

Soğuk Depoculukta Alışılmalı Yöntemler, Uygulanmayan Doğrular ve Kalite

Bahar BAYBOZ*
Enver YALÇIN
Sabri SAVAŞ

Özet

Besin ürünlerinin soğuk depolarda soğuk veya donmuş muhafazasında tazeliğinin korunması ve ağırlık kaybına uğramaması ve sonuç olarak taze durumlarındaki kalitenin korunması esas olmalıdır. Ancak bu konuda bugün için soğuk depoculukta tesis maliyetinde indirim esas alınarak veya doğru kabul edilerek alışılmalı projelendirme, inşaat, makine ve tesisat yöntemleri yeterli olmamaktadır.

Oysa soğuk depoculukta bugün için uygulanmayan doğrular uygulanırsa besin ürünlerinin soğuk veya donmuş muhafazasında tazelik yönünden kalite korunmuş olacak ve ağırlık kaybı sınırlanabilecektir.

Bu bildiride, soğuk depoculukta besin ürünlerinin soğuk veya donmuş muhafazasında ağırlık ve kalite kaybı olmamasına esas projelendirme, ısı ve nem yalıtımı ile makine tesis ve teçhizatı yönünden gerekli mühendislik bilgileri açıklanmaya çalışılacaktır.

1. GİRİŞ

Soğuk depoculukta soğuk ve donmuş muhafazaya alınan besin ürünü, bugün için ülkemizde mevcut uygulamalar altında, tazelik ve kalite kaybına uğramadan besin ürünü endüstrisi ve ticareti ile uğraşan firmalar pazarlamada ve hele hele ihracatta önemli sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Ayrıca besin ürünündeki ağırlık, tazelik ve kalite kaybı ticari yönden bir kayıp olduğu gibi, insani yönden de ayıp sayılabilecek bir durumdur.

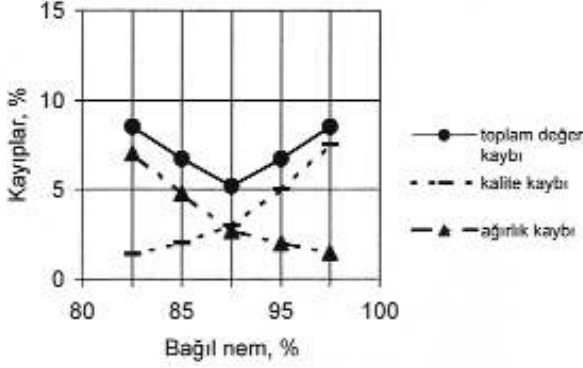
Oysa soğuk depoculuk ve soğutma tekniği gerçekçi ve yeterli tüm teorik ve pratik bilgi ve becerileri ile uygulama alanına konulabilirse soğuk depoculukta soğuk ve donmuş muhafazaya alınan besin ürünü ağırlık ve kalite kaybına uğramadan ve taze olarak saklanabilecek ve insanlığın yararına sunulabilecektir.

2. BESİN ÜRÜNÜNDE AĞIRLIK VE KALİTE KAYBI

Soğuk depoculukta besin ürünlerindeki ağırlık kaybı, besin ürünündeki su kaybı ile olur. Besin ürünündeki su kaybı aynı zamanda kalite kaybına da neden olur. Ayrıca, besin ürünlerinin anında ve zamanında mevcut teknolojik usullere göre ön soğutması veya şoklamasının yapılmaması ile soğuk muhafaza veya donmuş muhafaza altındaki istikrarsızlıklar ve arızalar ile olumsuz hijyen koşulları da kalite kaybının başlıca nedenlerindedir.

Ön soğutma veya şoklama ile soğuk veya donmuş muhafazada besin ürünündeki ağırlık kaybı; soğutucu ünite aşırı karlama olayı ile soğuk oda havasındaki bağıl nem oranının düşük olmasından ileri gelir. Besin ürünündeki ağırlık ve kalite kaybı ile toplam değer kaybı Şekil 1’de verilen diyagram üzerinde analitik olarak açıklanmıştır.

