تولید بیو هیدروژن از ضایعات محصولات کشاورزی

حسام الدین سالاریان[1]* خاتون هادیپور فیروز

[1] - استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور*(مسئول مکاتبات).h_salaryan@yahoo.com

[2]کارشناس ارشد. مهندسی شیمی، آموزشکده فنی وحرفه ای سما ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور*، نور، ایران

چکیده

هیدروژن مهمترین منبع انرژی می باشد که به نوعی دارای مزیت بازگشت پذیری بوده، مسئله آلودگی هوا و دیگر مشکلات زیست محیطی را ندارد. تولید بیولوژیکی هیدروژن با استفاده از میکروارگانیسم ها یک فضای جدید در پیشرفت تکنولوژی است که هیدروژن را از طریق منابع تجدیدپذیر تولید می کند. تولید بیولوژیکی هیدروژن به صورت طبیعی در همه جا تحت شرایط بی هوازی قابل انجام است. طیف گسترده ای از باکتری ها در مردابها، فاضلابها وچشمه های آب گرم، قادرند مواد آلی را به هیدروژن، دی اکسیدکربن، الکل و متابولیتهای دیگر تبدیل کنند.

مطالعات و بررسی ها نشان داد که تولید بیوهیدروژن از ضایعات کشاورزی در ایران تاکنون انجام نشده است. با توجه به منابع موجود، بیشترین ضایعات در بین تمام انواع محصولات در ایران مربوط به تفاله نیشکر (باگاس) است لذا این تحقیق می تواند نقطه آغازی برای تولید بیوهیدروژن از منبع باگاس باشد.

واژه های کلیدی: باگاس نیشکر، بیوهیدروژن، تخمیر، باکتری، ضایعات کشاورزی

مقدمه: گاز هیدروژن می تواند هم از منابع اولیه تجدید پذیر و هم از منابع تجدید ناپذیر تولید شود. امروزه تولید گاز هیدروژن از منابع تجدید پذیر به سرعت مراحل توسعه و رشد خود را می پیماید. این در حالی است که تولید گاز هیدروژن از منابع تجدید ناپذیر به ویژه منابع فسیلی به علت محدود بودن این منابع روز به روز کاهش می یابد. گاز هیدروژن در اثر واکنش های تخمیری میکروارگانیسم های زنده، به ویژه باکتری ها و مخمرها روی زیست توده که از منابع اولیه تجدید پذیر است بدست می آید. زیست توده از موادی مانند علوفه، ضایعات گیاهان و فضولات حیوانات و محصولات کشاورزی قابل تامین است.

[1] - استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور*(مسئول مکاتبات).

Archive of SID
www.SID.ir

در روند تولید گاز هیدروژن، باکتری های بی هوازی با استفاده از پدیده تخمیر، مواد آلی را به گاز هیدروژن تبدیل می کنند. دو نوع تخمیر وجود دارد: یک نوع تخمیر نوری است که در آن به منبع نور نیاز است و نوع دیگر، تخمیر در تاریکی است که نیازی به نور ندارد.

اصولاً هیدروژن در حالت گازی تولید می شود و در همین حالت نیز آن را ذخیره و نگهداری می نمایند و از آنجایی که هیدروژن سبکترین عنصر است، میزان انرژی واحد حجم آن ناچیز است درحالیکه انرژی واحد جرم آن ۳ برابر بنزین است [۱و۲].

دربین تمام انواع تولید کننده های هیدروژن اورگانیسم های گروه *Clostridium* مانند *Clostridium butyricum* [۲و۳]، *C.acetobutylicum* [۴]، *C.saccharoperbutylacetonicum* [۵]، *C.pasteurianum* [۶و۷]، اغلب برای تولید هیدروژن استفاده شده است.گونه های *clostridium* اورگانیسم هایی هستند که توانایی تبدیل هگزوز به هیدروژن را با بازده 2 mol hydrogen/mol hexose دارند که این مقدار بیشتر از مقدار تولیدی باکتری *Entrobacter* که 1 mol hydrogen/mol hexose است، می باشد [۸].

در تحقیقی، تولید بیو هیدروژن از تخمیر باگاس نیشکر هیدرولیز شده توسط باکتری *Clostridium butyricum* به مقدار 1.73 mol H_2/mol substrate بود و مقدار شدت تولید هیدروژن برابر با 67 ml/h گزارش شد [۹]. در مطالعه دیگری که به منظور تولید بیوهیدروژن از تفاله نیشکر هیدرولیز شده توسط سرگین فیل صورت گرفته میزان تولید برابر با 109.55 mL H_2/L day و 0.84 mol H_2/mol total sugar بوده است [۱۰].

