

PREREQUISITES FOR IMPROVING THE MANAGEMENT SYSTEMS OF TRANSPORT AND OPERATIONAL CONDITION OF HIGHWAYS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Y. Burtyl

The article deals with the trend of increasing the fleet of heavy-duty vehicles and adaptive approaches to the road asset management system. It is noted that the elimination of defects is carried out at the stage of completion of the formation of deformations of materials, which is a late, and sometimes ineffective and expensive solution. Therefore, repair measures that characterize the failure of the road structure should be the last stage in the chain of measures aimed at the safety and durability of road elements. It also describes the regulatory gaps in the road asset management system in the Republic of Kazakhstan, the main of which is the incompatibility of the current strict prescriptive method of rationing with the flexible parametric method. As a result, this does not allow you to dynamically manage the strategy of road repairs and eliminates the need to use regulatory and technical documents in certain areas.

Key words: highways, strength, international roughness index, road asset management system.

МРНТИ: 68.01.91, 65.43.91, 65.45.91

К.С.Бекбаев¹, Б.С. Толысбаев², А. Төлеуғазықызы¹

¹Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина, г. Нур-Султан

²Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева», г. Нур-Султан

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОВОДОРОДА ИЗ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

Аннотация: В данной статье представлена информация об основных способах получения биоводорода, описан механизм протекания кислотного гидролиза и темновой ферментации углеводсодержащего сырья. Приведены основные виды водород продуцирующих бактерий, осуществляющие анаэробную темновую ферментацию, где отмечены преимущества бактерии *Escherichia coli* при производстве водорода.

Кроме того, изложены описание и основные результаты исследований по получению биоводорода, проведенные с пивной дробинкой и послеспиртовой зерновой бардой, где были изучены показатели окислительно-восстановительного потенциала (-ОВП) и pH субстратов с различными концентрациями сырья и условиями предварительной обработки. Построены кривые изменения ОВП в течение времени полученные из субстратов с 4% и 10%-ными концентрациями пивной дробинки и послеспиртовой зерновой барды при соответствующих условиях обработки сырья и применения бактерий.

Ключевые слова: углеродсодержащие отходы, гидролиз, бактерия, ферментация, биоводород.

В настоящее время получение биоводорода из углеводсодержащих отходов переработки зерна как послеспиртовая зерновая барда и пивная дробина является актуальным направлением в науке и соответствует концепции энерго- и ресурсосбережения в производстве.

Согласно литературных источников, отход пивного производства – пивная дробина богата белком, углеводами такими как ксилоза, глюкоза, арабиноза и другие, а также микро- и макроэлементами, органическими кислотами и витаминами [1-3]. Спиртовая барда содержит в себе различные сахара как глюкоза, ксилоза, арабиноза и другие, глицерин, жирные кислоты как линолевая, пальмитиновая, олеиновая и линоленовая кислоты, разные белки и четырнадцать аминокислот с преобладанием глутамата, включая восемь незаменимых аминокислот такие как аргинин, лизин, валин, гистидин, треонин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, которые могут быть использованы бактериями в качестве источника углерода и азота для производства биоводорода [4, 5].

По оценкам экспертов, в настоящее время водород рассматривается как самое перспективное энергопродукт. Его воспроизводимость значительно больше нефти и природного газа, поскольку при его сгорании выделяется почти в три раза больше энергии. Следует также отметить, что водород является экологически чистым энергопродуктом, так как при его сгорании не образуется токсичных веществ, в то время как при сгорании традиционных источников энергии выделяется окись углерода в атмосферу и загрязняет ее, что в конечном итоге приводит к парниковому эффекту [6, 7].

Сегодня водород может быть получен разными методами, но наиболее перспективным является биологический метод [8]. Биометоды получения водорода все еще находятся на стадии развития. Тем не менее многие эксперты мира отмечают, что их развитие представляет доминирующий характер в качестве уникального энергоносителя [9-11]. Также следует подчеркнуть, что водород успешно апробирован не только в качестве энергоносителя, но и в качестве важного составляющего многих химических процессов, применяемых в процессах гидрирования [12]. Самым значимым преимуществом биометодов производства водорода над электрохимическими и химическими является то, что ферментация осуществляется при атмосферном давлении и относительно низких температурах окружающей среды.

Биологический метод осуществляется на основе кислотного гидролиза сырья и анаэробного разложения веществ с применением микроорганизмов.

