

फसल कटाई के बाद की प्रसंस्करण और भंडारण प्रक्रियाओं में नवाचारों के माध्यम से नुकसान को कम करना

*पंकज कुमार¹, जे. पी. सिंह² एवं नरेंद्र प्रताप³

¹विषय वस्तु विशेषज्ञ (कृषि अभियांत्रिकी), कृषि विज्ञान केंद्र, आंकुशपुर, गाजीपुर (उ.प्र.), भारत

²विषय वस्तु विशेषज्ञ एवं प्रभारी अधिकारी (सस्य विज्ञान), कृषि विज्ञान केंद्र, आंकुशपुर, गाजीपुर (उ.प्र.), भारत

³विषय वस्तु विशेषज्ञ (आनुवंशिकी और पादप प्रजनन) कृषि विज्ञान केंद्र, आंकुशपुर, गाजीपुर (उ.प्र.), भारत

*संवादी लेखक का ईमेल पता: pankajkumaretw842@gmail.com

कटाई उपरांत होने वाली हानियाँ वैश्विक खाद्य सुरक्षा, किसानों की आय तथा सतत कृषि प्रणालियों के लिए एक प्रमुख चुनौती हैं, विशेषकर विकासशील देशों में। अपर्याप्त प्रसंस्करण, भंडारण, परिवहन और हैंडलिंग पद्धतियों के कारण फसल उत्पादन का एक बड़ा भाग नष्ट हो जाता है। कटाई उपरांत प्रसंस्करण और भंडारण प्रौद्योगिकियों में नवाचार इन हानियों को न्यूनतम करने, खाद्य गुणवत्ता में सुधार करने तथा बाजार मूल्य बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। यह लेख कटाई उपरांत प्रसंस्करण और भंडारण में हाल की प्रगति की समीक्षा प्रस्तुत करता है, जिसमें उन्नत हैंडलिंग तकनीकें, आधुनिक भंडारण संरचनाएँ, कोल्ड चेन प्रणालियाँ, स्मार्ट पैकेजिंग और डिजिटल प्रौद्योगिकियाँ शामिल हैं। इन नवाचारों की भूमिका मात्रात्मक एवं गुणात्मक हानियों को कम करने, शेल्फ लाइफ बढ़ाने तथा सतत कृषि-खाद्य प्रणालियों को प्रोत्साहित करने के संदर्भ में स्पष्ट की गई है।

मुख्य शब्द (Keywords): कटाई उपरांत हानि, प्रसंस्करण, भंडारण, कोल्ड चेन, स्मार्ट प्रौद्योगिकियाँ, खाद्य सुरक्षा

परिचय

कटाई उपरांत हानि से तात्पर्य फसल की कटाई और उपभोग के बीच की अवधि में कृषि उपज की मात्रा और गुणवत्ता दोनों में होने वाले क्षय से है। वैश्विक स्तर पर उत्पादित कुल खाद्य पदार्थों का लगभग 20-30 प्रतिशत भाग कटाई के बाद नष्ट हो जाता है, जिसमें फल, सब्जियाँ, अनाज और दलहन सबसे अधिक प्रभावित होते हैं। ये हानियाँ मुख्यतः यांत्रिक क्षति, सूक्ष्मजीवों द्वारा खराब होना, कीट संक्रमण, अनुचित सुखाने, अपर्याप्त भंडारण तथा अक्षम परिवहन प्रणालियों के कारण होती हैं। बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तनशीलता और सीमित प्राकृतिक संसाधनों की पृष्ठभूमि में, कटाई उपरांत हानियों को कम करना फसल उत्पादकता बढ़ाने जितना ही महत्वपूर्ण हो गया है। कटाई उपरांत प्रसंस्करण और भंडारण में किए गए नवाचार उपज की गुणवत्ता को सुरक्षित रखने, खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने तथा आपूर्ति श्रृंखला की दक्षता में सुधार करने के प्रभावी समाधान प्रदान करते हैं। यह लेख विभिन्न फसलों में कटाई उपरांत हानियों को न्यूनतम करने की संभावनाओं के साथ प्रमुख नवाचारों पर चर्चा करता है।



