

SİLİNDİRİK MISIR DEPOLAMA YAPILARINDA TANE NEM KAPSAMINA BAĞLI PROJELEME YÜKLERİ

Turgut ÖZTÜRK Bilge ESEN Hakan KİBAR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Sorumlu yazar: turgutoz@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.02.2008

Kabul Tarihi: 30.05.2008

ÖZET: Bu çalışmada serbest akış sistemine sahip çelik konstrüksiyon 1000 ton depolama kapasiteli silindirik bir mısır depolama yapısındaki projelendirme yükleri tane nem kapsamındaki değişime bağlı olarak incelenmiştir. Çalışmada mısır çeşidi olarak Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM-813, Akpınar ve Şeker mısır çeşitleri kullanılmıştır. Mısır tanelerinin önce birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı, basınç oranı, statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmış, daha sonra hazırlanan MS Visual Basic 6.0 yazılım programıyla depo yük analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda tane nem kapsamındaki artışın (% 8-14), depo sistem projelendirme yüklerinde % 19.33 ile % 30.57 arasında değişen azalmaya neden olduğu, projelendirme yükündeki azalma oranlarının nem kapsamına ve çeşide bağlı olarak değiştiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mısır, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, projelendirme yükü, visual basic

THE DESIGN LOADS DEPEND ON THE GRAIN MOISTURE CONTENT IN A CYLINDRICAL STORAGE STRUCTURE FOR CORN

ABSTRACT: In this study, design loads depend on the grain moisture content in a cylindrical storage structure for corn which has system of free flow; steel construction and 1000 ton storage capacity were investigated. In the research, the corn varieties of Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM-813, Akpınar and Şeker 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 corn grains were determined. Load analysis was then calculated 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 in the variation ratios from 19.33 % to 30.57 %. The decrease ratios of design load were occurred depend on moisture content and variety.

Key Words: Corn, physical properties, mechanical properties, design load, visual basic

1. GİRİŞ

Mısır sahip olduğu zengin besin maddeleri nedeniyle çok değerli ve kullanım çeşitliliği olan bir üründür. Mısır doğrudan gıda olarak insan beslenmesinde kullanıldığı gibi nişasta glikoz, yağ ve yem sanayinde de hammadde olarak kullanılmaktadır (Kırtok, 1998). Mısır dünya tahıl ekilişinde ve üretiminde buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırayı almaktadır. Dünya mısır üretiminin yaklaşık % 45' ini tek başına Amerika Birleşik Devletleri karşılarken, mısır üretiminde söz sahibi olan diğer ülkeler Meksika, Arjantin, Brezilya, Çin ve Rusya' dır (Kurt, 2002). Türkiye' de mısır 545 bin ha ekim alanına ve 3 milyon ton üretim değerine sahiptir (Anonymous, 2007). Ülkemizde mısır tarımının en yaygın olduğu bölgeler başta Karadeniz olmak üzere, Marmara ve Ege bölgeleridir (Sencar ve ark., 1997).

Taneli ürünlerin biyolojik orijinli olması nedeniyle bu tür biyolojik malzemelerin tane deformasyonu ve mekanik özellikleri üzerinde ürün nem kapsamının etkisi büyüktür. Bu nedenle taneli ürünlerin temel fiziksel özelliklerinin nem kapsamı dikkate alınarak belirlenmesi bu konuda geliştirilecek olan kuramsal eşitliklerin uygulanabilirliği açısından önemlidir (Mohsenin, 1980).

Taneli ürünlerin nem kapsamına bağlı fiziksel ve mekanik özellikleri, depolama ekipmanlarının seçimi ve depolama yapılarının projelendirilmesinde

oldukça önemlidir. Ürünün bu özelliklerinin göz ardı edilerek depolama ekipmanlarının seçimi ve depoların projelendirilmesi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Molenda ve ark. 2004; Kashaninejad ve ark., 2006).

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 yapılar (Anonymous, 1992).

