इकाई 6 द्रुतशीतन

इकाई की रूपरेखा

6.0 उद्देष्य
6.1 प्रस्तावना
6.2 प्रशीतन
6.3 प्रशीतन लोड का निर्धारण
6.4 फलों व सब्जियों का प्रशीतित भंडारण
6.5 फलों व सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति
6.6 वाष्पन शीतलन भंडारण प्रणाली
6.7 सारांश
6.8 शब्दावली
6.9 बोध प्रश्नों के उत्तर
6.10 उपयोगी पुस्तकें

6.0 उद्देष्य

इस इकाई का अध्ययन करने के बाद आपः

- द्रुतशीतन एवं प्रशीतन चक्र का वर्णन कर सकेंगे;
- फलों व सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति तथा उनकी प्रशीतित (रेफ्रीजरेटिड) आवश्यकताओं की व्याख्या कर सकेंगे; और
- वाष्पन शीतलन की परिभाषा दे सकेंगे।

6.1 प्रस्तावना

आपको ज्ञात है कि फल व सब्जियां अत्यंत नाजुक और शीघ्र खराब होने वाली जिंसें हैं तथा ये खाद्यान्नों की तुलना में जल्दी विकृत हो जाते हैं। ऐसा इनमें मूलतः नमी के उच्च अंश के कारण होता है। इस प्रकार की शीघ्र खराब होने वाली फसलों की विकृति को तापमान, आर्द्रता तथा वातावरण में गैसों की सांद्रता जैसी कटाई उपरांत पर्यावरणीय स्थितियों को नियंत्रित करके रोका जा सकता है। तापमान को नियंत्रित करने के लिए द्रुतशीतन (चिलिंग) एक महत्वपूर्ण विधि है। सही मायने में कहा जाए तो द्रुतशीतन से तात्पर्य खाद्य पदार्थों में बिना बर्फ का निर्माण किए उसके तापमान को कम करना है। यह द्रुतशीतन की प्रक्रिया तब पूरी मानी जाती है जब उत्पाद का औसत तापमान उसके भंडारण या प्रसंस्करण के लिए वांछित तापमान के लगभग बराबर हो जाता है।

मुख्य उद्देश्यों की दृष्टि से द्रुतशीतन क्रिया को 3 मुख्य प्रकारों में बांटा गया हैः

i) परिरक्षण के लिए द्रुतशीतन;

ii) वांछित जीवविज्ञानी तथा जैवरासायनिक प्रक्रियाओं के विकास के लिए द्रुतशीतन;

iii) कुछ भौतिक–रासायनिक गुणों में अस्थाई परिवर्तन लाकर कुछ प्रसंस्करण उपचारों को सरल बनाने हेतु द्रुतशीतन।

परिरक्षण के लिए द्रुतशीतन का उद्देश्य उत्पाद अर्थात फलों व सब्जियों की निधानी आयु को बढ़ाना अथवा सजीव उत्पाद के टिकाऊपन संबंधी गुण को बनाए रखना है। ऐसा मुख्यतः निम्न तापमान पर चयापचयनी सक्रियता में कमी लाकर किया जा सकता

है। द्रुतशीतन से पाश्चुरीकृत और निर्जीवाणुकृत डिब्बाबंद खाद्य पदार्थों का भंडारण काल भी बढ़ाया जा सकता है।

वांछित जीवविज्ञानी तथा जैवरासायनिक प्रक्रियाओं के विकास हेतु द्रुतशीतन की प्रक्रिया में बियर तथा मदिरा का किण्वन, मांस का जीर्णन तथा चीज़ आदि जैसे अनेक डेरी उत्पादों का प्रसंस्करण सम्मिलित हैं।

प्रसंस्करण उपचारों को सुविधाजनक बनाने के लिए किसी उत्पाद के कुछ भौतिक–रासायनिक गुणों में अस्थाई परिवर्तन का उपयोग बेकरी उत्पादों, चॉकलेट, मक्खन, मार्जिरीन आदि के प्रसंस्करण में किया जाता है। तथापि, यह वर्तमान इकाई के क्षेत्र में नहीं आता है, अतः हम यहां केवल द्रुतशीतन द्वारा परिरक्षण तक ही सीमित रहेंगे। वर्तमान इकाई में हम अपने प्रथम उद्देश्य अर्थात परिरक्षण के लिए द्रुतशीतन पर अपना ध्यान केन्द्रित करेंगे।

प्रशीतन फलों व सब्जियों के द्रुतशीतन या निम्न ताप पर भंडारण की सर्वाधिक सामान्य विधि है। प्रशीतित भंडारण के माध्यम से खराब होने वाली फसलों की निम्नलिखित विकृतियों को रोका जाता है:

- परिपक्वन, मृदुकरण, बनावट तथा रंग में परिवर्तनों के कारण जीर्णन;
- अवांछित चयापचयनी परिवर्तन तथा श्वसन के परिणामस्वरूप ऊष्मा का उत्पादन;
- नमी की क्षति तथा मुर्झान;
- आक्रमणकारी जीवाणुओं, फफूंदों व यीस्ट (खमीर) के कारण विकृति; और
- आलुओं में अंकुरण जैसी असामान्य वृद्धि।

प्रशीतन का सर्वाधिक महत्वपूर्ण कार्य फसलों में श्वसन का नियंत्रण है। श्वसन से ऊष्मा उत्पन्न होती है, क्योंकि इस प्रक्रिया में फसलों की कोशिकाओं में शर्कराओं, वसाओं और प्रोटीनों का ऑक्सीकरण होता है। श्वसन के माध्यम से खाद्य पदार्थों में भंडारित इन पदार्थों की कमी का अर्थ है, उन खाद्य पदार्थों के मूल्य में कमी, उनके गंध व स्वाद में क्षति तथा भार में अवांछित ह्रास और उनमें अधिक शीघ्रता से विकृति का उत्पन्न होना। किसी उत्पाद की श्वसन दर से उसकी कटाई उपरांत निधानी आयु का निर्धारण होता है। भंडारण तापमान जितना उच्च होगा, श्वसन की दर भी उतनी ही उच्च होगी। तापमान के अतिरिक्त आर्द्रता और गैसों की सांद्रता भी महत्वपूर्ण होती है। इनके प्रभावों का अध्ययन करने से पूर्व सर्वप्रथम हमें यह जान लेना चाहिए कि प्रशीतक किस प्रकार कार्य करता है।

6.2 प्रशीतन

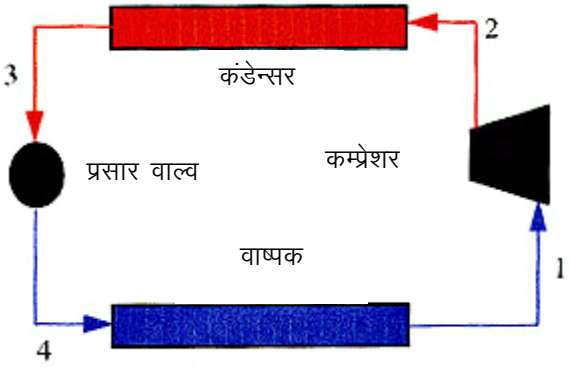
रेफ्रीजरेटर चक्र, प्रणाली से ऊष्मा को हटाकर किसी उत्पाद को ठंडा करने, के सिद्धांत पर आधारित होता है। विज्ञान का छात्र होने के नाते आपने कारनेट इंजन के विषय में अवश्य पढ़ा होगा। वस्तुतः प्रशीतन कारनेट इंजन के विपरीत होता है। प्रशीतन चक्र में रेफ्रीजरेंट नामक तरल का उपयोग ऊष्मा को एक स्थान से दूसरे स्थान तक हस्तांतरित करने के लिए किया जाता है। यह किस प्रकार कार्य करता है, इसे समझने के लिए हमें यह जानना होगा कि समान दबाव पर रेफ्रीजरेंट, पानी की तुलना में, काफी कम तापमान पर खौलने लगता है। उदाहरण के लिए घरेलू रेफ्रीजरेटरों में सामान्य तौर पर उपयोग होने वाला रेफ्रीजरेंट 40 और 50^0F (4.4–10^0 C) तापमान पर खौलता है, जबकि जल का क्वथनांक 212^0F (100^0 C) होता है। मूल घरेलू प्रशीतक में सामान्यतः अमोनिया को रेफ्रीजरेंट के रूप में उपयोग में लाया जाता था। शुद्ध अमोनिया गैस लोगों के लिए अत्यधिक विषाक्त होती है और यदि प्रशीतक में कोई रिसाव होने लगे तो यह जनसामान्य के लिए अत्यंत घातक हो सकता है। इसलिए सभी घरेलू प्रशीतकों में शुद्ध अमोनिया का उपयोग नहीं होता है। आपने CFCs (क्लोरोफ्लोरोकार्बन्स) के विषय में सुना होगा। इनका विकास मूलतः ड्यू पोंट ने 1930 में अमोनिया के विकल्प के रूप में

