



प्रक्रियेतील नवे तंत्र

भाग ३८



डॉ. विक्रम कड डॉ. गणेश शेळके डॉ. सुदामा काकडे

मागील लेखामध्ये आपण सक्रिय पॅकेजिंग आणि स्मार्ट पॅकेजिंगमधील फरक पाहिला. या लेखामध्ये स्मार्ट पॅकेजिंगचे प्रकार, त्याचे फायदे, मर्यादा आणि एकूणच भविष्य यांची माहिती घेऊ.

पूर्वी केवळ उत्पादनाच्या वाहतूक, साठवण किंवा आकर्षकता या बाबींवर पॅकेजिंगची निवड केली जाई. मात्र अलीकडे प्रत्येक उत्पादनाच्या गुणधर्माचा विचार करून त्याला गरजेनुसार योग्य प्रतिसाद देईल, अशा स्मार्ट पॅकेजिंगकडे उत्पादकांचा कल वाढत आहे.

कार्यात्मकता आणि वापरलेल्या तंत्रज्ञानानुसार स्मार्ट पॅकेजिंगचे वर्गीकरण पुढील प्रकारे केले जाते.

- **वेळेनुसार-तापमान निर्देशक (TTIs) :** हे निर्देशक पूर्वीनिर्धारित वेळेत विशिष्ट तापमानाचा उत्पादनावर किती परिणाम झाला आहे, याची माहिती रंगातील बदलाद्वारे किंवा डिजिटल डिस्प्लेद्वारे दर्शवतात. जर उत्पादन साठवणुकीदरम्यान शिफारस केलेल्या तापमानापेक्षा जास्त तापमानाला सामोरे गेले, तर निर्देशक दर्शवतो की उत्पादनाची गुणवत्ता घटण्याची किंवा खराब होण्याची शक्यता आहे. शीतगुहात साठवलेल्या फळे, भाज्या व अन्य शेतीमालासाठी अत्यंत उपयुक्त आहेत.
- **ताजेपणाचा निर्देशक :** हे निर्देशक पॅकेजमधील विशिष्ट वायूच्या (उदा. अमोनिया, कार्बन डायऑक्साईड) पातळीतील बदलांना प्रतिसाद देतात. हे घटक सामान्यतः शेतीमाल व अन्न खराब होण्याची प्रक्रिया सूचू शकतात. उदा. रंगातील बदल किंवा विशिष्ट चिन्हांच्या दिश्यामुळे उत्पादनाची ताज्या स्थितीची माहिती मिळते. मांस, मासे आणि काही भाज्यांसाठी हे निर्देशक महत्वाचे आहेत.
- **गळती शोधक पॅकेजिंग :** हे पॅकेजिंग फिल्ममध्ये

उत्पादनाच्या गुणधर्मानुसार निवडा स्मार्ट पॅकेजिंग

सूक्ष्म छिद्र किंवा नुकसान झाल्यास रंग बदलून किंवा विशिष्ट चिन्ह दर्शवून माहिती देते. वातावरणातील ऑक्सिजन आत शिरल्यास उत्पादनाची गुणवत्ता घटू शकते. हे टाळण्यासाठी हे पॅकेजिंग महत्वाचे आहे.

- **बायोसेन्सर आधारित पॅकेजिंग :** हे पॅकेजिंग सूक्ष्मजीवांच्या वाढीचे किंवा विशिष्ट बायोमार्करची उपस्थिती शोधण्यासाठी जैविक घटकांचा वापर करते. हे अन्न सुरक्षा आणि ताज्या स्थितीची अचूक माहिती पुरवते. फळे आणि भाज्यांमध्ये रोग किंवा दुपितता लवकर ओळखण्यासाठी हे तंत्रज्ञान उपयुक्त ठरू शकते.

- **विविध प्रकारचे टॅग किंवा चिप आधारित पॅकेजिंग :** RFID आणि NFC आधारित स्मार्ट पॅकेजिंगमध्ये अनुक्रमे RFID टॅग आणि NFC चिप पॅकेजवर जोडले जातात. त्यामुळे उत्पादनाची ओळख, त्याची उत्पत्ती, वाहतूक आणि साठवणुकीची माहिती वायरलेस पद्धतीने वाचता येते. हे पुरवठा साखळी व्यवस्थापनासाठी आणि ग्राहकांना उत्पादनाची सत्यता आणि गुणवत्ता याबद्दल माहिती देऊ शकते. NFC मुळे ग्राहक स्मार्टफोनद्वारे उत्पादनाची अधिक माहिती मिळवू शकतात.

