



bu bir MMO
yayıdır

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Ham Patates Deposunun Yapısı ve Havalandırma Sisteminin Tasarımı

ARİF HEPBAŞLI

SİMPLOT A.Ş.

HAM PATATES DEPOSUNUN YAPISI VE HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN TASARIMI

Arif HEPBAŞLI

ÖZET

Patates yumruları; yaşayan, " soluyan " organizmalardır. " Solurken " ; karbondioksit, nem ve ısı verirler. Bu üç ürünün son derece yüksek düzeylerde çoğalmasını önlemek ve yaşayan canlı patates yumruları için uygun çevre sağlamak amacıyla patates yumruları havalandırılır.

Patates deposunun havalandırılması ve soğutulması; deponun ve yumruların her tarafında doğru hava sıcaklığı, hava sirkülasyonu ve dağılımının sağlanması olarak tanımlanabilir. Bu üç faktörün amacı; depo içindeki patateslerin her yerinde düzgün yumru sıcaklığı, nem ve havanın elde edilmesidir. Patatesler, bu çevre koşullarının sağlanmasıyla, çeşit özelliklerine bağlı olarak, yüksek kalitede 10 - 12 aylık uzun süreli depolanabilir.

Bu çalışmada, yukarıda belirtilen unsurların ışığı altında, ham patates deposunun yapı özellikleri ile başarılı patates deposu havalandırma sistemi tasarımı incelenmiş ve örnek bir hesaplama şekli sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Sürekli değişim ve gelişmenin yaşandığı günümüzde, şehirleşme gibi yapısal değişiklikler, çalışan kadınların sayısının artması, daha rahat yaşama isteği gibi nedenler, kaliteli ve uzun ömürlü gıdalara olan ihtiyacı artırmıştır. Gelişen teknoloji ve bilime paralel olarak, gıdanın üretimi ve özellikle korunması yolunda, değişik yöntemlerin uygulanması gündeme gelmiştir. Bu yöntemlerden en önemlisi olan gıdaların dondurularak saklanmasıyla, gıdaların kalite ve besin değerlerinde oluşan kayıplar en az düzeyde tutulabilmektedir (1).

Dondurulmuş meyve - sebze sektörü, meyve - sebze işleme sektörü arasında, ülkemizde 22 yıllık bir geçmişe sahiptir. Dondurulmuş parmak patates üretimi, 1984' de kurulan ve 1986' da üretime geçen SİMPLOT ve BEŞİKÇİOĞLU A.Ş. ile bu sektörde dokuz yıllık bir geçmişe sahiptir. Bunun dışında, 1991 yılında üretime geçen AVİKO - STARKING , 1993' de kurulup aynı yıl üretime geçen BOLPAT ve 1995 yılında üretime geçmesi öngörülen APEKS ile toplam dört adet dondurulmuş parmak patates işletmesi bulunmaktadır.

Ülkemizde, 1993 yılında yaklaşık olarak 4,5 milyon ton ham patates üretilmiştir. Bunun yılda en fazla 75 000 tonunun, yani toplam patates üretimimizin yaklaşık % 1,7' sinin dondurulmuş parmak patates üretiminde kullanıldığı sanılmaktadır (1). Gerek sofraya patatesi tüketimi gerekse de patates işleyicilerinin ihtiyacı için ham patateslerin uzun süreli olarak depolanması gerekmektedir. Ancak, ham patateslerin güvenli ve istenilen koşullarda depolanması, görüldüğünden daha fazla bir karmaşık yapıya sahiptir (2). Aşağıda, bundan böyle " ham patates " sözcüğü yerine "patates " sözcüğü kullanılacaktır.

Patates depolarının havalandırılmasını yeterince anlamak için, patates yumrularının, çoğu depolama periyodu süresince uyku halinde olsa bile, yaşayan " soluyan " organizmalar olduğunu ve " solurken " de karbondioksit, nem ve ısı verdiklerini iyi kavramak gereklidir (3,4,5,6). Bu üç ürünün son derece yüksek düzeylerde çoğalmasını önlemek ve aynı zamanda yaşayan canlı patates yumruları için uygun çevre sağlamak amacıyla patates yığınları havalandırılır (4). Uygun havalandırma ile istenilen sıcaklık, nem ve hava debisi sağlanacaktır. Sözü geçen üç faktörün doğru seçimi, depo yapısının tipinden çok daha fazla önem taşır (7).

2. BAŞARILI DEPOLAMA UNSURLARI

Patates deposunun başarılı tasarımında buna etki eden faktörlerin iyi bilinmesi büyük yarar sağlamaktadır. Kaliteli patates, iyi yapı tasarımı, özenle tasarlanmış hava dağıtımı, güvenilir bir havalandırma sistemi ve depoyu gözeten insan, başarılı bir depolamanın en önemli unsurlarıdır (8). Bunların herbiri, bir zincirin halkaları gibidir. Nasıl ki bir zincir en zayıf halkası kadar sağlam ise, bu unsurların birinde oluşabilecek olası bir aksaklık da, diğerleri tarafından giderilemez. Dolayısıyla istenilen depolama amacına ulaşılamaz. Bu çalışmada, kaliteli patates ve insan unsurları dışında kalan diğer özellikler ele alınacaktır.

3. PATATES DEPOSUNUN YAPISI NASIL OLMALIDIR ?

Patatesler, gerek yığın halinde (net depolama kapasitesi veya yığın yoğunluğu : 600 ile 650 kg/m³) gerekse de kenevir veya naylon çuvalarda (her çuval 50 kg, yığma yoğunluğu : 500 kg/m³) depolanır (9). Mekanik yükleme ve boşaltma gerektiren geleneksel depolama yöntemi (çuvalarda depolama) ise, daha düşük kapasiteler için ve çoğu müşterinin aynı depoyu kullanması durumunda tercih edilir (9).

Burada; yığın halindeki depolama sistemi işlenecektir. Ancak, patateslerin depolanması için hangi tip yapı kullanılırsa kullanılsın, emniyetli, verimli ve ekonomik patates deposu için, aşağıda belirtilen bazı özellikler yerine getirilmelidir (3,10,11).

a) Yapısal olarak sağlam olmalıdır. Depodaki patateslerin basıncı gibi, dış kuvvetlerden (rüzgar, kar, yağmur) ortaya çıkan yük basınçlarına karşı dayanıklı olmalıdır.

b) Yeterli izolasyonu olmalıdır. Yeterli izolasyonun sağlanmasıyla, depo içinde yoğuşma oluşumuna önlem alınır (3). Toplam ısı geçirgenlik katsayısı 0,284 W/m²K olmalıdır. Bu miktar izolasyon, yaklaşık olarak 75-100 mm kalınlığındaki poliüretana ve 150-200 mm kalınlığındaki fiberglasa eşdeğerdir (3,10,11).

Patates deposunun tavanındaki yoğuşma, deponun her tarafında yeterli izolasyonun sağlanması yanında, aşağıdakilerden bir veya birkaçını uygulayarak azaltılabilir veya yok edilebilir (5).

