

प्रक्रियेतील नवे तंत्र

# साठवणूक : शीतसाखळी अन् गुणवत्ता व्यवस्थापन



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

केवळ एखाद्या खोलीमध्ये शेतीमाल ठेवणे म्हणजे साठवणूक नव्हे, हे पहिल्यांदा लक्षात घेतले पाहिजे. ठेवलेल्या शेतीमालाची चयापचय प्रक्रिया मंद करून ती जास्तीत जास्त 'सुप्तस्थे' (Dormant Stage) नेणे म्हणजे खऱ्या अर्थाने साठवणूक होय. यामुळे शेतीमालाचे काळजीनेर आयुष्य वाढवण्यास मदत होते. अन्न प्रक्रिया उद्योग मंत्रालयाच्या अभ्यासानुसार, साठवणुकीच्या योग्य तंत्रज्ञानाचा अवलंब केल्यास शेतीमाल खराब न होता दीर्घकाळ (५० टक्के ते २०० टक्के अधिक) टिकवता येतो. परिणामी, शेतीमाल तातडीने विक्री करण्याची गरज कमी होते. परिणामी शेतकरी बाजारत चांगला दर मिळवण्यात वाट पाहू शकतात.

तांत्रिक मानकांचे संदर्भ

शीतगृह (कोल्ड स्टोअरेज) चालवितांना खालील आंतरराष्ट्रीय आणि राष्ट्रीय मानकांचे पालन करणे आवश्यक असते.

- आयएसओ (ISO) १२२२:१९९५ : फळे आणि भाजीपाल्याच्या शीतगृहासाठी तांत्रिक मार्गदर्शक तत्त्वे.
- राष्ट्रीय फलोत्पादन मंडळ (NHB) : शीतगृहांची उभारणी, ठरवतापोषक व्यवस्था (फक्त फ्लेस आणि प्रशीतन घराचे (शीतकरण खमतेचे) तांत्रिक निकष.
- अपेडा (APEDA) नियमावली : निर्यातक्षम शेतीमालाची निर्यातीपूर्वीची साठवणूक आणि स्वच्छतेचे नियम.

साठवणुकीचे प्रमुख तांत्रिक आधारस्तंभ

- **तापमान व्यवस्थापन**  
प्रत्येक पिकाचा एक विशिष्ट 'गोठणबिंदू' ('फ्रीझिंग पॉइंट') आणि साठवणुकीसाठी 'आदर्श तापमान' ('ऑप्टिमम स्टोअरेज टेम्परेचर') असते. आयुनिक कोल्ड स्टोअरेजमध्ये थर्मोस्टॅटची अचूकता  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  राखली जाते. मात्र ठरवून दिलेल्या मर्यादेपेक्षा तापमान कमी झाले, तर फळांच्या पेशी मरतात. याला 'चिलिंग इन्ज्युरी' म्हणतात. उदा. आंबा  $13^{\circ}\text{C}$  च्या खाली किंवा केळी  $12^{\circ}\text{C}$  च्या खाली ठेवल्यास काळी पडतात.
- **सापेक्ष आर्द्रता व्यवस्थापन**  
ताज्या फळांमध्ये पाण्याचा अंश साधारणपणे ९० ते ९५ टक्के असतो. साठवणूक गृहातील हवेची सापेक्ष आर्द्रता कमी झाले, तर फळे आणि सपोवताली हवा यांच्यातील वाष्पदाबातील तफावतीमुळे (Vapor Pressure Deficit) फळांमधील पाण्याचे वेगाने बाष्पोत्सर्जन होते. परिणामी, फळे सुकतात, आर्कचन पावतात आणि त्यांच्या वजनत लक्षणीय घट होते.
- **ह्री हानी टाळण्यासाठी साठवणूकगृहात अतिध्वनिक आर्द्रता-निर्मिती यंत्रणा** (अल्ट्रासोनिक ह्युमिडिफायर्स) वापर केला जातो. त्याद्वारे साठवणूक गृहातील हवेतील सापेक्ष आर्द्रता ८५ ते ९५ टक्क्यांच्या दरम्यान नियंत्रित ठेवली जाते. (अपवाद : कांदा आणि लसूण यांसारख्या पिकांच्या साठवणुकीसाठी तुलनेने कमी आर्द्रतेची आवश्यकता असते.)

इथिलीन आणि वायू सुसंगतता

- **इथिलीन विसंगतता** : सफरचंद, आंबा आणि केळी यांसारखी काही फळे नैसर्गिकरित्या मोठ्या प्रमाणावर इथिलीन वायूचे उत्सर्जन करतात. या वायूच्या संपर्कात आल्यास पालेभाज्या आणि फुलकांची यांसारखी 'इथिलीन-संवेदनशील' उत्पादने अकाली पिकतात आणि



शीतकक्षामध्ये शेतीमाल ठेवताना योग्य त्या काळजी घेणे गरजेचे असते. त्यामुळे उत्पादने जास्त काळ टिकवणे शक्य होते.

