Celebrating 50
ICAR - CIAE
1976-2026
Golden Years of Engineering in Indian Agriculture

खेत, भोजन, जीवन

कृषि अभियांत्रिकी दर्पण

जनवरी एवं जुलाई 2025 | संयुक्तांक 46-47

भाकृअनुप
ICAR

भा.कृ.अनु.प. - केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान
नबीबाग, बैरसिया रोड,
भोपाल-462038

कृषि अभियांत्रिकी दर्पण

जनवरी एवं जुलाई 2025
संयुक्तांक 46-47

संरक्षक
डॉ. सी आर मेहता
निदेशक

प्रधान संपादक
डॉ. मनोज कुमार त्रिपाठी
प्रधान वैज्ञानिक

संपादक
डॉ. मुकेश कुमार
वैज्ञानिक
डॉ. सत्य प्रकाश कुमार
वैज्ञानिक
डॉ. दिलीप पवार
वैज्ञानिक
डॉ. बिक्रम ज्योति
वैज्ञानिक
डॉ. समलेश कुमारी
वैज्ञानिक
श्री राकेश कुमार
उप निदेशक (राजभाषा)

पत्रिका में प्रकाशित लेख और शोध पत्र लेखक की अपनी निजी राय है। संपादक मंडल उनके निजी विचार की जिम्मेदारी नहीं लेते हैं। लेख और शोध पत्र की सूचना लेखक से प्राप्त किया जा सकता है।

इस अंक में...

1. ड्रोन आधारित परिवर्ती दर द्रव पोषण तकनीक :सटीक और स्मार्ट समाधान
2. सर्प विष का विरोधाभास: विष से उपचार तक
3. आधुनिक बागवानी प्रबंधन में विज्ञान, प्रौद्योगिकी और नीतिगत पहलुओं की एकीकृत भूमिका
4. स्वास्थ्य एवं दीर्घायु जीवन के लिए भोजन: विज्ञान, नवाचार और सुलभ पोषण का संगम
5. संवेदक-आधारित ड्रोन तकनीक से सटीक कृषि प्रबंधन: भारतीय संदर्भ में एक विश्लेषण
6. रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग: विभिन्न फल, सब्जियाँ और उच्च मूल्यवर्गीय वस्तुओं के सुखाने की नवीनतम तकनीक
7. कदंब फल के रस निष्कर्षण पर अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त तकनीक का प्रभाव: उपज, भौतिक-रासायनिक गुण एवं पोषण गुणवत्ता का वैज्ञानिक मूल्यांकन
8. सोया-बेस्ड फंक्शनल योगर्ट बनाने के लिए फर्मेंटेशन कंडीशन का ऑप्टिमाइज़ेशन
9. प्रोबायोटिक्स के सक्रियण, अनुरक्षण एवं संरक्षण की रणनीतियाँ: जीवनीयता और क्रियात्मक प्रभावकारिता सुनिश्चित करना
10. निष्कर्षण और सुखाने की तकनीकों का हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों के फाइटोकेमिकल स्थिरता और FTIR प्रोफाइलिंग पर प्रभाव
11. कृषि में कीटनाशकों की भूमिका तथा स्प्रेयर यंत्रों की संरचना, कार्यप्रणाली एवं देखभाल
12. जैव-सक्रिय तत्वों द्वारा फलों के पोषण गुणों का संरक्षण
13. प्राकृतिक खेती: खुशहाली का एक सशक्त विकल्प
14. रसायन मुक्त खरपतवार प्रबंधन में एक नई पहल : लेज़र वीडिंग
15. फल और सब्जियों की परिपक्वता का आकलन करने की गैर-विनाशकारी तकनीकें
16. फलों और सब्जियों से जैवसक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण
17. कृषि-उत्पादों के सुखाने में आधुनिक तकनीकियाँ
18. एडिबल कोटिंग तकनीक: पोस्ट-हार्वेस्ट नुकसान कम करने का समाधान
19. जल संरक्षण और कुशल सिंचाई प्रबंधन में जल मापन की भूमिका
20. पारंपरिक खेती से अलग मृदा रहित खेती: उभरती हुई भविष्य की कृषि तकनीक
21. कुल प्लेट गणना (TPC), यीस्ट एवं फफूँद तथा कोलीफॉर्म गणना के लिए तरल खाद्य नमूनों का विश्लेषण
22. भाकृअनुप-केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल में वर्ष 2025 में संपन्न विभिन्न राजभाषा गतिविधियां

प्रकाशक

भा.कृ.अनु. प. - केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान
नबीबाग, बैरसिया रोड, भोपाल-462038
ईमेल: director.ciae@icar.org.in, directorciae@gmail.com
वेबसाइट: https://ciae.res.in, दूरभाष: 91-755-2521001

भाकृअनुप
ICAR

निदेशक की कलम से...

कृषि भारत में स्वतंत्रता के बाद से सरकार की नीतियों का एक प्रमुख केंद्र-बिंदु बना है। देश की विशाल ग्रामीण जनसंख्या का जीवन कृषि पर सीधे रुप से निर्भर करता है। करोड़ों लोगों के लिए कृषि आज भी आजीविका का सबसे महत्वपूर्ण साधन बनी हुई है। इसमें, कृषि यंत्रीकरण संसाधनों के कुशल उपयोग और समय की बचत में सहायक सिद्ध हुआ है। इसके माध्यम से श्रम की कठोरता कम होती है और कृषि कार्य सरल बनते हैं। भारत में कृषि यंत्रीकरण का स्तर लगभग 47 प्रतिशत है। यह स्तर विकसित देशों की तुलना में अभी भी अपेक्षाकृत कम है। भारत में ट्रैक्टर सबसे अधिक उपयोग की जाने वाली कृषि मशीनरी है। वर्ष 2025 तक देश में 9 मिलियन से अधिक ट्रैक्टर कार्यरत थे। इनके अतिरिक्त पावर टिलर, सीड ड्रिल, प्लांटर, और कंबाइन हार्वेस्टर का उपयोग भी बढ़ रहा है। छोटे और सीमांत किसानों के लिए बड़े यंत्रों का उपयोग एक बड़ी चुनौती है। इसलिए कम लागत वाले और बहुउपयोगी कृषि यंत्रों की आवश्यकता बढ़ गई है। खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने में कृषि प्रसंस्करण और भंडारण की महत्वपूर्ण भूमिका है। ग्रामीण क्षेत्रों में प्रसंस्करण और भंडारण सुविधाओं की अभी भी कमी है। अपर्याप्त बुनियादी ढांचा इस क्षेत्र की प्रमुख चुनौती है। कृषि प्रसंस्करण में मूल्य संवर्धन से किसानों की आय बढ़ाई जा सकती है। फल-सब्ज़ियों को जैम, जूस, अचार, ड्राय या पैकेज्ड रुप में बदलकर उनका बेहतर उपयोग किया जा सकता है। इससे किसानों की आय और जीवन स्तर में सुधार की संभावना है। भूजल स्तर में लगातार गिरावट भारत के लिए गंभीर चिंता का विषय है। इसके समाधान हेतु जल संरक्षण और कुशल सिंचाई तकनीकों को बढ़ावा देना आवश्यक है। सूक्ष्म सिंचाई प्रणालियाँ जल उपयोग की दक्षता बढ़ाती हैं। पारंपरिक खेती से अलग मृदा रहित खेती पौधों के उत्पादन की एक विशिष्ट विधि है, जिसमें जल के पुनर्चक्रण द्वारा 85-90 प्रतिशत तक पानी की बचत होती है जिससे उत्पादकता में वृद्धि होती है। प्राकृतिक खेती, जिसमें रासायनिक खाद और कीटनाशकों का उपयोग नहीं किया जाता है उसमें लागत कम होती है साथ ही मिट्टी और पानी सुरक्षित रहते हैं तथा उपभोक्ताओं को स्वस्थ भोजन मिलता है।

इन सभी पहलुओं पर, भा.कृ.अनु.प.-केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल कृषि अभियांत्रिकी में अनुसंधान का प्रमुख केंद्र है। वर्ष 1976 में स्थापित यह संस्थान स्वर्ण जयंती आयोजनों की श्रृंखलान्तर्गत कृषि में श्रम और ऊर्जा की बचत हेतु नित नई तकनीकों का विकास कर रहा है। कृषि अभियांत्रिकी दर्पण पत्रिका वैज्ञानिक तकनीकों के प्रचार एवं प्रसार का सशक्त माध्यम है। मुझे आशा ही नहीं वरन् पूर्ण विश्वास है कि पत्रिका का यह अंक विगत अंकों की भांति ही हमारे किसान बन्धुओं, कृषि उद्यमियों, सभी हितधारकों व पाठकों के लिए रुचिकर एवं उपयोगी सिद्ध होगा। अंत में, मैं उन सभी वैज्ञानिकों, लेखकों, विद्यार्थियों आदि को बधाई देना चाहता हूँ जिन्होंने अपने आलेख/शोधपत्र भेजकर पत्रिका प्रकाशन में अपना भरपूर योगदान दिया है। संपादक मंडल के सभी अधिकारी विशेष रुप से बधाई के पात्र हैं, जिनके समन्वित अथक प्रयासों से इस अंक का समय पर प्रकाशन संभव हो पाया। पाठकों की प्रतिक्रियाओं का हमें इंतजार रहेगा।

(डॉ. सी आर मेहता)
निदेशक
केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान

विषय सूची

1. **ड्रोन आधारित परिवर्ती दर द्रव पोषण तकनीक :सटीक और स्मार्ट समाधान** 1
   पूजा इंगले, सत्य प्रकाश कुमार, रमेश कुमार सहनी, दीपक थोराट, आदित्य राज, चेतन युमनाम एवं मनीष कुमार

2. **सर्प विष का विरोधाभास: विष से उपचार तक** 6
   राहुल एम. श्रीवास्तव एवं चैतन्य सराठे

3. **आधुनिक बागवानी प्रबंधन में विज्ञान, प्रौद्योगिकी और नीतिगत पहलुओं की एकीकृत भूमिका** 10
   हार्दिक कुलश्रेष्ठ, मनीष कुमार, रमेश कुमार सहनी, सत्य प्रकाश कुमार, आदित्य राज एवं पूजा इंगले

4. **स्वास्थ्य एवं दीर्घायु जीवन के लिए भोजन: विज्ञान, नवाचार और सुलभ पोषण का संगम** 18
   निधि जोशी एवं रीता सिंह रघुवंशी

5. **संवेदक-आधारित ड्रोन तकनीक से सटीक कृषि प्रबंधन: भारतीय संदर्भ में एक विश्लेषण** 25
   पूजा इंगले, रमेश कुमार सहनी, सत्यप्रकाश कुमार, आदित्य राज, हार्दिक कुलश्रेष्ठ एवं मनीष कुमार

6. **रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग: विभिन्न फल, सब्जियाँ और उच्च मूल्यवर्गीय वस्तुओं के सुखाने की नवीनतम तकनीक** 31
   दीपिका शेंडे चन्ने एवं प्रविता एम

7. **कदंब फल के रस निष्कर्षण पर अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त तकनीक का प्रभाव: उपज, भौतिक-रासायनिक गुण एवं पोषण गुणवत्ता का वैज्ञानिक मूल्यांकन** 37
   तारक चंद्र पांडा, दिब्यकांत सेठ एवं समलेश कुमारी

8. **सोया-बेस्ड फंक्शनल योगर्ट बनाने के लिए फर्मेंटेशन कंडीशन का ऑप्टिमाइज़ेशन** **43**
समलेश कुमारी, दीपिका अग्रहर-मुरुगकर, खुशी सतपालिनी एवं सौम्या मिश्रा

9. **प्रोबायोटिक्स के सक्रियण, अनुरक्षण एवं संरक्षण की रणनीतियाँ: जीवनीयता और क्रियात्मक प्रभावकारिता सुनिश्चित करना** **50**
समलेश कुमारी, दीपिका अग्रहर-मुरुगकर, सौम्या मिश्रा, खुशी सतपालिनी एवं राकेश कुमार रमन

10. **निष्कर्षण और सुखाने की तकनीकों का हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों के फाइटोकेमिकल स्थिरता और एफटीआईआर प्रोफाइलिंग पर प्रभाव** **58**
पियूष शुक्ला, शालिनी सिंह, राज कुमार दुआरी, सुनील मीना एवं समलेश कुमारी

11. **कृषि में कीटनाशकों की भूमिका तथा स्प्रेयर यंत्रों की संरचना, कार्यप्रणाली एवं देखभाल** **66**
आदित्य राज, रमेश कुमार सहनी, संजय खत्री, पूजा इंगले, हार्दिक कुलश्रेष्ठ, सत्य प्रकाश एवं मनीष कुमार

12. **जैव-सक्रिय तत्वों द्वारा फलों के पोषण गुणों का संरक्षण** **72**
मनोज कुमार त्रिपाठी, सुकदेव मंगराज,आदिनाथ काटे एवं दिलीप पवार

13. **प्राकृतिक खेती: खुशहाली का एक सशक्त विकल्प** **80**
मानसी नौटियाल एवं शरद पांडे

14. **रसायन मुक्त खरपतवार प्रबंधन में एक नई पहल : लेज़र वीडिंग** **88**
निरज कुमार, विक्रम ज्योति, अजय कुमार राउल, एन. एस. चंदेल, आशुतोष पांडिरवार, मनोज कुमार एवं राहुल पोतदार

15. **फल और सब्जियों की परिपक्वता का आकलन करने की गैर-विनाशकारी तकनीकें** **94**
हर्षिथा एस, दिलीप पवार, बिक्रम ज्योति एवं आदिनाथ काटे

16. फलों और सब्जियों से जैवसक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण **100**
नेहा पचलासिया, दिलीप पवार एवं मनोज कुमार त्रिपाठी

17. कृषि-उत्पादों के सुखाने में आधुनिक तकनीकियाँ **110**
बृजेन्द्र गोयल, दिलीप पवार, एस मंगराज, बिक्रम ज्योति एवं आदिनाथ काटे

18. एडिबल कोटिंग तकनीक: पोस्ट-हार्वेस्ट नुकसान कम करने का समाधान **117**
अनुष्का जुर्री, दिलीप पवार, मनोज कुमार त्रिपाठी एवं आदिनाथ काटे

19. जल संरक्षण और कुशल सिंचाई प्रबंधन में जल मापन की भूमिका **124**
अजिता गुप्ता, मुकेश कुमार, अभिषेक वाघाये एवं रविंद्र रांधे

20. पारंपरिक खेती से अलग मृदा रहित खेती: उभरती हुई भविष्य की कृषि तकनीक **129**
रविंद्र रांधे, मुकेश कुमार, सी के सक्सेना, सी डी सिंह, आर के सिंह, अभिषेक वाघाये एवं अजिता गुप्ता

21. कुल प्लेट गणना (टीपीसी), यीस्ट एवं फफूँद तथा कोलीफॉर्म गणना के लिए तरल खाद्य नमूनों का विश्लेषण **135**
समलेश कुमारी एवं सौम्या मिश्रा

22. भाकृअनुप-केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल में वर्ष 2025 में संपन्न विभिन्न राजभाषा गतिविधियां **141**

ड्रोन आधारित परिवर्ती दर द्रव पोषण तकनीक: सटीक और स्मार्ट समाधान

पूजा इंगले, सत्य प्रकाश कुमार, रमेश कुमार सहनी, दीपक थोराट, आदित्य राज, चेतन युमनाम एवं मनीष कुमार

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

कृषि एक बड़े परिवर्तन से गुजर रही है, जहाँ आधुनिक तकनीकें मिट्टी, फसल और क्षेत्र प्रबंधन के तरीकों को बदल रही हैं। परंपरागत रुप से, पूरे खेत में उर्वरक समान मात्रा में डाले जाते थे, यह मानते हुए कि सभी क्षेत्रों की आवश्यकता समान नहीं है। यह सरल तरीका खेतों में मौजूद प्राकृतिक विविधताओं जैसे मिट्टी की उर्वरता, नमी तथा पौधों की वृद्धि को अनदेखा करता था। आज प्रिसिजन खेती इस पद्धति को चुनौती दे रही है और खेत के प्रत्येक भाग के लिए अलग प्रबंधन संभव कर रही है। इस परिवर्तन के केंद्र में मानव रहित उड़ान यान हैं, जिनकी उन्नत चित्रण एवं संवेदन तकनीकें अब अत्यधिक सूक्ष्म स्तर पर खेत की स्थिति दिखाने में सक्षम हैं।

पोषक तत्व प्रबंधन में नवाचार की आवश्यकता इसलिए बढ़ी है क्योंकि उर्वरक की कीमतें अस्थिर हैं और पोषक तत्वों का अनियंत्रित उपयोग, भूमिगत जल प्रदूषण, हरित गृह गैस उत्सर्जन और दीर्घकालिक मिट्टी क्षरण का कारण बनता है। इस स्थिति में किसानों को ऐसी तकनीक की आवश्यकता है, जो शुद्धता बढ़ाए, अपव्यय कम करे और खेती को टिकाऊ बनाए। मानव रहित वाहन आधारित पोषण निगरानी और परिवर्ती दर तकनीक आधुनिक सटीक कृषि की एक प्रभावी प्रणाली है, जो फसल की वास्तविक आवश्यकता के अनुसार पोषक तत्वों के प्रबंधन की क्षमता प्रदान करती है। इस तकनीक में ड्रोन पर लगे मल्टीस्पेक्ट्रल, हाइपरस्पेक्ट्रल अथवा थर्मल सेंसर फसल की हरियाली, क्लोरोफिल मात्रा और पोषण तनाव का उच्च-सटीकता से आकलन करते हैं। प्राप्त आंकड़ों के विश्लेषण से खेत के भीतर पोषण असमानता वाले क्षेत्रों की पहचान संभव होती है, जिससे समान मात्रा में उर्वरक देने के बजाय केवल आवश्यक स्थानों पर उचित मात्रा में पोषक तत्वों का छिड़काव किया जा सकता है। परिणामस्वरूप उर्वरकों की बचत, उत्पादन लागत में कमी, पर्यावरणीय प्रभावों में सुधार तथा फसल की उत्पादकता और गुणवत्ता में वृद्धि सुनिश्चित होती है। यह कृषि को अधिक वैज्ञानिक, बुद्धिमान और पर्यावरण हितैषी दिशा में आगे बढ़ाती है।

परिवर्ती दर द्रव पोषण अनुप्रयोग क्या है?

परिवर्ती दर द्रव पोषण अनुप्रयोग प्रिसिजन पोषण प्रबंधन का अत्यंत महत्वपूर्ण नवाचार है। इसमें पारंपरिक समान उर्वरक वितरण के स्थान पर खेत के विभिन्न भागों की वास्तविक आवश्यकता के आधार पर पोषक तत्व डाले जाते हैं। मानव रहित उड़ान यान, रीयल-टाइम सेंसर तथा नियंत्रण प्रणालियों की मदद से खेत के प्रत्येक क्षेत्र को उतने ही पोषक तत्व दिए जाते हैं जितनी उसकी मांग है ।

चूँकि प्रत्येक खेत में मिट्टी की बनावट, कार्बनिक पदार्थ, नमी और पौधे की वृद्धि में व्यापक असमानता होती है, इसलिए पारंपरिक समान अनुप्रयोग प्रभावी नहीं होता। आधुनिक प्रणालियाँ चित्रण डेटा जैसे रंग छवि, बहु-स्पेक्ट्रल छवि तथा एन.डी.वी. आई. का उपयोग करके नाइट्रोजन की कमी, नमी तनाव और पौधों की दुर्बलता जैसी स्थितियों को पहचानती हैं। अनुसंधान से सिद्ध हुआ है कि इस तकनीक से द्रव नाइट्रोजन उपयोग में 24–30 % तक बचत संभव है, साथ ही भूमिगत जल प्रदूषण और हरित गृह गैस उत्सर्जन भी कम होता है।

मानव रहित उड़ान यान आधारित परिवर्ती दर तकनीक की विस्तृत चरणबद्ध कार्यप्रणाली

खेत का स्कैन एवं डेटा संग्रहण

मानव रहित उड़ान यान आधारित परिवर्ती दर तकनीक की शुरुआत खेत के वैज्ञानिक निरीक्षण से होती है। उड़ान यान खेत के ऊपर निर्धारित ऊँचाई पर उड़ते हुए रंगीन चित्र, बहु-तरंगदैर्घ्य चित्र, तापमान चित्रण तथा सूक्ष्म स्पेक्ट्रल डेटा (चित्र 1) एकत्र करते हैं। इन उन्नत सेंसरों द्वारा पौधों की ऊँचाई, पत्तियों में क्लोरोफिल की मात्रा, प्रकाश अवशोषण क्षमता, पानी की उपलब्धता तथा तनाव स्थितियों की सूक्ष्म जानकारी प्राप्त होती है।

चित्र 1: ड्रोन का उपयोग करके डेटा संग्रह

उन्नत हरित सूचकांक जैसे एन.डी.वी.आई., जी.एन.डी.वी.आई. और सैवी पौधों के स्वास्थ्य का अत्यंत सटीक मूल्यांकन करते हैं और यह दिखाते हैं कि खेत के कौन से हिस्से में पोषक तत्वों की कमी या अधिकता है। उड़ान यान से मिले विशाल डेटा को स्वचालित मॉडल तुरंत पढ़कर यह पहचान लेते हैं कि कहाँ पीली पत्तियाँ पोषक कमी का संकेत दे रही हैं, कहाँ अधिक घनत्व अत्यधिक वृद्धि दर्शाता है, और कहाँ पानी की कमी या रोगजनक तनाव मौजूद है। खेत का यह प्रारंभिक डिजिटल मानचित्र आगे के सभी निर्णयों की नींव होता है।

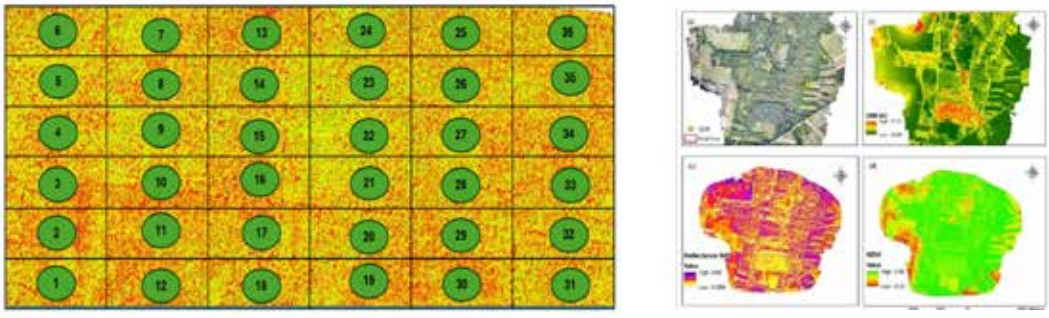
पोषण विविधता क्षेत्रों का मानचित्रण

संग्रहित चित्रों को विशेष सॉफ़्टवेयर द्वारा विश्लेषित किया जाता है। इसमें प्रत्येक पिक्सेल का अध्ययन होता है ताकि पौधों के परावर्तन पैटर्न को समझा जा सके। इसी आधार पर पूरे खेत को कम- मांग, मध्यम-मांग और अधिक-मांग वाले पोषण क्षेत्रों में विभाजित किया जाता है। यह विभाजन पारंपरिक मिट्टी परीक्षण या किसानों की आँखों पर आधारित अनुमान से कई गुना अधिक वैज्ञानिक और सटीक होता है। कई बार खेत ऊपर से देखने पर समान दिखता है, परन्तु ड्रोन डेटा सूक्ष्म भिन्नताएँ उजागर कर देता है उदाहरण के लिए, कुछ क्षेत्रों की मिट्टी अधिक नमी रोक सकती है, जबकि कुछ स्थानों से पानी तेज़ी से निकल जाता है, जिससे पोषक अंतर पैदा होता है। मानचित्रण से किसान यह स्पष्ट रूप से देख पाते हैं कि उन्हें कहाँ अधिक उर्वरक की आवश्यकता है और कहाँ इसे कम करना चाहिए। इस प्रकार पोषण निर्णय वास्तविक क्षेत्रीय परिस्थितियों पर आधारित हो जाते हैं, न कि मान्यताओं पर।

प्रिस्क्रिप्शन मानचित्र निर्माण

जब खेत के पोषण क्षेत्रों का निर्धारण हो जाता है, तब अगला कदम होता है प्रिस्क्रिप्शन मानचित्र (चित्र 2) बनाना। यह मानचित्र खेत के हर भाग के लिए यह बताता है कि कहाँ कितना द्रव पोषक तत्व डालना है। इसका निर्माण केवल उड़ान यान की तस्वीरों पर निर्भर नहीं होता, बल्कि इसमें पिछले वर्षों का उत्पादन, मिट्टी का प्रकार, भौगोलिक ढलान, वर्षा पैटर्न तथा कुछ विशेष फसल चरणों की आवश्यकताओं को भी सम्मिलित किया जाता है।

इस विस्तृत वैज्ञानिक प्रक्रिया के कारण उर्वरक उपयोग अधिक सटीक होता है। प्रिस्क्रिप्शन मानचित्र से किसान को स्पष्ट निर्देश मिल जाते हैं, किस पट्टी में सामान्य मात्रा डालनी है, किस स्थान पर बढ़ानी है और कहाँ उर्वरक कम करना चाहिए। अनुसंधान पुष्टि करता है कि ऐसे मानचित्र नाइट्रोजन उपयोग-दक्षता बढ़ाकर पोषक अपव्यय को कम करते हैं।

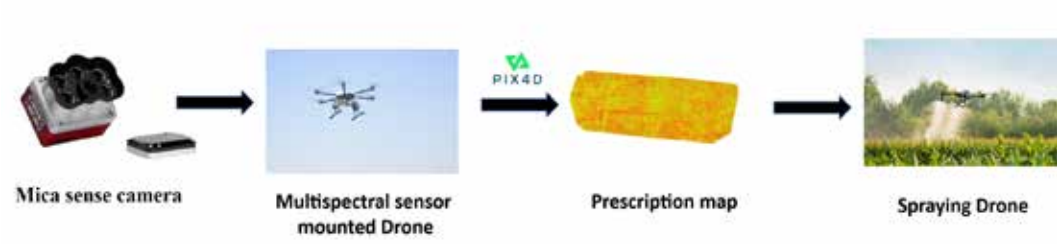


चित्र 2: पोषण विविधता क्षेत्रों का मानचित्रण

मानव रहित उड़ान यान द्वारा उर्वरक अनुप्रयोग

प्रिस्क्रिप्शन मानचित्र तैयार होने के बाद वास्तविक उर्वरक छिड़काव की प्रक्रिया शुरू होती है। मानव रहित उड़ान यान खेत के ऊपर निर्धारित मार्ग पर उड़ते हुए वास्तविक समय में उर्वरक प्रवाह को नियंत्रित करते

हैं। दबाव नियंत्रित नोज़ल और प्रवाह नियंत्रण प्रणालियाँ इस अनुप्रयोग को अत्यंत सटीक बनाती हैं। जैसे ही उड़ान यान किसी ऐसे क्षेत्र में प्रवेश करता है जहाँ अधिक पोषक तत्व चाहिए, यह प्रवाह बढ़ा देता है। कम आवश्यकता वाले क्षेत्र में पहुँचते ही प्रवाह कम हो जाता है (चित्र 3)।



चित्र 3: परिवर्तनीय दर पोषक तत्वों के अनुप्रयोग का प्रवाह

परिवर्तित दर तकनिक के लाभ:

- छिड़काव केवल ज़रूरत वाले स्थानों पर ही होता है,
- उर्वरक खर्च में उल्लेखनीय कमी आती है,
- फसल में समान वृद्धि होती है,
- और पर्यावरणीय प्रदूषण कम होता है।

निगरानी एवं सत्यापन

उर्वरक डालने के बाद निगरानी एक महत्वपूर्ण चरण है। मानव रहित उड़ान यान दोबारा खेत का स्कैन करते हैं और यह देखते हैं कि फसल ने पोषक तत्वों पर कैसी प्रतिक्रिया दी। यदि हरियाली सूचकांक में सुधार देखा जाता है, पत्तियों का रंग समान होता है और वृद्धि अधिक संतुलित दिखाई देती है, तो यह संकेत है कि अनुप्रयोग प्रभावी रहा। यदि कुछ क्षेत्रों में सुधार कम होता है, तो यह भविष्य के लिए सुधारात्मक रणनीति बनाने में मदद करता है। यह सतत निगरानी खेत प्रबंधन को एक बंद-चक्र प्रणाली बना देती है, जहाँ लगातार सीखते हुए पोषण रणनीतियों को बेहतर किया जाता है। इस प्रक्रिया से किसान हर मौसम में अधिक सटीक निर्णय ले पाते हैं और फसल उत्पादन को स्थिर बनाए रखते हैं।

चुनौतियाँ एवं सीमाएँ

मानव रहित उड़ान यान आधारित पोषण प्रबंधन की प्रमुख चुनौती ऊर्जा-क्षमता और भार वहन क्षमता है। भारी द्रव ले जाने से उड़ान समय घटता है एवं कई बार-बार बैटरी बदलनी पड़ती है। नियमों का पालन भी एक चुनौती है, क्योंकि कई देशों में उड़ान सीमा, पायलट प्रमाणन एवं सुरक्षा संबंधी प्रावधान कठोर हैं। मौसम भी प्रदर्शन को प्रभावित करता है, तेज़ हवा या वर्षा छिड़काव की दिशा और प्रवाह में बदलाव कर सकती है। इसके अतिरिक्त, प्रारंभिक लागत तथा तकनीकी ज्ञान की आवश्यकता छोटे किसानों के लिए बाधा बनती है। उच्च-स्तरीय सेंसरों और उड़ान यानों का मूल्य अभी भी अधिक है।

बुद्धिमान पोषण अनुप्रयोग का भविष्य

आने वाले समय में यह तकनीक अत्यधिक स्वचालित, समन्वित और बुद्धिमान रूप ले लेगी। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इंटरनेट ऑफ थिंग्स और समूह-आधारित उड़ान यान सामूहिक रूप से खेत की स्थिति का विश्लेषण, निदान और उपचार करने में सक्षम होंगे।

उच्च क्षमता वाले उड़ान यानों और उन्नत बैटरियों पर शोध तेज़ी से आगे बढ़ रहा है। साथ ही रीयल-टाइम पोषण पहचान सेंसर पौधों में नाइट्रोजन, फॉस्फोरस तथा पोटाश स्तर त्वरित रूप से मापने में सक्षम होंगे। कृषि धीरे-धीरे ऐसे युग में प्रवेश कर रही है जहाँ उड़ान यान स्वयं खेत की निगरानी, विश्लेषण, पोषण अनुप्रयोग तथा परिणाम मूल्यांकन कर सकेंगे, वह भी बिना मानव हस्तक्षेप।

निष्कर्ष

मानव रहित उड़ान यान आधारित परिवर्ती दर तकनीक दिखाती है कि पोषण प्रबंधन को किस प्रकार वैज्ञानिक, टिकाऊ और अत्यंत प्रभावी रूप दिया जा सकता है। समान उर्वरक वितरण के स्थान पर क्षेत्र-विशिष्ट पोषण से किसान अधिक उत्पादन, कम अपव्यय और बेहतर पर्यावरणीय परिणाम प्राप्त कर सकते हैं। यद्यपि विनियम, उड़ान समय, प्रारंभिक लागत और तकनीकी जटिलता जैसी चुनौतियाँ हैं, परन्तु तीव्र तकनीकी प्रगति इन अवरोधों को कम कर रही है। भविष्य जिसमें स्वायत्त उड़ान यान, बुद्धिमान विश्लेषण और उन्नत सेंसर शामिल होंगे, किसानों को अधिक आत्मविश्वास और नियंत्रण प्रदान करेगा। यह केवल तकनीक अपनाना नहीं, बल्कि अधिक टिकाऊ, सक्षम और लाभकारी कृषि की ओर कदम बढ़ाना है। आने वाली पीढ़ियों की खाद्य सुरक्षा को मजबूत करने में यह परिवर्तन महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।

सर्प विष का विरोधाभास: विष से उपचार तक

राहुल एम. श्रीवास्तव एवं चैतन्य सराठे
मौलाना आज़ाद नेशनल इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी, भोपाल

प्रस्तावना

भारत को **"दुनिया की सर्पदंश राजधानी"** के रूप में जाना जाता है, जो वैश्विक मृत्यु दर का एक बड़ा बोझ उठा रहा है। सर्प विषायन एक उपेक्षित उष्णकटिबंधीय बीमारी है जो मुख्य रूप से ग्रामीण गरीबों को प्रभावित करती है। भारत में अब तक 350 से अधिक प्रजातियां दर्ज की गई हैं, जिनमें से लगभग 60 ज़हरीली हैं और गंभीर लक्षणों को रोकने के लिए उपचार की आवश्यकता होती है।

जैसे-जैसे आणविक जीव विज्ञान और चिकित्सा के क्षेत्र में हमारा काम आगे बढ़ रहा है, सार्वजनिक स्वास्थ्य और वैज्ञानिक नवाचार के परिदृश्य में हमारे शोध के संदर्भ को व्यापक बनाना महत्वपूर्ण है। साँप का ज़हर प्रकृति के सबसे हड़ताली विरोधाभासों में से एक है: मारने के लिए विकसित एक जटिल रासायनिक मिश्रण, फिर भी एक ऐसी सटीक संरचना है जो जीवन बचाने की कुंजी रखती है (चित्र 1)।

चित्र 1: सर्पों की प्रजातियाँ

उपेक्षित महामारी: भारत में सर्पदंश

पुराने महामारी विज्ञान के आंकड़े बताते हैं कि दुनिया भर में सर्पदंश से होने वाली मौतों में से लगभग आधी भारत में होती हैं। यहाँ सालाना लगभग 40-30 लाख सर्पदंश की घटनाओं में से लगभग 58,000 मौतें

होती हैं, और लाखों लोग विच्छेदन , अंधापन या गुर्दे की विफलता जैसी स्थायी विकलांगता का शिकार होते हैं। यह संकट इस तथ्य से और बढ़ गया है कि सर्पदंश किसानों और मजदूरों के लिए एक व्यावसायिक खतरा है, जो आर्थिक रूप से सबसे कमजोर वर्ग को प्रभावित करता है। इन मौतों का मुख्य कारण "बिग फोर" (चार बड़े सांप) हैं, जिनमें शामिल हैं: स्पेक्टाकल्ड कोबरा *(Naja naja)*, कॉमन करैत *(Bungarus caeruleus)*, रसेल वाइपर *(Daboia russelii)*, सॉ-स्केल्ड वाइपर *(Echis carinatus)* हालांकि, केवल इसी वर्गीकरण पर निर्भर रहना समस्याग्रस्त होता जा रहा है। नैदानिक साक्ष्य उपेक्षित प्रजातियों की ओर इशारा करते हैं जैसे कि दक्षिण भारत में हंप-नोज़्ड पिट वाइपर और उत्तर-पूर्व में विभिन्न करैत प्रजातियां, जो गंभीर समस्या का कारण बनती हैं, फिर भी ये अक्सर मानक एंटीवेनम (प्रतिविष) के दायरे में नहीं आती हैं।

वर्तमान में रक्षा की प्राथमिक पंक्ति 'पॉलीवलेंट एंटीवेनम' है, जो एक ऐसी तकनीक बनी हुई है जो समय के साथ विकसित नहीं हुई है। घोड़ों को प्रतिरक्षित करके उत्पादित ये इम्युनोग्लोबुलिन जीवन रक्षक तो हैं लेकिन अपूर्ण हैं। ज़हर की संरचना में भिन्नता के कारण, यहाँ तक कि एक ही प्रजाति के बीच अलग-अलग भौगोलिक क्षेत्रों में, ये अक्सर क्षेत्रीय रूप से अप्रभावी होते हैं (चित्र 2)। इसके अलावा, इस थेरेपी में एनाफिलेक्सिस और सीरम सिकनेस जैसी गंभीर प्रतिकूल प्रतिक्रियाओं का जोखिम होता है। कोल्ड चेन (शीतलन श्रृंखला) की आवश्यकता उन दूरदराज के क्षेत्रों में इसकी पहुंच को और सीमित कर देती है जहाँ

चित्र 2: भारत में ग्रामीण और शहरी सर्पदंश के मामले

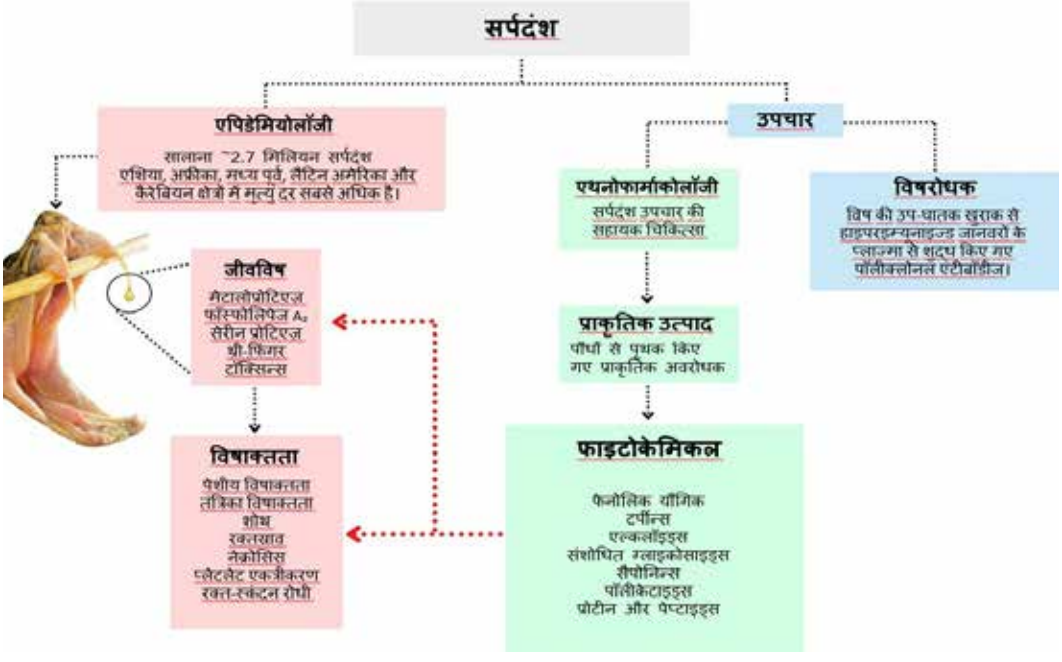
वास्तव में सर्पदंश की घटनाएं होती हैं। हम 21वीं सदी की जैविक समस्या से 19वीं सदी के प्रतिरक्षा उपकरणों के साथ लड़ रहे हैं; यह वास्तव में एक उपेक्षित महामारी है।

बदलाव: पौधों से जीवन

सहायक उपचारों की खोज हमें वापस नृवंश विज्ञान की ओर ले गई है। भारतीय वनस्पति प्राकृतिक अवरोधकों का एक भंडार प्रदान करती है। एंड्रोग्राफिस पैनिकुलाटा *(Andrographis paniculata)*, ड्रायोप्टेरिस कोचलीटा *(Dryopteris cochleate)*, विटेक्स नेगुंडो *(Vitex negundo)* और एरिस्टोलोचिया *(Aristolochia)* जैसे पौधों से ऐसे फाइटोकेमिकल्स को अलग किया है जो मेटालोप्रोटीनस और पीएलए2 जैसे विशिष्ट विष एंजाइमों को बेअसर करने में सक्षम हैं। ये अणु न केवल विषाक्त पदार्थों को नष्ट करते हैं, बल्कि वे ऊतक को कम करने के लिए एंटीऑक्सिडेंट और एंटी-इंफ्लेमेटरी मार्गों के माध्यम से काम करते हैं, जिसे एंटीवेनम अक्सर ठीक करने में विफल रहता है।

अमृत: विष से उपचार तक

विष पेप्टाइड्स एंजाइमी और गैर-एंजाइमी प्रोटीन का जटिल मिश्रण हैं—फॉस्फोलिपेसेस A2, मेटालोप्रोटीज़, सेरीन प्रोटीज़ और थ्री-फिंगर टॉक्सिन। ये लाखों वर्षों में शिकार को स्थिर करने और पाचन शुरू करने के लिए विकसित हुए हैं, जो उच्च आत्मीयता के साथ आयन चैनलों, रिसेप्टर्स और एंजाइमों जैसे विशिष्ट शारीरिक लक्ष्यों पर प्रहार करते हैं (चित्र 3)। इसके अलावा, कई विष पेप्टाइड्स डाइसल्फाइड-समृद्ध ढांचे द्वारा



चित्र 3: सर्पदंश का विवरण

स्थिर होते हैं, जो उन्हें रक्तप्रवाह में क्षरण का प्रतिरोध करने की अनुमति देते हैं। वे गुण जो सर्प विष को घातक बनाते हैं, वही इसे दवा के लिए एक असाधारण उम्मीदवार बनाते हैं।

उच्च शक्ति, उच्च लक्ष्य विशिष्टता और आणविक स्थिरता

हम पहले से ही विष-व्युत्पन्न चिकित्सा के युग में जी रहे हैं। सबसे प्रसिद्ध सफलता की कहानी कैप्टोप्रिल है, जो उच्च रक्तचाप के लिए पहला ऐस अवरोधक है, जो ब्राजीलियाई वाइपर बोथ्रोप्स जराराका के एक पेप्टाइड से बना है। आज लाखों हृदय रोगी एक ऐसे अणु के कारण जीवित हैं जिसका मूल उद्देश्य शिकार के रक्तचाप में भारी गिरावट लाना था। इसी तरह, टिरोफिबन और एप्टिफ़िबाटाइड जैसी एंटीथ्रॉम्बोटिक दवाएं (क्रमशः सॉ-स्केल्ड वाइपर और पिग्मी रैटलस्नेक से प्राप्त) अब तीव्र कोरोनरी सिंड्रोम के लिए मानक उपचार हैं।

भविष्य: हेमोडायनामिक से परे

भारत ने हाल ही में सर्पदंश विषायन की रोकथाम और नियंत्रण के लिए राष्ट्रीय कार्य योजना शुरू की है, जिसका महत्वाकांक्षी लक्ष्य 2030 तक सर्पदंश से होने वाली मौतों को आधा करना है। वर्तमान शोध का मुख्य लक्ष्य इन बायोएक्टिव अणुओं का उपयोग व्यापक अनुप्रयोगों के लिए करना है, जैसे कैंसर कोशिकाओं में एपोप्टोसिस (कोशिका मृत्यु) प्रेरक के रूप में **L-**अमीनो एसिड ऑक्सीडेज का उपयोग और एंटीबायोटिक प्रतिरोधी बैक्टीरिया के समाधान के रूप में रोगाणुरोधी पेप्टाइड्स की खोज करना। ऑटोइम्यून विकारों में, वैज्ञानिक पेप्टाइड्स के आयन चैनल मॉड्यूलेटरी प्रभावों की जांच कर रहे हैं जो कॉर्टिकोस्टेरॉइड्स के व्यापक इम्यूनोसप्रेशन के बिना सूजन की प्रक्रिया को सीमित कर सकते हैं।

आधुनिक बागवानी प्रबंधन में विज्ञान, प्रौद्योगिकी और नीतिगत पहलुओं की एकीकृत भूमिका

हार्दिक कुलश्रेष्ठ, मनीष कुमार, रमेश कुमार सहनी, सत्य प्रकाश कुमार, आदित्य राज एवं पूजा इंगले

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

बाग प्रबंधन, बागवानी विज्ञान की एक विशिष्ट शाखा है, जिसमें फलदार वृक्षों की योजना बनाना, स्थापना करना और टिकाऊ तरीके से उनका रखरखाव करना शामिल होता है। यह प्रक्रिया बाग लगाने से पहले भूमि चयन और योजनओं से शुरु होकर, उर्वरक प्रबंधन, छंटाई, सिंचाई, कीट नियंत्रण, फसल कटाई और नवीकरण जैसी गतिविधियों तक पूरी जीवनचक्र में फैली होती है। वर्तमान अनुसंधान :पर्यावरणीय स्थिरता पत्रिका (2022) के अनुसार, अच्छी तरह से प्रबंधित बाग, पारंपरिक तरीकों की तुलना में 35–50% अधिक उत्पादकता प्रदान कर सकते हैं। बाग प्रबंधन का उद्देश्य केवल उत्पादकता नहीं, बल्कि सतत विकास, संसाधन उपयोग की दक्षता, जैव विविधता का संरक्षण और जलवायु अनुकूलता भी है। बाग प्रबंधन की सफलता के लिए एक समग्र, वैज्ञानिक और क्षेत्रीय आवश्यकताओं के अनुरुप दृष्टिकोण अपनाना अत्यंत आवश्यक है। इसकी शुरुआत स्थल चयन से होती है, जो किसी भी बाग की नींव को निर्धारित करता है। ऐसा स्थान चुना जाना चाहिए जहाँ भरपूर धूप उपलब्ध हो, भूमि में हल्की ढलान हो, जल निकासी की सुविधा हो और पाले की संभावना न्यूनतम हो। स्थल की टोपोग्राफी न केवल जलभराव से बचाव में मदद करती है, बल्कि बेहतर वायु संचार सुनिश्चित करके पौधों में रोगों की संभावना को भी कम करती है। इसी प्रकार, मृदा चयन भी बाग की उत्पादकता में अहम भूमिका निभाता है। मिट्टी गहरी, उपजाऊ, जैविक तत्वों से समृद्ध और बलुई,दोमट प्रकृति की होनी चाहिए। इसका पी.एच स्तर 6.0 से 7.5 के बीच होना चाहिए ताकि पौधों की जड़ें अच्छे से विकसित हो सकें और पोषक तत्वों का उचित अवशोषण हो सके। जलवायु के अनुसार फलों की किस्मों का चयन करना भी आवश्यक है जैसे समशीतोष्ण जलवायु में सेब और नाशपाती बेहतर होते हैं, जबकि उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों के लिए आम, अमरुद और नींबूवर्गीय फल उपयुक्त माने जाते हैं। रोग, मुक्त प्रमाणित कलमें या ऊतक, संस्कृत पौध सामग्री का प्रयोग पौधों की दीर्घायु, मजबूती और उच्च उत्पादन को सुनिश्चित करता है। साथ ही, सिंचाई अवसंरचना का विकास, विशेष रूप से अर्ध,शुष्क और वर्षा,आधारित क्षेत्रों में, बागवानी की सफलता में निर्णायक होता है। ड्रिप और स्प्रिंकलर जैसी जल दक्ष तकनीकों से न केवल जल की बचत होती है, बल्कि पौधों को समरूप नमी भी प्राप्त होती है। बाग प्रबंधन की स्थिरता के लिए उच्च गुणवत्ता वाले इनपुट्स, जैसे उर्वरक, जैविक एजेंट, मल्चिंग सामग्री, कृषि यंत्र और श्रमिकों की उपलब्धता भी अत्यंत आवश्यक हैं। इसके अतिरिक्त, सरकारी योजनाएँ, प्रशिक्षण कार्यक्रम और बाजार तक पहुंच जैसे संस्थागत समर्थन तंत्र बागवानी को व्यावसायिक रुप से सफल बनाने में सहायक होते हैं। आधुनिक तकनीकों जैसे मृदा सेंसर, मौसम पूर्वानुमान

एप्लिकेशन और मोबाइल आधारित परामर्श सेवाओं को पारंपरिक कृषि ज्ञान के साथ एकीकृत करने से निर्णय लेने की क्षमता और जोखिम प्रबंधन में उल्लेखनीय सुधार आता है। इस प्रकार, बाग प्रबंधन की दीर्घकालिक सफलता एक सुविचारित, समन्वित और वैज्ञानिक दृष्टिकोण पर आधारित होती है।

बाग प्रबंधन में ध्यान देने योग्य प्रमुख मापदंड

सफल बाग प्रबंधन की कुंजी इस बात में निहित है कि किस हद तक उन विभिन्न मापदंडों की सतत निगरानी और समुचित समायोजन किया जाता है, जो वृक्षों के स्वास्थ्य, उत्पादन क्षमता और फलों की गुणवत्ता को प्रभावित करते हैं। सबसे पहले, पौधों की आपसी दूरी और बाग का लेआउट महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं क्योंकि ये धूप के प्रवेश, वायुसंचार और यांत्रिक गतिविधियों की सुगमता को निर्धारित करते हैं। बागों की रचना सामान्यतः वर्गाकार, आयताकार, षट्भुज या क्विंकुंक्स जैसी ज्यामितीय पद्धतियों पर आधारित होती है, जो स्थलाकृति और फसल की प्रकृति के अनुसार चुनी जाती हैं। उच्च घनत्व रोपण की स्थिति में, कैनोपी प्रबंधन अत्यावश्यक हो जाता है, जिसे मुख्य रूप से छंटाई और बौने रुटस्टॉक की सहायता से नियंत्रित किया जाता है। इसके अलावा, जलवायु अनुकूलता एक निर्णायक तत्व होती है, क्योंकि फलदार वृक्ष तापमान, वर्षा, आर्द्रता और ठंड की अवधि जैसे कारकों के प्रति संवेदनशील होते हैं। उदाहरणस्वरूप, सेब के पुष्पन हेतु 1000-1500 घंटे 7 °C से कम तापमान की आवश्यकता होती है, जबकि आम में अच्छे फल निर्धारण के लिए शुष्क मौसम उपयुक्त होता है। यदि फसल को उपयुक्त एग्रो-क्लाइमेटिक ज़ोन में उगाया जाए, तो उसके विकास और उपज में उल्लेखनीय सुधार होता है।

इसी प्रकार, मृदा स्वास्थ्य भी एक महत्वपूर्ण घटक है, जिसमें मृदा की बनावट, जैविक तत्वों की मात्रा, कैटायन एक्सचेंज क्षमता, पी.एच स्तर और सूक्ष्मजीव गतिविधि जैसे मानक शामिल होते हैं। ये तत्व पौधों की जड़ों की क्रियाशीलता और पोषण ग्रहण करने की क्षमता को प्रभावित करते हैं। मृदा में अत्यधिक सघनता या लवणता से बचाव आवश्यक है, जबकि जैविक खाद, कंपोस्ट और जैव उर्वरकों के उपयोग से मिट्टी की जलधारण क्षमता और सूक्ष्मजीव संतुलन में सुधार आता है। कीट और रोग प्रबंधन के लिए समन्वित रणनीतियाँ जैसे फेरोमोन ट्रैप, जैविक नियंत्रण एजेंटों और चयनात्मक कीटनाशकों का इस्तेमाल किया जाना चाहिए, जिससे पारिस्थितिक संतुलन बना रहे और पौधों की रोग प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि हो। बदलते पर्यावरण के कारण उभर रहे नए कीटों और रोगजनकों के प्रति सतर्कता भी आवश्यक है।

जल प्रबंधन की दृष्टि से रेगुलेटेड डेफिसिट इरिगेशन और ईटी आधारित सिंचाई शेड्यूलिंग जैसी तकनीकों के प्रयोग से जल उपयोग की दक्षता बढ़ाई जा सकती है। ड्रिप इरिगेशन प्रणाली 40-60% तक जल की बचत कर सकती है, साथ ही यह फर्टिगेशन यानी उर्वरकों की सिंचाई जल के माध्यम से आपूर्ति को भी संभव बनाती है। इसके अतिरिक्त, कैनोपी की संरचना और प्रकाश अवरोधन का प्रभाव फलों की गुणवत्ता और प्रकाश संश्लेषण की क्षमता पर पड़ता है। इसके लिए नियमित छंटाई और प्रशिक्षण आवश्यक होते हैं। बेहतर प्रकाश वितरण से फलों के रंग, स्वाद और रोग-प्रतिरोधकता में सुधार होता है। आज के प्रिसिजन बाग प्रबंधन में, प्रकाश अवरोधन मॉडल और लीफ एरिया इंडेक्स जैसे वैज्ञानिक टूल्स का प्रयोग सामान्य होता जा रहा है।

बाग प्रबंधन प्रणालियों के प्रमुख प्रकार

बाग प्रबंधन की प्रणालियाँ भौगोलिक, पारिस्थितिकीय और आर्थिक परिस्थितियों के अनुसार भिन्न होती हैं। जैसे-जैसे तकनीकी प्रगति हो रही है और सतत कृषि पर बल बढ़ रहा है, बागों की उत्पादकता, लचीलापन और पर्यावरणीय अनुकूलता बढ़ाने के लिए अनेक नवीन दृष्टिकोण सामने आए हैं। इन प्रणालियों को निम्नलिखित रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है:

उच्च घनत्व रोपण प्रणाली

इस पद्धति में बौने अथवा अर्ध-बौने फलदार वृक्षों को आपस में निकट दूरी पर रोपा जाता है। प्रति हेक्टेयर 500 से 5,000 तक पौधे लगाए जाते हैं, जो फसल की प्रकृति और प्रशिक्षण विधि पर निर्भर करता है। यह प्रणाली शीघ्र फलन, भूमि के प्रभावी उपयोग और आसान कटाई की सुविधा प्रदान करती है। उदाहरण के रूप में, सेब की उच्च घनत्व प्रणाली पारंपरिक प्रणाली की तुलना में 2 से 3 गुना अधिक उत्पादन देती है। इसमें सहारा देने की विधि, सूक्ष्म सिंचाई तथा वृद्धि नियंत्रक रसायनों का उपयोग आवश्यक होता है।

जैविक बाग प्रणाली

इस प्रणाली में रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों का उपयोग पूरी तरह निषिद्ध होता है। इसके स्थान पर गोबर की खाद, केंचुआ खाद, नीम तेल तथा सूक्ष्म जीवों से निर्मित कीट नियंत्रण विधियों का प्रयोग किया जाता है। इस प्रणाली की नींव मृदा स्वास्थ्य होती है, जिसे ढँकने वाली फसलों तथा जैविक मल्चिंग से बेहतर बनाया जाता है। जैविक प्रणाली से मृदा की उर्वरता में दीर्घकालिक सुधार होता है, यद्यपि प्रारंभिक वर्षों में उत्पादन कुछ कम हो सकता है। फिर भी, जैविक फल अधिक मूल्य प्राप्त करते हैं और स्वास्थ्य के प्रति जागरूक उपभोक्ताओं के बीच अत्यंत लोकप्रिय होते हैं।

वर्षा पर आधारित तथा शुष्क क्षेत्रीय प्रणाली

यह प्रणाली उन क्षेत्रों के लिए उपयुक्त होती है जहाँ जल की उपलब्धता सीमित होती है। इसमें वर्षा जल संग्रहण संरचनाओं, मल्चिंग, तथा सूखा सहनशील फसलों जैसे बेर, शरीफा अथवा इमली की खेती को प्राथमिकता दी जाती है। जल संरक्षण हेतु कटाव रेखा आधारित रोपण, अर्द्ध-चंद्राकार मेड़ तथा छतबंदी जैसी विधियाँ अपनाई जाती हैं। भारत में शुष्क भूमि पर आधारित बागवानी लगभग 40 प्रतिशत क्षेत्र को समाहित करती है और सीमांत कृषकों की आजीविका के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण है।

जलवायु अनुकूल बाग प्रणाली

यह एक नवीन अवधारणा है जिसमें ऐसी किस्मों का चयन किया जाता है जो बदलती जलवायु परिस्थितियों को सहन कर सकें। साथ ही, मौसम पर आधारित निर्णय प्रणाली, सूक्ष्म सिंचाई, तथा हरित आवरण बढ़ाने वाली विधियों को शामिल किया जाता है। परावर्तक मल्च, जल-समायोजित उर्वरक आपूर्ति प्रणाली तथा तापमान और नमी मापक यंत्रों का उपयोग बढ़ता जा रहा है। कृषि और खाद्य संगठन के अनुसार, यह प्रणाली जल उपयोग दक्षता को 60 प्रतिशत तक बढ़ा सकती है और कार्बन उत्सर्जन में 15 से 20 प्रतिशत तक कमी ला सकती है।

कृषि वानिकी एवं वृक्ष-बाग संयोजन प्रणाली

इस प्रणाली में फलदार वृक्षों को अन्य लकड़ी देने वाले वृक्षों, झाड़ियों अथवा पशुपालन के साथ समन्वित रूप से उगाया जाता है। इससे जैव विविधता, पवन अवरोध, तथा सूक्ष्म जलवायु संतुलन में सुधार होता है। यह प्रणाली विशेष रूप से पहाड़ी, जनजातीय एवं संसाधन सीमित क्षेत्रों में लोकप्रिय हो रही है, जहाँ भूमि का सतत उपयोग और पर्यावरण संरक्षण प्राथमिकता है।

डिजिटल एवं सटीक बाग प्रणाली

इस प्रणाली में यंत्रों और सूचनाओं पर आधारित प्रबंधन अपनाया जाता है, (चित्र 1) जिसमें उड़नयान, भौगोलिक मानचित्रण, मिट्टी की नमी मापने वाले यंत्र तथा उपग्रह चित्रों का उपयोग किया जाता है। इससे वास्तविक समय में निगरानी, इनपुट का समुचित प्रयोग तथा सटीक निर्णय संभव हो पाते हैं। यह प्रणाली विशेष रूप से बड़े व्यावसायिक बागों में लाभकारी सिद्ध होती है जहाँ एकरूपता, लागत नियंत्रण और उत्पादकता को विशेष महत्व दिया जाता है।

चित्र 1: डिजिटल एवं सटीक बाग प्रबंधन प्रणाली

बाग की स्थापना और रखरखाव हेतु कार्य योजना

एक दीर्घकालिक, उत्पादक और स्वस्थ बाग की स्थापना के लिए योजनाबद्ध और वैज्ञानिक दृष्टिकोण आवश्यक होता है। इसके अंतर्गत प्रत्येक चरण को सुनियोजित ढंग से क्रियान्वित किया जाना चाहिए ताकि वृक्षों की वृद्धि, शीघ्र फलधारण और उत्पादन की निरंतरता सुनिश्चित की जा सके। इस प्रक्रिया की शुरुआत स्थल के संपूर्ण मूल्यांकन से होती है, जिसमें जलवायु की अनुकूलता, भूमि की ढलान, मिट्टी की संरचना और पूर्व उपयोग की जानकारी एकत्र की जाती है। इसके बाद मृदा परीक्षण कराया जाता है, जिससे पी.एच स्तर, पोषक तत्वों की उपलब्धता, लवणता और बनावट का मूल्यांकन होता है। यह जानकारी जड़ों की वृद्धि और उर्वरक प्रबंधन की दृष्टि से अत्यंत आवश्यक होती है।स्थल चयन के उपरांत भूमि की तैयारी की जाती है। इसमें जुताई, समतलीकरण और चुनी गई रोपण व्यवस्था जैसे वर्गाकार, षट्भुज या अधिक घनत्व आधारित व्यवस्था के अनुसार खेत का स्वरूप तैयार किया जाता है। यदि भूमि में ढलान हो तो मृदा क्षरण को रोकने के लिए कटाव रेखा आधारित रोपण पद्धति को अपनाना चाहिए। इसी चरण में सिंचाई अवसंरचना की स्थापना की जाती है, विशेषकर सूक्ष्म फव्वारा प्रणाली या बूंद-बूंद सिंचाई प्रणाली, जिससे नवनिर्मित पौधों को आवश्यक नमी आसानी से प्राप्त हो सके। रोपण का सही समय वर्षा ऋतु के आरंभ या फसल के विश्राम काल में निर्धारित किया जाता है। गड्ढों की भराई के समय ऊपरी उपजाऊ मिट्टी के साथ कंपोस्ट, नीम खली या ट्राइकोडर्मा को मिलाना चाहिए ताकि पौधों को मृदा जनित रोगों से प्रारंभिक सुरक्षा मिल सके।

पौध चयन करते समय ऐसे पौधों को वरीयता दी जाती है जो रोग प्रतिरोधी, समरूप रूप से विकसित होने वाले और जल्दी फल देने की क्षमता वाले हों, जैसे कि कलमी अथवा ऊतकसंस्कृत पौधे। पोषण प्रबंधन

में जैविक घटकों जैसे वर्मीकंपोस्ट, गोबर की खाद तथा सूक्ष्म पोषक तत्वों वाले उर्वरकों का संयोजन उपयोग किया जाता है। यह पौधों की वृद्धि अवस्था तथा मृदा परीक्षण के आधार पर निर्धारित किया जाता है। रोपण के प्रारंभिक चरण से ही कैनोपी प्रबंधन, अर्थात पौधों की छंटाई और प्रशिक्षण आरंभ कर देना चाहिए ताकि प्रकाश का समुचित प्रवेश हो सके और भविष्य में यांत्रिक कार्य आसान हो सके। कीट और रोग प्रबंधन हेतु एकीकृत रणनीति अपनाना आवश्यक है। इसमें फेरोमोन आधारित फंदे, जैविक नियंत्रण एजेंट, नीम तेल और न्यूनतम रासायनिक दवाओं का संतुलित उपयोग किया जाता है। खरपतवारों की रोकथाम के लिए मल्चिंग अथवा शाकनाशी पट्टियों का उपयोग किया जाता है, जिससे मिट्टी की नमी और पोषक तत्व सुरक्षित रहते हैं।

एक महत्त्वपूर्ण परंतु अक्सर उपेक्षित पक्ष है अभिलेख संधारण। इसके अंतर्गत पौधों की वृद्धि, पुष्पन, फलधारण, कीट प्रकोप और उत्पादन से संबंधित सभी जानकारियाँ व्यवस्थित रूप से दर्ज की जाती हैं। इससे न केवल समय पर निर्णय लेने में सहायता मिलती है, बल्कि बजट निर्धारण और विपणन योजना बनाने में भी मदद मिलती है। आज के समय में मोबाइल आधारित अनुप्रयोग और खेत प्रबंधन सॉफ्टवेयर इस कार्य को और भी आसान बना रहे हैं। बाग के स्थापना के आठ से दस वर्षों के उपरांत उसकी उत्पादकता बनाए रखने के लिए टॉपवर्किंग, कैनोपी पतलीकरण तथा अतिरिक्त पोषण जैसे सुधारात्मक उपाय आवश्यक हो जाते हैं। साथ ही कटाई के पश्चात उपज की गुणवत्ता बनाए रखने हेतु संग्रहण गृह, शीत भंडारण और सुगम परिवहन व्यवस्था भी बाग की योजना में समाहित की जानी चाहिए ताकि उत्पाद को उचित मूल्य प्राप्त हो सके और किसान की आय में वृद्धि हो। बाग प्रबंधन के लिए विभिन्न यंत्र चित्र 2 में दिखाए गए है।

