जैव रसायनिक तकनीक से जैवभार आधारित ईंधन

रेनू सिंह[1], रेनू पांडे[2], मोनिका श्रीवास्तव[1]
[1]पर्यावरण विज्ञान एवं जलवायु–समुत्थानशील कृषि केन्द्र
[2]पादप कार्यकी
भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली–110012
renu_icar@yahoo.com

प्राप्त तिथि 16.03.2015, स्वीकृत तिथि 29.04.2015

जैसे–जैसे जनसंख्या और औद्योगिकीकरण बढ़ता जा रहा है, वैसे–वैसे ऊर्जा की माँग भी बढ़ती जा रही है। परन्तु जितनी तेजी से ऊर्जा का उपयोग हो रहा है, उतनी ही तेज़ी से ऊर्जा के स्त्रोतों का विकास नहीं हो पा रहा है। विकासशील देशों के साथ–साथ आज विकसित देशों के लिए भी तेज़ गति से ऊर्जा के स्त्रोतों का उत्पादन करना मुश्किल हो रहा है। अधिकतर देशों में अभी तक परम्परागत ऊर्जा के स्त्रोतों जैसे कोयला, पेट्रोलियम, प्राकृतिक तेल आदि के द्वारा ही ऊर्जा की माँग पूरी की जा रही है। परम्परागत ईंधनों के कारण, आज प्रत्येक देश दो बड़ी समस्याओं से जूझ रहा है:

1. जिस गति से हम परम्परागत ईंधनों का उपयोग कर रहे हैं, उससे ये खत्म होने के कगार पर आ चुके हैं। वैज्ञानिकों के अनुसार विश्व के तेल भण्डार 2050 तक समाप्त हो जाएंगे।
2. परम्परागत ईंधनों से निकलने वाले धुएँ, वायु प्रदूषण के मुख्य कारण बनते जा रहे हैं। जीवाश्म ईंधनों को जलाने से सल्फर डाइ ऑक्साइड(SO_2) उत्सर्जित होती है, जिसके कारणवश अम्लीय वर्षा होती है। एक निर्धारित सीमा से अत्याधिक ग्रीन हाउस गैसों जैसे कार्बन डाइ ऑक्साइड(CO_2), मीथेन(CH_4) आदि के निकलने की वजह से विश्व में जलवायु परिवर्तन की समस्या उत्पन्न हो रही है। आज हमें ऐसे ऊर्जा के विकल्प ढूँढने की आवश्यकता है, जो सस्ते, नवीकरणीय और प्रदूषण रहित हो। इसलिए ऊर्जा के अन्य विकल्पों जैसे कि सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, ऊष्मीय ऊर्जा, जल–विद्युतीय ऊर्जा, जैव ईंधन आदि की ओर ध्यान देने की अधिक आवश्यकता है।

जैवभार का ग्रीनहाउस प्रभाव में प्रमुख योगदान है। विश्व में कोयले, पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस के बाद जैव ईंधन का चौथा स्थान है और यह ऊर्जा का मुख्य स्त्रोत बनता जा रहा है। जैव ईंधन हर प्रकार की ऊर्जा की आवश्यकताओं जैसे बिजली उत्पादन के लिए, वाहन चलाने के लिए, कारखानों तथा फैक्ट्रियों में मशीने चलाने के लिए, आदि को पूरा करता है। अक्षय ऊर्जा के सभी विकल्पों में जैव ईंधन एक ऐसा ऊर्जा का विकल्प है जो सौर ऊर्जा का अच्छे से उपयोग करता है। यह एक मात्र ऐसा कार्बन स्त्रोत है जिसे आसानी से ठोसीय, द्रव्यीय और गैसीय ईंधनों में विभिन्न प्रक्रियाओं द्वारा रूपांतरित किया जा सकता है।

जैवभार– जैवभार एक ऐसा ईंधन है, जो धरती में पाए जाने वाले सभी सजीव जीवों से निर्मित होता है। ये पेड़–पौधों, फसलों, शैवाल आदि से बनते हैं। ये कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन से बना होता है तथा सल्फर भी थोड़ी मात्रा में उपस्थित होता है। पौधे प्रकाश–संश्लेषण के द्वारा कार्बोहाइड्रेट का निर्माण करते हैं, जो जैव ईंधन की नींव है।