- Dönüş hava kanalı, tavanın en üst kısmına kadar uzatılır.
- Havanın by-pass edilmesi veya yardımcı fanlar kullanılmasıyla, tavan boyunca dolaşan sabit hava akışı sağlanır.
- Gerektiğinde, su tutma kapasitesini artırmak için, patates üzerinde tavan boyunca dolaşan havanın sıcaklığı 1-2 °F (0,55 - 1,10 °C) artırılır.

c) Dışarıdan su geçirmez olmalıdır. Deponun çatı malzemesi, yağmur veya nemin izolasyon malzesine girmesini önlemelidir. Bu, özellikle cam yünü gibi izolasyon malzemelerinde önemlidir. Islanmış izolasyon; ısının, tavan ve duvarlar arasından kaçmasına neden olan kötü bir izolasyon maddesidir.

d) İç kısımdan buhar geçirmez olmalıdır. İzolasyon maddesinin dıştaki neme karşı korunması yanında, iç kısımdan gelen neme karşı da korunmalıdır. Soluyan patateslerden ortaya çıkan nemin

izolasyon maddesine girmesini önlemek için, iç kısım nem yalıtım maddesiyle kaplanmalıdır. Bunun için polietilen plastik, alüminyum folyo veya uygun başka bir malzeme kullanılabilir.

e) **Yeterli hava dağılımıyla uygun havalandırma yapılmalıdır.** Tam olarak havalandırılan ve yeterli hava dağılımı olan sistem, patates yığını boyunca düzgün bir sıcaklık sağlayacaktır. Bununla beraber, bazı depoların patates yığını boyunca farklı sıcaklıklara yol açan, kanal çıkışlarında aynı miktarda hava vermeyen dağıtım sistemleri mevcuttur.

f) **Nemlendirme sistemi yeterli olmalıdır.** Soğutma periyodu boyunca yeterli bir nemlendirme sistemiyle minimum % 95 ile % 98 arasında izafi nemde havalandırma havası sağlanmalıdır. Patates yığınlarını nemlendirmek için kullanılan hava; minimum % 95 nemde olmalıdır (3,11,12,13,14,15).

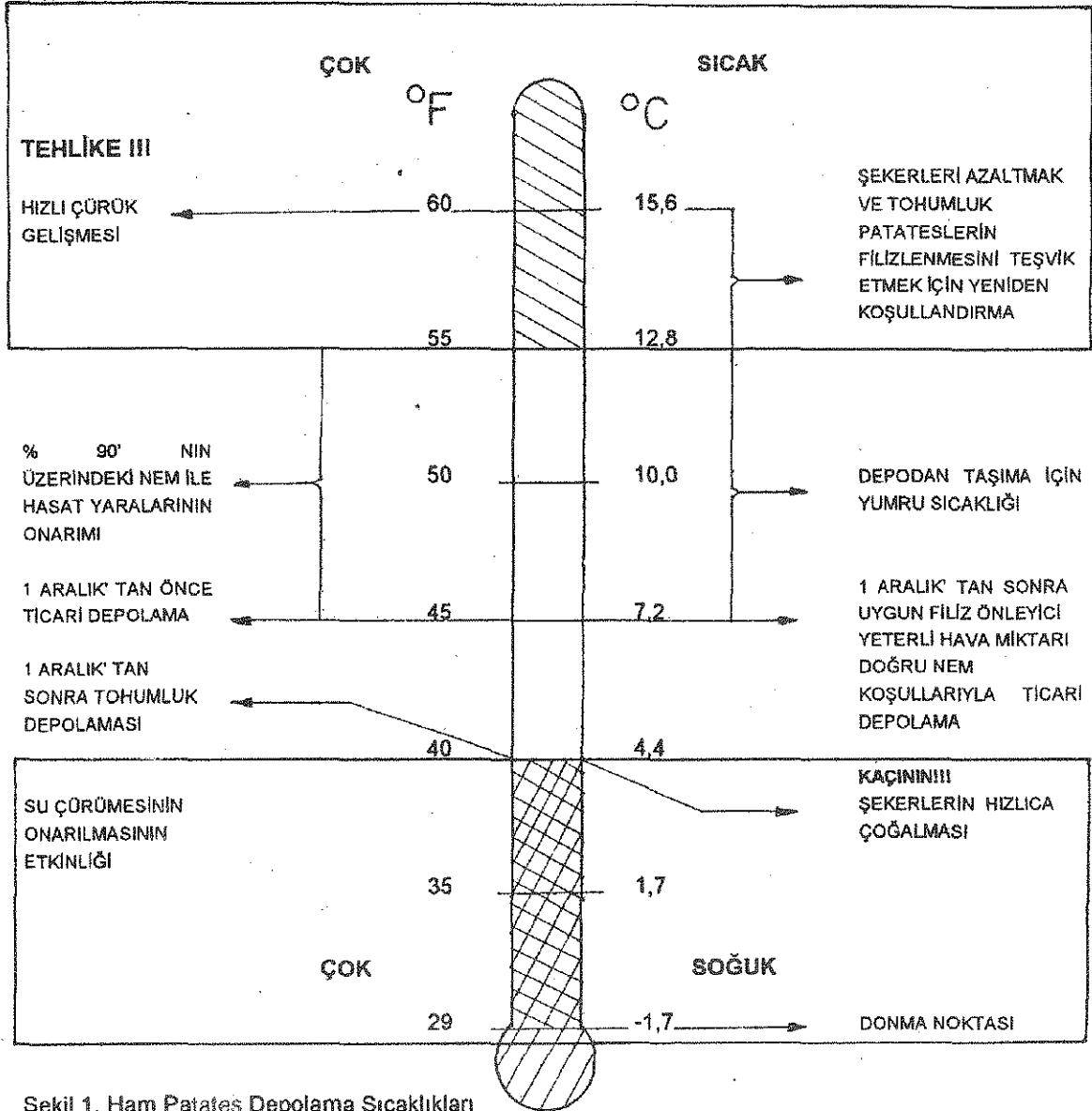
g) **Yeterli kontrol cihazları olmalıdır.** Patatesleri uygun şekilde havalandırmak için kullanılan hava sıcaklığı, ancak yeterli havalandırma ile sağlanabilir. Dış hava en düşük nemde olduğu zaman, uygun bir nemi yeterince verecek bir nemlendirme sistemi olmalıdır. Patatesleri soğutmak için gerekli olan hava debisi fazla verilmemeli ve bu sıcaklık depolama periyodu boyunca elde edilmelidir.

4. PATATES DEPOLAMA KOŞULLARI

Patates havalandırma sisteminin tasarımında, patatesin depolanması süresince geçirdiği aşamaların ve depolama koşullarının bilinmesinin yararlı olacağı kanısındayım. Bu amaçla, aşağıda bu hususlara kısaca değinilecektir.

| PERİYODU | SICAKLIK | İZAFİ NEM |
|----------|---|-----------|
| İYİLEŞME | Yumrular Sağlıklı İse; 57 - 60 °F (13,9 - 15,6 °C) Bazı Yumrularda Çürüme Varsa; 50 °F (10 °C) | % 95 - 99 |
| SOĞUTMA | Tohumluk ve sofr patetesi yumruları istenilen sıcaklığa kadar hızlıca soğutulur. Proses yumruları sıcaklık haftada 2 - 3 °F (1,1 - 1,7 °C)' a düşürülerek yavaşça soğutulur. | % 95 - 99 |
| TUTMA | Tohumluk ve Sofra Patatesi Piyasası İçin; 38 - 40 °F (3,3 - 4,4 °C) Parmak Patates Üretimi İçin; 45 °F (7,2 °C) Kızartılmış Patates (Chips) Üretimi İçin; 50 - 55 °F (10 - 12,8 °C) | % 90 - 95 |

Tablo 1. Patates Depolama Nem ve Sıcaklıkları (14)



Şekil 1. Ham Patates Depolama Sıcaklıkları

Patates yumrusu, depolama süresi boyunca uyku halinde olsa bile, yaşayan organizmadır (14). Uygun depolama ortamı, solumanın kontrolü, su çürümesi ve filizlenme için önemlidir. Yumrular, depolama süresince birkaç fiziksel aşamalardan geçer. Bunlar:

- İyileşme Periyodu** : Hasat yaraları iyileştirilir.
- Soğutma Periyodu** : Yumrular istenilen soğutma sıcaklığına düşürülür.
- Tutma Periyodu** : Yumrular, depolama çeşidine göre depolama sıcaklığında ve süresinde tutulur.