गैर–विषाक्त पदार्थ के रूप में किया था। CFCs (क्लोरोफ्लोरोकार्बन्स) का क्वथनांक लगभग वही होता है जो अमोनिया का होता है। तथापि, ये मनुष्यों के लिए विषाक्त नहीं है, अतः इन्हें घरेलू उपकरणों में उपयोग करना सुरक्षित है। तथापि, अनेक बड़े औद्योगिक प्रशीतकों में अब भी अमोनिया का उपयोग किया जाता है। वर्ष 1970 में यह खोजा गया कि प्रशीतकों में उपयोग की जाने वाली CFCs ओज़ोन पर्त के लिए हानिप्रद हैं। अतः 1990 के दशक और उसके बाद जो सभी नए प्रशीतक और वातानुकूलित यंत्र बने हैं उनमें ऐसा प्रशीतकों का उपयोग किया जाता है जो ओज़ोन पर्त के लिए कम हानिकारक हों। आजकल फ्रेयॉन को एक सामान्य रेफ्रीजरेंट के रूप में उपयोग में लाया जाता है। अब हम प्रशीतन चक्र का अध्ययन करेंगे।

प्रत्येक रेफ्रीजरेटर में कम से कम चार मुख्य भाग होते हैं:

i) कम्प्रेशर
ii) ऊष्मा विनिमायक पाइप (ये कंडेंसर भी कहलाते हैं)
iii) प्रसार वाल्व
iv) रेफ्रीजरेंट

अब हम उस प्रक्रिया के बारे में जानेंगे जिसके अंतर्गत किसी रेफ्रीजरेंट के क्वथन या उबलने तथा संघनन से ऊष्मा की गति होती है। चाहे रेफ्रीजरेटर में हो, एयरकंडीशनर में अथवा ऊष्मा पम्प में, यह प्रक्रिया एक समान ही होती है। नीचे दिए गए चित्र में बंद लूप प्रणाली का विवरण दिया गया है (चित्र 6.1)।



चित्र 6.1: वाष्प सम्पीड़न प्रशीतन चक्र

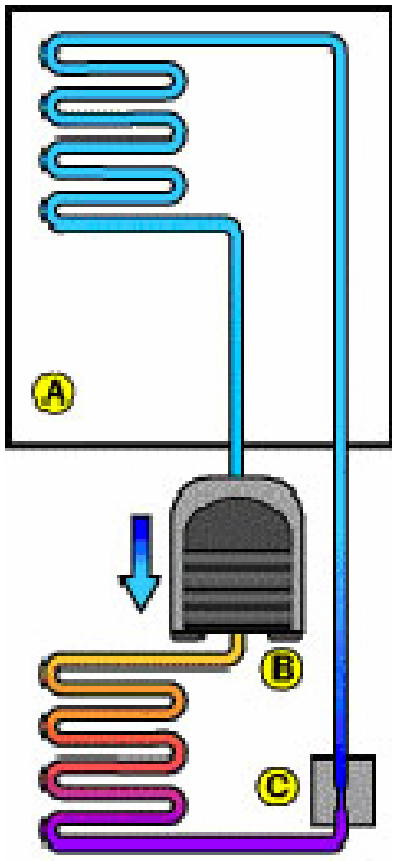
उक्त चित्र में प्रशीतन चक्र को सरल और चरणबद्ध प्रक्रिया के रूप में दर्शाया गया है जहां इसके संबंधित भाग रेफ्रीजरेटर में फिट होते हैं। अब इन चारों भागों की विस्तार से व्याख्या की जाएगी। सर्वप्रथम हम वाष्पक से आरंभ करते हैं। जैसा कि नाम से ही स्पष्ट है रेफ्रीजरेंट वाष्पक में 'वाष्पित' होता है। वाष्पक में प्रवेश करने पर तरल रेफ्रीजरेंट का तापमान 40 और 50^0 फारेनहाइट (4.4 और 10^0 सेन्टीग्रेड) के बीच होता है और यहां यह तापमान में परिवर्तन किए बिना ऊष्मा अवशोषित करता है तथा तरल अवस्था से वाष्प अवस्था में परिवर्तित हो जाता है। ऊष्मा उष्ण नम कक्ष से आती है और वाष्पक कुण्डली के आर–पार वायु प्रवाहित होती है। जैसे ही यह वाष्प ठंडी कुण्डली पर प्रवाहित होती है यह कुछ ऊष्मा छोड़ती है और इसमें से नमी संघनित हो जाती है। शीतलक में सुखाई गई कक्ष की वायु ब्लोअर के माध्यम से शीतलित स्थान पर पुनः परिचालित होती है।

वाष्प अवस्था का शीतलक अब कम्प्रेशर में आता है जो मूलतः एक पम्प है जिससे दबाव बढ़ता है और इस प्रकार रेफ्रिजरेंट प्रणाली में गति करता है। एक बार जब रेफ्रिजरेंट सम्पीड़क (कम्प्रेशर) से होकर गुजरता है तो यह प्रणाली के 'उच्च' पक्ष की ओर जाता है। कोई भी वस्तु जब दबाव के अंतर्गत आती है तो बढ़े हुए दबाव के कारण रेफ्रीजरेंट का तापमान भी बढ़ जाता है। जैसे ही रेफ्रीजरेंट सम्पीड़क के बाहर निकलता है, इसका तापमान उच्च (लगभग 120 से 140^0 फारेनहाइट अथवा 48.8 से 60^0 सेन्टीग्रेड) होने के कारण यह तप्त वाष्प के रूप में होता है।

इसके पश्चात यह ऊष्मा विनिमायक में प्रवाहित होता है, जो शीतलन के दौरान सम्पीड़क या कम्प्रेशर के रूप में कार्य करता है। यहां वाष्प रेफ्रीजरेंट तरल स्वरूप में परिवर्तित हो जाता है। संघनित होने के साथ–साथ यह लूप में ऊष्मा विसर्जित करता है जो पम्प द्वारा परिचालित होती है। लूप में उपस्थित जल कुण्डलियों से ऊष्मा ग्रहण कर लेता है क्योंकि ये कुण्डलियां इस अवस्था में भी 120 डिग्री अधिक शीतल होती हैं।

जब रेफ्रीजरेंट कंडेंसर के बाहर निकलता है तब यह अपेक्षाकृत ठंडा होता है। तथापि, इस पर वह दबाव उपस्थित होता है जो सम्पीड़क द्वारा उत्पन्न किया जाता है। कंडेंसर से रेफ्रीजरेंट प्रसार वाल्व में आता है। इस प्रसार वाल्व में उच्च दबाव वाला रेफ्रीजरेंट ठंडे तरल द्वारा निम्न दबाव पर लाया जाता है। दबाव में इस कमी के परिणामस्वरूप वाष्पन के तत्काल बाद रेफ्रीजरेंट का प्रसार होता है। वाष्पन के परिणामस्वरूप ऊष्मा अवशोषित होती है जिससे रेफ्रीजरेंट ठंडा हो जाता है। जैसे ही ठंडा तरल रेफ्रीजरेंट वाष्पक में प्रवेश करके कक्ष के तापमान पर आता है, यह चक्र पूरा हो जाता है। शरद ऋतु में व्युत्क्रमणशील (रिवर्सिंग) वाल्व रेफ्रीजरेटर में उपस्थित कुण्डली को सम्पीड़क या कंडेंसर के रूप में तथा ऊष्मा विनिमायक को वाष्पक के रूप में कार्य करने योग्य बनाता है।