विविध शेतीमालासाठी साठवणूक मानकांचा तक्ता			
खालील तक्त्यात फळांनुसार आदर्श तापमान आणि आर्द्रतेचे निकष दिले आहेत			
शेतीमालाचा प्रकार	आदर्श तापमान ( $^{\circ}\text{C}$ )	आर्द्रता (RH टक्के)	साठवणूक काळ (अंदाजे)
द्राक्षे	$-0.4^{\circ}\text{C}$ ते $0^{\circ}\text{C}$	९० टक्के - ९५ टक्के	६० - ९० दिवस
डाळिंब	$4^{\circ}\text{C}$	९० टक्के - ९५ टक्के	२ - ३ महिने
आंबा	$12^{\circ}\text{C}$ ते $13^{\circ}\text{C}$	८५ टक्के - ९० टक्के	२ - ३ आठवडे
कांदा	$0^{\circ}\text{C}$ (शीत) / $24^{\circ}\text{C}$ (हवा खेळती असलेले)	६५ टक्के - ७० टक्के	५ - ६ महिने
बटाटा	$4^{\circ}\text{C}$ ते $7^{\circ}\text{C}$	९० टक्के - ९५ टक्के	६ - १० महिने
हिरवी मिरची	$7^{\circ}\text{C}$ ते $10^{\circ}\text{C}$	टक्के - ९५ टक्के	१० - १४ दिवस
सफरचंद	$0^{\circ}\text{C}$ ते $1^{\circ}\text{C}$	९० टक्के - ९५ टक्के	४ - ६ महिने (नियंत्रित वातावरण साठवणूकमध्ये जास्त)

लवकर खराब होतात. म्हणूनच, इथिलीन उत्सर्जक आणि इथिलीन संवेदनशील शेतीमाल एकाच साठवणूकगृहात ठेवू नये.

- **उपाचययोजना** : साठवणूकगृहातील हवेत साठलेला अतिरिक्त इथिलीन वायू शोषून घेण्यासाठी 'पोटेशियम परमँगनेट' (KMnO<sub>4</sub>) युक्त 'इथिलीन शोषक' (Ethylene Scavengers/Filters) बसवले जातात. हे रसायन इथिलीनचे ऑक्सिडीकरण (Oxidation) करून त्याचे प्रमाण सुरक्षित पातळीवर ठेवते.
- **वायुविजन** : साठवणुकीदरम्यान शेतीमालाच्या श्वसन प्रक्रियेतून सातत्याने बाहेर पडणारा कार्बन डायऑक्साइड (CO<sub>2</sub>) आणि साठलेली उष्णता बाहेर काढण्यासाठी साठवणूकगृहात योग्य वायुवीजन झडपांची व्यवस्था असणे अत्यंत आवश्यक आहे.

त्यासाठी शेतीमालाची शाखशुद्ध मांडणी (स्टॅकिंग) आणि हवेचे अभिसरण (एअर फ्लो) अत्यंत आवश्यक असते. शीतगृहातील थंड हवा प्रत्येक फळांपर्यंत समान प्रमाणात पोहोचण्यासाठी प्रयत्न करावे लागतात. फॅनेटर्सचा वापर आणि योग्य अंतर : फळांच्या पेठ्या थेट जमिनीवर न ठेवता, त्या नेहमी लकडी किंवा प्लॅस्टिकच्या 'फॅनेटर्स'वर ठेवाव्यात. हवेच्या प्रवाही अभिसरणासाठी पेठ्यांची धप्या आणि शीतगृहाची भिंत यांच्यामध्ये किमान १ फूट (३० सेंमी) मोकळे अंतर असावे.

तसेच फॅनेटर्समुळे जमिनीपासून ३ ते ६ इंच (सुमारे १० ते १५ सेंमी) अंतर राखले जाते. यामुळे सर्व बाजूंनी हवेचा प्रवाह खेळता राहून शेतीमालाचे तापमान नियंत्रित राहण्यास मदत होते.

- **'प्रथम-आवक, प्रथम-जावक' (FIFO) तत्त्व** : गोदामात किंवा शीतगृहात मालाची साठवणूक करताना 'जो माल आधी आला, तोच आधी बाजारत गेला पाहिजे' या 'प्रथम-आवक, प्रथम-जावक' (FIFO - First In, First Out) तत्त्वाचा अवलंब केला जातो. मालाचे योग्य साठा व्यवस्थापन (इन्व्हेन्टरी मॅनेजमेंट) करण्यासाठी प्रत्येक फॅनेटवर 'बॅच कोड' आणि 'तारीख' यांची स्पष्ट नोंद असलेले लेबल लावणे तांत्रिकदृष्ट्या आवश्यक असते. यामुळे जुना माल खराब होण्याआधीच विक्रीसाठी पाठवता येतो.