Bu çalışmada Türkiye' de üretilen bazı önemli mısır çeşitlerinde (Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM-813, Akpınar ve Şeker) tane nem kapsamına bağlı fiziksel ve mekanik parametrelerdeki değişimin (birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı, basınç oranı, statik sürtünme katsayısı) serbest akış sistemine sahip 1000 ton depolama kapasiteli silindirik model bir depo sistemindeki projelendirme 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 dent corn (Karadeniz Yıldızı ve TTM-813), pop corn (Cin) ve sweet corn (Şeker) mısır 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 mısır

çeşitlerinde öncelikle hasat nemi göz önüne alınarak depolama nem içerikleri (%8, 10, 12, 14) oluşturulmuştur.

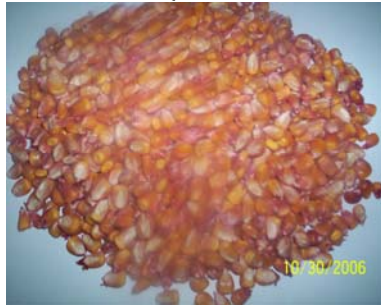
Simgeler			
Q	ilave su miktarı (g),	v_w	örnek hacmi (m^3),
w_i	kuru örnek ağırlığı (g),	σ	normal gerilme ($kg.f.m^{-2}$),
m_i	örnek başlangıç nem içeriği (%),	N	örnek üzerine uygulanan yük (kg.f),
m_f	örnek son nem içeriği (%),	A	hücresel alan (cm^2),
ρ_h	birim hacim ağırlık ($kg.m^{-3}$),	τ	kesme gerilmesi ($kg.f.m^{-2}$),
g_1	birim ağırlık kabının boş ağırlığı (kg),	T	kesme kuvveti (kg.f),
g_2	birim ağırlık kabı+deney örneği ağırlığı (kg),	c	kohezyon katsayısı,
v	birim ağırlık kovasının iç hacmi (m^3),	ϕ	içsel sürtünme açısı (derece),
ρ_o	özgül ağırlık ($kg.m^{-3}$),	μ_S	statik sürtünme katsayısı,
m_s	sıvının-toluene- ağırlığı (kg),	f_s	sürtünme kuvveti (kg.f),
m_w	hava kurusu örnek ağırlığı (kg),	w_n	normal kuvvet (kg.f),
v_s	sıvının (toluene) hacmi (m^3),	R	depo hidrolik yarıçapı (m),
L	yanal basınç ($kg.f.m^{-2}$),	k	basınç oranı
h	yığın yüksekliği (m),		



Şeker



Akpınar



TTM-813



Karadeniz Yıldızı



Cin

Şekil 1. Araştırma materyali olarak kullanılan mısır çeşitleri

Mısır 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 ve belirlenen bu su miktarı ürüne emdirilmiştir.

$$Q = \frac{w_i(m_f - m_i)}{100 - m_f} \quad (1)$$

Farklı nem düzeylerindeki mısır örneklerinin birim hacim ağırlığı tayininde Mohsenin (1980), Singh ve Goswami (1996) tarafından önerilen eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$\rho_h = \frac{g_2 - g_1}{v} \quad (2)$$

Mısır örneklerinin özgül ağırlık tayininde sıvının seviye değiştirmesi yöntemi esas alınarak Aydın (2002) ve Abalone ve ark., (2004) tarafından önerilen eşitlik 3 kullanılmıştır. Yöntemde sıvı olarak mısır örneklerinin daha az absorbe etmesi ve yüzeyel geriliminin düşük olması nedeniyle toluene (C₇H₈) kullanılmıştır.

$$\rho_{\ddot{o}} = \frac{m + m_w}{v + v_w} \quad (3)$$

Mısır çeşitlerinin içsel sürtünme açılarının belirlenmesinde Uzuner (1996), Zou ve Brusewitz (2001), Molenda ve ark., (2002) ile Mani ve ark., (2004)'deki esaslar göz önüne alınarak direkt kesme yöntemi uygulanmış ve bu bağlamda direkt kesme test cihazı (O.M.Ü. Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl.) kullanılmıştır. Mısır örneklerinin içsel sürtünme açılarının hesaplanmasında eşitlik 4, 5, 6 kullanılmıştır.