Modern depolar, yumruları istenilen piyasa koşullarında tutmak için bu üç durumda gerekli olan sıcaklık, nem ve hava debisinin sağlanması amacıyla tasarlanırlar. Tablo 1' de, bu üç periyodtaki sıcaklık ve nem değerleri gösterilmiştir (14).

Patatesleri iyi koşulda tutmak için sıcaklık kontrolü her zaman kritiktir (4). Patatesleri arzu edilen depolama sıcaklığına getirmek için izlenecek yol ile ilgili olarak uzman görüşleri farklıdır. Bununla beraber, 50-55 °F (10 - 13 °C) arasındaki sıcaklıklarda çürüme ve mantarlaşmanın başladığı, aynı zamanda patateslerin istenilen bir tutma sıcaklığına hızlı olmadan düşürülmesi gerektiği üzerinde

anlaşmışlardır (16). Sıcaklığı düşürmek için zaman aralığı 4 ile 8 hafta veya daha uzundur. "Depolama sıcaklığı" sözcüğü ile patates yığınının verilen havanın sıcaklığı değil, patatesin gerçek kendi sıcaklığı kastedilmektedir. Şekil 1' de, patates depolama sıcaklıkları ve etkisi şematik olarak gösterilmiştir (4).

Sparks'a göre (6), depolama sıcaklığı ile ilgili izlenecek yol aşağıda belirtilmiştir:

- Şayet hasat zamanı yumru sıcaklığı 55 °F (12,8 °C) 'ın üzerinde ise, yumru sıcaklığı 55 °F 'a mümkün olduğu kadar çabuk düşürülmelidir.
- Hasattan sonra 2 ile 4 hafta boyunca 45 °F (7,2 °C) ile 55 °F (12,8 °C) arasında bir sıcaklık ve minimum % 95 nem elde edilir.
- İyileşmeden sonra, tutma sıcaklığını elde etmek için, sıcaklık günde yaklaşık 1/2 °F (0,3 °C) düşürülür. Tutma sıcaklığı; kızartılmış patatesler (chips) için 48-50 °F (8,9 - 10 °C), sofraya patatesi tüketimi ve patates işleme için 45 °F (7,2 °C) ve tohumluk patatesler için 40 °F (4,4 °C) 'dır.

5. PATATES DEPOSU HAVALANDIRMA SİSTEMİ

5.1. SİSTEMİN TANITILMASI

Patateslerin uzun süreli (10-12 ay) depolanabilmesi için, çağdaş teknolojik yapısı ve kontrol sistemleri olan doğru tasarlanmış bir deposu olmalıdır. Ayrıca, depoda; izolasyon, hava/nem, havalandırma ve soğutmanın en son yenilikleri uygulanmalıdır (4). Başka bir deyişle, uygun patates deposu;

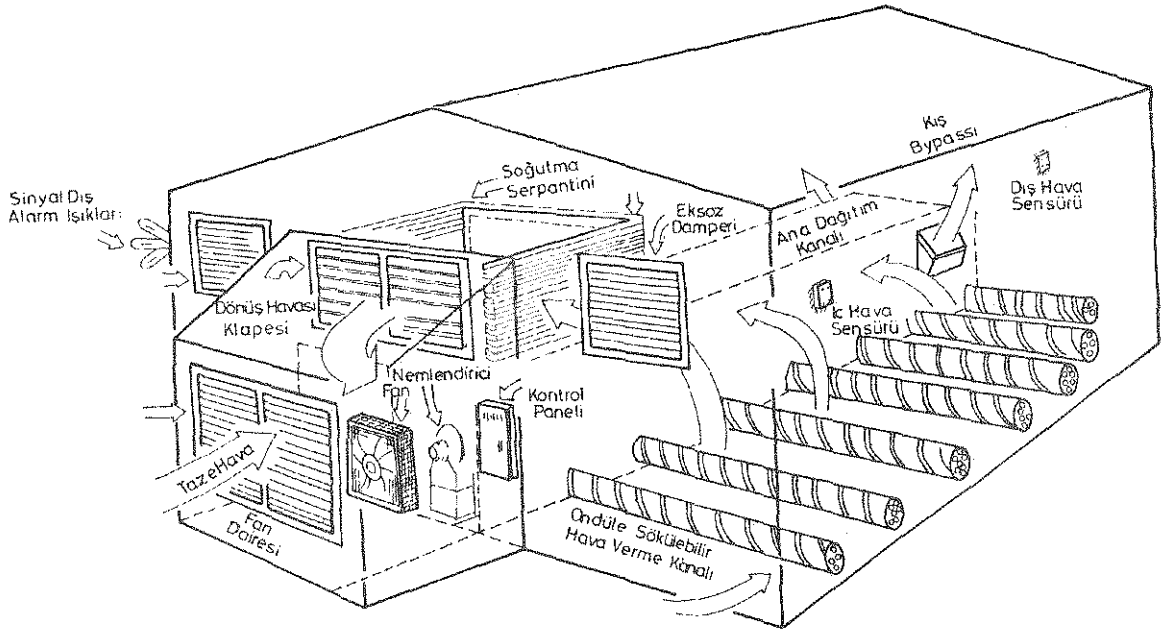
- Uygun havalandırma ve yönetim,
- Doğru ve yeterli hava dağılımı,
- Yeterli nem sistemi,

ile sağlanabilir ve kontrol edilebilir (6).

Patates deposunun havalandırılması ve soğutulması, depo bünyesinde ve yumrular arasında düzenli bir sıcaklığın, hava dolaşımı ve dağılımının sağlanması olarak tanımlanabilir. Bu üç faktörün amacı; patates yığınları içinde düzenli bir yumru sıcaklığı ve havalandırma elde etmektir (4).

Günümüzde, patates deposu havalandırma sistemi ile ilgili olarak çeşitli firmalar tarafından değişik tasarımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Şekil 2' de gösterilen ve Gellert / Amerikan firması tarafından tasarlanan sistem incelenecektir. Bu sistem, 1985 yılından beri SIMPLOT ve BEŞİKÇİOĞLU A.Ş.'de uygulanmaktadır.

Sistem, esas olarak, Freon 22'li soğutma grubu (kompresör, yoğuşturucu, buharlaştırıcı ve ilgili cihazlar), kontrol panosunun içinde bulunduğu fan dairesi ve sisteme hava sağlayan hava dağıtım kanallarından oluşmaktadır. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcılar hava soğutmalıdır. Buharlaştırıcılar, deponun içine konulmuştur. Nemlendirme, havalandırma fanlarının altında bulunan nozullar ile yapılmaktadır. Fazla su, kanalın dibinden dışarıya verilmektedir. Nemli hava, ana hava besleme kanalından (air plenum) geçtikten sonra depo içinde ve yerüstünde bulunan silindirik (ondüle şeklindeki) hava dağıtım kanalları ile patateslerin altından verilir. Sistem; dış sıcaklık, patateslerin kendi sıcaklığından sadece birkaç derece düşük olduğu zaman, patateslerden büyük miktarda fazla sıcaklığını gidermek için tasarlanmıştır. Serin dış hava mevcut oldukça, dışarıdaki havanın %100' ünü alabilecek kapasitedir. Sistemin kontrol panosunda, üç ayrı pozisyon vardır. Bunlar (7);



Şekil 2. Havalandırma Sistemi Genel Görünüşü (7)

- a) **Maksimum Atmosferik Soğutma:** Dışardaki hava sıcaklığı patateslerden daha fazla soğuk olduğu zaman sistem çalışır. Damperler (panjurlar), sıcaklık kontrolörü ile kontrol edilir.
- b) **Zamanlı Çalışma :** Sistem, üzerindeki zaman ayarına göre, istenilen saatler arasında çalıştırılır.
- c) **Sürekli İşletme :** Sistem devamlı çalışır. Başlama ve durdurma düğmeleri ile çalıştırılır ve durdurulur.