При кислотном гидролизе сырья протекает типовая реакция деструктуризации полисахаридов. На кинетику процесса кислотного гидролиза главным образом оказывает влияние кислотность среды и состав сырья. Как известно, наиболее высокий выход сахаров получается в реакциях, проводимых с применением серной кислоты, а в реакциях, проводимых в присутствии фосфорной кислоты, данный показатель принимает меньшее значение. Это объясняется тем, что серная кислота имеет большее значение кислотности, чем фосфорная кислота [13-16].

Анаэробное разложение веществ с применением микроорганизмов позволяет осуществить синтез водорода, который катализируется ферментом гидрогеназой. В этой связи, значительную заинтересованность для производства водорода представляет собой использование темнового метода ферментации [17, 18]. Основные бактерии, применяемые для темновой ферментации, подразделяют на факультативные и облигатные анаэробы. Факультативным анаэробам относятся такие энтеробактерии, как *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*. К представителям облигатных анаэробов относят хорошо распространенные бактерии *Clostridium*, такие как *C.lentocellum*, *C.paraputrificum*, *C.bifermens*, *C.thermosuccinogenes*, *C.pasteurianum*, *C.thermolacticum*, *C.acetobutylicum* [12]. Скорость генерирования водорода бактериями при темновой ферментации, во много раз превосходит такие результаты при применении зелёных микроводорослей и цианобактерий и может достигать до 400 мл/л·ч. Для большинства водородпродуцирующих бактерий характерно расщепление сахаров с образованием продукта – уксусной кислоты. Из одной молекулы ферментируемой гексозы расщепляется три молекулы ацетата. Расщепление глюкозы обычно начинается с её превращения в такие продукты как пируват и АТФ. Затем электроны с ферредоксина переносятся на NAD^+ или H^+ , что способствует в последнем случае к выделению водорода [19].

Наибольший интерес представляет получение водорода с использованием бактерий *Escherichia coli*, выполняющая темновую ферментацию. *Escherichia coli* – хорошо изученная факультативная анаэробная, непатогенная бактерия. Она осуществляет в анаэробных условиях смешанную кислотную ферментацию углеводов, содержащиеся в различных растительных отходах [20].

В данном исследовании получены новые результаты для производства биоводорода, где применялись пивная дробина и послеспиртовая барда, их оптимизированные концентрации и различные виды предварительной обработки отходов. Пивная дробина была взята с Павлодарского пивоваренного завода (г. Павлодар), а после спиртовая барда была взята с Айдабульского спиртозавода (п. Зеренда, Акмолинская область). Для предварительной обработки пивной дробины или после спиртовой барды применяли кислотный гидролиз серной кислотой. pH предварительно отработанной среды доводили до 7,5 с помощью KOH и K_2HPO_4 . В частности, пивную дробину или после спиртовую барду обрабатывали 1,5%-ной серной кислотой и автоклавировали при 121° C в течение 20 минут, в соответствии с методами изложенные в работах [21, 22]. Бактерии *Escherichia coli* были выращены в культурах в рабочем объеме 500 мл герметичных колб в условиях ферментации при 37 °C. pH среды или внешний pH измеряли с помощью pH-метра с pH-электродом [23-25]. Специально подготовленные бактерии инокулировали в предварительно обработанную среду пивной дробины (BSG) или после спиртовой барды (DG). Далее подготовленный субстрат направили на этап анаэробного брожения.

Результаты полученные с применением пивной дробины и после спиртовой бардой с 4% и 10% концентрациями в субстрате приведены в соответствии рисунками 1 и 2. Выделение H_2 определялся потенциометрическим методом с применением системы зондирования ОВП с использованием пары титан-силикат (Ti-Si) и платина ОВП-электродов, как изложено в работе [26]. Выход H_2 рассчитывали по снижению ОВП до низких отрицательных значений (≤ -420 мВ) в жидкости и выражали в ммоль H_2 на 1 л питательной среды (ммоль H_2 L-1131) [27-29].

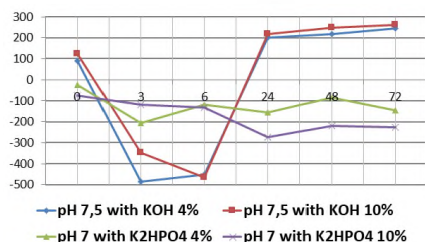


Рисунок 1 – Кинетика производства водорода у дикого штамма *E.coli* выращенных в среде пивной дробины с 4 и 10 % концентрациями при 37 °C

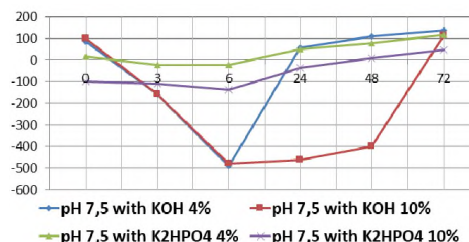


Рисунок 2 – Кинетика производства водорода у дикого штамма *E.coli* выращенных в среде спиртовой барды с 4 и 10 % концентрациями при 37 °C

