

**FARKLI MISIR ÇEŞİTLERİNDE ÜRÜN
NEM KAPSAMI İLE DEPOLAMADA
ETKİLİ ÜRÜN ŞEV
KARAKTERİSTİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

Bilge ESEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANA BİLİM DALI**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI MISIR ÇEŞİTLERİNDE
ÜRÜN NEM KAPSAMI İLE
DEPOLAMADA ETKİLİ ÜRÜN ŞEV KARAKTERİSTİKLERİ
ARASINDAKİ İLİŞKİLER

BİLGE ESEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. TURGUT ÖZTÜRK

SAMSUN - 2007

FARKLI MISIR ÇEŞİTLERİNDE ÜRÜN NEM KAPSAMI İLE DEPOLAMADA ETKİLİ ÜRÜN ŞEV KARAKTERİSTİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

ÖZET

Bu araştırmada Türkiye’de yetiştirilen bazı önemli mısır çeşitleri (Karadeniz Yıldızı, Cin,TTM 813, Akpınar, Şeker) için depolama yapılarının projelendirilmesinde gereksinim duyulan ürün fiziko-mekanik tasarım parametrelerinin (gevşek birim hacim ağırlığı,içsel sürtünme açısı,özgül ağırlık,statik sürtünme katsayısı) belirlenmesine çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında fiziko-mekanik parametreler (gevşek birim hacim ağırlığı, içsel sürtünme açısı, özgül ağırlık, statik sürtünme katsayısı) bağımlı değişken, nem içeriği (% 8,10,12,14) ise bağımsız değişken olarak ele alınmıştır.

Araştırma bulgularına göre gevşek birim hacim ağırlığının en yüksek ortalama değeri Cin çeşidinde (839.17 kg.m⁻³), özgül ağırlığın en yüksek ortalama değeri Cin çeşidinde (1074.40 kg.m⁻³), içsel sürtünme açısının en yüksek ortalama değeri Şeker çeşidinde (30.50°), , statik sürtünme katsayısının en yüksek ortalama değeri ise TTM 813 çeşidiyle (0.550) beton yüzeyde saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mısır çeşitleri, Özgül Ağırlık, Gevşek Birim Hacim Ağırlık, İçsel Sürtünme Açısı, Statik Sürtünme Katsayısı

**RELATIONS BETWEEN SLOPING CHARACTERISTICS OF CROP WHICH
EFFECTIVE IN STORAGE AND MOISTURE CONTENT OF CROP IN
DIFFERENT CORN VARIETIES**

ABSTRACT

This research was conducted to determine physico-mechanic design parameters of crop (bulk density, true density, angle of internal friction, static coefficient of friction, dynamic coefficient of friction) which was required to project storage structures for some important corn varieties which were cultivated in Turkey (Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM 813, Akpınar, Şeker).

In this study physico-mechanic parameters (bulk density, angle of internal friction, specific gravity, coefficient of static friction) were considered as dependent variable and moisture content (8, 10, 12, 14 %) as independent variable.

According to result of the research, the highest average value for bulk density was established in Cin variety (839.17 kg.m^{-3}), the highest average value for specific gravity was found in Cin variety ($1074.40 \text{ kg.m}^{-3}$), the highest average value for angle of internal friction was determined in Şeker variety (30.50°), the highest average value for coefficient of static friction at concrete surface was recorded in TTM 813 variety (0.550).

Key Words: Corn, Specific Gravity, Bulk Density, Angle of Internal Friction, Coefficient of Static Friction

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin belirlenmesi, yürütülmesi ve metin haline getirilmesinde yönlendirici katkıları ve yardımlarından dolayı değerli hocam **Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK** 'e sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Tezimin yürütülmesi sırasında laboratuvarlarından faydalanma olanağı sağlayan İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi **Yrd. Doç. Dr. Bayram ÇEPNİLER**'e, Laborant **Hüseyin DOLU** 'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin istatistiksel değerlendirme aşamasında değerli yardımlarını aldığım Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Öğretim Üyelerinden **Doç. Dr. Vedat CEYHAN** ' a ve Zootekni Bölümünden **Araş. Gör. Soner ÇANKAYA** ' ya yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek Lisans Tezimi **Z-479** proje no kapsamında destekleyen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Eğitim ve öğretimimin her aşamasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme' de sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL ve METOT.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Metot.....	11
3.2.1. Araştırma Planı.....	11
3.2.2. Örneklerin Deneye Hazırlanması.....	11
3.2.3. Uygulanan Deneyler	11
3.2.3.1.Doğal Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	11
3.2.3.2. İstenilen Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	12
3.2.3.3. Gevşek Birim Hacim Ağırlık Tayini.....	13
3.2.3.4. Özgül Ağırlık Tayini.....	14
3.2.3.5 İçsel Sürtünme Açısının Belirlenmesi.....	15
3.2.3.6. Statik Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi.....	16
3.3. Araştırmanın İstatistik Analizi.....	17
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	18
4.1. Doğal Nem İçerikleri.....	18
4.2. Gevşek Birim Hacim Ağırlıkları.....	18
4.3. Özgül Ağırlıklar.....	22
4.4. İçsel Sürtünme Açıları.....	26
4.5. Statik Sürtünme Katsayısı.....	29
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	38
6. KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Araştırma Planı.....	11
Çizelge 4.1. Mısır Örneklerine İlişkin Doğal Nem İçerikleri.....	18
Çizelge 4.2. Gevşek Birim Hacim Ağırlıklarına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	18
Çizelge 4.3. Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak Gevşek Birim Hacim Ağırlığının Değişimi.....	19
Çizelge.4.4. Özgül Ağırlıklara Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	22
Çizelge 4.5. Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak Özgül Ağırlığının Değişimi.....	23
Çizelge.4.6. İçsel Sürünme Açılarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları....	26
Çizelge.4.7. Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak İçsel Sürtünme Açısının Değişimi.....	27
Çizelge.4.8. Statik Sürtünme Katsayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	29
Çizelge 4.9. Mısır Çeşidi, Nem İçeriği ve Test Yüzeylerine Bağlı Olarak Statik Sürtünme Katsayısının Değişimi.....	31