Source: <https://kisansamadhan.com>

कटाई उपरांत हानियों के कारण और परिमाण

कटाई उपरांत हानियाँ जैविक, भौतिक, रासायनिक तथा प्रबंधन संबंधी कारकों की जटिल परस्पर क्रिया के कारण होती हैं, जो कटाई उपरांत मूल्य शृंखला के विभिन्न चरणों में सक्रिय रहते हैं। ये हानियाँ कृषि उपज की मात्रा और गुणवत्ता दोनों को गंभीर रूप से प्रभावित करती हैं, जिससे किसानों की आय और खाद्य उपलब्धता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। प्रभावी हानि-न्यूनन रणनीतियाँ विकसित करने के लिए कटाई उपरांत हानियों के प्रमुख कारणों को समझना अत्यंत आवश्यक है।

जैविक कारक : जैविक कारक कटाई उपरांत हानियों के प्रमुख कारणों में से हैं। कीट जैसे घुन, भृंग और पतंगे भंडारित अनाज को गंभीर क्षति पहुँचाते हैं, जबकि कृतक (चूहे आदि) न केवल उपज का उपभोग करते हैं बल्कि उसे दूषित भी कर देते हैं। फफूंद और जीवाणु संक्रमण के कारण सड़न, रंग परिवर्तन तथा मायकोटॉक्सिन का निर्माण होता है, जो खाद्य सुरक्षा के लिए गंभीर जोखिम उत्पन्न करता है। इसके अतिरिक्त, कटाई के बाद भी श्वसन और वाष्पोत्सर्जन की प्रक्रियाएँ जारी रहती हैं, जिससे नमी की हानि, मुरझाना, सिकुड़न और शेल्फ लाइफ में कमी आती है, विशेषकर फलों और सब्जियों में।



Source: <https://mahindrafarmmachinery.com>

भौतिक एवं यांत्रिक कारक : कटाई, मड़ाई, ग्रेडिंग, पैकेजिंग और परिवहन के दौरान भौतिक क्षति सामान्य रूप से होती है। चोट, दरारें और कट जैसी यांत्रिक क्षतियाँ उपज को सूक्ष्मजीवों के आक्रमण के प्रति अधिक संवेदनशील बना देती हैं। अनुचित पैकेजिंग और कठोर हैंडलिंग से खराब होने की प्रक्रिया और तेज हो जाती है। भंडारण और परिवहन के दौरान अत्यधिक तापमान तथा अधिक या कम आर्द्रता भी गुणवत्ता हास और खराब होने का कारण बनती है।

प्रबंधन एवं अवसंरचनात्मक बाधाएँ : वैज्ञानिक भंडारण सुविधाओं का अभाव, अपर्याप्त तकनीकी ज्ञान और किसानों में सीमित जागरूकता जैसी प्रबंधन संबंधी समस्याएँ कटाई उपरांत हानियों को और बढ़ा देती हैं। कमजोर बाजार संपर्क और अपर्याप्त कोल्ड चेन अवसंरचना कुशल हैंडलिंग और समय पर वितरण में बाधा उत्पन्न करती हैं। अतः कटाई उपरांत हानियों को कम करने के लिए संपूर्ण कटाई उपरांत मूल्य शृंखला में एकीकृत नवाचारों को अपनाना आवश्यक है।

कटाई उपरांत प्रसंस्करण में नवाचार

कटाई उपरांत प्रसंस्करण ताज़ा कटाई की गई कृषि उपज को अधिक स्थिर, सुरक्षित तथा मूल्य-वर्धित उत्पादों में परिवर्तित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, जिससे उनकी शेल्फ लाइफ बढ़ती है। हाल के वर्षों में कटाई उपरांत प्रसंस्करण में हुए तकनीकी नवाचारों ने हानियों को कम करने, गुणवत्ता सुधारने तथा बाजार में प्रतिस्पर्धात्मकता बढ़ाने में उल्लेखनीय योगदान दिया है।

उन्नत सफाई, छँटाई एवं ग्रेडिंग प्रौद्योगिकियाँ: आधुनिक सफाई, छँटाई और ग्रेडिंग प्रणालियाँ यांत्रिक उपकरणों, ऑप्टिकल सेंसरों, उच्च-रिज़ॉल्यूशन कैमरों और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करती हैं, जिनके माध्यम से उपज को आकार, रंग, आकृति और सतही दोषों के आधार पर वर्गीकृत किया जाता है। ये उन्नत प्रणालियाँ समान गुणवत्ता सुनिश्चित करती हैं, श्रम पर निर्भरता कम करती हैं तथा हैंडलिंग से होने वाली क्षति को न्यूनतम करती हैं। सटीक ग्रेडिंग से बाजार में स्वीकार्यता बढ़ती है और किसानों को बेहतर मूल्य प्राप्त होता है।