जैवभार से जैव ईंधन का उत्पादन–इथेनॉल– ऑटोमोबाइल के जमाने से ही इथेनॉल का उपयोग ईंधन के रूप में किया जा रहा है। परन्तु सस्ते पेट्रोल ने शीघ्रता से इथेनॉल का स्थान ले लिया है। 1970 के दशक के दौरान, जब ब्राजील की सरकार ने अपना "प्रोएलकूल प्रोग्राम"(Proalcool Programme) प्रक्षेपित किया तब इथेनॉल की ईंधन के रूप में बाज़ार में पुनः वापसी हुई। वर्तमान में विश्व के कुल इथाइल एल्कोहल के उत्पादन का दो–तिहाई भाग इथेनॉल ईंधन के रूप में होता है। अन्य ईंधनों की अपेक्षा इथेनॉल एक स्वच्छ, ज्वलनशील ईंधन है, जिसका ऑक्टेन नम्बर और ईंधन विस्तृतीय गुण अधिक होता है। विकासशील देशों जैसे कि भारत के लिए इथेनॉल पेट्रोल के सम्मिश्रण को परिवहन ईंधन के रूप में उपयोग न केवल कच्चे तेल को आयात करने के लिए खर्च होने वाली विदेशी मुद्रा को बचाता है, बल्कि वाहनों से उत्सर्जित हानिकारक गैसों जिससे वायु प्रदूषण फैलता है, को कम भी करता है। भारत में गुड़ रस के द्वारा 1.3 बिलियन लीटर इथेनॉल का उत्पादन होता है। भारत में योजना के प्रथम चरण में 5 प्रतिशत पेट्रोल के मिश्रण के लिए प्रतिवर्ष 3.45 बिलियन लीटर इथेनॉल की आवश्यकता थी, जबकि पूरे देश में इस योजना के प्रस्तावित करने से ये बढ़कर 5 बिलियन लीटर हो गई। परन्तु, उचित मात्रा में गुड़ रस न होने की वजह से इस आवश्यकता को पूरा करना संभव नहीं हो पाया। इसलिए हमें इथेनॉल उत्पादन के लिए अन्य जैव भार की खोज करने की आवश्यकता है। कुछ महत्वपूर्ण जैवभार जिनसे इथेनॉल का उत्पादन सफलतापूर्वक किया जा सकता है, वे तालिका–1 में दर्शाए गए हैं।

तालिका–1: इथेनॉल उत्पादन के लिए संभावित जैवभार के संघटक(भार प्रतिशत सूखा आधार)

जैवभार का स्त्रोत	शर्करा	सेलूलोस	हेमी सेलूलोस	लिग्निन	अन्य
खोई	3	38	27	20	12
गुड़ रस	61	–	–	–	39
बना हुआ गन्ना	43	22	15	11	9
गन्ने की पत्तियाँ	–	36	21	16	27
पूरा गन्ना	33	25	17	12	13
नेपियर ग्रास	–	32	20	9	39
द्विजातिय गन्ना	28	37	14	15	6
मीठी ज्वार	34	36	16	10	3
यूकेलिप्टस ग्रेनडिस (Eucalyptus grandis)	–	38	13	37	12
ल्यूकेइना ल्यूकोसिफाला (Leucaena leucocephala)	–	43	14	25	18
यूकेलिप्टस सेलिग्ना (Eucalyptus saligna)	–	45	12	25	18
शहरी ठोस अवशेष	–	33	9	17	41
समाचार पत्र	–	62	16	21	1

जैवभार से इथेनॉल: तकनीक– जैवभार से इथेनॉल उत्पादन करने के प्रत्येक चरण के लिए अनेकों विकल्प उपलब्ध हैं। जैवभार को इथेनॉल में परिवर्तित करने के प्रत्येक चरण के लिए विभिन्न सरकारी प्रयोगशाला, शैक्षिक संस्थानों एवं निजी क्षेत्रों की कम्पनियों ने विविध प्रकार की तकनीक की खोज की है। विभिन्न प्रकार के तकनीकी विकल्पों के संयोजन से जैवभार से इथेनॉल उत्पादन के लिए एक सफल तकनीक प्राप्त हो सकती है। तुलनात्मक रूप से पेट्रोल की बढ़ी हुई कीमतों, पूरे वर्ष जैवभार के उत्पादन के लिए अवसर का उपलब्ध होना, और शर्करा उद्योग की स्थिरता के कारण सशक्त रूप से भूमि के उपलब्ध होने की वजह से भारत कई संस्थाओं का ध्यान अपनी ओर आकर्षित कर रहा है।