Согласно приведенных графиков видно, что продолжительность наблюдения биоконверсии субстратов с пивной дробинкой и послеспиртовой бардой в условиях темновой ферментации длилось до 72 часов. Это обусловлено с получением и продолжительностью положительных результатов. В субстрате с пивной дробинкой уже на третьем часу появился водород и присутствовал до следующего замера на шестом часу. А в субстрате с послеспиртовой бардой выделение водорода был достигнут на шестом часу и продолжался до 48 часа. В образцах, где pH был калиброван с помощью K_2HPO_4 , не было обнаружено H_2 . В связи с этим, дальнейшие эксперименты проводились с использованием КОН. Указанные данные демонстрируют, что оптимизированные параметры позволили получить высокие результаты для производства биоводорода.

Данные результаты показывают, что отходы пивной дробины и после спиртовой барды могут быть использованы *E.coli* для производства биоводорода. Кроме того, в зависимости от типа отходов скорость образования H_2 и время различаются. Полученные данные показывают возможность увеличения и продления получения H_2 за счет оптимизации внешних параметров, таких как предварительная обработка, pH среды и другие.

Литература

1. Wood Ch, Rosentrater K., Muthukumarappan K., Gu Z. Quantification of physical and chemical properties, and identification of potentially valuable components from fuel ethanol process streams. *Cereal Chem* 2013;– 90:70e9.
2. Mussatto S. Brewers spent grain: a valuable feedstock for industrial applications / *Jour.Sci.Food Agric.*94(2014)1264e1270.
3. Muthusamy N. Chemical composition of brewer spent grain. *Intern.J.Sc.Envirn.Techn.* 3(2014) 2109e2112.
4. Shah A., Favaro L., L.Alibardi, Cagnin L., A.Sandon, Cosu R., S.Casella, M.Basaglia. *Bacillus* spa. strains to produce biohydrogen from the organic fraction of municipal solid wastes. *Apl.Energy* 176(2016) 116e124.
5. Liu K. Chemical composition of distillers grains, review. *J.Agr.Food Chem.*2011;59:1508e26.
6. Lamb J., Austbo B. Current use of bioenergy and hydrogen. In: *Hydr., Biomass and Bioenergy*2020 Jan1(pp9-20). Acad.Press.
7. Dawood F., Anda M., Shafiullah G. Hydrogen production for energy: overview. *Intern.Journ. of Hydrogen Energy.* 2020 Feb7;45(7):3847-69.
8. Manish S, Banerjee R. Comparison of biohydrogen production processes. *Intern. Journ. Hydrogen Energy*2008; 33:279-86.
9. Садрадинова Э. Р. Скрининг микробных сообществ продуцентов био-водорода/Вестник биотехнологии и физикохимической биологии имени Ю. Овчинникова. 2013 г. – Т9. – №2. – С. 43-51.
10. Василов Р.Г. Перспективы развития производства биотоплив в России. Сообщение:биогаз/Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.Овчинникова. – 2007 г. – Т.3. – № 3. – С.54-61.