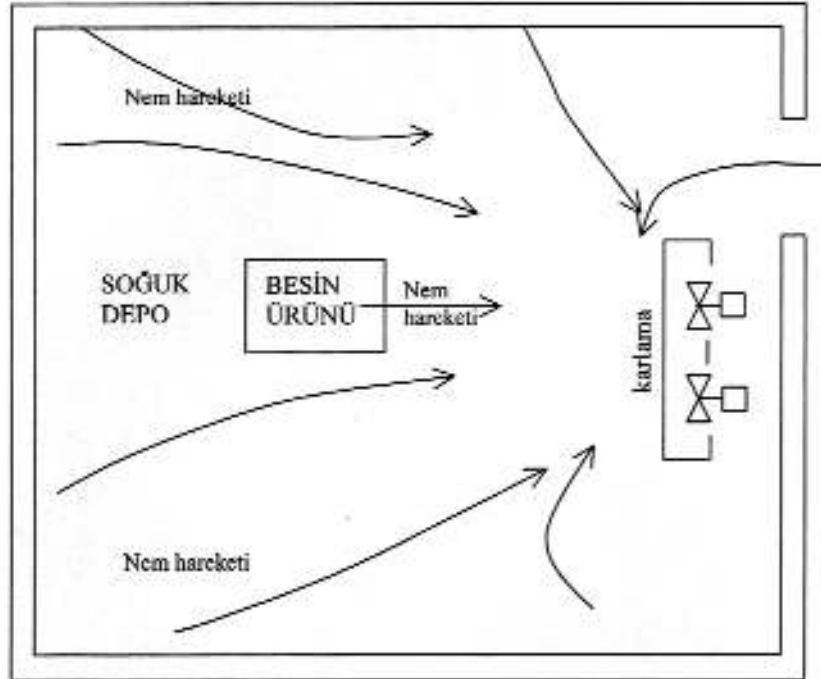
* Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Termodinamik Anabilim Dalı



Şekil 1. Bağlı nem durumuna göre ağırlık, kalite ve toplam değer kaybı

Ancak soğutucu ünite de karlama olayı sadece besin ürününde mevcut su buharlaşmasından olmayıp, Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere çevre havasından soğuk veya donmuş oda havasına sızan nem veya nemli hava da soğutucu ünite de karlama olayına neden olur.

3. BESİN ÜRÜNÜNDE AĞIRLIK VE KALİTE KAYBININ ÖNLENMESİ



Şekil 2. Soğutucu ünite de karlama olayına neden olan nem hareketi

Soğuk depolardaki bağlı nem oranı herhangi bir besin ürünündeki su oranı ile eşdeğer veya daha yüksek olmalıdır. Buna göre, su muhteviyatı farklı her besin ürünü için soğuk depolarda farklı bağlı nem olmalıdır. Aksi durumda ve ayrıca teknolojik usullere uyulmadan soğuk veya donmuş muhafaza altına alınan besin ürünlerinde ağırlık ve kalite kaybı doğal olacaktır. Herhangi bir besin ürünü için;

S_1 : soğuk depolamadan önceki pazarlama (satış) değeri, S_2 : soğuk depolamadan sonraki pazarlama (satış) değeri,

Olsun. Bu durumda, ağırlık ve kalite kaybını esas alarak S_2 ve S_1 değerleri arasında;

$$S_2 = S_1 \left(1 - \frac{a}{100} \right) \left(1 - \frac{k}{100} \right)$$

ifadesi kurulabilir. Bu ifadede;
 a : % ağırlık kaybı
 k : % kalite kaybıdır.

Besin ürünlerinin yumuşak teneke veya alüminyum folye kutularda ya da vakumlu ambalajlanmış polietilen torbalarda saklanması durumunda ağırlık kayıpları son derecede azaltılır ve hatta sıfırlanır.

Soğuk depolarda soğutucu ünite de karlama olayı;

1. Besin ürünü muhteviyatındaki suyun buharlaşarak soğutucu ünite de karlaması ile,
2. Soğuk depo döşeme, tavan, kapı ve duvarlarından sızan nemin soğutucu ünite de karlaması
3. Soğutucu ünite de soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığının soğuk oda havasının sıcaklığından çok düşük olması,
4. Soğutucu ünite de dolaşım havasının hızının çok yavaş olması, dolayısıyla dolaşım havasının soğutucu ünite ye giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın 3 °C ile 5 °C gibi çok yüksek değerlerde bulunması, durumunda olur.