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

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

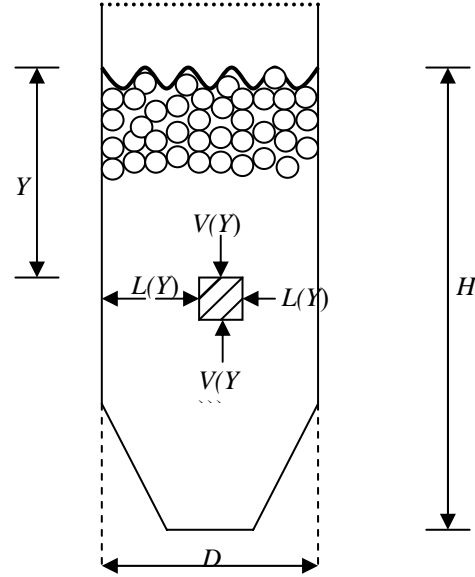
$$\tau = (c + \sigma \times \tan \phi) \quad (6)$$

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

$$\mu_s = \frac{f_s}{w_n} \quad (7)$$

2.2. Kuramsal uygulamalar

Çalışma kapsamında kuramsal olarak oluşturulan silindirik depo için ürün depolama yüksekliği 12.0 m ve depo çapı 12.0 m olarak alınmıştır. Bu bağlamda serbest akış sistemine sahip çelik konstrüksiyon 1000 ton depolama kapasiteli silindirik model silonun kesit geometrisine ilişkin özellikler Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Model depo kesit geometrisi

Şekilde;

H : Ürün yüksekliği, m

D : Depo çapı, m

Y : Eşdeğer yığın derinliği, m

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

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

Mısır çeşitlerinde tane nem kapsamındaki değişimle, 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 kullanılmak suretiyle yük analizleri yapılmıştır.

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

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 yığın yüksekliği ve statik sürtünme katsayısı ile ilgili bilgiler sorulmaktadır. Tüm bu bilgiler girildikten sonra hesapla komutu ile program silindirik mısır depolama yapısında meydana gelen yanal ve düşey basıncı hesaplamaktadır (Şekil 4).

Hidrolik Yarıçap	2.5	m
Ürün birim hacim ağırlığı	680	kg / m ³
Depo üst düzeyinden olan derinlik	3	m
İçsel sürtünme açısı	34	derece
Ürün yığın yüksekliği	12	m
Ürün kitlesi ile depo duvarı arasındaki statik sürtünme katsayısı	0.320	
Temizle		Hesapla

Şekil 3. Program giriş verileri

Depo üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan yanıl duvar basıncı	546,499	kg / m ²
Yanal proje basıncı	8377,16	kg / m ²
Depo üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan düşey basıncı	2680,691	kg / m ²
Kapat		

Şekil 4. Mısır deposunda oluşan yanıl ve düşey basınçlar

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneysel uygulamalara ilişkin bulgular

Farklı nem içeriklerindeki Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM-813, Akpınar ve Şeker mısır çeşitlerinde saptanan birim hacim ağırlık sonuçları çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den de görülebileceği gibi mısır örneklerinin birim hacim ağırlıkları nem içeriğine bağlı olarak 608.46-856.46 kg.m⁻³ arasında değişim göstermiştir.

Mısır örneklerinde çeşide bağlı özgül ağırlık değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çeşitlerin özgül ağırlıkları 950.88-1110.89 kg.m⁻³ arasında değişmekte olup, tane nem kapsamındaki artışa bağlı olarak özgül ağırlıklar; Karadeniz Yıldızı, Cin ve Akpınar çeşitlerinde azalırken, TTM-813 ve Şeker mısır çeşitlerinde artış göstermiştir. Mısır çeşitlerinde özgül ağırlıkların artma ve azalma eğilimlerinin çeşitlerin fiziksel yapısından kaynaklandığı söylenebilir. Bu bağlamda Kırtok (1998)'ün da belirttiği gibi özellikle nişasta tipi (sert veya yumuşak) ve nişasta tipinin çeşitteki mevcut oransal değerleri etkili

olabilmektedir. Bu açıdan bünyesinde sert nişasta oranı yüksek olan TTM-813 ve Şeker mısır çeşitlerinde özgül ağırlık değerleri nem kapsamına bağlı olarak artış göstermiştir. Karababa (2006) ile Kashaninejad ve ark., (2006)'nın yapmış oldukları çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Mısır örneklerine ilişkin içsel sürtünme açıları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'ten de görülebileceği gibi en yüksek ve en düşük içsel sürtünme açısı değerleri Şeker mısır çeşidinde 25.2⁰ ve 34.2⁰ olarak %8-14 nem içeriklerinde saptanmıştır.