गुड़ रस से इथेनॉल का उत्पादन– गुड़ रस से इथेनॉल उत्पादन के तीन प्रमुख चरण है:

1. जलीय विश्लेषण
2. किण्वन
3. इथेनॉल की पुनः प्राप्ति।

1. जलीय विश्लेषण

लिग्नोसेलुलोज युक्त अवशेषों का किण्वन द्वारा जलीय विश्लेषण– लिग्नोसेलुलोस युक्त अवशेष का सूक्ष्म जैविक रोगाणवीय अवकर्षण, कई किण्वकों की सम्मिलित क्रिया होती है, इनमें सबसे मुख्य किण्वक सेलुलोज है। सूक्ष्म जीवों को अघुलनशील सेलुलोज को जल उपघटित एवं उपापचित के लिए कोशिकाय वाह्य सेलुलोज स्वतंत्र या कोशिकीय संयुक्त का उत्पादन आवश्यक होता है। तीन मुख्य प्रकार की सेलुलोज क्रिया है:

1. एण्डोग्लूकानेज़ (Endoglucanase) 1,4–β–डी ग्लूकेनोहाइड्रोलेज़ (1,4–β–D glucanohydrolase)
2. एक्सोग्लूकानेज़ (Exoglucanase)

I. सेलोडेक्सट्रिनेज़ (Cellodextrinase) 1,4–β–डी ग्लूकॉन ग्लूकेनोहाइड्रोलेज़ (1,4–β–D glucan glucanohydrolase)

II. सेलोबायोहाइड्रोलेज़ (Cellobiohydrolase)

III. β–ग्लूकोसाइडेज़ (β–glucosidases) β–ग्लूकोहाइड्रोलेसेज़ (β–glucohydrolases)

एण्डोग्लूकानेज़ सेलूलोज बहुशर्कराइड श्रृंखला को क्रम रहित तरीके से आंतरिक अक्रिस्टलीय स्थान को काट कर भिन्न–भिन्न लम्बाई के ओलिगो सैकेराइड उत्पन्न करता है और इसके परिणामस्वरूप छोटी–छोटी श्रृंखलाएँ बनती हैं। एक्सोग्लूकानेज़

सेलूलोज श्रृंखला के लघु एवं लघु रहित छोर को काट कर ग्लूकोज अथवा सेलोबायोज मुख्य उत्पादक के रूप में पैदा करता है। सूक्ष्मक्रिस्टलीय संरचना में एक्सोग्लूकानेज़ सेलूलोज श्रृंखला की सूक्ष्मक्रिस्टलीय सेलुलोज छाल पर भी कार्य करता है। β–ग्लूकोसाइडेज़ घुलनशील सेलोडेक्सट्रीन और सेलोबायोस को ग्लूकोस में परिवर्तित करता है। *ट्राइकोडरमा रीसाई(Tricoderma reesei)* का सेलुलोज तंत्र कम से कम दो एक्सोग्लूकानेज़(Exoglucanase), पाँच एण्डोग्लूकानेज़(Endoglucanase) और दो β–ग्लूकोसाइडेज़(β–glucosidase) से मिलकर बना होता है।

सांद्रित अम्ल जल अपघटन प्रक्रिया– यह प्रक्रिया सेलुलोज के सांद्रित अम्ल डी–क्रिस्टलीय पर आधारित है, इसके उपरान्त तनुकरण अम्ल जल अपघटन से सेलुलोज(Cellulose) को शर्करा में परिवर्तित करता है, ये लगभग सैद्धांतिक उत्पात 85–90 प्रतिशत है। शर्करा से अम्ल को अलग करना, अम्ल पुनःप्राप्ति और अम्ल को दुबारा सांद्रित करना संक्रिया एकक है। किण्वन शर्करा को इथेनॉल में परिवर्तित करता है।