साठवणुकीचे विविध प्रकार

- **सामान्य शीतगृह (Cold Storage)** : यामध्ये प्रामुख्याने केवळ तापमान आणि सापेक्ष आर्द्रता नियंत्रित केली जाते. यामुळे सूक्ष्मजीवांची वाढ आणि फळांमधील पाण्याचा न्हास कमी होऊन शेतीमाल सुरक्षित राहतो. (उदा, द्राक्षे, डाळिंब)
- **नियंत्रित वातावरण साठवणूक (CA Storage)** : हे साठवणुकीचे अत्यंत प्रगत तंत्रज्ञान आहे. यामध्ये तापमान

आणि आर्द्रतेव्यतिरिक्त हवेतील वायूंचे प्रमाणही अचूकपणे नियंत्रित केले जाते. ऑक्सिजनची (O<sub>2</sub>) पातळी २ टक्के ते ३ टक्क्यांपर्यंत कमी केली जाते आणि कार्बन डायऑक्साइडचे (CO<sub>2</sub>) प्रमाण आवश्यकतेनुसार वाढवले जाते. यामुळे फळांचा श्वसन दर घटवतो (उपयुक्तता : सफरचंद, पेरू, किडी यांसारख्या फळांची टिकवणुकक्षमता या तंत्रामुळे ६ महिन्यांपर्यंत वाढवता येते.)

- **फळपिकवण कक्ष (रायपरिंग कॅम्ब)** : हा कक्ष साठवणुकीसाठी नसून, फळे शाखशुद्ध आणि सुरक्षित पद्धतीने पिकवण्यासाठी वापरण्यात येतो. यामध्ये नियंत्रित तापमान (१८ $^{\circ}\text{C}$  ते २० $^{\circ}\text{C}$ ) आणि योग्य आर्द्रित नैसर्गिक फळ पिकवण संप्रिक असलेल्या 'इथिलीन' वायूचा पुरवठा केला जातो. यामुळे केळी किंवा आंबा यांसारखी फळे नैसर्गिक प्रक्रियेप्रमाणेच, आकर्षक रंगात आणि एकसारखी पिकतात.

स्वच्छता आणि दस्तऐवजीकरण व्यवस्थापन (Hygiene & Documentation)

अपेडा (APEDA) आणि 'भारतीय अन्न सुरक्षा आणि मानके प्राधिकरण'च्या (FSSAI) सुधारणात्मक निकषानुसार साठवणूक केंद्रांचे स्वच्छतेसाठी (Hygiene) प्रक्रियेचे फोटोकोम पाळून ठेवणे आवश्यक असते. तसेच दस्तऐवज ठेवणे स्वच्छता म्हणजेच त्यांच्या अचूक नोंदी (Documentation) ठेवणे बंधनकारक असते.

- **दैनंदिन नोंदवही (Daily Log)** : साठवणूक कक्षातील तापमान आणि सापेक्ष आर्द्रतेची दर दोन तासांनी नियमित आणि अचूक नोंद ठेवणे.
- **कीड नियंत्रण (पेस्ट कंट्रोल)** : साठवणूक कक्ष पूर्णपणे कीडमुक्त ठेवण्यासाठी शाखशुद्ध पद्धतीने उंदीर प्रतिबंधक आणि कीटक पकडणारे सापळे लावणे, तसेच त्यांच्या नियमित तपासनाचा अहवाल अद्ययावत ठेवणे.
- **निर्जंतुकीकरण (सॅनिटायझेशन)** : साठवणुकीतील आधीचा शेतीमाल बाहेर काढल्यानंतर आणि नवीन मालाची साठवणूक सुरू करण्यापूर्वी, संपूर्ण कक्षाचे प्रमाणित रसायनांचा वापर करून सखोल निर्जंतुकीकरण करणे.

विशेष सल्ला

- **तीव्र गंध उत्सर्जित करणारी पिके** (उदा. कांदा, लसूण) आणि ती गंध शोषून घेणारी फळे कधीही एकाच शीतगृहात साठवू नयेत.
- **नैसर्गिकरित्या 'इथिलीन' वायू सोडणारी फळे** (उदा. पिकलेला आंबा) आणि इथिलीनला संवेदनशील असणाऱ्या हिरव्या पालेभाज्या एकाच साठवणुका, भाज्या पिवळ्या पट्टे लवकर खराब होतात. साठवणुकीतील या समस्येला तांत्रिक पाठोपाठ 'परस्परेटिव्हिटीकरण' किंवा अधिक अचूकपणे 'गंधाचे संक्रमण आणि इथिलीनचा प्रादुर्भाव' असे म्हटले जाते.