संक्षेप में प्रशीतन में उपस्थित कुण्डली तथा रेफ्रीजरेंट में उपस्थित जल ऊष्मा विनिमायक में प्रावस्था परिवर्तन लाता है, जो क्वथन अथवा संघनन के माध्यम से ऊष्मा के अवशोषण या विमोचन द्वारा होता है। कम्प्रेशर तथा प्रसार वाल्व दबाव परिवर्तन उत्पन्न करते हैं। यह दबाव कम्प्रेशर द्वारा बढ़ता है और प्रसार वाल्व द्वारा कम होता है, जैसा कि चित्र 6.2 में दर्शाया गया है।



A – प्रशीतन के अंदर
B – सम्पीड़क या कम्प्रेशर
C – प्रसार वाल्व

चित्र 6.2: रेफ्रीजरेटर का पृष्ठ पैनल

बोध प्रश्नों के लिए अभ्यास 1

नोट : क) अपने उत्तर के लिए रिक्त स्थान का प्रयोग करें।
ख) अपने उत्तर का मिलान इकाई के अंत में दिए गए उत्तरों से करें।

1. द्रुतशीतन क्या है?

.....

.....

.....

.....

.....

2. रेफ्रीजरेटर में वास्तविक प्रावस्था परिवर्तन कहां होता है?

.....

.....

.....

.....

.....

3. रेफ्रीजरेटर में उपयोग किए जाने वाले सामान्य रेफ्रीजरेंट कौन–कौन से हैं?

.....

.....

.....

.....

.....

6.3 प्रशीतन भार (रेफ्रीजरेशन लोड) का निर्धारण

यदि हम किसी उत्पाद को ठंडा करना चाहते हैं तो हमें उसमें से ऊष्मा हटानी होगी और विशिष्ट निम्न तापमान सृजित करना होगा। हटाई गई यह ऊष्मा 'प्रशीतन भार' कहलाती है। दूसरे शब्दों में प्रशीतन भार को ऊष्मा की उस मात्रा के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जिससे उत्पाद का तापमान इसके आरंभिक तापमान से कम करके उस तापमान तक लाया जाता है जिसमें खाद्य पदार्थ अच्छी हिमित (फ्रोज़ेन) दशा में बना रहता है। इसकी गणना ब्रिटिश थर्मल यूनिटों (Btu), कैलोरीज़ (cal) अथवा जूल्स (J) में की जाती है। वास्तव में अब इसके स्थान पर यूनिटों की अंतरराष्ट्रीय प्रणाली या इंटरनेशनल सिस्टम (SI) का अनुप्रयोग किया जाता है, जिसमें जूल और ग्राम को

क्रमशः ऊष्मा और भार की इकाई के रूप में व्यक्त किया जाता है (एक Btu = 252 कैलोरीज़ = 1055 जूल्स = 1.055 KJ)।

एक Btu अथवा ब्रिटिश थर्मल यूनिट को ऊष्मा की उस मात्रा के रूप में परिभाषित किया जाता है जो एक पाउंड जल के तापमान को सामान्य वातावरणीय दबाव पर $32^{\circ}F$ से $212^{\circ}F$ के परिसर में $1^{0}F$ बढ़ा या कम कर देती है।

कैलोरी ऊष्मा की वह मात्रा है जो सामान्य वातावरणीय दबाव पर 1 ग्राम जल का तापमान $1^{\circ}C$ घटा या बढ़ाकर 14.5 से $15.5^{\circ}C$ तक कर देती है।

किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा उसकी ऊष्मा क्षमता और जल का अनुपात है। दोनों ही मामलो में जल की विशिष्ट ऊष्मा 1 मानी जाती है। इस प्रकार, ब्रिटिश प्रणाली में विशिष्ट ऊष्मा है

$$\frac{\text{पदार्थ के इकाई द्रव्यमान का तापमान } 1^{0}C \text{ बढ़ाने/कम करने के लिए वांछित ऊष्मा}}{\text{जल के इकाई द्रव्यमान का तापमान } 1^{0}C \text{ बढ़ाने/कम करने के लिए वांछित ऊष्मा}}$$

(चूंकि जल की ऊष्मा क्षमता = 1 होती है)

अथवा, किसी भी तापमान पर विशिष्ट ऊष्मा = जल के इकाई द्रव्यमान तापमान को $1^{0}C$ तक बढ़ाने या घटाने के लिए वांछित ऊष्मा या दूसरे शब्दों में किसी पदार्थ का तापमान $1^{0}C$ बढ़ाने या घटाने के लिए वांछित ऊष्मा की कैलोरीज़ में मात्रा।

सामान्यतः ऊष्मा दो प्रकार की होती है – संवेदनशील ऊष्मा और गुप्त ऊष्मा।

संवेदनशील ऊष्मा को हम उस ऊष्मा के रूप में परिभाषित करते हैं जिसे हम छूकर अथवा अपनी इंद्रियों से अनुभव कर सकते हैं और जो तापमान में उतार व चढ़ाव उत्पन्न करती है और इसका उपयोग किसी पदार्थ का तापमान बढ़ाने या घटाने के लिए किया जाता है। हमें याद रखना चाहिए कि विशिष्ट ऊष्मा द्रव अवस्था और हिमित अवस्था, दोनों में भिन्न होती है, अतः यह हिमन के पूर्व और उसके बाद अलग–अलग हो सकती है।

गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो किसी पदार्थ की अवस्था या दशा में परिवर्तन के लिए आवश्यक होती है, जबकि इसके तापमान में कोई अंतर नहीं आता है। उदाहरण के लिए, 0^{0} सेंटीग्रेट 32^{0} फारेनहाइट पर जल को 0^{0} सेंटीग्रेट के तापमान वाली बर्फ में परिवर्तित करने के लिए उसमें से ऊष्मा की एक निश्चित मात्रा हटाई जानी चाहिए। यह संलयन अथवा क्रिस्टलीकरण की गुप्त ऊष्मा कहलाती है। इसी प्रकार, 100^{0} सेंटीग्रेट पर जल को वाष्प में बदलने में लगने वाली ऊष्मा वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहलाती है। हिमन के दौरान हमारा संबंध संलयन की गुप्त ऊष्मा से होता है जो जल के मामले में 144 Btu/lb होती है। जल के अतिरिक्त अन्य पदार्थों के लिए यह 144 Btu/lb से मात्रात्मक रूप से भिन्न होती है।

प्रशीतन भार की गणना

पारिभाषिक शब्दों को जानने के बाद आइए हम देखें कि प्रशीतन भार की गणना किस प्रकार की जाती है? इसकी गणना करने के लिए हमें यह समझना जरुरी है कि किसी खाद्य पदार्थ को हिमित (फ्रीज़) करने के लिए उसका तापमान हिमन बिंदु तक लाना आवश्यक है। इसमें निम्नलिखित बिन्दु शामिल हैं:

i) किसी उत्पाद को उसके आरंभिक तापमान से उसके हिमन बिंदु तक शीतल करने के लिए वांछित Btu की संख्या, अथवा कहा जा सकता है, H_1

ii) किसी उत्पाद को उसकी द्रव अवस्था से उसके हिमन बिंदु पर हिमित अवस्था में लाने के लिए वांछित Btu की संख्या अथवा H_2

iii) हिमित खाद्य पदार्थ को उसके हिमन बिंदु से वांछित भंडारण तापमान पर लाने के लिए वांछित Btu की संख्या अथवा H_3