Ayrıca, aşağıda belirtilen işlevler yerine getirilerek, sistem soğutma amacıyla çalıştırılabilir:

- a) **Soğutma Seçme Düğmesi :** Üç konumlu bir seçme düğmesidir. Bu düğme ile soğutma sistemi, " kapalı ", " açık " ve " sadece soğutma " durumlarına ayarlanabilir.
- b) **Sürekli Çalışma :** Fan sürekli olarak çalıştığı zaman soğutma sistemini işletmek için kullanılır ve istenilen soğutma sıcaklığına ayarlanabilir.
- c) **Kesikli Çalışma :** İstenilen soğutma sıcaklığı ayarlanarak, havalandırma fanı kesikli çalıştığı zaman, soğutma sistemini işletmeğe yarar.
- d) **Maksimum Atmosferik Soğutma :** Sistemin seçici düğmesi ilgili pozisyona getirilerek, soğutma sistemi devre dışı bırakılabilir.
- e) **Ekonomizer :** Tasarruf sağlayan bir elektrik devresidir. Bu devre, dış hava mevcut olduğu zaman soğutma için bu dış havanın kullanılmasına ve dış hava sıcaklığı, depodaki patateslerin sıcaklığından birkaç derece arttığında sistemin otomatik olarak soğutma yapmasına yarar.
- f) **Sadece Soğutma :** Düğme bu pozisyona getirildiği zaman, dış panjurlar kapalı halde tutulur ve soğutma sadece, soğutma cihazı vasıtasıyla yapılır.

Çalışma şekli genel hatlarıyla açıklanan yukarıdaki sistem, günümüzde, ilgili üretici firma tarafından bilgisayar sistemi ile donatılarak daha modern hale dönüştürülmüştür.

5.2. HAVALANDIRMA SİSTEMİ CİHAZLARI

Aşağıda, patates havalandırma sisteminde kullanılan cihazlar kısaca tanıtılacaktır:

5.2.1. Fanlar

Patates havalandırma sistemlerinde aksiyal ve santrifüj fanlar kullanılır (8,18). Santrifüj fanlar, sessiz çalışması nedeniyle seçilir (8). İster aksiyal isterse santrifüj fan seçilsin, daha hafif ve korozyona

dayanıklı olduğu için, alüminyum rotorlar çelik rotorları karşı tercih edilir. Sıcak daldırılmış galvanizli fan gövdeleri, boyanmış çelik gövdelerden daha fazla kullanılır. Fakat , daha büyük boyutlu fanlarda bunu sağlamak mümkün değildir. Ekonomik güç tüketen, ama sistemdeki basınç değişimleri karşısında debiyi daha fazla değiştirebilen ve optimum boyutlandırılmış fanların seçilmesinde büyük yarar vardır (8).

5.2.2. Nemlendiriciler

Gerek araştırma sonuçları gerekse de sahadan elde edilen deneyimler, depolanmış patateslerin yüksek nemdeki hava ile havalandırılmasının, daha az ağırlık kaybına, daha az filizlenmeye ve hava ile temastaki patateslerden daha az sıcaklık kaybına neden olduğunu göstermiştir (15). Bundan ötürü, en azından % 95 izafi nemi sağlayan nemlendiriciler seçilir (6,8,19,20).

Patates havalandırma sistemlerinde kullanılan nemlendiriciler, uygulamada beş sınıfa ayrılabilir. Bunlar; santrifüj, basınçlı nozullar, pnomatik nozul, hava yıkayıcıları ve buharlaştırıcı nemlendiricilerdir. Son iki tip, 48 saatlik bakım periyodu süresince hızlı bir şekilde değiştirilemediği için kullanımından kaçınılmalıdır (18).

a) Santrifüj Nemlendiriciler : Genellikle yeterli bir nemi sağlamak için basit bir çözüm vardır. Seyyar bir santrifüj nemlendirici, ilk ve sonbaharda kullanılabilir. Daha sonra kış için ambara kaldırılır veya ilki gibi aynı besleme suyu ile beslenen sürekli bir ek ünite kullanılabilir.

b) Yüksek Basınçlı Nemlendiriciler : Bu nemlendiriciler, 34,5 ile 45 bar arasında ince bir sis tabakası meydana getirirler. Bununla beraber, basit santrifüj nemlendiricilerden daha fazla özen gerektirirler.

c) Pnomatik Nemlendiriciler : Uygun bir işletme için yaklaşık 2 bar'lık hava ve su basıncı gereklidir. En iyi nozullar, hava kontrollü nozullardır. Havanın otomatik olarak kesilmesi, suyun kapanmasını sağlar. Bu tür nemlendiriciler, patates havalandırma sistemlerinde pek kullanılmaz. Hava kompresörünün temin edilmesi, kurulması ve işletilmesi zorunludur. Aynı zamanda nozullar arasından kuru hava akışı sağlanmalıdır.

5.2.3. Damperler

Ana hava besleme kanalında istenilen bir sıcaklığı elde etmek için, patateslerden gelen sıcak havayla ne kadar dış havanın karıştırılması gerektiği kontrol damperleriyle belirlenir (18). Kontrol damperlerinin uygun seçimi uzmanlık gerektirir. Bununla beraber, geniş kanatların kullanımından (150 mm genişliğindeki kanatlar tercih edilir.) kaçınılması önerilir. Ayrıca, patates depolama uygulamalarında paralel kanatlı damperler, herbiri bir sonrakinin ters yönünde dönen karşıt yönlü kanatlı damperlere göre, daha iyi kontrol sağlarlar (18).

5.2.4. Otomatik Kontrol ve Kontrol Panosu

Patates havalandırma sisteminin otomatik kontrolü basittir. Gerekli olan herşey; dış soğuk havayı sıcak hava ile karıştırmak için hava karıştırma damperleri, soğutucu akışkanın akışını değiştiren kontrol vanaları, fan, kompresör, pompa ve nemlendiricilerin motorlarına güç veren durdurma ve çalıştırma manyetik şalterleri, sıcaklık kontrolü, bir zaman saati ve bazı dış hava sıcaklık algılama cihazlarıdır. Bu esas elemanların nasıl seçileceği ve kombine edileceği otomatik sistemin kalitesini belirler (8).

Kontrol panosunun seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı özellikler aşağıda açıklanmıştır (8).

a) Minimum iki seçici anahtar konumu olmalıdır. Birincisi, zaman ayarlayıcısının kontroluyla zamana göre çalışmasıdır. İkincisi, etkin soğutma için dış hava sıcaklığı yeterince düşük olduğu zaman otomatik çalışmasıdır.

