

SİLİNDİRİK FINDIK DEPOLAMA YAPILARINDA DEPO YÜKÜ PROJELEME PARAMETRELERİ

Turgut ÖZTÜRK Hakan KİBAR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Sorumlu yazar: turgutoz@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.02.2008

Kabul Tarihi: 14.03.2008

ÖZET: Bu araştırmada serbest akış sistemine sahip çelik konstrüksiyon 1200 ton depolama kapasiteli silindirik bir fındık depolama yapısındaki projeleme yükleri fındık nem kapsamındaki değişime bağlı olarak incelenmiştir. Çalışmada fındık çeşidi olarak tombul, badem, mincane, çakıldak, sivri kullanılmıştır. Fındık tanelerinin önce serbest birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmış sonra hazırlanan MS Visual Basic 6.0 yazılım programıyla depo yük analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda tane nem kapsamındaki artışın depo sistem projeleme yüklerinde azalmaya neden olduğu, projeleme yükündeki azalma oranlarının nem kapsamına ve çeşide bağlı olarak gerçekleştiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fındık, fiziko-mekanik parametreler, projeleme yükü, visual basic

THE DESIGN PARAMETERS OF STORAGE LOAD IN THE CYLINDRICAL STORAGE STRUCTURES FOR HAZELNUT

ABSTRACT: In this study, design loads depend on the hazelnut moisture content in a cylindrical storage structure for hazelnut which has system of free flow, steel construction and 1200 ton storage capacity were investigated. In the research, tombul, badem, mincane, çakıldak, sivri as hazelnut varieties were used. Firstly, the physical and mechanical properties such as bulk density, true density, angle of internal friction, ratio of pressure, static coefficient of friction of hazelnut grains were determined. Load analysis was then made using software program of MS Visual Basic 6.0. The results of research show that increase of the grain moisture content caused decrease at design loads of storage system. The decrease ratios of design load were occurred depend on moisture content and variety.

Key Words: Hazelnuts, physico-mechanical parameters, design load, visual basic

1. GİRİŞ

Çikolata ve şekerleme sanayisinin en önemli girdilerinden birisini teşkil eden fındığın (*Corylus avellana*) en kaliteli çeşitleri, Türkiye’de Doğu Karadeniz Bölgesi’nde üretilmektedir (Çağlayan ve Durmuş, 2006). Fındığın dünya ve Türkiye’deki durumu incelendiğinde Türkiye ortalama 550.000 ha alanda 570.000 ton üretimle dünya fındık üretiminin yaklaşık %75’ ini karşılamakta ve bu durumuyla da üretimde tekel konumunda bulunmaktadır. Türkiye’yi sırasıyla İtalya, İspanya ve ABD izlemektedir (Günaydın ve Suiçmez, 2006).

Günümüzde mühendisler ürün depolama yapılarının projelendirilmesinde birçok bilinmeyenle karşılaşmaktadırlar. Bu nedenle ürün depolama yapılarının tasarımında konstrüksiyona yönelik bilgi yanında depolanan materyalin özellikleri de önemlidir. (Molenda ve ark., 2004).

Bütün taneli tarımsal ürünlerin serbest akış sisteminde depolanabilmesi için ürünün oluşturacağı depolama yüklerinin mühendislik uygulamalarda önceden tahmin edilmesi gerekir. Bu açıdan belirlenen akış tipine göre depoların projelendirilmesi yapılır (Anonymous, 1992).

Fındık içerdiği yağ, protein, karbonhidrat, vitamin ve antitoksidant fenoliklerin özel bileşimleri nedeniyle insan beslenmesi ve sağlığı açısından oldukça önemli bir tarım ürünüdür. Bu araştırmada Türkiye’ de üretilen bazı önemli fındık çeşitlerinde (tombul, badem, mincane, çakıldak, sivri) nem kapsamına bağlı

fiziko-mekanik parametrelerdeki değişimin (serbest birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, içsel sürtünme açısı, basınç oranı, statik sürtünme katsayısı) serbest akış sistemine sahip 1200 ton depolama kapasiteli silindirik model bir depo sistemindeki projeleme yükleri MS Visual Basic 6.0 yazılım programıyla hazırlanmış bir bilgisayar programı kullanılmak suretiyle analiz edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneysel uygulamalar

Araştırma materyali olarak Türkiye’de yaygın üretimi yapılan tombul, sivri, badem, mincane ve çakıldak fındık çeşitleri kullanılmıştır (Şekil 1). Araştırma materyalleri laboratuvar koşullarında oda sıcaklığında kurutulduktan sonra parçalanmış, çatlamış, bozulmuş ve şekil bozukluğu gözlenen taneler ayrılarak deneye hazır hale getirilmiştir. Deneylere hazırlanan fındık çeşitlerinde öncelikle hasat nemi göz önüne alınarak depolama nem içerikleri (% 8, 12, 16) oluşturulmuştur.

