NEW ERA AGRICULTURE MAGAZINE

कृषि अपशिष्ट से एथेनॉल उत्पादन: नवीकरणीय ऊर्जा की ओर एक सतत् कदम

प्रिया भार्गव*, स्नेहा शिखा, प्राची सिंह, श्रद्धा भास्कर सावंत और अमरेंद्र कुमार

परिचय:

दुनिया भर में बढ़ती ऊर्जा आवश्यकता और जीवाश्म ईंधनों से होने वाले पर्यावरणीय नुकसान ने नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों की ओर ध्यान तेज़ कर दिया है। ऐसे में **बायोएथेनॉल** एक स्वच्छ और टिकाऊ ईंधन के रूप में उभरकर सामने आया है। एथेनॉल एक क्लीन-बर्निंग (स्वच्छ दहन वाला) बायोफ्यूल है, जिसे विभिन्न जैविक पदार्थों **(कृषि अपशिष्ट)** से बनाया जा सकता है।

1. कृषि अपशिष्ट:

कृषि अपशिष्ट: से तात्पर्य उन कृषि अवशेषों से है जो फसल उत्पादन या प्रसंस्करण के दौरान निकलते हैं—जैसे भूसा, पुआल, डंठल, छिलके, भूसी, गन्ने की खोई (बैगास) आदि। अक्सर इन अवशेषों को खेतों में जला दिया जाता है या बेकार समझकर फेंक दिया जाता है, जिससे वायु प्रदूषण और ग्रीनहाउस गैसों का उत्सर्जन बढ़ता है। इन अवशेषों को एथेनॉल में बदलना न केवल स्वच्छ ऊर्जा प्रदान करता है, बल्कि पर्यावरण संरक्षण में भी मदद करता है।

पहली पीढ़ी (First-generation) का बायोएथेनॉल गन्ना या मक्का जैसी खाद्य फसलों से बनाया जाता है, जिससे भोजन और ईंधन के बीच प्रतिस्पर्धा की समस्या पैदा होती है। इसके विपरीत, **कृषि अपशिष्ट आधारित एथेनॉल, दूसरी पीढ़ी (Second-generation) का बायोफ्यूल** है, जो खाद्य संसाधनों पर दबाव डाले बिना **लिग्नोसेलुलोज़िक बायोमास** (सेलुलोज, हेमीसेलुलोज और लिग्निन से भरपूर पदार्थ) का उपयोग करता है।

2. एथेनॉल उत्पादन के लिए उपयोगी कृषि अपशिष्ट:

कई प्रकार के कृषि अवशेष एथेनॉल उत्पादन के लिए उपयुक्त हैं। इनमें प्रमुख हैं:

1. गेहूं का पुआल
2. धान का पुआल
3. मक्का के डंठल (Maize stover)
4. कपास के डंठल
5. गन्ने की खोई (Bagasse)
6. शीरा (Molasses)
7. फलों के छिलके जैसे केला और अनानास
8. मूंगफली के छिलके और सूरजमुखी के डंठल

इन सभी में ऐसे जटिल कार्बोहाइड्रेट होते हैं जिन्हें तोड़कर शर्करा में बदला जाता है और फिर एथेनॉल बनाया जाता है।

3. एग्रोवेस्ट से एथेनॉल बनाने की प्रक्रिया:

एग्रोवेस्ट को एथेनॉल में बदलने की प्रक्रिया चार मुख्य चरणों में पूरी होती है:

3.1. प्रीट्रीटमेंट (Pretreatment): इस चरण में कठोर पौध सामग्री—जैसे पुआल, भूसी और डंठल—को तोड़ा या ढीला किया जाता है। इन संरचनाओं को **लिग्निन** नामक पदार्थ मजबूती देता है, जिससे अंदर मौजूद शर्करा तक पहुँचना कठिन होता है। प्रीट्रीटमेंट में स्टीम एक्सप्लोजन, हल्के अम्ल या क्षार, एंजाइम या सूक्ष्मजीवों का उपयोग करके रेशों को ढीला किया जाता है।