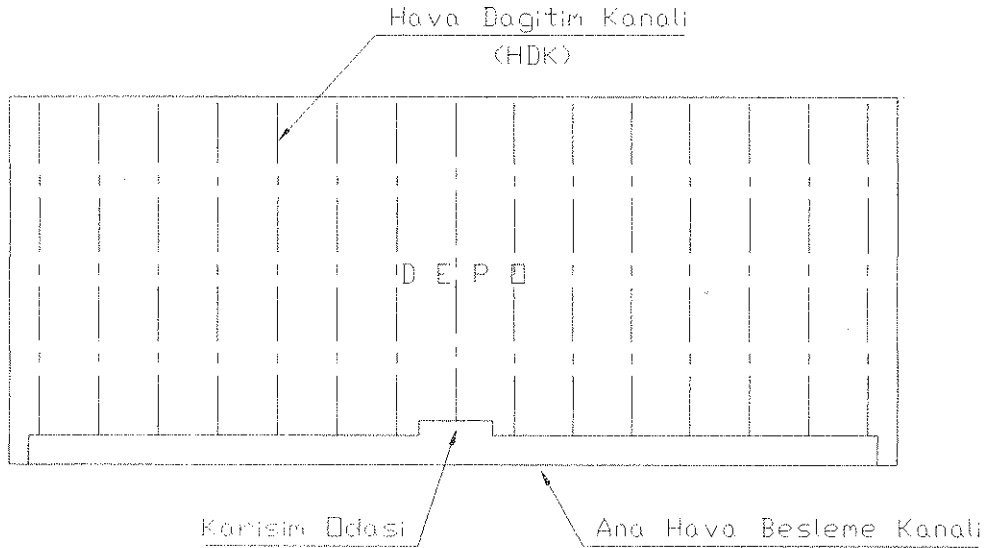
- b) Düşük bir sıcaklık durdurma kontrolü olmalıdır. Bu kontrol, şayet ana hava besleme kanalındaki sıcaklık donma noktasına yakın düşerse, dış hava giriş damperlerini kapatmalı, fanı ve nemlendiriciyi devreden çıkartmalı ve kontrol panosu operatör tarafından elle ayarlanıncaya kadar, sistemin tekrar çalışmasını önlemelidir.
- c) Fan hava beslemesinde bir bloklaşma oluştuğu zaman, sistemi devre dışı bırakacak bir hava basınç şalteri olmalıdır. Damperlerin arızalanması ve fan dairesinin duvarlarının deforme olması buna neden olur.
- d) Dar-bantlı oransal sıcaklık kontrolü olmalıdır.
- e) Dış hava damperlerinin açılmasını önleyen ve sadece fan çalıştığı zaman nemlendiriciyi çalıştıran kilitleyiciler olmalıdır.
- f) Güç devresindeki herhangi bir arızadan sonra, gücün eski konuma getirildiği anda fanın çalışmasını önleyen bir devre bulunmalıdır.

5.2.5. Ana Hava Besleme ve Dağıtım Kanalı

a) Tasarım

Bilindiği gibi plenum, sadece hava ile doldurulmuş yüzey demektir (21). Bir patates deposunda plenum, bir uçtan diğer uca kadar düzgün statik basıncın olması ve böylece hava dağıtım kanalının herbirinde eşit hava akışının sağlanması için, hava ile doldurulur (21). Burada, " air plenum " yerine sadece " ana hava besleme kanalı " tanımı kullanılmıştır.

Ana hava besleme kanalı, binanın yerleşimine göre, genelde iki şekilde yapılır. Birincisinde (Şekil 3), ana hava besleme kanalları deponun yanında, fan ve karışım odası ortada ve hava dağıtım kanalları depoya çapraz yöndedir.



Şekil 3. Ana Hava Besleme Kanal Yerleşimi (HDK Depo Boyuna Çapraz Yönde)

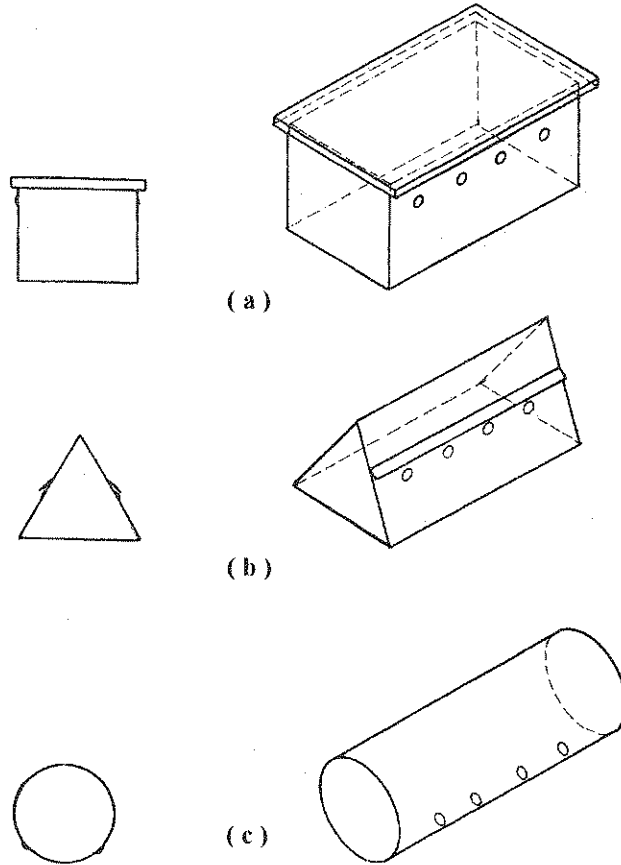
İkincisinde ise, ana hava besleme kanalları deponun sonunda, fan ve karışım odası sonda ve hava dağıtım kanalları depo boyuncadır (Şekil 4).



Şekil 4. Ana Hava Besleme Kanal Yerleşimi (HDK Depo Boyuna Paralel Yönde)

Bazı uygulamalarda, örneğin SİMPLOT ve BEŞİKÇİOĞLU A.Ş.'de, iki depo için tek bir havalandırma / soğutma sistemi (iki deponun toplam kapasitesine eşit) kullanılır. Bu durumda kanal yerleşimi, Şekil 3 ve Şekil 4' de gösterilenden farklıdır. Yani, ana hava besleme kanalı her iki deponun ortasında ve deponun uzunluğu boyunca, fan ile karışım odası deponun sonunda ve hava dağıtım kanalları depoya çapraz yönde (deponun genişliğine paralel) yerleştirilir.

Hava dağıtım kanalları olarak, yeraltı ve yerüstü kanallar kullanılır. Kanal kesitleri genelde, dikdörtgen, üçgen ve daire şeklindedir (Şekil 5).



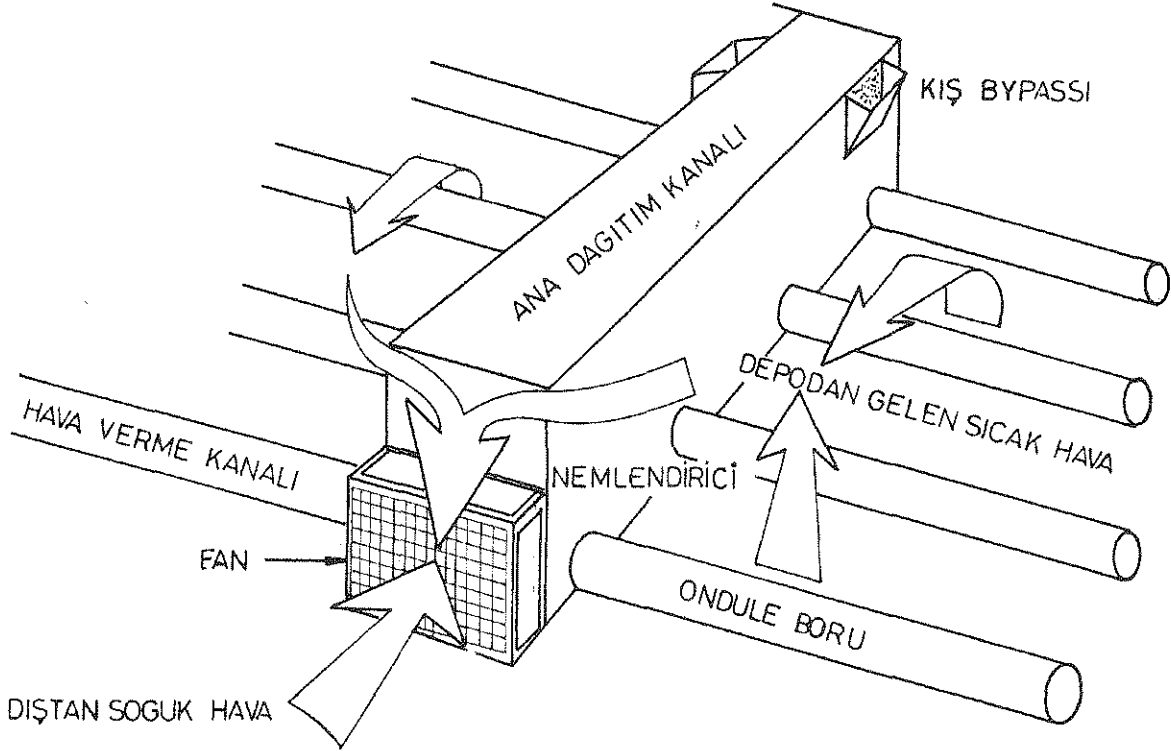
Şekil 5. Hava Dağıtım Kanalları Şekilleri

