



## वाहतुकीमध्ये सुरक्षिततेसाठी पॅकेजिंगचे महत्त्व

### प्रक्रियेतील नवे तंत्र

भाग ६२



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

फळे आणि भाजीपाला हे अत्यंत नाजूक, नाशवंत आणि शारीरिक - रासायनिक बदलांना संवेदनशील कृषी उत्पादने आहेत. काढणीच्या क्षणापासून ते अंतिम ग्राहकापर्यंतचा त्यांचा प्रवास अनेक टप्प्यांतून जातो. शेतापासून बाजारपर्यंत, बाजारातून घाऊक व किरकोळ व्यापारापर्यंत, आणि अखेरीस ग्राहकापर्यंत. या संपूर्ण प्रवासात सर्वात पहिली आणि सर्वात महत्त्वाची संरक्षणात्मक पायरी म्हणजे पॅकेजिंग. वाहतुकीमध्ये निर्माण होणाऱ्या अनेक समस्या दूर करून उत्पादन अधिक सुरक्षित, स्वच्छ ठेवण्यामध्येही पॅकेजिंग मोलाची भूमिका निभावते.

### पॅकेजिंगची मूलभूत भूमिका

पॅकेजिंग हा संरक्षणाचा पहिला टप्पा असून, फळे-भाज्यांच्या तिन्ही प्रकारच्या जोखमीपासून संरक्षणाचे काम करतो.

- धक्के, दाब, कंपन, हालचाल यामुळे होणारे नुकसान.
- नुटणे, चिरणे, खरचटणे, गळती, दबले जाणे.
- अनियमित स्टॅकिंगमध्ये वजन दाबामुळे होणारे नुकसान.
- वाहनातील उमळणे (बाउन्सिंग) आणि अनियमित रस्त्यावरील कंपन.

अशा विविध बाबींपासून बचावासाठी योग्य ताकदीचे बॉक्स, कुशागिण मटेरियल, होल्डिंग ट्रेज यांचा वापर आवश्यक असतो.

### रासायनिक व जैविक बदलांपासून संरक्षण

- ऑक्सिडेशनमुळे रंग बदल, चव खराब होणे
- म्यूकझांचा वाढ (बुरशी, योस्ट, जिवाणू)
- कीटक, पृष्ठ, माती आणि प्रदूषण
- पॅकेजिंगमधून वायू विनिमय नियंत्रणातून आयुष्यमान वाढ

या बाबींसाठी सुधारित वातावरण पॅकेजिंग व हवा घेऊन राहण्यासाठी छिद्रे असलेली क्रेट्स फळांच्या रचनेचा दर नियंत्रित करून मोलाची ठरतात.

### आर्द्रतेचे उत्सर्जन व तापमान बदलांपासून संरक्षण

- पाण्याचे प्रमाण कमी होणे कोमेजणे.
- उच्च किंवा कमी तापमानाचा अचानक परिणाम.
- थंडी - उष्णतेच्या बदलांनी थंडीमुळे होणारी इजा (chilling injury) किंवा उष्णतेमुळे होणारी इजा (heat injury)

### पॅकेजिंगचे वैज्ञानिक उद्दिष्ट

- आकार, वजन आणि नाजूकतेनुसार संरक्षण
- उष्णता आणि आर्द्रता नियंत्रण
- योग्य वायुवीजन
- माल व्यवस्थित थपथी लावून ठेवणे (स्टॅकिंग) व हाताळणी सुलभ करणे
- वाहतुकीतील स्थिरता आणि सुरक्षितता
- ओळख, वर्गीकरण व माग काढणे (ट्रेसिंग) (Labeling & Traceability)

### प्रदूषण, कीटक व धूळ संरक्षण

- पॅकेजिंगमध्ये वापरले जाणारे साहित्य
- लाकडी पेठ्या : या जास्त शक्तीशाली व टिकाऊपणा असून, त्यात जड वजन सहन करण्याची क्षमता असते. त्या कठीण फळांच्या पॅकेजिंगसाठी उत्कृष्ट मानल्या जातात.
- प्लॉस्टिक क्रेट्स : हे पुनर्वापरयोग्य, स्वच्छ, वजनाला हलके असून, त्यात वायुवीजनासाठी छिद्रे ठेवलेली असतात. त्यांची पॅकेजिंगमध्ये सर्वाधिक शिफारस केली जाते.
- कार्डबोर्ड / कोरुगेटेड बॉक्स : वजनाला अत्यंत हलके व किफायतशीर असून, एकसारखे स्टॅकिंग करता येते. टॉपेटो, द्राक्षे, स्ट्रॉबेरीसाठी योग्य मानले जातात.
- स्पूट/नायलॉन/नेट बॅग : वजन कमी असून, उच्च वायुवीजनामुळे कांदा-बटाट्यासाठी उपयुक्त मानले जाते.
- सुधारित वातावरण पॅकेजिंग, चिटकणारी फिल्म (क्लिंग फिल्म), ट्रेज : यामध्ये उच्च वायू नियंत्रण होत असल्याने उत्पादनाचे आयुष्यमान वाढते. त्यामुळे उच्च मूल्ययुक्त फळांसाठी त्यांचा वापर होतो.