उन्नत सुखाने की प्रौद्योगिकियाँ: अनाज, दलहन, मसाले और तिलहनों के लिए सुखाना एक अत्यंत महत्वपूर्ण कटाई उपरांत क्रिया है। नियंत्रित वायु प्रवाह वाले सोलर ड्रायर, हाइब्रिड सोलर-इलेक्ट्रिक ड्रायर तथा फ्लुइडाइज्ड बेड या माइक्रोवेव ड्रायर जैसी उन्नत तकनीकें नमी को समान और प्रभावी रूप से हटाने में सहायक होती हैं। ये प्रणालियाँ सुखाने का समय घटाती हैं, सूक्ष्मजीवी संदूषण को रोकती हैं तथा पोषण और स्वाद गुणों को सुरक्षित रखते हुए ऊर्जा की खपत भी कम करती हैं।

न्यूनतम एवं मूल्य-वर्धित प्रसंस्करण : धुलाई, छीलना, काटना और स्वच्छ पैकेजिंग जैसी न्यूनतम प्रसंस्करण विधियाँ ताज़गी बनाए रखने और शेल्फ लाइफ बढ़ाने में सहायक होती हैं। मूल्य-वर्धित प्रसंस्करण के अंतर्गत निर्जलित फल-सब्जियाँ, रेडी-टू-ईट

और रेडी-टू-कुक उत्पाद तथा किण्वित या पोषक तत्वों से समृद्ध खाद्य पदार्थ तैयार किए जाते हैं। ये नवाचार किसानों और कृषि उद्यमियों के लिए अतिरिक्त आय के अवसर सृजित करते हैं तथा बाजार में अधिक उत्पादन के दबाव को कम करते हैं।

गैर-तापीय प्रसंस्करण प्रौद्योगिकियाँ: विकिरण, पल्स्ड इलेक्ट्रिक फ़िल्ड्स और पराबैंगनी (यूवी) उपचार जैसी गैर-तापीय प्रौद्योगिकियाँ पोषण मूल्य और स्वाद गुणों को प्रभावित किए बिना सूक्ष्मजीवी खराबी को नियंत्रित करने में सक्षम हैं। इसलिए, ये तकनीकें सतत कटाई उपरांत प्रबंधन के लिए अत्यंत आशाजनक मानी जाती हैं।

भंडारण

कटाई उपरांत भंडारण में किए गए नवाचार कृषि उपज की शेल्फ लाइफ बढ़ाने तथा उसकी गुणवत्ता, सुरक्षा और बाजार मूल्य को बनाए रखने के लिए अत्यंत आवश्यक हैं। प्रभावी भंडारण प्रणालियाँ कीटों, सूक्ष्मजीवों और प्रतिकूल पर्यावरणीय परिस्थितियों से उपज की रक्षा करके मात्रात्मक और गुणात्मक दोनों प्रकार की हानियों को कम करने में सहायक होती हैं।

उन्नत भंडारण संरचनाएँ : आधुनिक भंडारण संरचनाओं ने कृषि उत्पादों के सुरक्षित भंडारण में उल्लेखनीय सुधार किया है। धातु साइलो और हर्मेटिक बैग अनाज भंडारण के लिए व्यापक रूप से उपयोग किए जाते हैं, क्योंकि ये वायुरोधी परिस्थितियाँ उत्पन्न करते हैं, जिससे ऑक्सीजन की उपलब्धता कम हो जाती है और रासायनिक फ्यूमिगेंट्स के बिना ही कीटों का प्रभावी नियंत्रण संभव हो पाता है। उचित वातन, तापमान नियंत्रण और नमी प्रबंधन से युक्त उन्नत गोदाम सड़न और गुणवत्ता ह्रास को रोकने में सहायक होते हैं। संशोधित वायुमंडलीय भंडारण उपज के चारों ओर गैसीय वातावरण को नियंत्रित करके भंडारण दक्षता को और बढ़ाता है।

कोल्ड स्टोरेज एवं कोल्ड चेन में नवाचार: फल, सब्जियाँ, दुग्ध एवं मांस उत्पाद जैसे शीघ्र खराब होने वाले कृषि उत्पादों की हानि को कम करने में कोल्ड स्टोरेज की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। हाल के नवाचारों में ऊर्जा-कुशल कोल्ड रूम, सौर ऊर्जा आधारित कोल्ड स्टोरेज इकाइयाँ तथा छोटे और सीमांत किसानों के लिए विकसित मोबाइल कोल्ड स्टोरेज सुविधाएँ शामिल हैं। रेफ्रिजरेटेड परिवहन के साथ कोल्ड स्टोरेज का एकीकरण खेत से बाजार तक निरंतर तापमान नियंत्रण सुनिश्चित करता है, जिससे खराब होने की संभावना घटती है और शेल्फ लाइफ बढ़ती है।