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan mısır çeşitleri.....	10
Şekil 3.2. Nem içeriğinin sabit tutulmasında kullanılan desikatör.....	13
Şekil 3.3. Birim hacim ağırlık kovası.....	14
Şekil.3.4. Direkt kesme test cihazı.....	15
Şekil 3.5. Statik sürtünme katsayısı deney düzeneği.....	16
Şekil 4.1. Mısır çeşitlerinde nem içeriğinin gevşek birim hacim ağırlığı üzerine etkisi.....	21
Şekil 4.2. Karadeniz Yıldızı,Cin ve Akpınar mısır çeşitlerinde nem içeriğinin özgül ağırlıklara etkisi	24
Şekil 4.3. Şeker ve TTM 813 mısır çeşitlerinde nem içeriğinin özgül ağırlıklara etkisi.....	25
Şekil 4.4. Mısır çeşitlerinde nem içeriğinin içsel sürtünme açısına etkisi.....	28
Şekil 4.5. Karadeniz Yıldızı mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi.....	33
Şekil 4.6. Cin mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi.....	34
Şekil.4.7. TTM 813 mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi.....	35
Şekil 4.8. Akpınar mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi.....	36
Şekil 4.9. Şeker mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi.....	37

1. GİRİŞ

Mısır sahip olduğu zengin besin maddeleri nedeniyle hem insan, hem de hayvan beslenmesi bakımından çok değerli ve kullanım çeşitliliği olan bir üründür. Mısır gerek doğrudan insan beslenmesinde gerekse nişasta glukoz, yağ ve yem sanayinde hammadde olarak kullanılmaktadır. (Kırtok,1998).

Mısır dünya tahıl ekilişinde ve üretiminde buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırayı almaktadır. Mısır tarımının en yaygın olduğu bölgeler başta Karadeniz olmak üzere, Marmara ve Ege bölgeleridir (Sencar ve ark, 1997). Türkiye de mısır, 545 bin ha ekim alanına ve 3 milyon ton üretim değerine sahiptir (Anonymous, 2007). 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).

Tahılın doğal haliyle depolarda korunabilmesi için depo içinde uygun hava koşullarının sağlanmasına çalışılmalı, tahıl zararlarına karşı korunmalı ve mikroorganizmaların zararlı faaliyetleri önlenmelidir. Depolanacak tahılın içerdiği nem miktarı belli bir sınırın altında olmalıdır. Bu sınır, tahıl çeşidine, yetiştirilip depolandığı yerin iklim koşullarına ve depolama süresinin uzunluğuna bağlı olarak değişir. Tahılın sahip olması istenen nem içeriğinin yağ ağırlık esasına göre tane mısır, yulaf, sorgum ve arpa gibi ürünler için %13'ü aşmaması önerilmektedir (Ekmekyapar, 2001).

Taneli ürünler katı, sıvı ve gaz formunu bünyelerinde barındırdıkları için depolama koşulları büyük oranda temel, fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu bağlamda bu ürünlerin yeterli düzeyde muhafazaları için mühendislik uygulamaları açısından önemli temel fiziksel özelliklerinin ve bu fiziksel özellikler arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekir. Bu açıdan taneli ürünler için önem arz eden temel fiziksel özellikler nem kapsamı, taneler arası içsel sürtünme açısı, tane ile depo malzemesi arasındaki statik sürtünme katsayısı, hacim ağırlığı ve eşdeğer sıvı ağırlığıdır (Horabik ve Molenda , 1988).

Taneli ürünlerin depolanması ve işlenmesi birçok bilim dalının (fizik, kimya, mekanik tarım ve mühendislik) ilgi alanına girmektedir. Aynı zamanda granül ürünlerin depolanması ve işlenmesinde iki temel koşulun sağlanması gerekir. Bu koşullar kaliteli ve standartlara uygun muhafaza ile işleme teknikleridir (Jenike, 1964).

Taneli ürünler muhafaza edildiği depolarda yanal ve düşey doğrultularda basınç oluşturlar. Bu nedenle taneli ürün depolarının projelendirilmesinde ürünün oluşturacağı yatay ve düşey basınçların bilinmesi gerekir (Öztürk, 2003).

Taneli ürünlerin oluşturacağı yatay ve düşey basınçların hesaplanmasında varsayımlar, ürünün yarı akışkan sıvı özelliğine sahip olduğu esasına dayanır. Bu açıdan depo konstrüksiyonuna ilişkin proje verilerinin oluşturulmasında ürüne ait fiziko-mekanik özellikler olan içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı ile hacim ve özgül ağırlıkların bilinmesi gerekir (Anonymous, 1992).