Fındık çeşitlerinde istenilen nem içeriklerinin oluşturulmasında laboratuvar koşullarındaki ürün denge nemi referans alınmıştır. Bu bağlamda denge nem düzeyinin altındaki durumlar için kurutma yapılırken, denge nem düzeyinin üzerindeki durumlar için Balasubramanian (2001) tarafından geliştirilen eşitlik 1 kullanılmak suretiyle ilave su miktarı belirlenmiş, belirlenen bu su miktarı ürüne emdirilmiştir.

$$Q = \frac{W_i (M_f - M_i)}{100 - M_f} \quad (1)$$

Simgeler

Q	İlave su miktarı (g),	V_w	Örnek hacmi (m^3),
W_i	Kuru örnek ağırlığı (g),	σ	Normal gerilme (kpa),
M_i	Örnek başlangıç nem içeriği (%),	N	Örnek üzerine uygulanan yük (kg),
M_f	Örnek son nem içeriği (%)	A	Hücresel alan (cm^2),
γ	Birim hacim ağırlığı ($kg.m^{-3}$)	τ	Kesme gerilmesi (kpa),
G_1	Birim ağırlık kovanın boş ağırlığı (kg),	T	Kesme kuvveti (kg),
G_2	Serbest fındık taneleri ile birim ağırlık kovanın ağırlığı (kg),	c	Kohezyon katsayısı,
V	Birim ağırlık kovanın iç hacmi (m^3)	ϕ	İçsel sürtünme açısı (derece),
ρ	Özgül ağırlık ($kg.m^{-3}$)	μ_S	Statik sürtünme katsayısı,
m_s	Toluen sıvısının ağırlığı (kg),	F_s	Sürtünme kuvveti (N),
m_w	Hava kurusu örnek ağırlığı (kg)	W	Normal kuvvet (N),
V_s	Toluen sıvısının hacmi (m^3)	R	Depo hidrolik yarıçapı (m),
L	Depolama yükü ($kg.f.m^{-2}$),	k	Basınç oranı,
h	Yığın yüksekliği (m),		



Badem



Sivri



Tombul



Çakıldak



Mincane

Şekil 1. Araştırma materyali olarak kullanılan fındık çeşitleri

Farklı nem düzeylerindeki deney örneklerinin serbest birim hacim ağırlığı tayininde Mohsenin

(1980), Singh ve Goswami (1996) tarafından önerilen eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$\gamma = \frac{G_2 - G_1}{V} \quad (2)$$

Fındık örneklerinin özgül ağırlık tayininde sıvının seviye değiştirmesi yöntemi esas alınarak Aydın (2002) ve Abalone ve ark. (2004) tarafından önerilen eşitlik 3 kullanılmıştır. Deney esnasında ilk aşamada fındık örnekleri için hava kurusu ağırlık bulunmuş, hava kurusu ağırlığı saptanan fındık örnekleri içi toluen dolu behere daldırılmış ve buna bağlı olarak beherdeki toluen hacim yükselmesine bağlı olarak da ürün hacmi belirlenmiştir.

$$\rho = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_w} \quad (3)$$

Fındık çeşitlerinin içsel sürtünme açılarının belirlenmesinde Uzuner (1996), Zou ve Bruswitz (2001), Molenda ve ark. (2002), Mani ve ark. (2004) deki esaslar göz önüne alınarak direkt kesme yöntemi kullanılmıştır. Bu bağlamda örneklerin içsel sürtünme açılarının hesaplanmasında eşitlik 4, 5 ve 6 kullanılmıştır.

$$\sigma = \frac{N}{A} * 100 \quad (4)$$

$$\tau = \frac{T}{A} * 100 \quad (5)$$

$$\tau = (c + \sigma * \tan \phi) \quad (6)$$

Deney örneklerinin statik sürtünme katsayıları Beyhan ve ark. (1994)' na göre eşitlik 7 kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır.