a) Dikdörtgen b) Üçgen c) Dairesel

İlk yapılan yerüstü kanallarının tahtadan, dikdörtgen kesitli, yandan delikli ve patateslerin deliklerin üzerini tıkamasını önlemek için, üzerini kapatan bir kapağı vardı. Kanal eksenleri arası 3 m idi. Çoğu

depolarda bu tür kanallar kullanıldı. Yiğın yüksekliği daha fazla olan depolarda, gerekli boyuttaki tahta kanallar ağır geldi (8).

Dairesel kanallar, gerek minimum ağırlıkla daha yüksek mukavemet gerekse de düzgün hava dağılımı sağlaması nedeniyle, patates hava dağıtım kanallarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kanallar; 12, 15, 18, 21 ve 24 inch çaplarında ve çeşitli et kalınlıklarında imal edilir (22). Havalandırma delikleri, yaklaşık olarak yatay eksenden 45°'lik açıyla, altta ve her iki yandadır. Delik çapları 1 inch' ten (yaklaşık 25 mm) başlayıp 1 3/4 inch' e (yaklaşık 44 mm) kadar değişir. Kanal malzemesi olarak, genelde galvaniz çelik kullanılır (21,22,23).



Şekil 6. Ana Hava Besleme ve Dağıtım Kanalları Yerleşimi

Kanal sayısı ve gerekli hava debisi bilindiği takdirde, dairesel kanalın boyutlandırılması basittir. Ancak, hava deliklerinin boyutlandırılması biraz daha fazla emek gerektirir. Toplam delik kesit alanı, kanal kesit alanının % 83 'ü olmalıdır (8). Şayet bu alan sözkonusu değerden fazla ise, düzgün hava dağılımı zayıflar. Delik alanı % 83 'ten daha az ise, toplam hava debisi azalır ve istenmeyen hızlar elde edilir. Aynı zamanda, delik çaplarında bazı sınırlamalar vardır. Eğer delik çapları 1 1/4 inch' den (yaklaşık 32 mm) daha az ise, filiz önleyicisinin kenarlara yapışma eğilimi artar ve böylece etkin alan azalabilir. Delik çapları 32 mm' den daha büyük olduğunda, patatesler delikleri tıkayabilir. Aynı zamanda büyük delikler kanalı zayıflatabilir.

b) Kanal ve Delik Yerleşimi

Hava dağıtım kanalları, eksenleri arası 10 ft (3 m) olacak şekilde yerleştirilmelidir (6,8,21). Fakat son zamanlarda, 8 ft (2.4 m) 'luk yerleşim yarar sağladı. Düzgün hava dağılımı iyileşti ve bazı durumlarda daha küçük çapta kanal kullanıldı (8). Hava dağıtım kanallarındaki delikler, yüksekliği 3 m olan bir patates yiğını için 300 mm aralıkla yerleştirilmeli ve 1 " (25 mm) ile 1 1/4 " (32 mm) çapında olmalıdır. Diğer yiğın yükseklikleri için delik eksenleri arası enterpolasyonla hesaplanmalıdır (3).

c) Havalandırma Debisi

Havalandırma debisinin belirlenmesi ile ilgili olarak bazı farklılıklar mevcuttur. Deneyimler, gerekli hava debisinin ton patates başına 10 CFM (17 m³/h) olduğunu göstermiştir (3,5,8,11,12,21). Daha yumuşak iklimlerde, daha fazla hava, yani; 12- 12,5 CFM (20.4 - 21.25m³/h) gereklidir. Gerekli hava debisindeki farklılık, depolanmış patatesteki herhangi bir farktan değil, bilakis hasat sezonu boyunca hava özelliklerinden kaynaklanmaktadır (8). Soğutulmuş depolardaki hava debisi, tipik olarak ton patates başına 15 CFM (25,5 m³/h) alınabilir (8). Fakat soğutma sadece yazın tutma için gereklidir.

45 °F (7.2 °C) ile 50 °F (10 °C) sıcaklıklarda depolanan işleme patatesi için, 15-20 CFM (25,5-34 m³/h) 'dir (19,24). Sofra patatesi için, 10-15 CFM (17-25,5 m³/h) yeterlidir (19). Patatesin soğutulma döneminde, her ton patates için 40 m³/h ve sonraki dönemde ise; 20 m³/h hava istenir (25).

Havalandırma fanının statik basıncı, en az 25 ile 32 mmSS olmalıdır (3,8,10,11,21). Hava dağıtım kanallarındaki statik basınç ise, yaklaşık olarak 13 mmSS tutmalıdır (3).

d) Hava Hızları

Hava kanallarındaki hız, en fazla 5 m/s olmalıdır (3,8,10,11,21). Karışım odası veya ana hava besleme kanalı, 5 m/s' den daha fazla olmayan hava hızında gerekli debiyi sağlayacak yeterli büyüklükte seçilmelidir (3).

e) Soğutma Kapasitesi

Soğutma kapasitesi hesaplanırken, günlük en fazla 1 °F (0,55 °C)' lik sıcaklık değişimi esas alınır. Ayrıca, her durumda beslenen hava sıcaklığı, ortalama yumru sıcaklığının en fazla 5 °F (2,8 °C) altında olmalıdır (4).

6. ÖRNEK HAVALANDIRMA SİSTEMİ HESAPLARI

Aşağıda, patates havalandırma sisteminin tasarımını daha iyi anlamak için, örnek bir hesaplama verilmiştir. Hava dağıtım kanal ölçüleri için, ülkemizde bu konuda herhangi bir standard olmadığından ötürü, SPOKANE/ Amerikan firması kataloğunda verilen ölçüler esas alınmıştır. Bu firma, dairesel kesitli hava dağıtım kanalı imal etmektedir (22).

6.1. KULLANILAN FORMÜLLER

a) Depolama Kapasitesi , G (t) :

$$G = a \cdot b \cdot h \cdot \rho \quad \rho = 0.60 - 0.65 \text{ t / m}^3 \quad (6.1)$$

a, b ve h sırasıyla, deponun eni, boyu ve yığma yüksekliğidir.

b) Hacimsel Hava Debisi, V (m³/h) :

$$V = G \cdot q \quad (6.2)$$

Özgül hacimsel hava debisi: q = 17-34 m³/h-t (3,5,8,11,12,19,21,24)

Soğutulmuş depolarda q= 25,5 m³/h-t (8) alınır.

c) Karışım Odası veya Ana Hava Besleme Kanalı Kesit Alanı, A_k (m²) :

$$A_k = V / (3600 \cdot w) \quad (6.3)$$

Kanaldaki hava hızı w= 5 m/s (en fazla) olmalıdır (3,8,10,11,21).

d) Hava Dağıtım Kanalları Sayısı, n_h (adet) :

$$n_h = a / L_k = a / 3 \quad (6.4)$$

Yukarıdaki formülde, tasarıma göre a yerine b kullanılabilir. Kanal eksenleri açıklığı L_k , en fazla 3 m olmalıdır (6,8,21).

e) Hava Dağıtım Kanalları Kesit Alanı, A_h (m²) :

$$A_h = A_k / n_h \quad (6.5)$$

Kanal kesiti; dikdörtgen, üçgen veya dairesel olabilir. Şayet dikdörtgen ise, genişliği; yüksekliğinin 2,5 katı olmalıdır (3).