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 daha faydalı olacaktır (Mohsenin, 1980).

İnsan ve hayvan beslenmesinde değerli bir besin maddesi olan tane mısır üzerinde ülkemiz çeşitlerine ilişkin fiziko-mekanik çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bu çalışmada Samsun yöresinde yaygın tarımı yapılan tane mısır çeşitlerinde bazı temel fiziko-mekanik özelliklerin (içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı ile gevşek birim hacim ağırlık ve özgül ağırlıklar) belirlenmiştir.

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde çalışmanın amacı ve önemi vurgulanmış, literatür özeti bölümünde konuyla ilgili olarak referans çalışmalar hakkında özet bilgiler verilmiş, materyal ve metot bölümünde araştırmada kullanılan mısır çeşitleri ve uygulanan deneysel yöntemler belirtilmiş, bulgular ve tartışma bölümünde çeşide bağlı fiziko-mekanik özelliklerin ürün nem kapsamına bağlı değişimi referans bilgilerin ışığı altında tartışılmış, sonuç ve öneriler bölümünde ise konuya dayalı bazı öneriler getirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Lawton ve Marchant (1980), %10–30 nem içeriklerinde depolama yapılarındaki basınçların tahmin edilmesi amacıyla arpa, yulaf, buğday, işlenmiş ve işlenmemiş fasulye gibi biyolojik malzemelerin içsel sürtünme açılarını 3.5–20 kPa’lık normal gerilme altında direkt kesme test cihazı ile araştırmışlardır.

Anonymous (1983), taneli ürünlerin nem kapsamında % 4’lük bir artışın proje yanal basıncı üzerinde %10’luk bir artışa neden olacağını saptamıştır.

Beyhan ve ark.(1994), bazı fındık çeşitleri (kuş fındığı, tombul, palaz, sivri fındık) için tane ve zuruflu meyvelerin statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemek üzere üç farklı nem düzeyi ve tane fındık için 10, zuruflu fındık için 11 sürtünme yüzeyi kullanmıştır. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerine nem ve yüzey özelliklerinin etkisi önemli bulunmuştur.

Gupta ve ark.(1997), %4–20 nem aralığında kabuklu ve kabuksuz ayçiçeği tohumlarının bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışıyla kabuklu ayçiçeğinin gevşek birim hacim ağırlığının azaldığını, özgül ağırlık ile statik sürtünme katsayısının arttığını, kabuksuz ayçiçeğinde ise nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve statik sürtünme katsayısının arttığını ifade etmişlerdir.

Horabik ve Molenda (2000), 61 cm çapında ve 75 cm yüksekliğinde, oluşturdukları model bir siloda buğday nem kapsamında meydana gelen %0.2 ’lik bir artışın silo yan yüzeyindeki basınçta 2.5 kPa ’lık bir artışa, %1.8 ’lik bir artışın ise yanal basınçta 5.0 kPa’lık bir artışa yol açtığını saptamışlardır.

Ogunjimi ve ark.(2002), %10.25 nem içeriğinde keçiboynuzu tohumunun gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı ve statik sürtünme katsayısı gibi önemli fiziko-mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, gevşek birim hacim ağırlığı $538.02 - 565.30 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlık, $1098-1215.7 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısı $20 - 23^\circ$ ve statik sürtünme katsayısı, ahşap yapı elemanı üzerinde 0.021 standart sapma ile 0.43 olarak bulunmuştur.

Baryeh (2001), %5–35 nem aralığında yerfıstığı tanelerinin bazı fiziko-mekanik özelliklerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlık, 795-696 kg.m⁻³, özgül ağırlık 1285-1160 kg.m⁻³, statik sürtünme katsayısı kontrplak yüzeyde 0.39-0.66, alvanize çelik yüzeyde 0.29-0.58 ve alüminyum yüzeyde 0.25-0.49 olarak bulunmuştur.

Baryeh (2002), darının gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özelliklerini %5–22.5 nem düzeylerinde araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, özgül ağırlığın 1550–1712 kg.m⁻³, statik sürtünme katsayısının kontrplak yüzeyde 0.42–0.79, yumuşak çelik yüzeyde 0.39–0.75, galvanize çelik yüzeyde 0.36–0.69 ve içsel sürtünme açısının da 34.5 - 48.5° şeklinde lineer arttığını tespit etmiştir.

Özarslan (2002), pamuk tohumunun özgül ağırlığı, gevşek birim hacim ağırlığı ve çeşitli yüzeylerdeki statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özelliklerini %8.33–13.78 nem aralığında araştırmıştır. Araştırma sonucunda özgül ağırlığın 1091–1000 kg.m⁻³, gevşek birim hacim ağırlığın 642–610 kg m⁻³ olarak lineer azaldığını, statik sürtünme katsayısının ise paslanmaz çelik yüzeyde 0.27–0.35, galvanize çelik yüzeyde 0.38–0.41, kontrplak yüzeyde 0.39–0.42, lastik yüzeyde 0.42–0.44 olarak lineer arttığını ifade etmiştir.