Mısır çeşitlerinde tane nem kapsamındaki değişime bağlı statik sürtünme katsayıları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ün incelenmesiyle de görülebileceği gibi tane nem içeriğinin artışı ile sürtünme yüzeyine bağlı statik sürtünme katsayıları tüm çeşitlerde doğrusal bir artış göstermiştir.

3.2. Kuramsal uygulamalara ilişkin bulgular

Diğer taneli ürün depolama yapılarında olduğu gibi araştırmaya esas olan mısır depolama yapılarında

da proje basıncı olarak yanal basınç esas alınmıştır (Anonymus, 1992). Bu bağlamda depo kesit geometrisi sabit kalmak koşuluyla, mısır çeşitleri için tane nem kapsamındaki değişimle ürün fiziko-mekanik tasarım parametrelerine bağlı olarak hesaplanan yanal basınç değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5' ten de görülebileceği gibi mısır örneklerinde tane nem kapsamı arttıkça silo yanal basıncı azalmaktadır. Bu durumun temel nedeni Ayuga ve ark., (2005)'nin da belirttiği gibi ürün kitlesi ile silo duvarı arasında oluşan statik sürtünme katsayısıdır. Depolanan tarımsal taneli ürün kitlesi ve silo malzemesine bağlı olarak değişimle birlikte statik sürtünme katsayısındaki artış silo yanal basıncında azalmaya neden olmaktadır. Mısır tane nem kapsamındaki artışa bağlı silo yanal basıncındaki azalma oranları Karadeniz Yıldızı çeşidinde %19.33, Cin ve TTM-813 çeşidinde %28.78, Akpınar çeşidinde %28.34 ve Şeker çeşidinde % 30.57 olarak

gerçekleşmiştir. Yanal basınçtaki azalma üzerinde mısır çeşitlerinin sahip oldukları belirli özelliklerde etkili olmaktadır. Bu bağlamda dikkate alınacak faktörler ürünün tane boyut özellikleri ile fiziksel yapısında bulunan nişasta tipi ve nişasta tipinin oransal değeridir. Çalışma da materyal olarak kullanılan mısır çeşitlerinden Şeker çeşidinde sert nişasta oranının fazla olması nedeniyle (Kırtok, 1998) tane nem kapsamındaki artışa bağlı en düşük yanal basınç değeri bu çeşitte saptanmıştır.

Yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda mısırın oluşturduğu yanal basınç değeri arttıkça bu basıncı karşılayacak olan malzeme kalınlığı da artış göstermekte, bu durum silo yapım maliyetine yansımaktadır. Mısırın yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda muhafazasında, çeşide bağlı tane nem kapsamı silo yanal basıncını etkileyen önemli bir parametredir.

Çizelge 1. Birim hacim ağırlıklar

Nem İçeriği (%)	Birim Hacim Ağırlık (kg.m ⁻³)				
	Karadeniz Yıldızı	Cin	TTM-813	Akpınar	Şeker
8	799.90	856.46	734.59	768.20	641.47
10	797.50	843.57	715.70	754.35	631.54
12	794.20	832.49	713.76	744.57	619.33
14	792.86	826.15	699.86	731.67	608.46

Çizelge 2. Özgül ağırlıklar

Nem İçeriği (%)	Özgül ağırlık (kg.m ⁻³)				
	Karadeniz Yıldızı	Cin	TTM-813	Akpınar	Şeker
8	963.18	1110.89	986.94	1005.62	956.25
10	958.90	1076.91	1004.20	997.08	965.40
12	955.94	1060.14	1044.96	981.32	972.77
14	950.88	1049.66	1055.07	970.07	980.03

Çizelge 3. İçsel sürtünme açıları

Nem İçeriği (%)	İçsel Sürtünme Açısı (derece)				
	Karadeniz Yıldızı	Cin	TTM-813	Akpınar	Şeker
8	27.2	27.2	26.8	27.0	25.2
10	28.8	29.0	27.7	27.7	30.3
12	30.7	30.3	30.5	29.7	32.3
14	32.3	33.2	32.8	32.2	34.2