प्रिया भार्गव*, स्नेहा शिखा, प्राची सिंह, श्रद्धा भास्कर सावंत और अमरेंद्र कुमार
बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर-813210

3.2. हाइड्रोलिसिस (Hydrolysis): इस चरण में एंजाइम जैविक कैंची की तरह काम करते हैं और सेलुलोज व हेमीसेलुलोज की लंबी श्रृंखलाओं को तोड़कर साधारण शर्करा—जैसे ग्लूकोज़ और ज़ायलोज़—में बदल देते हैं।

3.3. किण्वन (Fermentation): इस प्रक्रिया में प्राप्त शर्करा को यीस्ट, आमतौर पर *Saccharomyces cerevisiae*, या आनुवंशिक रूप से परिवर्तित सूक्ष्मजीवों द्वारा एथेनॉल और कार्बन डाइऑक्साइड में बदल दिया जाता है।

आसवन और निर्जलीकरण (Distillation & Dehydration): किण्वन के बाद प्राप्त मिश्रण में एथेनॉल, पानी और ठोस अवशेष होते हैं। आसवन द्वारा एथेनॉल को अलग किया जाता है, जिससे लगभग 95% शुद्ध एथेनॉल मिलता है। अंतिम चरण में निर्जलीकरण करके इसे 99% से अधिक शुद्ध ईंधन-ग्रेड एथेनॉल बनाया जाता है, जिसे पेट्रोल में मिलाया जा सकता है या सीधे उपयुक्त इंजनों में उपयोग किया जा सकता है।

4. एग्रोवेस्ट आधारित एथेनॉल के लाभ:

- कृषि अवशेषों को मूल्यवान ईंधन में बदलना
- पराली जलाने से होने वाले वायु प्रदूषण में कमी
- आयातित जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता कम करना
- ग्रामीण क्षेत्रों में आय और रोजगार के अवसर बढ़ाना
- कार्बन चक्र संतुलन में योगदान, जिससे इसे अपेक्षाकृत कार्बन-न्यूट्रल माना जाता है

5. चुनौतियाँ और भविष्य की दिशा:

हालाँकि यह तकनीक बेहद संभावनाशील है, लेकिन कुछ चुनौतियाँ अभी भी मौजूद हैं:

- प्रीट्रीटमेंट और एंजाइम महंगे होते हैं
- लिग्निन के कारण सभी शर्करा निकालना कठिन होता है
- सामान्य यीस्ट ज़ायलोज़ जैसी कुछ शर्कराओं को पूरी तरह किण्वित नहीं कर पाता
- खेतों से भारी अवशेषों को इकट्ठा करना और परिवहन करना महंगा पड़ता है

फिर भी, विज्ञान और तकनीक इन समस्याओं का समाधान खोज रही है। **नैनोकैटेलिस्ट**, उन्नत सूक्ष्मजीव, और बेहतर एंजाइम प्रक्रिया को अधिक प्रभावी बना रहे हैं। आधुनिक **बायोरिफाइनरी मॉडल** अब केवल एथेनॉल ही नहीं, बल्कि बायोगैस, लिग्निन से रसायन, और बायोप्लास्टिक भी तैयार कर रहे हैं, जिससे पूरी प्रक्रिया अधिक लाभकारी बन रही है।

6. निष्कर्ष:

एग्रोवेस्ट से एथेनॉल उत्पादन नवीकरणीय ऊर्जा और अपशिष्ट प्रबंधन का एक बेहतरीन उदाहरण है। यह तकनीक कृषि, उद्योग और पर्यावरण के बीच संतुलन स्थापित करती है। यदि इसमें तकनीकी नवाचार, सरकारी नीतियों का समर्थन और किसानों की भागीदारी जुड़ जाए, तो कृषि अवशेषों से बड़े पैमाने पर एथेनॉल उत्पादन आर्थिक रूप से लाभकारी और पर्यावरण के लिए अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो सकता है। नवीकरणीय ऊर्जा लक्ष्यों को पूरा करने और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन घटाने की दिशा में यह एक मजबूत और आशाजनक समाधान है।