### पॅकेजिंगद्वारे वाहतुकीत होणारे संरक्षणाचे लाभ

- योग्य पॅकेजिंगमुळे शारीरिक नुकसान ३० ते ५०% पर्यंत कमी होते.
- दिसण्यामध्ये ताजेपणा, चमक, पोत राखली गेल्यामुळे उत्पादनाला चांगला भाव मिळतो.
- पॅकेजिंगशिवाय प्रामोण ते शहर, शहर ते राज्य, राज्य ते परदेश अशी लांब अंतरांची वाहतूक जवळपास अशक्य ठरते.
- संरक्षण + ग्रॅडिंग + माहिती देण्यासाठी लेबल महत्त्वाचे असते.

लेबलिंगमुळे माहिती नाव, दर्जा, वजन, बॅच नंबर, तारीख, तापमान सूचना, हाताळणी सूचना यांची माहिती देणे शक्य होते.

### वाहतुकीदरम्यान पॅकेजिंग कसे मदत करते?

- वाहनातील हालचालीमुळे फळे एकमेकांवर आदळतात; अशा स्थितीमध्ये पॅकेजिंगमुळे कुशागिण (संरक्षक आवरण) मिळते.
- छिद्रयुक्त पेठ्या श्वसनाने तयार होणाऱ्या उष्णतेचे वायुवीजनाद्वारे व्यवस्थापन करतात.

- शीत साखळीमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या इन्सुलेटेड बॉक्सस (तापमान नियंत्रित करणारे बॉक्स) तापमान स्थिर ठेवतात.
- पॅकेजिंग एकसारखे असल्यास ट्रक/कंटेनरमध्ये नीट रचता येते.
- हँडल्स, ग्रिप्स (पकड), हलके क्रेट्स यामुळे शेतमाल भरताना आणि उतरवताना नुकसान होत नाही.

### योग्य पॅकेजिंगचे हे निकष महत्त्वाचे

- १) वजन सहनक्षम, २) स्वच्छ, छाद्य-सुरक्षित, ३) पुरेसे वायुवीजन व्यवस्था, ४) कुशागिण असलेले, ५) पुनर्वापरयोग्य किंवा बायोडिग्रेडेबल (जिवाणू-विघटनशील), ६) खर्च-परिणामकारक, ७) गुणवत्तेनुसार आकार व मानक

### आधुनिक अन्न वाहतुकीत तंत्रज्ञानाची भूमिका

आधुनिक अन्न वाहतुकीत तंत्रज्ञानाची भूमिका अत्यंत महत्त्वपूर्ण आहे. वाहतूक ही एक वैज्ञानिक, स्वयंचलित, माहिती -आधारित आणि गुणवत्ता-केंद्रित पुरवठा साखळी व्यवस्था बनली आहे. वाढती लोकसंख्या, अन्नाची वाढलेली मागणी, शहरांत होणारा मोठ्या प्रमाणावर पुरवठा, नाशवंत उत्पादनांची वाढती किंमत, आणि ग्राहकांपर्यंत गुणवत्तापूर्ण अन्न सुरक्षितरित्या पोहोचवण्याची गरज या बाबींमुळे आधुनिक तंत्रज्ञान वापरणे अनिवार्य बनत चालले आहे.

आज अन्न वाहतुकीत तंत्रज्ञानामुळे वेग, सुरक्षा, गुणवत्ता, ट्रेसिबिलिटी, पारदर्शकता आणि खर्च-कार्यक्षमता मोठ्या प्रमाणात वाढली आहे. खाली प्रत्येक तांत्रिक घटकाची सविस्तर माहिती दिली आहे.

### शीत साखळी तंत्रज्ञान

फळे-भाजीपाला, दुग्धजन्य, समुद्री अन्न, मांस, चिकन, औषधी वनस्पती यांसारख्या नाशवंत उत्पादनांसाठी शीत साखळी अत्यावश्यक आहे.