تولید هیدروژن از زباله در سالهای اخیر بطور قابل ملاحظه ای مورد توجه قرار گرفته و تحقیق های زیادی در این زمینه به انجام رسید همانند تولید هیدروژن از لجن فاضلاب[۱۱] ، تولیدهیدروژن از زباله کارخانجات [۱۲]، تولید هیدروژن از زباله مواد غذایی[۱۳]، تولید هیدروژن از آب پنیر[۱۴]، تولید هیدروژن از سیب[۱۵]، تولید هیدروژن از مواد خوراکی[۱۶].

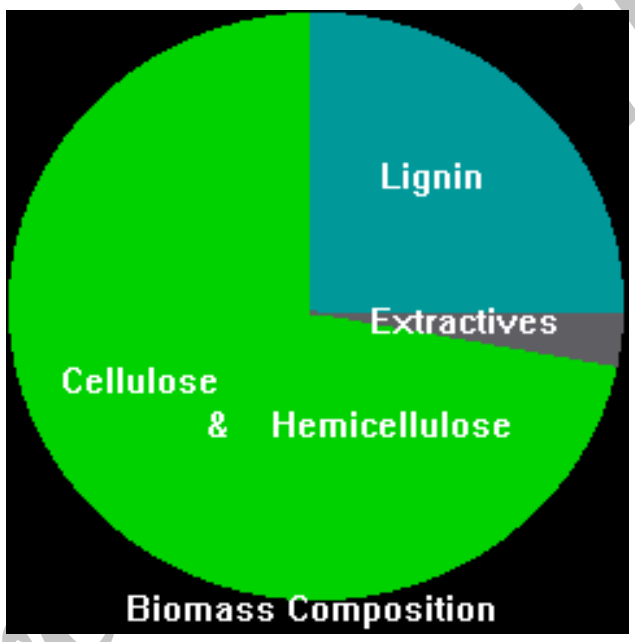
در تحقیقات مختلف، تعداد زیادی از سوبستراها از طریق تخمیر تاریک با اورگانیسم های متفاوت مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج قابل قبولی را ارائه نمود [۱۷]. برخی از نتایج، به شدت بالایی از تولید بیوهیدروژن از طریق تخمیر تاریک را نشان می دهد [۱۸] و تحقیق دیگری مراحل مختلف فرآیند تخمیر تاریک را نشان می دهد [۱۹] و دیگری امکان پذیری اقتصادی فرآیندهای آن را توجیه می نماید [۲۰]. تعیین مزیتها و محدودیتهای مربوط به میکرواورگانیسم های بی هوازی در باکتریهای *Genera Escherichia* [۲۱]، *Citrobacter*[۲۲]، *Entrobacter*[۲۳]، *Bacillus* [۱۱] و *Clostridia* [۲۴] مورد بررسی قرار گرفت.

ضایعات کشاورزی منبع تولید بیوهیدروژن

Archive of SID

نگرانیهای محیط زیستی و نگرانیهای موجود در باره افزایش قیمت انرژی های تجدیدناپذیر توجه همگان را به تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و به خصوص از ضایعات به منظور کنترل آلودگی جلب می نماید. ضایعات بیولوژیکی دارای پتانسیل برای تولید هیدروژن می باشند. این ضایعات مستقیما تبدیل به انرژی نمی شوند بلکه لازم است ابتدا به حاملهای انرژی مانند اتانول و برخی از بیوسوختها مانند متان یا هیدروژن تبدیل شوند.

زیست توده با عنوان چهارمین منبع اصلی انرژی بشر و به عنوان بزرگترین منبع انرژی تجدید پذیر در جهان در تامین حدود ۱۴٪ از برق و۱۷٪ از کل انرژی اولیه جهان در سال ۱۹۹۸مشارکت داشته است. ترکیبات سازنده بیومس همانگونه که در شکل۱ نشان داده شد عبارت است از سلولز، همی سلولز و لیگنین [۲۶].



شکل۱ ترکیبات سازنده بیومس[۲۶]

برمبنای مطالعات انجام شده، منابع زیست توده حدود ۶۴ درصد از منابع اولیه انرژیهای نو در اتحادیه اروپا را به خود اختصاص داده است و حدود ۹ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی و ۹۸ درصد از انرژی حرارتی تولیدی از طریق منابع انرژیهای نو به منابع انرژی زیست توده تعلق دارد (با در نظر گرفتن منابع برق آبی) [۲۷].