Dairesel kesitli kanal kullanılması durumunda, kanal çapı, d_h

$$d_h = \sqrt{(4 \cdot A_h) / \pi} \quad \text{' dir.} \quad (6.6)$$

f) Ana Hava Besleme Kanal Kesiti, A_a (m²) :

$$A_a = A_h \cdot n_y \quad (6.7)$$

Kanal ölçüleri, en azından bir kişinin kanal içinde emekliyerek dolaşmasına ve her hava dağıtım kanalının debisini ayarlamaya olanak sağlayacak ölçülerde olmalıdır. Burada n_y , etkin (hesaba giren) hava dağıtım kanalı sayısını göstermektedir.

g) Hava Dağıtım Kanalları Üzerindeki Deliklerin Boyutlandırılması:*** Delik Eksenleri Arası Açıklık, L_h (mm) :**

Delik eksenleri arası açıklık L_h ; 3 m yığın yüksekliği için 300 mm olmalıdır (3). Bunun dışındaki m olarak farklı yığın yüksekliklerinde (h) ;

$$L_h = 300 \cdot 3 / h = 900 / h \quad \text{' dir.} \quad (6.8)$$

*** Deliklerin Sayısı, n_d (adet) :**

Öncelikle, etkin hava dağıtım kanal uzunluğu olan L_e belirlenir. Bunun için, hava dağıtım kanalının uç kısmının deponun duvarından olan açıklığı ve ana hava besleme kanalının genişliği göz önünde bulundurulur. Böylece, bir sıradaki delik sayısı n_d ,

$$n_d = L_e / L_h \quad (6.9.a)$$

eşitliğinden bulunabilir. Delikler altta ve yatay eksenden 45° açı ile iki adet olduğundan, toplam delik sayısı n_t ,

$$n_t = 2 \cdot n_d \quad \text{' dir.} \quad (6.9.b)$$

*** Delik Çapı, d_d (mm) :**

Toplam delik kesit alanı, kanal kesit alanının % 83' ü olmalıdır (8). Yani;

$$A_d = 0,83 \cdot A_h \quad \text{' dir.} \quad (6.10.a)$$

$$A_d = [(\pi \cdot d_d^2) / 4] \cdot n_t \quad (6.10.b)$$

$$A_h = (\pi \cdot d_h^2) / 4 \quad (6.10.c)$$

(6.10.b) ve (6.10.c) eşitlikleri, (6.10.a)' da yerine konur ve gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$d_d = d_h \cdot \sqrt{0,83 / n_t} \quad (6.10.d)$$

elde edilir.

* Kapaktaki Delik Sayısı :

Hava dağıtım kanalının ucunda bir kapak bulunur. Kapak üzerine uygulamada, 1 1/2 inch çapında 5 adet delik bırakılır.

h) Standard Hava Dağıtım Kanal Ölçüleri :

SPOKANE / Amerikan firması tarafından imal edilen hava dağıtım kanal ölçüleri aşağıda belirtilmiştir (22).

* Hava Dağıtım Kanal Çapları;

12", 15", 18", 21", 24"

* Havalandırma Delikleri Çapları;

1", 1 1/4", 1 3/8", 1 1/2", 1 5/8", 1 3/4"

* Delik Yerleşimi;

| Kanal Çapları | Delik Eksenleri Açıklığı |
|----------------|--------------------------|
| 12" (305 mm) | 9 3/8" (238 mm) |
| 15" (381 mm) | 9 1/8" (232 mm) |
| 18" (457 mm) | 8 5/8" (219 mm) |
| 21" (533 mm) | 8 1/2" (216 mm) |
| 24" (610 mm) | 8 5/16" (211 mm) |

i) Havalandırma Fanı Seçimi:

Fanın karakteristik değerleri olan; debi ve basma yüksekliği, imalatçı verisine göre seçilir. Ancak, fanın statik basıncı 25 ile 32 mmSS arasında olmalıdır. Debi değeri, (b) şıkında hesaplanan değer göz önüne alınarak belirlenir.

6.2. ÖRNEK HESAPLAMA

Havalandırma sisteminin tasarımını daha iyi anlamak için, aşağıda örnek bir hesaplama sunulmuştur. Burada, Bölüm 6.1' deki formüller kullanılacaktır.

Deponun iç ölçüleri; eni (a) : 15 m, uzunluğu (b) : 45 m ve patateslerin yığma yüksekliği (h) : 4 m' dir. Havalandırma kanalları, Şekil 3' deki gibidir. Yani; ana hava besleme kanalı deponun ortasında, fan ve karışım odası ortada, hava dağıtım kanalları dairesel kesitli ve depoya çapraz yöndedir.

a) Depolama Kapasitesi (G, t):

$$G = 15 \cdot 45 \cdot 4 \cdot 0,64 = 1728 \text{ t}$$

b) Gerekl Hava Debisi (V, m³/h) :

$$V = 1728 \cdot 25,5 = 44064 \text{ m}^3/\text{h}$$

c) Karışım Odası Kesit Alanı (A_k , m²) :

$$A_k = 44064 / (3600 \cdot 5) = 2,448 \text{ m}^2$$

Burada, nemlendiricilerin yerleştirilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.
Seçilen kanal ölçüleri : 1 200 x 1 600 mm²

d) Hava Dağıtım Kanalları Sayısı (n_h , adet) :

$$n_h = 45 / 3 = 15 \text{ adet}$$

Bir adet kanal, karışım odasının dışına geliyor.

e) Hava Dağıtım Kanalları Kesit Alanı (A_h , m²) :

$$A_h = 2,448 / 15 = 0,163 \text{ m}^2$$

$$d_h = \sqrt{4 \cdot 0,163 / \pi} = 0,445 \text{ m} = 455 \text{ mm}$$

Seçilen Kanal Çapı : $d_h = 457 \text{ mm}$ (18 ")

f) Ana Hava Besleme Kanal Kesit Alanı (A_a , m²) :

$$A_a = 0,163 \cdot 7 = 1,141 \text{ m}^2$$

Seçilen Kanal Ölçüleri : 800 x 1 600 mm²

g) Hava Dağıtım Kanalları Üzerindeki Deliklerin Boyutlandırılması :*** Delik Eksenleri Arası Açıklığı (L_h , mm) :**

$$L_h = 900 / 4 = 225 \text{ mm}$$

Seçilen : $L_h = 219 \text{ mm}$ (8 5/8")