Soğutucu ünite de aşırı karlama olayı, besin ürününde ağırlık ve kalite kaybına neden olduğu gibi, zaman zaman defrost (buz çözme) işlemini de gerektirir ki soğuk depoculukta böylesi durumlar enerji sarfiyatını da artırır.

Besin ürünlerinde ağırlık ve kalite kaybına neden olan soğuk ve donmuş depolarda soğutucu ünite de karlama olayını azaltmak için;

1. Tesis ve teçhizat olarak yeterli tedbirlerin alınması kaydı ile soğuk depo havasının bağıl nem oranının soğuk depoda soğuk veya donmuş saklanması öngörülen besin ürünündeki su muhteviyatı oranı ile en azından eşdeğer veya belirli ölçüde daha yüksek olması gerekir.
2. Soğuk ve donmuş depolarda döşeme, tavan, kapı ve duvarların ısı geçişine karşı uygun teknolojik usul ve yöntemlerle yalıtılmasının gerektiği gibi nem geçişine karşı da yalıtılmalıdır. Soğuk ve donmuş depolarda nem yalıtımı aynı zamanda ısı yalıtım malzemesi için ıslanmaya karşı koruyucu bir görev yapar. Ancak her iki tarafı paslanmaz sac veya galvaniz üzerinde elektrostatik boyalı sac olan panel döşeme, tavan ve duvarlardan oluşan prefabrik soğuk depolarda ısı yalıtımı dışında ayrı bir nem yalıtımına ihtiyaç yoktur. Soğuk ve donmuş depolarda ısı ve nem yalıtımı enerji tasarrufu ve kalite yönünden son derece

önemli olup, bu hususun mutlaka yeterli düzeyde uygulamaya alınması soğuk depoculukta ele alınması gerekli öncelikli doğrular arasındadır.

3. Soğutucu ünite de karlama olayına neden olan en önemli etken soğutucu ünite de soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığının soğuk veya donmuş muhafaza odası sıcaklığından çok düşük veya çok değişken olmasıdır.

Ülkemizde soğuk depoculukta alışlagelen yöntemle, örneğin; ± 1 °C sıcaklığındaki veya daha yüksek sıcaklıklardaki soğuk muhafaza odaları için soğutucu ünite de soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığını - 10 °C, kondanserde yoğuşma sıcaklığını ise + 30 °C kabul etmek ve buna göre soğutma tesis ve teçhizatının projelendirilmesini ve seçimini yapmak olağan halde uygulanmaktadır.

Oysa senenin değişik mevsimleri ile çeşitli sıcaklıktaki muhtelif günlerine ve günün muhtelif saatlerine göre soğutma devresinin kondanserinde soğutucu akışkan yoğuşma sıcaklığı;

1. Hava ile soğutmalı kondanserlerde + 30 °C, + 40 °C ve + 50 °C,
2. Su ile soğutmalı kondanserlerde + 25 °C, + 30 °C ve + 35 °C,

sıcaklıklar arasında çok değişken olarak ortaya çıkacaktır.

Ayrıca yukarıda konu edilen aynı esaslar dahilinde soğuk deponun soğutma yükü de çok değişken olacağından, soğutma devresinde yer alan soğutma kompresörü kapasite ayarlı olmaz veya soğutma devresinde kapasite ayarı yönünde herhangi bir tedbir alınmaz ise - 10 °C proje koşulu olarak kabul edilen soğutucu ünite de soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığı da -15 °C, - 25 °C ve - 35 °C gibi çok değişik ve düşük sıcaklık değerleri arasında hareket halinde olacaktır.

Aynı durum ve sorunlar, ancak; soğutucu ünite de çok daha farklı soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklıkları değerlerinde olmak üzere donmuş muhafaza ve şok odaları için hem kondanser ve hem de soğutucu ünite de yoğuşma ve buharlaşma sı-

caklıklarının değışkenliklerinde de bahis konusudur.

Oysa kendinden kapasite ayarlı kompresörlerde ya da bir vakum (emme) otomatiğinden kumanda alan kompresörün emme ve basma hattı bir selenoid valf ile by-pass'lı soğutma devrelerinde soğutucu üniteye soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığının proje koşulu olarak ön görülen değerde sınırlı olarak sürdürülmesi mümkündür. Ancak bu husus, soğuk depoculukta henüz sınırlı olarak uygulanan, genelde uygulanmayan doğrular arasındadır.