तनुकरण अम्ल जल अपघटन– जैवभार से इथेनॉल उत्पादन के लिए तनुकरण अम्ल जल अपघटन एक पुरानी, सरल एवं अत्याधिक दक्ष प्रक्रिया है। तनुकरण अम्ल जैवभार को जल अपघटित करके शर्करा बनाता है। प्रथम चरण में 190^{0}C पर 0.7 प्रतिशत गंधक अम्ल जैवभार में उपस्थित हेमीसेलुलोज का जल अपघटित करता है। दूसरा चरण ज़्यादातर प्रतिरोधी सेलुलोज अंश के उत्पात के अनुकूल होता है, यह 215^{0}C पर 0.4 प्रतिशत गंधक अम्ल से प्राप्त होता है। किण्वन द्वारा शर्करा विलयन का इथेनॉल में परिवर्तन से पूर्व, जलीय जल अपघटक को निष्प्रभाव करना और विषैले यौगिक को हटाना होता है।

किण्वन प्रक्रियाएँ– विभिन्न प्रकार की किण्वन प्रक्रियाएँ हैं:
1. बैच प्रक्रियाएँ, 2. सेमी–कन्टीन्युअस प्रक्रियाएँ, 3. कन्टीन्युअस प्रक्रियाएँ

इथेनॉल की पुनः प्राप्ति– आसवन द्वारा ऊर्जा का अधिक उपभोग की वजह से औद्योगिक एल्कोहल उत्पादन में इथेनॉल की सांद्रता और शुद्धीकरण एक महँगा कार्य है। जैविक इथेनॉल का द्रव्य–ईंधन के रूप में उपयोग करना एक प्रश्न चिन्ह बना हुआ है, क्योंकि आसवन के लिए जितनी ऊर्जा की आवश्यकता होती है वो एल्कोहल उत्पादन की कुल ज्वलनशील ऊर्जा के बराबर पाई गई है। आसवन को बेहतर बनाने के लिए नई तकनीकों का विकास किया जा रहा है।

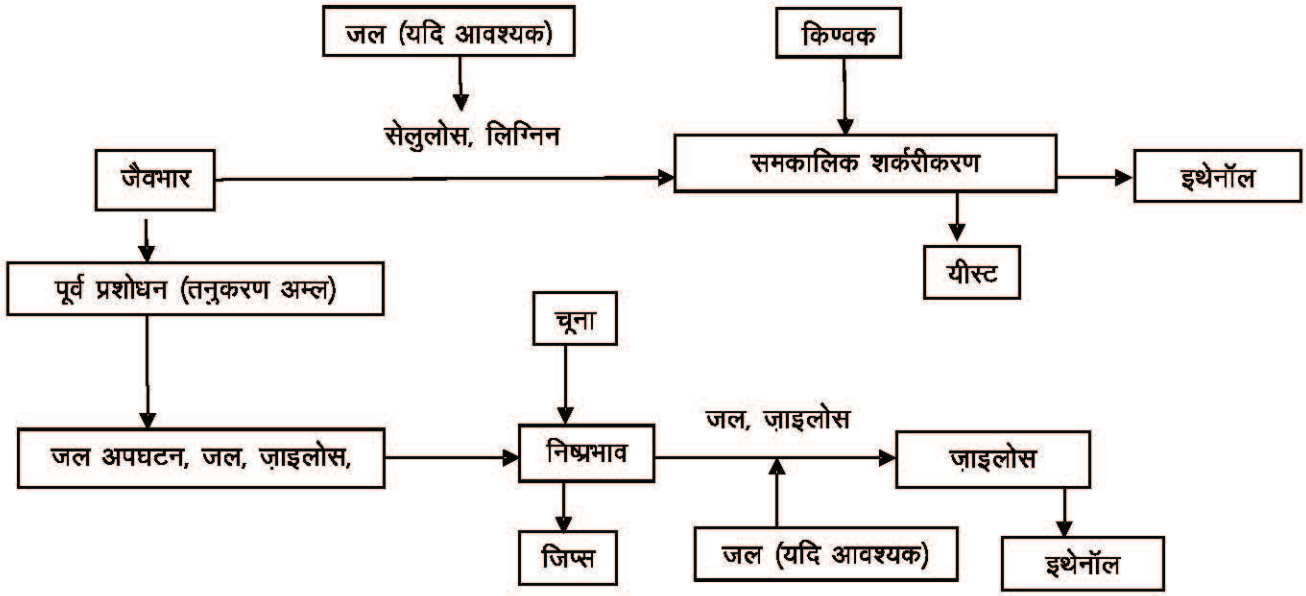
समकालिक शर्करीकरण और किण्वन(Simultaneous Saccharification and Fermentation)– यह तकनीक (एन.आर.ई.एल.) नेशनल रिन्यूवेबल एनर्जी लैबोरेटरी, गोल्डन सी ओ के अन्वेषण और विकास योजना से संबंधित है। यह प्रक्रिया मुख्यतः चार चरणों की होती है, जिसे अलग–अलग तरीकों से सम्मिलित भी किया जा सकता है:
1. पूर्व प्रशोधन, 2. किण्वक उत्पादन, 3.जल उपघटन, 4. किण्वन।