इस संकल्पना को इस्तेमाल करते हुए हम निम्न समीकरणों द्वारा प्रशीतन भार की गणना कर सकते हैं :

$$H_1 = (S_L) \times (W) \times (T_i - T_f) \quad (1)$$

$$H_2 = (H_f) \times W \quad (2)$$

$$H_3 = (S_S) \times W \times (T_f - T_s) \quad (3)$$

$$H_{fs} = H_1 + H_2 + H_3$$

यहां,

S_L = खाद्य पदार्थ की इसके हिमन बिंदु के ऊपर विशिष्ट ऊष्मा

H_f = संलयन की गुप्त ऊष्मा

S_S = खाद्य पदार्थ की इसके हिमन बिंदु के नीचे गुप्त ऊष्मा

H_{fs} = कुल ऊष्मा (Btu) की आवश्यकता

W = पाउंड में भार

T_i-T_f = आरंभिक तापमान और हिमन बिंदु (°F) के बीच अंतर

T_f -T_S = हिमन बिंदु तथा वांछित भंडारण तापमान (°F) के बीच अंतर

अब हम एक उदाहरण लेते हैं:

1000 पाउंड मटर का तापमान 70^0F से कम करके 30^0F करने के लिए और अंततः 0°F तापमान पर भंडारित करने के लिए Btu आवश्यकता क्या होगी? यहां S_L = 0.8, H_f = 08 और S_s = 0.43 है।

सर्वप्रथम हम H_1 की गणना करेंगे:

समीकरण (1) के अनुसार

$$H_1 = (S_L) \times (W) \times (T_i - T_f)$$

$$= 0.8 \times 1000 \times (70 - 30)$$

$$= 0.8 \times 1000 \times 40$$

$$= 32000 \text{ Btu.}$$

अब, H_2 की गणना करेंगे

समीकरण (2) के अनुसार

$$H_2 = H_f \times W$$

$$= 108 \times 1000$$

$$= 108000$$

अंत में हम H_3 की गणना करेंगे

समीकरण (3) के अनुसार

$$H_3 = (S_s) \times (W) \times (T_f - T_s)$$

$$= 0.43 \times 1000 \times (30\text{-}0)$$

$$= 12900$$

$$H_{fs} = H_1 + H_2 + H_3$$

$$= 32000 + 10800 + 12900$$

$$= 152900 \text{ Btu.}$$

प्रशीतन भार को सामान्यतः प्रशीतन के रूप में रिपोर्ट किया जाता है, अतः इन मानों को, Btu को 288000 से विभाजित करके, टनों में परिवर्तित किया जाना चाहिए, जो इस प्रकार हैः

$$\frac{152000}{288000} = 0.527 \text{ tonnes}$$

प्रशीतन का एक टन (2000 lb) Btu की वह संख्या है जो 32^0F पर 1 टन जल को 24 घंटों में 32^0F पर 1 टन बर्फ में बदलने के लिए आवश्यक होती है। चूंकि जल के संलयन के लिए गुप्त ऊष्मा = 144 Btu/lb, अतः 1 टन प्रशीतन = 144 × 2000 = 288,000 Btu/24hr.

6.4 फलों व सब्जियों का प्रशीतित भंडारण

फलों व सब्जियों की प्रशीतन सम्बन्धी मुख्य आवश्यकताएं नियंत्रित निम्न तापमान, वायु संचारण तथा आर्द्रता हैं।

सापेक्ष आर्द्रता (RH): अधिकांश खाद्य पदार्थ प्रशीतन तापमानों पर तब बेहतर रूप से भंडारित होते हैं जब वायु की सापेक्ष आर्द्रता 80 से 95 प्रतिशत के बीच होती है। यह सामान्यतः खाद्य पदार्थों में उपस्थित नमी अंश से संबंधित होता है। सेलेरी, पालक और अन्य नाजुक पत्तीदार सब्जियों को 90 से 95 प्रतिशत सापेक्ष आर्द्रता की आवश्यकता होती है।

नियंत्रित निम्न तापमानः फल व सब्जियां बहुत जल्दी खराब हो जाने वाले विकारीय पदार्थ हैं क्योंकि इनमें श्वसन होते रहने के कारण विभिन्न दरों पर तापमान उत्पन्न होता है, अतः इन्हें निम्न तापमान पर भंडारित करने की आवश्यकता होती है। फलों व सब्जियों की निधानी आयु बढ़ाने के लिए प्रशीतन एक सर्वाधिक सुरक्षित विधि है। कुल मिलाकर इसका फलों व सब्जियों के स्वाद, संरचना, पोषक तत्वों और सकल परिवर्तनों पर बहुत अल्प प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है, बशर्ते कि सामान्य नियमों का पालन किया जाए। घरेलू प्रशीतक सामान्यतः 4.4^0–7.2^0C (40–45^0F) पर चलते हैं। भली प्रकार डिजाइन किए गए प्रशीतक, प्रशीतित भंडारण कक्ष और भंडारागार पर्याप्त प्रशीतन क्षमता और तापरोधन प्रदान करते हैं, ताकि कक्ष का तापमान लगभग 1^0C बना रहे। इष्टतम भंडारण तापमान बनाए रखने के लिए उचित तापरोधन बनाए रखना आवश्यक होता है। प्रशीतन प्रणाली का आकार ऐसा होना चाहिए कि उसमें अपेक्षा के अनुरूप सर्वोच्च ऊष्मा भार या ऊष्मा लोड को बनाए रखा जा सके, क्योंकि अनुचित प्रशीतन प्रणाली से सर्वोच्च ऊष्मा भार की दशाओं में तापमान के बढ़ने की संभावना बनी रहती है। विभिन्न फल व सब्जियां श्वसन के दौरान अलग–अलग मात्रा में ऊष्मा निष्कासित करते हैं (सारणी 6.1)। इस सारणी से देखा जा सकता है कि हरी फलियां, ब्रोकोली, स्वीट कॉर्न, हरी मटर, पालक और स्ट्राबेरी श्वसन के दौरान उच्च ऊष्मा का विमोचन करते हैं। ऐसे उत्पादों को भंडारित करना कठिन होता है।

सारणी 6.1: फलों व सब्जियों के श्वसन से निकलने वाली ऊष्मा

जिंस	प्रति 24 घंटे प्रति टन Btu	
	32°F (0°C)	40°F (4.4°C)
सेब	300-800	590-840
बीन्स, हरी	5,500-6,160	9,160-11,390
ब्रोकोली	7,450	11,000-17,600
गाजर	2,130	3,470
कॉर्न (स्वीट)	6,500	9,390
प्याज	600-1,100	1,260-1,980
संतरा	420-1,030	1,300-1,500
आड़ू	850-1,370	1,440-2,030
मटर	669-880	-
मटर (हरी)	8,160	13,220
आलू	440-880	1,100-1,760
पालक	4,240-4,860	7,850-11,210
स्ट्राबेरी	2,730-3,800	3,660-6,750
टमाटर (पके हुए)	1,020	1,250

श्वसन दर के आधार पर फलों व सब्जियों की भंडारण संबंधी आवश्यकताएं और निधानी आयु भी अलग–अलग होती है, उदाहरण के लिए ब्रोकोली जो एक उच्च श्वसनशील सब्जी है, का भंडारण तापमान 32^{0}F होता है तथा इसकी निधानी आयु 7–10 दिन होती है, जबकि इसकी तुलना में इसी तापमान पर प्याज की निधानी आयु 6–8 माह होती है। जहां एक ओर फलों और सब्जियों के भंडारण में तापमान पर मूल रूप से ध्यान दिया जाना चाहिए, वहीं दूसरी ओर सापेक्ष आर्द्रता भी कम महत्वपूर्ण नहीं है। किसी भंडारण इकाई की सापेक्ष आर्द्रता किसी उत्पाद में जल में होने वाली क्षति को प्रत्यक्ष रूप से प्रभावित करती है। जल क्षति से किसी उत्पाद की गुणवत्ता में गंभीर कमी आ सकती है। उदाहरण के लिए पत्तीदार सब्जियों में सापेक्ष आर्द्रता कम होने पर पत्तियां मुरझा सकती हैं, जिन्हें कतरना पड़ता है इसी प्रकार, सापेक्ष आर्द्रता कम होने से यदि अंगूर की बेल के तने सूखने लगें तो गुच्छों से अंगूर झड़कर गिर जाते हैं। जल क्षति का अर्थ है कुल बिक्री योग्य उत्पाद के भार में कमी और इस प्रकार लाभ में कमी आती है।

