

# अगली पीढ़ी का फसलोत्तर प्रबंधन: रुझान और नवाचार



राकेश मोहन शुक्ला<sup>1</sup>



मादिया मंजूर<sup>2</sup>



राजेश कुमार श्रीवास्तव<sup>3</sup>

<sup>1</sup>एसोसिएट प्रोफेसर, पीएफई विभाग, कृषि इंजीनियरिंग और प्रौद्योगिकी महाविद्यालय (सीओईएंडटी), एसकेयूएसटी-के, शालीमार परिसर, श्रीनगर, 190025

<sup>2</sup>एम.टेक. (पीएफई) स्कॉलर, सीओईएंडटी, एसकेयूएसटी-के, शालीमार परिसर, श्रीनगर, 190025

<sup>3</sup>प्रोफेसर और प्रमुख, एसडब्ल्यूई विभाग, कृषि इंजीनियरिंग संकाय, एसकेयूएसटी-जे, चथा, जम्मू, 180009

अनुरूपी लेखक: [shukla\\_rm2005@yahoo.co.in](mailto:shukla_rm2005@yahoo.co.in)

## 1. परिचय

फसलोत्तर प्रबंधन कृषि मूल्य संवर्धन श्रृंखला का एक अत्यंत महत्वपूर्ण घटक है जो फसल कटाई के समय से लेकर अंतिम उपयोगकर्ता तक जाता है। जैसे-जैसे वैश्विक खाद्य मांग बढ़ती है, इसका महत्व बढ़ता जाता है। उत्पादन के अन्य क्षेत्रों की तरह, कृषि भी जलवायु परिवर्तन और संसाधनों की कमी जैसी चुनौतियों से मुक्त नहीं है, जो कटाई के बाद के प्रबंधन तक फैली हुई है जहां अपर्याप्त हैडलिंग, भंडारण और परिवहन के कारण महत्वपूर्ण नुकसान होता है। बागवानी फसलें जिनमें फल और सब्जियां शामिल हैं जो खाद्य सुरक्षा और अंतर्राष्ट्रीय बाजारों के लिए प्रमुख इनपुट हैं, उनका फार्म गेट मूल्य लगभग 1 ट्रिलियन अमेरिकी डॉलर है और खाद्यान्न से अधिक है। बहरहाल, वे उच्च कटाई के बाद के नुकसानों से ग्रस्त हैं जो विकासशील निम्न और मध्यम आय वाले देशों में लगभग 750 बिलियन

अमेरिकी डॉलर प्रति वर्ष 28 प्रतिशत से 55 प्रतिशत उत्पादन में कटौती करते हैं।<sup>1</sup> 2022 में, वैश्विक स्तर पर 1.05 बिलियन टन भोजन बर्बाद हो गया, अतिरिक्त 13 प्रतिशत आपूर्ति श्रृंखला में खो गया।<sup>2</sup> अकेले भारत में सालाना 74 मिलियन टन भोजन खो जाता है।

इन चुनौतियों का समाधान करने के लिए, कटाई के बाद का प्रबंधन तेजी से विकसित हो रहा है, जो तकनीकी प्रगति, संधारणीय प्रथाओं और सटीक कृषि द्वारा संचालित है। इन नवाचारों का उद्देश्य उद्योग में क्रांति लाना और वैश्विक खाद्य सुरक्षा को बढ़ाना है।

## 2. कटाई के बाद के प्रबंधन में वर्तमान चुनौतियाँ

● अपर्याप्त हैडलिंग, भंडारण और परिवहन के कारण महत्वपूर्ण फसल नुकसान, विशेष रूप से

विकासशील देशों में।

● तापमान में उतार-चढ़ाव, आर्द्रता और माइक्रोबियल संदूषण के कारण ताजा उपज की गुणवत्ता में गिरावट।

● शीतलन, सुखाने और भंडारण प्रक्रियाओं में उपयोग की जाने वाली पारंपरिक विधियों में ऊर्जा का बड़ा व्यय।