Ayrıca su soğutmalı kondanserli soğutma devrelerinde yoğuşma amacı ile kullanılan su sıcaklığı fazla değışken olmayacağından ve ayrıca yoğuşma suyu sıcaklığını kontrol altında tutmak mümkün olduğundan, soğutucu üniteye soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığındaki değışkenlik pek fazla sorun olmayacak değerde olacaktır. Ancak yine de her durumda kapasite ayarlı kompresör kullanılmasına ya da bir vakum otomatiğinden kumandalı emme ve basma hattı bir selenoid valf ile by-pass'lı soğutma devrelerine ihtiyaç olacaktır.

Öte yandan enerji tasarrufu yönünden belirli so-

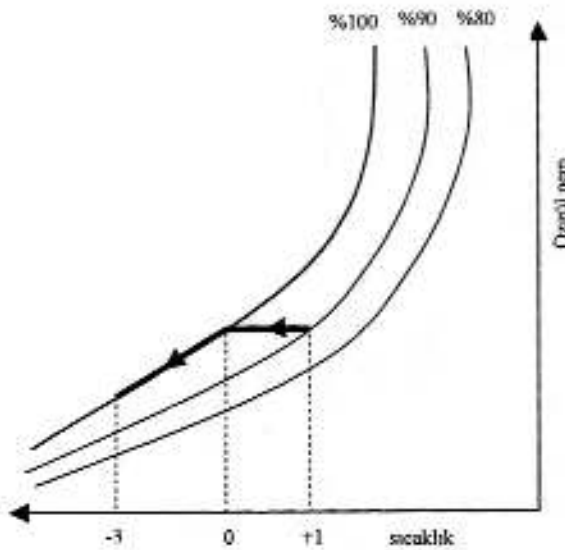
ğutma kapasitelerinin üstünde su ile soğutmalı kondanserli soğutma devrelerinin projelendirmeye ve uygulamaya alınması zorunlu mütalaa olunmalıdır.

4. Soğutucu üniteye dolaşım havasının hızının çok yavaş olması, dolaşım havasındaki nemin önce yoğuşmasına daha sonra da kar halinde soğutucu ünite yüzeyine yapışmasına yani; soğutucu üniteye aşırı karlama olayına neden olur.

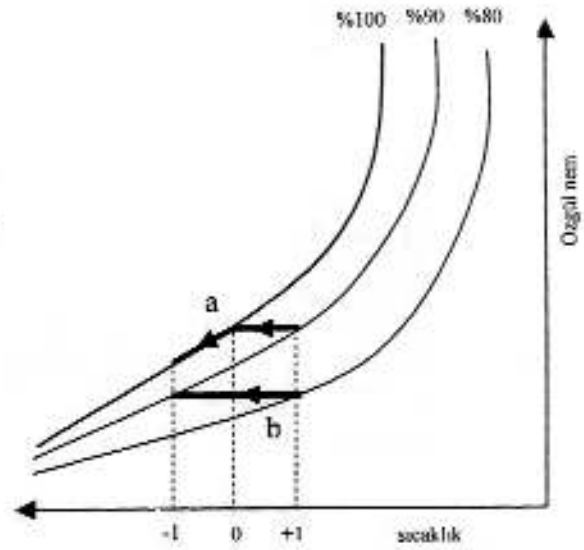
Bu durum, Şekil 3'de verilen bir psikrometrik diyagram üzerinde açıklanmaya çalışılmıştır. Bu aşırı yoğuşma ve karlama olayı soğutucu üniteye soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda seyretmesi halinde daha da fazlalaşıp etkinleşir.