अधिकांश फल व सब्जियां उच्च सापेक्ष आर्द्रता (80 से 95 प्रतिशत) पर श्रेष्ठ गुणवत्ता युक्त होते हैं, लेकिन इस आर्द्रता पर रोगों के प्रकोप को बढ़ावा मिलता है। भंडारण कक्षों में निम्न तापमान होने से रोगों के प्रकोप में कमी लाई जा सकती है, लेकिन इसके लिए स्वच्छता तथा अन्य सुरक्षात्मक विधियों की आवश्यकता होती है। भंडारण कक्षों में उच्च सापेक्ष आर्द्रता बनाए रखने का कार्य इसलिए जटिल हो जाता है क्योंकि प्रशीतन के दौरान नमी हट जाती है। इस समस्या से निपटने के लिए स्पिनिंग डिस्क एस्पीरेटर जैसी आर्द्रता कारक युक्तियों का उपयोग किया जा सकता है।

वायु संचारणः शीत भंडार कक्षों में वायु का संचारण भली प्रकार होना चाहिए। इससे खाद्य पदार्थ की सतह से शीतलन कुण्डली तक ऊष्मा को अधिक सुगमता से हटाया जा सकता है। शीत भंडार कक्ष में संचारित होने वाली वायु न तो अत्यधिक नम हो और

न ही अत्यधिक शुष्क। यदि इस वायु में आर्द्रता अधिक हो तो ठंडे खाद्य पदार्थों की सतह पर नमी संघनित हो जाती है और इन सतहों पर फफूंद उगने लगती है। दूसरी ओर यदि वायु बहुत शुष्क होती है तो इससे आवश्यकता से अधिक शुष्कन हो जाता है। अधिकांश खाद्य भंडारण कक्षों में सर्वश्रेष्ठ प्रशीतन तापमान तब होता है जब लम्बी भंडारण अवधि के दौरान वायु की सापेक्ष आर्द्रता 80–95 प्रतिशत के बीच होती है। विभिन्न पैकेजिंग विधियों का उपयोग करके खाद्य पदार्थों की अतिरिक्त नमी ह्रास से रक्षा की जा सकती है। पैकेजिंग सामग्री खाद्य पदार्थ से, भंडारण तापमान पर, नमी को बाहर नहीं निकलने देती क्योंकि यह सामग्री नमी अवरोधक का कार्य करती है।

6.5 फलों व सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति

निम्न तापमान पर भंडारण के कुछ हानिकारक प्रभाव भी हो सकते हैं। इनमें से एक प्रभाव द्रुतशीतन क्षति कहलाता है। द्रुतशीतन क्षति के विभिन्न लक्षण हैं, जैसे – अधिक आयु वाले (क्लाइमैक्ट्रिक) फलों का न पकना, फलों के बाहर व अंदर विभिन्न प्रकार की रंगहीनता, सूक्ष्मजैविक संक्रमण का फलों व सब्जियों की सतह पर जमाव आदि। फसल को द्रुतशीतन के प्रभावों से किस प्रकार क्षति होती है, इससे संबंधित यांत्रिकी का अभी ठीक–ठीक पता नहीं लगाया जा सका है। ऐसा प्रतीत होता है कि इसका संबंध झिल्ली के क्षतिग्रस्त हो जाने और आयन रिसाव तथा एंज़ाइम सक्रियता में परिवर्तनों से होता है।

द्रुतशीतन क्षति के सामान्य लक्षण

i) फल व सब्जियों की सतह पर और उनके अंदर रंगहीनता जैसे सेबों के भीतरी भाग का भूरा पड़ जाना और केले के गूदे में भूरे रंग की धारियां पड़ जाना

ii) सतह पर छोटे गड्ढ़े हो जाना, जैसे – टमाटर, पपीता, आम, चकोतरों और नीबुओं में

iii) अपसुरुचिक का विकास

iv) अधिक आयु वाले कुछ संकटकालीन (climatric) फलों का न पकना

v) सतह पर फफूंदियों की वृद्धि या सड़न

द्रुतशीतन क्षति भंडारण तापमान पर निर्भर करती है और प्रत्येक फसल के मामले में अलग–अलग होती है, जैसे – केले में द्रुतशीतन क्षति के लक्षण लगभग $12.6^{0}C$ पर दिखाई देते हैं। तथापि, केले की कुछ किस्में इस तापमान पर द्रुतशीतन क्षति की प्रतिरोधी हो सकती हैं। आमों में द्रुतशीतन क्षति सामान्यतः $10–15^{0}C$ तापमान पर दिखाई देती है जो विशेष किस्म पर निर्भर करती है।

द्रुतशीतन क्षति के प्रति संवेदनशीलता के आधार पर फसलों को निम्न वर्गों में विभाजित किया गया है:

- द्रुतशीतन संवेदी, और
- द्रुतशीतन असंवेदी

द्रुतशीतन संवेदी

फल: केला, आम, एवोकाडो, पपीता, अनन्नास, नींबूवर्गीय फल, कदली फल, अनार, चीकू, अमरूद, जैतून, आदि।

सब्जियां: स्नैप बीन्स, खीरा–ककड़ी, खरबूजा, तरबूज, भिण्डी, आलू, टमाटर, पालक, शकरकंद, चप्पन कद्दू, आदि।

गैर द्रुतशीतन संवेदी

फल: सेब, खुबानी, चेरी, अंजीर, नासपाती, मटर, आड़ू, स्ट्राबेरी, आदि।

सब्जियां: एस्पेरेगस, लीमा बीन्स, चुकंदर, बंदगोभी, ब्रोकोली और गाजर।

द्रुतशीतन क्षति की यांत्रिकी

द्रुतशीतन क्षति की सामान्य यांत्रिकी में निम्नलिखित परिवर्तन सम्मिलित हैं:

i) *असामान्य श्वसन प्रतिक्रिया:* इसमें सामान्यतः श्वसन दर में अचानक वृद्धि होती है और उच्च श्वसन गुणांक के कारण असामान्य परिपक्वन होता है।

ii) *लिपिडों (वसा) में परिवर्तन:* द्रुतशीतन क्षति के कारण कोशिकीय झिल्लियों, जैसे – माइटोकोन्ड्रियाई और वेक्यूल झिल्लियों में अपरिवर्तनशील विगठन होता है। इससे कोशिकाद्रव्य या साइटोप्लाज़्म में प्रावस्था परिवर्तन होता है जिससे मृदा जेल अवस्था में परिवर्तित हो जाती है। जब जल का निर्माण होता है तो कोशिकाद्रव्य श्यान या विस्कस हो जाता है और इसकी गतिशीलता सीमित हो जाती है।

iii) *झिल्ली पारगम्यता का बढ़ना:* यह कोशिका के बाहर रिसने वाले इलेक्ट्रोलाइटों के उच्च प्रतिशत से प्रदर्शित होता है। इसके परिणामस्वरूप प्रोटोप्लाज़्म और अधिक सख्त हो जाता है और सामान्य प्रवाह का प्रतिरोध करने लगता है।

फलों और सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति को नियंत्रित करने के उपाय