● भंडारण और परिवहन के दौरान कीट और रोग प्रबंधन, सख्त कीटनाशक नियमों द्वारा जटिल।

● आपूर्ति श्रृंखला के प्रत्येक चरण में खाद्य ट्रेसबिलिटी के साथ-साथ इसकी सुरक्षा की गारंटी।

● जलवायु परिवर्तन के प्रभावों और चरम मौसम की घटनाओं के अनुकूल होना।

● छोटे पैमाने के किसानों के लिए कम और सीमित बाजार अवसर और बाजार की जानकारी।

● उच्च लागत और विशेषज्ञता की कमी सहित

तकनीकी अपनाने में बाधाएँ।

● खाद्य सुरक्षा, गुणवत्ता और पर्यावरणीय प्रभाव के लिए विकसित हो रहे विनियामक मानकों का अनुपालन।

● कृषि क्षेत्र में श्रम की कमी, विशेष रूप से विकसित देशों में कुशल श्रमिकों के लिए।

### 3. कटाई के बाद के प्रबंधन में उभरती हुई प्रौद्योगिकियाँ

#### 3.1. कृत्रिम बुद्धिमत्ता और मशीन लर्निंग

● पूर्वानुमानित गुणवत्ता मूल्यांकन: मौसम, कटाई के समय जैसे कारकों के आधार पर एआई द्वारा उपज के शेल्फ जीवन का पूर्वानुमान लगाया जाता है, इस प्रकार बाजारों के माध्यम से इन्वेंट्री और रूटिंग को अनुकूलित किया जाता है।

● स्वचालित दोष पहचान: मशीन विजन और डीप लर्निंग जैसी नवीन तकनीक दोषों का शीघ्रता से पता लगाती है और उन्हें अलग करती है, जिससे सॉर्टिंग में सुधार होता है और श्रम लागत कम होती है।

● अनुकूलित भंडारण स्थितियाँ: जब भी एमएल मॉडल भंडारण पर काम करते हैं तो तापमान और आर्द्रता जैसी स्थितियों को बदल दिया जाता है ताकि जिस प्रकार की उपज को संग्रहीत किया जा रहा है उसके लिए सही स्थिति प्रदान की जा सके।

#### 3.2. इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) और सेंसर

● वास्तविक समय की निगरानी: तापमान, आर्द्रता और गैस की जानकारी प्वज् सेंसर द्वारा मापी जाती है और विचलन के मामले में हस्तक्षेप की संभावना के साथ दूर से निगरानी की जाती है।

● स्मार्ट पैकेजिंग: स्मार्ट फ्रेश पैकेज में सेंसर शामिल होते हैं जो वास्तविक समय में उत्पाद की स्थिति और उसकी गुणवत्ता की निगरानी करने में मदद करते हैं और संभावित समस्याओं के बारे में हैंडलर को संकेत देते हैं।

● कोल्ड चेन प्रबंधन: आईओटी डिवाइस तापमान की निगरानी करते हैं ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि तापमान-संवेदनशील उत्पाद कोल्ड चेन में विभिन्न बिंदुओं पर सही सीमा के भीतर संग्रहीत किया जाता है, यदि नहीं, तो आईओटी डिवाइस इसकी पहचान कर सकते हैं।

#### 3.3. ब्लॉकचेन तकनीक

ब्लॉकचेन फसल कटाई के बाद की आपूर्ति श्रृंखला में पता लगाने की क्षमता और पारदर्शिता को बढ़ाता है:

● **आपूर्ति श्रृंखला पता लगाने की क्षमता:** ब्लॉक चेन के उपयोग में खेत से उपभोक्ता तक रूट मैप के साथ उत्पाद की यात्रा का रिकॉर्ड शामिल होता है, जिससे प्रभावित उत्पादों को ट्रैक करना आसान हो जाता है।

● **गुणवत्ता सत्यापन:** प्रत्येक ऑपरेशन चरण को ब्लॉकचेन पर इस बात के प्रमाण के रूप में संग्रहीत किया जाता है कि माल को उचित तरीके से संभाला और संग्रहीत किया गया था।