- **स्मार्ट वातावरण पॅकेजिंग :** हे सक्रिय पॅकेजिंगचे एक प्रगत रूप आहे. त्यात संवेदक (सेन्सर) आणि प्रतिसाद देणारी सामग्रीच्या (रिस्पॉन्सिव्ह मटेरियल्स) मदतीने पॅकेजमधील वायूचे नियंत्रण केले जाते. उदा. पॅकेजिंग घटकांमध्ये समाविष्ट ऑक्सिजन शोषक किंवा कार्बन डायऑक्साईड उत्सर्जक गरजेनुसार त्या त्या वायूचे प्रमाण संतुलित ठेवतात. परिणामी फळे आणि भाज्यांची गुणवत्ता अधिक काळ टिकून राहते.

- **स्वयंवातानुकूलन पॅकेजिंग (Self-Ventilating Packaging) :** हे पॅकेजिंग वातावरणातील बदलानुसार किंवा उत्पादनाच्या श्वसन दरानुसार आपोआप हवेची पातळी बदलते. विशिष्ट तापमान किंवा आर्द्रता पातळी ओलांडल्यास पॅकेजमधील छिद्रे उघडतात किंवा बंद होतात, त्यामुळे आतील वातावरण चांगले राहते. जास्त ओलावा किंवा कार्बन डायऑक्साईडची पातळीमुळे नुकसान होण्याच्या बऱ्याच फळे आणि भाज्यांच्या



RFID आणि NFC टॅग आधारित स्मार्ट पॅकेजिंग.

- साठवणुकीसाठी हे महत्वाचे आहे.
- **स्मार्ट फवारा किंवा उत्सर्जक पॅकेजिंग (Smart Spraying/Releasing Packaging) :** या प्रकारच्या पॅकेजिंगमध्ये सूक्ष्मजीव विरोधी घटक किंवा इथिलीन शोषक सूक्ष्म कणांच्या स्वरूपात पॅकेजिंग मटेरिअलमध्ये समाविष्ट केलेले असतात. विशिष्ट परिस्थितीत (उदा. सूक्ष्मजीवांची वाढ सुरू झाल्यास किंवा इथिलीनची पातळी वाढल्यास) हे सक्रिय घटक हळूहळू बाहेर पडतात. उत्पादनाची गुणवत्ता टिकवून ठेवतात.

फळे आणि भाज्यांसाठी स्मार्ट पॅकेजिंगच्या मर्यादा

स्मार्ट पॅकेजिंगमध्ये अनेक फायदे असले तरी, त्याच्या काही मर्यादा आणि आव्हाने देखील आहेत.

- **उच्च उत्पादन खर्च :** स्मार्ट पॅकेजिंग तंत्रज्ञानातील सेन्सर, RFID टॅग आणि सक्रिय घटक यामुळे पारंपरिक पॅकेजिंगच्या तुलनेत पॅकेजिंग उत्पादन खर्चात वाढ होते.
- **तंत्रज्ञानाची जटिलता :** स्मार्ट पॅकेजिंग प्रणालीची रचना, अंमलबजावणी आणि व्यवस्थापन क्लिष्ट असू शकते. यासाठी विशेष कौशल्ये आणि पायाभूत सुविधांची आवश्यकता असते.
- **सेन्सरची संवेदनशीलता आणि अचूकता :** स्मार्ट पॅकेजिंगमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या सेन्सरची संवेदनशीलता आणि अचूकता वातावरणातील बदल आणि उत्पादनाच्या गुणधर्मावर अवलंबून असू शकते.
- **नियामक आणि मानकीकरण :** स्मार्ट पॅकेजिंगच्या वापरासाठी स्पष्ट नियामक आणि मानके अजूनही विकसित होत आहेत. त्यामुळे त्याच्या अंमलबजावणीत विविध देशांच्या नियमानुसार अडथळे येऊ शकतात.
- **ग्राहक स्वीकृती आणि जागरूकता :** सर्वसामान्य ग्राहकांना स्मार्ट पॅकेजिंगच्या फायद्यांविषयी आणि त्याच्या वापराविषयी पुरेशी माहिती पुरवून जागरूकता निर्माण करण्याची आवश्यकता आहे. त्याच प्रमाणे अशा पॅकेजिंगमधील उत्पादनांसाठी थोडा अधिक खर्च करण्याची मानसिकता तयार करावी लागेल.
- **पर्यावरणीय चिंता :** काही स्मार्ट पॅकेजिंग घटकांचे विघटन आणि पुनर्वापर वायरही अधिक विचार होण्याची आवश्यकता आहे. अन्यथा पर्यावरणावर नकारात्मक परिणाम होऊ शकतो. टिकाऊ आणि पर्यावरणपूरक स्मार्ट पॅकेजिंगचे उपाय विकसित करणे गरजेचे आहे.