यदि द्रुतशीतन क्षति के प्रतिरोधी ऊतकों की द्रुतशीतन के प्रति सहिष्णुता बढ़ा दी जाए अथवा द्रुतशीतन क्षति के लक्षणों को विलंबित कर दिया जाए तो फलों व सब्जियों का भंडारण काल बढ़ाया जा सकता है। फलों व सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति को नियंत्रित करने के लिए निम्न उपायों को अपनाने की सिफारिश की जाती है:

i) तापमान नियंत्रण
ii) रुक–रुककर ऊष्मन
iii) नियंत्रित वातावरण में भंडारण
iv) वृद्धि नियामकों का अनुप्रयोग
v) पैकेजिंग, मोम की पर्त चढ़ाना तथा अन्य पर्तें चढ़ाना

i) *तापमान नियंत्रण:* क्रांतिक द्रुतशीतन परास (क्रीटिकल चिलिंग रेंज) के पूर्व शीतल तापमान की स्थितियां सृजित होने से निम्न तापमान पर भंडारण के दौरान जिंसों की द्रुतशीतन स्थितियों के प्रति सहिष्णुता बढ़ जाती है और क्षति से जुड़े लक्षणों का विकास विलंबित होता है। काली मिर्च को 4^0C पर भंडारित करने के 10 दिन पूर्व उसे 10^0C पर शीत उपचार देने से द्रुतशीतन क्षति के लक्षण कम हो जाते हैं। कभी–कभी इकहरे चरण वाले उपचारों की तुलना में दोहरा चरणवार तापमान उपचार अधिक प्रभावी होता है। कुछ मामलों में ऊष्ण उपचार भी उपयोगी होता है, जैसे – भंडारण से पूर्व उत्पाद को 30^0C के तापमान पर 17–22 घंटे ऊष्ण करने से क्षति में कमी आती है।

ii) *रुक–रुक कर ऊष्मन:* अल्पावधि के लिए एक–दो बार उच्च तापमान रखते हुए बीच–बीच में निम्न तापमान पर भंडारण से द्रुतशीतन के प्रति संवेदनशील कुछ फसलों के भंडारण काल में वृद्धि होती है। रुक–रुककर ऊष्ण उपचार उस अवस्था में दिया जाना चाहिए जब उत्पाद में ऐसी द्रुतशीतन क्षति न हुई हो जिसे पलटा न जा सके। यदि यह उपचार देर से किया जाता है तो इसका कोई लाभ नहीं होता है। रुक–रुककर ऊष्मन से द्रुतशीतन भंडारण के दौरान उत्पाद में जमा होने वाले विषाक्त अथवा निरोधक पदार्थ भी हट जाते हैं।

iii) *नियंत्रित वातावरण में भंडारण:* अधिकांश उत्पाद ऑक्सीजन के निम्न स्तर और कार्बन डाइऑक्साइड की बढ़ी हुई सांद्रता के प्रति अनुकूल प्रतिक्रिया प्रदर्शित करते हैं। ग्रेपफ्रूट को भंडारण से पूर्व कार्बन डाइऑक्साइड की उच्च मात्रा से उपचारित करने से शीत भंडारण के दौरान इसकी सतह पर छोटे–छोटे गड्ढ़े नहीं पड़ते हैं।

iv) *वृद्धि नियामकों का अनुप्रयोगः* ABA, ट्राइऐज़ोल और इथिलीन जैसे कुछ पादप वृद्धि नियामकों के अनुप्रयोग से द्रुतशीतन क्षति से जुड़े लक्षणों में कमी आती है।

v) *पैकेजिंग, मोम की पर्त चढ़ाना तथा अन्य पर्तें चढ़ानाः* प्लास्टिक की फिल्मों में पैकेजिंग तथा अन्य पर्तों से सापेक्ष आर्द्रता को बनाए रखने में सहायता मिलती है और इससे गैस की सांद्रता में सुधार होता है व द्रुतशीतन क्षति संबंधी लक्षण उत्पन्न नहीं होते हैं।

बोध प्रश्नों के लिए अभ्यास 2

नोट : क) अपने उत्तर के लिए रिक्त स्थान का प्रयोग करें।
ख) अपने उत्तर का मिलान इकाई के अंत में दिए गए उत्तरों से करें।

1. द्रुतशीतन क्षति की परिभाषा दीजिए।

.....

.....

.....

.....

.....

2. केलों को प्रशीतकों में क्यों भंडारित नहीं किया जाना चाहिए?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. द्रुतशीतन क्षति के क्या लक्षण हैं?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. द्रुतशीतन क्षति को नियंत्रित करने के कुछ उपायों को सूचीबद्ध करिये।

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.6 वाष्पन शीतलन भंडारण प्रणाली

खेत पर शीतलन सुविधाओं का होना किसी भी उत्पाद प्रक्रिया के लिए अत्यधिक लाभदायक है। जिस उत्पादक के पास अपने उत्पाद को खेत के आसपास ही भंडारित करने के लिए शीतलन सुविधा उपलब्ध होती है उसे अपने उत्पाद का बेहतर मूल्य मिल सकता है, क्योंकि फसल के मौसम में उत्पाद की भरमार होने पर उसे अपने उत्पाद को तत्काल बेचने की आवश्यकता नहीं रहती है। इस संबंध में विशेषकर छोटे उत्पादकों के लिए प्रमुख चुनौती इस प्रकार की सुविधा को स्थपित करने में आने वाली लागत है। प्रशीतित भंडारण प्रणालियां यद्यपि सर्वश्रेष्ठ हैं लेकिन पूंजी लागत की दृष्टि से ये मंहगी हैं। अन्वेषणशील किसानों और अनुसंधानकर्ताओं ने कम लागत वाली अनेक संरचनाएं विकसित की हैं। इनमें से एक ऐसी कम लागत वाली संरचना वाष्पन शीतलन भंडारण है जो भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान के वैज्ञानिकों द्वारा विकसित की गई है।

सिद्धांत

वाष्पन शीतलन भंडारण शून्य ऊर्जा शीतलन कक्ष भी कहलाता है। यह वाष्पन शीतलन के एक सरल सिद्धांत पर आधारित है। वाष्पन शीतलन तब होता है जब वह वायु जो असंतृप्त होती है, नम सतह पर प्रवाहित करके पानी से तृप्त की जाती है। वाष्पशील शीतलक या कूलर में एक गीली रंध्रदार सतह होती है जिसके द्वारा हवा ग्रहण की जाती है, वह शीतलित होती है और जल के वाष्पन द्वारा आर्द्रित होती है। वाष्पन जितना तीव्र गति से होगा शीतलन उतना ही अधिक होगा। क्या आप यह बता सकते हैं कि यह प्रणाली शून्य ऊर्जा शीतलन कक्ष क्यों कहलाती है? ऐसा इसलिए कि इसे चलाने हेतु किसी प्रकार की बिजली या अन्य शक्ति की आवश्यकता नहीं होती है और इसे बनाने में इस्तेमाल होने वाली सभी सामग्री सस्ती है व आसानी से उपलब्ध हो जाती है। इस प्रणाली को किसी भी स्थान पर कोई भी व्यक्ति बिना किसी विशेष प्रशिक्षण के तैयार कर सकता है और इसके लिए किसी विशेष कुशलता या कच्चे माल की आवश्यकता नहीं होती है। इस सरल भंडारण संरचना के अनेक लाभ हैं जिनमें से कुछ इस प्रकार हैं:

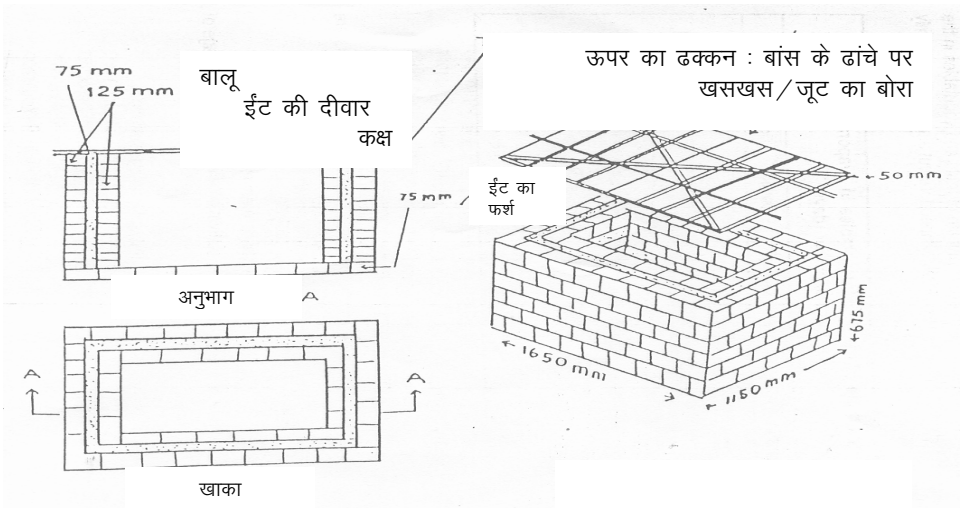
- किसी प्रकार की यांत्रिक अथवा विद्युत ऊर्जा की आवश्यकता नहीं होती है।
- इसके द्वारा छोटे किसान कुछ दिनों तक अपने उत्पाद को भंडारित कर सकते हैं, अतः उत्पादकों को कम कीमत पर अपने माल की बिक्री के लिए बाध्य नहीं होना पड़ता है और उन्हें हानि नहीं होती है।
- यह पैकिंग केन्द्रों और बाजारों में अनुप्रयोग के लिए आदर्श है।
- यह क्षति को कम करता है और बहुत थोड़े समय में इससे लाभ मिलने लगता है।

- इसे खुम्बी की खेती, रेशम पालन तथा जैव–उर्वरकों के भंडारण के लिए भी उपयोग में लाया जा सकता है।
- इसमें लगने वाला कच्चा माल बाद में अन्य प्रयोगों में भी आ सकता है।
- इसमें भंडारित फलों व सब्जियों में द्रुतशीतन क्षति नहीं होती है।

अब हम देखेंगे कि फार्म स्तर पर शून्य ऊर्जा शीतलन कक्ष को किस प्रकार निर्मित किया जाता है। इसके लिए हमें बहुत साधारण कच्चे माल की आवश्यकता होती है, जो इस प्रकार हैः

i) ईंटें, नदी के किनारे की बालू, बांस, खसखस (अथवा इसी प्रकार की कोई अन्य पादप सामग्री), जूट के बोरे एवं कपड़ा आदि।

ii) नल, ट्यूबवैल, कूंआ, तालाब या नहर जैसा पानी का कोई साधन। जल के स्रोत से पानी को लचीली नलिका एवं पाइप की सहायता से अथवा किसी अन्य उपयुक्त पात्र की मदद से शीतलन कक्ष तक पहुंचाया जा सकता है।



चित्र 6.3: शीतलन कक्ष का चित्रात्मक दृश्य

iii) डिजाइन और संरचनाः भंडारण कक्ष का फर्श ईंटों की इकहरी पर्त से बनाया जाता है। पार्श्व दीवारें ईंटों की दो पर्तों की बनाई जाती हैं और दोनों पर्तों के बीच लगभग 3 इंच का खाली स्थान छोड़ा जाता है। दो पर्तों के बीच के खाली स्थान को नदी के किनारे की बालू से भर दिया जाता है। चित्र 6.3 में दिए गए आकार का कक्ष बनाने के लिए लगभग 400 ईंटों की आवश्यकता होती है। कक्ष के ऊपरी भाग को बांस के खांचे से तैयार किए गए उस ढक्कन से ढका जाता है जिस पर खसखस एवं बोरों की पर्त चढ़ी रहती है। इस शीतलन कक्ष को छाया में ऐसे स्थान पर बनाया जाना चाहिए जहां हवा का प्रवाह अच्छा हो। यह स्थान जल के स्रोत के निकट होना चाहिए।

iv) परिचालनः निर्माण के बाद ईंटों की दीवारों और फर्श, दो दीवारों के बीच के स्थान में भरी बालू और बांस व खसखस तथा जूट के बोरों से बनाए गए ढक्कन को पानी छिड़क कर तब तक तरबतर किया जाता है, जब तक कि ये पूरी तरह संतृप्त नहीं हो जाते हैं। फलों व सब्जियों के भंडारण के पूर्व यह सुनिश्चित किया जाना चाहिए कि शीतलन कक्ष पूरी तरह नम हो जाए। एक बार जब शीतलन कक्ष पूरी तरह गीला हो जाता है तो सुबह व शाम के समय प्रतिदिन एक बार पानी का छिड़काव करके वांछित नमी और आर्द्रता को बनाए रखा जा सकता है। वैकल्पिक व्यवस्था के तौर पर शीतलन कक्ष में पानी के छिड़काव के लिए इसे जल आपूर्ति के किसी स्रोत से जोड़कर इसमें टपकन या ड्रिप प्रणाली लगाई जा सकती है।

शीतलन कक्ष के सुचारू रूप से कार्य करने के लिए निम्नलिखित सावधानियां बरती जानी चाहिए :

- बेहतर रंध्रता के लिए साफ व साबुत ईंटों का प्रयोग किया जाना चाहिए।
- उपयोग में आने वाली बालू साफ और सभी प्रकार के कार्बनिक पदार्थों व मिट्टी आदि से रहित होनी चाहिए।
- ईंटों और बालू को पानी से तरबतर रखना चाहिए।
- शीतलन कक्ष पर सीधी धूप नहीं पड़नी चाहिए।
- आसपास पानी न ठहरे, इससे बचने के लिए शीतलन कक्ष किसी ऊंचे स्थान पर बनाया जाना चाहिए।
- ऐसे स्थान का चुनाव किया जाना चाहिए जहां हवा का प्रवाह बहुत अच्छा हो।

तापमान और सापेक्ष आर्द्रता: यह पाया गया है कि शीतलन कक्ष का औसत सर्वोच्च तापमान वर्षभर बाहर के तापमान की तुलना में अपेक्षाकृत काफी कम रहता है। गर्मियों के मौसम में जब बाहर का सर्वोच्च तापमान 44^{0}C के आसपास होता है तब शीतलन कक्ष में कभी भी 28^{0}C से अधिक तापमान नहीं रिकार्ड किया गया। इसी प्रकार, शीतलन कक्ष में वर्षभर सापेक्ष आर्द्रता 90 प्रतिशत से अधिक बनी रहती है। जब शीतलन कक्ष के बाहर सापेक्ष आर्द्रता 13 प्रतिशत होती है तो उस अवस्था में भी शीतलन कक्ष में 84 प्रतिशत सापेक्ष आर्द्रता दर्ज की गई है। सामान्यतः यह देखा गया है कि शीतलन कक्ष और इसके बाहर की सापेक्ष आर्द्रता और तापमान के बीच मौजूद अंदर और बाहर के तापमान व सापेक्ष आर्द्रता के बीच सीधा सहसंबंध होता है। शीतलन कक्ष और इसके बाहर सर्वोच्च तापमान अंतर अप्रैल, मई और जून के महीनों में देखा गया है। इसका कारण इस अवधि में बाहर के वातावरण में निम्न आर्द्रता का होना है। शीतलन कक्ष तथा इसके बाहर के तापमान के बीच अंतर उस दशा में 18 और 20^{0}C तक हो सकता है, जब बाहर की आर्द्रता अत्यंत निम्न होती है।

यदि कटाई एवं तुड़ाई के तुरंत बाद फलों व सब्जियों को इस शीतलन कक्ष में भंडारित किया जाए तो उनकी भंडारण अवधि काफी बढ़ जाती है। इसका मुख्य लाभ यह है कि इसमें भंडारित फल व सब्जी द्रुतशीतन क्षति से ग्रस्त नहीं होते हैं। शीतलन कक्ष में फलों व सब्जियों की उच्च निधानी आयु या शैल्फ लाइफ निम्न तापमान के कारण ही नहीं होती है, बल्कि इसका कारण समरुप उच्च आर्द्रता भी है (सारणी 6.2)।