*** Deliklerin Sayısı (n_d , n_t ; adet) :**

$$L_e = 15\,000 - 800 - 250 = 13\,950 \text{ mm} = 13,95 \text{ m}$$

$$n_d = 13\,950 / 225 = 62 \text{ adet}$$

$$n_t = 2 \cdot 62 = 124 \text{ adet}$$

*** Delik Çapı (d_d , mm) :**

$$d_d = 457 \cdot \sqrt{0,83 / 124} = 37,4 \text{ mm}$$

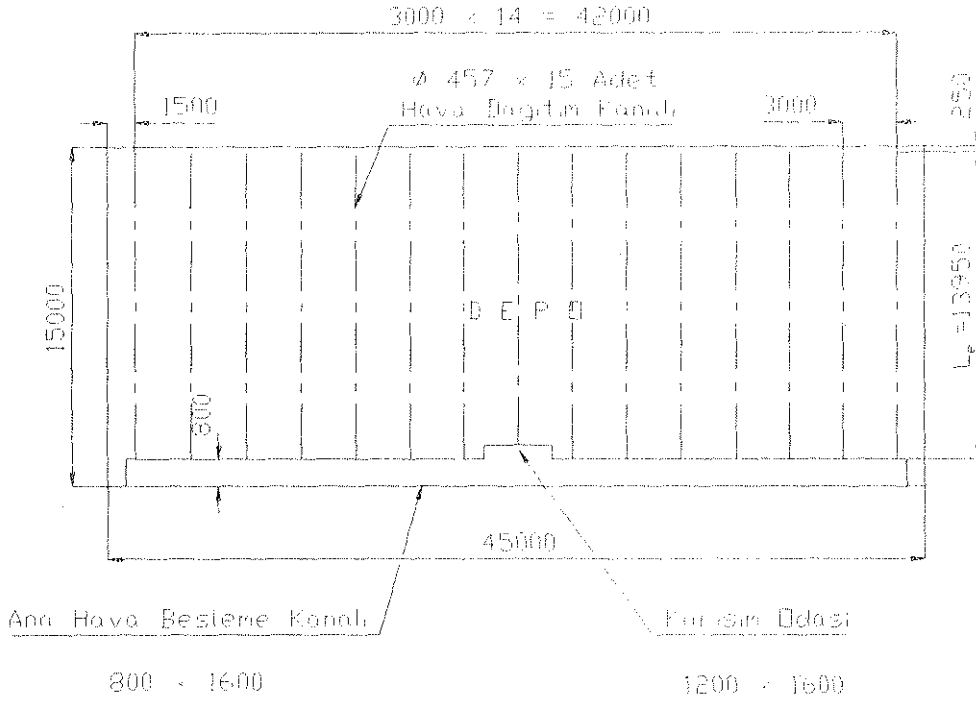
Seçilen Delik Çapı : $d_d = 1 \frac{1}{2}$ " (38 mm)

*** Kapaktaki Delik Çapları :**

Kapak üzerinde 5 adet 1 1/2" çapında (38 mm) delik olacaktır (22).

h) Debi ve basınç kaybı değerlerine göre uygun fan seçilir. Buna göre hesaplar tekrar kontrol edilir.

Yukarıdaki hesaplardan elde edilen değerler ve örnek deponun yapısı Şekil 7' de gösterilmiştir.



Ölçüler mm' dir.

Şekil 7. Örnek Havalandırma Sistemi Kanal Yerleşimi

7. SONUÇ

Ülkemizde, 1985 yılında SİMPLOT ve BEŞİKÇİOĞLU A.Ş. 'de kurulan ham patates deposu havalandırma sistemi, üzerinden 10 yıl geçmesine rağmen, en modern ve en büyük kapasiteli sistem olma özelliğini günümüzde de sürdürmektedir. Çoğu depolar, fazla mühendislik hizmeti harcanmadan tasarlanmış havalandırma sistemleriyle donatılmıştır. Bunun sonucu, gerek kalite gerekse de depo kaybı bakımından istenmeyen sonuçlar elde edilmektedir.

Havalandırma sisteminin doğru tasarımının yapılmasında, buna etki eden unsurların iyi bilinmesi gereklidir. Öncelikle, deneyimlerden elde edilen değerlerin göz önünde bulundurulmasıyla, doğru hava debisi ihtiyacının belirlenmesi gereklidir. Bunun yanında, deliklerin çapı ve yerleşimiyle ilgili sınırlamalar hesaba katılmalıdır. Burada sunulan yöntem izlenerek, havalandırma sistemi doğru olarak tasarlanabilir.

Patateslerin yüksek kalitede uzun süreli depolanabilmesi için, havalandırma sisteminin tasarımının doğru yapılması, yani; istenilen sıcaklık, nem ve hava debisinin sağlanması, yalnız başına yeterli değildir. Bu, ancak, üç önemli temel unsurun, yani; doğru tasarlanmış havalandırma sistemi, kaliteli patatesin depoya konması ve sağlıklı depo yönetiminin uygulanmasıyla mümkündür.

8. KAYNAKLAR

1. Aşkın, K., Dondurulmuş Parmak Patates Üretim Esasları, Simplot ve Beşikçiöğlü Dökümantasyonu, 1994.
2. Brice, A., Trouble in Store ?, Potato Business World, Vol. 2, Issue 3, Section 15, July 1994.
3. Sparks, W.C., Smith, V.T. ve Garner, J.G., Ventilating Idaho Potato Storages, University of Idaho Bulletin No. 500, 1968.
4. SIMPLOT, Potato Processing Operations Manual, No. 10, 1984.
5. Sparks, W.C., Preventing Condensation on the Ceiling of Potato Storages, University of Idaho, No. 299, May 1975.
6. Sparks, W.C., Potato Storage Management, University of Idaho, Current Information Series No. 349, September 1976.
7. GELLERT INC., İşletme Talimatı, 1984.
8. Gellert, H.N., Successful Storage Elements, The Potato Grower of Idaho, May 1976.
9. SABROE, Potato Cold Storage, Danimarka Firması, Katalog, 1994.
10. University of Idaho, Potato Handbook, Designing Bulk Potato Storage Structures, PNW/236, July 1983.
11. Sparks, W., Potato Storage, Construction and Management, University of Idaho, No. 297, May 1975.
12. Sparks, W. ve Summers, L., Potato Weight Losses, Quality Changes and Cost Relationships During Storage, University of Idaho, College of Agriculture, Jan. 1974.
13. Patterson, P. ve Guenther, J., Economics of Storage Management, Potato Grower of Idaho, Dec. 1985.
14. Rowe, R.C., Potato Health Management, Plant Health Management Series, APS Press, The American Phytopathological Society, 1993.
15. Gellert, H.N., Humidification in Potato Storage Ventilation Systems, Agrow-Marketer, June/July 1977.
16. Gellert, H.N., Techniques To Maintain Quality, The Potato Grower of Idaho, Sept. 1986.
17. GELLERT Certified Systems, Amerikan Firması, Katalog, 1994.
18. Gellert, H.N., Forty Eight Hours To Modernize Your Ventilation System, The Potato Grower of Idaho, Dec. 1980.
19. Morgen, C., Humidification in Potato Storage Essential in Maintaining Quality, Potato Grower of Idaho, Dec. 1984.
20. Ojola, J., Reducing Potato Losses in Storage Possible, Potato Grower of Idaho, Dec. 1984.
21. Gellert, N., Air and Storage: A Timely Discussion of The Air Plenum, Potato Grower of Idaho, December Storage Issue 1978.
22. STOKANE Culvert Company, Amerikan Firması, Katalog, 1994.
23. Kusy, A., Proper Storage Management Reduces Potato Problems, Potato Grower of Idaho, Dec. 1984.
24. Pietsch, W., An Economic Analysis of Reducing Storage Losses in Potatoes, Washington Potato Conference, Moses Lake, Feb. 1978.
25. Karaçalı, İ., Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 494, 1993.

ÖZGEÇMİŞ

1958 yılında İzmir'de doğdu. İzmir Motor Teknik Lisesi'ni bitirdikten sonra (1976), yüksek öğrenimini sırasıyla; Lisans : Selçuk Üni. (1980), Y.Lisans (ve Y.Dil Hazırlık Sınıfı) : İ.T.Ü. (1985) ve Doktora (aynı zamanda DESA A.Ş.'de çalışarak) : S.Ü. (1990)'nde tamamladı. İş hayatında ise; S.Ü.'nde Araş. Gör. (1982-1986), DESA A.Ş.'de Proje Başmühendisi ile Planlama ve Kalite Sağlama Md. Yard. (1986-1992) ve AKZO-KEMİPOL A.Ş.'de Mühendislik ve Yatırımlar Md. Yard. (1992-1993) görevlerinde bulundu. Halen, SIMPLOT ve BEŞİKÇİÖĞLÜ A.Ş.'de Bakım-Onarım Md. olarak çalışmaktadır. Evli olup, Almanca ve İngilizce bilmektedir.