Aydın ve ark. (2002), Türk mahlebi çekirdeğinde %2.9–10.2 nem aralığında gevşek birim hacim ağırlığı 616–566 kg.m⁻³, özgül ağırlığı 1250–1110 kg.m⁻³ ve içsel sürtünme açısını 25 – 30.5° olarak belirlemişlerdir.

Aydın (2002), fındıkta nem içeriğinin artışıyla gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve statik sürtünme katsayısının arttığını tespit etmiştir.

Molenda ve ark. (2002), farklı nem içeriklerinde buğday, soya fasülyesi ve mısır gibi taneli ürünlerin gevşek birim hacim ağırlığı ile içsel sürtünme açılarını araştırmışlardır. Araştırma sonucuna göre buğdayın %10.4 nem içeriğindeki gevşek birim hacim ağırlığını 733 kg.m⁻³ ve içsel sürtünme açısını 26.3±0.3°, soya fasülyesinin %11.4 nem içeriğindeki gevşek birim hacim ağırlığını 583 kg.m⁻³ ve içsel sürtünme açısını 33.9±0.9°, mısırın %11.7 nem içeriğindeki gevşek birim hacim ağırlığını 595 kg.m⁻³ ve içsel sürtünme açısını 30.7±1.4° olarak bulmuşlardır.

Moya ve ark (2002), taneli materyallerin içsel sürtünme açılarını direkt kesme ve üç eksenli test yöntemi kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonucunda iki yöntemde de benzer sonuçlar elde edilmekle beraber direkt kesme testinde kullanılan silindirik hücredeki sonuçların daha üniform olduğu saptanmıştır.

Plange ve ark.(2003), %5–24 nem aralığında kakao tohumunun fiziksel özelliklerini nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak değerlendirmiştir. Bu bağlamda, nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlığının $559.60-505.06 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak azaldığını ve içsel sürtünme açısının arttığını, statik sürtünme katsayısının ise kontrplak yüzeyde, 0.52-0.71, galvanize çelik yüzeyde 0.45-0.65 ve kauçuk yüzeyde 0.21-0.28 olduğunu tespit etmişlerdir.

Sacilik ve ark.(2003), %8.62-20.88 nem aralığında kenevir tohumunun çeşitli fiziksel özelliklerini araştırmışlar ve araştırma sonucunda gevşek birim hacim ağırlığı ile özgül ağırlığını artan neme bağlı olarak sırasıyla $557.5-512.3 \text{ kg.m}^{-3}$ ve $1043.0-894.8 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak lineer azaldığını bulurken, içsel sürtünme açısını; $24.6-27.7^\circ$ ve statik sürtünme katsayısını da kauçuk (0.42-0.49), kontrplak (0.39-0.43) ve galvanize çelik (0.34-0.38) yüzeylere karşı nem içeriğine bağlı olarak lineer bir şekilde arttığını saptamışlardır.

Omubuwojo ve ark.(2003), %7.67 nem düzeyinde Hindistan cevizi tohumlarında gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve statik sürtünme katsayısını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda gevşek birim hacim ağırlığı 429.4 kg.m^{-3} , özgül ağırlık 833.2 kg.m^{-3} , statik sürtünme katsayısı ise kontrplak yüzeyde 0.73, galvanize çelik yüzeyde 0.52, yumuşak çelik yüzeyde 0.58 ve formika yüzeyde 0.47 olarak tespit edilmiştir.

Amin ve ark (2004), %10.33–21 nem düzeyinde mercimek tohumlarında gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı gibi bazı fiziksel özellikler üzerine nem içeriğinin etkisini belirlemek amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Araştırma sonucunda, gevşek birim hacim ağırlığı $832-768 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlık $1270-1212 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısı $24.80-27.78^\circ$ ve farklı test yüzeylerindeki statik sürtünme katsayısı düz beton yüzeyde 0.458–0.490, galvanize çelik tabaka yüzeyde 0.405–0.432, kontrplak yüzeyde 0.390- 0.424, cam plaka yüzey üzerinde 0.368–0.398 olarak saptanmıştır.

Yalçın ve Özarslan (2004), fiğ tohumunun gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık ve çeşitli test yüzeylerindeki statik sürtünme katsayısını %10.57–20.63 nem içeriklerinde araştırmışlardır. Çalışma sonucunda gevşek birim hacim ağırlık 860.8–826.2 kg.m⁻³, özgül ağırlık 1286.2–1369.9 kg.m⁻³ ve statik sürtünme katsayısı artan nem içeriklerine bağlı olarak lastik yüzeyde 0.350–0.387, alüminyum yüzeyde 0.319–0.367, paslanmaz çelik yüzeyde 0.202–0.328 ve galvanize çelik yüzeyde 0.312–0.361 olarak saptanmıştır.

Paksoy ve Aydın (2004), yenebilir kabak tohumlarının %6.4–52.9 nem içeriğinde gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı ve statik sürtünme katsayılarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda artan nem içeriğine bağlı olarak, gevşek birim hacim ağırlığı 350–475 kg.m⁻³, özgül ağırlığı 456–625 kg.m⁻³ ve statik sürtünme katsayısını ise, farklı yüzeye sahip malzemelerde 0.18–0.64 olarak arttığını belirlemişlerdir.