स्मार्ट एवं नियंत्रित वायुमंडलीय भंडारण: नियंत्रित वायुमंडलीय (CA) और संशोधित वायुमंडलीय (MA) भंडारण प्रणालियाँ ऑक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड और आर्द्रता के स्तर को नियंत्रित करती हैं, जिससे विशेष रूप से फलों में श्वसन, पकने और वृद्धावस्था (सेनेसेंस) की प्रक्रियाएँ काफी धीमी हो जाती हैं।

स्मार्ट पैकेजिंग प्रौद्योगिकियाँ: जैव-अपघटनीय और खाद्य योग्य फिल्में, रोगाणुरोधी पैकेजिंग तथा ताजगी संकेतकों वाली बुद्धिमान पैकेजिंग जैसी नवाचारी पैकेजिंग तकनीकें उत्पाद की गुणवत्ता की निगरानी करने, खराबी को कम करने और संपूर्ण आपूर्ति शृंखला में खाद्य सुरक्षा को सुदृढ़ करने में सहायक होती हैं।

कटाई उपरांत प्रबंधन में डिजिटल एवं स्मार्ट प्रौद्योगिकियाँ

डिजिटलीकरण कटाई उपरांत प्रबंधन प्रणालियों को तीव्र गति से रूपांतरित कर रहा है, जिससे आपूर्ति शृंखला में दक्षता, पारदर्शिता और निर्णय-निर्माण क्षमता में सुधार हो रहा है। डिजिटल और स्मार्ट प्रौद्योगिकियों का एकीकरण कटाई उपरांत क्रियाओं की वास्तविक-समय (रियल-टाइम) निगरानी और सटीक नियंत्रण को संभव बनाता है, जिससे हानियों में उल्लेखनीय कमी आती है।

सेंसर एवं इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT): IoT-आधारित सेंसरों का उपयोग भंडारण और परिवहन के दौरान तापमान, आर्द्रता तथा गैस संरचना जैसे महत्वपूर्ण मापदंडों की निगरानी के लिए व्यापक रूप से किया जा रहा है। वास्तविक-समय डेटा का संचार प्रतिकूल परिस्थितियों की शीघ्र पहचान में सहायक होता है और समय पर सुधारात्मक उपायों को सक्षम बनाता है, जिससे खराब होने और गुणवत्ता ह्रास को रोका जा सकता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता एवं डेटा विश्लेषण: कृत्रिम बुद्धिमत्ता और डेटा विश्लेषण उपकरण खराबी की पूर्वानुमान क्षमता विकसित करने, भंडारण परिस्थितियों के अनुकूलन तथा लॉजिस्टिक्स योजना में सुधार करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। AI-आधारित मॉडल बड़े डेटा सेट का विश्लेषण कर बेहतर निर्णय-निर्माण को समर्थन देते हैं, परिचालन अक्षमताओं को कम करते हैं और संपूर्ण आपूर्ति शृंखला में कटाई उपरांत हानियों को न्यूनतम करते हैं।

ब्लॉकचेन एवं ट्रेसबिलिटी प्रणालियाँ: ब्लॉकचेन प्रौद्योगिकी उत्पादन, भंडारण और वितरण से संबंधित सूचनाओं को सुरक्षित रूप से दर्ज करके पारदर्शिता और ट्रेसबिलिटी को बढ़ाती है। इससे गुणवत्ता आश्वासन सुदृढ़ होता है, उपभोक्ताओं का विश्वास बढ़ता है और कटाई उपरांत अक्षमताओं तथा हानियों में कमी आती है।

कटाई उपरांत हानियों को कम करने में नवाचारों की भूमिका

प्रसंस्करण और भंडारण में किए गए नवाचार कटाई उपरांत हानियों को कम करने में महत्वपूर्ण योगदान देते हैं। ये नवाचार मात्रात्मक और गुणात्मक दोनों प्रकार की हानियों को घटाने में सहायक होते हैं। उन्नत तकनीकों के उपयोग से खाद्य सुरक्षा और पोषण गुणवत्ता में सुधार होता है तथा उपभोक्ताओं तक सुरक्षित और गुणवत्तापूर्ण खाद्य पदार्थ पहुँचते हैं। बेहतर भंडारण और कोल्ड चेन प्रणालियाँ बाजार में आपूर्ति को स्थिर बनाए रखने और मूल्य उतार-चढ़ाव को कम करने में मदद करती हैं। इसके परिणामस्वरूप किसानों की आय में वृद्धि होती है और ग्रामीण क्षेत्रों में रोजगार के नए अवसर सृजित होते हैं। साथ ही, संसाधनों के कुशल उपयोग के माध्यम से ये नवाचार सतत एवं जलवायु-सहिष्णु कृषि को बढ़ावा देते हैं।