محصولات و ضایعات کشاورزی

www.SID.ir

این دسته از منابع زیست توده، شامل گیاهان مختلفی مانند ذرت، برنج، سیب زمینی ترشی (سورگم)، نیشکر، انواع میوه،گیاهان روغنی و ضایعات آنها مانند سبوس برنج، کاه و غیره است. هر سال که در سراسر جهان مقدار زیادی محصولات کشاورزی تولید می‌شود ضایعات فراوانی نیز ایجاد می‌گردد که اکثراً بطور کامل مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

زائدات کشاورزی عبارتند از قسمتهایی از محصولات کشاورزی مانند ساقه و برگ. فرق زائدات و ضایعات کشاورزی در این است که ضایعات کشاورزی به محصولات کشاورزی پوسیده شده گویند و می توان از آن انرژی گرفت اما زائدات پوسیده نیستند.

همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شد میزان ضایعات انواع متفاوت محصولات کشاورزی در ایران در سال ۲۰۰۶ بیان می نماید که بیشترین ضایعات مربوط به باگاس نیشکر می باشد. مشخص است که ۱۰۰٪ باگاس نیشکر ضایعات محسوب می شود. بنابراین تولید هیدروژن از این منبع کربنی علاوه بر تولید سوخت در دفع ضایعات ایران نیز راهکار ارائه می نماید.

جدول۱میزان ضایعات محصولات کشاورزی از منابع داخلی[۲۵]

محصول	میزان تولید(تن)	درصدضایعات	میزان ضایعات(تن)
سیب زمینی	۵۰۰۰۰۰۰	۳۰	۱۵۰۰۰۰۰
ملاس چغندرقند	۲۵۰۰۰۰	۱۰۰	۲۵۰۰۰۰
ملاس نیشکر	۳۰۰۰۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰۰۰
باگاس نیشکر	۴۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۴۰۰۰۰۰۰
ذرت دانه ای	۲۰۰۰۰۰۰	۲۵	۵۰۰۰۰۰

وضعیت نیشکر در ایران و جهان کشت نیشکر طی سالهای ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۲ از رشدی برابر با حدود ۳/۴۷٪ برخوردار بود. بطوریکه سطح مذکور از ۱۳۰۲۸۵ میلیون هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۱۹۰۵۸۰ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۲ رسید. تولید نیشکر از ۲۹/۵۵ تن در سال ۱۹۸۰ به ۸۰/۶۵ تن در سال ۲۰۰۲ میلادی رسید که ۱۹ درصد افزایش داشت [۲۸].

تولیدکنندگان عمده نیشکر جهان

Archive of SID
www.SID.ir

بیش از ۷۰ درصد از شکر جهان از طریق مزارع نیشکر تامین می شود که در این میان کشورهایی چون برزیل، هند، مکزیک، تایلند، استرالیا، اروگوئه و آفریقای جنوبی در رده های بالای جدول تولید کنندگان نیشکر می باشند. بزرگترین تولید کننده نیشکر کشور برزیل می باشد که قسمت اعظم تولیدات نیشکر خود را به تولید اتانول اختصاص داده است. دومین کشور عمده و بزرگ تولید کننده شکر از نیشکر کشور هندوستان می باشد. این کشور نه تنها محصولات و فرآورده‌های متعدد و متنوعی از نیشکر به دست می آورد بلکه ارزش افزوده تولیدات را افزایش داده است. چین نیز یکی دیگر از تولید کنندگان بزرگ شکر از نیشکر می باشد که علت اصلی افزایش تولیدات آن استفاده از قلمه های گونه های جدید پر بازده می باشد [۲۸].

باگاس

باگاس یکی از تولیدات جانبی نیشکر است که حدوداً ۳۰-۲۰ درصد وزن آن را تشکیل می دهد. این محصول باقیماندهٔ فیبری به جای مانده پس از عصاره گیری از شکر است که به صورت قطعات ریز تراشهٔ چوب و به رنگ زرد کاهی می باشد. تولید متوسط نیشکر در هر هکتار حدود یکصد تن می باشد و بر اساس تجربیات به دست آمده در خوزستان پس از استحصال شربت از نیشکر حدود ۳۲ تن باگاس با رطوبت حدود ۵۰ درصد از هر هکتار به دست می آید [۲۸].