- **डेटा सुरक्षा आणि गोपनीयता :** RFID आणि NFC आधारित स्मार्ट पॅकेजिंगद्वारे गोळा केलेल्या डेटाची सुरक्षा आणि ग्राहकांच्या गोपनीयतेचे संरक्षण करणे आवश्यक आहे.

स्मार्ट पॅकेजिंगच्या विविध शक्यता आणि भविष्य

- **स्वस्थ, अधिक प्रभावी सेन्सरचा विकास :** नवीन टेक्नोलॉजी आणि प्रिंटेड इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये होत असलेल्या वेगवान प्रगतीमुळे कमी खर्चात उच्च कार्यक्षमतेचे सेन्सर उपलब्ध लागतील. स्मार्ट पॅकेजिंगही सामान्यांच्या आविष्कारात येईल.
- **कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) आणि यंत्रांचे स्वयंशिक्षणाचा (ML) वापर :** सेन्सरद्वारे गोळा केलेल्या मोठ्या प्रमाणात डेटाचे विश्लेषण करण्यासाठी AI आणि ML चा वापर केला जाईल. यामुळे उत्पादनाच्या गुणवत्तेचा अधिक अचूक अंदाज लावता येईल. पुरवठा साखळीतील निर्णय प्रक्रिया अधिक प्रभावी होईल.
- **इंटरनेट ऑफ थिंग्स (IoT) सोबत एकीकरण :** स्मार्ट पॅकेजिंग आयओटी नेटवर्कचा भाग बनल्यास पुरवठा साखळीतील सर्व भागधारकांना उत्पादनाची रिअल-टाइम माहिती उपलब्ध होईल. त्यांचे वाहतूक व्यवस्थापन अधिक सुधारेल.
- **टिकाऊ आणि पर्यावरणपूरक :** जैवविघटनशील (biodegradable) आणि खतामध्ये रूपांतरायोग्य (compostable) स्मार्ट पॅकेजिंग मटेरिअलस विकसित करण्यावर अधिक लक्ष केंद्रित केले जाईल. त्यामुळे पर्यावरणावरील नकारात्मक परिणाम कमी होतील.
- **आकर्षकतेसह ग्राहकांसाठी अधिक माहिती :** स्मार्ट पॅकेजिंग QR कोड, NFC आणि आभासी वास्तवाच्या (augmented reality - AR) माध्यमातून ग्राहकांना उत्पादनाची अधिक माहिती, त्याची उत्पत्ती, वापराच्या टिप्स आणि कृती पुरवेल. त्यामुळे ग्राहकांचा अनुभव अधिक समृद्ध होईल.
- **व्यक्तिगत गरजांनुसार पॅकेजिंग उपाय :** भविष्यात विशिष्ट ग्राहकांच्या गरजा आणि आवडीनुसार स्मार्ट पॅकेजिंग सोल्युशन्स विकसित केले जाऊ शकतात. उदा. अलर्जी असलेल्या लोकांसाठी विशिष्ट घटकांची माहिती देणारे पॅकेजिंग.
- **सरकारी नियम आणि मानकांमध्ये सुसंगतता :** स्मार्ट पॅकेजिंगच्या मोठ्या प्रमाणावर अंमलबजावणीसाठी जागतिक स्तरावर सुसंगत नियम आणि मानके विकसित करणे महत्वाचे ठरेल. स्मार्ट पॅकेजिंग फळे आणि भाज्यांच्या पुरवठा साखळीत एक महत्त्वपूर्ण बदल घडवून आणण्याची प्रचंड क्षमता ठेवते. हे केवळ उत्पादनाचे संरक्षण करत नाही, तर त्याची गुणवत्ता आणि सुरक्षितता सुनिश्चित करते, अन्न नासाडी कमी करते आणि ग्राहकांना मोल्यवान माहिती पुरवते. जरी सध्या या तंत्रज्ञानाच्या अंमलबजावणीत काही मर्यादा आणि आव्हाने असली तरी, तंत्रज्ञानाचा विकास आणि वाढती जागरूकता यांच्यामुळे भविष्यात स्मार्ट पॅकेजिंग फळे आणि भाज्यांसाठी एक अपरिहार्य उपाय बनेल यात शंका नाही.