Altuntaş ve ark. (2005), çemen otu tohumunun gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı ve statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özelliklerini %8.9–20.1 nem aralığında incelemiştir. Bu bağlamda gevşek birim hacim ağırlığı 701.16–645.81 kg.m⁻³, özgül ağırlık 1240.36–1165.25 kg.m⁻³, içsel sürtünme açısı 14.34–16.88°, statik sürtünme katsayısı, kontrplak yüzeyde 0.464–0.567, yumuşak çelik yüzeyde 0.446–0.554, galvanize çelik yüzeyde 0.420–0.501 olarak bulunmuştur.

Kingsly ve ark.(2006), %6–18.13 nem oranlarında suyu çekilmiş nar tohumlarının neme bağlı fiziksel özelliklerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, nem içeriğinin artması durumunda gevşek birim hacim ağırlığını 500–560 kg.m⁻³, özgül ağırlığı 1022.8 – 1150.65 kg.m⁻³, içsel sürtünme açısını 26.46 – 32.13° olarak tespit etmişler, statik sürtünme katsayısının ise, nem artışı ile birlikte kullanılan test yüzeylerinde arttığını ileri sürmüşlerdir.

Çalışır ve ark.(2005 a), kolza tohumunun bazı fiziksel özelliklerini %4.70–13.14–23,96 gibi üç nem seviyesinde araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, nem içeriğine bağlı olarak gevşek birim hacim ağırlığını 612.1–585.1 kg.m⁻³, farklı yapı yüzeyleri üzerinde yapılan statik sürtünme katsayısının ise arttığını tespit etmişlerdir.

Dursun ve Dursun (2005), gebre otu tohumunun %6.03–16.35 nem aralığında bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem kapsamı arttıkça

gevşek birim hacim ağırlığının, özgül ağırlığının azaldığını, içsel sürtünme açısının ve statik sürtünme katsayısının arttığını saptamışlardır. Bu bağlamda, gevşek birim hacim ağırlık $438-399 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlık $806-678 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısı $21-32^\circ$ ve statik sürtünme katsayısı plastik yüzeyde $0.547-0.698$, kontrplak yüzeyde $0.523-0.656$, galvanize çelik yüzeyde $0.402-0.469$, alüminyum yüzeyde $0.356-0.456$ olarak elde edilmiştir.

Taser ve ark. (2005), %11.57 nem düzeyindeki Macar fiği ve %10.3 nem düzeyindeki yaygın fiğ tohumlarının gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlığı, statik sürtünme katsayısını ve içsel sürtünme açısını nem düzeyinin bir fonksiyonu olarak araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışıyla gevşek birim hacim ağırlığı ile özgül ağırlık, Macar fiği tohumu için sırasıyla, 772.17 ve $1205.81 \text{ kg.m}^{-3}$, yaygın fiğ tohumu için ise, 785.9 ve $1091.19 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısı Macar fiği tohumu ile yaygın fiğ tohumlarında 13.64 ve 12.95° bulunmuştur. Statik sürtünme katsayısı ise sert ahşap yüzey, galvanize çelik yüzey, yumuşak çelik yüzey, kontrplak yüzey ve kauçuk yüzey üzerinde tespit edilmeye çalışılmış, araştırma sonucunda da; Macar fiği tohumu için sırasıyla $0.35-0.36-0.39-0.43-0.45$, yaygın fiğ tohumu için ise $0.32-0.34-0.39-0.45$ ve 0.48 olarak bulunmuştur.

Altuntaş ve Yıldız.(2005), %9.89 – 25.08 nem aralıklarında fasulye tanelerinin bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlığının $419.59-381.60 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlığın $1151.33-1206.21 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısının $13.94 -18.58^\circ$ olduğunu ve farklı test yüzeylerinde statik sürtünme katsayısının lineer olarak arttığını ileri sürmüşlerdir.

Bäumler ve ark.(2006), %3.7–15.6 nem aralığında yalancı safran tohumunun bazı fiziksel özelliklerini araştırmak için yaptıkları çalışmada gevşek birim hacim ağırlığı ile özgül ağırlığın nem içeriğinin artışıyla azaldığını bulmuşlardır.

Coşkuner ve Karababa (2006), %6.09–16.81 nem içeriklerinde keten tohumunun gevşek birim hacim ağırlığı ile özgül ağırlığı gibi önemli fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlığın $726.6-555.6 \text{ kg.m}^{-3}$ lineer azaldığı, özgül ağırlığın ise $1000-1111 \text{ kg.m}^{-3}$ lineer arttığı tespit edilmiştir.

Kashaninejad ve ark.(2006), Antep fıstığının kabuklu ve kabuksuz olmak üzere depolamada etkili fiziko-mekanik özelliklerini %4.10–38.10 nem aralığında belirlemeye

çalışmışlardır. Araştırmada, nem içeriğinin artışıyla kabuklu Antep fıstığının gevşek birim hacim ağırlığının $465.38-576.20 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak arttığını, özgül ağırlığının $1180.45-1102.78 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak azaldığını, kabuksuz Antep fıstığının ise gevşek birim hacim ağırlığının $523.48-545.52 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlığın $1082.73-1087.98 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak arttığını, statik sürtünme katsayısının ise kabuklu ve kabuksuz antep fıstığında galvanize çelik yüzey, cam yüzey, kontrplak yüzey, düz yüzey, pürüzlü yüzey üzerinde arttığını ileri sürmüşlerdir.