$$\mu_s = \frac{F_s}{W} \quad (7)$$

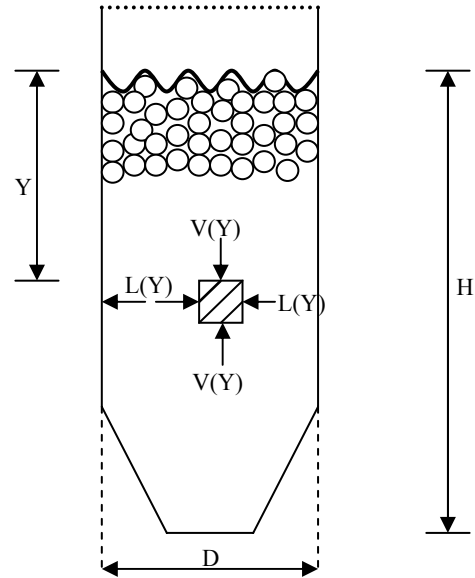
2.2. Kuramsal uygulamalar

Çalışma kapsamında kuramsal olarak oluşturulan serbest akış sistemine sahip çelik konstrüksiyon 1200 ton depolama kapasiteli silindirik model deponun kesit geometrisine ilişkin özellikler Şekil 2' de verilmiştir.

Ürün fiziko-mekanik tasarım parametrelerine bağlı projeleme yüklerinin belirlenmesinde Anonymous (1983) ve Anonymous (1992) esas alınmıştır. Bu bağlamda eşitlik 8' de verilen klasik Jansenn eşitliğini

esas alan bir MS Visual Basic 6.0 yazılım programı geliştirilmek suretiyle yük analizleri yapılmıştır.

$$L = \frac{\gamma x R}{4 \mu_s} x \left(h + \frac{e^{-4 x k x \mu x h / R}}{4 x k x \mu / R} - \frac{R}{4 x k x \mu} \right) \quad (8)$$



Şekil 2. Model depo kesit geometrisi

Şekilde;

H : Ürün yüksekliği, m

Y : Eşdeğer yığın derinliği, m

L(Y) : Herhangi bir Y derinliğinde ürün yanal basıncı, kg.m⁻²

V(Y) : Herhangi bir Y derinliğinde ürün düşey basıncı, kg.m⁻²

D : Depo çapı, m

Programda öncelikle ürün kitlesine bağlı olarak yanal ve düşey basıncı hesaplayan bir pencere açılmaktadır (Şekil 3). Bu sayfada kullanıcıya hidrolik yarıçap, ürün birim hacim ağırlığı, depo üst düzeyinden olan derinlik, içsel sürtünme açısı, ürün yüksekliği, statik sürtünme katsayısı ile ilgili bilgiler sorulmaktadır. Tüm bu bilgiler girildikten sonra hesapla komutu ile program silindirik fındık depolama yapısında meydana gelen yanal ve düşey basıncı hesaplamaktadır (Şekil 4).

Hidrolik Yarıçap	2.5	m
Ürün birim hacim ağırlığı	451.8	kg / m ³
Depo üst düzeyinden olan derinlik	10	m
İçsel sürtünme açısı	29.8	derece
Ürün yığın yüksekliği	10	m
Ürün kitlesi ile depo duvarı arasındaki statik sürtünme katsayısı	0.204	
<input type="button" value="Temizle"/> <input type="button" value="Hesapla"/>		

Şekil 3. Programa gerekli verilerin girilmesi

Depo üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan yanal duvar basıncı	1327.742	kg.f/m ²
Yanal proje basıncı	5435.75	kg.f/m ²
Depo üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan düşey duvar basıncı	1108.893	kg.f/m ²
<input type="button" value="Kapat"/>		

Şekil 4. Fındık deposunda oluşan yanal ve düşey basınçlar

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneysel uygulamalara ilişkin bulgular

Farklı nem içeriklerindeki tombul, badem, mincane, çakıldak ve sivri fındık çeşitlerine ilişkin serbest birim hacim ağırlık sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den de görülebileceği gibi fındık örneklerinin serbest birim hacim ağırlıkları nem içeriğine bağlı olarak 417.43-506.00 kg.m⁻³ arasında değişim göstermiştir.

Fındık örneklerinde çeşide bağlı özgül ağırlık değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çeşitlerin özgül ağırlıkları 756.00-842.67 kg.m⁻³ arasında değişmekte olup, tane nem kapsamındaki artışa bağlı olarak tüm çeşitlerde özgül ağırlık değerleri artış göstermiştir.

Fındık örneklerine ilişkin içsel sürtünme açıları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'ten de görülebileceği gibi içsel sürtünme açısının en yüksek değeri badem fındık çeşidinde ve %16 nem içeriğinde, en düşük değeri ise mincane fındık çeşidinde ve % 8 nem içeriğinde saptanmıştır.