बगीचों में छंटाई करने वाली यंत्र

ट्रैक्टर द्वारा खींचा जाने वाला छिड़काव यंत्र

घास और जैविक पदार्थ को काटकर फैलाने की प्रक्रिया

यांत्रिक निराई के लिए अंतर-पंक्ति यंत्र

चित्र 2: बाग प्रबंधन के लिए विभिन्न यंत्र

वर्तमान शोध प्रवृत्तियों का रूपांतरित प्रस्तुतीकरण

वर्तमान समय में बाग प्रबंधन का क्षेत्र तीव्र गति से परिवर्तन के दौर से गुज़र रहा है, जहाँ वैज्ञानिक नवाचार, डिजिटल कृषि प्रौद्योगिकियाँ और बदलती जलवायु के अनुरूप समायोजन की आवश्यकता प्रमुख प्रेरक बन चुकी है। अब शोध का उद्देश्य केवल उत्पादन बढ़ाना नहीं रह गया है, बल्कि बागों को अधिक टिकाऊ, पर्यावरण-सम्मत और आर्थिक रूप से लाभकारी बनाना भी उतना ही आवश्यक माना जा रहा है। एक प्रमुख नवाचार है दूरसंवेदी तकनीकों का समावेश, जिसमें ड्रोन और उपग्रह चित्रों की सहायता से वृक्षों की छत्र-स्थिति, तनाव संकेतकों और संभावित उपज की वास्तविक समय में निगरानी की जा रही है। इससे समय पर हस्तक्षेप संभव होता है और संसाधनों का समुचित तथा सटीक उपयोग किया जा सकता है। फसल प्रजनन क्षेत्र में, वैज्ञानिक अब पारंपरिक विधियों के साथ-साथ अणु स्तरीय उपकरण जैसे क्रिस्पर का भी उपयोग कर रहे हैं, ताकि जलवायु सहिष्णु और रोग-रोधी किस्में विकसित की जा सकें। विशेषकर सूखा, ऊष्मा और लवणता जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों में भी फलन क्षमता को बनाए रखने वाली किस्मों की माँग में तीव्र वृद्धि हो रही है। साथ ही, रूटस्टॉक सुधार कार्यक्रमों का ध्यान अब बौनेपन, पोषण नियंत्रण और कीट प्रतिरोध जैसे विशेष गुणों के विकास पर केंद्रित है।

जैव-आधारित कीट नियंत्रण की दिशा में भी महत्त्वपूर्ण परिवर्तन देखने को मिल रहे हैं। कीट रोगकारक फफूँद, वनस्पति तेल और फेरोमोन जैसे उपायों के प्रयोग से रासायनिक कीटनाशकों पर निर्भरता घट रही है और एक पर्यावरण-अनुकूल जैविक कृषि प्रणाली को बल मिल रहा है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता और पूर्वानुमान मॉडलिंग की सहायता से एकीकृत कीट प्रबंधन को अधिक सटीक और स्थान विशेष के अनुरूप बनाया जा रहा है, जिससे कीटों के जीवनचक्र, मौसम और फसल की अवस्था के अनुसार निर्णय लिए जा सकें। बागों में स्वचालन की दिशा में भी उल्लेखनीय प्रगति हो रही है। «चीजों की अंतरजाल प्रणाली» अर्थात सेंसर आधारित तंत्र अब मृदा में नमी, वातावरण का तापमान, पत्तियों की नमी और पौधों में रस प्रवाह तक का आंकलन कर रहे हैं। ये सूचनाएँ अब बादल आधारित मंचों पर संकलित होकर, सिंचाई, पोषण और छिड़काव जैसे कार्यों में त्वरित और सटीक मार्गदर्शन प्रदान कर रही हैं। जल की दक्षता को बढ़ाना अभी भी अनुसंधान की प्राथमिकताओं में बना हुआ है। फर्टिगेशन, मिट्टी की सतह के नीचे प्रवाहित सिंचाई और नियंत्रित जल-अभाव सिंचाई जैसी विधियों को विभिन्न फलों की फसलों के अनुसार ढाला जा रहा है। इससे जल और उर्वरकों की खपत में आधे तक की कमी की संभावना बनती है, वह भी उत्पादन को प्रभावित किए बिना। विशेष रूप से जल-संकटग्रस्त क्षेत्रों में मिट्टी की नमी की गणना करने वाले मॉडल और सिंचाई अनुसूची नियोजन उपकरणों पर गहन शोध किया जा रहा है। अंततः, बागवानी में अब पर्यावरणीय प्रभाव को मापने के लिए कार्बन उत्सर्जन विश्लेषण और जीवन-चक्र मूल्यांकन जैसे उपायों को भी शामिल किया जा रहा है। हाल के अध्ययनों से यह ज्ञात हुआ है कि एक परिपक्व फल बाग प्रति हेक्टेयर प्रति वर्ष लगभग 6 से 8 टन कार्बन डाइऑक्साइड को अवशोषित कर सकता है, जो जलवायु परिवर्तन के निवारण में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

भविष्य की संभावनाएँ: बाग प्रबंधन में संभावित परिवर्तन की दिशा

बाग प्रबंधन वर्तमान समय में ऐसे महत्वपूर्ण मोड़ पर है, जहाँ इसे जलवायु परिवर्तन, बढ़ती जनसंख्या, श्रम की उपलब्धता में कमी और सतत विकास की बढ़ती आवश्यकताओं जैसे अनेक जटिल संकटों

का सामना करना पड़ रहा है। इस परिप्रेक्ष्य में परंपरागत और संसाधन-आधारित गहन प्रणालियों के स्थान पर अब अधिक स्मार्ट, दक्ष और अनुकूलनशील प्रणालियाँ विकसित की जा रही हैं। इन्हीं में से एक प्रमुख और आकर्षक अवधारणा है सुनियोजित बागवानी, जिसमें मृदा सेंसर, मौसम केंद्र, ड्रोन और उपग्रह चित्रों से प्राप्त आंकड़ों को परस्पर जोड़ने हेतु चीजों की अंतरजाल प्रणाली का उपयोग किया जा रहा है। यह तकनीक मृदा में नमी की मात्रा, पोषक तत्वों का स्तर, कीट गतिविधियाँ और पौधों के स्वास्थ्य की सटीक निगरानी संभव बनाती है, जिससे कम संसाधनों में अधिक उत्पादन प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार के आंकड़ा-आधारित मॉडल भविष्य की सटीक बागवानी प्रणाली की नींव रखेंगे।

शहरी और उपशहरी क्षेत्रों में सीमित स्थान और खाद्य सुरक्षा की चुनौतियों को ध्यान में रखते हुए वर्टिकल बागवानी और छत पर फल उत्पादन जैसे नवाचार उभर रहे हैं। इन प्रणालियों में हल्के संरचनात्मक पदार्थों, पुनःचक्रित जल और मृदाहीन खेती तकनीकों जैसे हाइड्रोपोनिक और कंटेनर आधारित विधियों का प्रयोग किया जा रहा है, जो शहरी कृषि को नई दिशा दे रहे हैं। इसके साथ ही, व्यापारिक दृष्टिकोण से देखा जाए तो आपूर्ति श्रृंखला में पारदर्शिता लाने के लिए ब्लॉकचेन तकनीक का प्रयोग एक नई क्रांति के रूप में सामने आया है। इसके माध्यम से उपभोक्ता फल के उत्पादन स्थल, भंडारण प्रक्रिया और ताजगी की वास्तविकता की पुष्टि कर सकते हैं, जिससे छोटे और मध्यम बागवान भी वैश्विक निर्यात मानकों को पूरा कर सकें और अच्छे बाज़ार तक पहुँच बना सकें।

बाग संचालन में श्रमिकों की घटती संख्या की चुनौती से निपटने के लिए मशीनीकरण और स्वचालन का प्रयोग बढ़ रहा है। आधुनिक मशीनें जैसे कि छंटाई, छिड़काव और फलों की तुड़ाई के लिए स्वचालित रोबोट, विशेष रुप से जापान, इज़रायल और अमेरिका जैसे देशों में विकसित किए गए हैं, जो कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन दृष्टि की सहायता से फलों की परिपक्वता का अनुमान लगाकर उन्हें दक्षतापूर्वक एकत्र करते हैं। आगे की प्रणालियों में पर्यावरणीय उत्तरदायित्व भी प्रमुख भूमिका निभाएगा। बहुप्रजातीय झाड़ियाँ, देशी आवरण फसलें और परागणकर्ताओं के अनुकूल पारिस्थितिक तंत्र न केवल जैव विविधता को बढ़ावा देंगे, बल्कि बागों को जलवायु के प्रतिकूल प्रभावों के प्रति अधिक लचीला भी बनाएँगे। साथ ही, कार्बन क्रेडिट और पर्यावरणीय पहचान चिह्न जैसे उपाय किसानों को अतिरिक्त आय का स्रोत भी प्रदान कर सकते हैं। नीति निर्माण के स्तर पर सरकारें और संस्थाएँ अब समन्वित बाग मॉडल को प्राथमिकता देने लगी हैं। इसके अंतर्गत सूक्ष्म सिंचाई प्रणाली पर वित्तीय सहायता, फसल बीमा योजनाएँ और कृषक प्रशिक्षण कार्यक्रमों के माध्यम से व्यापक समर्थन दिया जा रहा है। इसके अतिरिक्त, शैक्षणिक संस्थान भी अपने पाठ्यक्रमों में डिजिटल कृषि और आधुनिक बाग प्रबंधन को सम्मिलित कर रहे हैं, जिससे भावी पीढ़ियाँ कृषि क्षेत्र की जटिलताओं का समाधान वैज्ञानिक दृष्टिकोण से कर सकें।

बाग प्रबंधन एक बहुआयामी प्रक्रिया है, जो केवल वृक्षारोपण तक सीमित न होकर विज्ञान, पर्यावरण, अर्थशास्त्र और सामाजिक घटकों के बीच संतुलन स्थापित करने की जटिलता को दर्शाती है। पारंपरिक विधियाँ जैसे मल्चिंग और अंतरवर्ती फसलें, जब प्रेसिजन सिंचाई तथा वास्तविक समय की निगरानी जैसी आधुनिक तकनीकों के साथ संयोजित होती हैं, तो परिणाम अत्यंत प्रभावी होते हैं। उदाहरणस्वरूप, महाराष्ट्र और पंजाब के कई किसानों ने यह सिद्ध किया है कि जैव उर्वरकों तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित

सिंचाई मॉडलों के माध्यम से उत्पादन लागत में लगभग तीस प्रतिशत की कमी और उपज में बीस प्रतिशत से अधिक की वृद्धि संभव है। जलवायु और बाजार की अनिश्चितताओं से निपटने के लिए अनुकूलनशील प्रबंधन आवश्यक बन गया है, जिसमें कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित निर्णय सहायक प्रणाली और उन्नत मौसम पूर्वानुमान तकनीकें किसानों को डेटा आधारित और त्वरित निर्णय लेने में सहायता प्रदान कर रही हैं। साथ ही, वायु अवरोधक पौधे, जैव विविधता खंड और प्राकृतिक शत्रुओं के आवास जैसे एग्रो-ईकोलॉजिकल उपाय बागों में पारिस्थितिक संतुलन बढ़ाते हैं और परागण, मृदा पुनर्जनन एवं जैविक नियंत्रण जैसी सेवाओं को सशक्त बनाते हैं। विस्तार सेवाएँ, मोबाइल सलाह ऐप्स और किसान विद्यालय पोषण प्रबंधन, रोग नियंत्रण और फसल कटाई से संबंधित वैज्ञानिक अभ्यासों को किसानों तक पहुँचाने में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। रोग निदान और प्रारंभिक चेतावनी आधारित रणनीतियों के माध्यम से पारंपरिक प्रतिक्रियात्मक प्रबंधन की अपेक्षा अब रोकथाम आधारित बाग देखभाल को प्राथमिकता दी जा रही है, जो समग्र स्थिरता और गुणवत्ता को बेहतर बनाता है। सरकार की बागवानी के एकीकृत विकास के लिए चल रही योजनाएँ, जैसे मिशन फॉर इंटीग्रेटेड डेवलपमेंट ऑफ हॉर्टिकल्चर तथा खाद्य और कृषि संगठन (एफएओ) के सहयोग से संचालित जलवायुलचीले कृषि कार्यक्रम, किसानों को इनपुट, ऋण, बीमा तथा कटाई के बाद की सुविधाओं तक सुलभ पहुँच प्रदान कर रहे हैं। इसके साथ ही, कृषि स्टार्टअप्स और डिजिटल मंच आपूर्ति श्रृंखला, उत्पाद पहचान और विपणन को अधिक प्रभावी और पारदर्शी बनाकर आधुनिक, समावेशी और टिकाऊ बाग प्रणालियों की दिशा में अग्रसर हो रहे हैं।

निष्कर्ष

बाग प्रबंधन अब केवल एक तकनीकी अभ्यास न रहकर सतत और समावेशी बागवानी का प्रमुख आधार बन गया है, जो न केवल पोषण सुरक्षा सुनिश्चित करता है, बल्कि पर्यावरणीय संरक्षण और ग्रामीण समुदायों के आर्थिक सशक्तिकरण में भी अहम भूमिका निभाता है। जलवायु परिवर्तन, जल की घटती उपलब्धता और भूमि की गुणवत्ता में गिरावट जैसी पर्यावरणीय चुनौतियों के बीच, आधुनिक क्लाइमेट स्मार्ट तकनीकों, जैसे स्वचालित सिंचाई प्रणाली, ड्रोन आधारित निगरानी, उन्नत पोषण प्रबंधन और ब्लॉकचेन पर आधारित ट्रैसेबिलिटी ने बाग प्रबंधन को एक नई दिशा और दक्षता प्रदान की है। इसके साथ ही, यह आवश्यक होता जा रहा है कि बागवानी विकास में सभी वर्गों की सहभागिता सुनिश्चित की जाए, विशेषकर महिला कृषकों, युवाओं और आदिवासी समुदायों को लक्षित प्रशिक्षण, आर्थिक संसाधन और उद्यमशील अवसर देकर उन्हें मुख्यधारा से जोड़ा जाए। इसके अतिरिक्त, कृषि पर्यटन, खेत स्तर पर प्रसंस्करण इकाइयों की स्थापना और सीधे उपभोक्ताओं को विक्रय जैसी मूल्यवर्धन गतिविधियाँ अब नए आय सृजन के रूप में उभर रही हैं, जो बाग प्रबंधन को एक न्यायसंगत, लाभकारी और पर्यावरणीय रूप से स्थायी प्रणाली में परिवर्तित करने की संभावनाओं को सशक्त करती हैं।

स्वास्थ्य एवं दीर्घायु जीवन के लिए भोजन: विज्ञान, नवाचार और सुलभ पोषण का संगम

निधि जोशी[1] एवं रीता सिंह रघुवंशी[2]

[1]कृषि विज्ञान केंद्र, भा.कृ.अनु.प.-केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

[2]खाद्य विज्ञान एवं पोषण विभाग, सामुदायिक विज्ञान महाविद्यालय, गोविंद बल्लभ पंत कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, पंतनगर, उत्तराखंड

प्रस्तावना

आज का मानव समाज एक अनोखे विरोधाभास से जूझ रहा है—एक ओर तकनीकी प्रगति और खाद्य प्रचुरता, तो दूसरी ओर कुपोषण, मोटापा, मधुमेह, हृदय रोग और मानसिक तनाव जैसी समस्याओं में निरंतर वृद्धि। आधुनिक विज्ञान अब यह स्पष्ट कर चुका है कि भोजन केवल ऊर्जा या स्वाद का विषय नहीं है, बल्कि यह शरीर की कोशिकाओं, हार्मोन, जीन अभिव्यक्ति और प्रतिरक्षा प्रणाली को प्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करता है। इसी संदर्भ में "स्वास्थ्य और दीर्घायु जीवन के लिए भोजन" की अवधारणा उभरकर सामने आई है, जो पोषण को निवारक चिकित्सा और स्वस्थ जीवनशैली का मूल आधार मानती है।

किफायती पोषण: जब स्वस्थ भोजन विलासिता न रहकर अधिकार बने

किफायती पोषण का अर्थ है संतुलित और पौष्टिक आहार जो समाज के हर वर्ग—विशेषकर निम्न और मध्यम आय वर्ग—की आर्थिक पहुँच में हो और शरीर की आवश्यक पोषण ज़रूरतों को पूरा कर सके। आज विश्व के अनेक देशों में खाद्य उपलब्धता बढ़ी है, फिर भी कुपोषण, एनीमिया, बच्चों में अवरुद्ध वृद्धि और सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी व्यापक रूप से देखी जाती है। इसका मुख्य कारण यह है कि भोजन तो उपलब्ध है, लेकिन पोषण संतुलित नहीं है। ऐसे में "सभी के लिए किफायती पोषण" एक सामाजिक, आर्थिक और स्वास्थ्य से जुड़ी अनिवार्यता बन चुका है। वैज्ञानिक अध्ययनों से स्पष्ट होता है कि कुपोषण केवल कैलोरी की कमी नहीं, बल्कि आयरन, जिंक, विटामिन-ए, फोलेट, विटामिन-डी और प्रोटीन जैसे आवश्यक पोषक तत्वों की कमी का परिणाम है, जिसे "हिडन हंगर" कहा जाता है। संयुक्त राष्ट्र के खाद्य एवं कृषि संगठन और विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार, दुनिया की लगभग दो अरब आबादी सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी से प्रभावित है। यह स्थिति विशेष रूप से महिलाओं, बच्चों और बुज़ुर्गों में अधिक गंभीर होती है।

किफायती पोषण सुनिश्चित करने के लिए खाद्य फोर्टिफिकेशन एक प्रभावी और वैज्ञानिक रूप से सिद्ध रणनीति है। आयोडीन युक्त नमक, आयरन व फोलिक एसिड से युक्त आटा, विटामिन-डी युक्त खाद्य तेल और बहु-सूक्ष्म पोषक तत्वों से समृद्ध चावल जैसे उत्पाद बिना आहार की आदत बदले पोषण स्तर में सुधार लाते हैं। शोध बताते हैं कि फोर्टिफाइड खाद्य पदार्थों का नियमित सेवन एनीमिया, शारीरिक कमजोरी और संक्रमण के जोखिम को उल्लेखनीय रूप से कम करता है। सस्ती और स्थानीय प्रोटीन स्रोतों की भूमिका भी किफायती पोषण में अत्यंत महत्वपूर्ण है। दालें, चना, सोयाबीन, मूँगफली, दूध, दही और मोटे अनाज जैसे

खाद्य पदार्थ कम लागत में उच्च गुणवत्ता वाला प्रोटीन प्रदान करते हैं। प्रोटीन शरीर की मांसपेशियों, प्रतिरक्षा प्रणाली और बच्चों के शारीरिक विकास के लिए अनिवार्य है। वैज्ञानिक दृष्टि से प्रतिदिन शरीर के प्रति किलो-ग्राम भार के अनुसार पर्याप्त प्रोटीन का सेवन आवश्यक माना जाता है, जिसे स्थानीय खाद्य पदार्थों से आसानी से पूरा किया जा सकता है।

मोटे अनाज (मिलेट्स) जैसे ज्वार, बाजरा, रागी और कोदो न केवल सस्ते हैं, बल्कि फाइबर, आयरन, कैल्शियम और एंटीऑक्सिडेंट्स से भी भरपूर होते हैं। शोध यह दर्शाते हैं कि मोटे अनाज आधारित आहार मधुमेह, मोटापा और हृदय रोग के जोखिम को कम करने में सहायक होता है। इसी कारण मोटे अनाजों को किफायती और टिकाऊ पोषण का आधार माना जा रहा है।

किफायती पोषण का एक अन्य महत्वपूर्ण पहलू है पोषण शिक्षा और जागरुकता। सीमित संसाधनों के बावजूद सही खाद्य संयोजन—जैसे दाल-चावल, रोटी-सब्ज़ी-दही या अनाज-दलहन-सब्ज़ी का संतुलन—से पर्याप्त पोषण प्राप्त किया जा सकता है। वैज्ञानिक रूप से संतुलित थाली की अवधारणा लोगों को कम लागत में बेहतर आहार अपनाने के लिए प्रेरित करती है। सरकारी योजनाएँ, सार्वजनिक वितरण प्रणाली, मध्याह्न भोजन और आंगनवाड़ी सेवाएँ भी किफायती पोषण को सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। जब इन योजनाओं को पोषण-संवेदनशील बनाया जाता है, तो यह लाखों लोगों तक आवश्यक पोषक तत्व पहुँचाने में सहायक होती हैं। "वैल्यू वेलनेस" की अवधारणा इसी वैज्ञानिक सोच पर आधारित है, जिसमें पोषण को प्रीमियम उत्पादों तक सीमित न रखकर आम जनजीवन का हिस्सा बनाया जाए।

अंततः, सभी के लिए किफायती पोषण केवल स्वास्थ्य का मुद्दा नहीं, बल्कि सामाजिक न्याय और मानव विकास से भी जुड़ा हुआ विषय है। जब हर व्यक्ति को उसकी आर्थिक स्थिति की परवाह किए बिना पौष्टिक भोजन उपलब्ध होता है, तभी एक स्वस्थ, उत्पादक और सशक्त समाज का निर्माण संभव हो पाता है।

संज्ञानात्मक स्वास्थ्य: मस्तिष्क के लिए पोषण

संज्ञानात्मक स्वास्थ्य का अर्थ है मस्तिष्क की वह क्षमता जिससे व्यक्ति सोचने, समझने, सीखने, स्मरण करने, निर्णय लेने और भावनाओं को नियंत्रित करने में सक्षम होता है। आधुनिक जीवनशैली में बढ़ता मानसिक तनाव, नींद की कमी, असंतुलित आहार और डिजिटल थकान मस्तिष्क स्वास्थ्य को नकारात्मक रूप से प्रभावित कर रहे हैं। वैज्ञानिक शोध यह स्पष्ट रूप से दर्शाते हैं कि उचित और संतुलित पोषण संज्ञानात्मक स्वास्थ्य को बनाए रखने और उम्र के साथ होने वाली मानसिक क्षमताओं की गिरावट को धीमा करने में अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

मानव मस्तिष्क शरीर के कुल भार का केवल लगभग 2 प्रतिशत होता है, किंतु यह शरीर की कुल ऊर्जा का लगभग 20 प्रतिशत उपयोग करता है। इससे यह स्पष्ट होता है कि मस्तिष्क को निरंतर और गुणवत्ता-पूर्ण पोषण की आवश्यकता होती है। मस्तिष्क की कोशिकाएँ, जिन्हें न्यूरॉन कहा जाता है, सही ढंग से कार्य करने के लिए ग्लूकोज़, फैटी एसिड, अमीनो एसिड, विटामिन और खनिजों पर निर्भर रहती हैं। यदि आहार में इन पोषक तत्वों की कमी हो जाए, तो एकाग्रता में कमी, याददाश्त कमजोर होना, चिड़चिड़ापन और थकान जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं।

ओमेगा3- फैटी एसिड, विशेष रुप से डोकोसाहेक्सैनोइक एसिड (डीएचए), मस्तिष्क कोशिकाओं की झिल्ली का प्रमुख घटक है। यह तंत्रिका संचार को बेहतर बनाता है और स्मरण शक्ति व सीखने की क्षमता को बढ़ाने में सहायक होता है। शोध बताते हैं कि ओमेगा3- युक्त आहार लेने वाले लोगों में अवसाद, चिंता और उम्र से संबंधित संज्ञानात्मक गिरावट का जोखिम कम पाया गया है। मछली, अलसी के बीज, अखरोट और सरसों का तेल डीएचए के अच्छे स्रोत हैं। बी-विटामिन समूह (विशेषकर विटामिन बी6, बी9 और बी12) मस्तिष्क में न्यूरोट्रांसमीटर के निर्माण और होमोसिस्टीन नामक अमीनो एसिड के स्तर को नियंत्रित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। होमोसिस्टीन का उच्च स्तर अल्ज़ाइमर और अन्य न्यूरोडीजेनेरेटिव रोगों से जुड़ा माना जाता है। हरी पत्तेदार सब्ज़ियाँ, साबुत अनाज, दालें, दूध और अंडे बी-विटामिन्स के प्रमुख स्रोत हैं।

एंटीऑक्सिडेंट्स और पॉलीफेनॉल्स मस्तिष्क कोशिकाओं को ऑक्सीडेटिव स्ट्रेस से बचाते हैं, जो उम्र बढ़ने और मानसिक रोगों का एक प्रमुख कारण है। फल-सब्ज़ियों में पाए जाने वाले विटामिन सी, विटामिन-ई, फ्लेवोनॉयड्स और कैरोटीनॉइड्स मस्तिष्क में सूजन को कम कर संज्ञानात्मक कार्यक्षमता को बनाए रखते हैं। जामुन, आंवला, अंगूर, चाय, कोको और हल्दी जैसे खाद्य पदार्थ इस दृष्टि से अत्यंत लाभकारी हैं। हाल के अध्ययनों से यह भी स्पष्ट हुआ है कि आंत स्वास्थ्य और मस्तिष्क स्वास्थ्य आपस में गहराई से जुड़े हुए हैं, जिसे "गट-ब्रेन एक्सिस" कहा जाता है। आंत में मौजूद लाभकारी सूक्ष्मजीव सेरोटोनिन जैसे न्यूरोट्रांसमीटर के निर्माण में मदद करते हैं, जो मनोदशा, नींद और एकाग्रता को प्रभावित करते हैं। फाइबर-समृद्ध आहार, प्रोबायोटिक और प्रीबायोटिक खाद्य पदार्थ आंत के स्वास्थ्य को सुधारकर अप्रत्यक्ष रूप से संज्ञानात्मक स्वास्थ्य को भी सुदृढ़ करते हैं। साथ ही, नियमित भोजन, पर्याप्त जल सेवन और संतुलित ऊर्जा आपूर्ति मस्तिष्क के लिए आवश्यक है। लंबे समय तक उपवास, अत्यधिक प्रसंस्कृत भोजन और अधिक शर्करा का सेवन मस्तिष्क की कार्यक्षमता को प्रभावित कर सकता है। इसके विपरीत, संतुलित आहार, पर्याप्त प्रोटीन, स्वस्थ वसा और जटिल कार्बोहाइड्रेट मस्तिष्क को स्थिर ऊर्जा प्रदान करते हैं। आज उपभोक्ता केवल स्मृति सुधार नहीं, बल्कि मानसिक ऊर्जा, बेहतर नींद और तनाव प्रबंधन को भी संज्ञानात्मक स्वास्थ्य का हिस्सा मानने लगे हैं। डिजिटल हेल्थ प्लेटफॉर्म और डेटा-आधारित टूल्स प्रारंभिक स्तर पर व्यक्तिगत मानसिक स्वास्थ्य सलाह प्रदान कर रहे हैं, जिससे समय रहते सही आहार और जीवनशैली अपनाना संभव हो रहा है।

यह कहा जा सकता है कि संज्ञानात्मक स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए पोषण एक बुनियादी स्तंभ है। सही आहार न केवल मानसिक क्षमताओं को बेहतर बनाता है, बल्कि तनाव को कम करता है, नींद की गुणवत्ता सुधारता है और उम्र के साथ होने वाली मानसिक गिरावट को भी धीमा करता है। इसलिए, "स्वस्थ मस्तिष्क के लिए संतुलित पोषण" को जीवनशैली का अभिन्न हिस्सा बनाना अत्यंत आवश्यक है।

लिंग-आधारित स्वास्थ्य: समान शरीर नहीं, समान पोषण भी नहीं

लिंग-आधारित स्वास्थ्य का तात्पर्य यह समझने से है कि पुरुष और महिला शरीर की जैविक संरचना, हार्मोनल संतुलन और जीवन-चरण अलग-अलग होते हैं, इसलिए उनकी पोषण आवश्यकताएँ भी समान नहीं हो सकतीं। लंबे समय तक पोषण और स्वास्थ्य अनुसंधान में पुरुष शरीर को मानक माना गया, जिसके कारण महिलाओं के स्वास्थ्य से जुड़े कई मुद्दे उपेक्षित रह गए। अब आधुनिक विज्ञान यह स्पष्ट रूप से स्वीकार करता है कि सही और लक्षित पोषण लिंग-आधारित स्वास्थ्य अंतर को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

महिलाओं के स्वास्थ्य में पोषण की भूमिका अत्यंत निर्णायक होती है, क्योंकि उनके जीवन में किशोरावस्था, गर्भावस्था, स्तनपान और रजोनिवृत्ति जैसे विशिष्ट चरण आते हैं। महिलाओं में आयरन की आवश्यकता मासिक धर्म के कारण अधिक होती है और इसकी कमी से एनीमिया, थकान, कार्यक्षमता में कमी और गर्भावस्था संबंधी जटिलताएँ उत्पन्न हो सकती हैं। फोलेट गर्भस्थ शिशु के तंत्रिका तंत्र के विकास के लिए आवश्यक है, जबकि कैल्शियम और विटामिन-डी हड्डियों के स्वास्थ्य और मेनोपॉज़ के बाद ऑस्टियोपोरोसिस की रोकथाम में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसके अतिरिक्त, ओमेगा3- फैटी एसिड और एंटीऑक्सिडेंट्स हार्मोन संतुलन और मानसिक स्वास्थ्य को बेहतर बनाए रखने में सहायक होते हैं।

पुरुषों के स्वास्थ्य में पोषण का मुख्य केंद्र मांसपेशियों की मजबूती, हृदय स्वास्थ्य, चयापचय संतुलन और हार्मोनल स्वास्थ्य पर होता है। प्रोटीन पुरुषों में मांसपेशी निर्माण और संरक्षण के लिए आवश्यक है, जबकि जिंक और मैग्नीशियम टेस्टोस्टेरोन संतुलन और प्रजनन स्वास्थ्य से जुड़े हैं। ओमेगा3- फैटी एसिड और फाइबर हृदय रोगों के जोखिम को कम करने में सहायक माने जाते हैं। शोध बताते हैं कि असंतुलित आहार और अधिक प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थों का सेवन पुरुषों में मोटापा, उच्च रक्तचाप और मधुमेह के जोखिम को बढ़ाता है।

लिंग-आधारित पोषण केवल पुरुष और महिला तक सीमित नहीं है, बल्कि जीवन-चरण आधारित आवश्यकताओं को भी ध्यान में रखता है। किशोरावस्था में पर्याप्त प्रोटीन, आयरन और कैल्शियम शारीरिक वृद्धि और हार्मोनल विकास के लिए आवश्यक होते हैं, जबकि वृद्धावस्था में विटामिन- बी12, विटामिन-डी और एंटीऑक्सिडेंट्स संज्ञानात्मक स्वास्थ्य, प्रतिरक्षा और हड्डियों की मजबूती के लिए महत्वपूर्ण हो जाते हैं। वैज्ञानिक दृष्टि से देखा जाए तो एक ही आहार सभी के लिए समान रूप से उपयुक्त नहीं हो सकता।

आज पोषण विज्ञान "वन-साइज़-फिट्स-ऑल" दृष्टिकोण से आगे बढ़कर जेंडर-स्पेसिफिक और पर्सनलाइज़्ड न्यूट्रिशन की ओर अग्रसर हो रहा है। हार्मोनल प्रोफाइल, जीवनशैली और स्वास्थ्य जोखिमों के आधार पर तैयार की गई पोषण रणनीतियाँ न केवल रोगों की रोकथाम में सहायक होती हैं, बल्कि जीवन की गुणवत्ता और दीर्घायु को भी बढ़ाती हैं।

लिंग-आधारित स्वास्थ्य में पोषण की भूमिका केवल जैविक अंतर को स्वीकार करने तक सीमित नहीं है, बल्कि समान स्वास्थ्य अवसर प्रदान करने का एक प्रभावी माध्यम भी है। जब पुरुषों और महिलाओं दोनों की विशिष्ट पोषण आवश्यकताओं को समझकर आहार योजनाएँ बनाई जाती हैं, तब एक अधिक स्वस्थ, संतुलित और सशक्त समाज का निर्माण संभव होता है।

आंत स्वास्थ्य: जहाँ से शुरू होता है संपूर्ण स्वास्थ्य

आंत स्वास्थ्य को आज संपूर्ण स्वास्थ्य की नींव माना जा रहा है। आधुनिक वैज्ञानिक शोध यह स्पष्ट करते हैं कि आंत केवल भोजन पचाने का अंग नहीं है, बल्कि यह प्रतिरक्षा प्रणाली, हार्मोन संतुलन, मानसिक स्वास्थ्य और चयापचय को भी गहराई से प्रभावित करती है। मानव आंत में रहने वाले अरबों सूक्ष्मजीवों—जिन्हें सामूहिक रूप से गट माइक्रोबायोम कहा जाता है—का संतुलन काफी हद तक हमारे दैनिक आहार पर निर्भर करता है। इसलिए सही पोषण आंत स्वास्थ्य को बनाए रखने में केंद्रीय भूमिका निभाता है।

मानव आंत में लगभग 100 ट्रिलियन सूक्ष्मजीव पाए जाते हैं, जो विटामिन-के, कुछ बी-विटामिन्स और शॉर्ट-चेन फैटी एसिड के निर्माण में सहायता करते हैं। यह यौगिक पदार्थ आंत की दीवार को मज़बूत बनाते हैं, सूजन को नियंत्रित करते हैं और प्रतिरक्षा कोशिकाओं को सक्रिय रखते हैं। जब आहार में फाइबर, विविध पौध-आधारित खाद्य पदार्थ और प्राकृतिक तत्व शामिल होते हैं, तो ये लाभकारी बैक्टीरिया पनपते हैं। इसके विपरीत, अत्यधिक प्रसंस्कृत भोजन, अधिक शर्करा और वसा से भरपूर आहार माइक्रोबायोम असंतुलन (डिस्बायोसिस) पैदा कर सकता है, जिससे गैस, कब्ज, दस्त, सूजन और दीर्घकालिक रोगों का खतरा बढ़ जाता है।

फाइबर आंत स्वास्थ्य का सबसे महत्वपूर्ण पोषक तत्व माना जाता है। घुलनशील और अघुलनशील फाइबर दोनों ही पाचन प्रक्रिया को सुचारु रखते हैं और लाभकारी बैक्टीरिया के लिए भोजन का कार्य करते हैं। वैज्ञानिक अध्ययनों के अनुसार, प्रतिदिन 35–25 ग्राम फाइबर का सेवन आंत की विविधता बढ़ाने, कोलेस्ट्रॉल कम करने और मधुमेह व मोटापे के जोखिम को घटाने में सहायक होता है। साबुत अनाज, दालें, फल, सब्ज़ियाँ और मोटे अनाज फाइबर के प्रमुख स्रोत हैं।

प्रीबायोटिक्स और प्रोबायोटिक्स भी आंत स्वास्थ्य में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। प्रीबायोटिक्स ऐसे अवपाच्य कार्बोहाइड्रेट होते हैं जो लाभकारी बैक्टीरिया की वृद्धि को प्रोत्साहित करते हैं, जबकि प्रोबायोटिक्स सीधे जीवित लाभकारी बैक्टीरिया प्रदान करते हैं। दही, छाछ, किण्वित सब्ज़ियाँ और पारंपरिक खाद्य पदार्थ प्रोबायोटिक्स के अच्छे स्रोत हैं। हाल के शोध में पोस्टबायोटिक्स—यानी प्रोबायोटिक बैक्टीरिया द्वारा बनाए गए जैव सक्रिय यौगिक—को भी आंत की सूजन कम करने और प्रतिरक्षा बढ़ाने में प्रभावी माना गया है।

संतुलित आहार, फाइबर और प्रोबायोटिक युक्त भोजन आंत और मानसिक स्वास्थ्य के तंत्र को मजबूत कर अवसाद, चिंता और मानसिक थकान को कम करने में सहायक होता है। इसके अतिरिक्त, पर्याप्त जल सेवन, नियमित भोजन समय और अत्यधिक एंटीबायोटिक उपयोग से बचाव भी आंत स्वास्थ्य के लिए आवश्यक है। पानी पाचन क्रिया को सुचारु रखता है और फाइबर के प्रभाव को बढ़ाता है। वहीं, अनावश्यक एंटीबायोटिक्स लाभकारी बैक्टीरिया को नष्ट कर माइक्रोबायोम संतुलन बिगाड़ सकते हैं।

यह कहा जा सकता है कि आंत स्वास्थ्य सीधे हमारे भोजन की गुणवत्ता और विविधता से जुड़ा है। फाइबर-समृद्ध, संतुलित और प्राकृतिक आहार न केवल पाचन को बेहतर बनाता है, बल्कि प्रतिरक्षा, मानसिक स्वास्थ्य और दीर्घकालिक रोगों की रोकथाम में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसलिए, "स्वस्थ आंत के लिए सही पोषण" को दैनिक जीवन का अभिन्न हिस्सा बनाना अत्यंत आवश्यक है।

प्रतिरक्षा स्वास्थ्य: इलाज से पहले तैयारी

प्रतिरक्षा स्वास्थ्य शरीर की वह क्षमता है जिसके माध्यम से वह रोगजनकों—जैसे बैक्टीरिया, वायरस और फंगस से शरीर की रक्षा करता है। एक मजबूत प्रतिरक्षा प्रणाली न केवल संक्रमण से बचाव करती है, बल्कि बीमारी की गंभीरता और अवधि को भी कम करती है। आधुनिक वैज्ञानिक शोध यह स्पष्ट करते हैं कि संतुलित और पोषक आहार प्रतिरक्षा प्रणाली के विकास, सक्रियता और संतुलन में केंद्रीय भूमिका निभाता है।

मानव प्रतिरक्षा प्रणाली की कार्यक्षमता कई पोषक तत्वों पर निर्भर करती है। प्रोटीन प्रतिरक्षा कोशिकाओं, एंटीबॉडी और साइटोकाइन्स के निर्माण के लिए आवश्यक है। प्रोटीन की कमी से शरीर की संक्रमण से लड़ने की क्षमता कमजोर हो जाती है। दालें, दूध, दही, अंडे, सोया और मूँगफली जैसे खाद्य पदार्थ प्रतिरक्षा के लिए उच्च गुणवत्ता वाला प्रोटीन प्रदान करते हैं।

विटामिन और खनिज प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को नियंत्रित करने में अत्यंत महत्वपूर्ण हैं। विटामिन-सी श्वेत रक्त कोशिकाओं की सक्रियता बढ़ाता है और एंटीऑक्सिडेंट के रूप में कोशिकाओं को क्षति से बचाता है। विटामिन-डी प्रतिरक्षा कोशिकाओं को सक्रिय कर संक्रमण और सूजन को नियंत्रित करने में सहायता करता है। जिंक टी-कोशिकाओं के विकास और घाव भरने की प्रक्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, जबकि सेलेनियम एंटीऑक्सिडेंट एंजाइमों के माध्यम से प्रतिरक्षा संतुलन बनाए रखता है।

प्रतिरक्षा स्वास्थ्य और आंत स्वास्थ्य के बीच गहरा वैज्ञानिक संबंध स्थापित हो चुका है। मानव प्रतिरक्षा प्रणाली की लगभग 70 प्रतिशत कोशिकाएँ आंत से जुड़ी होती हैं। फाइबर-समृद्ध आहार, प्रीबायोटिक्स और प्रोबायोटिक्स लाभकारी आंत बैक्टीरिया को बढ़ावा देकर प्रतिरक्षा को मजबूत बनाते हैं।

एंटीऑक्सिडेंट्स और फाइटोकेमिकल्स भी प्रतिरक्षा स्वास्थ्य में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। फल और सब्ज़ियों में पाए जाने वाले फ्लेवोनॉयड्स, कैरोटीनॉइड्स और पॉलीफेनॉल्स ऑक्सीडेटिव स्ट्रेस को कम कर प्रतिरक्षा कोशिकाओं की कार्यक्षमता को बनाए रखते हैं। हल्दी में पाया जाने वाला कर्क्यूमिन और अदरक में मौजूद जैव सक्रिय यौगिक सूजनरोधी गुणों के लिए वैज्ञानिक रूप से प्रसिद्ध हैं। इसके अतिरिक्त, पर्याप्त ऊर्जा, नियमित भोजन और जल सेवन भी प्रतिरक्षा के लिए आवश्यक हैं। अत्यधिक कैलोरी की कमी या बहुत कम आहार लेने से प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया कमजोर हो सकती है। वहीं, अत्यधिक शर्करा और प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थ प्रतिरक्षा प्रणाली में सूजन बढ़ा सकते हैं। संतुलित आहार प्रतिरक्षा प्रणाली को न तो अत्यधिक सक्रिय बनाता है और न ही कमजोर, बल्कि संतुलित स्थिति में बनाए रखता है।

यह स्पष्ट है कि प्रतिरक्षा स्वास्थ्य केवल दवाओं या सप्लीमेंट्स पर निर्भर नहीं करता, बल्कि दैनिक आहार और जीवनशैली से गहराई से जुड़ा है। संतुलित, विविध और पोषक तत्वों से भरपूर भोजन अपनाकर शरीर को संक्रमण से लड़ने में सक्षम बनाया जा सकता है और दीर्घकालिक स्वास्थ्य को सुरक्षित रखा जा सकता है।

वजन प्रबंधन: दवाओं से आगे का विज्ञान

वजन प्रबंधन आज केवल कैलोरी घटाने या डाइटिंग तक सीमित नहीं रह गया है, बल्कि यह एक समग्र, वैज्ञानिक और दीर्घकालिक प्रक्रिया बन चुका है। आधुनिक शोध यह दर्शाते हैं कि मोटापा और अधिक वजन केवल इच्छाशक्ति की कमी नहीं, बल्कि हार्मोनल असंतुलन, चयापचय (मेटाबॉलिज़्म), आंत स्वास्थ्य, जीवनशैली और पर्यावरणीय कारकों का परिणाम है। इसी कारण अगली पीढ़ी के वजन-प्रबंधन दृष्टिकोण में औषधीय सहयोग के साथ-साथ व्यक्तिगत पोषण और जीवनशैली कोचिंग को एक साथ जोड़ा जा रहा है।

आधुनिक वजन-प्रबंधन में प्रयुक्त GLP1- जैसी दवाएँ भूख और तृप्ति से जुड़े हार्मोनों को नियंत्रित करती हैं। यह दवाएँ पेट खाली होने की प्रक्रिया को धीमा करती हैं और मस्तिष्क को जल्दी तृप्ति का संकेत देती हैं, जिससे भोजन की मात्रा स्वाभाविक रूप से कम हो जाती है। हालांकि, भोजन सेवन कम होने के कारण पोषक तत्वों की कमी का जोखिम बढ़ सकता है। यहीं पर पोषण की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण हो जाती है। ऐसे मामलों में आहार का उद्देश्य केवल वजन घटाना नहीं, बल्कि कम मात्रा में अधिक पोषण प्रदान करना होता है। वजन प्रबंधन में प्रोटीन सबसे महत्वपूर्ण पोषक तत्वों में से एक माना जाता है। पर्याप्त प्रोटीन सेवन मांसपेशियों के संरक्षण में मदद करता है और बेसल मेटाबॉलिक रेट को बनाए रखता है, जिससे वजन घटाने के दौरान शरीर की ऊर्जा खपत स्थिर रहती है। वैज्ञानिक अध्ययनों के अनुसार, प्रत्येक भोजन में पर्याप्त मात्रा में उच्च गुणवत्ता वाला प्रोटीन लेने से तृप्ति बढ़ती है और अनावश्यक स्नैकिंग कम होती है। दालें, सोया, अंडे, दूध, दही और नट्स प्रोटीन के अच्छे स्रोत हैं। फाइबर वजन प्रबंधन में एक और महत्वपूर्ण घटक है। फाइबर पाचन को धीमा कर लंबे समय तक पेट भरा हुआ महसूस कराता है और रक्त शर्करा के स्तर को स्थिर रखता है। उच्च फाइबर आहार आंत के लाभकारी बैक्टीरिया को बढ़ावा देता है, जिससे चयापचय और वसा उपयोग में सुधार होता है। वैज्ञानिक रूप से यह सिद्ध है कि प्रतिदिन 25–35 ग्राम फाइबर का सेवन मोटापा और टाइप2- मधुमेह के जोखिम को कम करता है।

व्यक्तिगत पोषण वजन प्रबंधन की अगली महत्वपूर्ण कड़ी है। हर व्यक्ति का शरीर, चयापचय दर, हार्मोनल प्रोफाइल और जीवनशैली अलग होती है, इसलिए एक ही डाइट सभी पर समान रूप से प्रभावी नहीं हो सकती। आधुनिक पोषण विज्ञान व्यक्ति की उम्र, लिंग, शारीरिक गतिविधि, आंत स्वास्थ्य और दवा उपयोग को ध्यान में रखकर आहार योजनाएँ तैयार करता है। इससे वजन घटाने की प्रक्रिया अधिक सुरक्षित, प्रभावी और टिकाऊ बनती है। इसके साथ ही, जीवनशैली कोचिंग—जिसमें नियमित शारीरिक गतिविधि, नींद की गुणवत्ता और तनाव प्रबंधन शामिल हैं—पोषण के प्रभाव को कई गुना बढ़ा देती है। अपर्याप्त नींद और लगातार तनाव कोर्टिसोल हार्मोन को बढ़ाकर वसा संचय को बढ़ाते हैं। संतुलित आहार, पर्याप्त नींद और नियमित व्यायाम मिलकर शरीर को ऊर्जा संतुलन की स्थिति में लाते हैं। वजन प्रबंधन में पोषण की भूमिका केवल वजन घटाने तक सीमित नहीं है, बल्कि यह मांसपेशी संरक्षण, पोषक तत्व संतुलन, चयापचय स्वास्थ्य और दीर्घकालिक वजन स्थिरता को सुनिश्चित करती है। जब औषधीय सहयोग को वैज्ञानिक रूप से नियोजित पोषण और जीवनशैली सुधार के साथ जोड़ा जाता है, तब वजन प्रबंधन न केवल प्रभावी होता है, बल्कि स्वस्थ और टिकाऊ भी बनता है।

निष्कर्ष: दीर्घायु जीवन की ओर वैज्ञानिक भोजन यात्रा

स्वास्थ्य और दीर्घायु जीवन के लिए भोजन का किफायती, समावेशी और विज्ञान-आधारित होना आवश्यक है। जब पोषण रणनीतियाँ सामाजिक-आर्थिक वास्तविकताओं, जैविक आवश्यकताओं और जीवन-चरणों के अनुरूप विकसित की जाती हैं, तब भोजन केवल बीमारी से बचाव का साधन नहीं, बल्कि स्वस्थ,सक्रिय और गरिमापूर्ण जीवन का आधार बन जाता है।

संवेदक-आधारित ड्रोन तकनीक से सटीक कृषि प्रबंधन: भारतीय संदर्भ में एक विश्लेषण

पूजा इंगले, रमेश कुमार सहनी, सत्यप्रकाश कुमार, आदित्य राज, हार्दिक कुलश्रेष्ठ एवं मनीष कुमार

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

पिछले कुछ वर्षों में भारतीय कृषि क्षेत्र अनेक जटिल चुनौतियों का सामना कर रहा है। देश में 96% से अधिक कृषि भूमि छोटे और सीमांत किसानों के पास है, जिनकी औसत जोत 2047 तक घटकर मात्र 0.6 हेक्टेयर रह जाने का अनुमान है । जलवायु परिवर्तन, अनियमित वर्षा, और तापमान में वृद्धि के कारण हर साल औसतन 0.25 % सकल घरेलू उत्पाद के बराबर फसल क्षति होती है। सिंचाई की असमान उपलब्धता के बावजूद, 2025 तक कुल कृषि क्षेत्र का केवल 55% ही सिंचित हो पाया है, जिससे शेष क्षेत्र वर्षा पर निर्भर रहता है। इसके अलावा, उच्च निविष्ट लागत, गुणवत्तापूर्ण बीज, उर्वरक और कृषि यंत्रों की सीमित पहुँच, विपणन अवसंरचना की कमी, और सरकारी योजनाओं के प्रभावी क्रियान्वयन में बाधाएँ भी किसानों के लिए बड़ी समस्याएँ बनी हुई हैं। तेजी से बढ़ती जनसंख्या और बदलते आहार प्रतिरूप के कारण भारत को 2050 तक खाद्यान्न उत्पादन में कम-से-कम 60-70% की वृद्धि करनी होगी, ताकि खाद्य सुरक्षा की आवश्यकता पूरी की जा सके। वर्तमान में, 2024-25 में खाद्यान्न उत्पादन रिकॉर्ड 353.95 मिलियन टन तक पहुँचा है, लेकिन दालों और तिलहनों में उत्पादन वृद्धि की रफ्तार अपेक्षाकृत धीमी है, जिससे पोषण सुरक्षा पर भी असर पड़ता है। छोटे किसानों के लिए उच्च लागत, श्रम की कमी, बाजार तक सीमित पहुँच, और मौसम संबंधी जोखिमों के कारण उत्पादन और आय दोनों पर दबाव बना रहता है।

इन चुनौतियों के समाधान के लिए कृषि क्षेत्र में नवीनतम तकनीकों की आवश्यकता पहले से कहीं अधिक महसूस की जा रही है। खासकर मानव रहित हवाई वाहन जैसी अत्याधुनिक तकनीकें खेती को सटीक और लाभकारी बना सकती हैं। ड्रोन की मदद से किसान अब खेतों की निगरानी, कीटनाशक और उर्वरक का सटीक छिड़काव, फसल स्वास्थ्य का आकलन, और जल संसाधन प्रबंधन जैसे कार्य तेज़ी और कुशलता से कर सकते हैं। इससे न केवल श्रम और लागत में 20-30% तक की बचत होती है, बल्कि उत्पादकता में भी 10-15 % तक की वृद्धि देखी गई है। वर्तमान में देश के लगभग 30% किसान ही डिजिटल और ड्रोन तकनीक का उपयोग कर रहे हैं, जबकि शेष किसानों के लिए इसकी पहुँच और प्रशिक्षण एक बड़ी आवश्यकता है। इस प्रकार, कृषि की बदलती जरूरतों और बढ़ती खाद्य मांग को देखते हुए, ड्रोन तकनीक भारतीय कृषि के लिए एक परिवर्तनकारी उपकरण के रूप में उभर रही है, जो उत्पादन, गुणवत्ता और किसानों की आय बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है।

ड्रोन, जिसे कृषि क्षेत्र में कृषि ड्रोन या मानव रहित हवाई वाहन कहा जाता है, एक अत्याधुनिक तकनीक है जो खेती के विभिन्न कार्यों को स्वचालित और कुशल बनाती है। कृषि ड्रोन मुख्य रूप से फसल की वृद्धि, स्वास्थ्य और उत्पादन की निगरानी, उपज अनुकूलन, और संसाधनों के सटीक प्रबंधन के लिए उपयोग किए जाते हैं। ये ड्रोन उन्नत संवेदक, कैमरा (जैसे आरजीबी, मल्टीस्पेक्ट्रल, और थर्मल कैमरा), जी.पी.एस और स्वचालित उड़ान नियंत्रण प्रणाली से पर काम करते हैं, जिससे वे खेतों की उच्च-विभेदन क्षमता वाली इमेजरी, 3D दृश्य, और डेटा संग्रहण कर सकते हैं। इस डेटा का उपयोग किसान फसल स्वास्थ्य, मिट्टी की नमी, पोषक तत्वों की स्थिति, कीट या रोग की पहचान, और जल प्रबंधन के लिए करते हैं। आधुनिक कृषि ड्रोन में स्वचालित उच्च तकनीक, स्वयं बाधा से बचाव, उच्च पेलोड क्षमता (जैसे 40-50 किलोग्राम तक), और 2 किलोमीटर तक की एकल श्रेणी जैसी विशेषताएँ भी होती हैं, जिससे वे हर प्रकार के खेत और मौसम में प्रभावी ढंग से काम कर सकते हैं।

मानव रहित हवाई वाहनों को तीन प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है

कृषि में प्रयुक्त ड्रोन मुख्य रूप से उनके रचना, कार्यक्षमता और उपयोग के आधार पर विभिन्न प्रकारों में वर्गीकृत किए जाते हैं (चित्र 1)। नीचे प्रमुख प्रकारों का संक्षिप्त विवरण और उनके उपयोग दिए गए हैं एवं उपयोगिता भार क्षमता के आधार पर वर्गीकरण तालिका 1 में दर्शाया गया है:

रचना पर आधारित मानव रहित हवाई वाहन

घिरनीदार विमान/रोटरक्राफ्ट ड्रोन

- **विवरण:** इनमें एक बड़ा मुख्य घूर्णक और एक छोटा घूर्णक होता है, घिरनीदार विमान के समान।
- **प्रमुख उपयोग:** भारी पेलोड ले जाना (जैसे बीज, उर्वरक, कीटनाशक छिड़काव), लंबी उड़ान अवधि।
- **लाभ:** उच्च पेलोड क्षमता, लंबी उड़ान अवधि, सटीक छिड़काव।
- **सीमाएँ:** जटिल रचना, उच्च लागत, संचालन में अधिक जोखिम

बहु - घूर्णक ड्रोन

- **विवरण:** इनमें एक से अधिक घूर्णक (प्रोपेलर) होते हैं, जैसे क्वाडकॉप्टर (4 रोटर), हेक्साकॉप्टर (6 रोटर), और ऑक्टाकॉप्टर (8 रोटर)।
- **प्रमुख उपयोग:** फसल की निगरानी, छिड़काव, सर्वेक्षण, और छोटे क्षेत्र की मानचित्रण ।
- **लाभ:** संचालन में आसान, सटीक उड़ान नियंत्रण, छोटे खेतों के लिए उपयुक्त।
- **सीमाएँ:** सीमित उड़ान समय (20-30 मिनट), कम पेलोड क्षमता, बड़ी भूमि के लिए कम उपयुक्त

हाइब्रिड वीटीओएल ड्रोन

- **विवरण:** ये ड्रोन स्थिर पंख और मल्टी-रोटर दोनों की विशेषताएँ रखते हैं—ऊर्ध्वाधर उड़ना / उतराई और लंबी दूरी की उड़ान।
- **प्रमुख उपयोग:** बड़े क्षेत्रों की चित्रण, जल्दी संचालन।
- **लाभ:** मार्ग की आवश्यकता नहीं, लंबी उड़ान अवधि, बहुउद्देशीय उपयोग।
- **सीमाएँ:** जटिलता और उच्च लागत

फिक्ड-विंग ड्रोन

- **विवरण:** ये पारंपरिक हवाई जहाज की तरह दिखते हैं, जिनमें दो पंख होते हैं और वे आगे की दिशा में उड़ते हैं।
- **प्रमुख उपयोग:** बड़े क्षेत्रों की चित्रण, सर्वेक्षण, और निगरानी।
- **लाभ:** लंबी उड़ान अवधि (1-2 घंटे या अधिक), उच्च गति, बड़े क्षेत्र को आवरण करने में सक्षम।
- **सीमाएँ:** ऊर्ध्वाधर उड़ना / उतराई में असमर्थ (कुछ को रनवे की आवश्यकता), संचालन में अधिक प्रशिक्षण आवश्यक

हेलीकॉप्टर/रोटरक्राफ्ट ड्रोन

मल्टी-रोटर ड्रोन

हाइब्रिड वीटीओएल ड्रोन

फिक्स्ड-विंग ड्रोन

चित्र 1: कृषि में विभिन्न प्रकार के ड्रोन

तालिका 1: उपयोगिता भार (पेलोड) क्षमता के आधार पर

ड्रोन श्रेणी	उपयोगिता भार क्षमता	प्रमुख उपयोग
नैनो ड्रोन	0 – 250 ग्राम	वैयक्तिक उड़ान, शिक्षा
माइक्रो ड्रोन	250 ग्राम – 2 किलोग्राम	हल्की फोटोग्राफी, प्रशिक्षण
छोटा ड्रोन	2 – 25 किलोग्राम	फोटोग्राफी, सर्वेक्षण, कृषि छिड़काव
मीडियम ड्रोन	25 – 150 किलोग्राम	औद्योगिक निरीक्षण, कृषि छिड़काव
बड़े लिफ्ट ड्रोन	150 किलोग्राम या अधिक	भारी छिड़काव, माल ढुलाई, आपात

कृषि में ड्रोन तकनीक का महत्व

ड्रोन तकनीक ने आधुनिक कृषि को एक नई दिशा दी है। यह तकनीक किसानों के लिए न केवल समय और श्रम की बचत करती है, बल्कि खेती को अधिक सटीक, सुरक्षित और लाभकारी बनाती है। ड्रोन की मदद से फसल की स्थिति, मिट्टी की गुणवत्ता, नमी का स्तर और कीटों की उपस्थिति जैसी महत्वपूर्ण जानकारियाँ सटीक रूप से प्राप्त की जा सकती हैं। इससे किसान सही समय पर निर्णय लेकर फसल को होने वाले नुकसान से बचा सकते हैं और उपज में सुधार कर सकते हैं। पारंपरिक तरीकों की तुलना में ड्रोन से छिड़काव करना अधिक तेज, सुरक्षित और सस्ता होता है। इसके अलावा, ड्रोन का उपयोग बीज बोने, कीटनाशक और उर्वरक के छिड़काव, खेत की चित्रण और निगरानी, तथा फसल स्वास्थ्य मूल्यांकन के लिए भी किया जाता है (चित्र 2)।

चित्र 2: कृषि में ड्रोन के विभिन्न अनुप्रयोग

कृषि क्षेत्र में ड्रोन तकनीक का उपयोग आज एक सशक्त उपकरण के रूप में उभर कर सामने आया है। ड्रोन का उपयोग मुख्यतः फसल की निगरानी, कीट और रोग की पहचान, बीज बोने, कीटनाशक और उर्वरक छिड़काव, सिंचाई प्रबंधन, मृदा विश्लेषण तथा उपज का पूर्वानुमान लगाने जैसे कार्यों में किया जाता है। इस लेख में हम विशेष रूप से फसल स्वास्थ्य और रोग पहचान में ड्रोन के उपयोग पर चर्चा कर रहे हैं। ड्रोन खेतों की ऊँचाई से उच्च गुणवत्ता की तस्वीरें और डेटा लेकर फसल की वृद्धि, हरियाली और किसी भी समस्या की जानकारी प्रदान करते हैं। मल्टीस्पेक्ट्रल और एनडीवीआई तकनीक की मदद से फसल में रोग या कीटों के प्रभाव को प्रारंभिक अवस्था में ही पहचाना जा सकता है, जिससे समय पर उपचार संभव होता है। इसके अलावा, ड्रोन सटीक मात्रा में उर्वरक और कीटनाशकों का छिड़काव करके रसायनों की बचत और पर्यावरण की सुरक्षा सुनिश्चित करते हैं। कुछ उन्नत ड्रोन बीज बोने और मृदा की नमी व तापमान जांचने में भी सक्षम हैं, जिससे खेती और भी उन्नत बनती है। इस प्रकार, ड्रोन तकनीक ने कृषि को अधिक कुशल, सटीक और लाभकारी बनाने की दिशा में एक बड़ा कदम बढ़ाया है।

फसल स्वास्थ्य प्रबंधन और रोग पहचान में ड्रोन की आवश्यकता:

फसल स्वास्थ्य प्रबंधन और रोग पहचान में ड्रोन तकनीक की आवश्यकता आज की कृषि में अत्यंत महत्वपूर्ण हो गई है। पारंपरिक निगरानी और रोग पहचान के तरीके समय-सीमित, श्रम-प्रधान और अक्सर कम सटीक होते हैं, जिससे कई बार रोग या पोषक तत्व की कमी का पता तब चलता है जब फसल को पहले ही नुकसान हो चुका होता है। ड्रोन इस समस्या का समाधान करते हैं क्योंकि वे मल्टीस्पेक्ट्रल, आरजीबी और तापीय संवेदक के माध्यम से खेत का उच्च- रिज़ॉल्यूशन डेटा जल्दी और बार-बार एकत्र कर सकते हैं, जिससे किसान फसल की स्थिति, रोग के शुरुआती लक्षण, जल तनाव या पोषक तत्व की कमी जैसी समस्याओं की पहचान समय रहते कर सकते हैं।

ड्रोन तकनीक के माध्यम से किसान बड़े क्षेत्रों की त्वरित और सटीक निगरानी कर सकते हैं, जिससे मानवकृत निरीक्षण की आवश्यकता कम होती है और श्रम व समय की बचत होती है। उच्च गुणवत्ता वाली इमेजरी और वास्तविक समय के डेटा से किसान यह तय कर सकते हैं कि किस क्षेत्र में कीटनाशक या उर्वरक की आवश्यकता है, जिससे रसायनों की खपत 20-30 प्रतिशत तक कम हो सकती है और लागत भी घटती है। इसके अलावा, ड्रोन द्वारा प्राप्त डेटा से सिंचाई, पोषण और रोग प्रबंधन के लिए वैज्ञानिक और सटीक निर्णय लिए जा सकते हैं, जिससे उपज में 15-25 प्रतिशत तक वृद्धि संभव है।

ड्रोन का एक और बड़ा लाभ यह है कि वे कठिन या जोखिमपूर्ण क्षेत्रों में भी सुरक्षित रूप से निगरानी कर सकते हैं, जिससे किसानों और श्रमिकों की सुरक्षा सुनिश्चित होती है। पर्यावरणीय दृष्टि से भी ड्रोन का उपयोग लाभकारी है क्योंकि लक्षित उपचार से रसायनों का अनावश्यक उपयोग और जल व मिट्टी प्रदूषण कम होता है।

फसल स्वास्थ्य और निगरानी में महत्वपूर्ण संवेदक

फसल स्वास्थ्य और रोग पहचान के लिए ड्रोन में निम्नलिखित संवेदक का उपयोग होता है (चित्र 3):

- **मल्टीस्पेक्ट्रल संवेदक:** पौधों की हरियाली, क्लोरोफिल स्तर, जल तनाव और पोषक तत्व की कमी की पहचान के लिए।
- **आरजीबी कैमरा:** दृश्य स्पेक्ट्रम में फसल की सामान्य स्थिति और रंग परिवर्तन का आकलन।
- **थर्मल संवेदक:** पौधों के तापमान में बदलाव (जल तनाव, रोगग्रस्त क्षेत्र) की पहचान के लिए।
- **हाइपरस्पेक्ट्रल संवेदक:** और अधिक सटीक रासायनिक व जैविक विश्लेषण के लिए। इन सेंसरों के माध्यम से एनडीवीआई, एस.ए.वी.आई, ईवीआई जैस घातांक निकाले जाते हैं, जो पौधों के स्वास्थ्य का आंकलन करते हैं।

चित्र 3: फसल स्वास्थ्य में उपयोग किए जाने वाले विभिन्न प्रकार के संवेदक

निष्कर्ष

ड्रोन तकनीक ने फसल स्वास्थ्य प्रबंधन और रोग पहचान को तेज, सटीक और लागत-कुशल बना दिया है। मल्टीस्पेक्ट्रल, आरजीबी और थर्मल सेंसरों से प्राप्त डेटा के विश्लेषण से किसान समय रहते रोग, पोषक तत्व की कमी और जल तनाव जैसी समस्याओं की पहचान कर सकते हैं, जिससे उपज में वृद्धि और लागत में कमी संभव है। भारत सहित विश्व के कई देशों में हुए अध्ययनों और प्रायोगिक परियोजनाओं ने साबित किया है कि ड्रोन आधारित फसल निगरानी कृषि के भविष्य के लिए एक वरदान है, जिससे किसानों की आय और कृषि उत्पादकता दोनों में उल्लेखनीय सुधार हो सकता है

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग: विभिन्न फल, सब्जियाँ और उच्च मूल्यवर्गीय वस्तुओं के सुखाने की नवीनतम तकनीक

दीपिका शेंडे चन्ने एवं प्रविता एम

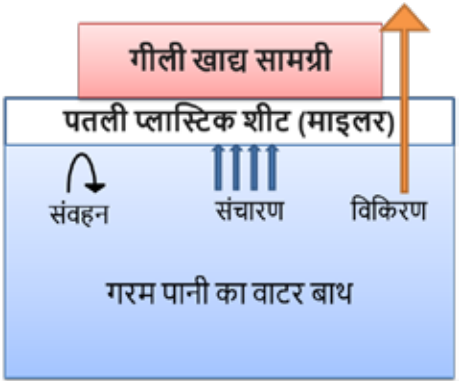
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