مصارف باگاس در ایران و جهان

در راستای استفاده از بقایای حاصل از تصفیه نیشکر به عنوان موارد ارزان قیمت در تغذیه دام شرکت تهیه و تولید خوراک دام کارون متعلق به بانک کشاورزی با استفاده از ترکیب باگاس و ملاس و اوره اقدام به تولید محصولی به نام خوراک دام کارون کرده است که کاربرد آن در تغذیهٔ نشخوار کنندگان بخصوص گاو و گوسفند پرواری و و گاو شیری می باشد [۲۹].

درگذشته، باگاس به عنوان یک مشکل برای کارخانه های شکر و اتانول دیده میشد. هم اکنون باگاس در کشور برزیل یک منبع ارزشمند است که با استفاده از تجهیزات کافی و بویلرهای با فشار ۹۲ بار، الکتریسیته زیستی تولید می کنند [۳۰].

از جمله روشهای موثر در حذف ترکیبات کروم روش جذب سطحی می باشد. بعلت هزینه بالای استفاده از کربن فعال محققین همواره در جستجوی جایگزین مناسبی برای این ماده بوده‌اند. باگاس نیشکر از ضایعات صنایع قند بوده که شامل مقادیر متنابهی سلولز، پنتوزان و لیگنین می باشد [۳۱].

نتیجه گیری

Archive of SID

در حال حاضر اغلب هیدروژن تولیدی از منابع انرژی تجدید ناپذیر مانند نفت، گازطبیعی و زغال سنگ است در حالیکه می-توان هیدروژن را از منابع تجدیدپذیر مانند بیومس نیز می‌توان هیدروژن تولید نمود با این تفاوت که بازده کمتری خواهد داشت.

در تحقیقات مختلف، تعداد زیادی از سوبستراها از طریق تخمیر تاریک با اورگانیسم های متفاوت مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج قابل قبولی را ارائه نمود برخی از نتایج، به شدت بالایی از تولید بیوهیدروژن از طریق تخمیر تاریک را نشان می دهد و تحقیقات دیگری مراحل مختلف فرآیند تخمیر تاریک را نشان می دهد و دیگری امکان پذیری اقتصادی فرآیندهای آن را توجیه می نماید تعیین مزیتها و محدودیتهای مربوط به میکرواورگانیسم های بی هوازی در باکتریهامورد بررسی قرار گرفت.

استحصال بیو هیدروژن از باگاس نیشکر در کشور ایران که با مشکل دفع ضایعات مربوط به کارخانجات نیشکر روبروست موجب تولید انرژی پاک نیز خواهد شد. تولید بیوهیدروژن از باگاس نیشکر با فرآیند تخمیر تاریک و با باکتریهای متفاوتی انجام شده است.

مراجع

[1] K.Vijayaraghavan, Mohd Amin Mohd Soom , “Trends in biological hydrogen production – a review ”,International Journal of Hydrogen Energy. 2004.

[2] H.Yokoi, S.Mori, J.Hirose, S. Hayashi, Y.Takasaki, “Hydrogen production from starch by a mixed culture of *Clostridium butyricum* and *Rhodobacter sp.M-19*”.Biotechnol let;2:895-9.1998

[3] W. M.Chen, Z. J.Tseng, K. S.Lee, J. S.Chang, “Fermentative hydrogen production with *Clostridium butyricum* GCS5 isolated from anaerobic sewage sludge”.Int J Hydrogen Energy;30:1063-70.2005

[4] H. L.Chin, Z. S.Chen, C. PChou,“Fed-bath operation using *Clostridium acetobutylicum* suspension culture as biocatalyst for enhancing hydrogen production”. Biotechnol prog;19:383-8.2003

[5] M.Ferchichi, E.Crabbe, G. H.Gil, W.Hintz, A.Almadidy,“Influence of initial PH on hydrogen production from cheese whey”. J Biothecnol;120:402-9.2005

[6] G. Shen,“Effect of culture medium and medium conditions on hydrogen production from starch using anaerobic bacteria”. J Biotechnol;98:251-6. 2004

[7] C.Y.Lin, C.H.Lay,“Carbon /Nitrogen-ratio effect on fermentative hydrogen production by mixed microflora”. Int J Hydrogen Energy;29:41-5. 2004

Archive of SID

www.SID.ir

[8] L. K.Kapdan, F. Kargi , "Bio–hydrogen production from waste materials". Enzyme Microb Technol;38:569-82.2006

[9] P.Sakchai,S.Suksaman, B.Mallika , R.Allisa, "Biohydrogen production from the fermentativeofsugarcan baggasse hydrolysate by *clostridium butyricum*".international jornal of hydrogen energy, 33, 5256-65,2008.