11. Садраддинова Э. Влияние различных факторов на эффективность процесса термофильной микробной конверсии органических отходов в биоводород / Вестник био-технологии и физикохимической биологии имени Ю.Овчинникова. 2013 г.-Т.9. – № 2 – С.52-62.
12. Никольская А. Каталитические системы получения водорода био-фотолизом воды: диссертация к.х.н.: Москва, 2012. – 169 с.
13. Pang J., Wang A., Zheng M., Zhang T. Hydrolysis of cellulose into glucose over carbons sulfonated at elevated temperatures. // Chem Commun. – 2010. – Vol. 46. – P. 6935-6937.
14. Palkovits R., Tajvidi K., Procelewska J., Rinaldi R. and Ruppert A. Hydrogenolysis of cellulose combining mineral acids and hydrogenation catalysts//Green Chem. 2010. Vol. 12. P. 972 – 978.
15. Palkovits R. Pentenoic acid pathways for cellulosic biofuels/Angew. Chem.Int.Ed. 2010. – Vol.49. – No. 26. – P. 4336-4338.
16. Palkovits R., Tajvidi K., Procelewska J., Ruppert A. Efficient conversion of cellulose to sugar alcohols combining acid and hydrogenation catalysts//From Abstracts of Papers, 241st ACS National Meeting & Exposition, Anaheim C.A, United States, March 27-31, 2011, – CELL-240.
17. Садраддинова Э. Микробная переработка целлюлозосодержащего органического сырья в водород : дисс.к.б.н.: Москва, 2010. – 115 с.
18. Марков С. Био-водород; возможное использование водорослей и бактерий для получения молекулярного водорода/Альтернативная энергетика и экология – 2007 г. – Т1. –№ 45. – С. 30-35.
19. Redwood M., Paterson-Bedle M., L.Macaskie. Integrating dark and light bio-hydrogen production strategies:towards the hydrogen economy/ Reviews in Env. Sc. and Biotechnology– 2009. – V8. – № 2. – P.149-162.
20. Mirzoyan S., Toleugazykyzy A., Bekbayev K.S., Trchounian A.A., Trchounian K. Enhanced hydrogen gas production from mixture of beer spent grain and distiller's grain with glycerol by *Es. coli*. Intern. Journ. Hydrogen Energy 2020;45:17233-17240.
21. Poladyan A., Trchounian K., Vasilian A., A. Trchounian. Hydrogen production by *Es. coli* using brewery wastes: Optimal pretreatment of waste and role of different hydrogenase. Renew Energy 2018;115:931-6.
22. Mussatto S.I. Brewer's spent grains: a valuable feedstock for industrial applications. Jor.Sci.Food Agriculture 2014;94:1264-75.
23. Trchounian K., Pinske C., Sawers R.G., Trchounian A.A. Characterization of *Es.coli* [Ni Fe]-hydrogenase distribution during fermentative growth at different pH. Cell Biochem.Biophys.2012;62:433-40.
24. Trchounian K., Trchounian A.A. *Es.coli* hydrogen gas production from glycerol: effects of external formate.Renew Energy2015;83:345-51.
25. Trchounian K., Sanchez-Tores V., Wood T., Trchounian A. *Es.coli* hydrogenase activity and H₂ production under glycerol fermentation at low pH. Int.Jour. Hydrogen Energy2011;36:4323-31.
26. Neidhard F.C., Ingraham J., Schaechter M. Physiology of the Bacterial Cell:A Molecular Approach. Sunderland:Sinauer;1990 July
27. T.Maeda, V.Sanchez-Tores, T.Wood. Enhanced hydrogen production from glucose by metabolically engineered *E. coli*. Appl.Microbiol. Biotech.2007;77:879-90.
28. Fernandez V. An electrochemical cell for reduction of biochemical:its application to the study of the effect of pH and redox potential on the activity of hydrogenase. Analyt.Biochem1983;130:54–9.
29. Piskarev I., Ushkanov A., Aristova A., Likhachev P., Myslivets S.:Establishment of the redox potential of water saturated with hydrogen. Biophysics2010;55:13-7.

ҚҰРАМЫНДА КӨМІРСУТЕГІ БАР ҚАЙТА ӨНДЕЛГЕН АСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН БИОСУТЕГІ АЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

К.С. Бекбаев, Б.С. Толысбаев, А. Төлеуғазықызы

Бұл мақалада биосутегі алудың негізгі әдістері туралы ақпарат берілген, құрамында көміртегі бар шикізаттарды қышқылдық гидролиздеудің және жарықсыз ашытудың механизмі сипатталған. Анаэробты жағдайда жарықсыз ашытуды жүзеге асыратын, сутегі түзетін бактериялардың негізгі түрлері келтірілген, *Escherichia coli* бактериясының сутегі өндірудегі артықшылықтары көрсетілген.

Сондай-ақ сыра бытырасы және спирттен кейінгі астық бардасын қолдану арқылы жүргізілген биосутегі алу бойынша зерттеулердің сипаттамасы мен негізгі нәтижелері баяндалған, мұнда әртүрлі шикізат концентрациясы және алдын ала өңдеу шарттары бар субстраттардың тотығу-тотықсыздану әлеуетінің (ТТӨ) және рН көрсеткіштері зерттелген. Бактерияны қолдану мен шикізатты өңдеудің тиісті жағдайларында сыра бытырасы мен спирттен кейінгі астық бардасының 4% және 10% концентрациясы бар субстраттарынан көрсетілген уақыт ішіндегі ТТӨ өзгерістерінің қисықтары тұрғызылды.

Түйін сөздер: құрамында көміртегі бар қалдықтар, гидролиз, бактериялар, ферментация, биосутек.

FEATURES OF OBTAINING BIOHYDROGEN FROM CARBOHYDRATE-CONTAINING WASTE OF PROCESSED GRAIN

K.Bekbayev, B. Tolysbayev, A. Toleugazykyzy

This article provides information about the main methods for producing biohydrogen, describes the mechanism of acid hydrolysis and dark fermentation of carbohydrate-containing raw materials. The main types of hydrogen-producing bacteria that carry out dark fermentation under anaerobic conditions are presented, where the advantages of Escherichia coli bacteria in the production of hydrogen are noted.