आजकल खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में नई तकनीकों की खोज की जा रही है, ताकि हम खाद्य सामग्री को बेहतर तरीके से संरक्षित कर सकें और उनके पोषक तत्वों को भी बनाए रख सकें। फलफूल और सब्जियों को सुखाने की पारंपरिक विधियाँ जैसे कि हवासे सुखाना, धूप में सुखाना, या ड्राईंग ओवन में सुखाना अक्सर कुछ बड़ी समस्याएँ लेकर आती हैं। इनमें मुख्य हैं: रंगों का फीका पड़ जाना, खुशबूस्वाद का कम होना, और हीटसेंसिटिव पोषक तत्वों (जैसे विटामिन सी, एंटीऑक्सीडेंट्स, फ्लेवोनोइड्स) का काफी कम होना। इन चुनौतियों को पार करने के लिए नवीन तकनीकें विकसित की जा रही हैं, और उनमें तकनीकों में से एक अत्याधुनिक और प्रभावी तकनीक है रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग। यह प्रक्रिया, जो मुख्य रूप से उच्च मूल्यवर्गीय वस्तुओं, जैसे फल, सब्जियाँ और अन्य पोषक तत्वों से भरपूर खाद्य पदार्थों के सुखाने में उपयोग की जाती है, तेजी से लोकप्रिय हो रही है। इस लेख में हम इस प्रक्रिया की विशेषताओं, इसके फायदे और विभिन्न खाद्य पदार्थों में इसके उपयोग पर चर्चा करेंगे।

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग: परिचय

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग एक नवीनतम सुखाने की तकनीक है, जिसमें पानी के वाष्पीकरण को नियंत्रित किया जाता है ताकि उत्पाद में नमी की मात्रा को कम किया जा सके और साथ ही उसके पोषक तत्व, रंग, स्वाद और अन्य गुण भी बनाए रखे जा सकें। इसमें गर्म पानी या वाष्प को एक परफेक्टली कंट्रोल्ड तापमान पर उत्पाद के नीचे से पारित किया जाता है, जिससे खाद्य पदार्थ के ऊपरी हिस्से पर एक अत्यधिक परावर्तक वॉटर फ़िल्म बनती है, जो सूखने की प्रक्रिया को तेज करती है (चित्र 1)।



चित्र.1. रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग में सुखाने प्रणाली में ऊष्मा स्थानांतरण के तरीके

- RWD में एक पतली परत (प्यूरी, स्लाइस आदि) को माइलर जैसे पारदर्शी प्लास्टिक या विशेष फिल्म पर फैला कर रखा जाता है।
- उस फिल्म के नीचे गर्म पानी बहाया जाता है। यह पानी हीट स्रोत का काम करता है।
- माइलर फिल्म रेडिएशन (इन्फ़रा रेड)/ विकिरण, संचालक ताप और संचरण (कंवेक्शन) के माध्यम से गर्मी को उत्पाद तक पहुँचाती है।
- पानी के तापमान और पार की मोटाई से सुखाने की गति, बचा पोषण, रंग-स्वाद आदि बहुत प्रभावित होते हैं।

यह प्रक्रिया उत्पाद के पोषक तत्वों को बनाए रखने में अत्यधिक प्रभावी है और इसे कम तापमान पर सुखाने के लिए डिजाइन किया गया है। इसका मुख्य लाभ यह है कि इसमें कम तापमान पर उत्पादों को सूखने की प्रक्रिया होती है, जिससे गर्मी-संवेदनशील पोषक तत्व जैसे विटामिन C और अन्य एंटीऑक्सिडेंट्स का संरक्षण बेहतर तरीके से किया जाता है।

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग के लाभ

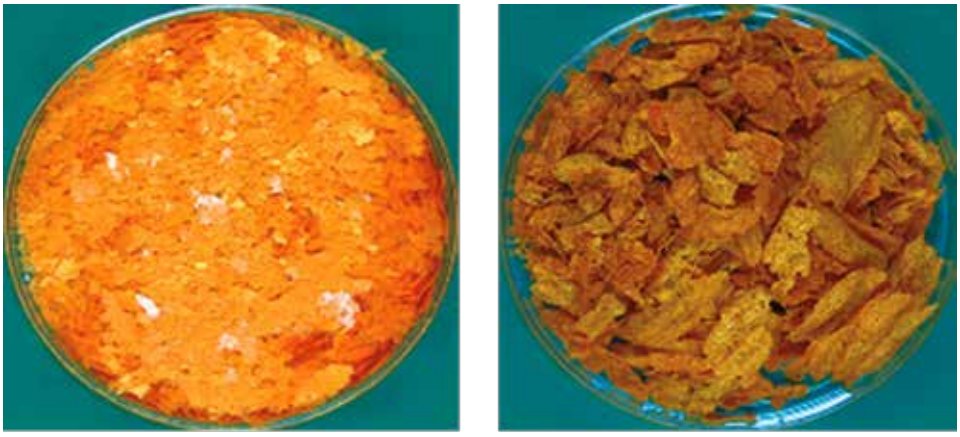
(a) पोषक तत्वों का संरक्षण

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग का सबसे बड़ा लाभ यह है कि यह पोषक तत्वों, जैसे विटामिन, खनिज, एंटीऑक्सिडेंट्स, फेनोलिक यौगिकों और फाइबर को संरक्षित रखता है। परंपरागत सुखाने की तकनीकों में उच्च तापमान की वजह से बहुत से पोषक तत्व नष्ट हो जाते हैं, लेकिन इस तकनीक में कम तापमान का उपयोग होने के कारण ये पोषक तत्व बने रहते हैं (चित्र 2)।

चित्र 2.रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग के लाभ

(b) उत्पाद का रंग और स्वाद

यह प्रक्रिया उत्पाद के प्राकृतिक रंग, गंध, जल पुनर्स्थापन और स्वाद को बेहतर तरीके से बनाए रखती है। सुखाए गए फल और सब्जियाँ ताजे जैसी दिखती हैं और उनका स्वाद भी ताजगी से भरपूर रहता है (चित्र 3)।



(क) (ख)

चित्र 3 गाजर के टुकड़े (क) रिफ्रैक्टेंस विंडो ड्रायर और (ख) ड्रम ड्रायर से प्राप्त

(c) जलवायु पर निर्भरता कम

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग प्रणाली में अधिकतम नियंत्रण और कम निर्भरता होती है, क्योंकि इसमें बाहरी जलवायु के प्रभाव की आवश्यकता नहीं होती। यह सभी मौसमों में प्रभावी रूप से काम करती है, जबकि पारंपरिक तकनीकों में मौसम का बड़ा प्रभाव पड़ता है।

(d) तेजी से सुखाने की प्रक्रिया

इस तकनीक में सुखाने की प्रक्रिया बहुत तेज होती है क्योंकि इसमें तीन प्रकार की ऊष्मा संचारण प्रक्रियाएँ शामिल होती हैं – संचारण, संवहन और विकिरण। इन सभी प्रक्रियाओं का एक साथ काम करना सुखाने की प्रक्रिया को तीव्र बनाता है, जिससे उत्पादन लागत में कमी आती है और उत्पाद जल्दी तैयार होते हैं। इसका सबसे बड़ा लाभ यह है कि उत्पादों को कम समय में तैयार किया जा सकता है, जिससे व्यापारिक दृष्टि से यह अत्यधिक लाभकारी सिद्ध होती है। यह विशेष रूप से उन उद्योगों के लिए फायदेमंद है जहाँ समय की महत्वता है और तेजी से उत्पादन की आवश्यकता होती है। उदाहरण स्वरूप, खाद्य उद्योग, दवाइयाँ और अन्य उद्योग जहां गुणवत्ता और समय पर आपूर्ति महत्वपूर्ण होती है, ऐसे क्षेत्रों में इस तकनीक का इस्तेमाल अत्यधिक लाभकारी होता है। इस प्रकार, यह तकनीक न केवल उत्पादन प्रक्रिया को गति प्रदान करती है, बल्कि व्यवसाय की प्रतिस्पर्धात्मक क्षमता को भी बढ़ाती है।

(e) उच्च गुणवत्ता और लंबी शेल्फ लाइफ

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग से सूखने वाले उत्पादों की शेल्फ लाइफ लंबी होती है, क्योंकि इस प्रक्रिया में नमी की मात्रा को सटीक रूप से नियंत्रित किया जाता है, जिससे सूखने वाले खाद्य पदार्थों में बैक्टीरिया और फफूंदी का विकास नहीं होता (चित्र 2)।

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग का उपयोग

(A) फल और सब्जियाँ

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग को प्रमुख रूप से विभिन्न प्रकार के फल और सब्जियाँ सुखाने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। यह विशेष रूप से उन उत्पादों के लिए प्रभावी है जिनमें उच्च जल सामग्री होती है, जैसे:

- आलू: आलू के स्लाइस और प्यूरी को सुखाने के लिए इस तकनीक का उपयोग किया जाता है।
- मौसमी फल: जैसे आम, पपीता, केला, स्ट्रॉबेरी, और सेब।
- हरी सब्जियाँ: जैसे पालक, मटर, भिंडी और करेला।
- मध्यवर्ती नमी वाला फल बार या पापड़ (चित्र 4)

चित्र.4 रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग की मदद से सुखया गया - फल बार या पापड़

(b) हाई वैल्यू कमोडिटी

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग का उपयोग उच्च मूल्यवर्गीय खाद्य पदार्थों के सुखाने में भी किया जाता है, जिनमें अधिक पोषक तत्व होते हैं। उदाहरण:

- सूखा मशरुम: मशरुम की उच्च गुणवत्ता को बनाए रखने के लिए यह तकनीक आदर्श है।
- नट्स और बीज: बादाम, अखरोट, चिया सीड्स और फ्लैक्स सीड्स के सुखाने में यह विधि प्रभावी है।
- चाय और कॉफी: चाय की पत्तियाँ और कॉफी बीन्स का सुखाना।
- जड़ी-बूटियाँ और मसाले: जैसे हल्दी, अदरक, मिंट, तुलसी, और धनिया।
- औषधीय गुणों वाले उत्पादों को सुखाकर पाउडर बनाया जाता है : आंवला चूर्ण (चित्र.5)

चित्र.**5.** रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग की मदद से सुखया गया - आंवला चूर्ण

- नारियल के टुकड़े (चित्र.6)

चित्र.6. रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग की मदद से सुखये गये नारियल के टुकड़े

(c) दूध आधारित उत्पाद

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग का उपयोग दूध पाउडर और अन्य दूध आधारित उत्पादों के सुखाने में भी किया जा सकता है। यह प्रक्रिया दूध के पोषक तत्वों को बिना नुकसान पहुँचाए सूखा देती है, जिससे दूध के स्वाद और गुण बनाए रहते हैं।

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग में चुनौतियाँ और समाधान

(a) तकनीकी जटिलता

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग तकनीक की शुरुआत में थोड़ी तकनीकी जटिलताएँ हो सकती हैं, जैसे सिस्टम की लागत और सही संचालन में दक्षता की कमी। हालांकि, समय के साथ इन तकनीकों में सुधार किया गया है, और अब यह तकनीक किसानों और उत्पादकों के लिए अधिक सुलभ हो गई है।

(b) शुरुआत में उच्च लागत

इस तकनीक की शुरुआत में उपकरण की लागत अपेक्षाकृत अधिक हो सकती है। लेकिन दीर्घकालिक लाभ जैसे बेहतर उत्पाद गुणवत्ता, ऊर्जा की बचत और लंबे समय तक शेल्फ लाइफ के कारण यह निवेश काफी फायदेमंद साबित हो सकता है।

(c) संचालन में प्रशिक्षण की आवश्यकता

यह तकनीक कुछ विशेष ज्ञान और प्रशिक्षण की आवश्यकता रखती है। सही तापमान और समय पर नियंत्रण बनाए रखना उत्पाद की गुणवत्ता को बनाए रखने के लिए महत्वपूर्ण है। इसके लिए उचित प्रशिक्षण और मार्गदर्शन आवश्यक है।

- मोटाई बढ़ने पर सुखाने का समय बढ़ जाता है और गुणवत्ता कम हो सकती है।
- अगर कंट्रोल के उपाय कमज़ोर हों, तो उच्च तापमान पर सुखाए जाने वाले प्रोडक्ट के ज़रूरी विटामिन और मिनरल्स का कुछ हिस्सा खत्म हो सकता है।
- मशीन का प्रारंभिक निवेश, संचालन की ज़रूरतें और तकनीकी जानपहचान आवश्यक है।

"पाँचवीं पीढ़ी" या आधुनिकीकरण

कई लेखों में रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग को "चौथीपीढ़ी" ड्राइंग तकनीक कहा गया है, क्योंकि यह पारंपरिक विधियों से एक नया स्तर है। अगर "पाँचवीं पीढ़ी" कहा जाए, तो इसका तात्पर्य हो सकता है कि रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग के साथ और भी सुधार जैसे कि:

- अवरक्त विकिरण सहायक रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग – जिससे ताप नियंत्रण और समय बचत होती है।
- ऊर्जा कुशल संयोजन जैसे सोलरएसीस्टेड सिस्टम्स या पुनःचक्रण तकनीकें।
- मोटाई, तापमान इत्यादि के बेहतर उन्नत मॉडलिंग एवं ऑप्टिमाइजेशन।

निष्कर्ष

रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग एक अत्यधिक प्रभावी और लाभकारी तकनीक है, जो फल, सब्जियों और उच्च मूल्यवर्गीय खाद्य पदार्थों के सुखाने के क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव ला रही है। इसके द्वारा उत्पादों के पोषक तत्व, स्वाद, रंग और गुणवत्ता को बनाए रखा जाता है, साथ ही सूखने की प्रक्रिया में तेजी भी आती है। रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग एक ऐसी तकनीक है जो फलसब्जियों को कम समय, कम तापमान, लेकिन उच्च गुणवत्ता के साथ सुखाती है। यह हीटसेंसिटिव पोषक तत्वों (विटामिन, फेनोलिक्स, एंटीऑक्सीडेंट्स), रंग, स्वाद और अन्य संवेदी गुणों को बेहतर तरीके से बनाए रखती है। यह तकनीक व्यापारिक दृष्टिकोण से भी बहुत फायदे का सौदा है, क्योंकि यह न केवल उत्पादों की गुणवत्ता को बनाए रखती है, बल्कि उनकी शेल्फ लाइफ भी बढ़ाती है। यदि इसमें अवरक्त विकिरण सहायक रेफ्रैक्टेंस विंडो ड्राईंग, मोटाईताप नियंत्रण तथा ऊर्जा कुशल उपक्रम शामिल हों, तो इसे "पाँचवीं पीढ़ी" की तकनीक कहा जा सकता है।

इस तकनीक के व्यापक उपयोग से खाद्य प्रसंस्करण उद्योग में नई संभावनाएँ खुल सकती हैं और किसानों और उत्पादकों को बेहतर बाजार उपलब्ध कराए जा सकते हैं। समय के साथ, यदि इस तकनीक को सही तरीके से अपनाया जाए तो यह भारतीय खाद्य उद्योग में एक प्रमुख योगदानकर्ता बन सकता है।

कदंब फल के रस निष्कर्षण पर अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त तकनीक का प्रभाव: उपज, भौतिक-रासायनिक गुण एवं पोषण गुणवत्ता का वैज्ञानिक मूल्यांकन

तारक चंद्र पांडा[1], दिब्यकांत सेठ[1] एवं समलेश कुमारी[2]

[1]राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, राउरकेला

[2]भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

कदंब दक्षिण एवं दक्षिण-पूर्व एशिया में व्यापक रूप से पाया जाने वाला एक तीव्र गति से बढ़ने वाला सदाबहार वृक्ष है। भारतीय उपमहाद्वीप में यह वृक्ष धार्मिक, सांस्कृतिक एवं औषधीय दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण माना जाता है। इसके विभिन्न भागों जैसे फूल, छाल, पत्तियाँ एवं जड़ें पारंपरिक चिकित्सा प्रणालियों में खाँसी, ज्वर, सूजन, संक्रमण तथा त्वचा रोगों के उपचार में उपयोग की जाती रही हैं।

कदंब का फल गोलाकार होता है, जिसका व्यास सामान्यतः 5 से 7 सेमी के मध्य होता है। फल के केंद्र में खाद्य गूदा पाया जाता है, जिसके चारों ओर बीज एवं बाहरी छिलका उपस्थित रहता है। परिपक्व अवस्था में फल का रंग हरे से पीले या हल्के नारंगी में परिवर्तित हो जाता है। पोषण की दृष्टि से कदंब फल कैल्शियम, लोहा, मैग्नीशियम तथा जिंक जैसे सूक्ष्म खनिजों से समृद्ध है तथा इसकी खनिज संरचना सेब, नाशपाती एवं अन्य लोकप्रिय फलों की तुलना में अधिक संतुलित पाई गई है। कई अध्ययनों में यह बताया गया है कि कदंब फल में कैरोटिनॉइड्स, एन्थोसाइनिन्स, एलैजिटैनिन्स, फिनोलिक यौगिक, फ्लेवोनॉइड्स, टैनिन्स, ट्राइटरपेनॉयड्स, ग्लाइकोसाइड्स तथा विटामिन सी जैसे अनेक जैव सक्रिय यौगिक विद्यमान हैं। इन यौगिकों के कारण कदंब फल में उच्च एंटीऑक्सीडेंट क्षमता पाई जाती है, जो इसे आम, केला, अमरूद, पपीता एवं कटहल जैसे फलों की तुलना में अधिक पोषणात्मक एवं औषधीय रूप से मूल्यवान बनाती है। इसके बावजूद, कदंब फल का व्यावसायिक उपयोग अत्यंत सीमित है। इसका प्रमुख कारण फल के गूदे की जटिल रासायनिक एवं भौतिक संरचना है। गूदे में उपस्थित पेक्टिन-प्रोटीन बंधन तथा सघन रेशेदार मैट्रिक्स रस निष्कर्षण में बाधा उत्पन्न करते हैं, जिससे पारंपरिक यांत्रिक विधियों द्वारा कम रस उपज प्राप्त होती है।

रस निष्कर्षण में सुधार हेतु एंज़ाइमेटिक तकनीकों का उपयोग किया गया है, जिनमें पेक्टिनेज एंज़ाइम प्रमुख भूमिका निभाता है। पेक्टिनेज पेक्टिन को अपघटित कर रस की श्यानता कम करता है तथा स्पष्टता एवं रंग में सुधार करता है। हालाँकि, केवल एंज़ाइम आधारित निष्कर्षण प्रक्रिया अपेक्षाकृत अधिक समय लेने वाली होती है और कभी-कभी पोषक तत्वों की आंशिक हानि का कारण बन सकती है। अल्ट्रासाउंड तकनीक एक उभरती हुई गैर-तापीय प्रसंस्करण विधि है, जो ध्वनिक कैविटेशन के माध्यम से कोशिका भित्ति को विघटित करती है। इससे द्रव्यमान अंतरण में वृद्धि होती है, एंज़ाइम की पहुँच बढ़ती है तथा निष्कर्षण

समय में कमी आती है। अल्ट्रासाउंड एवं एंज़ाइम के संयुक्त उपयोग से रस निष्कर्षण की दक्षता में उल्लेखनीय वृद्धि संभव है, किंतु कदंब फल पर इस संयोजन के प्रभावों से संबंधित वैज्ञानिक साहित्य अत्यंत सीमित है।

इसके अतिरिक्त, कदंब फल के विभिन्न विकासात्मक चरणों में फाइटोकेमिकल एवं प्रतिपोषक तत्वों में होने वाले परिवर्तनों पर भी व्यवस्थित अध्ययन का अभाव है। यह जानकारी न केवल पोषण गुणवत्ता के आकलन के लिए आवश्यक है, बल्कि यह भी निर्धारित करने में सहायक है कि रस निष्कर्षण हेतु फल की कौन-सी अवस्था सर्वाधिक उपयुक्त है।

अतः प्रस्तुत अध्ययन का उद्देश्य था:

1. कदंब फल के विभिन्न विकासात्मक चरणों में फाइटोकेमिकल, एंटीऑक्सीडेंट एवं प्रतिपोषक घटकों का विश्लेषण करना।
2. अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त तकनीक द्वारा रस उपज एवं गुणवत्ता पर पड़ने वाले प्रभावों का मूल्यांकन करना।
3. रस निष्कर्षण के पश्चात प्राप्त फल अवशेषों में जैव सक्रिय यौगिकों की संभावनाओं का अध्ययन करना।

सामग्री एवं विधियाँ

कच्चे पदार्थ का संग्रह एवं चयन

कदंब फल ओडिशा राज्य के सुंदरगढ़ ज़िले (अक्षांश 22.12° उ., देशांतर 84.54° पू., ऊँचाई 219 मीटर) के विभिन्न स्थानों से एकत्र किए गए। फल अत्यंत नाशवान प्रकृति के होने के कारण कटाई के तुरंत पश्चात प्रयोगशाला में लाए गए। फल की परिपक्वता का निर्धारण बाह्य रंग (हल्का भूरा से नारंगी) तथा स्पर्श द्वारा कोमलता के आधार पर किया गया। केवल शारीरिक रूप से स्वस्थ, रोगमुक्त एवं यांत्रिक क्षति से रहित फलों का चयन किया गया।नमूना तैयारी

चयनित फलों को बहते स्वच्छ जल से धोया गया, तत्पश्चात हाथ से छिलका हटाकर खाद्य गूदे को अलग किया गया। गूदे को प्रयोगशाला ब्लेंडर की सहायता से समरूप किया गया, जिससे एक समान पल्प प्राप्त हो सके।

अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त रस निष्कर्षण

रस निष्कर्षण हेतु 100 ग्राम समरूपित गूदे का उपयोग किया गया। प्रारंभिक परीक्षणों के आधार पर एंज़ाइम सांद्रता (X_1), इनक्यूबेशन समय (X_2) तथा अल्ट्रासाउंड उपचार समय (X_3) को स्वतंत्र चर के रूप में चुना गया। सबसे पहले पल्प को प्रोब-प्रकार अल्ट्रासोनिकेटर द्वारा निर्धारित शक्ति एवं समय पर अल्ट्रासाउंड उपचार दिया गया। यह पूर्व-उपचार कोशिका भित्ति के विघटन तथा एंज़ाइम की उपलब्धता बढ़ाने हेतु किया गया। इसके पश्चात पेक्टिनेज एंज़ाइम मिलाकर मिश्रण को 120 आरपीएम पर ऑर्बिटल शेकर में इनक्यूबेट किया गया, जिससे एंज़ाइम–सब्सट्रेट संपर्क अधिकतम हो सके।

इनक्यूबेशन पूर्ण होने के पश्चात एंज़ाइम सक्रियता को –2 °C पर 5 मिनट तक ठंडा कर समाप्त किया गया। नियंत्रण नमूना बिना अल्ट्रासाउंड एवं एंज़ाइम उपचार के समान परिस्थितियों में संसाधित किया गया। उपचारित पल्प को मलमल कपड़े से छानकर रस पृथक किया गया।

चित्र 1: रस निष्कर्षण एवं उपज निर्धारण

रस का भौतिक एवं रासायनिक विश्लेषण

भौतिक गुण:

- श्यानता: 1 ± 28 °C पर यू-ट्यूब विस्कोमीटर द्वारा मापी गई।
- स्पष्टता: 660 nm तरंगदैर्ध्य पर % ट्रांसमिटेंस द्वारा निर्धारित की गई।
- कुल घुलनशील ठोस: 1 ± 25 डिग्री सेंटीग्रेट पर डिजिटल रिफ्रैक्टोमीटर द्वारा °ब्रिक्स में अभिव्यक्त।

रासायनिक गुण:

- पी.एच.: कैलिब्रेटेड डिजिटल पी.एच मीटर द्वारा।
- कुल फिनोलिक मात्रा: फोलिन–सियोकाल्ट्यू विधि द्वारा।
- एस्कॉर्बिक अम्ल: टाइट्रिमेट्रिक विधि द्वारा।
- फाइटेट मात्रा: रेड्डी एवं लव (1999) विधि द्वारा।

सांख्यिकीय विश्लेषण

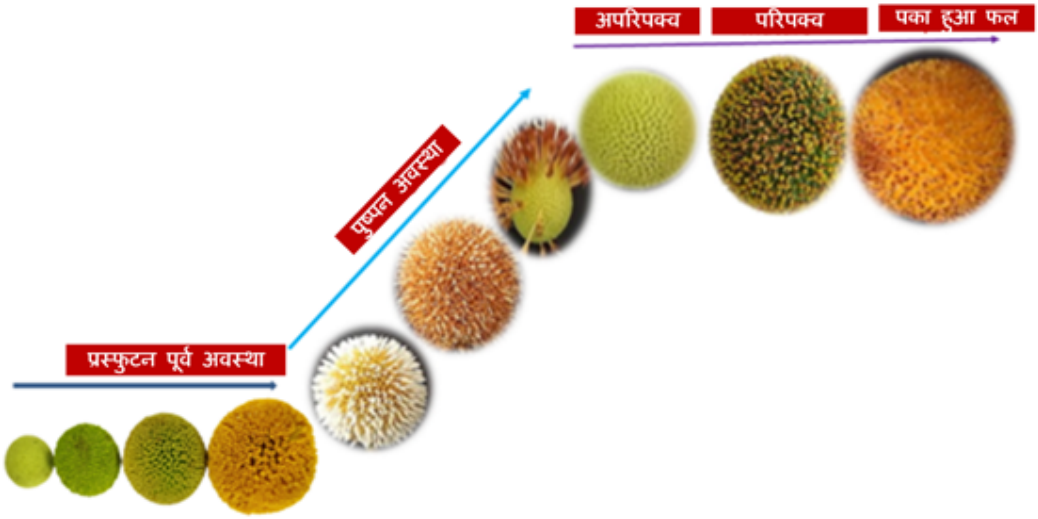
सभी प्रयोग त्रिक पुनरावृत्ति में किए गए। आंकड़ों का विश्लेषण द्वारा किया गया तथा प्रतिक्रिया सतह ग्राफ तैयार किए गए।

परिणाम एवं चर्चा

कदंब फल के विकासात्मक चरणों में फाइटोकेमिकल एवं प्रतिपोषक परिवर्तन

अध्ययन में कदंब फल को पाँच विकासात्मक अवस्थाओं (एस 1–एस 5) में वर्गीकृत किया गया। एस्कॉर्बिक अम्ल की मात्रा एस 1 में 8.52 मि.ग्रा./ग्रा. पाई गई, जो पकने के साथ घटकर एस 5 में 1.54 मि.ग्रा./ग्रा. रह गई। अपरिपक्व अवस्था में उच्च एस्कॉर्बिक अम्ल सक्रिय कोशिका विभाजन एवं एंटीऑक्सीडेटिव रक्षा से संबंधित है, जबकि परिपक्वता के साथ एस्कॉर्बेट ऑक्सीडेज की सक्रियता के कारण इसकी मात्रा घटती है।

कुल फिनोलिक की मात्रा निरंतर घटी। इसके साथ एंटीऑक्सीडेंट सक्रियता में भी कमी देखी गई। यह प्रवृत्ति दर्शाती है कि अपरिपक्व फल फिनोलिक यौगिकों को रक्षात्मक यौगिकों के रूप में संचित करते हैं। फाइटेट की मात्रा प्रारंभिक अवस्थाओं में स्थिर रही, किंतु पकने की अवस्था में इसमें तीव्र गिरावट देखी गई। यह अंतर्जात फाइटेज एंज़ाइम द्वारा फाइटिक अम्ल के अपघटन का परिणाम है, जिससे खनिजों की जैव उपलब्धता बढ़ती है।



चित्र 2: कदम्ब फल के रस की विकास प्रक्रिया

तालिका 1: कदंब फल के विभिन्न विकासात्मक चरणों में उपस्थित फाइटोकेमिकल्स एवं एंटीऑक्सीडेंट्स

क्र. सं.	फल अवस्था	एस्कॉर्बिक अम्ल (मि. ग्रा./ग्रा.)	कुल फिनॉलिक सामग्री (मि. ग्रा./ग्रा.)	एंटीऑक्सीडेंट, डीपीपीएच (%)	टैनिन (µg/g)	फाइटेट (मि. ग्रा./100ग्रा.)	सैपोनिन (मि. ग्रा./100ग्रा.)
1	अत्यंत छोटा (एस 1)	8.52±0.53	93.304±2.74	93.09±3.24	42.61±8.26	5.62±0.14	17.99±2.34
2	छोटा (एस 2)	6.856±0.25	64.976±1.54	88.98±2.35	83.95±3.51	5.44±0.04	18.75±0.35
3	मध्यम (एस 3)	4.236±0.64	46.171±1.21	87.61±2.47	61.92±2.35	5.22±0.15	13.13±1.11
4	परिपक्व (एस 4)	2.224±0.81	33.648±1.51	86.46±2.75	35.48±0.54	2.22±0.04	6.21±0.63
5	पका हुआ (S5)	1.54±0.87	30.374±1.86	84.21±2.62	19.54±1.23	0.394±0.002	21.73±0.54

फल अवशेषों में जैव सक्रिय यौगिक

रस निष्कर्षण के पश्चात प्राप्त फल अवशेषों में कुल फिनोलिक मात्रा मध्यम (4.83 मि.ग्रा./ग्रा.) होने के बावजूद डीपीपीएच एंटीऑक्सीडेंट सक्रियता अत्यंत उच्च (91.45%) पाई गई। यह इंगित करता है कि छिलके एवं रेशेदार ऊतकों में शक्तिशाली एंटीऑक्सीडेंट यौगिक विद्यमान हैं, जो इन अवशेषों को न्यूट्रास्यूटि-

क्र. सं.	पैरामीटर	मान
1	एस्कॉर्बिक अम्ल	0.01±3.61 मि.ग्रा./ग्रा.
2	कुल फिनॉलिक सामग्री	0.02±4.83 मि.ग्रा./ग्रा.
3	डीपीपीएच	2.7±91.45 %
5	फाइटेट	0.00±0.02 मि.ग्रा./ग्रा.

कल अथवा फंक्शनल फूड घटक के रूप में उपयोगी बना सकते हैं।

तालिका 2: फल अवशेषों में जैव सक्रिय यौगिक

अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम उपचारित रस के भौतिक-रासायनिक गुण

संयुक्त उपचार से रस उपज में उल्लेखनीय वृद्धि हुई, जो 59.78% से 76.00% के मध्य पाई गई (R^2 = 0.98)। अल्ट्रासाउंड द्वारा उत्पन्न कैविटेशन प्रभाव ने कोशिका भित्ति को विघटित किया, जिससे एंज़ाइम की पहुँच बढ़ी और पेक्टिन अपघटन अधिक प्रभावी हुआ।

रस की श्यानता में कमी एवं स्पष्टता में वृद्धि पेक्टिनेज क्रिया की पुष्टि करती है। कुल घुलनशील ठोस, पी.एच एवं अन्य गुणवत्ता मापदंड भी अल्ट्रासाउंड समय, एंज़ाइम सांद्रता एवं इनक्यूबेशन अवधि से प्रभावित हुए।

निष्कर्ष

प्रस्तुत अध्ययन से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि कदंब फल उच्च पोषण एवं जैव सक्रिय क्षमता के बावजूद अपर्याप्त प्रसंस्करण तकनीकों के कारण अल्प उपयोग में है। फल की विकास अवस्था पोषण एवं प्रतिपोषक गुणों को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करती है। अल्ट्रासाउंड–एंज़ाइम संयुक्त तकनीक रस उपज, स्पष्टता एवं गुणवत्ता में उल्लेखनीय सुधार करती है, जबकि पोषक तत्वों की रक्षा करती है। इसके अतिरिक्त, फल अवशेषों में उच्च एंटीऑक्सीडेंट सक्रियता इनके मूल्यवर्धित उपयोग की व्यापक संभावनाएँ प्रस्तुत करती है। यह तकनीक कदंब फल के सतत, कुशल एवं व्यावसायिक प्रसंस्करण हेतु एक प्रभावी समाधान प्रदान करती है।

सोया-बेस्ड फंक्शनल योगर्ट बनाने के लिए फर्मेंटेशन कंडीशन का ऑप्टिमाइज़ेशन

समलेश कुमारी , दीपिका अग्रहर-मुरुगकर, खुशी सतपालिनी एवं सौम्या मिश्रा
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

चित्रात्मक सार

प्रस्तावना

सोया-बेस्ड योगर्ट तेज़ी से सबसे पॉपुलर प्लांट-बेस्ड डेयरी रिप्लेसमेंट में से एक बन गया है, ज़्यादातर इसलिए क्योंकि कंज्यूमर लैक्टोज़-फ्री, कोलेस्ट्रॉल-फ्री और एनवायरनमेंट फ्रेंडली खाने की चीज़ों की तरफ जा रहे हैं। सोया मिल्क नेचुरली हाई-क्वालिटी प्रोटीन, ज़रूरी फैटी एसिड और बायोएक्टिव कंपाउंड से भरपूर होता है, जो इसे फर्मेंटेशन के लिए एक बेहतरीन बेस बनाता है। हालांकि, डेयरी मिल्क के उलट, सोया मिल्क में कैसिइन माइसेल्स नहीं होते हैं, जो खास योगर्ट जेल बनाने के लिए ज़िम्मेदार नेचुरल स्ट्रक्चर है। इस कमी की वजह से अच्छे टेक्सचर, फ्लेवर और स्टेबिलिटी वाला प्रोडक्ट बनाने के लिए फर्मेंटेशन कंडीशन को ध्यान से ऑप्टिमाइज़ करना ज़रूरी हो जाता है।

फर्मेंटेशन के दौरान, लैक्टिक एसिड बैक्टीरिया (LAB) सोया मिल्क को इस तरह से बदलते हैं जिससे उसके न्यूट्रिशनल और सेंसरी गुणों में काफी सुधार होता है। वे प्रोटीन को तोड़ते हैं, बीन या अनचाहे

फ्लेवर को कम करते हैं, और ऑर्गेनिक एसिड और एक्सोपॉलीसेकेराइड (EPS) जैसे फायदेमंद कंपाउंड बनाते हैं। ये माइक्रोबियल एक्टिविटी न केवल सोया योगर्ट के टेक्सचर और क्रीमीनेस को बढ़ाती हैं, बल्कि इसके फंक्शनल फायदों में भी योगदान देती हैं, जिसमें एंटीऑक्सीडेंट एक्टिविटी और संभावित गट-हेल्थ सपोर्ट शामिल हैं। ये सुधार कितने हद तक होंगे, यह इस बात पर निर्भर करता है कि फर्मेंटेशन को कैसे कंट्रोल किया जाता है, खासकर तापमान, इनोकुलम कंसंट्रेशन और फर्मेंटेशन का समय।

सोया योगर्ट बनाने में सबसे बड़ी चुनौतियों में से एक है ऐसा स्ट्रक्चर बनाना जो डेयरी योगर्ट जितना ही स्मूद और मज़बूत लगे। रिसर्च से पता चलता है कि जब फर्मेंटेशन ठीक से रेगुलेट होता है, तो सोया प्रोटीन ज़्यादा असरदार तरीके से मिलकर एक स्टेबल जेल नेटवर्क बना सकते हैं। स्टार्टर कल्चर भी एक ज़रूरी भूमिका निभाते हैं: स्ट्रेप्टोकोकस थर्मोफिलस और लैक्टोबैसिलस प्लांटारम जैसे स्ट्रेन न सिर्फ़ सोया को अच्छे से फर्मेंट करते हैं बल्कि EPS भी बनाते हैं, जो योगर्ट को गाढ़ा करने और स्टोरेज के दौरान प्रोबायोटिक के बचने को बेहतर बनाने में मदद करता है। इन मुश्किल इंटरैक्शन की वजह से, रिस्पॉन्स सरफेस मेथडोलॉजी जैसे ऑप्टिमाइज़ेशन टूल बहुत काम के होते हैं। RSM रिसर्चर्स को यह स्टडी करने में मदद करता है कि कई फ़र्मेंटेशन फ़ैक्टर एक साथ कैसे काम करते हैं और एक जैसा, अच्छी क्वालिटी वाला सोया योगर्ट बनाने के लिए सही हालात की पहचान करने में मदद करता है। स्टडीज़ से पता चलता है कि फ़र्मेंटेशन टेम्परेचर या इनोकुलम लेवल में छोटे बदलाव एसिडिटी, टेक्सचर और माइक्रोबियल वायबिलिटी पर काफ़ी असर डाल सकते हैं।

फंक्शनल प्लांट-बेस्ड फूड्स में दुनिया भर में बढ़ती दिलचस्पी के साथ, एक भरोसेमंद और ऑप्टिमाइज्ड सोया योगर्ट प्रोसेस डेवलप करने का साइंटिफिक और कमर्शियल दोनों तरह से महत्व है। यह स्टडी खास तौर पर सोया-बेस्ड योगर्ट के लिए फर्मेंटेशन कंडीशन को ऑप्टिमाइज करने और यह एवैल्यूएट करने पर फोकस करती है कि ये कंडीशन इसके न्यूट्रिशनल, बायोफंक्शनल और सेंसरी गुणों पर कैसे असर डालती हैं।

इसलिए, इस स्टडी का मकसद हाई-क्वालिटी सोया-बेस्ड फंक्शनल योगर्ट बनाने के लिए फॉर्मूलेशन को ऑप्टिमाइज़ करना और फर्मेंटेशन कंडीशन को स्टैंडर्ड बनाना है। इसके अलावा, स्टडी ऑप्टिमाइज़्ड प्रोडक्ट के न्यूट्रिशनल एनहांसमेंट और बायोफंक्शनल प्रॉपर्टीज़ को इवैल्यूएट करने के साथ-साथ इसकी सेंसरी एक्सेप्टेबिलिटी और शेल्फ-लाइफ स्टेबिलिटी का भी असेसमेंट करना चाहती है।

सामग्री और विधि

सोया मिल्क योगर्ट बनाना

सोया मिल्क को एक स्टैंडर्ड तरीके से तैयार किया गया, जिसकी शुरुआत साफ, अच्छी क्वालिटी वाले सोयाबीन को चुनने से हुई। बीन्स को अच्छी तरह से धोया गया और 5-6 घंटे के लिए भिगोया गया ताकि बीज का ऊपरी हिस्सा नरम हो जाए और पीसने की क्षमता बढ़ जाए। भिगोने के बाद, बीन्स को पानी से निकाला गया, धोया गया और एक जैसा घोल बनाने के लिए 1:6 के अनुपात में पानी के साथ पीसा गया। फिर इस घोल को मलमल के कपड़े से गुज़ारा गया ताकि ओकरा निकल जाए, जिससे ताज़ा निकाला हुआ कच्चा

सोया मिल्क मिला।

कच्चे सोया दूध को 95°C पर 10 मिनट तक हीट ट्रीटमेंट किया गया ताकि एंटी-न्यूट्रिशनल फैक्टर खत्म हो जाएं, सोया प्रोटीन के फंक्शनल गुण बेहतर हो जाएं और माइक्रोबियल सेफ्टी पक्की हो जाए। उबालने के बाद, सोया दूध को ज़रूरी फर्मेंटेशन टेम्परेचर (40–42°C) तक ठंडा किया गया।

ठंडा होने के बाद, दूध में एक्टिवेटेड लैक्टोबैसिलस स्टार्टर कल्चर (230) मिलाया गया और 1% इनोकुलम लेवल पर इनोकुलेटेड किया गया। इनोकुलेटेड सोया मिल्क को फिर रिस्पॉन्स सरफेस मेथडोलॉजी (RSM) से तय फर्मेंटेशन कंडीशन में इनक्यूबेट किया गया, जिससे कल्चर एसिडिफाई हो गया और मिल्क मैट्रिक्स जम गया। फर्मेंटेशन तब तक जारी रहा जब तक मनचाहा दही जैसा गाढ़ापन और पी.एच नहीं मिल गया, जिसके बाद प्रोडक्ट को आगे के एनालिसिस तक रेफ्रिजरेशन में स्टोर किया गया।

चित्र 1. सोयाबीन दही (सोया योगर्ट) बनाने की क्रमवार विधि

स्टार्टर कल्चर की तैयारी

दही के फर्मेंटेशन के लिए इस्तेमाल होने वाले स्टार्टर कल्चर में लैक्टोबैसिलस स्पीशीज़ होती थीं, जिन्हें फ्रीज़-ड्राइड एम्पुल के रूप में सप्लाई किया जाता था। कल्चर को पहले एसेप्टिक कंडीशन में रिवाइव

किया गया। एम्पुल को ध्यान से खोला गया और उसके अंदर की चीज़ों को एक स्टेराइल टेस्ट ट्यूब में ट्रांसफर किया गया जिसमें 10 mL स्टेरिलाइज़्ड स्किम मिल्क (या जीव की न्यूट्रिएंट की ज़रूरत के हिसाब से MRS ब्रोथ) था। कल्चर का सही फैलाव पक्का करने के लिए ट्यूब को धीरे से घुमाया गया और 37–40°C पर 18–24 घंटे तक इन्क्यूबेट किया गया, जब तक कि दिखने वाली ग्रोथ और हल्का एसिडिफिकेशन न दिखे, जो सफल एक्टिवेशन का संकेत था।

एक्टिवेटेड कल्चर ने पहले स्टेज के इनोकुलम का काम किया। सेल डेंसिटी बढ़ाने और दही बनाने के लिए एक बहुत ज़्यादा वायबल कल्चर पक्का करने के लिए, एक्टिवेटेड इनोकुलम का 1 mL ताज़े स्टेराइल स्किम मिल्क या MRS ब्रोथ (दूसरे स्टेज का प्रोपेगेशन) में ट्रांसफर किया गया। इस ट्यूब को फिर से 18–12 घंटे के लिए सही ग्रोथ टेम्परेचर पर इनक्यूबेट किया गया, जिससे बैक्टीरिया लेट एक्सपोनेंशियल फेज़ तक पहुँच सके। इस दो-स्टेप एक्टिवेशन ने दही फर्मेंटेशन के लिए सही एक हाई वायबल काउंट (लगभग 10^9–10^8 CFU/mL) पक्का किया।

पूरी तरह एक्टिवेट होने के बाद, ताज़े प्रोपगैंडा किए गए कल्चर का इस्तेमाल सोया मिल्क को 1% इनोक्यूलेशन लेवल पर इनोक्युलेट करने के लिए किया गया। कल्चर को रेफ्रिजरेट किया गया और फर्मेंटेशन के दौरान ज़्यादा से ज़्यादा वायबिलिटी और एक्टिविटी बनाए रखने के लिए 24 घंटे के अंदर इस्तेमाल किया गया।

रिस्पॉन्स सरफेस मेथडोलॉजी (RSM) का इस्तेमाल करके एक्सपेरिमेंटल डिज़ाइन

सोया योगर्ट की क्वालिटी पर असर डालने वाले खास फर्मेंटेशन पैरामीटर को बेहतर बनाने के लिए रिस्पॉन्स सरफेस मेथडोलॉजी (RSM) का इस्तेमाल किया गया। सेंट्रल कम्पोजिट डिज़ाइन (CCD) इसलिए चुना गया क्योंकि यह ज़रूरी एक्सपेरिमेंटल ट्रायल की कुल संख्या को कम करते हुए वैरिएबल के बीच इंटरैक्शन के असर को असरदार तरीके से जांचता है। फर्मेंटेशन प्रोसेस के लिए तीन अलग-अलग वैरिएबल को ज़रूरी माना गया:

- तापमान (A): 35–45°C
- इनोकुलम सांद्रता (बी): 1–3%
- किण्वन समय (C): 4–10 घंटे

हर फैक्टर की स्टडी तीन कोडेड लेवल (1+ ,0 ,1–) पर की गई, जिससे एक्सपेरिमेंटल रन का एक स्ट्रक्चर्ड मैट्रिक्स बना, जिससे सेकंड-ऑर्डर पॉलीनोमियल मॉडल डेवलप हो सका। जिन प्राइमरी रिस्पॉन्स वैरिएबल का मूल्यांकन किया गया, उनमें शामिल थे:

- किण्वन के दौरान पी.एच में कमी
- अनुमापनीय अम्लता (%)
- माइक्रोबियल व्यवहार्यता (लॉग CFU/g)
- संवेदी स्वीकार्यता स्कोर
- टेक्सचर की खासियतें (जेल की मज़बूती और चिपचिपाहट)

ये रिस्पॉन्स इसलिए चुने गए क्योंकि ये सब मिलकर सोया योगर्ट की फंक्शनल क्वालिटी, स्टेबिलिटी और कंज्यूमर एक्सेप्टेंस तय करते हैं। हर इंडिपेंडेंट फैक्टर और उनके इंटरैक्शन का मापे गए रिस्पॉन्स पर असर पता लगाने के लिए RSM एनालिसिस किया गया। सबसे अच्छे फर्मेंटेशन कंडीशन पहचानने के लिए एक डिज़ायरेबिलिटी फंक्शन इस्तेमाल किया गया, जिसने एसिडिटी डेवलपमेंट, माइक्रोबियल ग्रोथ और सेंसरी एट्रीब्यूट्स को बैलेंस किया। RSM मॉडल प्रेडिक्शन और एक्सपेरिमेंटल वैलिडेशन के आधार पर, सबसे अच्छे कंडीशन ये पाए गए:

- तापमान: 41–42°C
- इनोकुलम सांद्रता: 2%
- फर्मेंटेशन का समय: 7 घंटे

तालिका 1 इन हालात में सोया योगर्ट का टेक्सचर बेहतर, एसिडिटी अच्छी, बीन का स्वाद कम और प्रोबायोटिक की ज़्यादा संभावना वाला बना।

स्वतंत्र चर	प्रतीक	1– (निम्न स्तर)	0 (केंद्र स्तर)	1+ (उच्च स्तर)	वास्तविक सीमा
तापमान (°C)	ए	35° सेल्सियस	40° सेल्सियस	45° सेल्सियस	35-45° सेल्सियस
इनोकुलम सांद्रता (%)	बी	1 %	2 %	3 %	3-1 %
किण्वन समय (घंटे)	सी	4 घंटे	7 घंटे	10 घंटे	6-10 घंटे

परिणाम और चर्चा

पी.एच और अनुमापनीय अम्लता

एसिडिफिकेशन की दर टेम्परेचर और इनोकुलम लेवल पर बहुत ज़्यादा निर्भर करती थी। लगभग 40-42°C पर 2% का एक मॉडरेट इनोकुलम पी.एच में लगातार गिरावट लाता है, जो 6-8 घंटों के अंदर 4.3–4.5 की ज़रूरी रेंज तक पहुँच जाता है। ज़्यादा टेम्परेचर या ज़्यादा इनोकुलम लेवल पर, ओवर-एसिडिफिकेशन होता है, जिससे टेक्सचर में खराबी आती है। कम वैल्यू पर, फर्मेंटेशन धीमा हो जाता है, और बीन जैसा स्वाद ज़्यादा महसूस होता है।

माइक्रोबियल व्यवहार्यता

फर्मेंटेशन पीरियड के दौरान प्रोबायोटिक वायबिलिटी बढ़ी, जो सबसे अच्छी कंडीशन में 10^9–10^8 CFU/g तक पहुंच गई। फर्मेंटेशन धीमा होने के बाद भी काउंट्स मिनिमम प्रोबायोटिक थ्रेशहोल्ड (10^7 CFU/g) से काफी ऊपर रहे।

संवेदी मूल्यांकन

1.5-2% इनोकुलम के साथ 41–42°C पर फर्मेंट किए गए सोया-दही को सभी सेंसरी पैरामीटर्स में हाई हेडोनिक स्कोर मिले, जो बेहतरीन लुक, स्मूद टेक्सचर, बैलेंस्ड फ्लेवर, कम बीन नोट्स और कुल मिलाकर अच्छी एक्सेप्टेबिलिटी दिखाते हैं।

तालिका 1 : सोया योगर्ट की संवेदी विशेषताओं का मूल्यांकन (हेडोनिक स्कोर, -9पॉइंट स्केल)

संवेदी विशेषता	हेडोनिक स्कोर (-9पॉइंट स्केल)
उपस्थिति	8.4
बनावट	8.6
स्वाद	8.3
सुगंध	8.0
समग्र स्वीकार्यता	8.7

टेक्सचर और एसिडिटी पर फर्मेंटेशन का असर

टेम्परेचर ने प्रोटीन के जमने पर बहुत असर डाला: ज़्यादा टेम्परेचर ने शुरू में जेल बनने को बढ़ावा दिया लेकिन अगर यह बहुत ज़्यादा हो तो आखिर में सिनेरेसिस हो गया। इनोकुलम कंसंट्रेशन ने एसिडिफिकेशन की रफ़्तार को कंट्रोल किया, जबकि फर्मेंटेशन टाइम ने फ्लेवर की मैच्योरिटी और माइक्रोबियल बैलेंस तय किया। इन पैरामीटर्स के इंटरेक्शन से पता चला कि सोया योगर्ट डेयरी योगर्ट से अलग तरह से काम करता है और इसके लिए कंडीशन पर ज़्यादा कंट्रोल की ज़रूरत होती है।

इष्टतम किण्वन स्थितियाँ

RSM ने अनुमान लगाया और एक्सपेरिमेंट के नतीजों ने कन्फर्म किया कि सबसे अच्छी प्रोडक्ट क्वालिटी यहाँ मिली:

- तापमान: 41-42°C
- इनोकुलम: 1.5%, 2%
- समय:-7-8 घंटे

प्रोबायोटिक का अस्तित्व और शेल्फ-लाइफ

संवेदी सारांश

ऑप्टिमाइज़्ड सोया योगर्ट में ये चीज़ें थीं:

- चिकनी, मलाईदार जैसी बनावट
- उज्ज्वल, एक समान उपस्थिति
- बिना बीन्स के स्वाद वाला साफ़ खट्टा स्वाद
- न्यूनतम सहक्रिया

ये खूबियां प्लांट-बेस्ड योगर्ट प्रोडक्ट्स के लिए कंज्यूमर की उम्मीदों से अच्छी तरह मेल खाती हैं।

निष्कर्ष

स्टडी से पता चला कि सोया-बेस्ड फंक्शनल योगर्ट की क्वालिटी फर्मेंटेशन कंडीशन पर अत्यधिक निर्भर करती है। रिस्पॉन्स सरफेस मेथडोलॉजी के उपयोग से ऑप्टिमल टेम्परेचर (41–42°C), इनोकुलम सांद्रता (1.5–2%) और फर्मेंटेशन समय (7–8 घंटे) निर्धारित किया गया। इन हालात में योगर्ट का टेक्सचर चिकना और मलाईदार, एसिडिटी संतुलित, फ्लेवर संतुलित और प्रोबायोटिक वायबिलिटी उच्च रही। ऑप्टिमाइज्ड फर्मेंटेशन ने न्यूट्रिशनल और बायोफंक्शनल गुणों में सुधार किया और शेल्फ-लाइफ स्थिरता सुनिश्चित की। यह अध्ययन प्लांट-बेस्ड डेयरी विकल्पों के व्यावसायिक उत्पादन के लिए मार्गदर्शन प्रदान करता है।

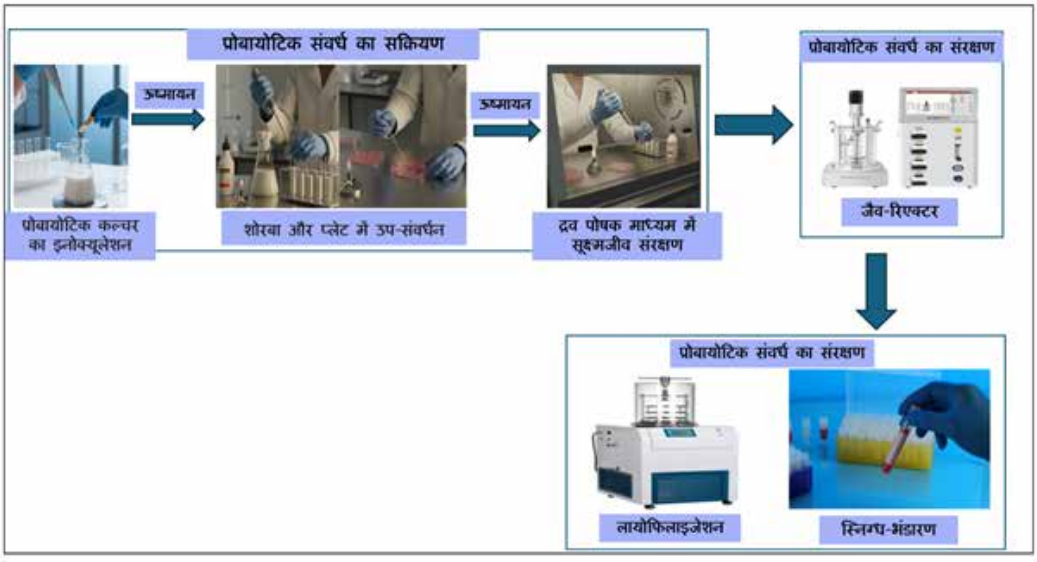
प्रोबायोटिक्स के सक्रियण, अनुरक्षण एवं संरक्षण की रणनीतियाँ: जीवनीयता और क्रियात्मक प्रभावकारिता सुनिश्चित करना

समलेश कुमारी , दीपिका अग्रहर-मुरुगकर, सौम्या मिश्रा, खुशी सतपालिनी एवं राकेश कुमार रमन

[1]भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

[2]पीएसएस केन्द्रीय व्यावसायिक शिक्षा संस्थान, भोपाल

चित्रात्मक सार



प्रस्तावना

पिछले एक शताब्दी में प्रोबायोटिक्स एक वैज्ञानिक जिज्ञासा से विकसित होकर आधुनिक पोषण, खाद्य जैवप्रौद्योगिकी एवं सूक्ष्मजीवी उपचार का एक आवश्यक घटक बन गए हैं। एली मेचीनकोफ द्वारा किण्वित दुग्ध उत्पादों को बेहतर स्वास्थ्य एवं दीर्घायु से जोड़ने वाले प्रारंभिक अवलोकनों से प्रेरित होकर, आज प्रोबायोटिक्स को एफएओ/डब्ल्यूएचओ द्वारा "ऐसे जीवित सूक्ष्मजीव, जो पर्याप्त मात्रा में दिए जाने पर मेज़बान को स्वास्थ्य लाभ प्रदान करते हैं" के रूप में परिभाषित किया गया है।

आधुनिक अनुसंधान ने इस अवधारणा को एक परिष्कृत वैज्ञानिक ढाँचे में विस्तारित किया है, जिसमें लेक्टोबेसिलस, बिफिडोबेक्टीरियम, बेसिलस, स्ट्रेप्टोकोकस, एंटिरोकोकस तथा सेक्रोमाइसिस जैसे वंशों के

स्ट्रेन्स का चयन कठोर मानदंडों—जैसे अम्ल एवं पित्त सहनशीलता, चिपकने की क्षमता, प्रतिजैविक यौगिकों का उत्पादन तथा प्रमाणित सुरक्षा के आधार पर किया जाता है। इनका विभिन्न खाद्य मैट्रिक्स, विशेषकर पौध-आधारित प्रणालियों (जैसे सोया दूध) में समावेशन, कार्यात्मक खाद्य पदार्थों के दायरे को विस्तृत करता है। ये प्रोबायोटिक्स आंत माइक्रोबायोटा के पुनर्गठन, उपकला अखंडता को सुदृढ़ करने, प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया को विनियमित करने तथा जैव-सक्रिय उपचयों के उत्पादन द्वारा खाद्य संरक्षण में योगदान देने की क्षमता रखते हैं।

यद्यपि, वैज्ञानिक प्रगति के बावजूद, प्रसंस्करण, भंडारण एवं उपभोग के दौरान प्रोबायोटिक जीवनीयता को बनाए रखना एक प्रमुख चुनौती बना हुआ है, विशेष रूप से गैर-डेयरी वितरण प्रणालियों में, जहाँ पर्यावरणीय तनाव सूक्ष्मजीवों की संख्या को 10^6 सीएफयू/ग्रा. की कार्यात्मक सीमा से नीचे घटा सकता है। यह सीमा संवेदी गुणवत्ता एवं नैदानिक विश्वसनीयता दोनों को प्रभावित करती है। अतः अनुकूलित सक्रियण, कैप्सूलीकरण एवं संरक्षण तकनीकों की आवश्यकता है। साथ ही, मानकीकृत जीवनीयता परीक्षण, पौध-आधारित मैट्रिक्स में दीर्घकालिक प्रदर्शन मूल्यांकन तथा नए प्रोबायोटिक उत्पादों के नैदानिक प्रमाणीकरण में भी अभी अंतराल मौजूद हैं। ये सभी चुनौतियाँ प्रोबायोटिक सक्रियण, अनुरक्षण एवं संरक्षण पर केंद्रित अनुसंधान के महत्व को रेखांकित करती हैं।

प्रोबायोटिक्स का सक्रियण

परिभाषा एवं महत्व

"प्रोबायोटिक" शब्द ग्रीक वाक्यांश प्रो बायोस से लिया गया है, जिसका अर्थ है "जीवन के लिए", जो प्राचीन ग्रीक एवं रोमन सभ्यताओं में किण्वित खाद्य पदार्थों के स्वास्थ्य लाभों से जुड़ा है। आधुनिक विज्ञान के अनुसार, प्रोबायोटिक्स वे जीवित सूक्ष्मजीव हैं जो पर्याप्त मात्रा में सेवन करने पर स्वास्थ्य लाभ प्रदान करते हैं।

प्रोबायोटिक्स का सक्रियण उन निष्क्रिय या तनावग्रस्त कोशिकाओं जो सामान्यतः फ्रीज़-ड्राइंग, स्प्रे-ड्राइंग या शीत भंडारण के परिणामस्वरूप उत्पन्न होती हैं को पुनः पूर्ण चयापचयी सक्रिय अवस्था में लाने की प्रक्रिया है। इस पुनर्जीवन में झिल्ली की मरम्मत, पुनर्जलीकरण, कोशिका विभाजन की पुनः शुरुआत तथा अम्ल एवं पित्त सहनशीलता, चिपकने की क्षमता एवं उपचय उत्पादन जैसी आवश्यक क्रियाओं की पुनः स्थापना शामिल है। यह सक्रियण खाद्य मैट्रिक्स में तकनीकी पुनर्जलीकरण के दौरान या शरीर में लार, जठर रस, पित्त लवण एवं आंत्रीय पोषक तत्वों के संपर्क में आने पर शारीरिक रूप से हो सकता है।

कुशल सक्रियण अत्यंत आवश्यक है, क्योंकि प्रोबायोटिक प्रभावकारिता चयापचयी रूप से सक्षम कोशिकाओं की उपस्थिति पर निर्भर करती है। अपर्याप्त सक्रियण के कारण कोशिकाएँ क्षतिग्रस्त या निष्क्रिय बनी रह सकती हैं, जिससे लेबल पर दर्शाए गए सीएफयू और वास्तविक कार्यात्मक खुराक के बीच अंतर उत्पन्न होता है। इसलिए सीएफयू गणना से परे सक्रियण संकेतकों का मानकीकरण उत्पाद विश्वसनीयता एवं नैदानिक परिणामों में सुधार हेतु महत्वपूर्ण है।

सक्रियण को प्रभावित करने वाले कारक

तालिका 1:- प्रोबायोटिक कल्चर की सक्रियण दक्षता को प्रभावित करने वाले भौतिक-रासायनिक, जैविक एवं पर्यावरणीय कारक

क्रम संख्या	कारक	सक्रियण दक्षता पर प्रभाव	प्रोबायोटिक स्ट्रेन के उदाहरण
1	**भौतिक-रासायनिक कारक**		
a	पी.एच	प्रारंभिक सक्रियण के दौरान एंजाइम गतिविधि एवं झिल्ली स्थिरता को प्रभावित करता है	लेक्टोबेसिलस एसिडोफिलस, बिफिडोबेक्टीरियम बीफिडम
b	तापमान	चयापचयी पुनर्सक्रियन की दर निर्धारित करता है; प्रत्येक स्ट्रेन का एक इष्टतम तापमान होता है	एल. रेमनोसिस, बी.लोंगम, एस. बोलार्डी
c	ऑक्सीजन उपलब्धता	अवायवीय स्ट्रेन्स की जीवनीयता एवं सक्रियण दक्षता को प्रभावित करती है	बी. एड्लोसेंटीस, एल. plantarum प्लानटरम
d	जल सक्रियता	शुष्क कल्चर के पुनर्जलीकरण हेतु अत्यंत महत्वपूर्ण; कम aw सक्रियण को विलंबित करता है	फ्रीज़-ड्राइ एल. केसीआई, एल. ब्रेविस
2	**जैविक कारक**		
a	स्ट्रेन की शरीर क्रिया	मजबूती, तनाव सहनशीलता एवं सक्रियण गति निर्धारित करती है	बी.लोंगम, एस. बोलार्डी
b	सक्रियण से पूर्व जीवनीयता	क्षतिग्रस्त कोशिकाएँ धीमे सक्रिय होती हैं; अक्षत कोशिकाएँ शीघ्र	एल. पेराकेसीआई, बी. इन्फेनटीस
3	**पर्यावरणीय तनाव कारक**		
a	परासरणीय तनाव	झिल्ली पुनर्जलीकरण एवं चयापचयी पुनर्स्थापन को प्रभावित करता है	एस. बोलार्डी, एल. ब्रेविस
b	अम्लीय तनाव	GI-सदृश परिस्थितियों में सक्रियण को प्रभावित करता है	एल. क्रिस्पेटस, बिफिडोबेक्टीरियम बीफिडम
c	पित्त सहनशीलता	ऊपरी आंत में जीवित रहने एवं सक्रियण को निर्धारित करती है	एल. जॉनसोनी, बी.लोंगम

सक्रियण विधियाँ

प्रोबायोटिक्स की सक्रियण विधियाँ फ्रीज़-ड्राइंग, स्प्रे-ड्राइंग या प्रशीतन से उत्पन्न निष्क्रिय या तनावग्रस्त कोशिकाओं को पुनः जीवनीय एवं वृद्धि-सक्षम अवस्था में लाती हैं। ये विधियाँ झिल्ली क्षति, परासरणीय असंतुलन एवं चयापचयी दमन को लक्षित कर, लैग-फेज की पुनर्प्राप्ति सुनिश्चित करती हैं।

पुनर्जलीकरण प्रोटोकॉल

समसमिक बफर या पोषक-समृद्ध माध्यम (जैसे ग्लूकोज़, पेप्टाइड्स एवं द्विसंयोजी आयन युक्त) में पुनर्जलीकरण शुष्क कोशिकाओं की झिल्ली मरम्मत एवं परासरणीय संतुलन को सुगम बनाता है। लेक्टोबेसिलस के लिए एमआरएस ब्रॉथ एवं बिफिडोबेक्टीरियम के लिए रिइन्फोर्स्ड क्लॉस्ट्रिडियल मीडियम जैसे माध्यमों में स्ट्रेन-विशिष्ट पूर्व-संवर्धन, 5.5–6.5 पी.एच एवं 30–37 डिग्री सेल्सियस तापमान पर, जैवभार पुनर्प्राप्ति एवं शारीरिक पुनर्जीवन को बढ़ावा देता है।