Baryeh ve Mangope (2005), %5–25 nem aralığında QP-38 güvercin bezelye çeşidinde önemli fiziko-mekanik özelliklerden özgül ağırlık, gevşek birim hacim ağırlık, statik sürtünme katsayısını belirlemeye çalışmış, araştırma sonucunda ise gevşek birim hacim ağırlık $700-870 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlık $750-1220 \text{ kg.m}^{-3}$, içsel sürtünme açısı $17-31^\circ$, statik sürtünme katsayısı ise kontrplak yüzeyde 0.28-0.51, galvanize çelik yüzeyde 0.23-0.38 ve alüminyum yüzeyde 0.18-0.31 olarak bulunmuştur.

Coşkun ve ark.(2006), Şeker mısırının fiziksel özelliklerini %11.54–19.74 nem aralığında incelemişler ve araştırmada artan nem içeriklerine bağlı olarak gevşek birim hacim ağırlığının $482.1-474.3 \text{ kg.m}^{-3}$ lineer azaldığını, özgül ağırlığın $1133.8-1225.5 \text{ kg.m}^{-3}$ lineer arttığını ve statik sürtünme katsayısının dört farklı yapı yüzeyi olan lastik yüzeyde 0.402–0.494, alüminyum yüzeyde 0.321–0.441, paslanmaz çelik yüzeyde 0.267–0.401 ve galvanize çelik yüzeyde 0.364–0.447 lineer arttığını saptamışlardır.

Çalışır ve ark.(2005 b), %6.35–9.87–15.22 nem düzeylerinde Türkiye bamyası tohumlarının bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışıyla gevşek birim hacim ağırlığının $636.10-577.99 \text{ kg.m}^{-3}$ lineer azaldığını, statik sürtünme katsayısının ise çelik yüzey ve galvanize çelik tabaka gibi farklı test yüzeyleri üzerinde lineer olarak arttığını ileri sürmüşlerdir.

Karababa (2006), Cin mısırı tanelerinin fiziksel özelliklerini nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak değerlendirmiş ve %8.95–17.12 nem içeriklerinde araştırmasını yürütmüştür. Araştırma sonucunda nem içeriğinin artışı ile gevşek birim hacim ağırlığının $771-703 \text{ kg.m}^{-3}$, özgül ağırlığın $1304-1224 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak lineer azaldığını, statik sürtünme katsayısının kontrplak yüzeyde 0.46–0.74, galvanize çelik yüzeyde 0.47–0.62, alüminyum yüzeyde 0.46–0.61 olarak lineer arttığını belirlemişlerdir.

Yalçın(2006), b r lce tohumunun fiziksel özelliklerini %12.01–38.90 nem aralıklarında gerçekleştirmiş ve araştırma sonucunda nem kapsamı arttıkça gevşek birim hacim ağırlığının 569.9-535.6 kg.m⁻³ ve özgül ağırlığının 1154.8-1104.1 kg.m⁻³ olarak lineer azaldığını, statik sürtünme katsayısının ise dört farklı yapı malzemesi olan plastik yüzeyde (0.364-0.394) , alüminyum yüzeyde (0.212-0.296) , paslanmaz  elik yüzeyde (0.176-0.238) ve galvanize  elik yüzeyde (0.324-0.360) lineer olarak arttığını çalışması sonucu elde etmiştir.

3.MATERYAL VE METOT

Çalışmanın bu bölümünde araştırmada kullanılan materyal tanıtılarak, örneklere uygulanan deneysel metotlar açıklanmıştır.

3.1.Materyal

Çalışma materyali olarak Samsun yöresinde yaygın bir şekilde tarımı yapılan, Karadeniz Yıldızı, Şeker mısırı, Cin mısırı, Akpınar ve TTM.813 mısır çeşitleri kullanılmıştır (Şekil 3.1).

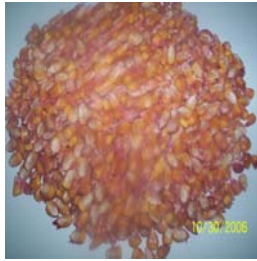
Çalışma kapsamında kullanılan mısır çeşitleri Tarım Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünün 2005 yılı üretiminden rasgele örnekleme yöntemiyle alınmıştır.



a) Şeker



b) Akpınar



c) TTM 813



d) Karadeniz Yıldızı



e) Cin

Şekil.3.1. Araştırmada kullanılan mısır çeşitleri

3.2. Metot

3.2.1. Araştırma Planı

Çalışma kapsamında Samsun yöresinde yaygın üretimi yapılan Karadeniz Yıldızı, Şeker mısırları, Cin mısırları, Akpınar ve TTM.813 mısır çeşitlerinde nem kapsamının fonksiyonu olarak gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, içsel sürtünme açısı ve statik sürtünme katsayıları araştırılmıştır. Çalışmaya ilişkin bağımlı ve bağımsız değişkenler çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma Planı

Bağımlı Değişkenler	Bağımsız Değişkenler	Değer (%)
Gevşek Birim Hacim Ağırlığı	Nem İçeriği	8,10,12,14
İçsel Sürtünme Açısı	Nem İçeriği	8,10,12,14
Özgül ağırlık	Nem İçeriği	8,10,12,14
Statik Sürtünme Katsayısı	Nem İçeriği, Yüzey	8,10,12,14

3.2.2. Örneklerin Deneye Hazırlanması

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden tanelenmiş olarak laboratuvara getirilen örnekler oda sıcaklığında muhafaza edilerek, içerisinde yabancı madde ihtiva eden, parçalanmış, çatlamış, bozulmuş ve şekil bozukluğu gözlemlenenleri elemine edilerek deney için hazır hale getirilmiştir.