Oysa Şekil 4'de verilen psikrometrik diyagram üzerinde açıklandığı gibi ± 1 °C veya ± 0 °C oda sıcaklığı elde etmek için dolaşım havasının + 1 °C sıcaklıkta soğutucu üniteye girmesi ve soğuyarak en düşük - 1 °C sıcaklıkta soğutucu üniteden çıkış yaparak soğuk oda havasına yayılması yani; $t_g - t_c = 2$ °C değerde olması durumunda:

1. Soğuk oda havasının bağıl neminin % 90 gibi



Şekil 3. Soğutucu üniteye aşırı karlama olması



Şekil 4. Soğutucu üniteye Azkarlama olması veya yoğuşma olmaması

yüksek değerde olması halinde soğutucu ünite-
de dolaşım havasında yoğuşma ve karlama ola-
yı oldukça sınırlı değerde olacak,

2. Soğuk oda havasının bağıl neminin % 80 gibi normal veya düşük değerde olması halinde soğutucu ünite de dolaşım havasında nem yoğuşması olayı olmayacaktır.

Ancak soğutucu ünite de dolaşım havasının $t_g = t_c = 2^\circ\text{C}$ sınırlarında seyretmesi için soğutucu ünite fan debisi, örneğin $Q = 4000\text{ W}$ soğutma kapasitesi için;

$$Q = G_h c_h \Delta t$$

$$Q = 4\text{ kW/s}$$

$$c_h = 1\text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

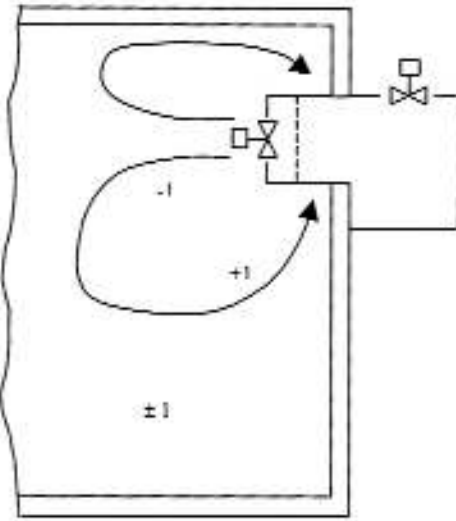
$$\Delta t = 2^\circ\text{C}$$

$$G_h = \frac{Q}{c_h \Delta t} = \frac{4}{1.2} = 2\text{ kg/s} = 7200\text{ kg/h}$$

$$G_h = V_h \rho_h$$

$$V_h = \frac{G_h}{\rho_h} = \frac{7200}{1,28} = 5600\text{ m}^3/\text{h}$$

olacaktır. Ancak yukarıda konu edilen hususlar soğuk depoculukta henüz tam olarak uygulanmayan doğrular arasındadır.



Şekil 5. Küçük soğuk odalar için paket soğutucu bağlantısı

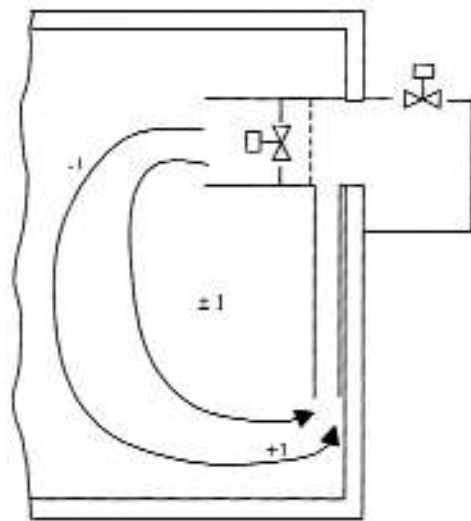
4. SOĞUK ODA HAVASINDAKİ HOMOJENLİK

Soğuk oda havasındaki homojenlik yani; soğuk oda havasının her kesimde aynı sıcaklıkta olması soğutucu ünite de karlama olayının azaltılmasında etkindir.

Aslında küçük boyutlar ve dolayısı ile küçük hacimli soğuk depolarda soğuk oda havasındaki sıcaklık homojenliği Şekil 5'de açıklandığı üzere basit soğutucu ünitelerle veya paket soğutucularla sağlanabilir. Ancak büyük boyutlu dolayısı ile büyük hacimli soğuk depolarda soğuk oda havasındaki sıcaklık homojenliği Şekil 6'da açıklandığı üzere soğutucu ünitelere veya paket soğutuculara ilave edilmesi gerekli ayrı ve özel hava kanalı sistemleri ile sağlanması yoluna gidilmelidir. Dolayısı ile Şekil 6'da yer alan uygulama sistemi de soğuk depoculukta henüz uygulanmayan doğrular arasındadır.