पर्यावरणीय एवं सुरक्षात्मक रणनीतियाँ

अवायवीय या सूक्ष्म-वायवीय परिस्थितियाँ ऑक्सीजन-संवेदनशील बिफिडोबेक्टीरियम स्ट्रेन्स को प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों से बचाती हैं। ट्रेहालोज़, ग्लिसरॉल एवं स्किम्ड मिल्क सॉलिड्स जैसे सुरक्षात्मक योजक झिल्ली एवं चयापचयी मार्गों को स्थिर कर सक्रियण को तीव्र करते हैं। इन विधियों का मानकीकरण औद्योगिक विस्तारशीलता एवं शरीर के भीतर प्रदर्शन की संगति को बेहतर बनाता है।

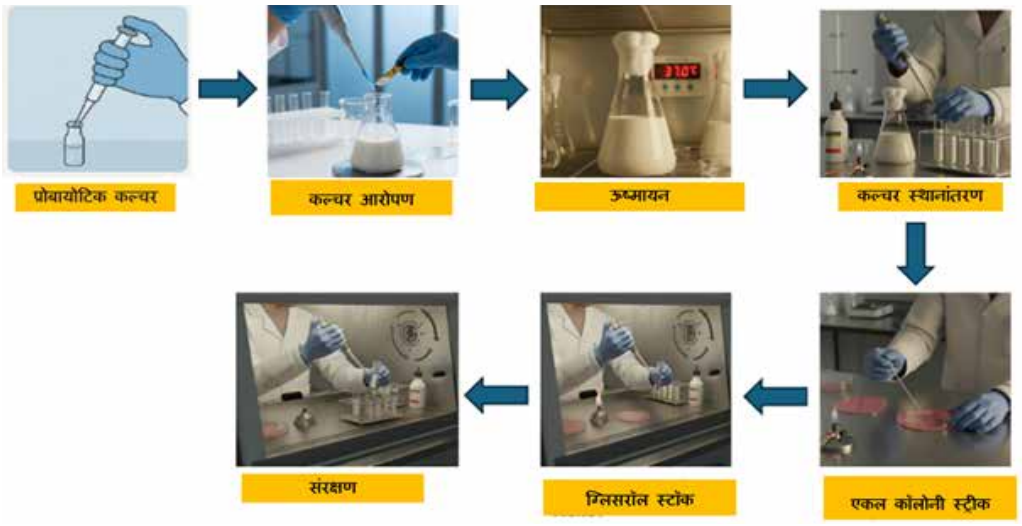
प्रोबायोटिक्स का संरक्षण

संरक्षण का अवलोकन

प्रोबायोटिक्स का संरक्षण प्रसंस्करण, भंडारण एवं उपभोग के दौरान कोशिकीय जीवनीयता, आनुवंशिक स्थिरता एवं क्रियात्मक गतिविधि बनाए रखने के लिए आवश्यक है। चूँकि ये सूक्ष्मजीव ऊष्मा, निर्जलीकरण, ऑक्सीजन एवं अम्लीयता के प्रति संवेदनशील होते हैं, संरक्षण विधियों का उद्देश्य तनाव-जनित क्षति को न्यूनतम करना होता है। प्रभावी रणनीतियाँ 10^9–10^6 सीएफयू प्रति सर्विंग की चिकित्सीय खुराक को बनाए रखने पर केंद्रित होती हैं।

क्रायोसंरक्षण (ग्लिसरॉल स्टॉक)

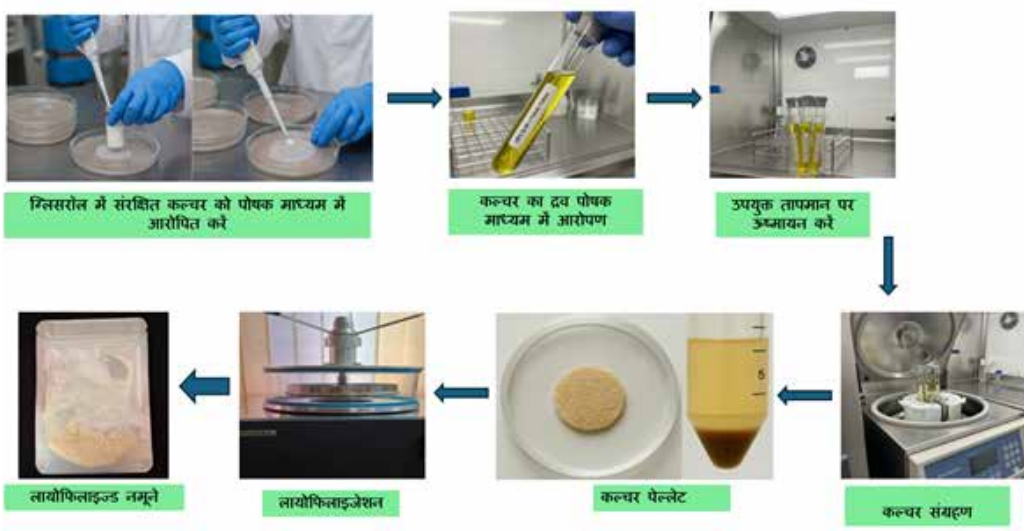
क्रायोसंरक्षण मुख्यतः दीर्घकालिक प्रयोगशाला एवं औद्योगिक भंडारण के लिए प्रयुक्त होता है। कोशिकाओं को सामान्यतः 10–20 प्रतिशत ग्लिसरॉल में निलंबित कर –80 डिग्री सेल्सियस या द्रव नाइट्रोजन में संग्रहित किया जाता है। ग्लिसरॉल बर्फ क्रिस्टल निर्माण को कम कर झिल्ली अखंडता बनाए रखता है। यह विधि उत्कृष्ट जीवनीयता एवं आनुवंशिक स्थिरता प्रदान करती है, किंतु सतत निम्न तापमान भंडारण की आवश्यकता के कारण व्यावसायिक वितरण हेतु कम उपयुक्त है।



चित्र 1:- क्रायोसंरक्षण द्वारा प्रोबायोटिक कल्चर का संरक्षण

फ्रीज़-ड्राइंग

फ्रीज़-ड्राइंग प्रोबायोटिक संरक्षण की सर्वाधिक प्रचलित तकनीक है। इसमें कोशिका निलंबन को –40 से –80°C पर जमाकर निम्न दाब पर बर्फ का उर्ध्वपातन किया जाता है, जिससे एक स्थिर निर्जल पाउडर प्राप्त होता है। स्किम्ड मिल्क, ट्रेहालोज़, सुक्रोज़ एवं ग्लिसरॉल जैसे क्रायोप्रोटेक्टेंट झिल्ली एवं प्रोटीन को स्थिर रखते हैं। हालाँकि, स्ट्रेन-विशिष्ट संवेदनशीलता, उच्च लागत एवं ऑक्सीकरणीय क्षति जैसी चुनौतियाँ मौजूद रहती हैं।



चित्र 2: प्रोबायोटिक कल्चर की फ्रीज़-ड्राइंग प्रक्रिया

शेल्फ-स्थिरता को प्रभावित करने वाले कारक

प्रोबायोटिक कल्चर की शेल्फ-स्थिरता इस क्षमता पर निर्भर करती है कि भंडारण अवधि के दौरान सूक्ष्मजीवी कोशिकाएँ जीवित, चयापचयी रूप से अक्षुण्ण तथा क्रियात्मक रूप से सक्रिय बनी रहें। चूँकि प्रोबायोटिक्स पर्यावरणीय तनाव कारकों के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं, इसलिए उनकी स्थिरता बनाए रखने के लिए भौतिक-रासायनिक एवं जैविक मापदंडों का सावधानीपूर्वक नियंत्रण आवश्यक होता है। निम्नलिखित कारक प्रोबायोटिक कल्चर की शेल्फ-स्थिरता को प्रभावित करते हैं:

नमी: उच्च जल-सक्रियता प्रोबायोटिक जीवनीयता को गंभीर रूप से प्रभावित करती है, क्योंकि यह अवांछित चयापचयी गतिविधि को सक्रिय कर शीघ्र कोशिका मृत्यु का कारण बन सकती है। अतः शुष्क प्रोबायोटिक उत्पादों में aw < 0.25 बनाए रखना आवश्यक है, जिससे प्रोटीन एवं लिपिड क्षति को रोका जा सके।

तापमान: 4–8 डिग्री सेंटीग्रेट से अधिक तापमान पर भंडारण करने से प्रोबायोटिक्स की जीवनीयता तीव्रता से घटती है। इसलिए स्थिर निम्न-तापमान भंडारण कोशिका झिल्ली, डीएनए तथा एंजाइम प्रणालियों की सुरक्षा के लिए अनिवार्य है।

ऑक्सीजन: ऑक्सीजन के संपर्क में आने से प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों का निर्माण होता है, जो बिफिडोबेक्टीरियम जैसे ऑक्सीजन-संवेदनशील स्ट्रेन्स को क्षति पहुँचाती हैं। इस कारण ऑक्सीजन-रोधी पैकेजिंग, माइक्रोएन्कैप्सुलेशन अथवा एंटीऑक्सीडेंट्स का उपयोग अत्यंत महत्वपूर्ण होता है।

अम्लीयता: अम्लीय वातावरण कोशिका झिल्ली को कमजोर करता है तथा एंजाइम गतिविधि को बाधित करता है। इस प्रभाव को कम करने हेतु बफरिंग एजेंट्स तथा स्किम्ड मिल्क या ट्रेहालोज़ जैसी सुरक्षात्मक सामग्रियों का प्रयोग शेल्फ-स्थिरता बनाए रखने में सहायक होता है।

फॉर्मुलेशन मैट्रिक्स: प्रोबायोटिक की जीवनीयता पर फॉर्मुलेशन मैट्रिक्स का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। इन्यूलिन, माल्टोडेक्सट्रिन या स्किम्ड मिल्क पाउडर जैसे सुरक्षात्मक वाहक शुष्कन-जनित क्षति को कम करते हैं तथा नमी अवशोषण को सीमित करते हैं।

पैकेजिंग: पैकेजिंग शेल्फ-स्थिरता में निर्णायक भूमिका निभाती है। उच्च-बैरियर पैकेजिंग सामग्री के साथ नाइट्रोजन फ्लशिंग या वैक्यूम सीलिंग का उपयोग नमी, ऑक्सीजन, ऊष्मा एवं प्रकाश से प्रोबायोटिक्स की रक्षा करता है।

संदूषण: अन्य सूक्ष्मजीवों द्वारा संदूषण प्रोबायोटिक स्थिरता को कम करता है। इसलिए कठोर स्वच्छता प्रथाएँ तथा निम्न-नमी प्रसंस्करण परिस्थितियाँ बनाए रखना अत्यंत आवश्यक है।

गुणवत्ता मूल्यांकन और जीवितता परीक्षण

प्रोबायोटिक्स के गुणवत्ता मूल्यांकन और जीवितता परीक्षण यह सुनिश्चित करते हैं कि उत्पाद घोषित किए गए जीवित कोशिका गण (सीएफओ) और कार्यात्मक स्ट्रेन को पूरे शेल्फ लाइफ के दौरान प्रदान करें, तथा लेबल में दर्शाए गए सीएफओ और वास्तविक फिजियोलॉजिकल क्षमता के बीच के अंतर को

दूर करें। मानक प्रोटोकॉल संस्कृति-आधारित और संस्कृति-रहित दोनों विधियों को संयोजित करते हैं ताकि जीवित कोशिकाओं की संख्या का आंकलन किया जा सके, स्ट्रेन की पहचान सत्यापित की जा सके और तनाव सहनशीलता का मूल्यांकन किया जा सके, जो कि आईएसएपीपी और आईएसओ मानकों के दिशानिर्देशों के अनुरूप है।

जीवितता मूल्यांकन विधियाँ

मानक प्रोटोकॉल में संस्कृति-आधारित तकनीकें शामिल होती हैं, जैसे कि चयनात्मक मीडिया (उदा. लेक्टोबेसिलस स्ट्रेन के लिए एमआरएस एगर) पर प्लेट काउंटिंग, जिसे 37 डिग्री सेंटीग्रेट पर 48 घंटे एनेरोबिक वातावरण में इनक्यूबेट किया जाता है ताकि कॉलोनी-फॉर्मिंग यूनिट (सीएफओ) की गणना की जा सके। संस्कृति-रहित विधियों में फ्लो साइटोमेट्री शामिल है, जिसमें फ्लोरोसेंट डाई (जैसे मृत कोशिकाओं के लिए प्रोपिडियम आयोडाइड और जीवित कोशिकाओं के लिए एसवायटीओ 9) का उपयोग करके मेम्ब्रेन इंटेग्रिटी और चयापचय गतिविधि का त्वरित मूल्यांकन किया जाता है, बिना कोशिकाओं की प्रजनन क्षमता पर निर्भर हुए। दोनों दृष्टिकोणों का संयोजन उनकी सीमाओं को दूर करता है, क्योंकि प्लेट काउंटिंग जीवित लेकिन गैर-संस्कृति योग्य कोशिकाओं की संख्या को कम आंक सकती है।

तनाव सहनशीलता परीक्षण

सिम्युलेटेड जठरांत्रीय चुनौतियों के माध्यम से उत्तरजीविता का मूल्यांकन किया जाता है: संस्कृतियों को पी.एच 3-2 वाले गैस्ट्रिक जूस (पेपसिन सहित) में 3-1 घंटे रखा जाता है, तत्पश्चात इसे न्यूट्रलाइज करके पी.एच 8-6 वाले आंतरिक तरल (पित्तलवण और अग्नाशय सहित) में 4-2 घंटे रखा जाता है, और फिर जीवितता के लिए प्लेटिंग की जाती है। अम्ल और पित्त सहनशीलता परीक्षण में ग्रेडिएंट प्लेट या ब्रॉथ का उपयोग करके लॉगरिदमिक जीवितता ह्रास का आंकलन किया जाता है, जिससे यह सुनिश्चित होता है कि स्ट्रेन पाचन मार्ग में जीवित रह सकें। ये इन विट्रो मॉडल इन विवो प्रदर्शन के साथ सहसंबंध रखते हैं, जिससे खाद्य मैट्रिक्स के लिए स्ट्रेन चयन में मार्गदर्शन मिलता है।

मूल्यांकित गुणवत्ता पैरामीटर

जीवितता के अलावा, परीक्षण ATP बायोलुमिनेसेन्स या रेज़ाजुरिन रिडक्शन के माध्यम से चयापचय गतिविधि को मापते हैं, साथ ही स्किम मिल्क किण्वन में अम्ल उत्पादन दर का भी मूल्यांकन करते हैं। कुल एरोबिक मेसोफिलिक काउंट और पैथोजन (उदा. साम्लोनेला, इ. कोलाई) की अनुपस्थिति के माध्यम से संदूषण जांच सुरक्षा मानकों को सुनिश्चित करती है। शेल्फ-लाइफ स्थिरता में 4 डिग्री सेंटीग्रेट और 25 डिग्री सेंटीग्रेट पर भंडारण शामिल है, जहां 12-4 सप्ताह तक सीएफयू में गिरावट का ट्रैक रखा जाता है ताकि उत्पाद दावों को सत्यापित किया जा सके।

निष्कर्ष

प्रोबायोटिक सक्रियण, रखरखाव और संरक्षण यह सुनिश्चित करने के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण हैं कि उत्पादन से लेकर उपभोग तक उत्पाद की कार्यात्मक जीवितता बनी रहे। प्रभावी सक्रियण से मेटाबोलिक रूप

से सक्षम कोशिकाओं को पुनः सक्रिय किया जाता है, जबकि क्रायोप्रिज़र्वेशन, फ्रीज़-ड्राइंग और सुरक्षात्मक सूत्रीकरण जैसी अनुकूलित संरक्षण विधियाँ दीर्घकालिक स्थिरता बनाए रखती हैं। नमी, तापमान, ऑक्सीजन और पैकेजिंग जैसे कारक शेल्फ-लाइफ और कार्यक्षमता पर महत्वपूर्ण प्रभाव डालते हैं। संस्कृति-आधारित और उन्नत विश्लेषणात्मक विधियों के उपयोग से विश्वसनीय जीवितता मूल्यांकन यह सुनिश्चित करता है कि उत्पाद लेबल पर निर्दिष्ट सीएफयू गण और प्रदर्शन अपेक्षाओं के अनुरूप हों। विविध खाद्य मैट्रिक्स में स्थिरता में सुधार और प्रोबायोटिक उत्पादों की लगातार नैदानिक एवं प्रौद्योगिकीय प्रभावशीलता सुनिश्चित करने के लिए निरंतर अनुसंधान और मानकीकरण आवश्यक हैं।

निष्कर्षण और सुखाने की तकनीकों का हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों के फाइटोकेमिकल स्थिरता और एफटीआईआर प्रोफाइलिंग पर प्रभाव

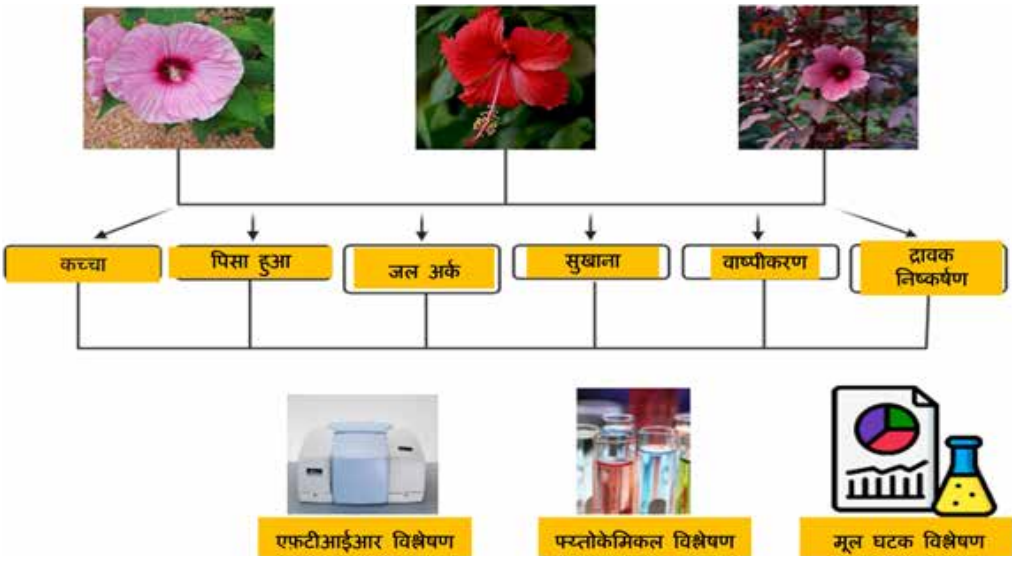
पियूष शुक्ला[1], शालिनी सिंह[1], राज कुमार दुआरी[1], सुनील मीना[1] एवं समलेश कुमारी[2]

[1]डेयरी विज्ञान और खाद्य प्रौद्योगिकी विभाग, कृषि विज्ञान संस्थान, बीएचयू, वाराणसी

[2]भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

चित्रात्मक सार

प्रस्तावना



हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस एक पारंपरिक रूप से महत्वपूर्ण औषधीय पौधा है, जो विविध जैव-सक्रिय यौगिकों से समृद्ध होता है। इस अध्ययन में इसके पुष्पों के कार्यात्मक गुणों का मूल्यांकन छह विभिन्न प्रसंस्करण विधियों—कच्चा, कुचला हुआ, भापित, जलीय निष्कर्ष, विलायक निष्कर्ष तथा सुखाया हुआ—के माध्यम से किया गया। इसके लिए गुणात्मक फाइटोकेमिकल परीक्षण तथा एफटीआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग किया गया।

ग्लाइकोसाइड्स, फ्लेवोनॉइड्स एवं क्विनोन्स सभी नमूनों में निरंतर पाए गए, जो यह दर्शाता है कि ये यौगिक यांत्रिक तथा ऊष्मीय प्रसंस्करण के प्रति उच्च स्थिरता प्रदर्शित करते हैं। जबकि एल्कलॉइड्स, स्टेरॉइड्स, टैनिन्स तथा सैपोनिन्स अनुपस्थित पाए गए। टरपेनॉइड्स केवल कच्चे, जलीय तथा विलायक निष्कर्षों में उपस्थित थे, जो उनकी ऊष्मा एवं भौतिक विघटन के प्रति संवेदनशीलता को दर्शाता है।

एफटीआईआर स्पेक्ट्रा में फिनोलिक यौगिकों एवं ग्लाइकोसाइड्स से संबंधित प्रमुख क्रियात्मक समूहों (O–H, C–H, C=C, C–O–C) की पुष्टि हुई। विलायक निष्कर्षों में सर्वाधिक समृद्ध रासायनिक प्रोफ़ाइल देखी गई, जबकि भापित एवं सुखाए गए नमूनों में अपघटन के कारण तीव्रता में कमी पाई गई। समग्र रूप से, यह अध्ययन दर्शाता है कि फाइटोकेमिकल संरचना की अखंडता बनाए रखने हेतु विलायक निष्कर्षण सर्वाधिक प्रभावी विधि है, जो कार्यात्मक एवं न्यूट्रास्यूटिकल अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त है।

हर्बल औषधियाँ मानव इतिहास की सबसे प्राचीन चिकित्सीय प्रणालियों में से एक हैं, जिनका प्र-लेखित उपयोग 2500 वर्षों से अधिक समय से होता आ रहा है। आज भी ये वैश्विक स्वास्थ्य देखभाल प्रणाली में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं, विशेषकर अफ्रीका और एशिया में, जहाँ लाखों लोग पारंपरिक खाद्य पदार्थों, अनुपूरकों तथा हर्बल औषधियों के रूप में पौधों पर आधारित उपचारों पर निर्भर हैं।

हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस, जिसे सामान्यतः चाइनीज़ रोज़ के नाम से जाना जाता है, उष्णकटिबंधीय एवं उपोष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में व्यापक रूप से उगाया जाता है तथा आयुर्वेद, सिद्ध और यूनानी चिकित्सा प्रणालियों में इसका विशेष औषधीय महत्व है। पारंपरिक रूप से इसके पुष्पों का उपयोग ज्वर, सूजन, घाव, मासिक धर्म संबंधी विकारों तथा बालों से जुड़ी समस्याओं के उपचार में किया जाता रहा है, जो इसके सूजनरो-धी, रोगाणुरोधी, रक्तशर्करा-नियंत्रक एवं रक्तचाप-नियंत्रक जैसे औषधीय गुणों से संबंधित है।

इन चिकित्सीय प्रभावों का सीधा संबंध इसके समृद्ध फाइटोकेमिकल संघटन से है, विशेष रूप से फ्लेवोनॉइड्स, फिनोलिक अम्ल, टैनिन्स तथा एंथोसाइनिन्स से, जो उल्लेखनीय प्रतिऑक्सीडेंट गतिविधि प्रदान करते हैं। चूँकि ऑक्सीडेटिव तनाव हृदय रोगों, मधुमेह, न्यूरोडीजेनेरेटिव विकारों एवं कैंसर जैसी दीर्घकालिक बीमारियों के विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, इसलिए हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस की प्रतिऑक्सीडेंट क्षमता को समझना वैज्ञानिक दृष्टि से अत्यंत महत्वपूर्ण हो गया है।

इसके व्यापक उपयोग के बावजूद, इसके जैव-सक्रिय घटकों तथा उनके कार्यात्मक गुणों का समग्र विश्लेषण अभी भी सीमित है। उन्नत विश्लेषणात्मक तकनीकें, जैसे एफटीआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी, रासायनिक संरचनाओं एवं क्रियात्मक समूहों की पहचान में महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान करती हैं। अतः यह अध्ययन हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस के पुष्पों के फाइटोकेमिकल स्क्रीनिंग, एफटीआईआर विश्लेषण एवं प्रतिऑक्सीडेंट परीक्षण के माध्यम से उनके कार्यात्मक गुणों का मूल्यांकन करता है, जिससे औषधीय एवं न्यूट्रास्यूटिकल अनुप्रयोगों में इनके संभावित उपयोग को समर्थन मिलता है।

सामग्री एवं कार्यविधि

ताज़े हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस के पुष्प वाराणसी, उत्तर प्रदेश (भारत) के स्थानीय पुष्प बाज़ार से प्राप्त किए गए। चयन मानदंडों में ताजगी, पुष्पों का समान आकार तथा समान रूप से चमकीला लाल रंग शामिल था। अध्ययन में प्रयुक्त सभी रसायन विश्लेषणात्मक ग्रेड के थे, तथा संपूर्ण प्रयोग के दौरान आसुत जल अथवा आरओ जल का उपयोग किया गया। इस अध्ययन से संबंधित सभी प्रयोग कृषि विज्ञान संस्थान, बनारस हिंदू विश्वविद्यालय (बीएचयू), वाराणसी, भारत के डेयरी विज्ञान एवं खाद्य प्रौद्योगिकी विभाग में संपन्न किए गए।

नमूना पूर्व-उपचार

ताज़ी पंखुड़ियों को सेपल्स से अलग किया गया तथा पुंकेसर–वर्तिकाग्र भागों को हाथ से हटाया गया। पंखुड़ियों को पहले बहते नल के पानी से अच्छी तरह धोया गया, इसके बाद धूल एवं सतही अशुद्धियों को हटाने के लिए आसुत जल से पुनः धुलाई की गई।

प्रसंस्करण उपचार

हिबिस्कस रोसा-सिनेंसिस की पंखुड़ियों पर छह विभिन्न उपचार लागू किए गए।

1. कच्ची पंखुड़ी उपचार: 10 ग्राम ताज़ी पंखुड़ियों को 100 मि.ली. आसुत जल में 5 मिनट के लिए डुबाया गया, फिर साफ किया गया और सतही रूप से सुखाया गया।
2. क्रशिंग: 10 ग्राम ताज़ी पंखुड़ियों को मूसल और हथौड़े का उपयोग करके हाथ से कुचला गया ताकि महीन पेस्ट प्राप्त हो सके।
3. जल निष्कर्षण विधि: 10 ग्राम पंखुड़ियों को 100 मि.ली. उबलते आसुत जल में मिलाया गया और मिश्रण को वाटमेन नंबर 1 फ़िल्टर पेपर के माध्यम से छाना गया।
4. सूखाने का उपचार: साफ पंखुड़ियों को ट्रे ड्रायर में 60 डिग्री सेल्सियस पर 12–10 घंटे तक सुखाया गया और इसके बाद मिक्सर ग्राइंडर की मदद से पाउडर में पीसा गया।
5. स्टीमिंग उपचार: 10 ग्राम ताज़ी पंखुड़ियों को 100 डिग्री सेल्सियस पर 90 सेकंड के लिए भाप में रखा गया, कमरे के तापमान पर ठंडा किया गया और फिर पूरी तरह से सुखाया गया।
6. सॉल्वेंट निष्कर्षण: 10 ग्राम सुखाए हुए हिबिस्कस फूल पाउडर को मेथनॉल के साथ 1:10 (डब्लू/वी) अनुपात में मिलाया गया और 12 घंटे के लिए शेकिंग असेंबली में रखा गया।

प्रसंस्करण के बाद, सभी नमूनों को पूरी तरह से सुखाया गया और रेफ्रिजरेटेड कंटेनरों में (18– डिग्री सेल्सियस से नीचे) संग्रहित किया गया जब तक कि आगे विश्लेषण न किया जाए।

डीपीपीएच मुक्त कण निष्क्रियता गतिविधियों का परीक्षण

हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस अर्क का प्रतिशतडी पीपीएच निषेध उस विधि के अनुसार निर्धारित किया गया जिसे ने रिपोर्ट किया है, हल्की संशोधनों के साथ।

1 मि.ली. मेथनॉलिक अर्क हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस लिया गया और इसमें 3 मि.ली. 0.3 मिली मोलरडी पीपीएच (जो मेथनॉल में तैयार किया गया था) मिलाया गया। प्रतिक्रिया मिश्रण को 30 मिनट के लिए अंधेरे में रखा गया। ब्लैंक (मेथनॉल) और हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस नमूनों का अवशोषण 517 नेनो मीटर पर मापा गया। हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस नमूनों द्वारा डीपीपीएच मुक्त कणों का प्रतिशत निषेध निम्नलिखित सूत्र के माध्यम से गणना किया गया:

$$DPPH\ Inhibition\ (\%) = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right] \times 100$$

फाइटोकेमिकल परीक्षण

प्रसंस्कृत हिबिस्कस नमूनों में विभिन्न फाइटोकेमिकल्स की उपस्थिति या अनुपस्थिति (गुणात्मक मूल्यांकन) का परीक्षण रंग परिवर्तन, झाग और परत निर्माण के आधार पर किया गया। सभी फाइटोकेमिकल परीक्षण हिबिस्कस के जलीय अर्क के लिए मानक प्रोटोकॉल का उपयोग करके किए गए, जो विभिन्न फाइटोकेमिकल्स के लिए वर्णित हैं:

1. **एल्कालॉइड्स के लिए परीक्षण:** एल्कालॉइड्स की उपस्थिति का परीक्षण द्वारा वर्णित विधि के अनुसार किया गया, जिसमें प्रतिक्रिया के दौरान उत्पन्न रंगीन ठोस का आधार लिया गया। 2 मि.ली. हिबिस्कस अर्क लिया गया और 1 मि.ली. मेयर्स रियजेंट मिलाया गया। हल्का पीला ठोस बनने पर एल्कालॉइड्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है।
2. **फ्लावोनोइड्स के लिए परीक्षण:** 1 मि.ली. हिबिस्कस के जलीय अर्क को सांद्र हाइड्रोक्लोरिक एसिड के साथ मिलाया गया और 3–2 मी.मी. का मि.ग्रा. रिबन डाला गया, फिर कुछ मिनट उबाला गया। लाल-गुलाबी/भूरी रंग का निर्माण फ्लावोनोइड्स की उपस्थिति दर्शाता है।
3. **स्टेरॉयड्स के लिए परीक्षण:** 0.5 मि.ली. हिबिस्कस अर्क को 20 मि.ली. के टेस्ट ट्यूब में लिया गया; 10 मि.ली. क्लोरोफॉर्म और 10 मि.ली. सांद्र सल्फ्यूरिक एसिड मिलाया गया। स्टेरॉयड्स की उपस्थिति द्वि-परत के निर्माण से जाँची जाती है (ऊपरी परत: लाल, निचली परत: हरी)।
4. **ग्लाइकोसाइड्स के लिए परीक्षण:** 0.5 मि.ली. हिबिस्कस अर्क को 1 मि.ली. आसुत जल और सोडियम हाइड्रोऑक्साइड के साथ टेस्ट ट्यूब में मिलाया गया। पीला रंग बनने पर ग्लाइकोसाइड्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है।
5. **क्विनोन्स के लिए परीक्षण:** 1 मि.ली. हिबिस्कस अर्क और 1 मि.ली. सांद्र हाइड्रोक्लोरिक एसिड को टेस्ट ट्यूब में मिलाया गया। मिश्रण में हरा रंग बनने पर क्विनोन्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है।
6. **टैनिन्स के लिए परीक्षण:** 2.5 मि.ली. जलीय अर्क को 10 मि.ली. आसुत जल के साथ उबाला गया। इसके बाद प्रतिक्रिया मिश्रण में 0.1 प्रतिशत फेरिक क्लोराइड डाला गया। नीला-कालापन बनने पर टैनिन्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है।
7. **सैपोनिन्स के लिए परीक्षण:** 0.5 मि.ली. हिबिस्कस अर्क को 5 मि.ली. आसुत जल के साथ मिलाकर जोरदार रूप से वॉर्टेक्स किया गया। झाग बनने पर सैपोनिन्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है)।
8. **टरपेनॉइड्स के लिए परीक्षण:** 0.5 मि.ली. जलीय अर्क को 3 मि.ली. क्लोरोफॉर्म और 3 मि.ली. सल्फ्यूरिक एसिड के साथ मिलाया गया। मिश्रण में लाल-भूरा रंग बनने पर टरपेनॉइड्स की उपस्थिति दर्शाई जाती है।

एटीआर–एफटीआईआर विश्लेषण

कच्चे और प्रसंस्कृत नमूनों में उपस्थित विभिन्न क्रियाशील यौगिकों का मूल्यांकन एटीआर–एफटीआईआर स्पेक्ट्रा के माध्यम से किया गया, जिसमें पर्किन एल्मर स्पेक्ट्रम स्पेक्ट्रोफोटोमीटर (रॉटरडैम, द नीदरलैंड्स) का उपयोग किया गया। द्वारा प्रयुक्त प्रोटोकॉल के अनुसार, 200 माइक्रो लीटर नमूना (विश्लेषण से पहले जमाए हुए नमूनों को 18– डिग्री सेल्सियस से पिघलाया गया) लिया गया। स्पेक्ट्रा 400–4000 से.मी.$^{1-}$ की वेव नंबर सीमा में कमरे के तापमान पर 4 से.मी.-^{1} रिज़ॉल्यूशन और 32 स्कैन के साथ अधिग्रहित किया गया। एफटीआईआर स्पेक्ट्रा का ग्राफ (वेव नंबर बनाम अवशोषण) ओरिजन सॉफ़्टवेयर (संस्करण: 2024 10.1)), के माध्यम से तैयार किया गया।

सांख्यिकीय विश्लेषण

सभी विश्लेषण त्रिगुणित रुप में किए गए और मानों को औसत ± मानकविचलन के रुप में प्रस्तुत किया गया। परिणामों/डेटा में महत्वपूर्ण अंतर की जांच वन-वे अनोवा के माध्यम से एसपीएसएस 16.0 सॉफ़्टवेयर (एसपीएसएस आईएनसी, शिकागो, आईएल, यूएसए) का उपयोग करके की गई।

परिणाम और चर्चा

हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों के फाइटोकेमिकल प्रोफाइलिंग पर विभिन्न पूर्व-उपचार और सुखाने की तकनीकों का प्रभाव

हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों का फाइटोकेमिकल स्क्रीनिंग छह विभिन्न प्रसंस्करण विधियों—कच्चा, कुचला हुआ, भापित, जलीय अर्क, सॉल्वेंट अर्क, और सुखाया हुआ—में किया गया। इसके परिणामों से प्रमुख जैव-सक्रिय संघटक की उपस्थिति में महत्वपूर्ण भिन्नताएँ पाई गईं, जो यह दर्शाती हैं कि प्रसंस्करण फाइटोकेमिकल स्थिरता को प्रभावित करता है। परिणाम तालिका 1 में प्रस्तुत हैं।

ग्लाइकोसाइड्स, क्विनोन्स, और फ्लावोनोइड्स सभी उपचारों में लगातार पाए गए, जो उनके यांत्रिक तनाव, तापीय प्रभाव और जलीय तथा सॉल्वेंट निष्कर्षण दोनों के प्रति सापेक्ष स्थायित्व को दर्शाते हैं। इनका समान उपस्थिति यह सुझाव देती है कि ये यौगिक मूल रुप से स्थिर हैं और इस अध्ययन में लागू किए गए प्रसंस्करण परिस्थितियों में आसानी से टूटते नहीं हैं।

इसके विपरीत, एल्कालॉइड्स, स्टेरॉयड्स, टैनिन्स और सैपोनिन्स सभी नमूनों में अनुपस्थित पाए गए। यह हिबिस्कस फूलों में इन यौगिकों की प्राकृतिक कम मात्रा या गुणात्मक परीक्षणों की पहचान सीमा से नीचे के स्तर को दर्शा सकता है। यह अवलोकन कुछ पूर्व रिपोर्टों के साथ मेल खाता है, लेकिन कुछ अन्य रिपोर्टों से भिन्न है, जो शायद विभिन्न किस्म, परिपक्वता स्तर या निष्कर्षण विधियों में भिन्नता के कारण हो सकता है।

टरपेनॉइड्स में उपचारों के बीच सबसे अधिक भिन्नता देखी गई। ये कच्चा, जलीय अर्क, और सॉल्वेंट अर्कनमूनों में उपस्थित थे, लेकिन कुचला हुआ, भापित, और सुखाया हुआ नमूनों में अनुपस्थित पाए गए। यह पैटर्न यह सुझाव देता है कि टरपेनॉइड्स, जो ज्ञात रूप से वाष्पशील और ताप-संवेदनशील होते हैं, यांत्रिक विघटन या उच्च तापमान वाले प्रसंस्करण के दौरान अपघटित होने के लिए संवेदनशील हैं। कुचलने से

टरपेनॉइड्स का ऑक्सीकरण या वाष्पशीलता बढ़ सकती है, जबकि 60 डिग्री सेल्सियस पर भापित या सुखाने से तापीय अपघटन तेज हो जाता है। इसके विपरीत, जलीय और सॉल्वेंट अर्क में उनका संरक्षण यह दर्शाता है कि निष्कर्षण आधारित विधियाँ इन यौगिकों की बेहतर पुनर्प्राप्ति और संरक्षण में सहायक हो सकती हैं, जो सॉल्वेंट दक्षता और टरपेनॉइड्स की घुलनशीलता पर पूर्व के निष्कर्षों के अनुरूप है।

कुल मिलाकर, परिणाम यह संकेत देते हैं कि प्रसंस्करण तकनीकें हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस के फाइटोकेमिकल संघटन को महत्वपूर्ण रूप से प्रभावित करती हैं, विशेष रूप से ताप और ऑक्सीकरण-संवेदनशील यौगिकों जैसे कि टरपेनॉइड्स के लिए। ये निष्कर्ष कार्यात्मक खाद्य पदार्थों और हर्बल फार्मुलेशन की तैयारी में व्यावहारिक महत्व रखते हैं, जहाँ जैव-सक्रिय यौगिकों का अधिकतम संरक्षण आवश्यक होता है। भविष्य के शोध में मात्रात्मक विश्लेषण और उन्नत संरक्षण रणनीतियों—जैसे कि फ्रीज-ड्राइंग या निम्न-तापमान निष्कर्षण—को शामिल करना चाहिए ताकि वाष्पशील फाइटोकेमिकल्स का संरक्षण बढ़ाया जा सके।

फूरियर ट्रांसफॉर्म इन्फ्रारेड स्पेक्ट्रोस्कोपी

हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों के कच्चे, कुचले हुए, भापित, जलीय अर्क, सॉल्वेंट अर्क, और सुखाए हुए नमूनों के एफटीआईआर स्पेक्ट्रल विश्लेषण में कार्यात्मक समूहों के वितरण में उल्लेखनीय भिन्नताएँ पाई गईं, जो पौधे के रासायनिक संघटन पर विभिन्न प्रसंस्करण तकनीकों के प्रभाव को दर्शाती हैं (चित्र 1)।

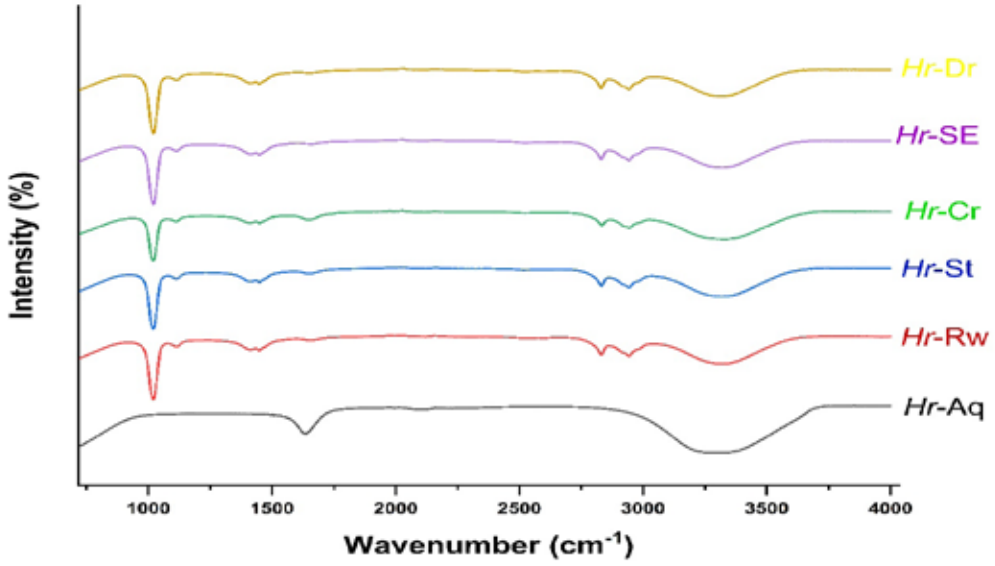
सभी नमूनों में 3200–3600 प्रति से.मी. के भीतर प्रमुख व्यापक अवशोषण पट्टी दिखाई दी, जो फ़ेनॉल्स और फ्लावोनॉइड्स के O–H स्ट्रेचिंग कंपन के अनुरूप है, यह दर्शाता है कि हाइड्रॉक्सिल-समृद्ध यौगिक उपचारों के बावजूद स्थिर रहते हैं। 2850–2950 प्रति से.मी. क्षेत्र में पाए गए पिक्स, जो एलिफैटिक C–H स्ट्रेचिंग से संबंधित हैं, अधिकांश नमूनों में उपस्थित थे, लेकिन गर्मी-प्रक्रियायुक्त नमूनों में उनकी तीव्रता कम हो गई, जो एलिफैटिक संरचनाओं के आंशिक अपघटन का संकेत देती है।

1630–1650 प्रति से.मी. के आसपास मजबूत अवशोषण लगातार देखा गया, जो पॉलीफेनॉल्स और प्रोटीन से संबंधित एरोमैटिक C=C बंधों और अमाइड समूहों की स्थिरता की पुष्टि करता है। 1400–1500 प्रति से.मी. क्षेत्र में, एरोमैटिक कंकाल कंपन अधिक स्पष्ट रूप से कच्चे फूल, जलीय अर्क, और सॉल्वेंट अर्क, नमूनों में देखे गए, जो यह दर्शाता है कि अपरिष्कृत और निष्कर्षण-आधारित विधियों में एरोमैटिक यौगिकों का बेहतर संरक्षण होता है।

फिंगरप्रिंट क्षेत्र (1000–1200 प्रति से.मी.) में ग्लाइकोसाइड्स, अल्कोहल्स और फ़ेनॉलिक एस्टर्स के C–O और C–O–C स्ट्रेचिंग कंपन महत्वपूर्ण रूप से दिखाई दिए, जिसमें जलीय अर्क और सॉल्वेंट अर्क, नमूनों ने उच्चतम तीव्रता प्रदर्शित की, जो जलीय और मेथनॉलिक निष्कर्षण के माध्यम से इन यौगिकों के बेहतर घुलनशीलता को दर्शाती है। इसके विपरीत, भापित औरसुखाए हुए नमूनों में इस क्षेत्र में पिक्स की तीव्रता कम देखी गई, जो ताप-संवेदनशील संघटक के अपघटन को संकेत करती है।

सभी नमूनों में सॉल्वेंट अर्क ने सबसे समृद्ध स्पेक्ट्रम प्रदर्शित किया, जो विविध फाइटोकेमिकल्स, जिनमें वाष्पशील और फ़ेनॉलिक समूह शामिल हैं, को निकालने में मेथनॉल की दक्षता को दर्शाता है।

कुल मिलाकर, एफटीआईआर परिणाम सभी उपचारों में प्रमुख कार्यात्मक समूहों की उपस्थिति की पुष्टि करते हैं, जबकि यह भी स्पष्ट करते हैं कि तापीय प्रसंस्करण रासायनिक जटिलता में उल्लेखनीय हानि का कारण बनता है। इसके विपरीत, सॉल्वेंट-आधारित निष्कर्षण जैव-सक्रिय यौगिकों की पहचान और संरक्षण को बनाए रखने या बढ़ाने में सक्षम है, जोहिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस फूलों में फाइटोकेमिकल संरक्षण को अधिकतम करने के लिए इसकी उपयुक्तता को उजागर करता है।



चित्र 1: अर्क (कच्चा, कुचला हुआ, भापित, जलीय, सॉल्वेंट) और सुखाए गए नमूनों के FT-IR स्पेक्ट्रा, 4000–400 प्रति से.मी. की वेव नंबर सीमा में

निष्कर्ष

वर्तमान अध्ययन से पता चलता है कि हिबिस्कस रोजा सिनेन्सि सफूलों में विभिन्न प्रकार के जैव-सक्रिय यौगिक मौजूद हैं, जिनकी स्थिरता प्रसंस्करण विधियों से गहराई से प्रभावित होती है। फाइटोकेमिकल स्क्रीनिंग ने सभी उपचारों में फ्लावोनॉइड्स, ग्लाइकोसाइड्स, और क्विनोन्स की लगातार उपस्थिति की पुष्टि की, जो यांत्रिक और तापीय तनाव के प्रति उनकी स्थायित्व को दर्शाती है। वहीं, एल्कालॉइड्स, स्टेरॉयड्स, टैनिन्स, और सैपोनिन्स की अनुपस्थिति या तो इनका प्राकृतिक रूप से कम परिमाण या निष्कर्षण परिस्थितियों के प्रति संवेदनशीलता को दर्शाती है।

टरपेनॉइड्स अत्यधिक प्रसंस्करण-निर्भर पाए गए, जिसमें गर्मी और यांत्रिक रूप से संसाधित नमूनों में महत्वपूर्ण हानि देखी गई। एफटीआईआर विश्लेषण ने इन निष्कर्षों का समर्थन करते हुए कार्यात्मक समूहों की

तीव्रता में स्पष्ट भिन्नता दिखाई, जिसमें सॉल्वेंट-निष्कर्षित नमूनों ने सबसे समृद्ध रासायनिक प्रोफाइल प्रदर्शित की।

सार रूप में, परिणाम यह संकेत देते हैं कि निष्कर्षण-आधारित विधियाँ, विशेष रूप से मेथनॉलिक निष्कर्षण, हिबिस्कस रोजा सिनेन्सिस में कार्यात्मक फाइटोकेमिकल्स के संरक्षण के लिए सबसे प्रभावी हैं। ये निष्कर्ष हर्बल फार्मुलेशन और न्यूट्रास्यूटिकल अनुप्रयोगों के विकास में प्रसंस्करण रणनीतियों को अनुकूलित करने के लिए वैज्ञानिक आधार प्रदान करते हैं।

कृषि में कीटनाशकों की भूमिका तथा स्प्रेयर यंत्रों की संरचना, कार्यप्रणाली एवं देखभाल

आदित्य राज, रमेश कुमार सहनी, संजय खत्री, पूजा इंगले, हार्दिक कुलश्रेष्ठ, सत्य प्रकाश एवं मनीष कुमार

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

कीटनाशक वे रासायनिक अथवा जैविक पदार्थ होते हैं, जो फसलों को कीटों के प्रकोप से बचाने, उनकी वृद्धि को रोकने, उन्हें नष्ट करने अथवा नियंत्रित करने के लिए प्रयुक्त किए जाते हैं। इनका उपयोग कृषि में पौधों को विभिन्न प्रकार के कीटों, रोगों तथा अन्य हानिकारक जीवों से सुरक्षित रखने हेतु व्यापक रूप से किया जाता है। जहाँ उर्वरक पौधों की वृद्धि एवं उत्पादन बढ़ाने में सहायक होते हैं, वहीं कीटनाशक पौधों को कीटों, रोगों एवं हानिकारक जीवों से बचाते हैं। कीटनाशकों में रासायनिक पदार्थ जैसे — फासफैमीडोन, लिंडेन, फ्लोरोपाइरीफोस, हेप्टाक्लोर तथा मैलेथियान सम्मिलित हैं। इसके अतिरिक्त कुछ जैविक कीटनाशकों में वायरस, बैक्टीरिया, परजीवी कीट, कीटभक्षी पक्षी, मछली एवं स्तनधारी जीव भी शामिल हैं, जो प्राकृतिक रूप से कीट नियंत्रण में सहायक होते हैं। हालांकि, बहुत से कीटनाशक मानव, पशु-पक्षियों तथा पर्यावरण के लिए विषाक्त सिद्ध होते हैं। अतः सरकार द्वारा कुछ अत्यधिक विषैले कीटनाशकों पर प्रतिबंध लगाया गया है, जबकि अन्य के उपयोग को कड़े नियमों एवं दिशानिर्देशों के तहत विनियमित किया गया है। भारत में सेब, अंगूर, बिन्स, भिंडी, आड़ू बेर, मटर, पोपी (अफीम), मिर्च, जीरा, मेथी, कपास, मूँगफली, इलायची, आदि फसलों में इन कीटनाशकों का प्रयोग किया जाता है। इन फसलों की सुरक्षा के लिए 4,2 - डाईक्लोरोफिनोक्सी एसिटिक एसिड, क्लोरोपाइरीफास, कॉपर आक्सीक्लोराइड आदि रसायनों का उपयोग प्रमुख रूप से होता है। वर्तमान समय में वैज्ञानिक लगातार ऐसे उन्नत और सुरक्षित कीटनाशकों की खोज कर रहे हैं जो पर्यावरण पर न्यूनतम प्रभाव डालें तथा फसलों को तीव्र एवं प्रभावी सुरक्षा प्रदान करें। ऐसे आधुनिक कीटनाशक प्रकाश अपघटन, सूक्ष्म जीव अपघटन तथा रासायनिक अपघटन की प्रक्रियाओं द्वारा शीघ्र ही विघटित होकर पर्यावरण में अत्यल्प अवशेष छोड़ते हैं। ये नवीन कीटनाशक अधिकतर चयनात्मक (सेलेक्टिव) होते हैं, जो लक्षित कीटों को ही प्रभावित करते हैं तथा फसलों के प्राकृतिक शत्रु व परागणकारी जीवों को कोई हानि नहीं पहुँचाते। इन सतत प्रयासों का प्रमुख उद्देश्य कृषि उत्पादन को सुरक्षित रखते हुए, पर्यावरणीय संतुलन एवं जैव विविधता का संरक्षण सुनिश्चित करना है।

कीटनाशक स्प्रेयर यंत्र

पैर संचालित कीटनाशक स्प्रेयर का कार्य एवं संरचना

यह स्प्रेयर एक विशेष प्रकार का उपकरण है, जो बिना इंजन या बैटरी के खेतों में तरल पदार्थ का छिड़काव करने के लिए बनाया गया है। यह पैर से संचालित कीटनाशक स्प्रेयर एक बार में फसल की दो

पंक्तियों पर एक साथ कीटनाशक का छिड़काव करने में सक्षम होता है। इसके प्रमुख घटकों में जूता, टैंक, पट्टा, रॉड पिस्टन, पाइप और नोजल शामिल हैं। इस उपकरण में दो जूतों का उपयोग किया जाता है, जो साधारण जूतों की भांति होते हैं। जब किसान खेत में चलते हैं, तो उनके पैरों की गति के अनुसार जूते ऊपर-नीचे होते हैं। इस गति के कारण जूतों में लगे विशेष मैकेनिज्म द्वारा वायु दबाव उत्पन्न होता है, जो टैंक में प्रेषित किया जाता है। यह टैंक किसान की पीठ पर पट्टे की सहायता से लटका होता है, जिसमें कीटनाशक या अन्य तरल भरा होता है। टैंक के ऊपरी भाग में हवा भरने से उसमें वायुदाब उत्पन्न होता है, जिसके कारण तरल नोजल के माध्यम से फसल पर छिड़का जाता है। इस विशेष टैंक में तरल भरने के लिए ढक्कन की व्यवस्था होती है तथा अतिरिक्त वायु दबाव को बाहर निकालने के लिए एक स्वचालित वाल्व भी लगा होता है। इस तकनीक के माध्यम से किसान बिना किसी बाहरी ऊर्जा स्रोत के कम श्रम और लागत में प्रभावी ढंग से कीटनाशक का छिड़काव कर सकते हैं।

रॉकर स्प्रेयर का परिचय एवं कार्यप्रणाली

रॉकर स्प्रेयर अपनी कार्यप्रणाली में काफी हद तक फुट स्प्रेयर के समान होता है। इनमें मुख्य अंतर पंप के संचालन के तरीके में होता है। इसमें पंप का एक्चुएशन ऑपरेटर द्वारा हाथ से किया जाता है। स्प्रेयर पंप एक लकड़ी के चबूतरे (प्लेटफॉर्म) पर स्थापित होता है, जिसे जमीन पर रखा जाता है, जबकि स्प्रे के लिए उपयोग होने वाला घोल एक अलग टैंक या कंटेनर में भरा जाता है। रॉकर स्प्रेयर उच्च दबाव उत्पन्न करने में सक्षम होता है, जो लगभग 10 किलोग्राम प्रति वर्ग सेंटीमीटर (10 किग्रा/सेमी^{2}) तक हो सकता है। इस उच्च दबाव के कारण इसे ऊँचे पेड़ों पर भी प्रभावी छिड़काव के लिए उपयोग किया जा सकता है। ऊँचे पेड़ों पर छिड़काव करने हेतु इसमें एक बांस की लंबी लांस (छड़ी) को एक्सटेंशन के रूप में जोड़ा जा सकता है। छिड़काव के लिए सामान्यतः समायोज्य प्रकार के हाइड्रोलिक नोजल (ट्रिपल एक्शन नोजल) का उपयोग किया जाता है, जो स्प्रे के प्रकार एवं मात्रा को आवश्यकता अनुसार नियंत्रित करने में सक्षम होता है।

लीवर संचालित नैपसैक स्प्रेयर

लीवर संचालित नैपसैक स्प्रेयर को सामान्यतः "नैपसैक स्प्रेयर" के नाम से जाना जाता है। यह स्प्रेयर ऑपरेटर की पीठ पर पट्टियों (स्ट्रैप्स) की सहायता से लटकाया जाता है, जिससे इसे आसानी से कहीं भी ले जाया जा सकता है। इस स्प्रेयर का पंप ऑपरेटर द्वारा हाथ से संचालित किया जाता है। ऑपरेटर एक हाथ से लीवर को ऊपर-नीचे चलाता है जिससे पंप कार्य करता है, जबकि दूसरे हाथ से वह कट-ऑफ डिवाइस (स्प्रे वाल्व) को पकड़ता है और आवश्यकता अनुसार स्प्रे करता है। इस स्प्रेयर में कई मुख्य घटक होते हैं, जैसे — तरल भंडारण टैंक, हाइड्रोलिक पंप, ऑपरेटिंग लीवर, दबाव कक्ष, एजिटेटर, वितरण नली (डिलिवरी होज़), स्प्रे लांस और नोजल। आमतौर पर बीन्स के आकार का प्लास्टिक टैंक उपयोग किया जाता है जिसकी क्षमता लगभग 14 से 16 लीटर होती है। इस स्प्रेयर को प्रभावी ढंग से संचालित करने के लिए हैंड लीवर को लगातार समान गति से चलाना आवश्यक होता है, जो सामान्यतः 15 से 20 स्ट्रोक प्रति मिनट के बीच होता है। इसका सामान्य कार्यकारी दबाव लगभग 40 पीएसआई (पाउंड प्रति वर्ग इंच) होता है। यह स्प्रेयर छोटे व मध्यम आकार के खेतों में सटीक व सुविधाजनक छिड़काव के लिए उपयुक्त होता है।

उच्च दबाव शक्ति स्प्रेयर

उच्च दबाव शक्ति स्प्रेयर बिजली से संचालित उच्च क्षमता वाले हाइड्रोलिक स्प्रेयर होते हैं। ये मशीनें बड़े पैमाने पर छिड़काव कार्यों के लिए उपयुक्त होती हैं, विशेष रूप से बागों और वृक्षों वाली फसलों में इनका व्यापक उपयोग किया जाता है। इस स्प्रेयर में शक्ति का स्रोत इंजन या विद्युत मोटर होता है। छिड़काव के दौरान दबाव को नियंत्रित करने के लिए इसमें दबाव नियामक (प्रेशर रेगुलेटर) का उपयोग किया जाता है। प्रेशर रेगुलेटर से डिस्चार्ज लाइन और बायपास लाइन जुड़ी होती हैं, जिनमें से बायपास लाइन स्प्रे टैंक में वापस जाकर हाइड्रोलिक एजिटेशन में सहायता करती है, जिससे घोल समान रूप से मिश्रित बना रहता है। यह स्प्रेयर अधिकतम 400 पीएसआई तक का उच्च दबाव उत्पन्न करने में सक्षम होता है और लगभग 30 लीटर प्रति मिनट तक की उच्च स्प्रे डिस्चार्ज दर को प्राप्त किया जा सकता है। इन स्प्रेयर को संचालित करने के लिए प्रायः 3 से 5 हॉर्सपावर (एचपी) क्षमता के इंजन या विद्युत मोटर का उपयोग किया जाता है। इस प्रकार के स्प्रेयर बड़े क्षेत्रफल में, ऊँचे वृक्षों और सघन फसलों में प्रभावी, तीव्र और समरूप छिड़काव सुनिश्चित करते हैं। विभिन्न प्रकार के स्प्रेयर चित्र 1 में दिखाया गया है।

पैर संचालित कीटनाशक स्प्रेयर

रॉकर स्प्रेयर

नैपसैक स्प्रेयर

चित्र 1: मानव चालित स्प्रेयर यंत्र

बूम स्प्रेयर मशीन : संरचना, कार्यप्रणाली और उपयोगिता

बूम स्प्रेयर एक आधुनिक फार्म मशीन है, जिसका उपयोग फसलों की सुरक्षा के लिए कीटनाशकों, शाकनाशियों (खरपतवार नाशकों), रोगनाशकों तथा उर्वरकों के छिड़काव हेतु किया जाता है। इस मशीन में एक लम्बा बूम फोल्डेबल बाहरी फ्रेम, स्प्रे नोजल, पाइपलाइन और पंपिंग सिस्टम जैसे प्रमुख घटक होते हैं, जो तरल रसायन को निर्धारित मात्रा में और समान रूप से फसल के ऊपर छिड़कते हैं। भारत में बूम स्प्रेयर का प्रमुख उपयोग खरपतवार नियंत्रण, जल प्रक्षेपण (वाटर स्प्रिंकलिंग), कीट प्रबंधन रसायनों और फसल संरक्षण उत्पादों के छिड़काव के लिए बड़े पैमाने पर किया जाता है। छोटे आकार के खेतों के लिए मिनी बूम स्प्रेयर भी उपलब्ध हैं, जो सीमित क्षेत्र में भी उच्च कार्य दक्षता प्रदान करते हैं। बूम स्प्रेयर का एक विशेष लाभ यह है कि यह हवा के प्रभाव से अपेक्षाकृत कम प्रभावित होता है, जिससे रासायनिक रसायनों का अपव्यय कम होता है और अधिक सटीकता के साथ लक्षित छिड़काव संभव हो पाता है। भारत में इसका प्रचलन तेजी से बढ़ रहा है

क्योंकि यह बड़े खेतों के लिए अत्यंत अनुकूल साबित हो रहा है। इस मशीन की सहायता से फसल के प्रत्येक भाग पर समान रूप से रसायन पहुंचता है, जिससे कीट, रोग तथा खरपतवारों पर प्रभावी नियंत्रण संभव होता है। इसके अलावा, बूम स्प्रेयर का प्रयोग श्रम लागत तथा समय की बचत करता है और अतिरिक्त खर्च को भी काफी हद तक कम करता है। इसकी उच्च क्षमता, तेज कार्य गति और दक्षता के कारण यह आधुनिक यांत्रिक कृषि प्रणाली का एक महत्वपूर्ण हिस्सा बन चुका है।

ड्रोन-संचालित स्प्रेयर

ड्रोन- संचालित स्प्रेयर आधुनिक कृषि में एक क्रांतिकारी तकनीक है। इसमें एक मानवरहित यान (ड्रोन) लगा होता है जो कीटनाशक, उर्वरक एवं खरपतवारनाशक दवाओं का छिड़काव करता है। इसके अंदर एक टैंक, पंप, स्प्रे नोजल, जीपीएस प्रणाली एवं सेंसर लगे होते हैं। ड्रोन को पहले से तय किए गए मार्ग पर उड़ान भरने के लिए प्रोग्राम किया जाता है। उड़ान के दौरान पंप के माध्यम से द्रव को नोजल से छिड़का जाता है, जिससे फसल की सतह पर समान रूप से दवा का वितरण होता है। जीपीएस और ऊँचाई नियंत्रण सेंसर के माध्यम से सटीक छिड़काव सुनिश्चित किया जाता है। यह तकनीक कम समय में अधिक क्षेत्र में सटीक छिड़काव करने में सक्षम है, जिससे श्रम लागत में कमी, पर्यावरणीय सुरक्षा एवं उत्पादन में वृद्धि होती है।

GUSS स्वायत्त स्प्रेयर्स

स्वायत्त स्प्रेयर्स सटीक कृषि में एक महत्त्वपूर्ण प्रगति का प्रतीक हैं, जो फसलों की सुरक्षा और पोषक तत्व प्रबंधन के लिए स्वचालित समाधान प्रदान करते हैं। ये स्प्रेयर्स कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI), जीपीएस, सेंसर और कंप्यूटर विज़न जैसी आधुनिक तकनीकों से सुसज्जित होते हैं, जिससे ये खेतों में स्वतः नेविगेट कर सकते हैं, पौधों के स्वास्थ्य का पता लगा सकते हैं और कीटनाशकों व पोषक तत्वों का छिड़काव अत्यधिक सटीकता और न्यूनतम मानव हस्तक्षेप के साथ कर सकते हैं। स्वायत्त स्प्रेयर्स के पीछे मुख्य विचार दक्षता बढ़ाना, रसायनों का कम उपयोग करना और ऑपरेटर की सुरक्षा सुनिश्चित करना है। इनका ढांचा आमतौर पर स्वचालित मोबाइल प्लेटफ़ॉर्म (जैसे कि सेल्फ-ड्राइविंग ट्रैक्टर या ड्रोन), स्वचालित पंप और नोजल, रीयल-टाइम सेंसर तथा मार्ग नियोजन और डोज़ नियंत्रण के लिए सॉफ्टवेयर सिस्टम शामिल करता है। यह अनुच्छेद क्रमबद्ध रूप से लिखा गया है—प्रारंभ में उद्देश्य, फिर तकनीकी विवरण और अंत में लाभों का वर्णन किया

बूम स्प्रेयर मशीन

ड्रोन- संचालित स्प्रेयर

GUSS स्वायत्त स्प्रेयर

चित्र 2: सुनियोजित स्प्रेयर यंत्र

गया है। इसकी भाषा तकनीकी और भविष्यदृष्टि वाली है, जो इस तकनीक की नवाचारपूर्ण और टिकाऊ कृषि में भूमिका को दर्शाती है (चित्र 2)।

स्प्रेयर की उचित देखभाल और रखरखाव

स्प्रेयर की लंबी आयु, सुचारु संचालन और प्रभावी कार्यक्षमता सुनिश्चित करने के लिए इसके उचित रख-रखाव एवं देखभाल की आवश्यकता होती है। नीचे कुछ महत्वपूर्ण सावधानियाँ और सुझाव दिए जा रहे हैं, जिनका पालन अवश्य किया जाना चाहिए:

- स्प्रेयर के उपयोग से पहले सभी वाशर (रबर गैसकेट) को तेल या पानी में भिगोना चाहिए, जिससे वे लचीले बने रहें और रिसाव की संभावना कम हो।
- काम प्रारंभ करने से पहले स्प्रे नोजल के सिरों को खोलकर अच्छी तरह से साफ करना आवश्यक है ताकि नोजल के छिद्रों में कोई अवरोध न हो और छिड़काव समान रूप से हो सके।
- छिड़काव कार्य पूर्ण हो जाने के बाद स्प्रेयर को स्वच्छ पानी से चलाकर दबाव पोत (प्रेशर वेसल) और डिस्चार्ज ट्यूब में जमा तलछट (सेडीमेंट) को निकाल देना चाहिए। इससे पंप और नली में रासायनिक अवशेष जमा नहीं होते।

पावर स्प्रेयर के संदर्भ में निम्नलिखित बातों का विशेष ध्यान रखना चाहिए:

- इंजन के लुब्रिकेटिंग ऑयल को निर्माता द्वारा दिए गए यूज़र मैनुअल के अनुसार समय-समय पर बदलते रहना चाहिए।
- जब तक पंप या अन्य भागों में रिसाव न दिखाई दे, तब-तक पैकिंग को अनावश्यक रूप से न छेड़ें।
- स्प्रे पंप को कभी भी अनुशंसित अधिकतम दबाव से अधिक पर नहीं चलाना चाहिए।
- इंजन के पंप में तेल का स्तर नियमित रूप से जांचना चाहिए और सभी ग्रीस बिंदुओं पर दिन में कम से कम एक बार ग्रीसिंग करनी चाहिए।
- इंजन में हमेशा केवल निर्माता द्वारा अनुशंसित उच्च गुणवत्ता का तेल और ईंधन ही उपयोग करना चाहिए।
- स्प्रे नोजल और स्प्रे गन को हर उपयोग के बाद अच्छी तरह से साफ कर लेना चाहिए। इन्हें साफ करने के लिए नोजल में फूंक मार सकते हैं या बहुत ही महीन बालू या ब्रश का प्रयोग कर सकते हैं ताकि नोजल के छिद्र अवरुद्ध न हों।

अतिरिक्त महत्वपूर्ण सुझाव:

- स्प्रेयर के सभी फिटिंग, नली, जोड़ों और वाल्वों की समय-समय पर जाँच करनी चाहिए कि कहीं कोई दरार, रिसाव या क्षति तो नहीं है।

- छिड़काव करने के बाद टैंक को अच्छे से धोकर सूखा कर रखना चाहिए ताकि उसमें बैक्टीरिया या फफूंद न पनपें।
- रसायन भरते समय केवल अनुशंसित मिश्रण अनुपात का ही पालन करें और अति सान्द्रता से बचें।
- भंडारण के समय स्प्रेयर को छायादार, सूखी और हवादार जगह पर रखना चाहिए तथा पंप को खाली करके ही संग्रहित करें।
- लंबे समय तक उपयोग न होने पर टैंक, पंप और पाइपलाइन में जमा तरल को पूरी तरह से खाली करके उन्हें सुखा देना चाहिए।

इस प्रकार की सावधानियों का पालन करने से स्प्रेयर की कार्यक्षमता बनी रहती है, रख-रखाव की लागत कम होती है और मशीन लम्बे समय तक उपयोग करने योग्य में रहती है।

निष्कर्ष

कृषि में कीटनाशकों का उपयोग फसलों को कीट, रोग और अन्य हानिकारक जीवों से सुरक्षा प्रदान करने के लिए अत्यंत आवश्यक है, किंतु इनका प्रयोग पर्यावरण, मानव स्वास्थ्य एवं जैव विविधता के प्रति जिम्मेदारी से किया जाना चाहिए। विभिन्न प्रकार के स्प्रेयर जैसे पैर संचालित, रॉकर स्प्रेयर, नैपसैक स्प्रेयर, उच्च दबाव शक्ति स्प्रेयर, बूम स्प्रेयर और ड्रोन आधारित स्प्रेयर आधुनिक कृषि प्रणाली में कीटनाशकों के सटीक और प्रभावी छिड़काव को संभव बनाते हैं। स्वायत्त स्प्रेयर जैसी नवीनतम तकनीकें कृषि को न केवल दक्ष और लागत-कुशल बना रही हैं, बल्कि यह पर्यावरणीय संतुलन और श्रमिकों की सुरक्षा को भी सुनिश्चित कर रही हैं। यंत्रों की प्रभावशीलता को बनाए रखने के लिए उनके नियमित रख-रखाव और सावधानीपूर्वक उपयोग की आवश्यकता होती है। अतः, कीटनाशक उपयोग और स्प्रेयर तकनीकों का संतुलित, वैज्ञानिक और सतत उपयोग ही आधुनिक, सुरक्षित और टिकाऊ कृषि का आधार बन सकता है।

जैव-सक्रिय तत्वों द्वारा फलों के पोषण गुणों का संरक्षण

मनोज कुमार त्रिपाठी, सुकदेव मंगराज,आदिनाथ काटे एवं दिलीप पवार

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

पौधे मानव सभ्यता के लिए प्राचीन काल से ही भोजन, आवास, वस्त्र और औषधि जैसे मूलभूत आवश्यकताओं के एक नवीकरणीय और विश्वसनीय स्रोत रहे हैं। विशेष रूप से औषधीय पौधों का उपयोग हजारों वर्षों से विभिन्न रोगों के पारंपरिक उपचारों में किया जाता रहा है। पौध-आधारित औषधियों से प्राप्त जैव-सक्रिय अवयव आधुनिक चिकित्सा के कई प्रमुख यौगिकों के विकास का आधार भी बने हैं। मानव इतिहास में प्रारम्भिक काल से ही पौधों के अर्क का विभिन्न उद्देश्यों—खाद्य संरक्षण, स्वाद-वृद्धि, उपचार और भंडारण में उपयोग होता आया है। यह लंबे समय से संचित ज्ञान दर्शाता है कि पौध-उत्पन्न अर्क विशेषकर फलों के संरक्षण में अत्यंत उपयोगी सिद्ध हो सकते हैं।

पौधों में पाए जाने वाले द्वितीयक उपापचयी यौगिक जैसे एल्कलॉइड, टैनिन, टरपेनॉइड, फेनॉलिक यौगिक तथा पॉलीसैकेराइड्स लिपिड और अमीनो अम्लों से उत्पन्न होते हैं। ये प्राकृतिक अवयव जैव-संरक्षण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं और कई मामलों में अत्यंत प्रभावी प्राकृतिक संरक्षक के रूप में कार्य करते हैं। फलों के लंबी दूरी के परिवहन के दौरान तापमान, नमी, झटकों और सूक्ष्मजीव संक्रमण के कारण वजन में कमी, सिकुड़न, बनावट में गिरावट, स्वाद का ह्रास और शेल्फ-लाइफ में कमी जैसी समस्याएँ उत्पन्न होती हैं। ऐसे में पौध-आधारित संरक्षक इन भौतिक और जैव-रासायनिक परिवर्तनों को कम करने में अत्यंत सहायक होते हैं।

पौधों से प्राप्त अर्क, आवश्यक तेल, फेनॉल-समृद्ध एक्सट्रैक्ट तथा हार्मोनल इलिसिटर्स—जैसे सैलिसिलिक एसिड, मिथाइल जैस्मोनेट, काइटोसान—अकेले या विभिन्न मिश्रणों में उपयोग किए जा सकते हैं। ये दो प्रमुख तरीकों से फल-संरक्षण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं—(1) सूक्ष्मजीवों के विकास को रोककर, जैसे बैक्टीरिया और फफूंद, तथा (2) ऑक्सीडेशन, एथिलीन उत्पादन और श्वसन दर को नियंत्रित कर, जिससे पकने की गति धीमी होती है और खराब होने की संभावना कम हो जाती है।

ताजा कटे फलों में सतही क्षति, कोशिकीय तनाव, नमी का तेज़ नुकसान, रोगजनक आक्रमण, ब्राउनिंग, एंजाइमिक प्रतिक्रियाएँ और पोषण गुणवत्ता में गिरावट आम समस्याएँ हैं। इस स्थिति में पौध-आधारित संरक्षक विशेष लाभ देते हैं। पॉलीफेनॉल और कैरोटिनॉइड से भरपूर प्राकृतिक यौगिक शक्तिशाली रोगाणुरोधी और एंटीऑक्सीडेंट होते हैं, जो फलों की सतह पर मुक्त कणों की गतिविधि को कम करते हैं और रंग, स्वाद तथा बनावट को संरक्षित रखते हैं। ये यौगिक एथिलीन जैवसंश्लेषण को नियंत्रित, झिल्ली की स्थिरता बनाए, और एंटीऑक्सीडेंट एंजाइमों (जैसे सुपरऑक्साइड डिसम्यूटेज, कैटालेज़ और पेरोक्सिडेज़) की सक्रियता बढ़ाते हैं, जिससे कटाई के बाद गुणवत्ता ह्रास की गति धीमी हो जाती है।

खाद्य उद्योग में इनका उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। आवश्यक तेलों, पौध-आधारित जैलों (जैसे एलोवेरा), चितोसेन कोटिंग्स, और नैनो-इमल्शन आधारित प्राकृतिक संरक्षक अब विभिन्न फल प्रसंस्करण क्षेत्रों में व्यापक रूप से अपनाए जा रहे हैं। यह न सिर्फ सूक्ष्मजीवों के आक्रमण को रोकते हैं, बल्कि फलों में ऑफ-फ्लेवर्स के विकास को कम करते हैं, रंग स्थिरता बढ़ाते हैं और संपूर्ण शेल्फ-लाइफ में उल्लेखनीय सुधार लाते हैं (चित्र–1)

चित्र–1: फल अर्क एवं उनके भंडारण का प्रभाव

फलों की गुणवत्ता संरक्षण में पौध-उत्पन्न संरक्षकों का वैज्ञानिक मूल्यांकन और नवीन प्रवृत्तियाँ

पौधे मानव जीवन के लिए प्राचीन काल से ही भोजन, औषधि, वस्त्र और आवास के मूलभूत तथा नवीकरणीय स्रोत रहे हैं। विशेष रूप से औषधीय पौधों का उपयोग हजारों वर्षों से पारंपरिक चिकित्सा में होता आया है, और इनके जैव-सक्रिय यौगिक आधुनिक औषधियों के लिए भी आधारभूत रूप से उपयोग किए जाते हैं। समय के साथ वैज्ञानिक अनुसंधान ने सिद्ध किया है कि पौधों से प्राप्त अर्क, आवश्यक तेल, फेनॉलिक यौगिक, और वाष्पशील घटक खाद्य पदार्थों विशेषकर ताजे फलों के संरक्षण में अत्यंत प्रभावी हैं। ताजा फलों में कटाई के बाद होने वाले जैव-रासायनिक, भौतिक और सूक्ष्मजीव-जनित परिवर्तनों—जैसे वजन में कमी, सिकुड़न, बनावट में गिरावट, रंग भूरा होना, रोगजनकों का संक्रमण और शेल्फ-लाइफ में कमी—को रोकने के लिए पौध-आधारित प्राकृतिक संरक्षक महत्वपूर्ण विकल्प के रूप में उभरे हैं।

हाल के शोधों से प्राप्त प्रमुख निष्कर्ष

हाल में प्रकाशित कई अध्ययनों ने दर्शाया है कि पौध-आधारित संरक्षक कई स्तरों पर प्रभावी कार्य करते हैं—

1. **रोगाणुरोधी गतिविधि:** आवश्यक तेलों में उपस्थित कार्वाक्रोल, थाइमॉल, यूजेनॉल आदि यौगिक बोट्राइटिस सिनेरेआ, पेनिसिलियम एक्सपैंसम और एस्परजिलस नाइजर जैसे फल-संक्रमित रोगजनकों को 60–90 % तक रोकते हैं।
2. **एंटीऑक्सीडेंट सुरक्षा:** वनस्पति अर्क (जैसे नीम, तुलसी, गिलोय, एलोवेरा) फ्री रैडिकल्स को

निष्क्रिय करते हैं, जिससे झिल्ली क्षति, एंथोसाइनिन का ऑक्सीडेशन और विटामिन C की हानि कम होती है।

3. **एथिलीन कमी:** सैलिसिलिक एसिड, मिथाइल जैस्मोनेट और काइटोसान जैसे इलिसिटर्स फलों में एथिलीन बायोसिंथेसिस को 30-50% तक धीमा करते हैं, जिससे पकने की गति कम होती है।
4. **नैनो-फॉर्मुलेशन:** नवीन शोधों में नैनो-इमल्शन आधारित आवश्यक तेल कोटिंग्स को पारंपरिक कोटिंग की तुलना में 3–2 गुना अधिक प्रभावी पाया गया है।

उड़नशील संघटक की भूमिका

उड़नशील संघटक वे रसायनिक यौगिक होते हैं जो आसानी से वाष्पित हो जाते हैं और आमतौर पर उनकी गंध या सुगंध के लिए जिम्मेदार होते हैं। ये प्राकृतिक रूप से पौधों, फलों, फूलों, मसालों, बीजों और अन्य कृषि एवं खाद्य उत्पादों में पाए जाते हैं। उड़नशील संघटक में मुख्यतः एसेंशियल ऑयल, अल्कोहल, एस्टर, कीटोन, एल्डिहाइड, टेरपीन और अन्य अरोमैटिक यौगिक शामिल होते हैं। ये संघटक फल और फूलों की गंध, स्वाद और जैविक गतिविधियों (जैसे कीट प्रतिरोध और रोग प्रतिरोध) में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। पोस्टहार्वेस्ट संरक्षण में भी ये संघटक महत्वपूर्ण होते हैं क्योंकि ये एंटीमाइक्रोबियल और एंटीऑक्सीडेंट क्रियाएं प्रदर्शित कर सकते हैं।

आवश्यक तेल प्राकृतिक वाष्पशील यौगिक होते हैं, जिनमें शक्तिशाली रोगाणुरोधी, एंटीऑक्सीडेंट और एंटी-एथिलीन गुण पाए जाते हैं।

- **थाइम ऑयल:** अंगूर और स्ट्रॉबेरी पर 80% तक फफूंद वृद्धि रोकता है।
- **लेमनग्रास ऑयल:** आम, केला और पपीता में वजन हानि और सिकुड़न को काफी कम करता है।
- **ओरेगानो और दालचीनी तेल:** कोटिंग्स में उपयोग करने पर फलों की शेल्फ-लाइफ 7–14 दिनों तक बढ़ाते हैं।

वाष्पशील यौगिक (जैसे हेक्सानॉल, हेक्सेनल, γ-टर्पिनीन) हालिया शोधों में फ्यूमिगेशन एजेंट के रूप में अत्यंत प्रभावी पाए गए हैं।

- ये वाष्प के रूप में कार्य करते हुए रोगजनकों की वृद्धि को रोकते हैं।
- पैक किए गए फलों में उपयोग करने पर नियंत्रित वातावरण बनाते हैं।
- मेलाल्यूका और यूकेलिप्टस के वाष्पशील यौगिकों ने साइट्रस और बेरी फलों में रोगजनकों को 70% तक कम किया है। **सारणी 1** पौध-उत्पन्न संरक्षकों और उनकी जैविक गतिविधियों को वैज्ञानिक अध्ययन पर आधारित रूप में प्रमाणित करते हैं:

तालिका 1: पौध-उत्पन्न संरक्षकों के उदाहरण और उनकी जैविक गतिविधियाँ

क्रम	पौध-आधारित संरक्षक / स्रोत	मुख्य सक्रिय यौगिक	प्रमुख जैविक गतिविधियाँ	फल-संरक्षण में भूमिका
1	**लेमनग्रास ऑयल**	सिट्राल, जेरानियोल	प्रबल एंटीफंगल और एंटी-बैक्टीरियल गतिविधि	फफूंद संक्रमण रोकता है, वजन हानि कम करता है, पकने की गति धीमी करता है
2	**थाइम ऑयल**	थाइमॉल, कार्वाक्रॉल	सेल मेम्ब्रेन को क्षतिग्रस्त कर माइक्रोबियाल डेथ	बोट्राइटिस, पेनिसिलियम वृद्धि को 70–90% तक रोकता है
3	**दालचीनी तेल**	सिनामाल्डिहाइड	एंटीमाइक्रोबियल, एंटीऑक्सीडेंट	फल की सतह पर रोगजनकों की वृद्धि रोकता है; शेल्फ-लाइफ बढ़ाता है
4	**नीम पत्ती अर्क**	आज़ादिरैक्टिन, पॉलीफेनॉल	एंटीफंगल, एंटीऑक्सीडेंट	कटे हुए फलों में ब्राउनिंग कम करता है व सूक्ष्मजीव भार घटाता है
5	**एलोवेरा जेल**	पॉलीसैकेराइड्स, ऐलोइन	नमी संरक्षण, सूक्ष्मजीव अवरोध	प्राकृतिक कोटिंग; पानी की हानि कम करता है, बनावट बनाए रखता है
6	**ग्रीन टी एक्सट्रैक्ट**	कैटेचिंस, फ्लेवोनॉयड	अति-उच्च एंटीऑक्सीडेंट क्षमता	पिगमेंट स्थायित्व बढ़ाता है, विटामिन C का ह्रास कम करता है
7	**अंगूर बीज अर्क**	प्रोस्यानिडिन	मुक्त कण अवरोध, एंटीमाइक्रोबियल	ताजे फलों का रंग और स्वाद संरक्षित रखता है
8	**सैलिसिलिक एसिड**	–	एथिलीन कमी, रोग-प्रतिरोध सक्रियण	पकने की गति 30–50% कम; ठंड से होने वाली क्षति घटाता है
9	**मिथाइल जैस्मोनेट**	–	रक्षा एंजाइम सक्रियण	रोगरोधी क्षमता बढ़ाता है; शेल्फ-लाइफ बढ़ाता है

10	**काइटोसान (पौध-व्यु-त्पन्न पॉलिमर)**	–	एंटीमाइक्रोबियल, फिल्म--फॉर्मिंग	प्राकृतिक कोटिंग बनाता है, पानी की हानि व रोग कम करता है
11	**यूकेलिप्टस वाष्पशील यौगिक**	γ-टर्पिनीन	वाष्प के रूप में रोगजनक अवरोध	पैक किए गए फलों में संक्रमण 60–70% तक घटाता है
12	**मेथी बीज अर्क**	सैपोनिन, फेनॉल	एंटीफंगल	साइट्रस व टमाटर में रो-गजनक वृद्धि न्यूनतम करता है

एसेंशियल ऑयल

एसेंशियल ऑयल पौधों से प्राप्त अत्यंत सघन, सुगंधित और उड़नशील तेल होते हैं, जो आमतौर पर पत्तियों, फूलों, बीजों, छाल या जड़ों से निकाले जाते हैं। ये प्राकृतिक यौगिकों का मिश्रण होते हैं, जिनमें मुख्य रूप से टेर्पेन्स, अल्कोहल, कीटोन, एल्डिहाइड, एस्टर और फेनॉल शामिल होते हैं। एसेंशियल ऑयल में कई जैवसक्रिय गुण पाए जाते हैं जैसे एंटीमाइक्रोबियल, एंटीऑक्सीडेंट, एंटीइन्फ्लेमेटरी और कीट प्रतिरोधी क्रियाएं, इसलिए, ये खाद्य संरक्षण, औषधीय उपयोग और सुगंध उद्योग में व्यापक रूप से उपयोग किए जाते हैं। पोस्टहार्वेस्ट तकनीक में, एसेंशियल ऑयल का प्रयोग फल और सब्जियों की सड़न और रोगाणु संक्रमण को कम करने, ठंड और भंडारण चोटों से सुरक्षा प्रदान करने के लिए किया जाता है। ये रासायनिक कीटनाशकों का सुरक्षित और पर्यावरण-अनुकूल विकल्प हैं। एसेंशियल ऑयल की कार्यप्रणाली में माइक्रोबियल कोशिका-झिल्ली का विघटन, माइटोकॉन्ड्रियल कार्य में बाधा तथा प्रतिक्रियाशील ऑक्सीजन प्रजातियों की कमी शामिल है।

वनस्पति अर्क की भूमिका

वनस्पति अर्क वे प्राकृतिक यौगिक होते हैं जिन्हें पौधों के विभिन्न हिस्सों—जैसे पत्तियाँ, फूल, बीज, जड़, छाल या फल से निकाला जाता है। इन्हें पानी, अल्कोहल, तेल या अन्य घुलनशील विलायकों का उपयोग करके तैयार किया जाता है।

वनस्पति अर्क में फिनोलिक यौगिक, फ्लावोनोइड, टैनिन, एसेंशियल ऑयल, अल्कलॉइड और कार्बोहाइड्रेट जैसे जैवसक्रिय घटक पाए जाते हैं। ये अर्क प्रतिरक्षा बढ़ाने, रोगाणुरोधी, एंटीऑक्सीडेंट, एंटीइन्फ्लेमेटरी और स्वाद व सुगंध सुधारने जैसे गुण प्रदर्शित करते हैं।

पोस्टहार्वेस्ट संरक्षण में, वनस्पति अर्क फल और सब्जियों की सड़न को कम करने, पैदावार बढ़ाने और ठंड या अन्य भंडारण चोटों से सुरक्षा प्रदान करने में उपयोगी होते हैं। ये रसायनिक कीटाणुनाशकों का सुरक्षित और पर्यावरण-अनुकूल विकल्प प्रस्तुत करते हैं।

वनस्पति अर्क में पॉलीफेनॉल, फ्लेवोनॉयड, टैनिन और एंथ्राक्विनोन प्रचुर मात्रा में होते हैं।

- नीम और मेथी अर्क: एंटीफंगल प्रभाव के साथ फल की सतह पर सुरक्षात्मक परत का निर्माण करते हैं।
- एलोवेरा जेल: एक प्राकृतिक बायोपॉलीमर होने के कारण नमी का नियंत्रित विनिमय सुनिश्चित करता है।
- ग्रीन टी और अंगूर बीज अर्क: क्लोरोजेनिक और कैटेचिन-समृद्ध होने के कारण उच्च एंटीऑक्सीडेंट क्षमता प्रदान करते हैं।

तालिका 2. में पत्तियों की अन्य पौधभागों (जड़ें, तना, बीज आदि) के साथ जैवसक्रिय यौगिक स्रोत के रूप में तुलना प्रदर्शित की गई है। यह तालिका पत्तियों के उच्चतम एंटीऑक्सिडेंट और अन्य जैवसक्रिय गतिविधियों को विशेष रूप से दर्शाती है।

तालिका 2: पौधे में प्रमुख जैवसक्रिय यौगिक एवं जैविक गतिविधियाँ

पौधा भाग	प्रमुख जैवसक्रिय यौगिक	जैविक गतिविधियाँ	टिप्पणी
पत्तियाँ	फ्लैवोनॉयड, एनथोसाइनिन, कैरोटेनोइड, क्लोरोफिल	प्रबल एंटीऑक्सिडेंट, मुक्त कण निष्क्रियता, एंटीमाइक्रोबियल	पत्तियाँ अक्सर अन्य भागों की तुलना में उच्च मुक्त कण रोकने की क्षमता दिखाती हैं।
बीज	पॉलीफेनॉल्स, प्रोसैनीडिन्स	एंटीऑक्सिडेंट, एंटीमाइक्रोबियल	बीज में फिनोलिक कंपाउंड्स प्रबल होते हैं, जो खाद्य उद्योग में उपयोगी हैं।
तना	मध्यम स्तर के पॉलीफेनॉल, टैनिन	मध्यम एंटीऑक्सीडेंट	कुछ गहरे रंग के वनस्पति तने phenolics प्रदर्शित करते हैं, पर स्तर पत्तियों से कम।
फूल	फ्लैवोनॉयड, टैनिन, ख़ुशबू यौगिक	एंटीऑक्सिडेंट, एंटीमाइक्रोबियल, रंग/गंध	फूलों में स्वाद, रंग और सुगंध के लिए उपयोगी यौगिक होते हैं।
फ ल / छिलका	सिनामिक अम्ल, बेन्जोइक अम्ल, प्रांतोसाइनीडिन	एंटीऑक्सिडेंट, एंटीमाइक्रोबियल	छिलके आमतौर पर फल के गूदे की तुलना में उच्च phytonutrients प्रदान करते हैं।
छाल	उच्च फेनोलिक (जैसे दालचीनी छाल)	एंटीऑक्सिडेंट	विशेष वृक्ष छाल में फेनॉल बहुतायत से पाए जाते हैं

फल, सब्ज़ियाँ और फूल: प्राकृतिक संरक्षकों के स्रोत

फल, सब्ज़ियाँ और फूल प्राकृतिक संरक्षकों के महत्वपूर्ण स्रोत हैं, जिनमें एंटीऑक्सीडेंट, एंटीमाइक्रोबियल और एंटी-एथिलीन गतिविधियाँ पाई जाती हैं। फल जैसे अंगूर, नींबू, सेब और पपीता पॉलीफेनॉल, कैरोटिनॉइड और फ्लैवोनॉयड से समृद्ध होते हैं, जो फलों की कटाई के बाद रंग, स्वाद और बनावट बनाए रखने में मदद करते हैं। सब्ज़ियाँ जैसे पालक, गाजर और ब्रोकली फ्लेवोनॉयड और एंटीऑक्सीडेंट यौगिकों का उत्कृष्ट स्रोत हैं, जो मुक्त कणों की गतिविधि को नियंत्रित करते हैं और शेल्फ-लाइफ बढ़ाते हैं। फूल, जैसे गुलाब, जैस्मिन और मारिगोल्ड, वाष्पशील यौगिक और एंटीऑक्सीडेंट प्रदान करते हैं, जो सुगंध, रंग और रोग-प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाते हैं। ताजे कटे उत्पादों में इन प्राकृतिक यौगिकों का उपयोग पोस्टहार्वेस्ट सड़न को कम करने, एथिलीन उत्पादन को नियंत्रित करने और गुणवत्ता बनाए रखने के लिए किया जा सकता है। पोस्टहार्वेस्ट सड़न वह प्रक्रिया है जिसमें फसल कटाई के बाद भंडारण, परिवहन या विपणन के दौरान फल, सब्जी या अन्य कृषि उत्पाद खराब हो जाते हैं। यह मुख्यतः फफूंदी, बैक्टीरिया, वायरस या अन्य सूक्ष्मजीवों के कारण होता है। यह मुख्यतः फफूंदी, बैक्टीरिया, वायरस या अन्य सूक्ष्मजीवों के कारण होता है।सड़न के कारणों में शामिल हैं:

- **जैविक कारण:** रोगाणु संक्रमण, फल की प्राकृतिक पचने की प्रक्रिया (रिपनिंग)
- **भौतिक कारण:** चोट, दबाव या नमी परिवर्तन
- **रासायनिक कारण:** एंजाइमगत परिवर्तन और ऑक्सीकरण

पोस्टहार्वेस्ट सड़न के परिणामस्वरूप उत्पाद की गुणवत्ता, स्वाद, पोषण और बाजार मूल्य प्रभावित होता है। इसे कम करने के लिए सही तापमान और आर्द्रता नियंत्रण, प्राकृतिक अर्क और एसेंशियल ऑयल का प्रयोग, पैकेजिंग तकनीक और रोग प्रतिरोधी किस्मों का उपयोग किया जाता है (चित्र.2)।

चित्र.2: प्राकृतिक जैव-सक्रिय यौगिक के श्रोत

वर्तमान स्थिति, सीमाएँ और भविष्य की संभावनाएँ

पौध-आधारित संरक्षक, जैसे आवश्यक तेल, वनस्पति अर्क, वाष्पशील यौगिक और हार्मोनल इलिसिटर्स, फलों और सब्ज़ियों की पोस्टहार्वेस्ट गुणवत्ता बनाए रखने में तेजी से अपनाए जा रहे हैं। वर्तमान में ये प्राकृतिक संरक्षक एंटीमाइक्रोबियल, एंटीऑक्सीडेंट और एंटी-एथिलीन गतिविधियों के माध्यम से ताजगी बनाए रखने, रोगजनकों की वृद्धि को रोकने और फलों की शेल्फ-लाइफ बढ़ाने में प्रभावी साबित हुए हैं। नैनो-इमल्शन और एडिबल कोटिंग तकनीक ने इन यौगिकों की स्थायित्व और प्रभावशीलता में सुधार किया है।हालांकि, उनके व्यापक व्यावसायिक उपयोग में कुछ सीमाएँ हैं। इनमें शामिल हैं: स्वाद और गंध में बदलाव, जैवसक्रिय यौगिकों में बैच-टू-बैच भिन्नता, उत्पादन लागत, और कुछ देशों में नियामक बाधाएँ। इसके अलावा, लंबी अवधि की स्थायित्व और बड़े पैमाने पर संग्रहन में इन संरक्षकों के प्रभाव की जानकारी सीमित है।

भविष्य की संभावनाएँ बहुत उज्ज्वल हैं। नैनो-कैप्सुलेशन, हर्डल तकनीक और सिंथेटिक तथा प्राकृतिक यौगिकों का संयोजन इन संरक्षकों की स्थायित्व और प्रभावशीलता बढ़ा सकते हैं। इसके अलावा, विभिन्न फलों और सब्ज़ियों के लिए अनुकूलित डोज़ और एप्लीकेशन प्रोटोकॉल विकसित करने की आवश्यकता है। लगातार शोध और उन्नत फॉर्मूलेशन के माध्यम से ये प्राकृतिक संरक्षक पोस्टहार्वेस्ट प्रबंधन में पारंपरिक रासायनिक संरक्षकों का स्थायी और पर्यावरण-अनुकूल विकल्प बन सकते हैं।

निष्कर्ष

पौधों से प्राप्त अर्क और एलिसिटर फल की पोस्टहार्वेस्ट गुणवत्ता बनाए रखने और क्षति कम करने के लिए एक आशाजनक और टिकाऊ रणनीति प्रस्तुत करते हैं। अनुसंधान और बिब्लियोमेट्रिक विश्लेषण से स्पष्ट है कि आवश्यक तेल, वनस्पति अर्क और संकेतक अणु जैसे मिथाइल जैस्मोनेट और सैलिसिलिक एसिड कई तंत्रों के माध्यम से काम करते हैं। इनमें प्रत्यक्ष जीवाणुरोधी और एंटीऑक्सीडेंट गतिविधियाँ, साथ ही फल की अपनी सुरक्षा प्रणाली को सक्रिय करना शामिल है, जिससे पकने की प्रक्रिया धीमी होती है, सड़न कम होती है और ठंड से होने वाली चोटें कम होती हैं।

हालांकि, प्रयोगशाला अनुसंधान से व्यावसायिक स्तर पर संक्रमण में चुनौतियाँ हैं, जैसे कि अर्क की गंध और स्वाद का प्रभाव, बैच-से-बैच भिन्नता, नियामक बाधाएँ और लागत। भविष्य में नैनो-एन्कैप्सुलेशन तकनीक, एलिसिटर के सही अनुप्रयोग और हर्डल टेक्नोलॉजी में एकीकरण द्वारा इन बाधाओं को पार किया जा सकता है। इस प्रकार, पौध-आधारित संरक्षक सुरक्षित, उच्च-गुणवत्ता वाले फल के लिए टिकाऊ विकल्प बन सकते हैं।

प्राकृतिक खेती: खुशहाली का एक सशक्त विकल्प

मानसी नौटियाल एवं शरद पांडे

स्कूल ऑफ एग्रीकल्चर, उत्तरांचल विश्वविद्यालय, देहरादून, उत्तराखंड

प्रस्तावना

कृषि और प्रकृति का रिश्ता बहुत गहरा है। मिट्टी, पानी, मौसम और जैविक प्रक्रियाएँ मिलकर ही अच्छी फसल पैदा करने में मदद करती हैं। लेकिन पिछले कई वर्षों से की जा रही रासायनिक और गहन खेती ने इस प्राकृतिक संतुलन को काफी नुकसान पहुँचाया है। ज्यादा खाद और कीटनाशकों के इस्तेमाल तथा बार बार एक ही फसल उगाने से मिट्टी की सेहत बिगड़ गई है। इससे पानी प्रदूषित हुआ है, जैव विविधता कम हुई है और किसानों की आमदनी पर भी असर पड़ा है। इन समस्याओं को देखते हुए अब लोग खेती के ऐसे तरीकों की ओर बढ़ रहे हैं जो प्रकृति के ज्यादा करीब हों। इसी वजह से प्राकृतिक खेती पर ध्यान दिया जाने लगा है। यह खेती पर्यावरण के लिए अच्छी है और लंबे समय तक टिकाऊ भी मानी जाती है। प्राकृतिक खेती से मिट्टी की गुणवत्ता सुधरती है, खेतों में जीवन बना रहता है और पूरा कृषि तंत्र मजबूत होता है। इसका उद्देश्य ऐसी खेती को बढ़ावा देना है जिसमें इंसान और प्रकृति दोनों का फायदा हो। इसमें पौधे, पशु और मिट्टी सभी का संतुलन बना रहता है। साथ ही यह तरीका हमें रासायनिक खाद और दवाइयों पर कम निर्भर बनाता है और खेती को ज्यादा सुरक्षित और स्वस्थ बनाता है।

प्राकृतिक खेती की अवधारणा

प्राकृतिक खेती एक ऐसा तरीका है जिसमें रासायनिक खाद, कीटनाशक, खरपतवारनाशी और कृत्रिम वृद्धि बढ़ाने वाले पदार्थों की जगह मिट्टी में होने वाली प्राकृतिक जैविक प्रक्रियाओं पर भरोसा किया जाता है। इस पद्धति में किसी भी तरह के कृत्रिम या सिंथेटिक इनपुट का इस्तेमाल नहीं किया जाता। इसके बजाय खेत पर ही तैयार किए गए प्राकृतिक घोल, स्थानीय अनुभव और प्रकृति के नियमों को अपनाया जाता है ताकि फसल का उत्पादन भी बना रहे और पर्यावरण के साथ संतुलन भी कायम रहे।प्राकृतिक खेती इस सोच पर आधारित है कि मिट्टी कोई निर्जीव चीज नहीं है बल्कि एक जीवित तंत्र है। जब मिट्टी में मौजूद जैविक गतिविधियाँ सही तरह से काम करती हैं तो वही मिट्टी पौधों को जरूरी पोषक तत्व देती है और उन्हें बीमारियों तथा कीटों से अपने आप सुरक्षित रखने में मदद करती है। इस खेती में अपनाई जाने वाली जैविक पद्धतियाँ मिट्टी में सूक्ष्मजीवों की संख्या बढ़ाती हैं, पोषक तत्वों के चक्र को मजबूत बनाती हैं और पौधों में रोग तथा कीटों से लड़ने की ताकत विकसित करती हैं। रासायनिक इनपुट के सहारे फसलों को जबरन बढ़ाने के बजाय प्राकृतिक खेती का मूल विचार यह है कि जिस वातावरण में फसल उगाई जा रही है उसकी सेहत और उर्वरता को बेहतर बनाया जाए। जब पूरा कृषि वातावरण स्वस्थ होता है तो फसलें अपने आप अच्छी तरह बढ़ती हैं, उत्पादन लंबे समय तक टिकाऊ रहता है और अंत में संतोषजनक उपज मिलती है।

कृषि पारितंत्र के स्वास्थ्य में प्राकृतिक खेती की भूमिका

कृषि पारितंत्र में खेती से जुड़े सभी जीवित और निर्जीव तत्व शामिल होते हैं, जैसे मिट्टी, पौधे, सूक्ष्म-जीव, कीट, पशु, पानी और जलवायु। इस पूरे तंत्र की सेहत इस बात पर निर्भर करती है कि इन सबके बीच कितना अच्छा संतुलन बना हुआ है और जैव विविधता कितनी बनी रहती है। लेकिन पारंपरिक खेती में यह संतुलन अक्सर बिगड़ जाता है। जरूरत से ज्यादा कीटनाशकों का इस्तेमाल, मिट्टी की संरचना को नुकसान और गहन कृषि तरीकों के कारण कई लाभकारी जीव नष्ट हो जाते हैं। प्राकृतिक खेती इस बिगड़े हुए कृषि पारितंत्र को फिर से मजबूत बनाने में मदद करती है। यह जीवों के बीच आपसी संबंधों को बेहतर बनाती है और बाहरी रासायनिक हस्तक्षेप को कम करने पर जोर देती है। खेती में सूक्ष्मजीवों का महत्व इसी से समझा जा सकता है कि स्वस्थ मिट्टी में एक संतुलित मिट्टी खाद्य जाल बनता है, जिसमें अलग अलग तरह के सूक्ष्मजीव होते हैं। ये सूक्ष्मजीव पोषक तत्वों को पौधों के लिए उपयोगी रूप में बदलते हैं और रोगों को प्राकृतिक रूप से नियंत्रित करने में भी मदद करते हैं। जब प्राकृतिक खेती के तरीकों से मिट्टी स्वस्थ होती है तो आसपास के क्षेत्र में जैव विविधता भी बढ़ती है। इससे लाभकारी कीटों और परागण करने वाले जीवों को फायदा मिलता है। साथ ही रासायनिक दवाओं का कम उपयोग होने से प्राकृतिक कीट नियंत्रण ज्यादा प्रभावी हो जाता है। इसी वजह से प्राकृतिक खेती पर आधारित प्रणालियाँ जलवायु तनाव, कीटों के हमले और मिट्टी की उर्वरता में कमी जैसी समस्याओं का सामना करने में ज्यादा मजबूत और टिकाऊ साबित होती हैं।

तालिका 1: पारंपरिक खेती और प्राकृतिक खेती की तुलना

	पारंपरिक खेती	प्राकृतिक खेती
उर्वरक	रासायनिक खादों का उपयोग	खेत में ही तैयार प्राकृतिक घोल
कीट प्रबंधन	रासायनिक कीटनाशक	पौधों व जैविक तरीकों से नियंत्रण
मिट्टी की स्थिति	धीरे-धीरे कमजोर होती जाती है	मिट्टी की जैविक शक्ति बढ़ती है
खेती पर खर्च	ज्यादा	कम
पर्यावरण पर असर	प्रदूषण अधिक	प्रकृति के अनुकूल

प्राकृतिक खेती के मुख्य आधार

प्राकृतिक खेती की पद्धति कुछ मूल स्तंभों पर आधारित होती है, जो मिलकर मिट्टी के स्वास्थ्य को बेहतर बनाते हैं, फसलों की सहनशीलता बढ़ाते हैं और पूरे पारितंत्र को स्थिर रखते हैं। यही स्तंभ एक स्वस्थ और स्वयं टिके रहने वाले कृषि पारितंत्र की नींव तैयार करते हैं।

1. **बीजामृत** : बीजामृत बुवाई से पहले इस्तेमाल किया जाने वाला एक इको-फ्रेंडली बीज उपचार है। इसे गाय के गोबर, गोमूत्र, चूना और बिना खेती वाली या कुंवारी ज़मीन की थोड़ी सी मिट्टी मिलाकर बनाया जाता है। बीजामृत बीजों को मिट्टी से होने वाली बीमारियों से बचाता है और अंकुरण को बढ़ावा देता है। यह बीजों पर फायदेमंद माइक्रोऑर्गेनिज़्म की एक परत चढ़ा देता है, जिससे पौधों की शुरुआती ग्रोथ मज़बूत होती है।

2. **जीवामृत**: जीवामृत को प्राकृतिक खेती की नींव माना जाता है। इसे गाय के गोबर, गोमूत्र, गुड़ (खजूर का गुड़), दाल का आटा और मिट्टी को मिलाकर बनाया जाता है। जीवामृत खुद कोई खाद नहीं है, बल्कि यह मिट्टी में पहले से मौजूद सूक्ष्मजीवों को एक्टिव करता है। ये सूक्ष्मजीव ऑर्गेनिक पदार्थ को तोड़ते हैं, जिससे पौधों को ज़रूरी पोषक तत्व मिलते हैं। जीवामृत के रेगुलर इस्तेमाल से मिट्टी में सूक्ष्मजीवों की संख्या और किस्म बढ़ती है और मिट्टी की उर्वरता में सुधार होता है।

3. **घन जीवामृत**: घन जीवामृत, जीवामृत का ठोस या गाढ़ा रुप है। यह खास तौर पर बारिश पर निर्भर और सूखे इलाकों में उपयोगी है, जहाँ लिक्विड सॉल्यूशन डालना मुश्किल होता है। घन जीवामृत धीरे-धीरे पोषक तत्व छोड़ता है और माइक्रोबियल एक्टिविटी को बनाए रखता है। इससे मिट्टी में ऑर्गेनिक पदार्थ बढ़ता है, माइक्रोबियल कम्युनिटी स्थिर होती है, और फसलों को लगातार पोषण मिलता रहता है।

4. **मल्चिंग (आवरण)**: मल्चिंग का मतलब है खेत की सतह पर फसल के बचे हुए हिस्से, सूखी पत्तियाँ, हरी जैविक सामग्री या दूसरे सड़ने वाले पदार्थ बिछाना। इससे मिट्टी में नमी बनी रहती है और तापमान भी संतुलित रहता है। मल्चिंग करने से खरपतवार कम उगते हैं और मिट्टी का कटाव भी रुकता है। इसके अलावा यह मिट्टी में रहने वाले जीवों के लिए भोजन का काम करती है, जिससे मिट्टी की जैविक गतिविधियाँ बढ़ती हैं। धीरे धीरे इससे मिट्टी की बनावट सुधरती है और खेत की उपजाऊ क्षमता भी बेहतर होती जाती है।

5. **व्हापासा**: व्हापासा उस स्थिति को कहते हैं जब मिट्टी में हवा और पानी का सही संतुलन बना रहता है। प्राकृतिक खेती में इस बात पर जोर दिया जाता है कि खेत में जरूरत से ज्यादा सिंचाई न की जाए, क्योंकि ज्यादा पानी भर जाने से मिट्टी में हवा की कमी हो जाती है और जड़ें ठीक से सांस नहीं ले पातीं। जब व्हापासा की स्थिति बनी रहती है तो जड़ों को पर्याप्त हवा मिलती है। इससे जड़ें मजबूत होती हैं, अच्छी तरह फैलती हैं और पौधों में ज्यादा शाखाएँ बनती हैं। इसका फायदा यह होता है कि पौधे पानी और पोषक तत्वों का बेहतर इस्तेमाल कर पाते हैं और फसलें तनाव की स्थिति को भी आसानी से सहन कर लेती हैं।

6. **पंचगव्य**: पंचगव्य एक प्राचीन जैव संवर्धक है जिसे आज की खेती में फिर से अपनाया जा रहा है। इसे गाय से मिलने वाले पाँच पदार्थ गोबर, गोमूत्र, दूध, दही और घी से तैयार किया जाता है। पंचगव्य में बड़ी मात्रा में लाभकारी सूक्ष्मजीव, पौधों की बढ़वार में मदद करने वाले तत्व और जरूरी सूक्ष्म पोषक तत्व पाए जाते हैं। जब इसे पत्तियों पर छिड़का जाता है या मिट्टी में दिया जाता है तो यह पौधों की वृद्धि को प्राकृतिक तरीके से तेज करता है। इससे पौधों में फूल ज्यादा आते हैं और फलन भी बेहतर होता है। साथ ही पंचगव्य पौधों की रोग और कीटों से लड़ने की क्षमता को मजबूत बनाता है, जिससे वे खुद को नुकसान से बेहतर तरीके से बचा पाते हैं।

7. **नीमास्त्र**: नीमास्त्र एक जैविक घोल है जो फसलों को कीटों से बचाने में बहुत मदद करता है। इसे नीम की पत्तियों या पिसे हुए बीजों, गोमूत्र और कुछ स्थानीय चीजों को मिलाकर तैयार किया जाता है। नीमास्त्र रस चूसने वाले कीटों और पत्तियाँ खाने वाले कीड़ों दोनों पर अच्छा असर दिखाता है। यह कई कीटों के लार्वा की बढ़वार को रोक देता है, जिससे धीरे धीरे उनकी संख्या कम होने लगती है। नीमास्त्र का नियमित उपयोग करने से रासायनिक कीटनाशकों की जरूरत काफी घट जाती है। इससे खेती ज्यादा सुरक्षित बनती है और पर्यावरण को भी कम नुकसान पहुँचता है।

प्राकृतिक खेती में मिट्टी का महत्व

प्राकृतिक खेती की नींव स्वस्थ और जीवंत मिट्टी पर टिकी होती है। ऐसी मिट्टी में अच्छी जैविक संरचना होती है, जहाँ बहुत से लाभकारी सूक्ष्मजीव लगातार काम करते रहते हैं और पौधों की प्राकृतिक बढ़वार में मदद करते हैं। प्राकृतिक खेती में मिट्टी को सिर्फ फसल उगाने का साधन नहीं माना जाता, बल्कि उसे एक जीवित तंत्र समझा जाता है। मिट्टी की उर्वरता और जैविक संतुलन बनाए रखने में जीवामृत, घन जीवामृत, पंचगव्य, मल्चिंग और कम जुताई जैसी विधियाँ बहुत अहम भूमिका निभाती हैं। जीवामृत और घन जीवामृत मिट्टी में पहले से मौजूद सूक्ष्मजीवों को सक्रिय करते हैं। ये सूक्ष्मजीव जैविक पदार्थों को तोड़कर उनमें मौजूद पोषक तत्वों को पौधों के लिए उपयोगी बनाते हैं। पंचगव्य भी मिट्टी की ताकत बढ़ाने में मदद करता है क्योंकि इसमें पौधों की वृद्धि को सहारा देने वाले तत्व, लाभकारी सूक्ष्मजीव और जरूरी सूक्ष्म पोषक तत्व होते हैं। इन प्राकृतिक तरीकों को लगातार अपनाने से मिट्टी में जैविक कार्बन बढ़ता है, मिट्टी के कण अच्छी तरह जुड़ते हैं, पानी का रिसाव बेहतर होता है और जड़ों का विकास भी अच्छा होता है। मिट्टी में रहने वाले सूक्ष्मजीव पोषक तत्वों के पुनर्चक्रण, नाइट्रोजन को स्थिर करने और फॉस्फोरस को पौधों के लिए उपलब्ध बनाने में बड़ी भूमिका

निभाते हैं। इसके अलावा केंचुए और दूसरे मिट्टी में रहने वाले जीव हवा के संचार को बढ़ाते हैं, मिट्टी की बनावट सुधारते हैं और जड़ों के लिए अनुकूल माहौल बनाते हैं। लंबे समय में प्राकृतिक खेती से जुड़ी मिट्टियाँ ज्यादा उपजाऊ, मजबूत और उत्पादक बन जाती हैं और उन्हें रासायनिक खाद की जरूरत भी कम पड़ती है।

प्राकृतिक खेती के माध्यम से जल संरक्षण

वर्तमान समय में कृषि जलवायु परिवर्तन और पानी के अत्यधिक उपयोग से सबसे अधिक प्रभावित हो रही है। प्राकृतिक खेती बेहतर मिट्टी संरचना और अधिक जैविक पदार्थों के माध्यम से जल उपयोग दक्षता को बढ़ाती है। मल्चिंग जैसी तकनीकों से मिट्टी से पानी का वाष्पीकरण कम होता है और तेज धूप से मिट्टी की रक्षा होती है। व्हापासा का सिद्धांत मिट्टी में हवा और नमी के सही संतुलन को बनाए रखता है। प्राकृतिक खेती में जरूरत से ज्यादा सिंचाई से बचा जाता है, क्योंकि अत्यधिक पानी से मिट्टी में हवा की कमी हो जाती है और जड़ों की सांस लेने की प्रक्रिया बाधित होती है। आवश्यकता के अनुसार सिंचाई करने से जड़ों को पर्याप्त नमी और ऑक्सीजन दोनों मिलती हैं। बेहतर मिट्टी संरचना और बढ़ा हुआ जैविक पदार्थ मिट्टी को पानी संचित करने की क्षमता भी देता है। प्राकृतिक खेती से उगाई गई फसलों की जड़ें गहरी और मजबूत होती हैं, जिससे वे सूखे और नमी की कमी जैसी परिस्थितियों का बेहतर सामना कर पाती हैं। यह पद्धति विशेष रूप से वर्षा आधारित और पानी की कमी वाले क्षेत्रों के लिए बेहद उपयोगी है।

प्राकृतिक कीट और रोग प्रबंधन

प्राकृतिक खेती में कीट और रोग नियंत्रण के लिए ऐसे तरीकों को अपनाया जाता है जो रोकथाम पर आधारित होते हैं और पर्यावरण के लिए सुरक्षित रहते हैं। जब पौधे स्वस्थ होते हैं और उन्हें सही पोषण मिलता है तो उनमें अपने आप ही रोगों और कीटों से लड़ने की ताकत बढ़ जाती है। अंतरफसल और मिश्रित खेती जैसी विधियाँ कीटों के जीवन चक्र को तोड़ देती हैं, जिससे उनका प्रकोप ज्यादा फैल नहीं पाता। प्राकृतिक खेती में कई जैविक और आसानी से मिलने वाले पदार्थों का उपयोग किया जाता है। नीम पर आधारित नीमास्त्र रस चूसने वाले और पत्तियाँ खाने वाले दोनों तरह के कीटों को नियंत्रित करने में असरदार होता है। इसके अलावा नीम, मिर्च और लहसुन जैसे पौधों से तैयार किए गए अर्क भी कीटों को दूर रखने और उनकी बढ़वार रोकने में मदद करते हैं। ये सभी उपाय परागण करने वाले जीवों और लाभकारी कीटों के लिए सुरक्षित होते हैं, जिससे खेत का प्राकृतिक संतुलन बना रहता है। बीजामृत से उपचारित बीज मिट्टी से फैलने वाले रोगों से सुरक्षित रहते हैं और उनकी अंकुरण क्षमता भी बेहतर होती है। वहीं जीवामृत और पंचगव्य के नियमित उपयोग से पौधों की रोग प्रतिरोधक शक्ति बढ़ती है। इसका नतीजा यह होता है कि बीमारियाँ कम लगती हैं और फसल का नुकसान भी घट जाता है।

फसल की बढ़वार और उपज की स्थिरता में प्राकृतिक साधनों की भूमिका

प्राकृतिक खेती में फसलों की अच्छी बढ़वार जैविक और वनस्पति तत्वों के आपसी तालमेल पर आधारित होती है। बीजामृत बीजों के अंकुरण को बेहतर बनाता है और पौधों की शुरुआती बढ़वार को मजबूत करता है। जीवामृत और घन जीवामृत मिट्टी में मौजूद सूक्ष्मजीवों को सक्रिय रखते हैं, जिससे पौधों को पोषक

तत्व स्वाभाविक रूप से उपलब्ध होते रहते हैं। पंचगव्य पौधों को उनकी शाकीय वृद्धि, फूल आने और फल बनने के लिए आवश्यक पोषण प्रदान करता है।

मल्चिंग से मिट्टी में नमी बनी रहती है, खरपतवारों का नियंत्रण होता है और मिट्टी को जैविक पदार्थ मिलता है। वहीं व्हापासा जड़ों के लिए अनुकूल वातावरण बनाता है, जिससे मिट्टी हल्की और हवादार रहती है और जड़ें पोषक तत्वों को बेहतर तरीके से ग्रहण कर पाती हैं। ये सभी प्राकृतिक साधन मिलकर एक टिकाऊ खेती प्रणाली तैयार करते हैं, जिसमें फसल की उपज स्थिर रहती है और उत्पादन लंबे समय तक बना रहता है।

प्राकृतिक खेती के आर्थिक लाभ

प्राकृतिक खेती में रासायनिक खाद, कीटनाशक और कृत्रिम वृद्धि बढ़ाने वाले पदार्थों का इस्तेमाल नहीं होता, इसलिए खेती की लागत अपने आप कम हो जाती है। जीवामृत, घन जीवामृत, पंचगव्य और नीमास्त्र जैसे प्राकृतिक साधन खेत पर ही आसानी से मिलने वाली चीजों से तैयार किए जा सकते हैं। इससे यह तरीका किसानों के लिए सस्ता भी बनता है और अपनाने में आसान भी रहता है। शुरुआत में जब किसान प्राकृतिक खेती की ओर बढ़ते हैं तो कभी कभी उपज में थोड़ी कमी देखने को मिल सकती है। लेकिन जैसे जैसे मिट्टी की सेहत सुधरती है वैसे वैसे उत्पादन फिर से स्थिर हो जाता है। लंबे समय में कम खर्च, बेहतर मिट्टी की उर्वरता और टिकाऊ उपज की वजह से किसानों की आमदनी बढ़ने लगती है। इसके साथ ही रसायन मुक्त और प्राकृतिक तरीके से उगाए गए खाद्य पदार्थों की मांग भी तेजी से बढ़ रही है। इससे किसानों को अच्छे बाजार मिलते हैं और उन्हें अपनी फसल का बेहतर दाम भी मिलने लगता है।

प्राकृतिक खेती के पर्यावरणीय और सामाजिक लाभ

प्राकृतिक खेती पर्यावरण संरक्षण के साथ-साथ सामाजिक कल्याण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। इसके प्रमुख लाभ इस प्रकार हैं:

1. **मिट्टी के स्वास्थ्य में सुधार:** प्राकृतिक तरीकों से मिट्टी में जैविक पदार्थ और सूक्ष्मजीवों की सक्रियता बढ़ती है, जिससे मिट्टी अधिक उपजाऊ और टिकाऊ बनती है।
2. **पर्यावरण प्रदूषण में कमी:** रासायनिक खाद और कीटनाशकों के अभाव में मिट्टी, पानी और हवा का प्रदूषण कम होता है।
3. **जैव विविधता का संरक्षण:** विभिन्न फसलों, लाभकारी कीटों, पक्षियों और मिट्टी के जीवों की संख्या बढ़ती है, जिससे प्राकृतिक संतुलन मजबूत होता है।
4. **प्राकृतिक संसाधनों का बेहतर उपयोग:** मल्चिंग और व्हापासा जैसी विधियों से पानी का उपयोग अधिक प्रभावी होता है और सिंचाई में होने वाली बर्बादी कम होती है।
5. **सुरक्षित और पौष्टिक भोजन:** प्राकृतिक खेती से प्राप्त भोजन रसायनों से मुक्त, अधिक पौष्टिक और स्वाद में बेहतर होता है।

6. **किसानों का बेहतर स्वास्थ्य:** हानिकारक कृषि रसायनों के संपर्क में कमी आने से किसानों का स्वास्थ्य सुरक्षित रहता है।
7. **आत्मनिर्भरता और सशक्तिकरण:** स्थानीय संसाधनों और पारंपरिक ज्ञान के उपयोग से किसान बाहरी निर्भरता से मुक्त होकर अधिक आत्मनिर्भर बनते हैं।

प्राकृतिक खेती को अपनाने में आने वाली चुनौतियाँ

हालाँकि प्राकृतिक खेती के कई लाभ हैं, फिर भी इसे बड़े स्तर पर अपनाने में कुछ समस्याएँ सामने आती हैं:

1. **शुरुआती उपज में कमी:** परिवर्तन के शुरुआती दौर में, जब मिट्टी का पारितंत्र धीरे-धीरे संतुलन में आता है, तब किसानों को कुछ समय के लिए उपज में गिरावट महसूस हो सकती है।
2. **किसानों में जागरुकता की कमी:** प्राकृतिक खेती की विधियों और लाभों के बारे में पर्याप्त जानकारी और समझ का अभाव एक बड़ी बाधा है।
3. **प्रशिक्षण और तकनीकी सहयोग की कमी:** कई क्षेत्रों में प्रशिक्षित कृषि विशेषज्ञों और प्रदर्शन खेतों की कमी है, जिससे किसानों को सही मार्गदर्शन नहीं मिल पाता।
4. **बाजार तक पहुँच की समस्या:** प्राकृतिक तरीके से उगाई गई फसलों के लिए अलग और भरोसेमंद बाजार ढूँढना तथा उचित दाम पाना किसानों के लिए चुनौतीपूर्ण होता है।
5. **नीतिगत और संस्थागत कमी:** सीमित सरकारी समर्थन, नीतियों का अभाव और वित्तीय प्रोत्साहनों की कमी, खासकर छोटे और सीमांत किसानों के लिए, इस पद्धति को अपनाने में रुकावट बनती है।

प्राकृतिक खेती की भविष्य संभावनाएँ

आज के हालात को देखते हुए प्राकृतिक खेती का भविष्य काफी अच्छा लगता है। मौसम का बदलना, जमीन की खराब होती हालत और बढ़ता प्रदूषण हमें यह सोचने पर मजबूर कर रहा है कि खेती का तरीका बदलना जरूरी है। अब लोग भी ज्यादा साफ और सुरक्षित खाना चाहते हैं, इसलिए प्राकृतिक तरीके से उगाई गई फसलों की मांग धीरे धीरे बढ़ रही है।आने वाले समय में अगर वैज्ञानिक लोग किसानों के पुराने अनुभवों के साथ मिलकर काम करें तो प्राकृतिक खेती और मजबूत हो सकती है। जीवामृत और बीजामृत जैसे देसी तरीकों को और बेहतर बनाया जा सकता है ताकि किसानों को ज्यादा फायदा मिले। अगर इसमें मिट्टी की जांच, मौसम की सही जानकारी और मोबाइल या दूसरी तकनीक की मदद जोड़ दी जाए तो किसानों के लिए खेती से जुड़े फैसले लेना आसान हो जाएगा। सरकार की तरफ से सही योजना, ट्रेनिंग और थोड़ी आर्थिक मदद मिल जाए तो बहुत से किसान इस तरीके को आसानी से अपना सकते हैं। भविष्य में अगर किसान मिलकर काम करें और अपनी फसल को साथ मिलकर बेचें तो उन्हें अच्छा दाम भी मिल सकता है। इस तरह प्राकृतिक खेती न सिर्फ जमीन और पर्यावरण को बचाएगी बल्कि किसानों की जिंदगी को भी बेहतर बनाने में मदद करेगी।

निष्कर्ष

प्राकृतिक खेती मिट्टी की सेहत को फिर से बेहतर बनाने, जैव विविधता को बचाने और लंबे समय तक टिकाऊ फसल उत्पादन का एक अच्छा तरीका है। यह प्राकृतिक साधनों और जैविक प्रक्रियाओं पर आधारित होती है, जिससे रासायनिक खाद और कीटनाशकों पर निर्भरता कम हो जाती है। इसका फायदा यह होता है कि मिट्टी की उर्वरता बढ़ती है, पानी का सही उपयोग होता है और फसलें कीटों तथा बदलते मौसम के तनाव को बेहतर तरीके से सहन कर पाती हैं। शुरुआत में जब किसान इस तरीके को अपनाते हैं तो उन्हें कुछ मुश्किलों का सामना करना पड़ सकता है। लेकिन समय के साथ जब मिट्टी की हालत सुधरती है तो उपज स्थिर हो जाती है और खर्च भी कम होने लगता है। इससे न केवल किसानों की आमदनी बढ़ती है बल्कि पूरा कृषि वातावरण भी ज्यादा स्वस्थ बनता है। प्राकृतिक खेती किसानों को ज्यादा आत्मनिर्भर बनाती है और साथ ही पर्यावरण की सुरक्षा में भी मदद करती है। इसी वजह से इसे भविष्य की टिकाऊ कृषि व्यवस्था के रूप में देखा जा रहा है और इसकी संभावनाएँ लगातार मजबूत होती जा रही हैं।

रसायन मुक्त खरपतवार प्रबंधन में एक नई पहल : लेज़र वीडिंग

निरज कुमार, विक्रम ज्योति, अजय कुमार राउल, एन. एस. चंदेल, आशुतोष पांडिरवार, मनोज कुमार एवं राहुल पोतदार

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

प्रकृति ही यह निर्णय करती है कि कौन जीवित रहेगा और कौन नष्ट होगा। मानव जीवन का भाग्य भी काफी हद तक प्रकृति के योगदान से ही निर्धारित होता है। मानव के अस्तित्व के लिए आवश्यक है भोजन। प्रकृति ने वनस्पति के रूप में प्रदान किया, और उसी वनस्पति को सुव्यवस्थित रूप से उत्पादन में बदलने का कार्य कृषि ने किया। आज कृषि ही प्रकृति की संतान " मानव " का पोषण कर रही है।

भारत एक ऐसा देश है जिसकी रीढ़ की हड्डी आज भी कृषि है। कृषि न केवल करोड़ों लोगों की खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करती है, बल्कि ग्रामीण जनसंख्या की आजीविका का प्रमुख साधन और देश की आर्थिक समृद्धि का आधार स्तंभ भी है। किंतु वर्तमान समय में भारत की जनसंख्या विश्व में सर्वाधिक हो चुकी है, जिसके परिणामस्वरूप खाद्यान्न की बढ़ती मांग, प्राकृतिक संसाधनों का अत्यधिक दोहन तथा जलवायु परिवर्तन जैसी गंभीर समस्याएँ उत्पन्न हो रही हैं। ये सभी कारक मिलकर फसल उत्पादकता को प्रतिकूल रूप से प्रभावित कर रहे हैं। ऐसे परिदृश्य में फसल उत्पादकता बढ़ाना समय की सबसे बड़ी आवश्यकता बन गया है, और इसके लिए सबसे पहले जिस समस्या पर प्रभावी नियंत्रण आवश्यक है, वह है खरपतवार। प्रश्न उठता है—खरपतवार ही क्यों? क्योंकि खरपतवार मुख्य फसल के प्रत्यक्ष प्रतिस्पर्धी होते हैं। वे मिट्टी के पोषक तत्व, नमी, प्रकाश और स्थान का अनावश्यक उपभोग कर लेते हैं, जिससे मुख्य फसल का विकास अवरुद्ध होता है तथा उपज की मात्रा और गुणवत्ता दोनों में भारी कमी आ जाती है। विभिन्न अध्ययनों के अनुसार, समय पर एवं प्रभावी खरपतवार नियंत्रण न होने की स्थिति में फसलों में 20–40 प्रतिशत तक उपज हानि दर्ज की गई है, जिससे किसानों की आय, राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा तथा कृषि की आर्थिक स्थिरता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। अतः यह स्पष्ट है कि खरपतवार प्रबंधन केवल एक कृषि क्रिया नहीं, बल्कि खाद्य सुरक्षा, संसाधन संरक्षण और टिकाऊ कृषि की दिशा में एक अनिवार्य कदम है।

भारत में प्रचलित खरपतवार नियंत्रण विधियों में हस्त-निराई, यांत्रिक निराई, रासायनिक खरपतवारनाशी तथा मल्चिंग प्रमुख हैं (चित्र 1)। ये विधियाँ त्वरित और प्रभावी है, परंतु इनके निरंतर और अंधाधुंध उपयोग से कई गंभीर समस्याएँ उत्पन्न हो रही हैं। खरपतवारनाशियों के प्रति खरपतवारों में प्रतिरोध का विकास, मिट्टी एवं भू-जल प्रदूषण, उपयोगी कीटों एवं सूक्ष्मजीवों पर प्रतिकूल प्रभाव, तथा फसलों में रासायनिक अवशेष—ये सभी मुद्दे आज भारतीय कृषि के लिए गंभीर चिंता का विषय बन चुके हैं। इसके अतिरिक्त, रासायनिक नियंत्रण लागत-सघन होने के साथ-साथ मानव स्वास्थ्य के लिए भी संभावित खतरा उत्पन्न करता

है। यांत्रिक निराई-गुड़ाई में अत्यधिक श्रम, ईंधन की खपत, मिट्टी का कटाव, कार्बनिक पदार्थों का अपघटन तथा उपयोगी जीवों को क्षति जैसी समस्याएँ देखी जाती हैं। जैविक एवं प्राकृतिक खेती को अपनाने वाले किसानों के लिए रसायन आधारित विकल्प लगभग अनुपयुक्त हो जाते हैं, जिससे वैकल्पिक और टिकाऊ तकनीकों की आवश्यकता और अधिक बढ़ जाती है।