कटाई उपरांत नवाचारों को अपनाने में चुनौतियाँ

महत्वपूर्ण तकनीकी प्रगति के बावजूद, विशेषकर छोटे और सीमांत किसानों के बीच कटाई उपरांत नवाचारों को अपनाने की गति सीमित है। उन्नत प्रसंस्करण उपकरणों, भंडारण संरचनाओं और कोल्ड चेन सुविधाओं के लिए आवश्यक उच्च प्रारंभिक निवेश एक प्रमुख बाधा है, जो संसाधन-गरीब किसानों के लिए वहन करना कठिन होता है। आधुनिक तकनीकों के संबंध में सीमित तकनीकी ज्ञान, अपर्याप्त प्रशिक्षण और कम जागरूकता इनके प्रभावी उपयोग को और बाधित करती है। इसके अतिरिक्त, कमजोर ग्रामीण अवसंरचना, जैसे खराब सड़कें, अपर्याप्त भंडारण सुविधाएँ और सीमित बाजार संपर्क, कृषि उपज की कुशल आवाजाही और हैंडलिंग में बाधा उत्पन्न करती हैं। ग्रामीण क्षेत्रों में अनियमित ऊर्जा आपूर्ति और सीमित इंटरनेट कनेक्टिविटी भी डिजिटल एवं स्मार्ट तकनीकों को अपनाने में गंभीर चुनौतियाँ प्रस्तुत करती हैं। इन बाधाओं को दूर करने के लिए सशक्त नीतिगत समर्थन, क्षमता निर्माण, वित्तीय सहायता और प्रभावी सार्वजनिक-निजी भागीदारी आवश्यक है।

भविष्य की संभावनाएँ एवं नीतिगत निहितार्थ

भविष्य में कटाई उपरांत हानियों को कम करने की रणनीतियों में स्थानीय परिस्थितियों के अनुरूप कम लागत वाली, किसान-अनुकूल तकनीकों के विकास को प्राथमिकता दी जानी चाहिए। शीघ्र खराब होने वाली फसलों की हानि को कम करने के लिए ग्राम एवं क्लस्टर स्तर पर कोल्ड चेन अवसंरचना को सुदृढ़ करना अत्यंत आवश्यक है। सौर ऊर्जा आधारित कोल्ड स्टोरेज और ड्रायर जैसी नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों को बढ़ावा देने से ऊर्जा संबंधी समस्याओं का समाधान होगा और सततता लक्ष्यों को भी समर्थन मिलेगा। कृषि विस्तार सेवाओं में कटाई उपरांत प्रबंधन को एकीकृत करने से किसानों की जागरूकता और तकनीकी क्षमता में वृद्धि होगी। साथ ही, एग्री-स्टार्टअप्स, नवाचार केंद्रों और उद्यमिता को प्रोत्साहित करने से तकनीकों का तेजी से प्रसार संभव होगा। सरकारी प्रोत्साहन, सब्सिडी, ऋण सहायता और कौशल विकास कार्यक्रम अपनाने की गति और प्रभाव को बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएँगे।

निष्कर्ष

प्रसंस्करण और भंडारण में नवाचारों के माध्यम से कटाई उपरांत हानियों को न्यूनतम करना खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने, अपव्यय को कम करने और कृषि की सततता को सुदृढ़ करने के लिए अत्यंत आवश्यक है। उन्नत सुखाने और भंडारण संरचनाओं से लेकर स्मार्ट डिजिटल प्रणालियों तक की तकनीकी प्रगति कटाई उपरांत मूल्य शृंखला के प्रत्येक चरण में प्रभावी समाधान प्रदान करती है। उपयुक्त नीतियों, संस्थागत समर्थन और क्षमता निर्माण के साथ इन नवाचारों को व्यापक रूप से अपनाने से हानियों में उल्लेखनीय कमी लाई जा सकती है, किसानों की आजीविका में सुधार किया जा सकता है और एक सुदृढ़ तथा लचीली वैश्विक खाद्य प्रणाली की दिशा में महत्वपूर्ण योगदान दिया जा सकता है।