сорбции Zn^{2+} исследовалась у биосорбента, полученного нами ранее на основе клеток дрожжей.

Исследование сорбционной способности ионов Zn^{2+} на различных биосорбентах показало, что сорбция биосорбентом, полученным нами, в присутствии органических кислот (были исследованы лимонная, молочная, янтарная и аскорбиновая кислоты) – возрастает в 16-20 раз, что, вероятно, объясняется увеличением количества металлсвязывающих сайтов на поверхности клеток биосорбента.

Были детально изучены условия сорбции – температура и продолжительность процесса, pH среды, концентрация самого сорбента, причем полученные результаты хорошо коррелировали с литературными данными, опубликованными ранее [25]. Количество биосорбента 50 мг/100 см^3 было наиболее оптимальным для сорбции 51,2% Zn в наших исследованиях против 53% Zn в литературе, что объясняется оптимальным соотношением реакционной поверхности сорбента и количеством сорбируемого иона. Эффективная pH в щелочной зоне для сорбции катионов металлов объясняется тем, что при более высоких pH поверхность клеточных стенок сорбента связана с H^+ ионами, что не дает возможности связываться сайтам с ионами металлов, заряженных положительно.

Было отмечено непродожительное время сорбции – на 20-50% снижалась сорбция ионов Zn по сравнению с сорбцией длительностью от 1 до 3 ч. Дело в том, что поверхностная сорбция, как уже говорилось выше, обратимый процесс. Видимо, непродолжительное время сорбции позволяет пройти наиболее полно именно сорбции металлов на поверхности, а при более продолжительном времени сорбции происходит отщепление металлов с поверхности сорбента в раствор и снижается эффективность процесса.

Таким образом, исследован сорбционный процесс препарата, полученного на основе дрожжей Saccharomyces cerevisiae, и доказана перспективность его применения для оптимизации процесса брожения.

Список литературы

1. Римарева, Л.В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей/Л.В. Римарева, - М.: ДеЛи принт, 2010 – 252с.
2. Пономарева, О.И. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей/ О.И. Пономарева, В.Г. Черныш, И.П. Прохорчик// Сборник трудов Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, 2010 – 200 с.
3. Меледина, Т.В. Физиологическое состояние дрожжей/Т.В. Меледина, С.Г. Давыденко, Л.М. Васильева//Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО ИХиБТ, 2013 – 48с.