चित्र–1: खरपतवार हटाने की विधि

इसी संदर्भ में लेज़र वीडिंग एक उभरती हुई, रसायन-मुक्त एवं सटीक खरपतवार नियंत्रण तकनीक के रूप में सामने आई है। इसमें उच्च ऊर्जा वाली लेज़र किरणों द्वारा खरपतवार के संवेदनशील भागों—जैसे तना, कॉलर क्षेत्र या मेरिस्टेम—को लक्षित रूप से नष्ट किया जाता है। इस विधि में मिट्टी को उलटने-पलटने की आवश्यकता नहीं होती, जिससे मिट्टी की संरचना, नमी एवं जैविक गतिविधियाँ सुरक्षित रहती हैं तथा फसल को न्यूनतम या शून्य क्षति होती है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, मशीन विज़न और स्वचालित नेविगेशन के एकीकरण से लेज़र वीडिंग और अधिक व्यावहारिक हो गई है। यही विशेषताएँ इसे प्रिसिजन एग्रीकल्चर, जैविक खेती और भविष्य की स्मार्ट कृषि प्रणालियों के लिए उपयुक्त बनाती हैं।

हालाँकि भारत में लेज़र वीडिंग तकनीक अभी अनुसंधान एवं प्रारंभिक अवस्था में है, परंतु वैश्विक स्तर पर प्राप्त सकारात्मक परिणाम इसके व्यापक भविष्य को स्पष्ट रूप से दर्शाते हैं। व्यावसायिक उत्पादन के विस्तार और नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण के साथ यह तकनीक भारतीय किसानों के लिए पर्यावरण-सुरक्षित, दीर्घकालिक एवं लागत-प्रभावी खरपतवार नियंत्रण समाधान बन सकती है। इस प्रकार, लेज़र वीडिंग पारंपरिक खरपतवार नियंत्रण पद्धतियों से आगे बढ़कर सतत एवं जलवायु-स्मार्ट कृषि की दिशा में एक परिवर्तनकारी कदम सिद्ध हो सकती है।

खरपतवार प्रबंधन की वर्तमान चुनौतियाँ

- श्रम की कमी और बढ़ती लागत
  - ✓ खेत में कम श्रमिक → निराई में देरी
  - ✓ बढ़ती मजदूरी → प्रति हेक्टेयर लागत में वृद्धि
  - ✓ समय पर निराई न होने से → खरपतवार का अधिक दबाव → उपज हानि
- रासायनिक खरपतवारनाशियों के प्रति प्रतिरोध
  - ✓ बार-बार हर्बीसाइड का प्रयोग
  - ✓ खरपतवार जीवित → प्रतिरोधी प्रजातियाँ
  - ✓ अधिक मात्रा/महंगे रसायन → लागत और जोखिम बढ़ता
- पर्यावरणीय प्रदूषण और स्वास्थ्य जोखिम
  - ✓ पूरे खेत में छिड़काव → ड्रिफ्ट प्रभाव
  - ✓ मिट्टी व भू-जल प्रदूषण
  - ✓ मानव स्वास्थ्य और उपयोगी जीवों पर दुष्प्रभाव
- यांत्रिक निराई-गुड़ाई की सीमाएँ
  - ✓ बार-बार जुताई → मिट्टी का कटाव
  - ✓ नमी और कार्बनिक पदार्थ की हानि
  - ✓ ईंधन खपत → ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन
- मल्चिंग एवं अन्य भौतिक विधियों की बाधाएँ
  - ✓ प्लास्टिक मल्च → महंगा व प्रदूषणकारी
  - ✓ जैविक मल्च → रोग, कीट, पोषक तत्व प्रतिस्पर्धा
  - ✓ सभी फसलों के लिए समान रूप से प्रभावी नहीं

लेज़र वीडिंग और इसकी कार्य सिद्धांत

लेज़र वीडिंग (चित्र 2) एक आधुनिक तकनीक है, जिसमें उच्च ऊर्जा वाली लेज़र किरण को खरपतवार के संवेदनशील भाग (जैसे तना या मेरिस्टेम) पर केंद्रित किया जाता है। लेज़र से उत्पन्न तीव्र एवं स्थानीय ऊष्मा के कारण खरपतवार की कोशिकाओं में प्रोटीन डिनैचुरेशन, कोशिकीय जल का तीव्र वाष्पीकरण तथा कोशिका झिल्ली का विघटन होता है, जिससे मेरिस्टेमेटिक ऊतकों को अपूरणीय क्षति पहुँचती है और खरपतवार की पुनर्वृद्धि पूर्णतः रुक जाती है। इस प्रक्रिया में फसल को किसी प्रकार का नुकसान नहीं होता।

चित्र–2: लेज़र का कार्य सिद्धांत

लेज़र वीडर की प्रक्रिया

ऑब्जेक्ट डिटेक्शन आधारित लेज़र खरपतवार निवारण प्रणाली एक संक्षिप्त, चरणबद्ध और पूर्णतः स्वचालित प्रक्रिया पर कार्य करती है (चित्र 3), जिसमें कृत्रिम बुद्धिमत्ता, कंप्यूटर विज़न और सटीक लेज़र तकनीक का एकीकृत उपयोग किया जाता है। प्रारंभ में, फसल एवं खरपतवार की छवियों से युक्त एक लेबलयुक्त डेटासेट तैयार किया जाता है, जिसके माध्यम से एक ऑब्जेक्ट डिटेक्शन मॉडल को प्रशिक्षित किया जाता है ताकि वह फसल और खरपतवार के बीच सटीक अंतर कर सके। प्रशिक्षित मॉडल को इसके पश्चात खेत में प्रयुक्त प्रणाली में स्थापित किया जाता है। संचालन के दौरान, एक उच्च-रिज़ॉल्यूशन कैमरा फसल पंक्तियों की वास्तविक समय में छवियाँ प्राप्त करता है, जिन्हें मॉडल द्वारा विश्लेषित कर खरपतवार की सटीक पहचान एवं स्थिति निर्धारण किया जाता है। पहचान के तुरंत बाद, नियंत्रण प्रणाली खरपतवार के सर्वाधिक संवेदनशील भाग आमतौर पर मेरिस्टेम या तने के आधार को लक्ष्य बनाकर लेज़र बीम को अत्यंत सटीक रूप से संरेखित करती है। नियंत्रित अवधि और शक्ति की लेज़र ऊर्जा से उत्पन्न स्थानीय ऊष्मीय प्रभाव खरपतवार की कोशिकीय संरचना को नष्ट कर देता है, जिससे उसका विकास रुक जाता है, जबकि आसपास की फसल और मृदा अप्रभावित रहती हैं। यह पूरी पहचान-से-निवारण प्रक्रिया खेत में चलते हुए निरंतर और स्वायत्त रूप से दोहराई जाती है, जिससे श्रम निर्भरता कम होती है, रासायनिक खरपतवारनाशियों की आवश्यकता समाप्त होती है तथा पर्यावरण-अनुकूल और सटीक खरपतवार प्रबंधन संभव होता है।

लेज़र वीडिंग के प्रमुख लाभ

1. **अत्यधिक सटीकता:**
   लेज़र बीम को केवल खरपतवार पर केंद्रित किया जाता है, जिससे फसल सुरक्षित रहती है। यह विशेष रूप से पंक्ति-फसलों में अत्यंत उपयोगी है।

2. **रासायनिक खरपतवारनाशियों पर निर्भरता में कमी:**
   इस तकनीक से हर्बीसाइड्स का उपयोग लगभग समाप्त किया जा सकता है, जिससे मिट्टी, जल और खाद्य श्रृंखला में रासायनिक अवशेष कम होते हैं।

3. **पर्यावरण और जैव विविधता के लिए लाभकारी:**
   रसायन-मुक्त होने के कारण यह विधि मित्र कीटों, मृदा सूक्ष्मजीवों और संपूर्ण पारिस्थितिकी तंत्र के लिए सुरक्षित है।

4. **मृदा स्वास्थ्य की सुरक्षा:**
   यांत्रिक निराई के विपरीत इसमें मिट्टी की जुताई नहीं होती, जिससे मृदा संरचना, नमी और कार्बनिक पदार्थ सुरक्षित रहते हैं।

5. **स्वचालन और स्मार्ट कृषि की संभावनाएँ:**
   लेज़र वीडिंग को कैमरा, आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, मशीन विज़न और स्वायत्त रोबोटिक प्लेटफॉर्म के साथ जोड़कर पूरी तरह स्वचालित बनाया जा सकता है। इससे श्रम लागत कम होती है और समय पर खरपतवार नियंत्रण संभव होता है।

चित्र–3: लेज़र वीडिंग की प्रक्रिया

लेज़र वीडिंग: प्रमुख चुनौतियाँ एवं प्रभावी समाधान

1. **निवेश लागत :**
   लेज़र आधारित निराई प्रणाली की उच्च प्रारंभिक लागत छोटे और सीमांत किसानों के लिए एक बड़ी बाधा है। इस चुनौती को कम करने के लिए प्रणाली में मौजूदा, कम लागत वाले घटकों का उपयोग किया गया है। उदाहरणस्वरूप, बाह्य जल-शीतलन प्रणाली अपनाई गई है, जिसे किसान स्वयं आसानी से रख-रखाव, मरम्मत अथवा प्रतिस्थापित कर सकते हैं।

2. **तकनीकी मजबूती :**
   खेत की परिस्थितियाँ—जैसे धूल, नमी, कंपन और तापमान में उतार-चढ़ाव—उपकरणों की मजबूती की कड़ी परीक्षा लेती हैं। इसे ध्यान में रखते हुए प्रणाली को IP68 ग्रेड सुरक्षित आवरण तथा दोहरी सुरक्षात्मक काँच परत के साथ डिज़ाइन किया गया है, जो कठोर परिस्थितियों में भी विश्वसनीय एवं दीर्घकालिक संचालन सुनिश्चित करता है और खेत में ही त्वरित प्रतिस्थापन की सुविधा देता है।

3. **सुरक्षा एवं विनियामक ढाँचा :**
   लेज़र तकनीक का कृषि में व्यापक उपयोग तभी संभव है जब सुरक्षा मानकों और नियमों का पूर्ण पालन हो। यद्यपि यह लेज़र प्रणाली एक उप-घटक के रूप में कार्य करती है, फिर भी इसमें इंटरलॉक सुरक्षा सर्किट जैसे सभी आवश्यक प्रावधान उपलब्ध कराए गए हैं। स्वचालन और सुरक्षा अवरोधों के माध्यम से यह सुनिश्चित किया जाता है कि संचालन के दौरान मनुष्य एवं पशु लेज़र क्षेत्र से पूर्णतः दूर रहें।

जलवायु परिवर्तन और खरपतवार व्यवहार

जलवायु परिवर्तन के कारण तापमान में वृद्धि, वर्षा के अनियमित पैटर्न तथा वायुमंडलीय CO_2 स्तर में हो रहे परिवर्तनों से खरपतवारों की वृद्धि दर, प्रतिस्पर्धात्मक क्षमता एवं जैविक व्यवहार में उल्लेखनीय परिवर्तन देखा जा रहा है। कई खरपतवार प्रजातियाँ इन परिवर्तनों के प्रति मुख्य फसलों की तुलना में अधिक अनुकूलन क्षमता प्रदर्शित करती हैं, जिससे पारंपरिक रासायनिक एवं यांत्रिक नियंत्रण विधियों की प्रभावशीलता कम होती जा रही है। इस परिदृश्य में जलवायु-स्मार्ट एवं सटीक खरपतवार प्रबंधन तकनीकों की आवश्यकता और अधिक बढ़ जाती है।

भविष्य की दिशा

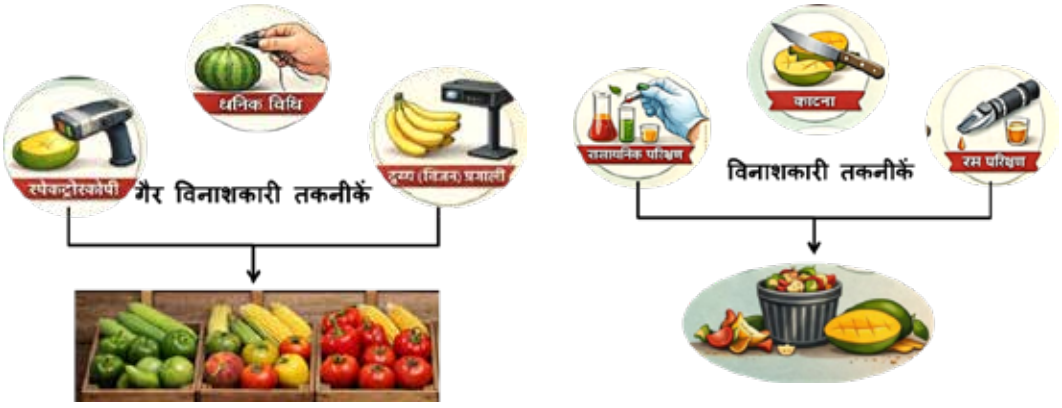
भविष्य में लेज़र वीडिंग तकनीक को सौर ऊर्जा एवं बैटरी आधारित प्रणालियों के साथ एकीकृत कर इसकी ऊर्जा दक्षता और क्षेत्रीय उपयोगिता को बढ़ाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, कस्टम हायरिंग सेंटर, किसान उत्पादक संगठन तथा सहकारी मॉडल के माध्यम से इसे छोटे एवं सीमांत किसानों तक पहुँचाया जा सकता है। भारतीय फसलों, रोपण ज्यामिति एवं स्थानीय खरपतवार प्रजातियों के अनुरूप प्रणाली के अनुकूलन से इसकी स्वीकार्यता और प्रभावशीलता में और वृद्धि संभव है। नीति समर्थन, अनुसंधान निवेश तथा किसान प्रशिक्षण के माध्यम से लेज़र वीडिंग भविष्य की सतत एवं जलवायु-स्मार्ट कृषि का एक महत्वपूर्ण स्तंभ बन सकती है।

निष्कर्ष

लेज़र वीडिंग खरपतवार नियंत्रण की एक नवोन्मेषी, सटीक, टिकाऊ एवं रसायन-मुक्त तकनीक के रूप में उभर रही है। यद्यपि इसकी प्रारंभिक लागत अपेक्षाकृत अधिक है तथा तकनीकी चुनौतियाँ भी मौजूद हैं, फिर भी यह कृषि के पारिस्थितिक पदचिह्न को कम करने के साथ-साथ कार्य दक्षता और उत्पादकता को बढ़ाने की प्रबल क्षमता रखती है। लक्षित ऊष्मीय प्रभाव के कारण यह विधि खरपतवार को प्रभावी रूप से नष्ट करती है, जिससे फसल-प्रतिस्पर्धा घटती है और उपज हानि में उल्लेखनीय कमी आती है। हमारे दृष्टिकोण से, स्वायत्त प्रणालियों और डिजिटल कृषि के साथ इसके निरंतर एकीकरण से आने वाले वर्षों में लेज़र वीडिंग एक प्रतिस्पर्धी और व्यावहारिक तकनीक के रूप में स्थापित होगी। इसकी उच्च स्वचालन क्षमता न केवल श्रम लागत को कम करेगी, बल्कि समयबद्ध और सटीक खरपतवार नियंत्रण सुनिश्चित कर उत्पादन स्थिरता को भी बढ़ाएगी। साथ ही, रसायनों के न्यूनतम उपयोग से जैव विविधता संरक्षण, मृदा स्वास्थ्य सुधार और प्रजातियों के विलुप्त होने के जोखिम में कमी संभव होगी। इस प्रकार, लेज़र वीडिंग एक अधिक प्रभावी, लागत-कुशल, पर्यावरण-अनुकूल और मानवीय कृषि प्रणाली की दिशा में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है।

फल और सब्जियों की परिपक्वता का आकलन करने की गैर-विनाशकारी तकनीकें

हर्षिथा एस, दिलीप पवार, बिक्रम ज्योति एवं आदिनाथ काटे
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल



प्रस्तावना

भारत फलों और सब्जियों के विश्व के सबसे बड़े उत्पादकों में से एक है, फिर भी फसल कटाई के बाद होने वाला नुकसान चिंताजनक रूप से अधिक है, जो उत्पाद के प्रकार के आधार पर 10-30% तक होता है। इन नुकसानों का एक प्रमुख कारण फसल की कटाई का सही समय पर न होना है। समय से पहले कटाई करने से स्वाद खराब हो जाता है, मिठास कम हो जाती है और बाजार में स्वीकार्यता कम हो जाती है, जबकि देर से कटाई करने से शेल्फ लाइफ कम हो जाती है और परिवहन के दौरान यांत्रिक क्षति बढ़ जाती है।

"फल" और "सब्जी" शब्दों की व्युत्पत्ति लैटिन भाषा से हुई है, जिनका अर्थ आनंद, विकास और समृद्धि है। फल और सब्जियां आवश्यक कार्बोहाइड्रेट, खनिज, विटामिन और आहार फाइबर से भरपूर होती हैं। ये पोषक तत्व एक जैविक कवच का काम करते हैं, और वैज्ञानिक शोध लगातार यह साबित करते हैं कि इनका अधिक सेवन हृदय रोग और कुछ प्रकार के कैंसर सहित पुरानी बीमारियों के जोखिम को कम करता है।

परिपक्वता मूल्यांकन क्यों महत्वपूर्ण है ?

परिपक्वता उस विकास अवस्था को संदर्भित करती है जब उपज अपनी प्राकृतिक वृद्धि पूर्ण कर लेती है और कटाई के लिए तैयार हो जाती है, जिससे उचित पकना संभव होता है। हालांकि, बागवानी परिपक्वता

का निर्धारण उपयोग के उद्देश्य के आधार पर किया जाता है। विभिन्न फसलों में महत्वपूर्ण भिन्नताओं के कारण प्रत्येक उत्पाद के लिए विशिष्ट परिपक्वता सूचकांकों का विकास आवश्यक होता है। अपरिपक्व अवस्था में फलों की कटाई करने पर वे प्रायः ठीक से नहीं पक पाते, जिसके परिणामस्वरूप बनावट कठोर रहती है, स्वाद कम विकसित होता है, तथा लंबे समय तक शीत भंडारण के दौरान आंतरिक क्षति और रुई जैसी बनावट (वूलिनेस) की समस्या उत्पन्न हो सकती है।

परिपक्वता निर्धारण की विधियाँ

विनाशकारी तरीके

बागवानी उत्पादों की गुणवत्ता का आकलन करने के लिए भौतिक, रासायनिक और संवेदी बनावट विशेषताओं और उनके अंतर्संबंधों का मापन अत्यंत महत्वपूर्ण है। प्रशिक्षित पैनलों द्वारा मानव इंद्रियों का उपयोग करके किए गए संवेदी विश्लेषण को अक्सर पंचर, संपीड़न, कतरन, तन्यता और ध्वनिक मापन जैसे वाद्ययंत्रों द्वारा पूरक किया जाता है ताकि सेब और आलू जैसे फलों में कुरकुरापन, रसदारता, कठोरता और मुलायमपन जैसी विशेषताओं का वस्तुनिष्ठ आकलन किया जा सके। इनमें से, मुलायमपन की पहचान करने के लिए पंचर और संपीड़न परीक्षण सबसे प्रभावी हैं, जबकि चबाने की आवाज़ पर आधारित ध्वनिक विधियों में मानव भिन्नता के कारण कुछ सीमाएँ देखी गई हैं।

गैर-विनाशकारी विधियाँ

फसल की परिपक्वता का पूर्वानुमान लगाने, गुणवत्ता को अनुकूलित करने और खाद्य आपूर्ति श्रृंखला में दक्षता बढ़ाने के लिए गैर-विनाशकारी विधियों को विश्वसनीय उपकरणों के रूप में तेजी से मान्यता मिल रही है। हाल के वर्षों में, शोधकर्ताओं ने ऑप्टिकल, मैकेनिकल, इलेक्ट्रिकल और इलेक्ट्रोमैग्नेटिक विधियों जैसे एनआईआर और एमआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी, रमन इमेजिंग, मशीन विज़न, अल्ट्रासोनिक सेंसिंग, इलेक्ट्रॉनिक नोज़ सिस्टम और न्यूक्लियर मैग्नेटिक रेजोनेंस इमेजिंग पर ध्यान केंद्रित किया है। ये तकनीकें फसल को नुकसान पहुंचाए बिना पकने के दौरान होने वाले भौतिक, रासायनिक और संरचनात्मक परिवर्तनों जैसे रंग विकास, नरमी और जैव रासायनिक परिवर्तनों को कैप्चर करती हैं। इनकी उच्च क्षमता, स्थिरता और क्षेत्र में उपयोगिता के कारण ये तकनीकें बहुत कारगर हैं।

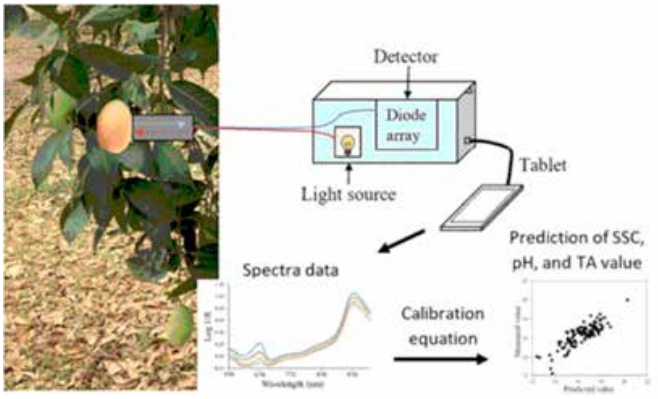
विनाशकारी विधि की तुलना में गैर-विनाशकारी विधि के लाभ

उच्च गुणवत्ता वाले खाद्य पदार्थों की बढ़ती उपभोक्ता मांग ने फलों की परिपक्वता का तेजी से, बिना नुकसान पहुंचाए और बिना चीर-फाड़ किए आकलन करने की तकनीकों पर शोध को बढ़ावा दिया है। पारंपरिक विनाशकारी विधियों के विपरीत, जो समय लेने वाली, अपव्ययी और वास्तविक समय में क्षेत्र मूल्यांकन में असमर्थ होती हैं, मशीन विज़न, एनआईआर और ई-नोज़ जैसी गैर-विनाशकारी तकनीकें फलों को नुकसान पहुंचाए बिना व्यक्तिगत विश्लेषण और बार-बार माप लेने की अनुमति देती हैं। रंग और मिठास जैसे फेनोटाइपिक परिवर्तनों को ट्रैक करने के लिए ऑप्टिकल, मैकेनिकल और इलेक्ट्रोमैग्नेटिक डेटा का उपयोग करके, ये नवाचार उच्च-थ्रूपुट मूल्यांकन और कटाई के समय को अधिक सटीक बनाते हैं, जिससे अंततः फल उद्योग में गुणवत्ता नियंत्रण सुव्यवस्थित होता है।

गैर विनाशकारी तकनीकें

निकट-अवरक्त (VIS–NIR) स्पेक्ट्रोस्कोपी

एनआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी एक गैर-विनाशकारी विश्लेषणात्मक तकनीक है जो पदार्थों की संरचना का विश्लेषण करने के लिए विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के निकट-अवरक्त क्षेत्र (आमतौर पर 780-2500 nm) का उपयोग करती है। यह शर्करा, नमी और क्लोरोफिल की मात्रा से संबंधित प्रकाश अवशोषण और परावर्तन को मापती है। एनआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी सतह-संवेदनशील होती है और केवल नमूने की बाहरी परत का विश्लेषण कर सकती है, जिससे कुछ अनुप्रयोगों में इसका उपयोग सीमित हो जाता है। इसका उपयोग उपज की परिपक्वता के संबंध में कुल घुलनशील ठोस पदार्थ, कठोरता, अम्लता, शर्करा की मात्रा, वसा और प्रोटीन की मात्रा का विश्लेषण करने में किया जाता है। भारत में आम, केला और अंगूर जैसी फसलों के लिए एनआईआर उपकरणों का उपयोग किया जा सकता है।



चित्र 1: वीआईएस/एनआईआर का उपयोग करके बेर की गुणवत्ता का मापन

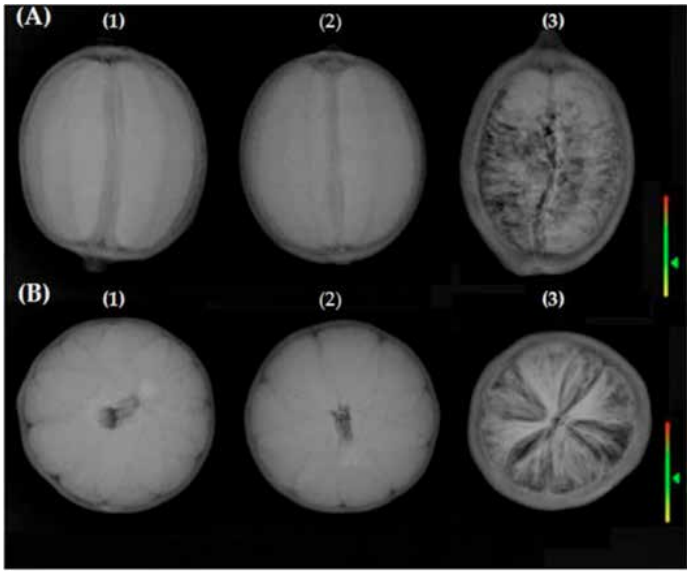
पराबैंगनी-दृश्य स्पेक्ट्रोस्कोपी

इसमें किसी नमूने द्वारा पराबैंगनी (यूवी) और दृश्य (विज़) प्रकाश के अवशोषण को मापकर उसकी इलेक्ट्रॉनिक संरचना, सांद्रता और रासायनिक संघटन के बारे में जानकारी प्राप्त की जाती है। पराबैंगनी-दृश्य स्पेक्ट्रोस्कोपी बहुमुखी है और इसे कार्बनिक और अकार्बनिक अणुओं, आयनों और जैवअणुओं सहित विभिन्न प्रकार के यौगिकों पर लागू किया जा सकता है। इसका उपयोग उत्पाद में कैरोटीन, क्लोरोफिल और टैनिन की मात्रा को बिना किसी क्षति के निर्धारित करने के लिए किया जाता है।

एक्स-रे

एक्स-रे इमेजिंग आमतौर पर त्वरित होती है, जिससे चिकित्सा और औद्योगिक अनुप्रयोगों में तेजी से परिणाम प्राप्त होते हैं। एक्स-रे का प्राथमिक कार्य ऊतक क्षति, कीट संक्रमण, एंजाइमेटिक ब्राउनिंग आदि की जांच करना है। नमी की मात्रा, फ्रीज बर्न, एंजाइमेटिक ब्राउनिंग, चोट के निशान, ऊतक क्षति और कीट संक्रमण

जैसे गुणवत्ता संबंधी लक्षणों का विश्लेषण किया जाता है। चित्र 2 ताजे, पके हुए और अतिपके नींबूओं की एक्स-रे रेडियोग्राफिक छवियों को दर्शाता है।



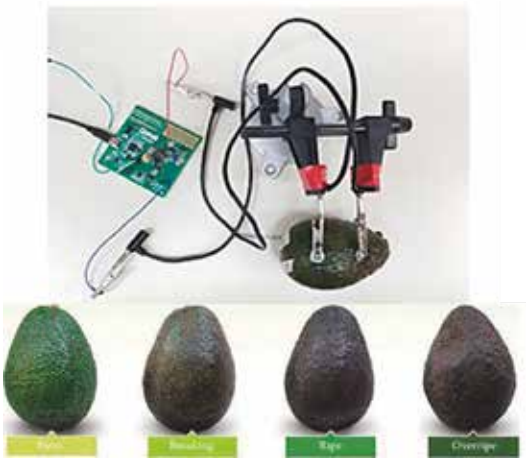
चित्र 2: (1) ताजे, (2) पके हुए और (3) अतिपके नींबूओं की एक्स-रे रेडियोग्राफिक छवियां

एमआरआई (मैग्नेटिक रेजोनेंस इमेजिंग)

एमआरआई एक चिकित्सा इमेजिंग तकनीक है जो विस्तृत छवियां बनाने के लिए मजबूत चुंबकीय क्षेत्रों और रेडियो तरंगों का उपयोग करती है और इसमें आयनीकरण विकिरण शामिल नहीं होता है, जिससे यह कुछ अन्य इमेजिंग विधियों की तुलना में अधिक सुरक्षित है। इसका उपयोग उपज में फ्रीज बर्न, मॉर्फोलॉजी, कोर ब्रेक डाउन और कीट संक्रमण का पता लगाने के लिए किया जाता है।

विद्युत प्रतिबाधा स्पेक्ट्रोस्कोपी (ईआईएस)

ईआईएस में किसी पदार्थ की भौतिक अवस्था को आवृत्ति के फलन के रूप में मापा जाता है, और आवृत्ति सीमा 100 हर्ट्ज़ से 10 मेगाहर्ट्ज तक होती है। यह विभिन्न जैविक ऊतकों की शारीरिक स्थिति का अनुमान लगाने के लिए उपयोग की जाने वाली एक सरल और आसान तकनीक है। प्रतिबाधा की प्रायोगिक आवृत्ति प्रतिक्रिया को पदार्थों के विद्युत समतुल्य परिपथों द्वारा दर्शाया जाता है। विभिन्न प्रस्तावित समतुल्य मॉडलों में से, समतुल्य परिपथ में मापदंडों में होने वाले परिवर्तनों की निगरानी करके पदार्थों के भौतिक गुणों का मात्रात्मक निर्धारण किया जा सकता है। यह फलों और सब्जियों के विद्युत गुणों को उनकी परिपक्वता से सहसंबंधित करके उनका वर्गीकरण करने में सक्षम बनाता है। चित्र 3 में एवोकैडो की परिपक्वता का विद्युत प्रतिबाधा आधारित गैर-विनाशकारी मूल्यांकन दिखाया गया है, जिसमें प्रतिबाधा माप के लिए इलेक्ट्रोड प्रोब सेटअप और उसके अनुसार सख्त, टूटने योग्य, पका हुआ और अतिपका हुआ चरणों में वर्गीकरण दर्शाया गया है।



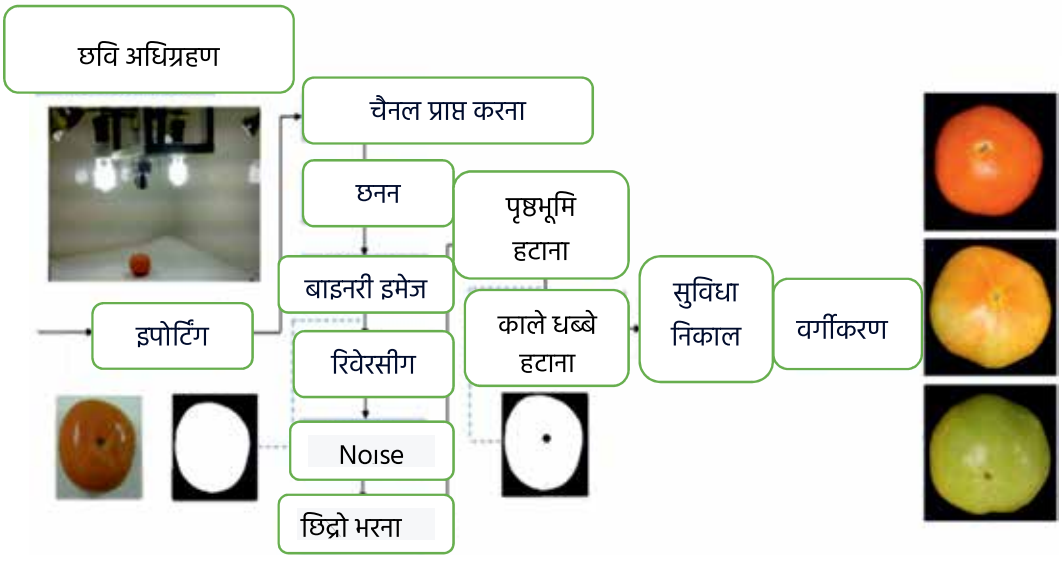
चित्र 3: विद्युत प्रतिबाधा विधि का उपयोग करके एवोकैडो की परिपक्वता का गैर-विनाशकारी मूल्यांकन

बायो सेंसर

फलों की परिपक्वता और पकने की अवस्था का आकलन करने में बायो सेंसर महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, और फलों की गुणवत्ता का मूल्यांकन करने के लिए एक गैर-विनाशकारी और वास्तविक समय विधि प्रदान करते हैं। ये नवीन उपकरण फलों के पकने की प्रक्रियाओं से संबंधित विशिष्ट अणुओं या यौगिकों का पता लगाने के लिए एंजाइम या एंटीबॉडी जैसे जैविक घटकों का उपयोग करते हैं। फलों की परिपक्वता के आकलन में बायो सेंसर का एक सामान्य अनुप्रयोग एथिलीन गैस का पता लगाना है। जैसे-जैसे फल पकते हैं, वे एथिलीन गैस छोड़ते हैं, और इसकी सांद्रता फल के पकने का एक विश्वसनीय संकेतक हो सकती है। एथिलीन-संवेदनशील तत्वों से लैस बायो सेंसर फल के आसपास एथिलीन के स्तर को सटीक रूप से माप सकते हैं, जिससे उत्पादकों और किसानों को कटाई का इष्टतम समय निर्धारित करने में मदद मिलती है।

छवि प्रसंस्करण

रंग की पहचान खाद्य उत्पादों की उपभोक्ता स्वीकृति को प्रभावित करने वाला एक महत्वपूर्ण संवेदी गुण है। खाद्य पदार्थों में एकरूप रंग और दिखावट सुनिश्चित करना सटीक रंग मापन तकनीकों पर निर्भर करता है। कैमरा-कंप्यूटर प्रणालियों द्वारा संचालित कंप्यूटर विज़न प्रौद्योगिकी में हालिया प्रगति ने कृषि और खाद्य उत्पादों के लिए स्वचालित पहचान प्रणालियों को सक्षम बनाया है। कंप्यूटर विज़न में छवि कैप्चर करना, प्रसंस्करण और विश्लेषण शामिल है, जो फलों और सब्जियों की परिपक्वता का आकलन करने के लिए एक वस्तुनिष्ठ और गैर-विनाशकारी दृष्टिकोण प्रदान करता है। ये प्रणालियाँ प्रसंस्करण के दौरान और व्यावसायिक अनुप्रयोगों के लिए कृषि और खाद्य उत्पादों की छँटाई और श्रेणीकरण के लिए गैर-विनाशकारी और लागत प्रभावी साधन प्रदान करती हैं। चित्र 4 में इमेज प्रोसेसिंग का उपयोग करके टमाटर की परिपक्वता के वर्गीकरण के लिए प्रक्रिया प्रवाह चार्ट प्रस्तुत किया गया है।



चित्र 4: इमेज प्रोसेसिंग का उपयोग करके टमाटर की परिपक्वता के वर्गीकरण के लिए प्रक्रिया प्रवाह चार्ट

उभरती हुई स्मार्ट प्रौद्योगिकियां

उभरती हुई स्मार्ट प्रौद्योगिकियां उन्नत सेंसरों को कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI), मशीन लर्निंग (ML) और इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) के साथ एकीकृत करके फल और सब्जियों की परिपक्वता के आकलन में क्रांतिकारी बदलाव ला रही हैं। रंग, कठोरता, बनावट आदि जैसी कई संवेदन विधियों से प्राप्त डेटा को मिलाकर, ये बुद्धिमान प्रणालियां सटीक, तीव्र और गैर-विनाशकारी परिपक्वता वर्गीकरण के साथ-साथ वास्तविक समय में कटाई और कटाई के बाद के निर्णयों में सहायता प्रदान करती हैं। IoT कनेक्टिविटी आपूर्ति श्रृंखला में निरंतर निगरानी और डेटा साझाकरण की सुविधा प्रदान करती है, जिससे पता लगाने की क्षमता में सुधार होता है और नुकसान कम होता है। इसके समानांतर, स्मार्टफोन-आधारित परिपक्वता आकलन अनुप्रयोग लागत प्रभावी और उपयोगकर्ता के अनुकूल उपकरणों के रूप में लोकप्रियता हासिल कर रहे हैं, जिससे उन्नत परिपक्वता मूल्यांकन किसानों और लघु उत्पादकों के लिए सुलभ हो रहा है।

निष्कर्ष

भारत में फल और सब्जियों की गुणवत्ता प्रबंधन में सुधार के लिए गैर-विनाशकारी तकनीकें एक शक्तिशाली साधन हैं। सटीक, त्वरित और क्षतिरहित परिपक्वता मूल्यांकन को सक्षम बनाकर, ये तकनीकें कटाई के बाद होने वाले नुकसान को काफी हद तक कम कर सकती हैं, किसानों की आय में सुधार कर सकती हैं और उपभोक्ताओं के लिए बेहतर गुणवत्ता वाले उत्पाद सुनिश्चित कर सकती हैं। निरंतर अनुसंधान, लागत में कमी और जागरूकता के साथ, गैर-विनाशकारी परिपक्वता मूल्यांकन भारतीय बागवानी के भविष्य में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।

फलों और सब्जियों से जैवसक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण

नेहा पचलासिया, दिलीप पवार एवं मनोज कुमार त्रिपाठी
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

भारत की खाद्य प्रणाली हर साल उपभोग से कहीं अधिक फल और सब्जियां पैदा करती है, जिसके परिणामस्वरूप पूरी आपूर्ति श्रृंखला में भारी नुकसान होता है। भारत विश्व स्तर पर फल और सब्जियों का दूसरा सबसे बड़ा उत्पादक है, जिसका वार्षिक उत्पादन 32 करोड़ टन से अधिक है। इस प्रभावशाली उत्पादन के बावजूद, कटाई, कटाई के बाद की प्रक्रिया, परिवहन, भंडारण, प्रसंस्करण, खुदरा वितरण और घरेलू उपभोग जैसे विभिन्न चरणों में होने वाले नुकसान के कारण उपज का एक महत्वपूर्ण हिस्सा उपभोक्ताओं तक नहीं पहुंच पाता है।

भारत में फल और सब्जियां विशेष रुप से बर्बादी के शिकार होते हैं क्योंकि इनमें नमी की मात्रा अधिक होती है, इनकी संरचना नाजुक होती है और इनकी शेल्फ लाइफ कम होती है, जिससे ये यांत्रिक क्षति, शारीरिक क्षरण और सूक्ष्मजीवों द्वारा खराब होने के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं। अध्ययनों और सरकारी रिपोर्टों से पता चलता है कि भारत में प्रतिवर्ष 20-25% फल और सब्जियां बर्बाद हो जाती हैं, जिनमें से सबसे अधिक नुकसान टमाटर, आम, केला, खट्टे फल, पपीता और पत्तेदार सब्जियों जैसी जल्दी खराब होने वाली फसलों में होता है। ये नुकसान मुख्य रूप से अपर्याप्त कोल्ड-चेन बुनियादी ढांचे, अपर्याप्त भंडारण सुविधाओं, खराब ग्रामीण रसद, मौसमी अधिकता और अक्षम बाजार संबंधों के कारण होते हैं।

हालिया राष्ट्रीय अनुमानों के अनुसार, भारत में प्रतिवर्ष लगभग 68-78 मिलियन टन खाद्य अपशिष्ट उत्पन्न होता है, जिसमें से लगभग 40-50% फल और सब्जियां होती हैं, जो देश में खाद्य अपशिष्ट का सबसे बड़ा घटक हैं। ग्रामीण और विकासशील क्षेत्रों में, खाद्य हानि मुख्य रूप से कटाई, भंडारण और परिवहन के दौरान होती है, जबकि शहरी क्षेत्रों में, अधिक खरीदारी, अनुचित भंडारण और उपभोक्ता जागरूकता की कमी के कारण खुदरा और घरेलू स्तर पर काफी बर्बादी देखी जाती है।

आर्थिक दृष्टि से, भारत में खाद्य हानि और बर्बादी से अनुमानित वार्षिक नुकसान ₹90,000 से ₹1,00,000 करोड़ तक होता है, जिसका सीधा असर किसानों की आय और राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा पर पड़ता है। चूंकि भारत के 85% से अधिक किसान लघु एवं सीमांत किसान हैं, इसलिए इस तरह के नुकसान से कृषि लाभप्रदता में भारी कमी आती है और कीमतों में उतार-चढ़ाव के प्रति संवेदनशीलता बढ़ जाती है। पोषण की दृष्टि से, यह बर्बादी आवश्यक विटामिन (ए, सी, ई), खनिज, आहार फाइबर और जैव-सक्रिय यौगिकों की भारी हानि का प्रतिनिधित्व करती है, जो अन्यथा देश में व्याप्त कुपोषण और सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी को दूर करने में सहायक हो सकते थे। पर्यावरणीय दृष्टि से, खाद्य अपशिष्ट लैंडफिल से मीथेन उत्सर्जन में महत्वपूर्ण योगदान देता है, मीथेन ग्रीनहाउस गैस के रूप में कार्बन डाइऑक्साइड से लगभग 25 गुना अधिक शक्तिशाली

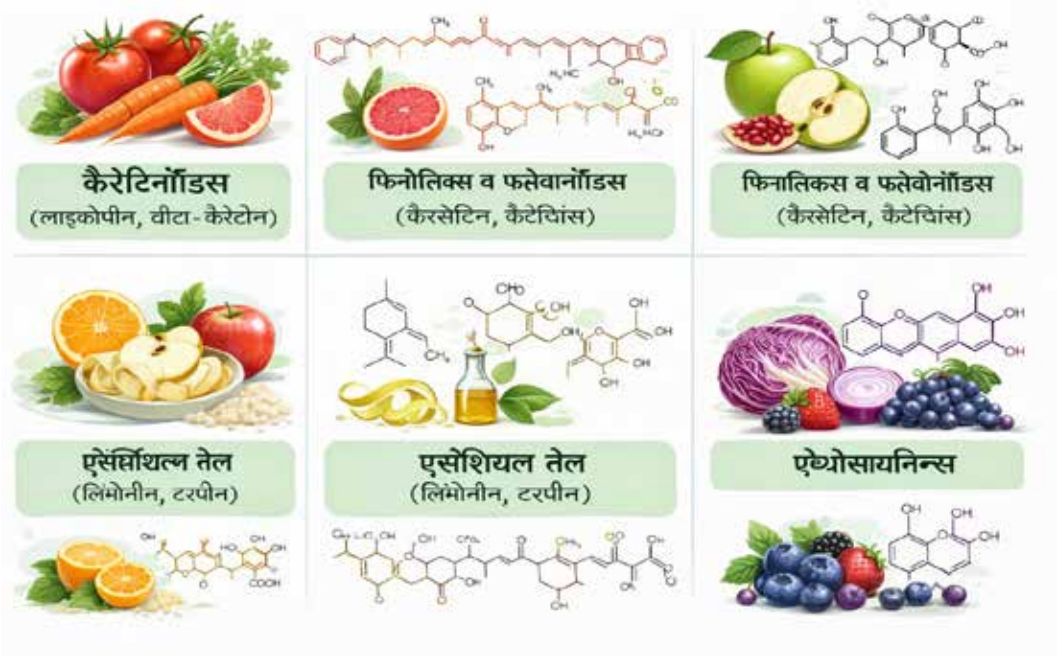
है। इसके अतिरिक्त, बर्बाद भोजन का अर्थ है ताजे पानी के संसाधनों, कृषि भूमि, उर्वरकों, ऊर्जा और खेती एवं प्रसंस्करण के दौरान निवेश किए गए मानव श्रम की बर्बादी।

भारत में फलों और सब्जियों को आमतौर पर अपशिष्ट माना जाता है, लेकिन ये एक समृद्ध और काफी हद तक अप्रयुक्त जैव-संसाधन हैं जिनमें अनेक उच्च-मूल्यवान जैव-सक्रिय यौगिक पाए जाते हैं। छिलके, बीज, गूदा, भूसी, गुठली और अस्वीकृत उत्पाद जैसे प्रसंस्करण अवशेष अक्सर खाने योग्य भागों की तुलना में जैव-सक्रिय यौगिकों से अधिक समृद्ध होते हैं। इन अवशेषों में कैरोटीनॉयड (जैसे लाइकोपीन और बीटा-कैरोटीन) और एंथोसायनिन जैसे प्राकृतिक रंगद्रव्य, एंटीऑक्सीडेंट गुणों वाले फेनोलिक यौगिक और फ्लेवोनोइड, कार्यात्मक और प्रीबायोटिक लाभों वाले आहार फाइबर और पेक्टिन, रोगाणुरोधी और स्वादवर्धक गुणों वाले आवश्यक तेल और सूजनरोधी, कैंसररोधी और हृदय-सुरक्षात्मक प्रभावों के लिए जाने जाने वाले विभिन्न प्रकार के फाइटोकेमिकल पाए जाते हैं।

भारतीय और वैश्विक स्तर पर किए गए वैज्ञानिक अध्ययनों से पता चला है कि फलों और सब्जियों के उप-उत्पादों में ताजे गूदे की तुलना में 2-5 गुना अधिक एंटीऑक्सीडेंट पाए जाते हैं। उदाहरण के लिए, महाराष्ट्र और आंध्र प्रदेश के टमाटर प्रसंस्करण केंद्रों में प्रचुर मात्रा में उत्पन्न होने वाले टमाटर के छिलके लाइकोपीन का प्रमुख स्रोत हैं; नागपुर और पंजाब जैसे क्षेत्रों के खट्टे फलों के छिलके पेक्टिन और लिमोनीन से भरपूर होते हैं; हिमालयी क्षेत्रों के सेब के गूदे में पॉलीफेनॉल और आहार फाइबर की उच्च मात्रा होती है; और उत्तर प्रदेश, गुजरात और आंध्र प्रदेश में व्यापक रूप से उपलब्ध आम के छिलके और गुठलियां फ्लेवोनोइड्स, कैरोटीनॉयड और बीज के तेलों से भरपूर होती हैं। अनुपयोगी रहने पर ये मूल्यवान यौगिक नष्ट हो जाते हैं और अपशिष्ट पर्यावरण प्रदूषण और निपटान संबंधी समस्याओं में योगदान देता है।

फल और सब्जियों के अपशिष्ट से जैव-सक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण भारत के लिए एक क्रांतिकारी और टिकाऊ रणनीति है। उपयुक्त और व्यापक निष्कर्षण प्रौद्योगिकियों के माध्यम से, इस जैव-द्रव्यमान को प्राकृतिक खाद्य योजकों, पोषक तत्वों, सौंदर्य प्रसाधन सामग्री, औषधीय मध्यवर्ती और कार्यात्मक खाद्य घटकों में परिवर्तित किया जा सकता है। इस प्रकार का मूल्यवर्धन चक्रीय और जलवायु-अनुकूल मूल्य श्रृंखलाओं के विकास में सहायक होता है, जहाँ एक क्षेत्र का कृषि अपशिष्ट दूसरे क्षेत्र के लिए मूल्यवान कच्चा माल बन जाता है, जिससे कृत्रिम योजकों और आयातित सामग्रियों पर निर्भरता कम होती है (चित्र 1)।

लैंडफिल में अपशिष्ट निपटान को कम करके, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को घटाकर, फसल कटाई के बाद होने वाले नुकसान को न्यूनतम करके और किसानों, किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) और खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं के लिए अतिरिक्त आय के स्रोत सृजित करके, जैव-सक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण भारत में टिकाऊ खाद्य प्रणालियों और हरित आर्थिक विकास के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसलिए, भारत में फल और सब्जियों के अपशिष्ट को अब पर्यावरणीय बोझ के रूप में नहीं, बल्कि अपार आर्थिक, पोषण संबंधी और पारिस्थितिक क्षमता वाले एक मूल्यवान जैव-संसाधन के रूप में देखा जाना चाहिए, जो किसानों की समृद्धि, खाद्य सुरक्षा और राष्ट्रीय स्थिरता लक्ष्यों में योगदान देने में सक्षम है।



चित्र 1: फलों और सब्जियों से जैवसक्रिय यौगिकों का निष्कर्षण

किसानों और छोटे/मध्यम खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं को क्यों ध्यान देना चाहिए

भारत में, फलों और सब्जियों की कटाई, छंटाई और प्रसंस्करण के दौरान बड़ी मात्रा में फल और सब्जियों के उप-उत्पाद जैसे छिलके, गूदा, बीज, छंटाई और अस्वीकृत उत्पाद उत्पन्न होते हैं। परंपरागत रूप से, इन उप-उत्पादों को या तो खुले क्षेत्रों में फेंक दिया जाता है, या पशुओं के चारे के रूप में बहुत कम कीमतों पर बेच दिया जाता है, या खाद बनाने और लैंडफिल में निपटान के लिए उपयोग किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप किसानों और प्रसंस्करणकर्ताओं को नगण्य या कोई आर्थिक लाभ नहीं होता है। हालांकि, वैज्ञानिक अनुसंधान ने स्पष्ट रूप से प्रदर्शित किया है कि ये उप-उत्पाद उच्च मूल्य वाले जैव-सक्रिय यौगिकों के समृद्ध स्रोत हैं, जिनमें एंटीऑक्सिडेंट, प्राकृतिक रंगद्रव्य, आहार फाइबर और आवश्यक तेल शामिल हैं। सरल और व्यापक निष्कर्षण तकनीकों के अनुप्रयोग के माध्यम से, इन सामग्रियों को प्राकृतिक खाद्य रंग, पोषक तत्व और सौंदर्य प्रसाधन सामग्री जैसे मूल्यवान उत्पादों में परिवर्तित किया जा सकता है। यह रूपांतरण किसानों और छोटे या मध्यम खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं को उन सामग्रियों से अतिरिक्त आय अर्जित करने में सक्षम बनाता है जिनका पहले नगण्य या कोई मूल्य नहीं था, बिना खेती के क्षेत्र, उत्पादन इनपुट या परिचालन लागत में वृद्धि किए। उदाहरण के लिए, टमाटर के गूदे को संसाधित करके लाइकोपीन का अर्क प्राप्त किया जा सकता है, खट्टे फलों के छिलकों से पेक्टिन और लिमोनीन प्राप्त किया जा सकता है, और आम के छिलकों को पॉलीफेनॉल से भरपूर एंटीऑक्सीडेंट अर्क में परिवर्तित किया जा सकता है, इन सभी की व्यावसायिक मांग बहुत अधिक है,साथ ही, अपशिष्ट का मूल्यवर्धन खाद्य प्रसंस्करण अपशिष्ट से जुड़े निपटान

लागत और नियामक जोखिमों को काफी हद तक कम करता है। भारत में, जैविक अपशिष्ट के निपटान को पर्यावरण संरक्षण और नगरपालिका अपशिष्ट प्रबंधन नियमों के तहत तेजी से विनियमित किया जा रहा है, और अनुचित निपटान से जुर्माना, दंड, स्वच्छता संबंधी समस्याएं, दुर्गंध और पर्यावरण प्रदूषण हो सकता है। इसके अतिरिक्त, अपशिष्ट का प्रबंधन, परिवहन और लैंडफिल में डंपिंग किसानों की सहकारी समितियों और प्रसंस्करण इकाइयों पर अतिरिक्त वित्तीय बोझ डालती है। अपशिष्ट मूल्यवर्धन प्रथाओं को अपनाकर, किसान और लघु एवं मध्यम उद्यम लैंडफिल में भेजे जाने वाले अपशिष्ट की मात्रा को काफी हद तक कम कर सकते हैं, निपटान और परिवहन खर्चों को कम कर सकते हैं और पर्यावरण नियमों का बेहतर अनुपालन सुनिश्चित कर सकते हैं। महत्वपूर्ण बात यह है कि अपशिष्ट को मूल्यवर्धित उत्पादों में परिवर्तित करने से अपशिष्ट प्रबंधन एक लागत-लाभदायक गतिविधि से लाभ-उत्पादक प्रक्रिया में बदल जाता है, जिससे कृषि-खाद्य उद्यमों की समग्र आर्थिक स्थिरता में सुधार होता है।

इसके अलावा, प्राकृतिक और स्वच्छ लेबल वाले अवयवों की बढ़ती बाजार मांग के कारण फल और सब्जियों के अपशिष्ट से जैव-सक्रिय तत्वों का निष्कर्षण विशेष रूप से आकर्षक हो गया है। भारतीय और वैश्विक उपभोक्ता स्वच्छ लेबल वाले खाद्य पदार्थ, प्राकृतिक रंग और परिरक्षक, तथा पौधों पर आधारित, रसायन-मुक्त अवयवों की तलाश कर रहे हैं। इसके फलस्वरूप, खाद्य, पोषण और सौंदर्य प्रसाधन उद्योग कृत्रिम योजकों के प्राकृतिक विकल्पों की खोज में जुटे हैं। फल और सब्जियों के अवशेषों से प्राप्त जैव-सक्रिय यौगिक इन बाजार आवश्यकताओं को पूरा करते हैं क्योंकि ये प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त होते हैं, उपभोग के लिए सुरक्षित हैं, पर्यावरण के अनुकूल हैं और स्थिरता लक्ष्यों के अनुरूप हैं। परिणामस्वरूप, इन प्राकृतिक अवयवों की अक्सर उच्च कीमत मिलती है और ये स्थिर बाजार अवसर प्रदान करते हैं। इस उभरते बाजार में भागीदारी से भारतीय किसानों और लघु एवं मध्यम उद्यमों को कम लाभ वाले कच्चे माल की आपूर्ति से आगे बढ़कर उच्च मूल्य वाली घरेलू और निर्यात-उन्मुख आपूर्ति श्रृंखलाओं में एकीकृत होने का अवसर मिलता है।

अंततः, अपशिष्ट का सदुपयोग किसानों और ग्रामीण प्रसंस्करणकर्ताओं के लिए आय विविधीकरण और आर्थिक स्थिरता में महत्वपूर्ण योगदान देता है। भारतीय कृषि, विशेष रूप से फल और सब्जी उत्पादन, अत्यधिक मौसमी है और मूल्य अस्थिरता के प्रति संवेदनशील है। बाजार में अधिक आपूर्ति होने पर, जब कीमतें तेजी से गिरती हैं, तो किसानों को अक्सर भारी आय हानि का सामना करना पड़ता है। खेतों में या स्थानीय स्तर पर स्थापित निष्कर्षण इकाइयाँ किसानों को ताजे उत्पादों की बिक्री के अलावा अन्य आय स्रोतों में विविधता लाने में सक्षम बनाती हैं, जिससे वे अतिरिक्त, क्षतिग्रस्त या अस्वीकृत सामग्री का उपयोग जैव-सक्रिय तत्वों के निष्कर्षण के लिए कर सकते हैं। सहकारी मॉडल और किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) अपशिष्ट संसाधनों को एकत्रित करके, प्रसंस्करण अवसंरचना को साझा करके और सदस्यों के बीच लाभ वितरित करके इस दृष्टिकोण को और मजबूत बनाते हैं। इस प्रकार के सामूहिक और मूल्यवर्धित प्रसंस्करण मॉडल किसानों को विभिन्न मौसमों में आय को स्थिर करने, एक ही फसल या बाजार पर निर्भरता कम करने और दीर्घकालिक आर्थिक स्थिरता बनाने में मदद करते हैं, जिससे अपशिष्ट का सदुपयोग भारत के कृषि-खाद्य क्षेत्र के लिए एक व्यावहारिक और टिकाऊ समाधान बन जाता है।

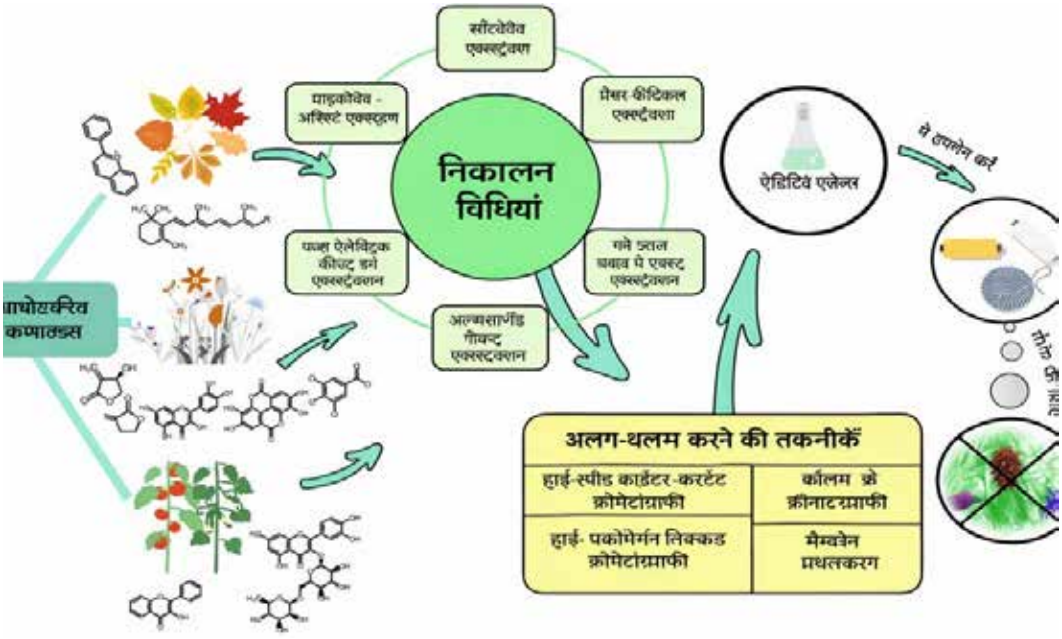
कौन से जैवसक्रिय यौगिक महत्वपूर्ण हैं और वे कहाँ से प्राप्त होते हैं?