- डॉ. विक्रम कड, ०९५८८०२४६९७,
(कृषी प्रक्रिया अभियांत्रिकी विभाग,
महाम्ता फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी)

स्मार्ट पॅकेजिंगचे फायदे

- **आयुष्यमानात वाढ :** तापमान निर्देशक, ताजेपणाचा निर्देशक आणि स्मार्ट वातावरण पॅकेजिंगमुळे फळे आणि भाज्यांची काढणीनंतरची गुणवत्ता अधिक काळ टिकून राहते. परिणामी, आयुष्यकाळ वाढून त्यांच्या विक्रीसाठी अधिक कालावधी उपलब्ध होतो. याचा शेतकरी व ग्राहकांना फायदा होतो.
- **अन्न नासाडीत घट :** स्मार्ट पॅकेजिंग उत्पादनाची खरी स्थिती दर्शवली जात असल्यामुळे किरकोळ विक्रेते आणि ग्राहक खराब होण्यापूर्वी उत्पादनाचा वापर करू शकतात. पुरवठा साखळीतील योग्य व्यवस्थापनाने वाहतूक आणि साठवणुकीतील नुकसाती देखील कमी होते.
- **उत्पादनाची गुणवत्ता आणि सुरक्षितता सुनिश्चित करणे :** तापमान निर्देशक आणि बायोसेन्सर आधारित पॅकेजिंग उत्पादनाच्या साठवणुकीच्या तापमानाचे आणि सूक्ष्मजीवांच्या वाढीचे अचूक निरीक्षण करतात. त्यामुळे उत्पादनाची गुणवत्ता आणि ग्राहकांसाठी त्याची सुरक्षितता सुनिश्चित होते.
- **पुरवठा साखळीची कार्यक्षमता सुधारणे :** RFID आणि NFC आधारित स्मार्ट पॅकेजिंगमुळे उत्पादनाचे अचूक ट्रॅकिंग आणि ट्रेंडिंग शक्य होते. यामुळे पुरवठा साखळी अधिक पारदर्शक आणि कार्यक्षम बनते, ज्यामुळे वेळेची आणि खर्चाची बचत होते.
- **ग्राहकांना माहिती आणि विश्वास देणे :** स्मार्ट पॅकेजिंग ग्राहकांना उत्पादनाची उत्पत्तीचे स्थान, ताजेपणाची स्थिती आणि साठवणुकीच्या योग्य पद्धतीबद्दल माहिती पुरवते. QR कोड किंवा NFC टॅगद्वारे ग्राहक अधिक तपशील मिळवू शकतात. त्यामुळे त्यांचा उत्पादनावरील विश्वास वाढतो.
- **उत्पादनाची आकर्षकता वाढवणे :** स्मार्ट पॅकेजिंग केवळ कार्यात्मक नसते, तर ते आकर्षक आरेखन (डिझाइन) आणि माहितीपूर्ण सादरीकरणाच्या (डिस्प्ले) माध्यमातून उत्पादनाची विक्री क्षमता देखील वाढवते.
- **नियमांचे आणि मानकांचे पालन करणे :** अन्न सुरक्षा आणि उत्पादनाच्या गुणवत्तेसंबंधी असलेल्या सरकारी नियमांचे आणि मानकांचे पालन करणे स्मार्ट पॅकेजिंगमुळे अधिक सोपे होते.