3.2.3. Uygulanan Deneyler

3.2.3.1. Doğal Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Doğal nem içeriğinin belirlenmesinde mısır çeşitlerinden rasgele 100 gr tartılarak, etüvde $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 10 saat kurutulmuş ve örneklerin nemini tamamen kaybetmesi sağlanmıştır. Tam kuru hale gelen örnekler soğuyana kadar desikatörde bekletildikten sonra tartılarak doğal nem içeriği Köksal (2002)’a göre eşitlik 3.1 yardımıyla bulunmuştur.

$$W = \frac{W_n - W_k}{W_k} \times 100 \dots\dots\dots 3.1$$

Eşitlikte;

W: Mısırın doğal nem içeriği (%),

W_n : Mısırın doğal nemdeki ağırlığı (g),

W_k : Mısırın tam kuru durumdaki ağırlığı (g)'ni ifade etmektedir.

3.2.3.2. İstenilen Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Araştırma planında verilen nem içeriklerinin belirlenmesinde, laboratuvar koşullarındaki ürün denge nemi dikkate alınmıştır. Denge nem düzeyinin altındaki nem değerleri kurutma yapılarak, denge neminin üzerindeki nem değerleri için ise Balasubramanian (2001) tarafından geliştirilen eşitlik 3.2 kullanılmak suretiyle ilave su miktarları belirlenmiş, belirlenen su miktarları ürüne emdirilmiştir. İstenilen nem düzeyine getirilen örneklerde üniform bir nem dağılımının sağlanması amacıyla iki gün kadar kür odasında bekletme yapılmış ve denge nemine ulaştıktan sonra ilgili deneyler yapılincaya kadar nem içeriğinin sabit tutulması amacıyla şekil 3.2.'de görülen desikatöre alınmıştır.

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \dots\dots\dots 3.2.$$

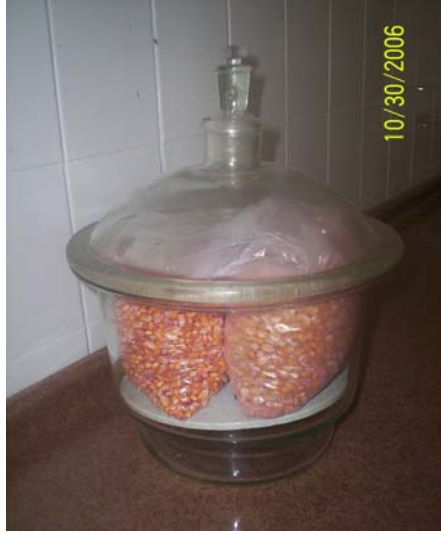
Eşitlikte;

Q: İlave edilen su miktarı (g),

W_i : Örneğin ilk ağırlığı (g),

M_i : Örneğin ilk nem içeriği (%),

M_f : Örneğin son nem içeriği (%) 'ni ifade etmektedir.



Şekil.3.2. Nem içeriğinin sabit tutulmasında kullanılan desikatör

3.2.3.3. Gevşek Birim Hacim Ağırlık Tayini

Deney örneklerinin gevşek birim hacim ağırlığı tayinin de Mohsenin (1980), Dehspande vd. (1993), Sing ve Goswami (1996), Paksoy ve Aydın (2004) tarafından önerilen metot uygulanmıştır. Bu amaçla 1000 ml hacimli ve 108 mm yüksekliğindeki dairesel birim hacim ağırlık kovası kullanılmıştır (Şekil 3.3.). Birim hacim ağırlık kovası tam olarak doluncaya kadar örnekler 15 cm yükseklikten bırakılmış ve kap yüzeyi bir cetvel yardımıyla düzeltilerek tartımlar alınmış gerekli hesaplamalar ise eşitlik 3.3. yardımıyla yapılmıştır.

$$\gamma = \frac{G_2 - G_1}{V} \dots\dots\dots(3.3)$$

Eşitlikte;

γ : Gevşek birim hacim ağırlığı (kg.m^{-3}),

G_1 : Birim hacim ağırlık kovasının boş ağırlığı (kg),

G_2 : Serbest haldeki mısır taneleri ile birim hacim ağırlık kovasının ağırlığı (kg),

V : Birim hacim ağırlık kovasının iç hacmi (m^{-3})'ni ifade etmektedir.