फलों और सब्जियों के अवशेषों से प्राप्त कई जैवसक्रिय यौगिक अपने पोषण, कार्यात्मक और व्यावसायिक महत्व के कारण अत्यंत महत्वपूर्ण हैं, और ये यौगिक आमतौर पर उत्पन्न होने वाले कृषि-प्रसंस्करण अपशिष्टों में प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं। कैरोटीनॉयड, विशेष रूप से लाइकोपीन और बीटा-कैरोटीन, सबसे मूल्यवान जैवसक्रिय यौगिकों में से हैं और टमाटर के गूदे, टमाटर के छिलके, लाल और गुलाबी गूदे और गाजर के छिलकों में उच्च सांद्रता में पाए जाते हैं। इन यौगिकों का व्यापक रूप से प्राकृतिक खाद्य रंग और एंटीऑक्सीडेंट के रूप में उपयोग किया जाता है और ये अपने स्वास्थ्य लाभों के लिए जाने जाते हैं, जिनमें ऑक्सीडेटिव तनाव से सुरक्षा और आंखों और हृदय स्वास्थ्य के लिए सहायक गुण शामिल हैं। फेनोलिक यौगिक और फ्लेवोनॉयड, जैसे कि क्वेरसेटिन और कैटेचिन, मुख्य रूप से फलों के छिलकों और बीजों में पाए जाते हैं, जिनमें सेब का छिलका, खट्टे फलों का छिलका, आम का छिलका और अनार का छिलका शामिल हैं। ये यौगिक मजबूत एंटीऑक्सीडेंट, सूजनरोधी और रोगाणुरोधी गुण प्रदर्शित करते हैं, जो इन्हें कार्यात्मक खाद्य पदार्थों, पोषक तत्वों और औषधीय फॉर्मूलेशन के लिए अत्यधिक मूल्यवान बनाते हैं। एक अन्य महत्वपूर्ण समूह आवश्यक तेलों का है, विशेष रूप से लिमोनेन और अन्य टेरपीन, जो खट्टे फलों के छिलकों में उच्च सांद्रता में पाए जाते हैं। इन तेलों का उपयोग इनके सुखद सुगंध, रोगाणुरोधी गतिविधि और पर्यावरण-अनुकूल प्रकृति के कारण फ्लेवरिंग, सुगंध, सौंदर्य प्रसाधन और हरित विलायक उद्योगों में व्यापक रूप से किया जाता है। पेक्टिन और घुलनशील आहार फाइबर, जो मुख्य रूप से खट्टे फलों के छिलकों और सेब के गूदे से निकाले जाते हैं, खाद्य उद्योग में जेलिंग और गाढ़ा करने वाले एजेंट, वसा प्रतिस्थापन और आंत के स्वास्थ्य को बढ़ावा देने वाले प्रीबायोटिक फाइबर के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। इसके अलावा, एंथोसायनिन, जो लाल, नीले और बैंगनी रंगों के लिए जिम्मेदार होते हैं, मुख्य रूप से जामुन के अवशेषों और बैंगनी सब्जियों के कचरे जैसे अंगूर के छिलके और लाल पत्तागोभी के छिलकों में पाए जाते हैं। इन यौगिकों का उपयोग एंटीऑक्सीडेंट और स्वास्थ्यवर्धक गुणों वाले प्राकृतिक रंग के रूप में तेजी से किया जा रहा है, जो सिंथेटिक रंगों का स्थान ले रहे हैं। कुल मिलाकर, फल और सब्जी के कचरे से प्राप्त ये जैव-सक्रिय यौगिक उच्च-मूल्य वाले तत्व हैं जो कृषि उप-उत्पादों को खाद्य, न्यूट्रास्यूटिकल, सौंदर्य प्रसाधन और औषधीय अनुप्रयोगों से जोड़ते हैं, जिससे वे कचरे के मूल्यवर्धन और टिकाऊ खाद्य प्रणालियों के लिए केंद्रीय बन जाते हैं।

सरल से उन्नत तकनीकों तक व्यावहारिक निष्कर्षण तकनीकें और उनका महत्व

फलों और सब्जियों से जैवसक्रिय यौगिकों को पुनर्प्राप्त करने की व्यावहारिक निष्कर्षण तकनीकें सरल, कम तकनीक वाली विधियों से लेकर उन्नत, उच्च-दक्षता वाली तकनीकों तक फैली हुई हैं, जिनमें से प्रत्येक पैमाने, लागत और अंतिम उपयोग के आधार पर एक विशिष्ट भूमिका निभाती है। पारंपरिक विलायक निष्कर्षण सबसे बुनियादी और व्यापक रूप से उपयोग की जाने वाली विधि है, जिसमें ताजे या सूखे बायोमास को एथेनॉल, मेथनॉल या हेक्सेन जैसे विलायकों में भिगोया या रिफ्लक्स किया जाता है ताकि लक्षित यौगिक घुल जाएं, जिसके बाद विलायक को हटा दिया जाता है। यह विधि सरल, कम लागत वाली और छोटे प्रसंस्करणकर्ताओं और प्रारंभिक अनुसंधान के लिए उपयुक्त है, लेकिन इसकी कुछ सीमाएँ हैं जैसे कि लंबा

निष्कर्षण समय, विलायक की अधिक खपत और विलायक अवशेषों की संभावना, जिससे यह खाद्य-श्रेणी के उत्पादों के लिए कम उपयुक्त है जब तक कि खाद्य-सुरक्षित विलायकों का उपयोग न किया जाए (चित्र 2)।



चित्र 2: यौगिकों को पुनर्प्राप्त करने की निष्कर्षण तकनीकें

अल्ट्रासाउंड-सहायता प्राप्त निष्कर्षण (UAE) एक अधिक कुशल और किसान-हितैषी विकल्प है, जो पौधों की कोशिका भित्तियों को तोड़ने और द्रव्यमान स्थानांतरण को बढ़ाने के लिए उच्च आवृत्ति वाली ध्वनि तरंगों का उपयोग करके गुहा निर्माण करता है। UAE तीव्र निष्कर्षण, कम विलायक उपयोग, उच्च उपज और कम तापमान पर संचालन प्रदान करता है, जिससे यह फेनोलिक्स, फ्लेवोनोइड्स, पिगमेंट और एंटीऑक्सीडेंट जैसे ऊष्मा-संवेदनशील जैव-सक्रिय पदार्थों के लिए आदर्श है, और भारतीय परिस्थितियों में किसान सहकारी समितियों, परिवारिक संगठन संगठनों और लघु एवं मध्यम उद्यमों के लिए उपयुक्त है। माइक्रोवेव-सहायता प्राप्त निष्कर्षण (MAE) पौधों के ऊतकों और विलायकों को आंतरिक रूप से गर्म करके गति को और बढ़ाता है, जिससे जैव-सक्रिय पदार्थ मिनटों के भीतर तेजी से मुक्त हो जाते हैं; हालांकि, इसमें ऊष्मीय क्षरण से बचने के लिए सावधानीपूर्वक नियंत्रण की आवश्यकता होती है और उपकरण की लागत अधिक होती है, जिससे यह अनुसंधान और औद्योगिक अनुसंधान एवं विकास अनुप्रयोगों के लिए अधिक उपयुक्त है। सुपरक्रिटिकल निष्कर्षण एक उन्नत, पर्यावरण के अनुकूल तकनीक है जो कार्बन डाइऑक्साइड को उसकी क्रांतिक स्थितियों से ऊपर एक अनुकूलनीय विलायक के रूप में उपयोग करके कैरोटीनॉयड, आवश्यक तेल और लिपिड जैसे गैर-ध्रुवीय यौगिकों का चयनात्मक निष्कर्षण करती है, जिससे विलायक-मुक्त, उच्च-शुद्धता वाले अर्क प्राप्त

होते हैं, हालांकि इसकी उच्च पूंजी और परिचालन आवश्यकताएं इसके उपयोग को मध्यम और बड़े पैमाने के प्रोसेसर तक सीमित करती हैं।

प्रेशराइज्ड लिक्विड एक्सट्रैक्शन (PLE/ASE) में घुलनशीलता बढ़ाने और निष्कर्षण समय कम करने के लिए उच्च तापमान और दबाव का उपयोग किया जाता है, जिससे फेनोलिक यौगिकों के लिए उच्च दक्षता और पुनरुत्पादकता प्राप्त होती है, लेकिन इसकी उच्च उपकरण लागत इसे मुख्य रूप से औद्योगिक अनुप्रयोगों तक सीमित रखती है। एंजाइम-सहायता प्राप्त निष्कर्षण (EAE) में पेक्टिनेज और सेल्युलेज जैसे एंजाइमों का उपयोग करके हल्के परिस्थितियों में कोशिका भित्तियों को आंशिक रूप से तोड़ा जाता है, जिससे लाइकोपीन, फेनोलिक्स और आहार फाइबर जैसे बंधे हुए जैवसक्रियों की पैदावार में सुधार होता है; हालांकि एंजाइम की लागत और प्रक्रिया नियंत्रण चुनौतियां हैं, लेकिन UAE या MAE के साथ संयोजन करने पर EAE अत्यधिक प्रभावी होता है। अंत में, डीप यूटेक्टिक सॉल्वेंट्स (DES) और नेचुरल डीप यूटेक्टिक सॉल्वेंट्स (NADES) जैसे उभरते हुए हरित विलायक सतत निष्कर्षण का भविष्य हैं, जो फेनोलिक्स और पिगमेंट के लिए कम विषाक्तता, जैव अपघटनीयता और उच्च चयनात्मकता प्रदान करते हैं, हालांकि बड़े पैमाने पर पुनर्प्राप्ति और पुन: उपयोग के लिए अभी और विकास की आवश्यकता है। कुल मिलाकर, इन विविध निष्कर्षण तकनीकों की उपलब्धता किसानों, सहकारी समितियों, लघु एवं मध्यम उद्यमों और उद्योगों को पैमाने, निवेश और उत्पाद लक्ष्यों के आधार पर उपयुक्त प्रौद्योगिकियों का चयन करने की अनुमति देती है, जिससे कृषि अपशिष्ट को उच्च-मूल्य वाले, स्वच्छ-लेबल वाले जैव-सक्रिय अवयवों में कुशलतापूर्वक परिवर्तित किया जा सकता है, साथ ही स्थिरता और चक्रीय अर्थव्यवस्था के उद्देश्यों का समर्थन किया जा सकता है।

जैवसक्रिय निष्कर्षण तकनीकें किसानों से लेकर बड़े उद्योगों तक, संपूर्ण कृषि और खाद्य प्रसंस्करण मूल्य श्रृंखला में लाभ प्रदान करती हैं। किसानों और स्थानीय संग्रहण केंद्रों के लिए, फलों और सब्जियों के अपशिष्ट का ऑन-साइट या निकट-साइट प्रसंस्करण गीले और भारी बायोमास के परिवहन की आवश्यकता को काफी कम कर देता है, जिससे परिवहन लागत कम होती है, अपव्यय कम होता है और जैवसक्रिय यौगिकों की गुणवत्ता संरक्षित रहती है। सहकारी मॉडल स्थापित करने से किसान समूह या किसान उत्पादक संगठन साझा प्रसंस्करण अवसंरचना, जैसे अल्ट्रासोनिक निष्कर्षण इकाइयाँ या लघु-स्तरीय सुपरक्रिटिकल प्रणालियाँ, में सामूहिक रूप से निवेश कर सकते हैं, जिससे सदस्य छिलके और गूदा की आपूर्ति कर सकते हैं और मूल्यवर्धित उत्पादों से उत्पन्न लाभ साझा कर सकते हैं। इसके अतिरिक्त, अल्ट्रासाउंड-सहायता प्राप्त और एंजाइम-सहायता प्राप्त निष्कर्षण जैसी कम तापमान निष्कर्षण विधियों का उपयोग गर्मी के प्रति संवेदनशील विटामिन, रंजक और एंटीऑक्सिडेंट की रक्षा करने में मदद करता है, जिससे अर्क की गुणवत्ता में सुधार होता है और उनकी विपणन क्षमता बढ़ती है।

खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं और उद्योगों के लिए, ये तकनीकें प्राकृतिक, ट्रेस करने योग्य जैवसक्रिय अवयवों की निरंतर और विश्वसनीय आपूर्ति सुनिश्चित करती हैं, जिन्हें खाद्य, पोषण और पूरक उत्पाद निर्माता तेजी से पसंद कर रहे हैं। ये तकनीकें नए और विविध उत्पाद श्रृंखलाओं के विकास को भी सक्षम बनाती हैं, जैसे कि खट्टे फलों के छिलके से पेक्टिन, टमाटर के गूदे से लाइकोपीन सांद्रण और कार्यात्मक खाद्य पदार्थों के लिए एंटीऑक्सीडेंट से भरपूर पाउडर। इसके अलावा, पुनर्चक्रित कच्चे माल का उपयोग स्थिरता और पर्या-

वरणीय, सामाजिक और शासन साख को मजबूत करता है, जिससे कंपनियों को स्थिरता लक्ष्यों को पूरा करने, ब्रांड मूल्य बढ़ाने और घरेलू और अंतरराष्ट्रीय बाजारों में प्रीमियम कीमतें प्राप्त करने में मदद मिलती है।

वैश्विक स्तर पर, संयुक्त राष्ट्र और यूएनईपी जैसे अंतरराष्ट्रीय संगठनों के हालिया विश्लेषणों से अनुमान लगाया गया है कि प्रति वर्ष लगभग 1.35-1.0 अरब टन भोजन बर्बाद हो जाता है, जो कुल खाद्य उत्पादन का लगभग पाँचवाँ से एक तिहाई हिस्सा है। इस बर्बादी का एक बड़ा हिस्सा घरों, खाद्य सेवा और खुदरा बिक्री के स्तर पर होता है, विशेष रूप से शहरी क्षेत्रों में। भोजन की यह भारी बर्बादी पर्यावरण को काफी नुकसान पहुँचाती है, जो वैश्विक ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन का लगभग 8-10% हिस्सा है, जिसका मुख्य कारण लैंडफिल अपघटन के दौरान निकलने वाली मीथेन है, और इसके परिणामस्वरूप प्रति वर्ष लगभग 1 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर का आर्थिक नुकसान होता है।

भारत के संदर्भ में, खाद्य अपशिष्ट का उत्पादन भी काफी अधिक है। हाल के राष्ट्रीय अनुमानों के अनुसार, आपूर्ति श्रृंखला और घरेलू स्तर पर होने वाले नुकसान को मिलाकर, प्रति वर्ष लगभग 68-78 मिलियन टन खाद्य अपशिष्ट उत्पन्न होता है, और प्रति व्यक्ति घरेलू खाद्य अपशिष्ट औसतन 50-55 किलोग्राम प्रति वर्ष है। यह एक विशाल और काफी हद तक अप्रयुक्त जैव द्रव्यमान संसाधन का प्रतिनिधित्व करता है। इस समस्या का समाधान करना इसलिए महत्वपूर्ण है क्योंकि इसे लैंडफिल में फेंकने के बजाय, जहां यह मीथेन और अन्य पर्यावरणीय समस्याएं उत्पन्न करता है, इस जैविक अपशिष्ट के एक बड़े हिस्से को तेल, एंटीऑक्सिडेंट और आहार फाइबर जैसे उच्च मूल्य वाले उत्पादों में परिवर्तित किया जा सकता है, या वैकल्पिक रूप से जब निष्कर्षण संभव न हो तो इसे खाद बनाने या अवायवीय पाचन के लिए उपयोग किया जा सकता है। आर्थिक दृष्टिकोण से, अपशिष्ट का मूल्यवर्धन तब विशेष रूप से आकर्षक हो जाता है जब पुनर्प्राप्त यौगिकों का बाजार मूल्य अधिक हो, जैसे कि लाइकोपीन, पेक्टिन या लिमोनीन, और जब कुशल संग्रहण और प्रसंस्करण प्रणालियां मौजूद हों, जिससे खाद्य अपशिष्ट का मूल्यवर्धन सतत विकास के लिए एक महत्वपूर्ण अवसर बन जाता है।

अपशिष्ट प्रबंधन न होने पर इसके नुकसान

भोजन अपशिष्ट का प्रबंधन न होने पर गंभीर पर्यावरणीय, आर्थिक, सार्वजनिक स्वास्थ्य और विकासात्मक परिणाम होते हैं। पर्यावरणीय दृष्टि से, खुले कूड़े के ढेरों या लैंडफिल में सड़ते फल और सब्जियों के बायोमास से बड़ी मात्रा में मीथेन गैस निकलती है, जो एक ग्रीनहाउस गैस है और जलवायु परिवर्तन में कार्बन डाइऑक्साइड से लगभग 25 गुना अधिक योगदान देती है। इसके अलावा, भोजन को फेंकने का मतलब है कि उस उपज को उगाने में इस्तेमाल किया गया पानी, जमीन, उर्वरक, ऊर्जा और अन्य प्राकृतिक संसाधन भी बर्बाद हो जाते हैं, जिससे पहले से ही तनावग्रस्त पारिस्थितिकी तंत्र और कृषि संसाधनों पर अनावश्यक दबाव पड़ता है।

आर्थिक दृष्टि से, अनियंत्रित खाद्य अपशिष्ट किसानों और खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं के लिए आय का प्रत्यक्ष नुकसान है, क्योंकि वे छिलके, गूदा और अस्वीकृत उत्पादों जैसे उप-उत्पादों से मूल्य अर्जित करने का अवसर खो देते हैं। राजस्व उत्पन्न करने के बजाय, ये अपशिष्ट अक्सर प्रबंधन, परिवहन और निपटान से संबंधित अतिरिक्त लागतें बढ़ाते हैं। नगर निकायों को भी अपशिष्ट संग्रहण, लैंडफिल प्रबंधन और पर्यावरण संरक्षण के

लिए बढ़ते खर्चों का सामना करना पड़ता है, जिससे स्थानीय सरकारों और करदाताओं पर समग्र वित्तीय बोझ बढ़ जाता है।

सार्वजनिक स्वास्थ्य और स्वच्छता के संदर्भ में, जैविक अपशिष्ट के बड़े संचय से चूहे, कीड़े और आवारा जानवर जैसे कीट आकर्षित हो सकते हैं, जिससे अस्वच्छ परिस्थितियाँ उत्पन्न होती हैं। सड़ता हुआ खाद्य अपशिष्ट दुर्गंध उत्पन्न कर सकता है, सूक्ष्मजीवों की वृद्धि को बढ़ावा दे सकता है और बीमारियों के संचरण का जोखिम बढ़ा सकता है, विशेष रूप से घनी आबादी वाले क्षेत्रों और खाद्य प्रसंस्करण क्षेत्रों के पास। ऐसी परिस्थितियाँ सामुदायिक स्वास्थ्य, स्वच्छता और जीवन की समग्र गुणवत्ता पर नकारात्मक प्रभाव डालती हैं।

अंततः, खाद्य अपशिष्ट के प्रबंधन न होने से होने वाला नुकसान बहुत अधिक है। फलों और सब्जियों के अवशेषों में मूल्यवान जैव-सक्रिय यौगिक होते हैं जिन्हें प्राकृतिक खाद्य सामग्री, पोषक तत्वों, सौंदर्य प्रसाधनों और औषधियों के कच्चे माल में परिवर्तित किया जा सकता है। अपशिष्ट को उपयोग में लाने के बजाय फेंक देने से समाज टिकाऊ, उच्च-मूल्य वाले उत्पाद बनाने, ग्रामीण रोजगार सृजित करने, कृषि आधारित उद्योगों को मजबूत करने और कृत्रिम या आयातित सामग्रियों पर निर्भरता कम करने का अवसर खो देता है। इस प्रकार, खाद्य अपशिष्ट का उपयोग न करना न केवल पर्यावरणीय और आर्थिक नुकसान पहुंचाता है, बल्कि एक चक्रीय, टिकाऊ और नवाचार-संचालित खाद्य अर्थव्यवस्था की दिशा में प्रगति को भी रोकता है।

निष्कर्ष — किसानों, उद्योग और जलवायु के लिए एक चक्रीय जीत

फल और सब्जियों के अपशिष्ट से उच्च मूल्य वाले जैव-सक्रिय यौगिकों को निकालने के लिए विज्ञान और प्रौद्योगिकी परिपक्व अवस्था में पहुँच चुकी है और लगातार प्रगति कर रही है, जिससे इनका व्यावहारिक अनुप्रयोग अधिक से अधिक व्यावहारिक और आर्थिक रूप से व्यवहार्य होता जा रहा है। अल्ट्रासाउंड-सहायता प्राप्त निष्कर्षण, एंजाइम-सहायता प्राप्त निष्कर्षण और पर्यावरण के अनुकूल विलायकों के उपयोग जैसी आधुनिक तकनीकें कम ऊर्जा परिस्थितियों में एंटीऑक्सीडेंट, पिगमेंट, आहार फाइबर और अन्य कार्यात्मक यौगिकों की कुशल पुनर्प्राप्ति को सक्षम बनाती हैं, जो विशेष रूप से किसान सहकारी समितियों, किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) और छोटे से मध्यम आकार के खाद्य प्रसंस्करणकर्ताओं के लिए उपयुक्त है। ये तकनीकें छिलकों, गूदे, बीजों और पहले अपशिष्ट माने जाने वाले अस्वीकृत उत्पादों को खाद्य, न्यूट्रास्यूटिकल, कॉस्मेटिक और फार्मास्युटिकल उद्योगों के लिए मूल्यवान अवयवों में परिवर्तित करना संभव बनाती हैं। बड़े पैमाने पर लागू होने पर, इस प्रकार का मूल्यवर्धन लैंडफिल में भेजे जाने वाले जैविक अपशिष्ट की मात्रा को काफी कम कर देता है, जिससे मीथेन उत्सर्जन कम होता है और कृषि उत्पादन में निवेश किए गए पानी, ऊर्जा, उर्वरक और श्रम की बर्बादी कम से कम होती है।

साथ ही, यह किसानों और ग्रामीण प्रसंस्करणकर्ताओं के लिए आय के अतिरिक्त और विविध स्रोत सृजित करता है, जिससे मूल्य में उतार-चढ़ाव और मौसमी अधिकता के विरुद्ध उनकी आर्थिक स्थिरता बढ़ती है। टमाटर, खट्टे फल, आम और सेब जैसी फसलों के बड़े मौसमी उत्पादन वाले क्षेत्रों में, साझा निष्कर्षण केंद्रों की स्थापना और क्रमिक मूल्यवर्धन प्रणालियों का विकास—जहां उच्च मूल्य वाले जैव-सक्रिय तत्वों का पहले निष्कर्षण किया जाता है और शेष जैव-द्रव्यमान का आगे उपयोग फाइबर पुनर्प्राप्ति, पशु आहार, खाद

या जैव-ऊर्जा के लिए किया जाता है—एक अत्यंत व्यावहारिक और समावेशी समाधान प्रदान करता है। इस प्रकार के एकीकृत दृष्टिकोण एक रेखीय "उत्पादन-उपयोग-त्याग" मॉडल से एक चक्रीय और लचीली खाद्य अर्थव्यवस्था में परिवर्तन का समर्थन करते हैं, जिससे किसानों, उद्योगों, उपभोक्ताओं और पर्यावरण सभी को लाभ होता है। हाल के वैश्विक और राष्ट्रीय आकलन स्पष्ट रूप से फल और सब्जियों की बर्बादी के विशाल पैमाने और प्रौद्योगिकी-संचालित मूल्यवर्धन के माध्यम से इस चुनौती का समाधान करने के महत्वपूर्ण अवसर को उजागर करते हैं, जिससे जैव-सक्रिय तत्वों का निष्कर्षण सतत कृषि और औद्योगिक विकास के लिए एक प्रमुख रणनीति बन जाता है।

कृषि-उत्पादों के सुखाने में आधुनिक तकनीकियाँ

बृजेन्द्र गोयल, दिलीप पवार, एस मंगराज, बिक्रम ज्योति एवं आदिनाथ काटे

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

भारत एक कृषि प्रधान देश है जहाँ की अधिकांश जनसंख्या प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से खेती पर निर्भर है, परन्तु उत्पादन की अपार सफलता के साथ-साथ आज सबसे बड़ी चुनौती इन उत्पादों का सुरक्षित भंडारण और मूल्य संवर्धन सुनिश्चित करना है। "कृषि-उत्पादों के सुखाने में आधुनिक प्रगति: किसानों के लिए एक विस्तृत मार्गदर्शिका" के आलोक में यदि हम वर्तमान स्थिति का विश्लेषण करें, तो भारत में कटाई के बाद होने वाला नुकसान कई फसलों के लिए 20 से 40 प्रतिशत तक पहुँच जाता है, जिसका प्रमुख कारण अधिक नमी और वैज्ञानिक सुखाने की व्यवस्था की कमी है|

वर्ष 2022 के NABCONS अध्ययन के अनुसार, भारत को वार्षिक रूप से लगभग 74.3 मिलियन टन उपज का नुकसान उठाना पड़ता है, जिसकी आर्थिक कीमत ₹1.53 ट्रिलियन (लगभग 18.5$ बिलियन USD) से भी अधिक आंकी गई है। विशेष रूप से जल्दी खराब होने वाली उत्पाद में यह समस्या और भी गंभीर है, जहाँ पशुधन उत्पादों में 22%, फलों में 19% और सब्जियों में 18 % तक की गिरावट देखी जाती है। वैश्विक स्तर पर भी स्थिति चिंताजनक है, जहाँ खेत से खुदरा बाजार तक पहुँचते-पहुँचते 13.2% भोजन नष्ट हो जाता है और यदि उपभोक्ता स्तर की बर्बादी को मिला दिया जाए तो यह कुल नुकसान 30% तक पहुँच जाता है। अतः आधुनिक सुखाने की तकनीकें न केवल फसल को खराब होने से बचाती हैं, बल्कि उत्पादों की सुरक्षित जीवन काल बढ़ाकर और परिवहन लागत कम करके किसानों को अपनी उपज का सही मूल्य दिलाने और उनकी आय में वृद्धि करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। सुखाने की प्रक्रिया कृषि-उत्पादों से नमी हटाकर उन्हें लंबे समय तक सुरक्षित रखने में मदद करती है। पहले किसान पारंपरिक तरीकों जैसे धूप में सुखाने पर निर्भर रहते थे, लेकिन बदलते मौसम, अस्थिर वर्षा, प्रदूषण और गुणवत्ता की बढ़ती मांग के कारण अब आधुनिक सुखाने तकनीकों की आवश्यकता बढ़ गई है। आज के समय में सुखाना केवल नमी हटाने की प्रक्रिया नहीं रह गया है, बल्कि यह गुणवत्ता, पोषण, रंग, स्वाद और बाजार मूल्य से सीधे जुड़ा हुआ विषय बन गया है।

यह लेख विशेष रूप से हमारे किसान भाइयों के लिए तैयार किया गया है, ताकि वे पारंपरिक तरीकों को छोड़कर आधुनिक तकनीकों के लाभ को समझ सकें, वे कैसे काम करती हैं, इनके क्या लाभ हैं और किसान इन्हें अपनाकर अपनी आय कैसे बढ़ा सकते हैं।

सुखाने का महत्व और वैज्ञानिक आधार

सुखाने का मुख्य उद्देश्य कृषि-उत्पादों में मौजूद पानी की मात्रा को कम करना है ताकि सूक्ष्मजीवों की वृद्धि रोकी जा सके। फल और सब्जियों में सामान्यतः 70 से 90 प्रतिशत तक नमी होती है। इतनी अधिक

नमी के कारण बैक्टीरिया, फफूंद और खमीर तेजी से बढ़ते हैं, जिससे उत्पाद जल्दी खराब हो जाता है। जब नमी को सुरक्षित स्तर तक घटा दिया जाता है, तो ये सूक्ष्मजीव सक्रिय नहीं रह पाते।

वैज्ञानिक दृष्टि से सुखाने की प्रक्रिया में ऊष्मा और द्रव्यमान स्थानांतरण शामिल होता है। उत्पाद की सतह से पानी वाष्प बनकर बाहर निकलता है और अंदर की नमी सतह की ओर बढ़ती है। यदि तापमान बहुत अधिक हो तो उत्पाद का रंग, स्वाद और पोषक तत्व नष्ट हो सकते हैं, और यदि तापमान बहुत कम हो तो सुखाने में अत्यधिक समय लगता है। इसलिए सही तापमान, सही हवा की गति और सही समय का चयन अत्यंत आवश्यक है।

प्रमुख कृषि उत्पादों के लिए आदर्श सुखाने का तापमान:

उत्पाद श्रेणी	उत्पाद का नाम	आदर्श तापमान (°C)	महत्वपूर्ण सुझाव
अनाज (Grains)	गेहूँ, मक्का, धान	35-50	बीज के लिए तापमान 43°C से कम रखें।
सब्जियाँ (Vegetables)	प्याज, टमाटर, गोभी	50-60	पतली स्लाइस में काटने से जल्दी सूखती हैं।
फल (Fruits)	आम, सेब, अंगूर	55-65	विटामिन 'सी' बचाने के लिए 60°C से ऊपर न जाएँ।
मसाले (Spices)	मिर्च, अदरक, हल्दी	45-50	अधिक तापमान से खुशबू (aroma) कम हो सकती है।
औषधीय पौधे (Herbs)	तुलसी, पुदीना, नीम	35-45	इनके औषधीय तेल बहुत संवेदनशील होते हैं।
तिलहन (Oilseeds)	सरसों, सोयाबीन	40-50	तेल की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए धीमा सुखाएं।

पारंपरिक सुखाने की विधियाँ और उनकी सीमाएँ

भारत में सदियों से किसान धूप में सुखाने की विधि अपनाते आ रहे हैं। अनाज, मसाले, मिर्च, हल्दी, धनिया, मेथी, आम की फाँकें और सब्जियाँ खुले आंगन या खेत में बिछाकर सुखाई जाती हैं (चित्र 1)। यह विधि सस्ती और सरल है, लेकिन इसके साथ कई समस्याएँ जुड़ी हुई हैं। धूप में सुखाने में मौसम पर अत्यधिक निर्भरता होती है। बादल, वर्षा या अधिक आर्द्रता होने पर सुखाने की प्रक्रिया बाधित होती है। इसके अलावा धूल,

चित्र 1: सौर शुष्कन

कीड़े, पक्षी और जानवर उत्पाद को दूषित कर सकते हैं। इस विधि में सुखाने का समय अधिक लगता है और गुणवत्ता में एकरूपता नहीं रहती। आधुनिक बाजारों और निर्यात के लिए यह विधि अक्सर अस्वीकार्य मानी जाती है।

इन्हीं सीमाओं के कारण वैज्ञानिकों और इंजीनियरों ने आधुनिक सुखाने तकनीकों का विकास किया है, जो नियंत्रित परिस्थितियों में बेहतर गुणवत्ता प्रदान कर सकती हैं।

यांत्रिक ड्रायर का विकास और उपयोग

यांत्रिक ड्रायर ऐसे उपकरण होते हैं जिनमें तापमान, हवा की गति और आर्द्रता को नियंत्रित किया जा सकता है (चित्र 2 से चित्र 4)। इनमें गरम हवा को पंखों की सहायता से उत्पाद के ऊपर या आर-पार प्रवाहित किया जाता है। इस प्रकार के ड्रायर में सुखाने का समय कम होता है और गुणवत्ता बेहतर रहती है। भारत में छोटे स्तर के किसानों के लिए ट्रे-ड्रायर और कैबिनेट ड्रायर का उपयोग बढ़ रहा है। इनमें सब्जियाँ, कटे फल, मसाले और औषधीय पौधे आसानी से सुखाए जा सकते हैं। निरंतर उत्पादन के लिए फ्लूइडाइज्ड बेड ड्रायर और कन्वेयर ड्रायर सबसे उपयुक्त हैं, जो फसल को बड़े पैमाने पर एक समान सुखाते हैं। यांत्रिक ड्रायर का सबसे बड़ा लाभ यह है कि किसान मौसम की अनिश्चितता से मुक्त हो जाते हैं। इसके अलावा उत्पाद का रंग, स्वाद और पोषण बेहतर तरीके से सुरक्षित रहता है, जिससे बाजार में बेहतर कीमत मिलती है।

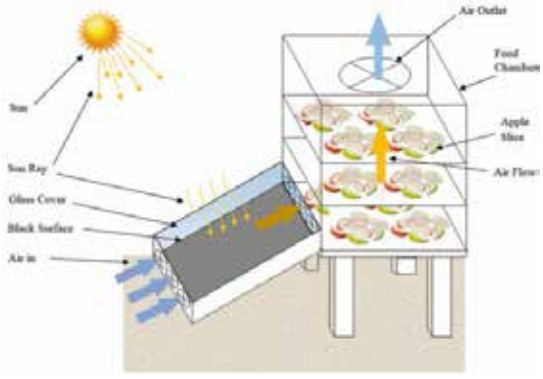
चित्र 2: ट्रे ड्रायर

चित्र 3: फ्लूइडाइज्ड बेड ड्रायर

चित्र 4: कन्वेयर ड्रायर

सोलर ड्राइंग में आधुनिक प्रगति

सौर ऊर्जा भारत जैसे देश के लिए एक वरदान है। पिछले कुछ वर्षों में सोलर ड्रायर तकनीक में उल्लेखनीय प्रगति हुई है। आधुनिक सोलर ड्रायर केवल धूप में रखने तक सीमित नहीं हैं, बल्कि इनमें सौर कलेक्टर, नियंत्रित वायु प्रवाह और कभी-कभी बैकअप हीटर भी शामिल होते हैं। इंडायरेक्ट सोलर ड्रायर में उत्पाद को सीधे धूप में नहीं रखा जाता, बल्कि सौर कलेक्टर में गरम हुई हवा को चैंबर में भेजा जाता है। इससे उत्पाद का रंग और पोषण बेहतर बना रहता है। हाइब्रिड सोलर ड्रायर में सौर ऊर्जा के साथ-साथ बिजली या बायोमास का उपयोग किया जा सकता है, जिससे रात या बादल वाले मौसम में भी सुखाना संभव हो जाता है (चित्र 5 से चित्र 6)



चित्र 5: इंडायरेक्ट सोलर ड्रायर

चित्र 6: हाइब्रिड सोलर ड्रायर

किसानों के लिए सोलर ड्रायर की सबसे बड़ी खासियत यह है कि इसमें ऊर्जा लागत बहुत कम होती है और पर्यावरण को कोई नुकसान नहीं पहुँचता।

हीट पंप ड्राइंग तकनीक

हीट पंप ड्रायर एक आधुनिक और उन्नत तकनीक है, जो कम तापमान पर भी फसलों को बड़ी कुशलता से सुखाने में सक्षम है। इस तकनीक की मुख्य विशेषता यह है कि इसमें हवा को बार-बार पुन: उपयोग किया जाता है और नमी को संघनित करके बाहर निकाला जाता है। इससे न केवल भारी मात्रा में ऊर्जा की बचत होती है, बल्कि उत्पाद की गुणवत्ता भी उत्कृष्ट बनी रहती है। सेब, केला, आम और स्ट्रॉबेरी जैसे फलों के लिए यह तकनीक विशेष रूप से उपयोगी है, क्योंकि यह उनके प्राकृतिक रंग, स्वाद और पोषक तत्वों को सुरक्षित रखने में मदद करती है। हालाँकि इसकी शुरुआती लागत अधिक हो सकती है, लेकिन कम बिजली खपत और बेहतर गुणवत्ता के कारण लंबे समय में यह बहुत लाभकारी सिद्ध होती है।

वैक्यूम और फ्रीज ड्राइंग: फसलों को सुखाने की आधुनिक तकनीक

वैक्यूम ड्राइंग: यह एक ऐसी तकनीक है जिसमें मशीन के अंदर हवा का दबाव कम कर दिया जाता है। दबाव कम होने से फसल के अंदर की नमी बहुत कम तापमान पर ही भाप बनकर उड़ जाती है। इसका सबसे बड़ा फायदा यह है कि कम गर्मी लगने के कारण फसल खराब नहीं होती और उसकी गुणवत्ता बनी रहती है।

फ्रीज ड्राइंग: यह दुनिया की सबसे आधुनिक तकनीक है। इसमें पहले फल या सब्जी को बर्फ की तरह जमाया जाता है और फिर मशीन की मदद से उस बर्फ को सीधे भाप बनाकर सुखा दिया जाता है। जैसा कि आप इस चित्र में देख सकते हैं, सुखाने की अलग-अलग तकनीकों का मांस के रंग पर सीधा असर पड़ता है:

- फ्रीज ड्राइंग: यहाँ मांस का रंग ताजे लाल से बदलकर हल्का गुलाबी जैसा हो गया है, जो दिखाता है कि इसमें नमी तो कम हुई है पर बनावट सुरक्षित है।
- एयर ड्राइंग: इसमें मांस का रंग गहरा भूरा हो गया है, जो हवा के संपर्क में आने से हुए बदलाव को दर्शाता है।
- सौर-शुष्कित (धूप): यहाँ मांस का टुकड़ा सबसे ज्यादा प्रभावित हुआ है और इसका रंग बदलकर गहरा काला या मटमैला हो गया है, जो सीधी धूप और गर्मी का असर है।

निष्कर्ष

सबसे कम रंग परिवर्तन फ्रीज ड्राइंग में और सबसे अधिक बदलाव धूप में सुखाने पर दिखाई देता है।

इस तकनीक के फायदे:

- असली स्वाद और रंग: फसल का आकार, रंग, स्वाद और खुशबू वैसी ही रहती है जैसे ताजी फसल की हो।

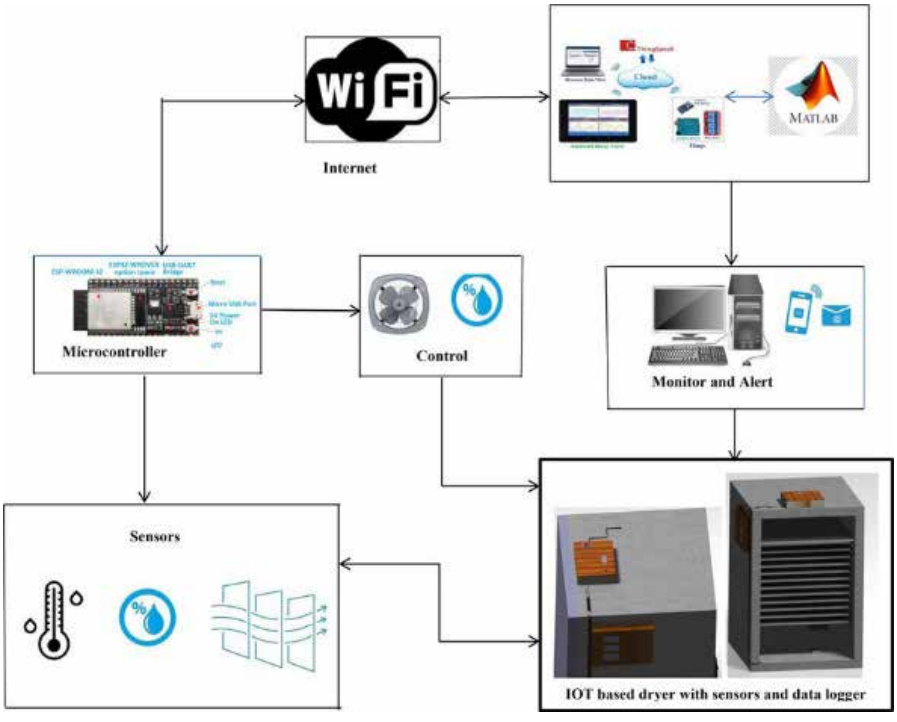
- पूरा पोषण: इसमें फसल के विटामिन्स और पोषक तत्व पूरी तरह सुरक्षित रहते हैं।
- लंबी उम्र: इस विधि से सुखाए गए उत्पाद सालों तक खराब नहीं होते।

डिजिटल तकनीक से स्मार्ट ड्राईंग (आधुनिक प्रभाव के लिए)

हाल के वर्षों में सुखाने की तकनीक में सेंसर्स, ऑटोमेशन और आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (AI) के आने से क्रांतिकारी बदलाव आए हैं। आधुनिक स्मार्ट ड्रायर्स अब पूरी तरह से स्वचालित हो गए हैं, जो फसल सुखाने की प्रक्रिया को अधिक सटीक और कुशल बनाते हैं। मोबाइल ऐप और इंटरनेट की मदद से किसान अब कहीं भी रहकर अपने ड्रायर को वास्तविक समय में देखना या मॉनिटर कर सकते हैं। यह तकनीक उन प्रगतिशील किसानों और उद्यमियों के लिए एक क्रांतिकारी समाधान है, जो अपनी उपज का मूल्य संवर्धन कर प्रसंस्करण के क्षेत्र में बड़ा व्यवसाय करना चाहते हैं।

चित्र 7 में स्मार्ट ड्राईंग का सिद्धांत दिखाया गया है, जो पारंपरिक तरीकों से कहीं अधिक उन्नत है:

- इसमें सेंसर का उपयोग करके हर समय तापमान और नमी की निगरानी की जाती है।
- कंट्रोल सिस्टम अपने आप पंखे और गर्मी को संतुलित करता है, ताकि फसल एक समान सूखे।



चित्र 7: इंटरनेट और सेंसर आधारित स्मार्ट ड्राइंग तकनीक

- इंटरनेट की मदद से किसान अपने मोबाइल फोन पर ही सुखाने की पूरी प्रक्रिया देख सकते हैं और अलर्ट पा सकते हैं।
- यह तकनीक फसल को खराब होने से बचाती है और सुखाने में बिजली व समय की भारी बचत करती है।
- इसका डेटा भविष्य के लिए भी सुरक्षित रखा जाता है ताकि हर बार उत्तम गुणवत्ता का उत्पाद तैयार हो सके

स्मार्ट सुखाने की तकनीक सेंसर और इंटरनेट के माध्यम से तापमान और नमी पर सटीक नियंत्रण रखती है। यह आधुनिक तरीका बिजली की बचत करने के साथ-साथ फसल की गुणवत्ता और किसानों की आय बढ़ाने में सहायक है।

फसल सुखाने से मूल्य और आय में बढ़त

आधुनिक सुखाने की तकनीक अपनाकर किसान अब कच्चे माल के बजाय प्रसंस्कृत उत्पाद बेच सकते हैं | जिससे उनकी आय में उल्लेखनीय वृद्धि संभव है। सूखे फल, सब्जियों के पाउडर, शुद्ध मसाले और हर्बल उत्पादों की बाजार में भारी मांग है, जो कच्चे माल की तुलना में काफी बेहतर दाम दिलाते हैं। इसके अलावा, सुखाने की प्रक्रिया फसल का वजन और आयतन दोनों कम कर देती है, जिससे परिवहन लागत में भारी बचत होती है और उन्हें दूर-दराज के बाजारों तक भेजना आसान हो जाता है। नमी कम होने से फसल का भंडारण सरल हो जाता है और कटाई के बाद होने वाले नुकसान में भारी कमी आती है, जिससे किसान अपने उत्पाद को लंबे समय तक सुरक्षित रखकर सही समय पर बेच सकते हैं।

भविष्य की संभावनाएं और निष्कर्ष

कृषि-उत्पादों के सुखाने में आधुनिक प्रगति किसानों के लिए एक बहुत बड़ा अवसर लेकर आई है। बदलते जलवायु, बढ़ती जनसंख्या और गुणवत्तापूर्ण भोजन की मांग को देखते हुए वैज्ञानिक और स्मार्ट तकनीकों का महत्व और भी बढ़ गया है। यदि किसान प्रशिक्षण, सरकारी योजनाओं और सहकारी मॉडल के माध्यम से इन तकनीकों को अपनाते हैं, तो न केवल फसल की बर्बादी कम होगी, बल्कि ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार के नए अवसर भी पैदा होंगे। आज सुखाना केवल संरक्षण का तरीका नहीं, बल्कि कृषि को एक लाभकारी व्यवसाय में बदलने का सबसे सशक्त माध्यम बन चुका है।

एडिबल कोटिंग तकनीक: पोस्ट-हार्वेस्ट नुकसान कम करने का समाधान

अनुष्का जुर्री, दिलीप पवार, मनोज कुमार त्रिपाठी एवं आदिनाथ काटे
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

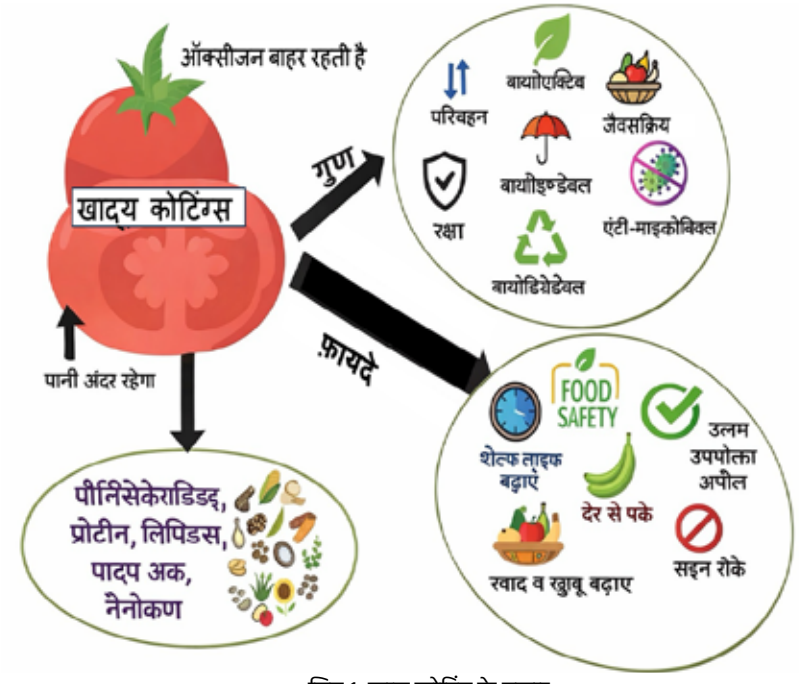
भारत दुनिया का दूसरा सबसे बड़ा फल उत्पादक देश है, जहाँ हर साल 100 मिलियन टन से ज़्यादा अलग-अलग तरह के फल पैदा होते हैं (जैसे आम, केला, अमरूद, सेब, वगैरह)। बदकिस्मती से, भारत का 20 से 40 प्रतिशत फल हर साल खराब हो जाता है, क्योंकि स्टोरेज की क्षमता कम है, शेल्फ लाइफ कम है (स्ट्रॉबेरी के लिए 3 से 7 दिन; आम के लिए 5 से 10 दिन), सांस लेने की एक्टिविटी और ट्रांसपोर्टेशन की वजह से पानी की कमी हो जाती है। कुल मिलाकर, इससे हर साल अरबों रुपये के फल बर्बाद हो जाते हैं! इस गंभीर समस्या को कम करने में मदद करने के लिए, खाने वाली कोटिंग एक एक्स्ट्रा सुरक्षा उपाय के तौर पर तेज़ी से पॉपुलर हो रही है (यह प्रोसेस्ड खाने की एक परत होती है जो फल को ढक देती है और उसे खराब होने से बचाती है, साथ ही फल को ज़्यादा समय तक ताज़ा रखने का एक्स्ट्रा फायदा भी देती है) और इसे खेती के ऐसे रीसायकल किए गए सामान से बनाया जा सकता है जिन्हें आम तौर पर फेंक दिया जाता है।

फलों को खाने वाली कोटिंग से नैचुरली प्रिज़र्व किया जा सकता है, जिनका इस्तेमाल नैचुरल प्रोडक्ट के तौर पर किया जाता है। यह किसानों के लिए एक एनवायरनमेंट के हिसाब से सस्टेनेबल ऑप्शन है, जिससे वे अपनी फसल को ज़्यादा समय दे सकते हैं और इस तरह, बर्बाद होने वाले फलों की मात्रा कम कर सकते हैं। किसान इस टेक्नोलॉजी का इस्तेमाल खट्टे फलों के छिलके या सीवीड जैसी चीज़ों का इस्तेमाल करके कर सकते हैं, ये दोनों ही भारत में मिल सकते हैं, और उनसे खाने वाली कोटिंग बना सकते हैं। फलों की लाइफ बढ़ाने के अलावा, खाने वाली कोटिंग फलों को मुरझाने या सूखने से बचाने में मदद करती है, और यह फलों की सतह पर माइक्रोबियल ग्रोथ के खिलाफ एक बैरियर का काम करती है।

एडिबल कोटिंग इस्तेमाल करने वाले किसानों को कई फ़ायदे होते हैं। अच्छे दिखने वाले फल होना बहुत अच्छी बात है, लेकिन एडिबल कोटिंग किसानों को वज़न बनाए रखने और फलों को ट्रांसपोर्ट या स्टोर करते समय ठंड से चोट लगने का खतरा कम करने का एक तरीका देती है। एडिबल कोटिंग एक रुकावट बनाती है जो नमी के नुकसान को रोकती है। उदाहरण के लिए, अगर शिपिंग में पानी की कमी के कारण 100 कि.ग्रा. चेरी का 5% खराब हो जाता है, तो किसान को हर बैच में 5 कि.ग्रा. मुनाफ़े का नुकसान होगा। एडिबल कोटिंग इस समस्या को कम करती है।

एडिबल कोटिंग ठंडे तापमान पर स्टोर करने पर फलों का रंग बदलने से भी रोकती है। एडिबल कोटिंग से फलों का छिलका सुरक्षित रहता है—इससे पारंपरिक स्टोर करने के तरीकों की तुलना में फलों की शेल्फ लाइफ लंबी होती है और क्वालिटी बेहतर होती है। एडिबल कोटिंग के इस्तेमाल से किसान अपने ऑर्गेनिक सर्टिफिकेशन को बनाए रखते हुए पारंपरिक शेल्फ लाइफ पा सकते हैं।

इसके अलावा, ऑर्गेनिक किसान ऑर्गेनिक सर्टिफ़िकेशन बनाए रखने के लिए कई खाने वाली कोटिंग का इस्तेमाल कर सकते हैं, और पारंपरिक तरीकों जैसा ही नतीजा पा सकते हैं।



चित्र 1: खाद्य कोटिंग के प्रकार

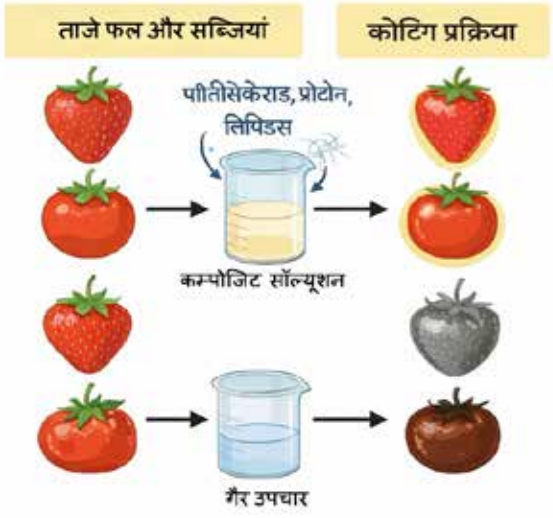
खाने वाली कोटिंग ताज़े फलों के लिए एक नैचुरल रुकावट का काम करती है; यह नमी के नुकसान से बचाकर, पकने की प्रक्रिया में देरी करके और माइक्रोबियल ग्रोथ को रोककर फल के अपने छिलके की नकल करती है। खेती के बाय-प्रोडक्ट्स, जैसे फलों का छिलका, अखरोट का छिलका और बीज का जेल इस्तेमाल करके, फलों पर खाने वाली फिल्म चढ़ सकती है, जिससे कटाई के बाद का कचरा 20- 40% तक

कम हो जाता है और किसानों को उनके उत्पाद की कीमत बढ़ जाती है। ये कोटिंग्स पूरे भारत में छोटे पैमाने के प्रोड्यूसर्स को, जिसमें महाराष्ट्र में आम उगाने वाले, पंजाब में स्ट्रॉबेरी उगाने वाले और कई दूसरी चीज़ें उगाने वाले शामिल हैं, बिना केमिकल्स का इस्तेमाल किए फलों को सुरक्षित रखने में मदद करती हैं।खाने की कोटिंग सिर्फ़ लैब टेस्ट तक ही सीमित नहीं है। यह किसानों के लिए एक काम का और प्रैक्टिकल इस्तेमाल है।

खाने योग्य कोटिंग के फ़ायदे

बढ़ी हुई शेल्फ लाइफ : प्रोडक्ट बेचने के ज़्यादा मौके।
फसल का नुकसान कम : ट्रांसपोर्ट के कारण फसल कम खराब होती है।
बेहतर विज़ुअल क्वालिटी : ज़्यादा चमक और ताज़गी।
बढ़ी हुई कीमत : अच्छी क्वालिटी से कीमत भी अच्छी मिलती है।
पर्यावरण के लिए सुरक्षित : सभी तरह के ऑर्गेनिक और नेचुरल प्रोडक्ट में इस्तेमाल किया जा सकता है।

लंबे समय तक शेल्फ लाइफ वाले फलों पर एडिबल कोटिंग का इस्तेमाल कितना असरदार है, यह कई स्टडी और फील्ड ट्रायल से पता चला है। असल में, एडिबल कोटिंग कई तरह के फलों के नुकसान को लगभग 20 से 40 % तक कम कर सकती है। यह बात खासकर उन फलों के लिए सच है जो खराब होने के लिए सबसे ज़्यादा सेंसिटिव होते हैं, जैसे कि ताज़े ट्रॉपिकल फल, खासकर जब वे गर्मी या नमी के संपर्क में आते हैं।



चित्र 2: खाद्य कोटिंग प्रक्रिया

खाद्य कोटिंग के स्रोत

इस टेक्नोलॉजी की सबसे दिलचस्प बात यह है कि यह खेती के कच्चे माल पर आधारित है। किसान पौधों के कचरे या दूसरी फसलों जैसे बाय-प्रोडक्ट्स का इस्तेमाल करके कोटिंग बना सकते हैं।

I. पॉलीसैकराइड (यानी स्टार्च और चीनी)

- स्टार्च: स्टार्च कई सोर्स से मिल सकता है, जैसे कसावा, मक्का और आलू। यह ऑक्सीजन के लिए एक अच्छा बैरियर है, जिससे फल पकने की प्रक्रिया धीमी हो जाती है।
- काइटोसन: यह क्रस्टेशियन शेल्स (जैसे, झींगा, केकड़ा) से मिलता है। इसमें एंटी-फंगल गुण होते हैं, जो इसे बहुत असरदार कोटिंग बनाते हैं।
- एलोवेरा जेल: इस फील्ड में एलोवेरा तेज़ी से पॉपुलर हो रहा है। एलो कोटिंग खास तौर पर अंगूर और बेरीज़ के लिए फायदेमंद होती है, क्योंकि यह फफूंदी को बहुत कम कर देती है।

II. प्रोटीन

- ज़ीन: यह मक्के में पाया जाने वाला प्रोटीन है। ज़ीन पानी को बहुत अच्छी तरह सोखता है और सेब और खट्टे फलों को चमकदार बनाता है।
- व्हे प्रोटीन: चीज़ बनाने से बनने वाले व्हे प्रोटीन को एक साफ़, बिना गंध वाली कोटिंग में बनाया जा सकता है जो ऑक्सीजन को असरदार तरीके से रोकती है।

III. लिपिड (यानी फैट और ऑयल)

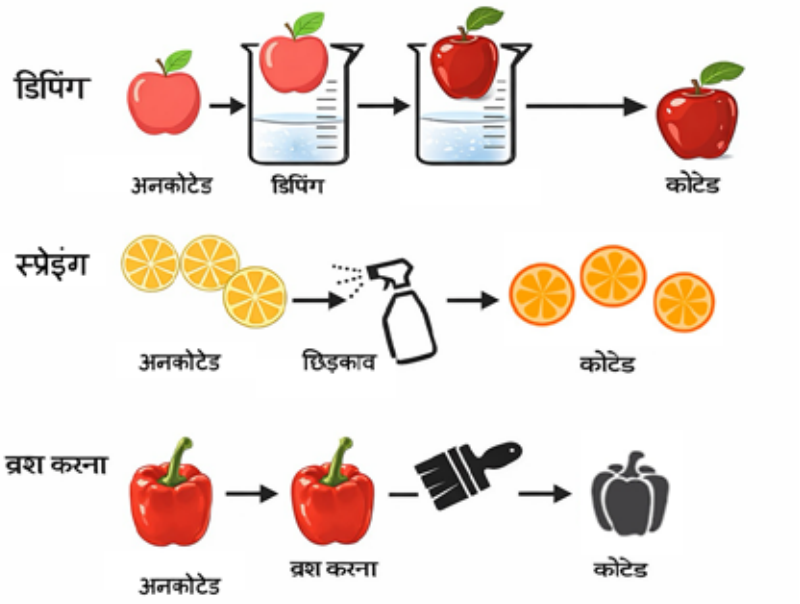
- मोम और कार्नाउबा: मोम और कार्नाउबा मोम नमी से सबसे अच्छी सुरक्षा देते हैं।
- एसेंशियल ऑयल्स: कुछ एसेंशियल ऑयल्स (जैसे, दालचीनी, ऑरेगेनो, लेमनग्रास) को थोड़ी मात्रा में मिलाकर, आप एक नेचुरल प्रिजर्वेटिव इफ़ेक्ट दे सकते हैं क्योंकि इनमें संपर्क में आते ही बैक्टीरिया को मारने की क्षमता होती है।

आवेदन

शुरू करने के लिए, आपके पास मैन्युफैक्चरिंग फैसिलिटी होना ज़रूरी नहीं है। इसके बजाय, छोटे पैमाने पर आमतौर पर तीन तरह के एप्लिकेशन में से एक का इस्तेमाल करें:

1. **डुबोना -** किसान फलों को तार की जाली वाली टोकरी में रखेगा और उसे घोल में डुबोएगा।
2. **स्प्रे करना** - किसान फलों पर घोल स्प्रे करता है, जबकि फल एक कन्वेयर से गुज़रते हैं, ग्रीनहाउस इक्विपमेंट जैसे फ़ाइन-मिस्ट नोजल का इस्तेमाल करके।
3. **ब्रश करना -** किसान नरम घूमने वाले ब्रश का इस्तेमाल करके फलों पर घोल लगाता है, जो सेब और मिर्च जैसे टिकाऊ फलों के लिए अच्छा काम करता है।

छोटे बैच से शुरू करें और बाद में बाल्टी, स्प्रे बोतल या ब्रश का इस्तेमाल करके बैच बनाकर साइज़ बढ़ाएं। इस्तेमाल की जाने वाली टेक्नोलॉजी बहुत कम है और टेस्टिंग हर बैच में 10 कि.ग्रा. पर की जानी चाहिए।



चित्र 3: खाद्य कोटिंग के प्रकार

इस्तेमाल की जा सकने वाली रचना

- चिटोसन बेस: 1 से 2% चिटोसन को 1 % सिरके में मिलाएं और 0.5% ग्लिसरॉल मिलाएं। दो घंटे तक हिलाएं।
- एलो-पेक्टिन ब्लेंड: 10% एलो जेल और उबले हुए छिलकों को स्टार्च के साथ 1:1 अनुपात में मिलाएं, फिर मोम से इमल्सीफाई करें।
- एल्जिनेट जेल: 1.5% एल्जिनेट को पानी में मिलाएं, फिर 2% कैल्शियम क्लोराइड के साथ मिलाएं। मिलाने पर यह एल्जिनेट जेल बन जाएगा।

इन होममेड प्रोडक्ट्स को इस्तेमाल करने के स्टेप्स

- कोई भी कोटिंग लगाने से पहले फलों को धो लें।
- फलों को एक से दो मिनट तक डुबोएं, स्प्रे करें या ब्रश करें (चिपचिपी परत हटाने के लिए लेसिथिन मिलाएं)।
- फलों को 20-30 मिनट के लिए हवा में सूखने के लिए छाया वाली जगह पर रखें (पंखे का इस्तेमाल करने से यह प्रोसेस तेज़ हो सकता है)।
- ट्रीट किए हुए फलों को ठंडी (10-15 डिग्री सेल्सियस) जगह पर रखें, जहाँ हवा आने-जाने की अच्छी व्यवस्था हो।

लेयर में कोटिंग (चिटोसन के ऊपर एल्जिनेट) लगाना खरबूजों पर सबसे अच्छा काम करता है, और विस्कोसिटी सेंसर बड़े होलसेल प्रोडक्शन ऑपरेशन को अपने प्रोडक्ट्स को खराब होने से बचाने में मदद करते हैं।

केस स्टडीज़ के नतीजे दिखाते हैं कि फ़ूड टेक्नोलॉजी में इनोवेशन कैसे शेल्फ़ लाइफ़ और वैल्यू बढ़ाने, फ़ूड वेस्ट मैनेजमेंट को बेहतर बनाने, और लोकल प्रोडक्शन के ज़रिए हेल्दी फ़ूड तक पहुँच बढ़ाने में मदद करता है।

फल	बिना लेप वाला नुकसान (%)	शेल्फ गेन (दिनों में)	कीमत (₹/किग्रा)	राजस्व वृद्धि (%)
आम	25	+10-12	8	20-30
अमरूद	30	+12	6	25
स्ट्रॉबेरी	40	+15	12	35
सेब	20	+8	10	15-20

इस केस स्टडी रिसर्च से पता चले आर्थिक फ़ायदों में शामिल हैं :

- लोकल प्रोडक्ट खरीदने से सस्टेनेबल खेती को सपोर्ट मिलता है, क्योंकि इससे किसानों को ज़्यादा कीमत मिलती है और उनकी इनकम बढ़ती है, साथ ही शहरी और ग्रामीण इलाकों में रहने वाले लोगों को हेल्दी खाना भी आसानी से मिलता है।
- एडिबल कोटिंग के साथ फ़ूड वेस्ट मैनेजमेंट के तरीकों को बेहतर बनाने से, खराब होने या नुकसान की वजह से कम वेस्ट होने से ज़्यादा कमाई होने की उम्मीद है।

एडिबल कोटिंग का इस्तेमाल करके प्रोडक्टिविटी बढ़ाई जा सकती है, जिससे शेल्फ लाइफ बढ़ जाती है, क्योंकि इससे आपके इलाके में पैदा होने वाले फलों और सब्जियों की मार्केटिंग में ज़्यादा फ्लेक्सिबिलिटी मिलती है और इन्वेस्टमेंट की संभावना भी ज़्यादा होती है।

एडिबल कोटिंग जैसी फ़ूड टेक्नोलॉजी पूरी सप्लाई चेन को बंद कर देती हैं, जिसमें एंड यूज़र को ताज़ी लोकल उपज का फ़ायदा मिलता है और किसानों को लोकल ताज़ी उपज तक पहुँच का फ़ायदा मिलता है। उदाहरण के लिए, एडिबल कोटिंग से ताज़ी लोकल उपज ज़्यादा समय तक ताज़ी रहती है और बाज़ार में भी उपलब्ध रहती है।

भारत में किए गए अध्ययनों के उदाहरण

- आम - एलोवेरा और पेक्टिन कोटिंग का इस्तेमाल करने से फलों की सुरक्षा 10 से 12 दिन बढ़ गई है।
- अमरूद - स्टार्च कोटिंग्स से फलों को ट्रांसपोर्ट के दौरान 30% तक कम खराब होने से बचाया जा सकता है।
- स्ट्रॉबेरी - चिटोसन-कपल्ड कोटिंग्स ठंडी जगहों पर रखने पर 15-20 या उससे ज़्यादा दिनों तक फलों की ताज़गी बनाए रख सकती हैं।

निष्कर्ष

एडिबल कोटिंग एक कम लागत वाली, नेचुरल और असरदार पोस्ट-हार्वेस्ट टेक्नोलॉजी है, जिससे किसानों को बहुत फ़ायदा हो सकता है। एलोवेरा, स्टार्च, चिटोसन, वैक्स और दूसरे प्लांट-बेस्ड प्रोटीन से बनी इन कोटिंग्स से किसान खराब होने और केमिकल कंटैमिनेशन की संभावना को खत्म करके अपनी पैदावार और मुनाफ़ा बढ़ा सकते हैं, साथ ही अपने ग्राहकों और पर्यावरण दोनों की सेहत को भी बचा सकते हैं।

नेचुरल चीज़ों के इस्तेमाल से, खाने वाली कोटिंग बनाने वालों के प्रोडक्ट्स को सुरक्षा की एक और लेयर दे सकती है और ट्रॉपिकल फल इंडस्ट्री में सस्टेनेबल और प्रॉफिट कमाने वाले तरीकों को बढ़ावा दे सकती है।

जल संरक्षण और कुशल सिंचाई प्रबंधन में जल मापन की भूमिका

अजिता गुप्ता, मुकेश कुमार, अभिषेक वाघाये एवं रविंद्र रांधे
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

भारत जैसे कृषि प्रधान देश में जल का महत्व केवल जीवन के लिए ही नहीं, बल्कि कृषि उत्पादन, खाद्य सुरक्षा और ग्रामीण अर्थव्यवस्था के लिए भी अत्यंत महत्वपूर्ण है। देश में उपलब्ध मीठे जल का लगभग 80 से 85 प्रतिशत भाग सिंचाई में उपयोग होता है। बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन, अनियमित वर्षा, भूजल का दोहन और ऊर्जा संकट ने कृषि जल प्रबंधन को एक गंभीर चुनौती बना दिया है। परंपरागत रूप से अधिकांश किसान अनुमान के आधार पर सिंचाई करते रहे हैं। खेत में कितना पानी देना है, कितनी देर तक देना है, इसका कोई सटीक मापन नहीं होता। सामान्यतः यह देखा गया है कि किसान आवश्यकता से 30 से 40 प्रतिशत तक अधिक पानी दे देते हैं। यह अतिरिक्त पानी न केवल व्यर्थ जाता है, बल्कि मिट्टी में जलभराव की स्थिति उत्पन्न करता है, जिससे जड़ों को पर्याप्त ऑक्सीजन नहीं मिल पाती। लंबे समय तक जलभराव रहने से मिट्टी की वायु संचार क्षमता घटती है, सूक्ष्मजीव क्रियाएँ प्रभावित होती हैं और लवणता की समस्या बढ़ जाती है। जल मापन की सहायता से फसल की वास्तविक जल आवश्यकता के अनुसार सिंचाई की जा सकती है, जिससे जल की उल्लेखनीय बचत संभव होती है। यह बचत केवल जल तक सीमित नहीं रहती, बल्कि इसके साथ ऊर्जा और लागत की भी बचत जुड़ी होती है। परिणामस्वरूप खेतों में आवश्यकता से अधिक सिंचाई, जल का अपव्यय, ऊर्जा की बर्बादी, मिट्टी की संरचना में गिरावट, लवणता की समस्या और भूजल स्तर में निरंतर गिरावट जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो रही हैं। ऐसी स्थिति में जल मापन की अवधारणा अत्यंत प्रासंगिक हो जाती है। किसान यह नहीं जानते कि वे अपनी फसल को वास्तव में कितनी मात्रा में पानी दे रहे हैं। ऐसी परिस्थिति में जल मापन की अवधारणा अत्यंत महत्वपूर्ण हो जाती है, क्योंकि यह सिंचाई को वैज्ञानिक आधार प्रदान करती है।

जल मापन की अवधारणा और आवश्यकता

जल मापन का अर्थ है सिंचाई के दौरान खेत में प्रवाहित हो रहे जल की वास्तविक मात्रा का सटीक आकलन करना। जब किसान को यह ज्ञात होता है कि उसकी फसल को कितने पानी की आवश्यकता है और वह वास्तव में कितना पानी दे रहा है, तभी वह सिंचाई प्रबंधन को नियंत्रित और संतुलित कर सकता है। जल मापन केवल तकनीकी प्रक्रिया नहीं है, बल्कि यह संसाधनों के विवेकपूर्ण उपयोग की सोच को विकसित करता है। यह परंपरागत अनुमान आधारित सिंचाई से वैज्ञानिक सिंचाई की ओर एक महत्वपूर्ण कदम है।

जल मापन के लाभ

- **जल संरक्षण में जल मापन की भूमिका**

  अतिसिंचाई भारतीय कृषि की एक सामान्य समस्या है। आवश्यकता से अधिक पानी देने पर उसका बड़ा भाग व्यर्थ चला जाता है या मिट्टी में जलभराव उत्पन्न करता है। इससे मिट्टी की वायु संचार क्षमता कम होती है, जड़ों का विकास प्रभावित होता है और लवणता बढ़ती है। जल मापन से किसान फसल की वास्तविक जल आवश्यकता के अनुसार सिंचाई कर सकता है, जिससे उल्लेखनीय मात्रा में जल की बचत संभव होती है। यह बचत भविष्य के लिए जल संसाधनों को सुरक्षित रखने में सहायक होती है।