● **स्मार्ट अनुबंध:** ब्लॉक चेन-आधारित अनुबंध भुगतान को स्वचालित करते हैं और गुणवत्ता मानकों को लागू करते हैं, जिसमें सेंसर-सत्यापित स्थितियों द्वारा भुगतान ट्रिगर किया जाता है।

#### 3.4. उन्नत पैकेजिंग प्रौद्योगिकियाँ नवीन पैकेजिंग समाधान शेल्फ लाइफ बढ़ा रहे हैं और उपज की सुरक्षा कर रहे हैं:

● **खाद्य कोटिंग्स और बायोफिल्म्स:** शरीर के अंगों और अंगों पर एक रक्षात्मक परत बनाने के लिए पौधों से प्राप्त तरल पदार्थ नमी के नुकसान को नियंत्रित करने और गैसों को विनियमित करने में मदद करते हैं क्योंकि चिटोसिन और एल्गिनेट परतें रोगाणुरोधी गुणों में प्रगति प्राप्त करती हैं।

● **सक्रिय पैकेजिंग:** वे पकने की प्रक्रिया में देरी करने के लिए एथिलीन अवशोषक, नमी के संरक्षण के लिए आर्द्रता नियंत्रण एजेंट और माइक्रोबियल क्रिया की रोकथाम के लिए जीवाणुनाशकों का उपयोग कर रहे हैं।

#### 4. टिकाऊ कटाई के बाद की प्रथाएँ

##### 4.1. ऊर्जा-कुशल भंडारण प्रणाली

कृषि में कार्बन पदचिह्न को कम करने के लिए ऊर्जा-कुशल भंडारण प्रणालियों की आवश्यकता होती है:

● **सौर ऊर्जा चालित कोल्ड स्टोरेज:** रुक-रुक कर या अस्थिर बिजली स्रोत वाले क्षेत्रों में गर्मी या ठंड की स्थिर आपूर्ति सुनिश्चित करता है, खासकर छोटे किसानों के लिए।

● **चरण परिवर्तन सामग्री (पीसीएम):** ये सामग्री भंडारण सुविधाओं में तापमान को स्थिर करती है, चरण संक्रमण के दौरान ऊर्जा को अवशोषित और जारी करके ऊर्जा की आवश्यकता को कम करती है।

● **उन्नत इन्सुलेशन तकनीकें:** वैक्यूम इन्सुलेटेड पैनल और एरोजेल जैसी इन्सुलेशन सामग्री थर्मल

दक्षता को बढ़ाती है, जिससे शीतलन ऊर्जा की आवश्यकता कम हो जाती है।

● **प्राकृतिक रेफ्रिजरेंट:** सिंथेटिक रेफ्रिजरेंट की तुलना में उनकी कम ग्लोबल वार्मिंग क्षमता के कारण शीतलन प्रणालियों में अमोनिया या कार्बन डाई आक्साइड का उपयोग बढ़ रहा है।

#### 4.2. पर्यावरण के अनुकूल कीट प्रबंधन

सिंथेटिक कीटनाशकों के पर्यावरण के अनुकूल विकल्पों पर बड़े पैमाने पर शोध किया जा रहा है:

##### 4.2.1. जैविक नियंत्रण एजेंट

सूक्ष्मजीव: फसल के बाद के रोगजनकों को रोकने के लिए लाभकारी यीस्ट, बैक्टीरिया और बैक्टीरियोफेज का उपयोग किया जा रहा है।

##### 4.2.2. पौधे-आधारित उपचार

आवश्यक तेल और अकरू थाइम, अजवायन और दालचीनी के तेलों के साथ-साथ विभिन्न पौधों के अर्क का परीक्षण फंगल वृद्धि को नियंत्रित करने और उपज में प्रतिरोध उत्पन्न करने की उनकी क्षमता के लिए किया जाता है।

##### 4.2.3. भौतिक उपचार

गर्म पानी, यूवी-सी और ओजोन: गर्म पानी के उपचार सतह के रोगजनकों को खत्म करते हैं, यूवी-सी प्रकाश सूक्ष्मजीवों को निष्क्रिय करता है और ओजोन उपज की सतहों पर सूक्ष्मजीवों की आबादी को कम करता है।