Fındık çeşitlerinde tane nem kapsamındaki değişime bağlı statik sürtünme katsayıları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten de görülebileceği gibi nem

içeriğinin artması ile statik sürtünme katsayısının her üç sürtünme yüzeyinde de lineer bir artış meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Statik sürtünme katsayısının en yüksek değeri badem fındık çeşidinde %16 nem içeriğinde (0.315), en düşük değeri ise mincane fındık çeşidinde %8 nem içeriğinde 0.160 belirlenmiştir.

3.2. Kuramsal uygulamalara ilişkin bulgular

Diğer taneli ürün depolama yapılarında olduğu gibi fındık depolama yapılarında da proje basıncı olarak yanal basınç esas alındığından (Anonymus, 1992) çalışma kapsamında depo kesit geometrisi sabit kalmak koşuluyla ürün fiziko-mekanik tasarım parametrelerindeki değişime bağlı olarak hesaplanan yanal basınç değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'ten de görülebileceği gibi tane nem kapsamındaki değişime bağlı olarak en yüksek yanal basınç değerleri sivri fındık çeşidinde en düşük değerler ise badem çeşidinde ölçümlenmiştir. Bunun yanında fındık depolama nemindeki artışın yanal basıncı artırma üzerindeki etkisi mincane (%18.8), sivri (%18.0), çakıldak (%14.50), tombul (%12.0) ve badem (%10.8) sırasını izlemiştir. Fındık tanelerinin

depolama sırasında oluşturacağı yanal basınç tane nemi arttıkça çeşide bağlı olarak azalma göstermektedir. Yanal basınçtaki azalma üzerinde fındık çeşitlerinin sahip oldukları belirli özelliklerde etkili olmaktadır. Bu bağlamda dikkate alınacak faktörler ürünün tane boyut özellikleri, yağ oranı ve lif yapısıdır. Ürün yağ oranı azaldıkça ve lif yapısı arttıkça yanal basınç değerleri de azalma göstermektedir. Çalışma da materyal olarak kullanılan fındık çeşitlerinden badem çeşidinin boyutsal özelliklerinin diğer çeşitlere göre daha büyük olması (en/boy oranı, en/kalınlık oranı ve tane yüzey alanı), daha lifli bir yapı göstermesi nedeniyle en düşük yanal basınç değeri bu çeşitte saptanmıştır.

Yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda ürünün oluşturduğu yanal basınç değeri arttıkça bu basıncı karşılayacak olan malzeme kalınlığı da artış göstermekte, bu durum silo yapım maliyetine yansımaktadır. Bu nedenle silo yapım maliyetinin azaltılmasında ürün depolama nemi ve ürün çeşidi büyük oranda etkili olmaktadır. Dolayısıyla fındığın yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda muhafazasında benzer özelliklerinin (yağ oranı, lif yapısı ve tane özellikleri) göz önüne alınması silo yapım maliyetini azaltacaktır.

Çizelge 1. Serbest birim hacim ağırlıklar

Nem İçeriği (%)	Serbest Birim Hacim Ağırlıkları (kg.m ⁻³)				
	Tombul	Badem	Mincane	Çakıldak	Sivri
8	451.80	473.69	477.49	417.43	476.62
12	467.60	478.70	487.74	427.00	489.10
16	477.80	492.10	506.00	433.30	502.50

Çizelge 2. Özgül ağırlıklar

Nem İçeriği (%)	Özgül Ağırlık (kg.m ⁻³)				
	Tombul	Badem	Mincane	Çakıldak	Sivri
8	793.10	792.33	803.00	756.00	788.00
12	818.50	815.67	823.33	787.33	812.33
16	836.30	837.67	842.67	812.67	837.67

Çizelge 3. İçsel sürtünme açıları

Nem İçeriği (%)	İçsel Sürtünme Açısı (derece)				
	Tombul	Badem	Mincane	Çakıldak	Sivri
8	29.8	32.4	28.3	28.4	29.2
12	30.9	33.6	29.8	30.8	31.3
16	32.8	34.3	31.8	32.0	32.7

Çizelge 4. Fındık çeşitlerinde statik sürtünme katsayıları*

Çeşit	Nem İçeriği (%)	μ_s
Tombul	8	0.204
	12	0.231
	16	0.267
Badem	8	0.243
	12	0.286
	16	0.315
Mincane	8	0.160
	12	0.215
	16	0.249
Çakıldak	8	0.204
	12	0.246
	16	0.283
Sivri	8	0.185
	12	0.229
	16	0.278