Çizelge 4. Mısır çeşitlerinde statik sürtünme katsayıları*

Nem İçeriği (%)	Statik Sürtünme Katsayısı				
	Karadeniz Yıldızı	Cin	TTM-813	Akpınar	Şeker
8	0.532	0.339	0.478	0.461	0.457
10	0.585	0.357	0.547	0.583	0.527
12	0.631	0.454	0.643	0.620	0.573
14	0.654	0.488	0.660	0.644	0.603

* Sürtünme yüzeyi galvanizli çelik

Çizelge 5. Mısır çeşitlerinde tane nem kapsamındaki değişime bağlı yanıl basınçlar

Mısır çeşitleri	Nem İçeriği (%)	ρ_n (kg.m^{-3})	ϕ (Derece)	μ	L (kg.f.m^{-2})
Karadeniz yıldızı	8	799.90	27.2	0.532	9444
	10	797.50	28.8	0.585	8663
	12	794.20	30.7	0.631	7996
	14	792.86	32.3	0.654	7618
Cin	8	856.46	27.2	0.339	12977
	10	843.57	29.0	0.357	12014
	12	832.49	30.3	0.454	10235
	14	826.15	33.2	0.488	9242
TTM- 813	8	734.59	26.8	0.478	9317
	10	715.70	27.7	0.547	8243
	12	713.76	30.5	0.643	7121
	14	699.86	32.8	0.660	6635
Akpınar	8	768.20	27.0	0.461	9922
	10	754.35	27.7	0.583	8341
	12	744.57	29.7	0.620	7692
	14	731.67	32.2	0.644	7110
Şeker	8	641.47	25.2	0.457	8568
	10	631.54	30.3	0.527	7143
	12	619.33	32.3	0.573	6448
	14	608.46	34.2	0.603	5948

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

1. Mısır tanelerinin depolama sırasında oluşturacağı yanıl basınç tane nemi arttıkça çeşide bağlı olarak azalma göstermektedir.
2. Mısır tane nem kapsamındaki artışa bağlı silo yanıl basıncındaki azalma oranları Karadeniz Yıldızı çeşidinde %19.33, Cin ve TTM-813 çeşidinde %28.78, Akpınar çeşidinde %28.34 ve Şeker çeşidinde % 30.57 olarak gerçekleşmiştir.
3. Tane nem kapsamına bağlı depo yanıl basıncındaki azalım üzerinde mısır çeşitlerinin sahip oldukları belirli özelliklerde etkili olmaktadır. Bu bağlamda dikkate alınacak faktörler ürünün tane boyut özellikleri ile fiziksel yapısında bulunan nişasta tipidir.
4. Mısırın yüksek depo karakteristik özelliklerine sahip çelik konstrüksiyon silindirik depolarda muhafazasında, çeşide bağlı tane nem kapsamı silo yanıl basıncını 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.
- Anonymous, 2007. Türkiye Mısır Üretimi. <http://www.die.gov.tr> [Ulaşım: 5 Haziran 2007].
- Aydın, C., 2002. Physical Properties of Hazelnuts. *Biosystems Engineering*, 82(3): 297-303.
- Ayuga, F., Aguado, P., Gallelo, E., Ramirez, A., 2005. New Steps Towards The Knowledge of Silos Behavior. *International Agrophysics*, 19: 7-17.

- 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 Zurufllu Fındıkların Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler İçin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- Karababa, E., 2006. Physical Properties of Popcorn Kernels. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 100-107.
- Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., Tabil, L.G., 2006. Some Physical Properties of Pistachio (*Pistacia Vera L.*) Nut and Its Kernel. *Journal of Food Engineering*, 72: 30-38.
- Kırtok, 1998., Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaelik Basım ve Yayınevi, İstanbul.
- Kurt, O., 2002. Tarla Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 44, Samsun.
- 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, P. 329-332.
- Mohsenin, N.N., 1980. Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Yıldırım, A., Kandemir, N., 1997. Tarla Bitkileri Üretimi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 3, Tokat.
- 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.