- **ऊर्जा संरक्षण और लागत में कमी**

  सिंचाई के लिए उपयोग होने वाले पंप प्रायः बिजली या डीज़ल से संचालित होते हैं। जब पंप अनावश्यक रूप से अधिक समय तक चलते हैं, तो ऊर्जा की खपत बढ़ती है और लागत भी बढ़ती है। जल मापन द्वारा सिंचाई अवधि को नियंत्रित किया जा सकता है, जिससे पंप केवल आवश्यक समय तक ही संचालित होता है। इससे ऊर्जा की बचत होती है, डीज़ल की खपत कम होती है और कार्बन उत्सर्जन भी घटता है। परिणामस्वरूप किसान की लागत में कमी आती है और पर्यावरण को भी लाभ होता है।

- **भूजल स्थिरता की दिशा में योगदान**

  अनियंत्रित पंपिंग और अतिसिंचाई के कारण भूजल स्तर तेजी से गिर रहा है। जल मापन के माध्यम से अनावश्यक पंपिंग को रोका जा सकता है और भूजल का विवेकपूर्ण उपयोग संभव होता है। जब सिंचाई नियंत्रित और आवश्यकतानुसार होती है, तो भूजल दोहन में कमी आती है और उसकी पुन-र्भरण क्षमता को बनाए रखने में सहायता मिलती है। यह दीर्घकालीन जल सुरक्षा के लिए अत्यंत आवश्यक है।

- **पर्यावरण संरक्षण और मृदा स्वास्थ्य**

  अधिक पानी देने से खेतों में प्रयुक्त उर्वरक और रसायन बहकर जल स्रोतों तक पहुँच जाते हैं, जिससे जल प्रदूषण बढ़ता है। नाइट्रेट लीचिंग के कारण भूजल भी प्रदूषित होता है। नियंत्रित सिंचाई से रसायनों का बहाव कम होता है और मृदा संरचना सुरक्षित रहती है। इससे पर्यावरणीय संतुलन बनाए रखने में सहायता मिलती है और मृदा स्वास्थ्य बेहतर बना रहता है।

- **फसल उत्पादन और गुणवत्ता पर प्रभाव**

  संतुलित मात्रा में जल मिलने से पौधों की जड़ें स्वस्थ रहती हैं और पोषक तत्वों का अवशोषण बेहतर होता है। इससे पौधों की वृद्धि समान रूप से होती है, रोगों की संभावना कम होती है और उपज तथा गुणवत्ता दोनों में सुधार होता है। विशेषकर सब्जियों, बागवानी और उच्च मूल्य वाली फसलों में इसका सकारात्मक प्रभाव स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है।

जल मापन की विधियाँ और उपकरण

सिंचाई में जल मापन के लिए उपयोग होने वाली विधियाँ इस सिद्धांत पर आधारित होती हैं कि यदि किसी प्रवाहमान जल की ऊँचाई, वेग या दाब को सही ढंग से मापा जाए, तो उससे गुजरने वाली जल मात्रा का सटीक आकलन किया जा सकता है। खुले चैनलों, नहरों और खेत की मेड़ों से बहते पानी के लिए अलग संरचनाएँ उपयोग में आती हैं, जबकि पाइपलाइन आधारित प्रणालियों के लिए अलग प्रकार के मीटर और सेंसर लगाए जाते हैं। इन सभी का उद्देश्य एक ही है जल प्रवाह को परिमाणात्मक रूप से समझना।

वीयर जल मापन की एक प्राचीन और विश्वसनीय संरचना है, जिसे खुले चैनल या नहर में एक अवरोधक पट्टी के रूप में स्थापित किया जाता है (चित्र 1)। जब पानी इस अवरोध के ऊपर से बहता है, तो उसकी ऊँचाई को मापा जाता है। इस ऊँचाई, जिसे 'हेड' कहा जाता है, और वीयर के आकार के आधार पर जल प्रवाह की गणना की जाती है। आयताकार वीयर और त्रिकोणीय वी-नॉच वीयर सबसे अधिक प्रचलित हैं। वी-नॉच वीयर कम प्रवाह की स्थिति में अधिक सटीक मापन देता है, इसलिए यह छोटे खेत चैनलों के लिए उपयुक्त होता है। वीयर का कार्य सिद्धांत गुरुत्वाकर्षण आधारित मुक्त प्रवाह पर आधारित है, जहाँ जल की संभावित ऊर्जा गतिज ऊर्जा में परिवर्तित होकर अवरोध के ऊपर से गुजरती है।

चित्र 1: जल मापन के लिए वीयर का उपयोग

फ्लूम भी खुले चैनलों में जल मापन के लिए प्रयुक्त एक महत्वपूर्ण संरचना है। इसमें चैनल को एक संकीर्ण गले (थ्रोट) में परिवर्तित कर दिया जाता है। जब जल इस संकरे भाग से गुजरता है, तो उसकी गति बढ़ जाती है और जल की गहराई में परिवर्तन आता है। इस गहराई को मापकर प्रवाह दर ज्ञात की जाती है। पार्शल फ्लूम और कटथ्रोट फ्लूम इसके प्रमुख उदाहरण हैं। फ्लूम की विशेषता यह है कि इसमें हेड लॉस कम होता है, गाद का प्रभाव कम पड़ता है और यह लंबे समय तक बिना रुकावट के कार्य करता है। यही कारण है कि नहरों और खेत स्तरीय जल वितरण संरचनाओं में इसका व्यापक उपयोग होता है।

पाइपलाइन आधारित सिंचाई प्रणालियों में जल मीटर का उपयोग किया जाता है (चित्र 2)। यह उपकरण सीधे पाइप में लगाए जाते हैं और जल के प्रवाह को यांत्रिक या डिजिटल माध्यम से मापते हैं।

मैकेनिकल वाटर मीटर में टरबाइन या पंखुड़ी जैसे भाग होते हैं, जो जल प्रवाह से घूमते हैं और घूर्णन की संख्या के आधार पर जल मात्रा को दर्शाते हैं। डिजिटल और मैग्नेटिक फ्लो मीटर विद्युतचुंबकीय सिद्धांत पर कार्य करते हैं, जहाँ प्रवाहित जल के कारण उत्पन्न वोल्टेज से प्रवाह दर ज्ञात की जाती है। अल्ट्रासोनिक फ्लो मीटर ध्वनि तरंगों के समयांतराल के आधार पर जल वेग का आकलन करते हैं। इन आधुनिक मीटरों की विशेषता यह है कि इन्हें पाइप काटे बिना भी लगाया जा सकता है और ये अत्यधिक सटीक परिणाम देते हैं।

चित्र 2: जल मीटर एवं सोलोनॉयड वाल्व

एक सरल विधि समय और डिस्चार्ज के गुणनफल पर आधारित है। यदि पंप की जल निकास दर ज्ञात हो, तो पंप को चलाने की अवधि मापकर कुल जल मात्रा का अनुमान लगाया जा सकता है। यद्यपि यह विधि अत्यधिक सटीक नहीं मानी जाती, फिर भी छोटे किसानों के लिए यह कम लागत और व्यावहारिक समाधान है। आजकल सेंसर आधारित स्मार्ट उपकरण भी विकसित हो रहे हैं, जो जल प्रवाह को निरंतर रिकॉर्ड करते हैं और मोबाइल या कंप्यूटर पर डेटा उपलब्ध कराते हैं। इन उपकरणों के माध्यम से न केवल जल मापन संभव है, बल्कि सिंचाई का स्वचालित नियंत्रण भी किया जा सकता है।

आधुनिक सिंचाई प्रणालियों में जल मापन का महत्व

आधुनिक सिंचाई प्रणालियों का मूल उद्देश्य जल का कुशल, नियंत्रित और वैज्ञानिक उपयोग है। जल मापन इन प्रणालियों की कार्यक्षमता को सुनिश्चित करने वाला प्रमुख घटक है। ड्रिप सिंचाई प्रणाली में प्रत्येक पौधे की जड़ों तक बूंद-बूंद पानी पहुँचाया जाता है। यदि इस प्रणाली में जल मीटर लगाया जाए, तो यह स्पष्ट रूप से ज्ञात किया जा सकता है कि प्रति पौधा या प्रति इकाई क्षेत्र कितना पानी दिया जा रहा है। इससे फसल की वास्तविक जल आवश्यकता के अनुसार सिंचाई कार्यक्रम तैयार किया जा सकता है। स्प्रिंकलर सिंचाई में जल दबाव और प्रवाह दर दोनों महत्वपूर्ण होते हैं। जल मापन उपकरणों के माध्यम से यह सुनिश्चित किया जाता है कि स्प्रिंकलर से निकलने वाला जल समान रूप से वितरित हो रहा है या नहीं। यदि प्रवाह अधिक या कम हो, तो उसे तुरंत नियंत्रित किया जा सकता है।

रेनगन और सेंटर पिवट जैसी बड़ी आधुनिक प्रणालियों में जल प्रवाह बहुत अधिक होता है। इन प्रणालियों में फ्लो मीटर और प्रेशर गेज का उपयोग कर सिंचाई की दक्षता को बनाए रखा जाता है। इससे बड़े क्षेत्र में भी नियंत्रित और समान सिंचाई संभव होती है। सबसरफेस ड्रिप सिंचाई, जिसमें पाइप मिट्टी के नीचे बिछाए जाते हैं, वहाँ जल मापन अत्यंत आवश्यक हो जाता है क्योंकि पानी की मात्रा का अनुमान दृश्य रूप से नहीं लगाया जा सकता। मीटरिंग के माध्यम से यह सुनिश्चित किया जाता है कि जड़ों के पास पर्याप्त जल पहुँच रहा है।

सौर पंप आधारित सिंचाई प्रणालियों में जल मापन का महत्व और भी बढ़ जाता है। सौर ऊर्जा सीमित समय के लिए उपलब्ध होती है, इसलिए यह आवश्यक है कि उस अवधि में जल का अधिकतम दक्ष उपयोग हो। फ्लो मीटर और टाइमर की सहायता से पंप संचालन समय को इस प्रकार नियंत्रित किया जा सकता है कि कम समय में आवश्यक जल आपूर्ति हो जाए।

स्वचालित सिंचाई प्रणालियों में, जहाँ मिट्टी की नमी सेंसर, टाइमर और वाल्व एक साथ कार्य करते हैं, जल मापन इन सभी का आधार बनता है। सेंसर यह बताते हैं कि मिट्टी में नमी कितनी है, और जल मीटर यह सुनिश्चित करता है कि उतनी ही मात्रा में पानी दिया जाए जितनी आवश्यकता है। इस प्रकार जल मापन आधुनिक ऑटोमेशन तकनीकों का अभिन्न हिस्सा बन चुका है।

इस प्रकार स्पष्ट है कि आधुनिक सिंचाई प्रणालियाँ तभी अपनी पूर्ण क्षमता से कार्य कर सकती हैं जब उनके साथ जल मापन तकनीक जुड़ी हो। जल मापन न केवल संसाधनों की बचत करता है, बल्कि सिंचाई को वैज्ञानिक, नियंत्रित और टिकाऊ बनाता है।

चुनौतियाँ और समाधान

यद्यपि जल मापन अत्यंत लाभकारी है, फिर भी उपकरणों की प्रारंभिक लागत, तकनीकी जानकारी का अभाव और जागरूकता की कमी इसके प्रसार में बाधा बनती है। प्रशिक्षण, सरकारी योजनाओं और विस्तार सेवाओं के माध्यम से इन चुनौतियों को दूर किया जा सकता है। किसानों को यह समझाना आवश्यक है कि जल मापन एक अतिरिक्त खर्च नहीं, बल्कि दीर्घकालीन लाभ का साधन है।

निष्कर्ष

जल के बिना कृषि की कल्पना नहीं की जा सकती, परंतु बिना मापन के किया गया सिंचाई प्रबंधन असंतुलित और अपव्ययी होता है। जल मापन तकनीक अपनाकर किसान जल और ऊर्जा दोनों की बचत कर सकते हैं, भूजल को सुरक्षित रख सकते हैं, पर्यावरण की रक्षा कर सकते हैं और फसल उत्पादन की गुणवत्ता में सुधार कर सकते हैं। आज की आवश्यकता है कि प्रत्येक सिंचाई प्रणाली में जल मापन को एक अनिवार्य घटक के रूप में अपनाया जाए, ताकि कृषि अधिक वैज्ञानिक, टिकाऊ और लाभकारी बन सके। वास्तव में जिस जल को हम मापते हैं, उसी को हम प्रभावी ढंग से बचा सकते हैं।

पारंपरिक खेती से अलग मृदा रहित खेती: उभरती हुई भविष्य की कृषि तकनीक

रविंद्र रांधे, मुकेश कुमार, सी के सक्सेना, सी डी सिंह, आर के सिंह, अभिषेक वाघाये एवं अजिता गुप्ता

भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

प्रस्तावना

विश्व की जनसंख्या लगभग 8.1 अरब है और यह प्रति वर्ष 1% की दर से बढ़ रही है। वर्ष 2050 तक विश्व की जनसंख्या 9.8 अरब तक पहुँच जाएगी, जो वर्तमान की तुलना में 21 प्रतिशत अधिक होगी। इस जनसंख्या वृद्धि का अधिकांश भाग विकासशील देशों का होगा। शहरीकरण तीव्र गति से जारी रहेगा और विश्व की लगभग 70 प्रतिशत जनसंख्या शहरी क्षेत्रों में निवास करेगी, जबकि आज यह आँकड़ा 49 प्रतिशत है। बढ़ती जनसंख्या के साथ पूर्ण खाद्य एवं पोषण सुरक्षा प्राप्त करने के लिए वर्ष 2050 तक खाद्य उत्पादन में 70 प्रतिशत की वृद्धि करना आवश्यक होगा। इसलिए भविष्य में सबसे बड़ी चुनौती यह होगी कि केवल उपलब्ध कृषि योग्य भूमि से विकासशील देशों की निरंतर बढ़ती जनसंख्या की खाद्य आवश्यकताओं को कैसे पूरा किया जाए। हालाँकि, विश्व की जनसंख्या की खाद्य माँग को या तो भूमि की उत्पादकता बढ़ाकर या अधिक भूमि को कृषि के अंतर्गत लाकर ही पूरा किया जा सकता है।

इसी समय बढ़ते शहरीकरण और औद्योगीकरण ने जल और भूमि जैसे उपलब्ध प्राकृतिक संसाधनों पर दबाव और बढ़ा दिया है। इसके परिणामस्वरूप कृषि उपज एवं गुणवत्ता में कमी आ रही है तथा अधिकांश कृषि उत्पादों की उत्पादन लागत में वृद्धि हो रही है। कृषि उत्पादन के लिए आवश्यक ऊर्जा एवं अन्य इनपुट्स की बढ़ती लागत किसानों की समस्याओं को और अधिक बढ़ा रही है। इसके अतिरिक्त, कई वर्षों तक निरंतर कृषि भूमि पर फसलों की खेती किए जाने से मिट्टी की उर्वरता में कमी आई है और कुछ भूमि कृषि के लिए अनुपयुक्त हो गई है। साथ ही, निरंतर और तीव्र जलवायु परिवर्तन तथा जैविक और अजैविक तनाव कृषि उत्पादन के लिए विश्वभर में अलग-अलग स्तरों पर गंभीर खतरा उत्पन्न कर रहे हैं। इन समस्याओं से निपटने के लिए मृदा रहित खेती कृषि की इन सीमाओं को दूर करने के सर्वोत्तम समाधानों में से एक है।

मृदा रहित खेती फसलों या पौधों के उत्पादन की एक विशिष्ट विधि है, जिसमें मिट्टी के स्थान पर ठोस, तरल, जैविक या अजैविक माध्यमों का उपयोग किया जाता है। मृदा रहित माध्यमों का एक सबसे बड़ा लाभ यह है कि जल के पुनर्चक्रण द्वारा 85–90 प्रतिशत तक पानी की बचत होती है, जिससे अधिक उत्पादन प्राप्त होता है।

चित्र 1: लेटुस (सलाद पत्ता) की हीड्रोपोनिक्स तकनीक से खेती

मृदा रहित खेती

मृदा रहित खेती जैसा कि नाम से स्पष्ट है, वह विधि है जिसमें पौधों को बिना मिट्टी के उगाया जाता है। इस पद्धति में मिट्टी के स्थान पर वैकल्पिक माध्यमों का उपयोग किया जाता है, जैसे कोको पीट, परलाइट, वर्मीक्युलाइट या हाइड्रोपोनिक प्रणालियाँ, जो पौधों को आवश्यक पोषक तत्व और सहारा प्रदान करती हैं। मृदा रहित खेती का उपयोग सामान्यतः इनडोर वातावरण जैसे ग्रीनहाउस या ग्रो-रूम में किया जाता है (चित्र 1)। मृदा आधारित खेती की तुलना में मृदा रहित प्रणालियाँ कई लाभ प्रदान करती हैं, जैसे:

1. मृदा रहित खेती में पौधों के वातावरण पर अधिक नियंत्रण संभव होता है, जैसे पी.एच स्तर, पोषक तत्वों की मात्रा और जल की उपलब्धता। इससे पौधों की समान वृद्धि और अधिक उत्पादन प्राप्त होता है।
2. मृदा रहित खेती में मिट्टी से फैलने वाले रोगों और कीटों का खतरा नहीं होता, जो पारंपरिक मिट्टी आधारित खेती में एक बड़ी समस्या होते हैं।
3. मृदा रहित खेती में स्थान का अधिकतम उपयोग संभव है, क्योंकि पौधों को एक-दूसरे के अधिक पास उगाया जा सकता है, जिससे उत्पादन बढ़ता है।
4. मृदा रहित खेती में मिट्टी आधारित खेती की तुलना में कम पानी की आवश्यकता होती है, क्योंकि प्रणाली में जल का पुनः उपयोग किया जाता है।

विभिन्न मृदा रहित खेती तकनीकों में हाइड्रोपोनिक्स सबसे अधिक अपनाई जाने वाली विधियों में से एक है। इस तकनीक में पौधों को बिना मिट्टी के उगाया जाता है। हाइड्रोपोनिक्स पौधों को पोषक तत्वों से

युक्त जल घोल में उगाने की एक मृदा रहित विधि है। 'हाइड्रोपोनिक्स' शब्द ग्रीक भाषा के दो शब्दों से बना है— "हाइड्रो" जिसका अर्थ है पानी, और "पोनोस" जिसका अर्थ है श्रम। हाल के वर्षों में इसकी दक्षता, अधिक उत्पादन और जल संरक्षण की क्षमता के कारण हाइड्रोपोनिक्स का उपयोग तेजी से बढ़ा है। यह विशेष रुप से उन क्षेत्रों में उपयोगी है जहाँ मिट्टी की गुणवत्ता खराब है या पारंपरिक खेती के लिए स्थान सीमित है।

हाइड्रोपोनिक्स के लाभ:

- पौधों की वृद्धि के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ प्रदान करता है, जिससे अधिक उत्पादन और उत्पादकता प्राप्त होती है।
- जल और उर्वरकों का कुशल उपयोग।
- जल की खपत में 80–90 प्रतिशत तक की कमी।
- मिट्टी से उत्पन्न होने वाले रोगों, जैसे जड़ सड़न का प्रभावी नियंत्रण।
- हाइड्रोपोनिक्स खेती में नेमाटोड की समस्या पूरी तरह समाप्त हो जाती है।
- सुरक्षित/जैविक कीटनाशकों के उपयोग से उच्च गुणवत्ता वाली सब्जियों का उत्पादन संभव है।

वर्तमान में हाइड्रोपोनिक्स में उगाई जाने वाली फसलों में पत्तेदार लेट्यूस, आइसबर्ग लेट्यूस, ब्रोकली, लाल पत्ता गोभी, जुकिनी, रंगीन शिमला मिर्च, चेरी टमाटर/टमाटर, बैंगन, केल, पुदीना, लाल एवं हरी सरसों, पार्सले, सेज, तुलसी, पालक आदि शामिल हैं। हालांकि, भविष्य में हाइड्रोपोनिक्स के माध्यम से किसी भी फसल का उत्पादन संभव होगा। हाइड्रोपोनिक्स को मुख्य रुप से दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है— परिसंचारी (बंद प्रणाली) और अपरिसंचारी (खुली प्रणाली) विधियाँ, जिनका विवरण निम्नानुसार है।

हाइड्रोपोनिक प्रणालियों के प्रकार

हाइड्रोपोनिक प्रणालियों को उनके डिज़ाइन और कार्य प्रणाली के आधार पर मुख्य रूप से दो भागों में बाँटा जाता है (चित्र 2)—

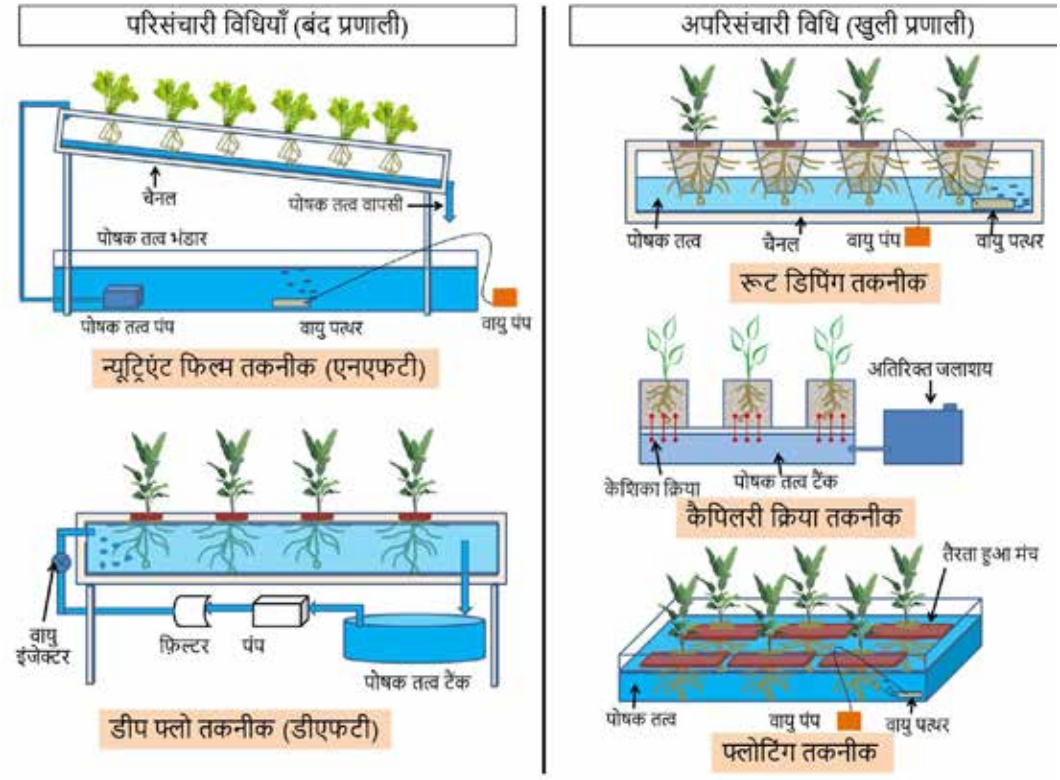
1. परिसंचारी (बंद प्रणाली)
2. अपरिसंचारी (खुली प्रणाली)

क) परिसंचारी (बंद) प्रणालियाँ

इन प्रणालियों में अतिरिक्त पोषक घोल को एकत्र कर पंप द्वारा पुनः पौधों तक पहुँचाया जाता है, जिससे वही घोल बार-बार उपयोग में आता है।

1. न्यूट्रिएंट फिल्म तकनीक

इस विधि में पौधों को हल्के ढलान वाली नालियों या पाइपों में उगाया जाता है, जिनमें पोषक तत्वों से युक्त पानी की पतली परत जड़ों के ऊपर लगातार बहती रहती है। जड़ें पूरी तरह पानी में डूबी नहीं रहतीं, जिससे उन्हें पर्याप्त ऑक्सीजन मिलती है। यह तकनीक लेट्यूस और जड़ी-बूटी जैसी उथली जड़ वाली फसलों के लिए उपयुक्त है।



चित्र 2: मृदा रहित खेती की हाइड्रोपोनिक्स तकनीक

2. डीप फ्लो तकनीक

इस प्रणाली में उथले और चौड़े चैनलों में पोषक घोल भरा जाता है। पौधों को नेट पॉट्स में रखा जाता है, जिनकी जड़ें घोल में डूबी रहती हैं। यह विधि जड़ों को निरंतर पोषण और ऑक्सीजन प्रदान करती है।

3. एब-एंड-फ्लो (फ्लड-एंड-ड्रेन) प्रणाली

इस प्रणाली में उगाने की क्यारियों को निश्चित समय पर पोषक घोल से भरा जाता है और फिर खाली कर दिया जाता है। इससे पौधों को पानी, पोषक तत्व और ऑक्सीजन संतुलित मात्रा में मिलते हैं, जो उनकी अच्छी वृद्धि के लिए आवश्यक हैं।

ख) अपरिसंचारी (खुली) हाइड्रोपोनिक प्रणालियाँ

इन विधियों में पौधों को प्रत्येक चक्र में ताज़ा संतुलित पोषक घोल दिया जाता है, जिसे पुनः उपयोग में नहीं लाया जाता। इस कारण पानी और पोषक तत्वों की खपत अधिक होती है।

1. रूट डिपिंग तकनीक

इस विधि में पौधों की जड़ों को सीधे पोषक घोल में डुबोकर उगाया जाता है। जड़ों को ऑक्सीजन प्रदान करने के लिए घोल में वायुसंचार किया जाता है, जिससे जड़ों की स्वस्थ वृद्धि होती है।

2. कैपिलरी क्रिया तकनीक

इस प्रणाली में पौधों को परलाइट, वर्मीक्युलाइट या कोकोपीट जैसे छिद्रयुक्त माध्यम में उगाया जाता है। पोषक घोल कैपिलरी क्रिया द्वारा ऊपर की ओर पहुँचता है और जड़ों द्वारा अवशोषित होता है। यह एक सरल, कम लागत वाली प्रणाली है, जिसमें पंप या बिजली की आवश्यकता नहीं होती।

3. फ्लोटिंग तकनीक

इस विधि में पौधों को नेट पॉट्स में लगाकर तैरते हुए राफ्ट पर रखा जाता है। पौधों की जड़ें नीचे पोषक घोल में बढ़ती हैं, जिसमें ऑक्सीजन की आपूर्ति के लिए वायु पंप का उपयोग किया जाता है। यह प्रणाली पौधों की अच्छी वृद्धि के लिए उपयुक्त मानी जाती है।

पारंपरिक कृषि की तुलना में हाइड्रोपोनिक्स के लाभ

आज हाइड्रोपोनिक्स कृषि विज्ञान की एक स्थापित और व्यावहारिक तकनीक है। यह पारंपरिक खेती की तुलना में अधिक उत्पादन देती है और उन स्थानों पर भी उपयोगी है जहाँ सामान्य कृषि संभव नहीं होती। हाइड्रोपोनिक्स में फसल जल्दी तैयार होती है, उत्पादन अधिक होता है तथा कीट-रोगों की संभावना कम रहती है।

मुख्य लाभ:

- कम स्थान में अधिक उत्पादन संभव।
- पौधों की वृद्धि तेज होती है क्योंकि पोषक तत्व सीधे उपलब्ध होते हैं।
- श्रम और रखरखाव कम, क्योंकि सिंचाई व उर्वरक प्रबंधन स्वचालित होता है।
- जल संरक्षण 80–90% तक पानी की बचत, जलभराव नहीं होता।
- पोषक तत्वों व पानी का पुनर्चक्रण होने से लागत कम होती है।
- खरपतवार लगभग नहीं होते तथा कीट-रोगों का नियंत्रण आसान होता है।
- जड़ों के वातावरण (तापमान, नमी आदि) पर बेहतर नियंत्रण से अधिक उत्पादकता मिलती है।
- प्रति इकाई क्षेत्र में अधिक पौधे उगाने से उपज और आय बढ़ती है।
- स्वच्छ, उच्च गुणवत्ता वाली उपज प्राप्त होती है।
- व्यावसायिक उपयोग के साथ-साथ शोध और शिक्षण में भी उपयोगी।

हाइड्रोपोनिक्स की सीमाएँ

- प्रारंभिक स्थापना लागत अधिक होती है।
- सफल उत्पादन के लिए तकनीकी ज्ञान और कौशल आवश्यक है।

- एक ही पोषक घोल साझा होने से रोग तेजी से फैल सकते हैं।
- पर्यावरणीय बदलावों का पौधों पर त्वरित प्रभाव पड़ता है।
- अत्यधिक गर्मी और कम ऑक्सीजन से उत्पादन प्रभावित हो सकता है।

निष्कर्ष

वर्तमान में पारंपरिक कृषि प्रणाली बढ़ती खाद्य आवश्यकताओं को पूरा करने में सक्षम नहीं है और भविष्य में भी यह चुनौती बनी रहेगी। कीटनाशकों और रासायनिक दवाओं के अत्यधिक उपयोग से भूमि की उर्वरता घट रही है, जिससे मृदा रहित खेती की आवश्यकता बढ़ रही है। साथ ही, औद्योगीकरण के कारण नदियों का जल प्रदूषित हो रहा है, जिससे पारंपरिक खेती के लिए स्वच्छ जल की उपलब्धता कम होती जा रही है। ऐसी स्थिति में हाइड्रोपोनिक्स एक उपयुक्त विकल्प है, जिसमें 80–90 प्रतिशत तक कम पानी का उपयोग होता है।

हाइड्रोपोनिक्स एक पुरानी लेकिन पुनः लोकप्रिय हो रही तकनीक है, जो वर्तमान कृषि समस्याओं का प्रभावी समाधान प्रदान करती है। यह सीमित स्थान, खराब मिट्टी या रेगिस्तानी क्षेत्रों में भी उपयोगी है। हालांकि इसकी प्रारंभिक लागत अधिक है और इसके लिए तकनीकी ज्ञान आवश्यक होता है। वर्तमान में इसका उपयोग मुख्यतः पत्तेदार और फलदार सब्जियों तक सीमित है, फिर भी इस तकनीक में तेजी से शोध और प्रयोग बढ़ रहे हैं। हाइड्रोपोनिक्स के माध्यम से खाद्य मांग–आपूर्ति के अंतर को कम किया जा सकता है और उच्च गुणवत्ता व निरंतर उत्पादन सुनिश्चित किया जा सकता है।

हालाँकि प्रशिक्षण, पोषक घोल के पी.एच व टीडीएस नियंत्रण, जड़ों को ऑक्सीजन की आपूर्ति और तापमान प्रबंधन जैसी चुनौतियाँ हैं, फिर भी बढ़ती जनसंख्या और घटती कृषि भूमि के कारण भविष्य में खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने हेतु जल-संरक्षण आधारित हाइड्रोपोनिक तकनीकों को अपनाना आवश्यक है।

कुल प्लेट गणना (टीपीसी), यीस्ट एवं फफूँद तथा कोलीफॉर्म गणना के लिए तरल खाद्य नमूनों का विश्लेषण

समलेश कुमारी एवं सौम्या मिश्रा
भा.कृ.अनु.प.– केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

चित्रात्मक सार

प्रस्तावना

तरल खाद्य उत्पाद अपनी उच्च नमी मात्रा तथा पोषक तत्वों की उपलब्धता के कारण सूक्ष्मजीव संदूषण के प्रति अत्यधिक संवेदनशील होते हैं। उत्पाद की सुरक्षा, शेल्फ लाइफ तथा स्वच्छ प्रसंस्करण परिस्थितियों को सुनिश्चित करने हेतु सूक्ष्मजैविक गुणवत्ता का मूल्यांकन आवश्यक है। सामान्यतः प्रयुक्त संकेतकों में, कुल प्लेट गणना समग्र जीवित सूक्ष्मजीव भार का आकलन प्रदान करती है तथा खाद्य उत्पादों की सामान्य स्वच्छता गुणवत्ता को प्रतिबिंबित करती है।

तरल खाद्य पदार्थों में यीस्ट एवं फफूँद की गणना महत्वपूर्ण है, क्योंकि ये सूक्ष्मजीव अम्लीय परिस्थितियों में भी वृद्धि कर सकते हैं तथा अपक्षय और गुणवत्ता ह्रास में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। इसके अतिरिक्त, कुछ फफूँद मायकोटॉक्सिन का उत्पादन कर सकती हैं, जो संभावित स्वास्थ्य जोखिम उत्पन्न करती

हैं। कोलीफॉर्म जीवाणुओं की उपस्थिति स्वच्छता गुणवत्ता तथा संभावित मल या पर्यावरणीय संदूषण का संकेतक होती है, जो प्रसंस्करण या हैंडलिंग प्रक्रियाओं में कमियों को दर्शाती है।

अतः कुल प्लेट गणना, यीस्ट एवं फफूँद गणना तथा कोलीफॉर्म गणना का संयुक्त विश्लेषण तरल खाद्य नमूनों की सूक्ष्मजैविक गुणवत्ता एवं सुरक्षा का एक व्यापक मूल्यांकन प्रदान करता है।

कुल प्लेट गणना द्वारा तरल खाद्य नमूने में सूक्ष्मजीवों का पृथक्करण

तरल खाद्य मैट्रिक्स अपनी उच्च नमी मात्रा तथा आवश्यक पोषक तत्वों की उपलब्धता के कारण सूक्ष्मजीवों की वृद्धि के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ प्रदान करते हैं, जिससे हैंडलिंग, प्रसंस्करण एवं भंडारण के दौरान इनमें सूक्ष्मजीवों की तीव्र वृद्धि की संभावना रहती है। सूक्ष्मजीव संदूषण न केवल उत्पाद की संवेदनात्मक गुणवत्ता को प्रभावित करता है, बल्कि लाभकारी तथा संभावित रूप से हानिकारक सूक्ष्मजीवों की उपस्थिति के माध्यम से उपभोक्ता स्वास्थ्य पर भी प्रभाव डाल सकता है।

तरल खाद्य पदार्थों में सामान्यतः लैक्टोबैसिलस एसिडोफिलस, लैक्टोबैसिलस केसाई, स्ट्रेप्टोकोकस थर्मोफिलस,बिफिडोबैक्टीरियम स्पीरीज, इस्चेरिचिया कोलाई, स्टेफिलोकोकस ऑरियस, बैसिलस स्पीरीज तथा स्यूडोमोनास स्पीरीज जैसी जीवाणु प्रजातियाँ पाई जाती हैं, जो कच्चे पदार्थों, उपकरणों तथा पर्यावरणीय स्रोतों से उत्पन्न होती हैं। यह परिकल्पना की गई कि नियमित हैंडलिंग एवं भंडारण परिस्थितियों के परिणामस्वरुप तरल खाद्य नमूनों में जीवित सूक्ष्मजीवों की मापनीय जनसंख्या उपस्थित रहती है। अतः, जीवित वायवीय सूक्ष्मजीवी भार का मात्रात्मक निर्धारण एवं सूक्ष्मजैविक गुणवत्ता के आकलन हेतु कुल प्लेट गणना विधि का उपयोग किया गया।

सामग्री एवं विधियाँ

कुल प्लेट गणना विधि में प्रयुक्त सामग्री तरल खाद्य नमूनों में जीवित सूक्ष्मजीवों की सटीक गणना के लिए अत्यंत आवश्यक होती है। तरल खाद्य नमूना विश्लेषण हेतु सूक्ष्मजीवी जनसंख्या प्रदान करता है, जबकि निष्फल पेट्री डिश एवं पिपेट निष्फल परिस्थितियों में कार्य, सटीक स्थानांतरण तथा समान रूप से कॉलोनी विकास सुनिश्चित करते हैं। न्यूट्रिएंट एगर एवं प्लेट काउंट एगर उपयुक्त गैर-चयनात्मक माध्यम के रूप में कार्य करते हैं, जो विभिन्न प्रकार के जीवाणुओं की वृद्धि का समर्थन करते हैं, जिससे कॉलोनियों का विश्वसनीय संवर्धन एवं गणना संभव होती है। समग्र रूप से, ये सभी सामग्री कुल प्लेट गणना विश्लेषण में सटीकता, पुनरुत्पादकता तथा वैधता सुनिश्चित करती हैं।

प्रोटोकॉल:

1. तरल खाद्य नमूने को अच्छी तरह से मिलाएँ।
2. निष्फल 9 मि.ली. डायल्यूशन ब्लैंक का उपयोग करते हुए 10^{-6} तक दशमलव अपघटन (डायल्यूशन) तैयार करें।
3. प्रत्येक दशमलव अपघटन (10^{-4}, 10^{-5} एवं 10^{-6}) से 1 मि.ली. नमूना तीन निष्फल पेट्री डिशों में स्थानांतरित करें।

4. प्रत्येक पेट्री डिश में 12-15 मि.ली. पिघला हुआ एवं ठंडा किया गया निष्फल PCA या NA (40-45 डिग्री सेल्सियस) मिलाएँ।
5. पेट्री डिशों को घड़ी की दिशा एवं विपरीत दिशा में धीरे-धीरे घुमाकर सामग्री को अच्छी तरह मिलाएँ तथा समतल सतह पर एगर को जमने दें।
6. पेट्री डिशों को उलटी अवस्था में 37 डिग्री सेल्सियस पर 24-48 घंटे तक इन्क्यूबेट करें।
7. भीड़-रहित पेट्री डिशों (प्रति पेट्री डिश 30-300 कॉलोनियाँ) में कॉलोनियों की गणना करें तथा परिणाम दर्ज करें।

चित्र 1: कुल प्लेट गणना द्वारा सूक्ष्मजीवों का पृथक्करण

तरल खाद्य नमूने में यीस्ट एवं फफूँद का आकलन

यीस्ट एवं फफूँद व्यापक रूप से पाए जाने वाले परपोषी (हेटेरोट्रॉफिक) सूक्ष्मजीव हैं, जो तरल खाद्य उत्पादों में प्राकृतिक सूक्ष्मजैविक वनस्पति के रूप में अथवा प्रसंस्करण, हैंडलिंग एवं भंडारण के दौरान संदूषक के रूप में उपस्थित हो सकते हैं। ये सूक्ष्मजीव विभिन्न पर्यावरणीय परिस्थितियों में वृद्धि करने में सक्षम होते हैं, जिनकी अनुकूल वृद्धि सामान्यतः पी.एच 4-6 तथा 5 से 35 डिग्री सेल्सियस तापमान के बीच होती है। अधिकांश यीस्ट एवं फफूँद वायवीय प्रकृति के होते हैं।

तरल खाद्य पदार्थों में यीस्ट एवं फफूँद की उपस्थिति चिंता का विषय है, क्योंकि ये अपक्षय, गुणवत्ता ह्रास तथा संभावित स्वास्थ्य जोखिमों से संबंधित होते हैं। कई फफूँद प्रजातियाँ मायकोटॉक्सिन का उत्पादन करती हैं, जबकि कुछ यीस्ट एवं फफूँद एलर्जिक प्रतिक्रियाएँ उत्पन्न कर सकते हैं। यीस्ट एवं फफूँद की गणना सामान्यतः चयनात्मक अथवा एंटीबायोटिक-समृद्ध माध्यमों का उपयोग करके की जाती है, जिससे जीवाणु वृद्धि को दबाया जा सके तथा तनावग्रस्त कवकीय कोशिकाओं की पुनर्प्राप्ति संभव हो सके। सतही प्लेटिंग तकनीक को वरीयता दी जाती है, क्योंकि यह पर्याप्त ऑक्सीजन उपलब्ध कराती है तथा ऊष्मीय तनाव को न्यूनतम करती है।

यीस्ट एवं फफूँद गणना का आकलन तरल खाद्य उत्पादों की स्वच्छता गुणवत्ता, प्रसंस्करण दक्षता एवं शेल्फ लाइफ का एक महत्वपूर्ण संकेतक है, जो खाद्य सुरक्षा एवं गुणवत्ता आश्वासन कार्यक्रमों को सुदृढ़ करता है।

3.1. सामग्री एवं विधियाँ

तरल खाद्य नमूनों में यीस्ट एवं फफूँद के आकलन हेतु प्रयुक्त सामग्री में एक प्रतिनिधि तरल खाद्य नमूना, 9 मि.ली. सामान्य सलाइन युक्त निष्फल डायल्यूशन ब्लैंक, निष्फल पेट्री डिश तथा नमूना स्थानांतरण एवं अपघटन के लिए निष्फल पिपेट सम्मिलित थे। कवकीय वृद्धि के लिए पोटैटो डेक्सट्रोज़ एगर को संवर्धन माध्यम के रूप में उपयोग किया गया। गणना के दौरान जीवाणु वृद्धि को दमन करने हेतु माध्यम को अम्लीकृत करने के लिए 10 (डब्यू/वी)% टार्टरिक अम्ल विलयन का प्रयोग किया गया।

प्रोटोकॉल:

1. निष्फल डायल्यूशन ब्लैंक का उपयोग करके तरल खाद्य नमूने के उपयुक्त क्रमिक अपघटन तैयार करें।
2. उपयुक्त रूप से अपघटित नमूने का 1.0 मि.ली. निष्फल पेट्री डिश में स्थानांतरित करें।
3. पिघला हुआ एवं ठंडा किया गया (40–45 डिग्री सेल्सियस) पोटैटो डेक्सट्रोज़ एगर को पी.एच 3.5 तक अम्लीकृत करें, इसके लिए माध्यम के 1% (वी/वी) के अनुपात में निष्फल 10% टार्टरिक अम्ल विलयन मिलाएँ।
4. प्रत्येक पेट्री डिश में 12–15 मि.ली. अम्लीकृत पीडीए डालें और धीरे-धीरे घड़ी की दिशा एवं विपरीत दिशा में घुमाकर अच्छी तरह मिलाएँ। एगर को जमने दें।
5. प्लेटों को 25–30 डिग्री सेल्सियस पर 3–5 दिन तक इन्क्यूबेट करें।
6. उत्पन्न हुई यीस्ट एवं फफूँद कॉलोनियों की गणना करें और कुल संख्या निकालने के लिए प्रति प्लेट कॉलोनियों की औसत संख्या को संबंधित अपघटन गुणांक से गुणा करें।

तरल खाद्य नमूने में कोलीफॉर्म की गणना

कोलीफॉर्म समूह में वायवीय और अनिवार्य रूप से अनारबिक, ग्राम-नेगेटिव, गैर-स्पोर निर्माण करने वाले छड़ी आकार के जीवाणु शामिल होते हैं, जो 32–35 डिग्री सेल्सियस पर 48 घंटे के भीतर लैक्टोज का किण्वन करके अम्ल और गैस का उत्पादन कर सकते हैं। इस समूह में सामान्यतः एस्चेरिचिया, एंटरोबैक्टर, सिट्रोबैक्टर, और क्लेबसिएला जैसी जातियाँ शामिल होती हैं। दूध, फलों का रस, पेय पदार्थ और अन्य प्रसंस्कृत तरल पदार्थों में कोलीफॉर्म की उपस्थिति उत्पादन, प्रसंस्करण और भंडारण के दौरान स्वच्छता और स्वच्छता स्थितियों का महत्वपूर्ण संकेतक है।

कोलीफॉर्म परीक्षण का व्यापक रूप से उपयोग उत्पादन प्रथाओं की गुणवत्ता का मूल्यांकन करने और प्रसंस्करण के बाद बैक्टीरियल संदूषण का पता लगाने के लिए किया जाता है। भले ही कोलीफॉर्म की

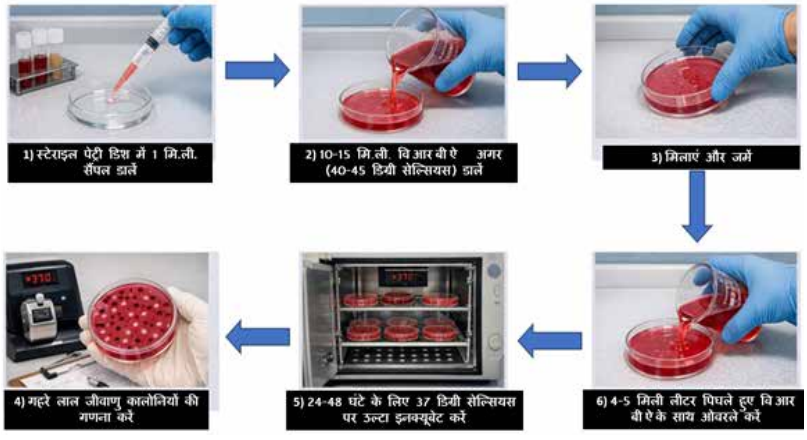
संख्या कम हो, यह हैंडलिंग में त्रुटियों या पाश्चुरीकरण/अन्य प्रसंस्करण चरणों के बाद पुन: संदूषण का संकेत दे सकती है। इसलिए, तरल खाद्य पदार्थों में कोलीफॉर्म की गणना उत्पाद सुरक्षा, प्रसंस्करण दक्षता और नियामक मानकों के अनुपालन का मूल्यांकन करने के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण के रूप में कार्य करती है।

सामग्री एवं विधियाँ

तरल खाद्य नमूने में सूक्ष्मजीव भार का विश्लेषण वायोलेट रेड बाइल एगर का उपयोग करके किया गया। 9 मि.ली. निष्फल सामान्य सलाइन में क्रमिक अपघटन तैयार किए गए और पिपेट का उपयोग करके अंश नमूनों को निष्फल पेट्री डिशों में प्लेट किया गया। प्लेटों को 35–37 डिग्री सेल्सियस पर 24 घंटे तक इन्क्यूबेट किया गया, जिसके बाद विशिष्ट कोलीफॉर्म कॉलोनियों की गणना करके सूक्ष्मजीव संदूषण का आकलन किया गया।

प्रोटोकॉल:

1. प्रत्येक नमूने या उसके उपयुक्त अपघटन का 1 मि.ली. निष्फल पेट्री डिश में स्थानांतरित करें।
2. प्रत्येक डिश में 10–15 मि.ली. पिघला हुआ और ठंडा किया हुआ निष्फल वीआरबीए (40–45 डिग्री सेल्सियस) डालें।
3. पेट्री डिश को धीरे-धीरे घड़ी की दिशा और विपरीत दिशा में घुमा कर सामग्री को अच्छी तरह मिलाएँ, फिर एगर को समतल सतह पर जमने दें।
4. जम चुके एगर की सतह पर 4–5 मि.ली. वही पिघला हुआ वीआरबीए डालकर इसे सेट होने दें।
5. पेट्री डिशों को उल्टा करके 37 डिग्री सेल्सियस पर 24–48 घंटे तक इन्क्यूबेट करें।
6. भीड़-रहित प्लेटों में 0.5 मि.मी. या उससे बड़े गहरे लाल कॉलोनियों की गणना करें और परिणाम दर्ज करें।



चित्र 2: कोलीफॉर्म द्वारा सूक्ष्मजीवों का पृथक्करण

अवलोकन

तालिका 1: सूक्ष्मजीव गणना

नमूने का प्रकार	डाइलूशन	अगर	ऊष्मायन स्थिति (तापमान/समय)	प्रति पेट्रीडिश गिनती (सीएफयू)	कुल गिनती (सीएफयू/ एमएल)	औसत गिनती (सीएफयू/ एमएल)
(सीएफयू/ एमएल)	10^{-4}	पीसीए	37°C/24-48hrs	145	1.45×10^{6}	1.40×10^{6}
तरल खाद्य नमूना	10^{-5}	पीसीए	37°C/24-48hrs	14	1.40×10^{6}	
तरल खाद्य नमूना	10^{-4}	पीडीए	30°C/48-72hrs	60	6.0×10^{5}	5.75×10^{5}
तरल खाद्य नमूना	10^{-5}	पीडीए	30°C/48-72hrs	58	5.8×10^{5}	
तरल खाद्य नमूना	10^{-4}	वीआरबीए	37°C/24hrs	92	9.2×10^{5}	9.0×10^{5}
तरल खाद्य नमूना	10^{-5}	वीआरबीए	37°C/24hrs	9	9.0×10^{5}	

निष्कर्ष

तरल खाद्य नमूनों के सूक्ष्मजीवीय विश्लेषण में बैक्टीरिया, यीस्ट, फफूंदी और कोलिफॉर्म के महत्वपूर्ण स्तर पाए गए, जो सूक्ष्मजीव संदूषण के प्रति संवेदनशीलता को दर्शाते हैं। कुल प्लेट काउंट ने उच्च जीवित बैक्टीरिया लोड की उपस्थिति की पुष्टि की, जबकि यीस्ट और फफूंदी की गणना से संभावित खराब होने के जोखिम उजागर हुए। कोलिफॉर्म का पता लगना प्रसंस्करण या हैंडलिंग के दौरान स्वच्छता में कमी का संकेत देता है। ये परिणाम मिलकर तरल खाद्य उत्पादों की सुरक्षा, गुणवत्ता और शेल्फ लाइफ सुनिश्चित करने के लिए सख्त स्वच्छता, उचित भंडारण और नियमित सूक्ष्मजीव निगरानी के महत्व को रेखांकित करते हैं।

भाकृअनुप-केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल में वर्ष 2025 में संपन्न विभिन्न राजभाषा गतिविधियां

संस्थान भारत सरकार, राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय एवं भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली के द्वारा सरकारी कामकाज में राजभाषा हिन्दी के प्रचार, प्रसार, कार्यान्वयन के लिए प्रतिबद्ध है। संस्थान को भारत सरकार, कृषि मंत्रालय, नई दिल्ली की अधिसूचना संख्या-13-37/88-हिन्दी दिनांक 29 दिसंबर 1988 के तहत राजभाषा नियम, 1976 के नियम 10(4) के तहत 29.12.1988 से अधिसूचित किया गया है। संस्थान के अधिकारियों एवं कर्मचारियों के द्वारा अपने कार्यक्षेत्र तथा प्रशासनिक सरकारी कामकाज में राजभाषा हिन्दी के नियमानुसार अनुपालन हेतु सराहनीय कार्य किया जा रहा है। संस्थान में हिन्दी प्रकोष्ठ में एक उप निदेशक(राजभाषा), एक सहायक मुख्य तकनीकी अधिकारी(राजभाषा) तथा एक हिन्दी लिपिक कार्यरत हैं। हिन्दी अनुभाग के द्वारा संस्थान के अधिकारियों एवं कर्मचारियों को हिन्दी कार्यान्वयन में आने वाली समस्याओं के निराकरण के लिए तत्परतापूर्वक सहयोग, सहायता एवं मार्गदर्शन प्रदान किया जा रहा है। संस्थान की विभिन्न राजभाषा गतिविधियों की जानकारी अग्रलिखित अनुसार है।

हिन्दी पखवाड़ा उत्सव 2025 का आयोजन

केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल के निदेशक डॉ. सी. आर. मेहता की अध्यक्षता में हिन्दी पखवाड़ा उद्घाटन कार्यक्रम एवं हिन्दी दिवस का 16 सितंबर, 2025 को आयोजन किया गया। हिन्दी पखवाड़े के दौरान संस्थान के वैज्ञानिकों, प्रशासन एवं वित्त से जुड़े अधिकारियों एवं कर्मचारियों, तकनीकी श्रेणी के अधिकारियों एवं कर्मचारियों, प्रोजेक्टकर्मियों, संविदाकर्मियों एवं विद्यार्थियों के लिए 8 प्रतियोगिताओं हिन्दीतरभाषी सरल हिन्दी ज्ञान प्रतियोगिता, हिन्दी नोटिंग/ड्राफ्टिंग प्रतियोगिता, हिन्दी प्रश्न मंच गतिविधि, राष्ट्रीय वैज्ञानिक संगोष्ठी में शोधपत्र प्रस्तुतीकरण प्रतियोगिता, तकनीकी श्रेणी लिखित प्रतियोगिता, हिंदी निबंध प्रतियोगिता तथा हिन्दी वाद विवाद प्रतियोगिता का आयोजन किया गया। इस वर्ष सभी प्रतियोगिताओं के लिए अलग अलग उप समितियां गठित की गई थी ताकि अधिक से अधिक अधिकारियों एवं कर्मचारियों को इन आयोजनों से जोड़ा जा सके।

फोटो 1 - सीआईएई हिन्दी दिवस समारोह (16.09.2025)

फोटो-2 - हिन्दी पखवाड़ा पुरस्कार वितरण समारोह को संबोधित करते निदेशक डॉ. सी. आर. मेहता (26.9.2025)

संस्थान के निदेशक डा. सी. आर. मेहता की अध्यक्षता तथा डॉ. मनीषा श्रीवास्तव, निदेशक, भोपाल मेमोरियल अस्पताल एवं अनुसंधान केन्द्र के मुख्य आतिथ्य में 26 सितंबर, 2025 को संस्थान के रजत जयंती सभागार में संपन्न राजभाषा पुरस्कार वितरण समारोह में हिन्दी पखवाड़े के दौरान आयोजित प्रतियोगिताओं के विजेताओं को प्रमाणपत्र से सम्मानित कर सरकारी कामकाज में हिन्दी के प्रयोग, प्रचार, प्रसार एवं कार्यान्वयन के लिए प्रोत्साहित किया गया। अपने अध्यक्षीय संबोधन में निदेशक डा. मेहता ने सभी अधिकारियों एवं कर्मचारियों से भारत सरकार के वार्षिक राजभाषा कार्यक्रम में हिन्दी के प्रचार, प्रसार एवं सरकारी कामकाज में कार्यान्वयन हेतु निर्धारित लक्ष्यों की प्राप्ति हेतु सार्थक प्रयासों की अपील की। कार्यक्रम की मुख्य अतिथि डॉ. मनीषा श्रीवास्तव, निदेशक, भोपाल मेमोरियल हॉस्पिटल एवं रिसर्च सेन्टर ने सरकारी कामकाज में सरल एवं सुबोध हिन्दी के प्रयोग पर बल दिया।

हिन्दी कार्यशालाओं का आयोजन

1. दिनांक 17 से 21 फरवरी, 2025 तक 30 नवनियुक्त सहायक(लेवल 6) कार्मिकों के लिए केन्द्र सरकार के सेवा संबंधी नियमों एवं राजभाषा नियमों संबंधी प्रशिक्षण का आयोजन किया गया।
2. संस्थान के निदेशक श्री सी. आर. मेहता की अध्यक्षता तथा श्री अभिषेक यादव, मुख्य प्रशासनिक अधिकारी के समग्र समन्वय में दिनांक 06.5.2025 को निदेशक समिति कक्ष में "राजभाषा हिन्दी का प्रबंधन/कार्यान्वयन तथा जीवन मूल्यों में साहित्य का योगदान" विषय पर 78 प्रतिभागियों के लिए हिन्दी कार्यशाला के दो सत्रों का आयोजन किया गया।
3. संस्थान के निदेशक श्री सी. आर. मेहता की अध्यक्षता तथा श्री अभिषेक यादव, मुख्य प्रशासनिक अधिकारी के समग्र समन्वय में दिनांक 7.8.2025 को "हिन्दी ई-तकनीकी टूल्स एवं गूगल अनुवाद में कमियों का निराकरण" विषय पर 48 प्रतिभागियों के लिए ऑनलाइन हिन्दी कार्यशाला के दो सत्रों का आयोजन किया गया। उक्त कार्यशाला में डॉ. राजीव रावत, वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, खड़गपुर ने मुख्य अतिथि वक्ता के रूप में विशेषज्ञ व्याख्यान दिया। हिन्दी कार्यशाला के दौरान ऑनलाइन स्लाइड प्रजेंटेशन एवं डेमो के माध्यम से प्रतिभागियों के प्रश्नों एवं शंकाओं का समुचित समाधान भी किया गया।
4. नवनियुक्त टी-1 कर्मचारियों को दिनांक 11.12.2025 को ई-ऑफिस में हिन्दी कार्यान्वयन विषय पर प्रशिक्षण प्रदान किया गया।

हिन्दी वैज्ञानिक संगोष्ठी/सम्मेलन का आयोजन

1. हिन्दी पखवाड़ा-2025 के अंतर्गत डा. के.पी. सिंह, सहायक महानिदेशक(फार्म इंजीनियरिंग), आईसीएआर मुख्यालय, नई दिल्ली के मुख्य आतिथ्य तथा निदेशक, भाकृअनुप-के.कृ.अभि.सं., भोपाल की अगुवाई में दि. 18.9.2025 को "एग्रीकल्चर 4.0 के युग में कृषि यंत्रीकरणः सतत् फसल उत्पादन हेतु नवोन्मेषी एवं भविष्योन्मुखी प्रौद्योगिकी के माध्यम से भारतीय कृषि प्रणाली का सशक्तीकरण" विषय पर एकदिवसीय राष्ट्रीय ऑनलाइन वैज्ञानिक संगोष्ठी संपन्न हुई, जिसमें 51 शोध पत्र प्रस्तुत किए गए।

2. भारतीय कृषि इंजीनियर्स सोसायटी(आईएसएई) और आईसीएआर-केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान (सीआईएई), भोपाल के द्वारा 10 से 12 नवंबर, 2025 तक संयुक्त रूप से श्इंजीनियरिंग नवाचार 5.0 विषय के साथ उत्पादन पूर्व और उत्पादन पश्चात कृषि में मेक्ट्रोनिक्स और रोबोटिक्स विषय पर हरित क्रांति के दौरान व उसके बाद भारत में खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने में कृषि इंजीनियरों की महत्वपूर्ण भूमिका पर प्रकाश डालने एवं कृषि उत्पादन लागत को कम करने, इनपुट और संसाधनों के सटीक उपयोग, मूल्य संवर्धन और कृषि उत्पादन में जोखिम प्रबंधन पर केंद्रित करने के उद्देश्य से एक अंतरराष्ट्रीय वैज्ञानिक संगोष्ठी का आयोजन किया गया। इस संगोष्ठी के उद्घाटन सत्र की अध्यक्षता श्री लखन पटेल, माननीय राज्यमंत्री (स्वतंत्र प्रभार), पशुपालन एवं डेयरी विभाग, मध्य प्रदेश शासन ने तथा समापन सत्र की अध्यक्षता श्री भागीरथ चौधरी, माननीय केंद्रीय कृषि एवं किसान कल्याण राज्य मंत्री, भारत सरकार ने की।

संस्थान राजभाषा के क्षेत्र में उपलब्धियां

केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल को सरकारी कामकाज में राजभाषा हिन्दी के कार्यान्वयन, प्रचार एवं प्रसार की दिशा में उत्कृष्ट कार्य के लिए नगर राजभाषा कार्यान्वयन समिति, क्रमांक -2 कार्यालय भोपाल के द्वारा द्वितीय पुरस्कार के रूप में राजभाषा शील्ड 25-2024 से सम्मानित किया गया। एनआईडी भोपाल कार्यालय में संपन्न हुए पुरस्कार वितरण समारोह में नराकास अध्यक्षा श्रीमती सुम्बुल मुंशी एवं राष्ट्रीय डिजाइन संस्थान मध्य प्रदेश की निदेशक डा. विद्या राकेश ने संस्थान के निदेशक डा. सी.आर. मेहता, को राजभाषा शील्ड से सम्मानित किया। सीआईएई को यह पुरस्कार 50 से अधिक कर्मचारियों के कार्यालय की श्रेणी के अंतर्गत प्रदान किया गया।

हिन्दी प्रकाशनों की सूची

1. कृषि अभियांत्रिकी दर्पण (पूर्णतः हिन्दी में प्रकाशित)
2. संस्थान का वार्षिक प्रतिवेदन (आंशिक रूप से द्विभाषी)
3. वार्षिक छुट्टियों का कैलेंडर(हिन्दी में)
4. सीआईएई समाचारपत्र (हिन्दी एवं अंग्रेजी दोनों में)

राजभाषा संबंधी निरीक्षण का ब्यौरा

1. डॉ. एस.एन. झा, उप महानिदेशक(कृषि अभियांत्रिकी), परिषद मुख्यालय, नई दिल्ली के द्वारा इस संस्थान के दौरा कार्यक्रम के मध्य दिनांक 15.02.2025 को सीआईएई भोपाल संस्थान में राजभाषा हिन्दी के प्रचार, प्रसार एवं कार्यान्वयन की स्थिति का जायजा भी लिया गया तथा संस्थान के राजभाषा कार्यान्वयन संबंधी कार्यों की समीक्षा की गई।

2. डॉ. के.पी. सिंह, सहायक महानिदेशक (कृषि अभियांत्रिकी), परिषद मुख्यालय, नई दिल्ली के द्वारा दिनांक 28.5.2025 को हमारे संस्थान में राजभाषा हिन्दी के प्रगामी प्रयोग की स्थिति की समीक्षा कर संबंधित रिकॉर्ड/कार्यों का निरीक्षण किया गया।

3. श्री नरेन्द्र सिंह मेहरा, उप निदेशक(कार्यान्वयन), क्षेत्रीय कार्यान्वयन कार्यालय, राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, भारत सरकार के द्वारा वर्ष 2025 में संस्थान के द्वारा राजभाषा हिन्दी के कार्यान्वयन एवं प्रगति के संबंध में किए जा रहे कार्यों एवं प्रयासों आदि का दिनांक 8.1.2026 को निरीक्षण किया गया।

अन्य गतिविधियां

1. निदेशक (कार्यालय प्रमुख) की अध्यक्षता में संस्थान में राजभाषा कार्यान्वयन समिति गठित की गई है। इस समिति की तिमाही बैठकें दिनांक 23.01.2025, 03.04.2025, 17.06.2025, 03.10.2025 एवं 17.12.2025 को आयोजित की गई।

2. राजभाषा हिन्दी के प्रगामी प्रयोग से संबंधित तिमाही रिपोर्टें एवं संस्थान राजभाषा कार्यान्वयन समिति की हिन्दी बैठकों के कार्यवृत्त परिषद मुख्यालय तथा राजभाषा विभाग को ऑनलाइन प्रेषित किए जाते हैं।

3. "सरकारी कामकाज में मूल हिन्दी टिप्पण-आलेखन योजना" के अन्तर्गत संस्थान पात्र विजेताओं को नियमानुसार नकद पुरस्कार व प्रमाणपत्रों से सम्मानित किया जा रहा है। वर्ष 2023-24 एवं 2024-25 में नियमानुसार 10-10 विजेताओं को पुरस्कृत किया गया है।

4. राजभाषा नियम 1976 के नियम 8(4) का अनुपालन सुनिश्चित करने एवं मॉनीटरिंग हेतु संस्थान के कार्यालय आदेश दिनांक 6.6.2025 के तहत जांच बिन्दु बनाए गए हैं।

5. भारत सरकार, गृह मंत्रालय, राजभाषा विभाग से प्राप्त होने वाले वार्षिक राजभाषा कार्यक्रम को संस्थान के सभी प्रभागों/अनुभागों को अनुपालना के निर्देश के साथ परिचालित किया जाता है। संस्थान राजभाषा कार्यान्वयन समिति की प्रत्येक तिमाही बैठक में राजभाषा विभाग द्वारा हिंदी के प्रगामी प्रयोग के संबंध में जारी वार्षिक कार्यक्रम में उल्लेखित लक्ष्यों पर चर्चा कर आगे की कार्यनीति तैयार की जाती है एवं जांच बिन्दुओं पर अनुपालना की औचक जांच व मॉनीटरिंग भी की जाती है।

भा.कृ.अनु.प.- केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान
ICAR - Central Institute of Agricultural Engineering

निदेशक

भा.कृ.अनु.प. - केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान

नबीबाग, बैरसिया रोड, भोपाल-462038

ईमेल: director.ciae@icar.org.in, directorciae@gmail.com

वेबसाइट: https://ciae.res.in, दूरभाष: 91-755-2521001

Design: Kavita Offset, Bhopal: 9584793722