[10] F.Arunsri, R. Alissara, "Biohydrogen production from sugarcane bagasse hydrolysate by elephant dung: Effects of initial pH and substrate concentration". International Journal ofHydrogen Energy;8687-8696.4th Asian Bio-Hydrogen Symposium,2011

[11] S.M.Kotay, D.Das, "Bacillus coagulans IIT-BT S1 isolated from anaerobic sewagesludge". Bioresour. Technol. 98, 1183–1190,2007

[12] T.M.Vatsala, S.M.Raj, A.Manimaran, "A pilot-scale study of biohydrogen production from distillery effluent using defined bacterial co-culture". Int. J.Hydrogen Energy 33, 5404–5415,2008

[13] L.Ming, Z.Youcai, G.Qiang, Q.Xiaoqing, , N.Dongjie, "Bio-hydrogen productionfrom food waste and sewage sludge in the presence of aged refuse excavatedfrom refuse landfill". Renew. Energy 33, 2573–2579,2008

[14] G.Antonopoulou, K.Stamatelatou, N.Venetsaneas, M.Kornaros, G.Lyberatos,"Biohydrogen and methane production from cheese whey in a two-stageanaerobic process". Ind. Eng. Chem. Res. 47, 5227–5233.2008

[15] I.Ismail, M.A.Hassan, N.A.A.Rahman, C.S.Soon, "Thermophilic biohydrogenproduction from palm oil mill effluent (POME) using suspended mixed culture".Biomass Bioenergy. 34, 42–47,2010

[16] J.Blackburn, Y.Liang, D.Das, "Biohydrogen from complex carbohydrate wastes as feedstocks—cellulose degraders from a unique series enrichment". International

Jornal of Hydrogen Energy. 34, 7428–7434,2009

[17] P.C.Hallenbeck, J.R.Benemann, "Biological hydrogen production; fundamentalsand limiting processes". International Jornal of Hydrogen Energy, 27, 1185–1193,2002

[18] H.S.Lee, W.F.J.,Vermaas, B.E.Rittmann, "Biological hydrogen production: prospects and challenges", Trends Biotechnol. 28, 262–271,2010

Archive of SID

www.SID.ir

[19]Y.Li, J.Zhu, X.Wu, C.Miller, L.Wang, "The effect of pH on continuous biohydrogenproduction from swine wastewater supplemented with glucose", Appl. Biochem Biotechnol, 162, 1286–1296,2010

[20] P.A.M.Classen, J.W.van Groenestijn, A.J.H.Janssen, E.J.W.van Niel, R.H.Wijffels, "Feasibility of biological hydrogen productionfrom biomass for utilizationin fuel cells", In: Proceedingsof the 1st World Conference and Exhibitionon Biomass for Energy and Industry, Sevilla Spain,2000

[21] M.D.Redwood, I.P.Mikheenko, F.Sargent, L.E.Macaskie, "Dissecting the rolesof Escherichia coli hydrogenases in biohydrogen production". FEMS Microbiol, Lett, 278, 48–55,2008

[22] L.J.Thompson,V.M.Gray, B.Kalala, D.Lindsay, K.Reynolds, A.V. Holy, "Biohydrogenproduction by *Enterobacter cloacae* and *Citrobacter freundii* in carrier induced granules", Biotechnol, Lett, 30, 271–274,2008.

[23] N.Kumar, D.Das, "Continuous hydrogen production by immobilized Enterobactercloacae IIT-BT 08 using lignocellulosic materials as solid matrix", Enzyme MicrobialTechnol, 29, 280–287,2001

[24] S.D.Chen, K.S.Lee, Y.C.Lo, W.M.Chen, J.F.Wu, C.Y.Lin, et al, "Batch and continuousbiohydrogen production from starch hydrolysate by *Clostridium* species",International Jornal of Hydrogen Energy ,33, 1803–1812,2008

[25]Fao,2006

[26]www.daneshname.roshd.ir

[27]www.suna.org.ir

[28]www.agron.agri jahad.ir

[29]Naeimco.epage.ir

[۳۰] چغندر قند و نیشکر، ماهنامه کشاورزی، صنعتی و اقتصادی، شماره ۲۰۴، صفحه ۳، سال ۱۳۹۰

[۳۱]مهرداد نیاکوثری، شهرام جوادیان، باگاس نیشکر پتانسیل بالقوه جهت حذف ترکیبات کروم از فاضلابهای صنعتی، دانشگاه شیراز، مرکز تحقیقات فارس

Archive of SID
www.SID.ir