- यात तीन मुख्य तांत्रिक घटक असतात.
- पूर्व शीतकरण तंत्र : कापणी नंतर उत्पादनाचे तापमान त्वरित कमी करणे. यासाठी ब्लॉस्ट कूलिंग, हायड्रो कूलिंग, व्हॅक्यूम कूलिंग किंवा फोर्स-एअर कूलिंग या पैकी योग्य त्या तंत्रज्ञानाचा वापर केला जातो. यामुळे श्वसन क्रिया मंदावते, वजन घट कमी होते आणि सडणे रोखले जाते.
- शीतगृह : तापमान ०°C ते १.५°C आणि आर्द्रता ८५-९५% नियंत्रित ठेवली जाते.त्यासाठी नियंत्रित वातावरणातील साठवणूक, सुधारित वातावरणातील

साठवणूक, एमार्ट सेमर्स असलेली साठवणूक यापैकी योग्य त्या प्रकाराचा वापर केला जातो. त्यामुळे उत्पादन दीर्घकाळ स्थिर व चांगले राहू शकते.

### अत्याधुनिक तंत्रज्ञानामध्ये...

- जीपीएस - आधारित तापमान रेकॉर्ड
- यामध्ये दूरस्थ तापमान नियंत्रण, साइड-डोअर ओपन सेन्सर (उष्ण हवा आत येत असल्याचा मॅग्नेटिक देगना सेन्सर) अशा आधुनिक सेन्सरमुळे उत्पादनाला तीव्र तापमानातील बदलांचे धक्के बचवता येतात. वाहतुकीमध्ये सलग थंड तापमान ठेवणे शक्य होते.
- आयओटी (Internet of Things) आधारित मॉनिटरिंग
- आधुनिक अन्न वाहतुकीत आयओटी ही क्रांतिकारी बदल करणारी प्रणाली आहे. वाहन, कंटेनर, क्रेट्स, पॅन्ट, थंड मालवाहू ट्रक यामध्ये बसवलेले सेन्सरसंयुक्त माहिती गोळा करतात. त्यात वेगवेगळे सेन्सरसंयुक्त माहिती नोंदवून प्रक्रिया सुळीत ठेवण्याचे काम करतात. उदा. तापमान सेन्सर, आर्द्रता सेन्सर, कार्बन डाय-ऑक्साइड आणि ऑक्सिजन गॅस सेन्सर, इथिलेन सेन्सर, व्हायब्रेशन आणि शाक सेन्सर, जीपीएस ट्रॅकर्स इ.

### फायदे

- उत्पादनाची स्थिती रिअल टाइम मध्ये कळते
- तापमान बदल झाल्यास त्वरित संदेश
- नुकसान अंदाज (Loss Prediction) मॉडेल तयार होते
- चोरी, वळसा, विलंब रोखता येतो
- पूर्ण पुरवठा साखळी पारदर्शक बनते

### रेडिओ फ्रिक्वेन्सी आयडेंटिफिकेशन (RFID) आणि बारकोड आधारित मागोवा प्रणाली (ट्रेसिबिलिटी)

अन्न सुरक्षा कायदे अधिक कठोर होत असल्याने उत्पादनाचा प्रत्येक टप्पा नोंदवणे आवश्यक झाले आहे. त्यासाठी रेडिओ फ्रिक्वेन्सी आयडेंटिफिकेशन (RFID) तंत्र महत्त्वाचे असून, त्याद्वारे लांब अंतरावरून लेबल वाचन होते, मोठ्या कंटेनर, ट्रक, पॅन्ट यामध्ये उत्पादन नेमके कोठे आहे, हे शोधता येते. त्याची माहिती (डेटा) आपोआप कॅम्प्युटरमध्ये नोंदवली जाते. बारकोड / स्कुआर कोड ही उत्पादनाच्या मागोवा घेण्यासाठी उत्तम ठरते. प्रत्येक क्रेट, बॉक्स, बॅच, लॉट वर कोड नोंदवला जातो. तो स्कॅन करताच उत्पादनाची सर्व माहिती उपलब्ध होते.

त्यामुळे शेतापासून ग्राहकांपर्यंत पोहोचण्यात सर्व टप्प्यावरील उत्पादनाचा मागोवा (ट्रॅकिंग) शक्य होतो. उत्पादन कुठून आले, कोणो पॅक केले, प्रत्येक वेळेवरील तापमान काय होते, याच्या सर्व नोंदी तपासता येतात. आंतरराष्ट्रीय व्यापारात हे अत्यावश्यक बनले आहे.