In addition, the description and the main results of studies on the production of biohydrogen, carried out with brewer's grains and post-alcohol grain stillage, where indicators of the ORP and pH of substrates with different concentrations of raw materials and conditions of pre-treatment were studied. Curves of changes in ORP over time were constructed, obtained from substrates with 4% and 10% concentrations of brewer's grains and distillery grain stillage under appropriate conditions for processing raw materials and using bacteria.

Key words: carbon-containing raw wastes, hydrolysis, bacterium, fermentation, biohydrogen.

FTAXP: 28.21.19

Е.Д. Өмірбаев, Н.Н. Ташатов, Ә.Н. Исайнова

Нұр-Сұлтан қаласы, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

ӨЗІНДІК ОРТОГОНАЛДЫ КОДТАРДЫ ДЕКОДТАУ АЛГОРИТМДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ

Аңдатпа: Қазіргі жоғары жылдамдықты байланыс жүйелерінде ақпарат берудің сенімділігін арттыру мәселесі қателерді түзететін кодтар мен олардың декодтау алгоритмдерін қолдануды талап етеді. Сонымен бірге көптеген алгоритмдердің практикалық қолданылуын тежейтін негізгі факторлар тек түзету қабілеті ғана емес, сонымен қатар іске асырудың және орындаудың күрделілігі болып табылады. Жұмыста ақ-гаусс шуы бар арнадағы өзіндік ортогональды кодтарды декодтаудың негізгі алгоритмдерінің сипаттамалары зерттелген. Шекті дешифратордың модификациясы болып табылатын өзіндік ортогональды кодтар үшін кодтаушы және көп шекті дешифратордың құрылымы қарастырылады. Блоктық кодтар үшін шекті дешифратордың дизайны кодтың ұзындығына теориялық шектеулермен кепілдендірілгеннен гөрі көп қателерді түзетуге мүмкіндік беретіні анықталды. Модельдеу нәтижесінде алынған қателерді түзету тиімділігі тұрғысынан көп табалдырықты дешифраторлардың жұмысының бағалары келтірілген. Қағазда шекті дешифраторды модификациялау негізінде шекті дешифратордың қателіктерін түзетудің жоғары тиімділігі, іске асырудың күрделілігін сақтай отырып, радиоарналарға тән көп шекті сигнал таралуы бар байланыс арналарында қолданыла алатындығы көрсетілген.

Түйін сөздер: декодтау, кодтау, көп шекті декодер, телекоммуникациялар, цифрлық радиобайланыс.

Параметрі кездейсоқ өзгертін арналар үшін ауытқу шуы бар қателерді түзетудің классикалық теориясы, негіздері В.А. Котельников, К.Шеннон және көптеген басқа ғалымдардың еңбектерінде дамыған, сигналдар мен бөгеулілердің, арналардың нақты сипаттамаларын ескере отырып дамуын жалғастыруда [1]. Қазіргі уақытта біз тиімділік көрсеткіштеріне қол жеткізілетін, шектеулі көрсеткіштерге жақын жүйелерді құру туралы айтып отырмыз. Бөгеуліге орнықты радиожүйелерді құрудың күрделілігі өртүрлі радио және сымды байланыс желілерін интерфейстеу қажеттілігі, өртүрлі радиобайланыс жүйелерінің стандарттарының сәйкес келмеуі сияқты факторларды жан-жақты есепке алу қажеттілігінде. Сондықтан жаңа буынды ұялы байланыс өртүрлі байланыс жүйелерінің осындай функционалды интеграциясы болуы керек, онда пайдаланушыда бірнеше байланыс жүйелеріне жету үшін бір ғана терминалы болуы керек [2]. Мұндай терминалдарды жасаудың ең перспективалы технологиясы – қолданушыларға бағдарламалық жасақтаманы дербес өзгерте отырып, байланыс және хабар тарату жүйелері арасында ауысуға мүмкіндік беретін SDR технологиясы [3, 4].

Екінші жағынан, жоғары жылдамдық пен сенімділіктің бір мезгілде талап етілуі қателіктерді түзетудің тиімді кодтарын қолданатын радио жүйелерін қолдану қажеттілігіне әкеледі, олар байланыс арналарының өртүрлі модуляцияларына, архитектураларына және сипаттамаларына сәйкес келеді. Мысалы, 4-буындағы LTE-A сымсыз байланыс