* Sürtünme yüzeyi galvanizli çelik

Çizelge 5. Fındık çeşitlerinde fiziko-mekanik parametrelere bağlı yanıl basınçlar

Fındık çeşitleri	Nem içeriği (%)	γ (kg.m ⁻³)	ϕ (Degree)	μ_s	L_p (kg.m ⁻²)
Tombul	8	451.80	29.8	0.204	5435
	12	467.60	30.9	0.231	5247
	16	477.80	32.8	0.267	4850
Badem	8	473.69	32.4	0.243	5016
	12	478.70	33.6	0.286	4642
	16	492.10	34.3	0.315	4524
Mincane	8	477.49	28.3	0.160	6423
	12	487.74	29.8	0.215	5773
	16	506.00	31.8	0.249	5405
Çakıldak	8	756.00	28.4	0.204	9453
	12	787.33	30.8	0.246	8676
	16	812.67	32.0	0.283	8256
Sivri	8	788.00	29.2	0.185	9925
	12	812.33	31.3	0.229	9041
	16	837.67	32.7	0.278	8407

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

1. Fındık tanelerinin depolama sırasında oluşturacağı yanıl basınç tane nemi arttıkça çeşide bağlı olarak azalma göstermektedir.
2. Depolama sırasında fındık tane nemindeki artışın yanıl basınç üzerindeki etkisi mincane (%18.8), sivri (%18.0), çakıldak (%14.5), tombul (%12.0) ve badem (%10.8) sırasını izlemiştir.
3. Depo yanıl basıncındaki azalma üzerinde fındık çeşitlerinin sahip oldukları belirli özelliklerde etkili olmaktadır. Bu bağlamda dikkate alınacak faktörler ürünün tane boyut özellikleri, yağ oranı ve lif yapısıdır.
4. Fındığın yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda muhafazasında, çeşide bağlı tane nem kapsamı silo yapım maliyetini etkileyen önemli bir parametredir.

5. KAYNAKLAR

- Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., Lara, M.A., 2004. Some Physical Properties of Amaranth Seeds. *Biosystems Engineering*, 89(1): 109-117.
- Anonymous, 1983. *Structures and Environment Handbook Chapter 101.1: Loads*, 11th Edition, MPWS. USA.
- Anonymous, 1992. *Design and Management of Storages for Bulk, Foll-Crop*. ASAE Engineering Practice: ASAE EP 475.
- Aydın, C., 2002. Physical Properties of Hazelnuts. *Biosystems Engineering*, 82(3): 297-303.

- Balasubramanian, D., 2001. Physical Properties of Raw Cashew Nut. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78(3): 291-297.
- Beyhan, M.A., Nalbant, M., Tekgüler, A., 1994. Tane ve Zuruluflulu Fındıkların Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler İçin Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- Çağlayan, A., Durmuş, E., 2006. Fındık Üretim Alanlarının Coğrafi Dağılışı. 3. Milli Fındık Şurası 10-14 Ekim 2004, 498-513, Giresun.
- Günaydın, G., Suiçmez, R.B., 2006. Türkiye'nin Fındık Politikası ve Çözüm Arayışları. 3. Milli Fındık Şurası 10-14 Ekim 2004, 570-575, Giresun.
- Mani, S., Tabil, L.G., Sokhansanj, S., 2004. Mechanical Properties of Corn Stover Grind. *Transactions of The ASAE*, 47(6): 1983-1990.
- Molenda, M., Montross, M.D., Horabik, J., Ross, I.J., 2002. Mechanical Properties of Corn and Soybean Meal. *Transactions of the ASAE*, 45(6): 1929-1936.
- Molenda, M., Horabik, J., Thompson, S.A., Ross, I.J., 2004. Effects of Grain Properties on Loads in Model Silo. *International Agrophysics*, 18: 329-332.
- Mohsenin, N.N., 1980. *Structures, Physical Characteristics and Mechanical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers New York.
- Singh, K.K., Goswami, T.K., 1996. Physical Properties of Cumin Seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64(2): 93-98.
- Uzuner, B.A., 1996. *Temel Zemin Mekaniği*. Teknik Yayınevi, Ankara.
- Zou, Y., Brusewitz, G.H., 2001. Angle of Internal Friction and Cohesion of Consolidated Ground Marigold Petals. *Transactions of the ASAE*, 44(5): 1255-1259.