### गाड्यांच्या समूहाची व्यवस्थापन प्रणाली (फ्लॉट मॅनेजमेंट सिस्टिम)

मोठ्या ट्रान्सपोर्ट कंपन्यांमध्ये वाहन व्यवस्थापनासाठी डिजिटल प्रणाली वापरतात. यामध्ये वाहनमार्गाची कार्यक्षमता सुधारणे (रूट ऑप्टिमायझेशन), वाहनाचे रिअल-टाइम स्थान निश्चित करणे, इंधन वापर मोजणे, वाहन चालकाच्या चालविण्याचे विश्लेषण, शीतकरण यंत्रातील तापमान माहिती यांच्या नोंदी सातत्याने घेतल्या जातात. त्यामुळे वाहतुकीचा खर्च २० ते ३०% ने कमी होतो. उत्पादनाचे नुकसानही लक्षाणीयरीत्या घटते.



वाहतुकीमध्ये उत्पादनाच्या सुरक्षिततेसाठी पॅकेजिंग व त्यांची संरचना महत्त्वाची ठरते. (एआय निर्मित)

# वाहतुकीमध्ये सुरक्षिततेसाठी पॅकेजिंगचे महत्त्व

» पान ११ वरून

## कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित मागणी अंदाज (AI Demand Forecasting)

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) आणि यंत्र शिक्षण (ML मशीन लर्निंग) च्या मदतीने मागणीचा अंदाज घेता येतो. उदा. कोणत्या शहरात किती मागणी वाढेल? कोणत्या हंगामात कोणते फळ/भाजीचे उत्पादन किती लागणार? कोणत्या दिवसात कोणत्या मार्गावर वाहतूक जास्त असेल?

पावसामुळे कोणत्या दिवशी विलंब होईल? याचा अंदाज अचूकपणे लावता येतो. यामुळे वाहतूक नियोजन, भांडारगृह (वेअरहाऊस) वितरण आणि नुकसान टाळणे अत्यंत सोपे होते.

## ड्रोन व स्वयंचलित वाहतूक

ड्रोन आणि स्वयंचलित वाहने ही भविष्यातील अन्न वाहतुकीची नवी दिशा आहे.

दुर्गम प्रांतीय किंवा आपत्तीजन्य भागात छोटे पॅकेज त्वरित पोहोचविण्यासाठी ड्रोन उपयोगी ठरू शकतात.

ते कोणत्याही जोखमीविना ताजे अन्न घेऊन २० ते ४० मिनिटांत दूरवर पोचू शकते.

स्वयंचलित वाहनामध्ये मोठ्या प्रमाणात व २४ तास सतत अन्न पुरविण्याची क्षमता आहे.

त्यातील तापमान नियंत्रण अचूक राहून मानवी त्रुटी टाळल्या जातात.

## स्मार्ट पॅकेजिंग तंत्रज्ञान

आजचे पॅकेजिंग फक्त संरक्षण करत नाही तर उत्पादन व बाह्य परिस्थितीशी संवाद साधता आवश्यक ते बदल स्वतःमध्ये करू शकते. अशा स्मार्ट पॅकेजिंगमध्ये इथिलीन शोपक फिल्म,

ऑक्सिजन नियंत्रित पॅकेजिंग, ओलावा प्रतिबंधक आवरण, तापमान-वेळ दर्शक लेबल, रंग बदलणारा ताजेपणा दर्शक यांचा समावेश केलेला असतो.

## ब्लॉकचेन आधारित डेटा सुरक्षा

आंतरराष्ट्रीय व्यापारात अन्न सुरक्षिततेसाठी ब्लॉकचेन अत्यावश्यक होत आहे.

यामुळे माहितीमध्ये फेरफार करता येत नाही, पारदर्शकता १००% ठेवणे शक्य होते. ग्राहकाला उत्पादनाचा संपूर्ण इतिहास दिसतो आणि पुरवठा साखळीत विश्वास वाढतो

## डिजिटल लॉजिस्टिक्स प्लॅटफॉर्म

आज अनेक ऑनलाइन प्लॅटफॉर्म उपलब्ध आहेत. उदा. ट्रक अॅग्रीगेटर ॲप्स (Truck Aggregator Apps), नियंत्रित तापमान साखळी बुकिंग प्लॅटफॉर्म (Cold Chain Booking Platforms), शेतकरी ते शहर थेट वितरण प्रणाली (Farmer to City Delivery Platforms)

यामुळे शेतकरी, व्यापारी, कंपनी आणि वाहतूकदार थेट जोडले जातात. अंतर, वाहन क्षमता, तापमान, खर्च या सर्व गोष्टी एकदाच दिसतात.

- डॉ. विक्रम कड ०७५८८०२४६९७

कृषी प्रक्रिया अभियांत्रिकी विभाग, महात्मा फुले कृषी विद्यापीठ, राहुरी