सारणी 6.2: वाष्पन शीतलन कक्ष में फलों व सब्जियों की निधानी आयु

उत्पाद	निधानी आयु (दिनों में)		शीतलन कक्ष में
	भंडारण का समय	बाहर	
पत्तीदार सब्जियां	ग्रीष्म	< 1	3
पत्तीदार सब्जियां	शरद	3	8-10
अन्य सब्जियां	ग्रीष्म	1-2	5-6
अन्य सब्जियां	शरद	4-5	10-12
आलू	बसंत / ग्रीष्म	40	97
आम	ग्रीष्म	4	8
संतरा	शरद	8-10	50-60

बोध प्रश्नों के लिए अभ्यास 3

नोट : क) अपने उत्तर के लिए रिक्त स्थान का प्रयोग करें।
ख) अपने उत्तर का मिलान इकाई के अंत में दिए गए उत्तरों से करें।

1. वाष्पन शीतलन का क्या सिद्धांत है?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. मटर और ब्रोकोली जैसी सब्जियों का भंडारण कठिन क्यों है?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. फलों व सब्जियों के भंडारण के लिए इष्टतम आर्द्रता संबंधी आवश्यकता क्या है?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.7 सारांश

फल व सब्जियां नाजुक व शीघ्र खराब होने वाले उत्पाद हैं। इनमें नमी का अंश उच्च होता है, अतः ये श्वसन के दौरान ऊष्मा का विमोचन करते हैं। निम्न तामपान पर

भंडारण से श्वसन द्वारा निर्मुक्त होने वाली ऊष्मा हट जाती है और फल व सब्जियों की निधानी आयु बढ़ जाती है। निम्न तापमान पर भंडारण के लिए रेफ्रिजरेशन सर्वश्रेष्ठ है, लेकिन यह महंगा है और इसमें ऊर्जा भी अधिक लगती है। फार्म उत्पाद को निम्न तापमान पर भंडारित करने हेतु शून्य ऊर्जा शीतलन कक्ष एक व्यावहारिक विकल्प है। यह अपेक्षाकृत सस्ता है और इसे स्थानीय रूप से उपलब्ध सामग्री से निर्मित किया जा सकता है। ग्रीष्म ऋतु में जब बाहर का सर्वोच्च तापमान 44^0C होता है तब शीतलन कक्ष का तापमान कभी भी 28^0C से अधिक रिकार्ड नहीं किया गया है। इसी प्रकार, शीतलन कक्ष में वर्षभर सापेक्ष आर्द्रता 90 प्रतिशत से अधिक रहती है। निम्न तापमान पर भंडारण की कुछ हानियां भी हैं। कुछ फसलें द्रुतशीतन क्षति के प्रति संवेदनशील होती हैं और निम्न तापमान पर भंडारण से इनमें विकार उत्पन्न हो सकते हैं, जिनका प्रकटन अनेक रूपों में जैसे, असामान्य परिपक्वन, भूरेपन और सतह पर छोटे–छोटे गड्ढ़े बनने से होता है।

तापमान नियंत्रण या समायोजन, रुक–रुककर ऊष्मन और नियंत्रित वातावरण में भंडारण कुछ ऐसे उपाय हैं जिन्हें अपनाकर द्रुतशीतन क्षति से उत्पन्न होने वाले विकारों को नियंत्रित किया जा सकता है।

6.8 शब्दावली

द्रुतशीतन क्षति : द्रुतशीतन क्षति उस अवस्था में फसलों में निम्न तापमान से होने वाली कार्यिकीय गड़बड़ी या असमानता है, जब हिमन या फ्रीजिंग नहीं होता है।

विशिष्ट ऊष्मा : किसी पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो जल के इकाई द्रव्यमान का तापमान 1^0C बढ़ाने या घटाने के लिए वांछित होती है।

गुप्त ऊष्मा : गुप्त ऊष्मा, ऊष्मा की वह मात्रा है जो किसी पदार्थ की उस अवस्था या दशा को परिवर्तित करने के लिए वांछित होती है जिसमें उसके तापमान में कोई परिवर्तन नहीं होता, लेकिन दशा या अवस्था में परिवर्तन हो जाता है। उदाहरण के लिए 0^0C (32^0F) के तापमान वाले जल को 0^0C के तापमान वाली बर्फ में परिवर्तित करने के लिए इसमें से ऊष्मा की एक निश्चित मात्रा हटाई जाती है जो गुप्त ऊष्मा कहलाती है।

प्रशीतन भार : इसे ऊष्मा की उस मात्रा के रूप में परिभाषित किया जाता है जो किसी उत्पाद के आरंभिक तापमान को कम करने हेतु वांछित होता है। यह तापमान उसके अच्छे हिमित भंडारण हेतु वांछित तापमान के समतुल्य होता है।

6.9 बोध प्रश्नों हेतु उत्तर

बोध प्रश्नों हेतु अभ्यास 1

आपके उत्तर में निम्नलिखित बिंदु शामिल होने चाहिए:

1. द्रुतशीतन फलों व सब्जियों की निधानी आयु को बढ़ाने हेतु उपयोग में आने वाला निम्न तापमान उपचार है। इसमें बर्फ का निर्माण नहीं होता है।
2. रेफ्रीजरेटर में प्रावस्था परिवर्तन दो स्थानों पर होता है, पहला वाष्पक या इवापोरेटर में और दूसरा संघनित्र या कंडेन्सर में।

3. रेफ्रीजरेटर में उपयोग होने वाले सामान्य रेफ्रीजरेंट हैं – अमोनिया, सीएफसी (क्लोरो फ्लोरो कार्बन) और फ्रेऑन।

बोध प्रश्नों हेतु अभ्यास 2

आपके उत्तर में निम्नलिखित बिंदु शामिल होने चाहिएः

1. द्रुतशीतन क्षति कुछ फसलों में पाई जाने वाली निम्न तापमान संबंधी कार्यिकीय गड़बड़ी है। इस अवस्था में हिमन या फ्रीजिंग के दौरान फसलों में कुछ असामान्यताएं विकसित हो जाती हैं।

2. केले को कभी भी रेफ्रीजरेटर में भंडारित नहीं किया जाता है, क्योंकि इस तापमान पर भंडारित करने से इसमें द्रुतशीतन क्षति शीघ्र हो जाती है।

3. सतह तथा आंतरिक रंगहीनता : उदाहरणतः सेबों के भीतरी भाग का भूरा पड़ना और केले के गूदे में भूरी धारियां पड़ना तथा टमाटर, पपीता, आम, संतरों और नींबू आदि की सतह पर छोटे–छोटे गड्ढ़े पड़ना। कुछ अधिक आयु वाले (क्लाइमैक्ट्रिक) फलों का न पकना।

4.
   - तापमान उपचार या नियंत्रण
   - रुक–रुककर ऊष्मन
   - नियंत्रित वातावरण में भंडारण
   - वृद्धि नियामकों का अनुप्रयोग
   - पैकेजिंग, मोम की पर्तें चढ़ाना तथा अन्य पर्तें चढ़ाना

बोध प्रश्नों हेतु अभ्यास 3

आपके उत्तर में निम्नलिखित बिंदु शामिल होने चाहिएः

1. जब जल का वाष्पन होता है तो शीतलन होता है, जिसका शीतलताकारी प्रभाव पड़ता है। वाष्पन जितना अधिक होगा शीतलन प्रभाव उतना ही अधिक होगा।

2. मटर और ब्रोकोली को भंडारित करना इसलिए कठिन है क्योंकि ये उच्च श्वसनशील किस्में हैं और श्वसन के दौरान भारी मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करती हैं।

3. अधिकांश फलों व सब्जियों की आर्द्रता संबंधी इष्टतम आवश्यकता 85–95 प्रतिशत है।

6.10 उपयोगी पुस्तकें

1. Thompson, A.K. (1996) Post harvest technology of fruits and vegetables. Blackwell Science Ltd., London.

2. Verma, L.R. and Joshi, V.K. (2002) Post harvest technology of fruits and vegetables, Vol. 2, Indus Publishing Co., New Delhi.

3. Potter, N. (2002) Food science, CBS Publishers and Distributor, New Delhi.