#### 4.3. खाद्य अपशिष्ट को कम करना

● **हाइपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग:** आंतरिक दोषों और शुरुआती क्षय के संकेतों का पता लगाता है, जिससे समय पर हस्तक्षेप संभव होता है।

● **पकने के संकेतकों के साथ खाद्य कोटिंग्स:** ये कोटिंग्स फल के पकने के साथ रंग बदलती हैं, जो इष्टतम उपभोग समय का मार्गदर्शन करती हैं।

● **अपशिष्ट का मूल्यांकन:** खाद्य अपशिष्ट को जैव ईंधन, जैविक उर्वरकों में परिवर्तित करना, या पेक्टिन और एंटीऑक्सिडेंट जैसे मूल्यवान यौगिकों को निकालना।

● **एआई-संचालित मोबाइल ऐप:** ये ऐप खुदरा विक्रेताओं को अनुमानित मांग और शेल्फ लाइफ के आधार पर खरीदारी को अनुकूलित करने में मदद करते हैं, जिससे ओवरस्टॉकिंग

और अपशिष्ट कम होते हैं।

## 6. नैनो प्रौद्योगिकी अनुप्रयोग

● **नैनो-कीटनाशक और नैनो-उर्वरक:** कीट और पोषक तत्व प्रबंधन में सुधार, पर्यावरणीय प्रभाव को कम करना, और उत्पादन पर उत्सर्जन को नियंत्रित करना, लंबे समय तक सुरक्षा और न्यूनतम अवशेषों को सुनिश्चित करना।

● **नैनो-सेंसर:** हस्तक्षेप करने की अनुमति देने के लिए रोगजनकों, संदूषकों और पर्यावरण में परिवर्तनों की निगरानी करें। इन्हें वास्तविक समय में पर्यावरण की निगरानी के लिए पैकेजिंग या अन्य भंडारण संदर्भों में शामिल किया जा सकता है।

● **नैनो-एनकैप्सुलेशन:** एंटीऑक्सीडेंट और एंटीमाइक्रोबियल एजेंट जैसे बायोएक्टिव यौगिकों को नियंत्रित तरीके से वितरित करने में मदद करता है, ताकि वे खराब न हों और उत्पादों के गुणों को संग्रहीत किए जाने पर अच्छी तरह से संरक्षित किया जा सके।

## 7. जेनेटिक इंजीनियरिंग और बायोटेक्नोलॉजी

● **जीएमओ:** फसलों के बेहतर शोल्फ लाइफ, खाद्य फसलों के बेहतर पोषण मूल्य और कीटों के प्रति प्रतिरोध को बनाए रखें। उदाहरण के लिए, आनुवंशिक रूप से उत्पादित टमाटर जो धीमी गति से पकने की प्रक्रिया से गुजरते हैं, परिवहन के दौरान नुकसान को कम करने में मदद करते हैं और शोल्फ-लाइफ अवधि बढ़ाते हैं।

● **बायोटेक्नोलॉजिकल समाधान:** भंडारण में हानिकारक पदार्थों को नष्ट करने के लिए एंजाइम और माइक्रोबियल उपभेदों का विकास करें। बायोटेक्नोलॉजी टिकाऊ पैकेजिंग के लिए बायोपॉलिमर बनाने में भी सहायता करती है।

## संदर्भ:

- [1] Karoney, E. M., Molelekoa, T., Bill, M., Siyoum, N., & Korsten, L. (2024). Global research network analysis of fresh produce postharvest technology: Innovative trends for loss reduction. *Postharvest Biology and Technology*, 208, 112642. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112642>
- [2] Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste. (2024). <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>
- [3] Food Wastage in India: 74 million tonnes of food amounting to 22% of food grain output wasted in India every year | India News - Times of India. Retrieved August 14, 2024, from <https://timesofindia.indiatimes.com/india/74-million-tonnes-of-food-amounting-to-22-of-foodgrain-output-wasted-in-india-every-year/articleshow/104875206.cms>