5. SOĞUTUCU ÜNİTE ISI TRANSFER YÜZEYİ

Beyaz peynir ve salça gibi teneke ambalajlı ve tam kapalı ya da vakum ambalajlı besin ürünlerinde soğuk depoculukta ağırlık ve kalite kaybı sorun olmamakla beraber kasalar halindeki meyve ve sebze muhafazası ile açık gövde ve parçalanmış et ve



Şekil 6. Büyük soğuk için paket soğutucu bağlantısı

mamulleri vb. besin ürünlerinde ağırlık ve kalite kaybı soğuk depoculukta sorun olarak önem kazanmaktadır.

Sonuç olarak böylesi durumlarda soğuk depoculukta ± 1 °C soğuk muhafaza işleminde soğutucu üniteye soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığını -10 °C yerine -5 °C proje ve çalışma koşulu olarak soğutucu üniteye dolaşım havasının giriş ve çıkış sıcaklık farkı da 2 °C kabul etmek uygun olacaktır.

Bu durumda, -5 °C buharlaşma koşulu altında değişik soğutma kapasitelerine göre soğutucu ünite ısı transfer yüzeyleri aşağıda açıklanmaya çalışılacaktır.

$$\frac{d^3 t}{dQ} = \frac{{}^3 t_1 - {}^3 t_2}{Q}$$

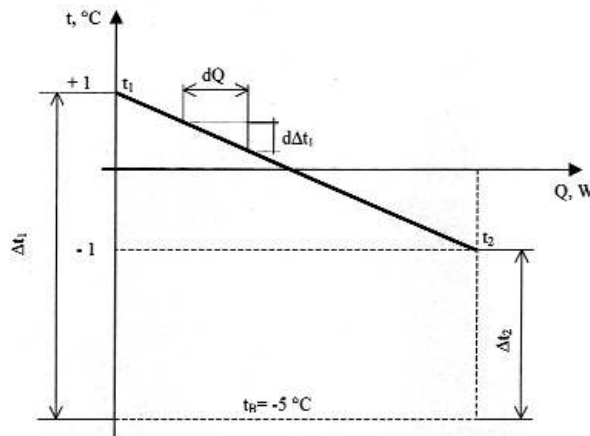
$$dQ = K dA {}^3 t$$

$$\frac{d^3 t}{K dA {}^3 t} = \frac{{}^3 t_1 - {}^3 t_2}{Q}$$

$$\int_{t_2}^{t_1} \frac{d^3 t}{K dA {}^3 t} = \frac{K}{Q} ({}^3 t_1 - {}^3 t_2) \int_0^A dA$$

$$\ln \frac{{}^3 t_1}{{}^3 t_2} = \frac{K A}{Q} ({}^3 t_1 - {}^3 t_2)$$

$$Q = K A \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{{}^3 t_1}{{}^3 t_2}} = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{{}^3 t_1}{{}^3 t_2}}$$



Şekil 7. Soğutucu üniteye logaritmik ortalamaya esas sıcaklık değişimleri

$$\ln \frac{t_1 - t_B}{t_2 - t_B} \quad \ln \frac{t_1 - t_B}{t_2 - t_B}$$

$$Q = K A {}^3 t_L$$

$t_0 = \pm 0$ °C, ortalama soğuk oda sıcaklığı,
 $t_1 = +1$ °C, soğutucu üniteye hava giriş sıcaklığı,
 $t_2 = -1$ °C, soğutucu üniteye hava çıkış sıcaklığı,

olduğuna göre soğutucu üniteye soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığı;

$t_b = -10$ °C için ${}^3 t_L = 9,96$ °C
 $t_b = -5$ °C için ${}^3 t_L = 4,93$ °C

değerlerinde olup buna göre $t_b = -5$ °C proje koşulu olarak kabul edilmesi durumunda $t_b = -10$ °C proje koşulu olması durumuna göre soğutucu ünite ısı transfer yüzeyinde;

$$9,96 \text{ °C} / 4,93 \text{ °C} = 2,02$$

değerinde bir artış olmalıdır. Bu husus soğuk depoculukta uygulanmayan doğruların en önemlisidir. Ancak teneke ambalajlı beyaz peynir, salça vb. ürünlerde olduğu gibi diğer besin ürünlerinde de tam kapalı veya vakumlu ambalajlamanın yaygınlaştırılmaması da soğuk depoculukta henüz uygulanması sınırlı doğrular arasındadır.