4. Меледина, Т.В.Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении/ Т.В. Меледина – СПб., - изд-во «Профессия», 2003 – с. 112
5. Хорунжина, С.И. Технологические и гигиенические аспекты использования природных и модифицированных цеолитов в производстве алкогольных и безалкогольных напитков: дисс. на соик. уч. ст. докт. техн. наук, Москва – 1994 – 402с.
6. Грачева, И.М. Биохимические и физико-химические свойства амилаз и циклизующих ферментов, механизм образования циклодекстринов / И.М. Грачева, М.В. Гернет// Итоги науки и техники, серия Микробиология. – 1988. – стр. 53-96.
7. Капустин, М.А. Методы получения нанокомплексов биологическиактивных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве/ М.А. Капустин, А.С. Чубарова, Т.Н. Головач, В.Г. Цыганков и др.// Труды БГУ. – 2016 – Том 11, ч. 1 – с. 73-100
8. Ананьев, И.А. Разделение производных энантиомеров аминокислот на аминированном β-циклодекстрине методом высокоэффективной жидкостной хроматографии/ И.А. Ананьев, Е.Н. Шаповалова, С.А. Лопатин и др.// Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2001 – Т. 42. - №4 – стр. 273-277
9. Кунижев, С.М. Способ получения биосорбентов/ С.М. Кунижев, А.В. Серов, Е.В. Денисова и др.// Патент RU 2273516, заявка 2002105544/15, 2002г.
10. Карманов, А.П. Способ получения сорбентов/ А.П. Карманов, Л.С. Колчева, И.И. Шуктомова// Патент RU 2163505, заявка от 29.02.2012г.
11. Рачковская, Л.Н. Способ получения адсорбентов/Л.Н. Рачковская, Ю.И.Бородин, Т.А.Асташкова и др.//Патент RU 2126293, заявка 07.05.1998г.
12. Величко, Б.А. Способ получения биосорбентов/ Б.А. Величко, Л.Н. Кириллова, Л.А. Тумовский и др.// Патент RU 2077571// Заявка 25.11.1993г.
13. Текуцкая, А.А. Способ применения биосорбента для выведения из организма тяжелых металлов/Е.Е. Текуцкая, Н.П. Онищенко, Г.Л. Лошкарева и др.// Патент RU 2137399, заявка 07.04.1998г.
14. Колесникова, В.Ф. Способ получения пищевого биосорбента/В.Ф. колесникова, В.И. Колесников// Патент RU 2219997, заявка 17.01.2002г.
15. Антоненко, М.В. Перспективы применениея сорбента на основе инактивировнных дрожжевых клеток в технологии виноградных соков с целью удаления фунгицидов группы триазолов/ М.В Антоненко, Т.И.Гугучкин// Вестник ГНУ СКЗ НИИ СиВ Россельхозакадемии – 2012 - № 3 – стр. 12-17
16. Комиссарчик, С.М. Получение биосорбентов для выявления синтетических пищевых красителей в напитках/С.М. Комиссарчик: автореф. длисс. На соиск. уч. степ. канд. техн. наук., Санкт-Петербург, 2011г – 19с.
17. Лескива, М.В. Очистка товарного электролита от примесей цветных металлов после десорбции золота с активированного угля/ М.В. Лескива, Н.В. Белоусова, С.В. Дроздова // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 7 (2012 5) 744-751
18. Пухов, В. В. Биосорбция металлов эукариотными микроорганизмами: анализ методом icp-ms/ В. В. Пухов, Т. Н. Лубкова, Т. В. Шестакова и др.// Biogeochemistry and Biotechnology – 2015 - april-may - v. 21- pp/ 10-15
19. Коновалова, О.Н. Адсорбция цинка сезоннопромерзающими техногенно измененными почвами г. Архангельска/ О.Н.Коновалова, Л.Ф. Попова// Вестник северного (арктического) федерального университета. Естественные науки – 2014 - № 4 – с. 155-164
20. Тимофеев, К.Л. Сорбция индия, железа и цинка из многокомпанентноых систем на аминофосфоновых смолах/ К.Л.Тимофеев, А.В. Усольцева, Г.И. Мальцев, И.Л. Тутубалина// Химия в интересах устойчивого развития – 2015 – № 23 – с. 273-278
21. Колида, Ю.Я. Магнитные оксиды железа как сорбенты катионов тяжелых металлов/ Ю.Я.Коляда, А.С. Антонова, Т.Н. Кропачева и пр.// Вестник удмуртского университета. Физика и химия – 2014 - № 4 – с. 52-61

22. Аронбаев, С.Д. Биосорбция тяжелых металлов клеточными оболочками дрожжей S. Cerevisiae/ С.Д. Аронбаев, А.М.Насимов, Д.М. Аронбаев// Всероссийский журнал научных публикаций. Раздел Химия, - 2011 – http://cyberleninka.ru/viewer_images/15581078
23. Переломов, Л.В. Молекулярные механизмы взаимодействия между микроэлементами и микроорганизмами в биокосных системах (биосорбция и биоаккумуляция)/ Л.В. Переломов, И.В. Переломова, Д.Л. Пинский// Агрохимия- 2013 - № 3- с. 80-94
24. Wang, J. Boisorbtion of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae/ J.Wang, Chen C.// Biotecnology Advances, 2006- V.24- pp. 427-451
25. Thippeswamy, B. Study on heavy metals Biosorption ability of S. Cerevisiae/B. Thippeswamy, C.K. Shivakumar, M. Krishnappa// Int. J. Of biological research – 2014- V.2 (2) – 106-115