सेलुलोज से पृष्ठीय क्षेत्रफल में बढ़ोतरी जो कि किण्वक के लिए अभिगम्य है, वो लिग्नोसेलुलोजयुक्त की पाच्यता में बढ़ोत्तरी का मुख्य कारक है। पूर्व जल उपघटन 1.1 प्रतिशत गंधक अम्ल(160^{0}C पर 10 मिनट) हेमिसेलुलोज के भाग को हटा देता है, इसके परिणामस्वरूप छिद्र का आकार बढ़ जाता है, जिससे सेलुलोज की संरचना किण्वक के प्रहार के लिए खुल जाती है। समकालिक शर्करीकरण और किण्वन प्रक्रिया में सेलुलोज को भंग करने वाला किण्वक *ट्राइकोडर्मा रीसाई* (*Tricoderma reesei*) कवक द्वारा उत्पन्न होता है। शेष पदार्थ में यीस्ट और किण्वक को मिला दिया जाता है, जहाँ किण्वक सेलुलोज को पाच्य करके ग्लूकोज को उत्पन्न करता है। यीस्ट अथवा अन्य सूक्ष्म जीव किण्वन द्वारा ग्लूकोज से इथेनॉल का उत्पादन करते हैं। इस प्रक्रिया को आकृति 1 द्वारा दर्शाया गया है।

निष्कर्ष– जैवभार एक विश्वसनीय, नवीकरणीय ऊर्जा का संसाधन है, इसलिए जैवभार पर आधारित ईंधन आने वाले भविष्य के लिए एक आशाजनक ऊर्जा का स्त्रोत है। विभिन्न कृषि उत्पादकों एवं अवशेषों जैसे कि गन्ने का रस, खोई, गुड़ रस, मीठा ज्वार, कसावा आदि द्वारा भारत में ऊर्जा माँग को पूरा किया जा सकता है। विभिन्न माध्यमों द्वारा नई पीढ़ी के जैव ईंधन के उत्पादन के लिए कई अध्ययन किए जा रहे हैं। जैविक इथेनॉल तकनीक की सफलता का सबसे मुख्य कारक सस्ती लागत पर सेलूलोज की उपलब्धता है। सेलूलोज किण्वक की उत्पादकता बढ़ाने के लिए अधिक शोध प्रयासों की आवश्यकता है। जैविक इथेनॉल, पेट्रोलियम आधारित ईंधनों के विकल्प के रूप में देखा जा रहा है, जो पर्यावरण में ग्रीनहाऊस गैसों के कुल योगदान को कम करता है। सभी प्रकार के वाहनों और इंजनों में ईंधन-इथेनॉल के सम्मिश्रण का सफलतापूर्वक उपयोग हो रहा है।

संदर्भ

1. बलत, एम0; बलत, एच0 तथा औ0 जेड0 सी0(2008) प्रोग्रेस इन बायो इथेनॉल प्रोसोसिंग प्रोग्रा0 इनर्जी0 कम्बस्ट0 साई0 खण्ड–34, मु0 पृ0 331–373।
2. सक्सेना, आर0 सी0; अधिकारी, डी0 के0 तथा गोयल, एच0 बी0(2009) बायोमास बेस्ड इनर्जी फ्यूल थ्रो बायोकेमिल रूट्सः ए रिक्यु0 रिन्यु0 सस्टेनेबल0 इनर्जी0 रिव0 खण्ड–13, मु0पृ0 167–178।
3. सिंह, आर0; तिवारी, एस0 तथा श्रीवास्तव, एम0(2014), जैविक इथेनॉल जीवाश्मी पेट्रोलियम का विकल्प, विज्ञान आपके लिए, अंक 3, मु0पृ0 14–17।



आकृति–1 समकालिक शर्करीकरण और किण्वन