Aynı hususlar soğuk muhafaza odalarında olduğu gibi donmuş muhafaza odaları için de doğrudur. Dolayısı ile donmuş muhafaza odalarında soğutucu ünite ısı transfer yüzeyi hesaplarında, örneğin; -20 °C donmuş muhafaza koşulu için soğutucu üniteye -25 °C soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığı, -30 °C şoklama koşulu için soğutucu üniteye -35 °C soğutucu akışkan buharlaşma sıcaklığı, proje koşulu olarak kabul edilmesi de soğuk depoculukta henüz uygulanmayan doğrular arasındadır.

6. KONDANSER ISI TRANSFER YÜZEYİ

Kondanser ısı transfer yüzeyinin optimum değerinde olması soğuk depoculukta amortisman ve enerji

masrafları yönünden önemlidir. Bu esas ve görüş altında soğuk depoculukta soğutma sistemleri ile ilgili kondanseler belirli ve sınırlı bir soğutma kapasitesi ile işletme aktivitesine kadar hava soğutmalı, belirli soğutma kapasitesi ile işletme aktivitesinin üstünde ise su soğutmalı olarak projelendirilmeli ve uygulama alanına konulmalıdır.

Hava soğutmalı kondanselerde, kondanserin bulunduğu mekan sıcaklığı ile kondanserde soğutucu akışkanın yoğuşma sıcaklığı arasındaki fark 10 °C, ayrıca soğutucu akışkanın yoğuşturulması amacı ile kondansere girip çıkan hava sıcaklıkları arasındaki fark ise 6 °C olmalıdır.

Su soğutmalı kondanselerde ise soğutma suyu sıcaklığı ile kondanserde soğutucu akışkanın yoğuşma sıcaklığı arasındaki fark 5 °C, ayrıca soğutucu akışkanın yoğuşturulması amacı ile kondansere girip çıkan soğutma suyu sıcaklıkları arasındaki fark ise 2 °C olmalıdır.

Kondanser ısı transfer yüzeyi ile ilgili hususlar da soğuk depoculukta henüz tam uygulanmayan doğrular arasındadır.

SONUÇ

Sonuç olarak, soğuk depoculukta proje yapımında ve tesis kurmada alışlagelen yöntemleri ve sorunlarını görmekte, izlemekte ve bilmekteyiz. Ancak besin ürünlerinin ihracatının çok önem kazandığı günümüzde yeterli ve kaliteli soğuk ve donmuş depoculuğa acil ihtiyaç vardır.

Bu amaçla, ülkemizde yatırımcılar; öncelikle maliyet ucuzluğu yerine yeterlilik ve kalite istemeli, proje yapıcısı ve tesis kurucu firmalar ise haksız rekabeti bırakıp yeterlilik ve kalite konusunda doğruları uygulamalıdır.

İhracat genelde uluslararası bir konu olup, ihracat ürünü olunca, beslenme ve sağlık konusu ortaya çıkmakta ve dolayısı ile besin ürünü ihracatı özellik ve önem kazanmaktadır. Ayrıca iç tüketim ve kendi insanımız için de aynı özellik ve önem aranmalıdır.

Bu nedenlerle, bu makalede konu edilen soğuk depoculukta alışlagelen yöntemleri bir kenara bırakıp, henüz uygulanmayan doğruları ele almayı, yeterlilik ve kaliteyi yakalamayı hedef alma zamanı artık gelmiş bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] SAVAŞ, S., 'Soğuk Depoculuk ve Soğutma Sistemlerine Giriş', Uludağ Üniversitesi Yayın No: 5, 1987.
- [2] TS 4855, 'Soğuk Depoculukta Soğutma Tesisi Proje Esasları'.
- [3] SAVAŞ, S., 'Soğuk Depoculuk ve Örnek Proje Çalışmaları', Balıkesir 2002.
- [4] ÖZKOL, N., 'Uygulamalı Soğutma Tekniği', TMMOB Yayın No:115, 1999.