**सीआरआईएसपीआर तकनीक:** सड़न प्रतिरोध और पोषक तत्व प्रतिधारण जैसे भंडारण लक्षणों को बेहतर बनाने के लिए सटीक जीन संपादन। सीआरआईएसपीआर फसलों को पर्यावरणीय तनावों का सामना करने में सक्षम बनाता है, जिससे कटाई के बाद की गुणवत्ता बनी रहती है।

## 8. स्मार्ट लॉजिस्टिक्स और आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन

**कुशल लॉजिस्टिक्स और आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन फसल कटाई के बाद होने वाले नुकसान को कम करने के लिए महत्वपूर्ण हैं:**

● **स्वचालित और स्वायत्त प्रणाली:** परिवहन और हैंडलिंग को सुव्यवस्थित करने, नुकसान को कम करने और समय पर डिलीवरी सुनिश्चित करने के लिए ड्रोन, रोबोटिक्स और स्वचालित वाहनों का उपयोग करें।

● **पूर्वानुमानात्मक विश्लेषण:** मांग का अनुमान लगाने और भंडारण, परिवहन और वितरण को अनुकूलित करने, बाधाओं को कम करने और बाजार में उच्चतम उत्पाद गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए बड़े डेटा का लाभ उठाता है।

## 9. नीति और विनियामक विचार नीति और विनियमन भविष्य में फसल-उपरान्त प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण हैं:

● **खाद्य सुरक्षा और गुणवत्ता विनियमन:** सरकारों को पैकेजिंग, भंडारण, परिवहन और नैनो प्रौद्योगिकी और जैव प्रौद्योगिकी जैसी नई तकनीकों के उपयोग के लिए मानकों को लागू करना चाहिए।

● **स्थिरता मानक:** खाद्य अपशिष्ट में कमी और पर्यावरण के अनुकूल प्रथाओं जैसी स्थिरता

को बढ़ावा देने वाली नीतियाँ आवश्यक हैं। ऊर्जा-कुशल प्रौद्योगिकियों के लिए प्रोत्साहन अपनाने को और प्रोत्साहित करते हैं।

● **वैश्विक व्यापार समझौते:** सीमाओं के पार विनियमनों का सामंजस्य सुनिश्चित करता है कि कृषि उत्पाद वैश्विक मानकों को पूरा करते हैं, व्यापार को सुविधाजनक बनाते हैं और गैर-अनुपालन के कारण फसल-उपरान्त नुकसान को कम करते हैं।

## 10. निष्कर्ष और भविष्य का दृष्टिकोण

कटाई-उपरान्त प्रबंधन का अंतिम दृष्टिकोण उन्नत प्रौद्योगिकियों और स्थिरता को अनुकूलित करने के बारे में होगा। वैश्विक जनसंख्या में वृद्धि के साथ कुशल फसल-उपरान्त प्रणालियों की मांग बढ़ने वाली है। उदाहरण के लिए, खाद्य सुरक्षा के संबंध में नैनो प्रौद्योगिकी, जैव प्रौद्योगिकी या स्मार्ट लॉजिस्टिक्स के अनुप्रयोग के माध्यम से चुनौतियों का सामना किया जाएगा और उन्हें संबोधित किया जाएगा तथा खाद्य अपव्यय को कम किया जाएगा, खाद्य सुरक्षा और गुणवत्ता का मुद्दा भी नहीं रहेगा।

यही कारण है कि आने वाले वर्षों में, सटीक कृषि, निर्णय लेने के लिए डेटा का बेहतर तरीके से उपयोग करने और कटाई के बाद की प्रक्रियाओं को बेहतर बनाने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता पर अधिक जोर दिए जाने की संभावना है। इन नीतियों के निर्माण में कई सरकारें, उद्योग और शिक्षाविद महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगे।

इस प्रकार लक्ष्य मजबूत, टिकाऊ, कटाई के बाद की प्रणाली विकसित करना है जो वैश्विक खाद्य श्रृंखला की गतिशील मांग को पूरा करेगी और इस प्रकार एक सुरक्षित और टिकाऊ खाद्य प्रणाली प्रदान करेगी।