Şekil.3.3.Birim hacim ağırlık kovası

3.2.3.4.Özgül Ağırlık Tayini

Mısır örneklerinde özgül ağırlığın saptanmasında, Mohsenin (1970), Suthar ve Das (1996), Aydın (2002), Abalone ve ark.(2004) esas alınarak sıvının seviye değiştirmesi metodu kullanılmıştır. Yöntemde sıvı olarak suyun yerine mısır örneklerinin daha az absorbe etmesi ve yüzey geriliminin düşük olması nedeniyle toluene (C_7H_8) kullanılmıştır. Deney iki aşamalı olarak yapılmış olup, ilk aşamada örneklerin hava kurusu ağırlığı bulunmuştur. İkinci aşamada örnekler içi toluene dolu behere boşaltılarak beherdeki toluene hacim yükselmesi ve buna bağlı olarak da ürünün hacmi belirlenmiştir. Örneklerin özgül ağırlıklarının saptanmasında ise eşitlik 3.4 kullanılmıştır.

$$\rho = \frac{m_s + m_v}{V_s + V_w} \dots\dots\dots 3.4$$

Eşitlikte;

- ρ : Ürünün özgül ağırlığı ($kg.m^{-3}$),
- m_s : Sıvı (toluene) ağırlığı (kg),
- m_v : Alınan örnek ağırlığı (kg),
- V_s : Sıvı (toluene) hacmi (m^3),
- V_w : Örnek hacmi (m^3)'ni ifade etmektedir.

3.2.3.5.İçsel Sürtünme Açısının Belirlenmesi

Mısır çeşitlerinin içsel sürtünme açılarının belirlenmesinde, Zou ve Brusewitz (2001), Molenda ve ark. (2002), Mani ve ark. (2004) esas alınarak direkt kesme yöntemi kullanılmıştır. Deney cihazının iç kısmı 60*60 mm ebadında olup, deney esnasında kullanılan hız 0.7 mm.min⁻¹'dir (Şekil 3.4). Deney sonrasında örneklerin içsel sürtünme açılarının hesaplanmasında eşitlik 3.5, 3.6 ve 3.7 kullanılmıştır.

$$\tau = \frac{T}{A} \times 100 \dots\dots\dots 3.5$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \times 100 \dots\dots\dots 3.6$$

$$\tau = c + \sigma \times \tan \theta \dots\dots\dots 3.7$$

Eşitliklerde;

σ : Normal gerilme (kPa),

N: Örnek üzerine uygulanan sabit yük (kg),

A: Hücresel alan (cm²),

τ : Kesme gerilmesi (kPa),

T: Kesme kuvveti (kg),

c : Kohezyon katsayısı,

θ : İçsel sürtünme açısı (derece) 'nı ifade etmektedir.



Şekil.3.4.Direkt kesme test cihazı

3.2.3.6. Statik Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi

Deney numunelerinin yüzeye bağlı statik sürtünme katsayılarının saptanması Mohsenin (1980) , Beyhan ve ark.(1994) esas alınarak yapılmıştır. Örneklerin statik sürtünme katsayısını belirlemede kullanılan düzenek şekil 3.5’te verilmiştir. Yöntemde test yüzeyi olarak beton (BS 30), ahşap ve galvanize çelik yüzeyler kullanılmıştır. Deneyin uygulanmasında 25×25 cm boyutlarında içi boş ahşap kutu içerisine konulan farklı nem içeriklerindeki mısır örnekleri ilgili test yüzeyleri üzerinde 12 V ‘luk doğru akım motoru ile düşük bir hızda hareket ettirilerek, sürtünme kuvveti dijital dinamometreden okunmuş buna bağlı olarak statik sürtünme katsayıları ise eşitlik 3.8. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\mu_s = \frac{F_s}{W} \dots\dots\dots 3.8$$

Eşitlikte;

μ_s : Statik sürtünme katsayısı,

F_s : Sürtünme kuvveti (N),

W : Ürünün uyguladığı kuvvet (N),

$$W = m \times g$$

m : Ürünün kütlesi (kg),

g : Yerçekimi ivmesi ($m.s^{-2}$)’ ni ifade etmektedir.



Şekil.3.5.Statik sürtünme katsayısı deney düzeneği

3.3.Araştırmanın İstatistik Analizi

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin SPSS 12.0 bilgisayar paket programı ile varyans analizleri yapılarak, önemli çıkan işlemlerin istatistiksel gruplandırılmasında DUNCAN çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Önemli görülen farklar interaksiyon çizelgesi üzerinde alt bilgi ile ifade edilip harflendirilerek gösterilmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Doğal Nem İçerikleri

Araştırmada kullanılan mısır örneklerinin doğal nem içeriklerine ilişkin değerler çizelge 4. 1.'de verilmiştir. Çizelge 4.1'den de görülebileceği gibi araştırmada kullanılan mısır örneklerinin doğal nem içeriklerinin % 7.5–9.5 arasında değiştiği görülmektedir. Bu nem değerleri Coşkun ve ark (2006)' de verilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Çizelge.4.1. Mısır Örneklerine İlişkin Doğal Nem İçerikleri

Çeşit	Nem (%)
Karadeniz Yıldızı	9.0
Akpınar	7.8
Şeker	9.5
TTM 813	7.5
Cin	8.0

4.2.Gevşek Birim Hacim Ağırlıkları

Varyans analizi sonuçları, gevşek birim hacim ağırlığı açısından mısır çeşitleri ve nem içerikleri arasında $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli farklılığın olduğunu göstermiştir. Gevşek birim hacim ağırlığı açısından çeşit ile nem içeriği arasındaki interaksiyon ise istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.01$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2.Gevşek Birim Hacim Ağırlıklarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Çeşit	320407.35	4	80101.84	274.99**
Nem İçeriği	6303.94	3	2101.31	7.214**
Çeşit * Nem İçeriği	1026.12	12	85.51	0.29
Hata	11651.44	40	291.29	
Toplam	339388.85	60		

** $p<0.01$ olasılıkla önemli

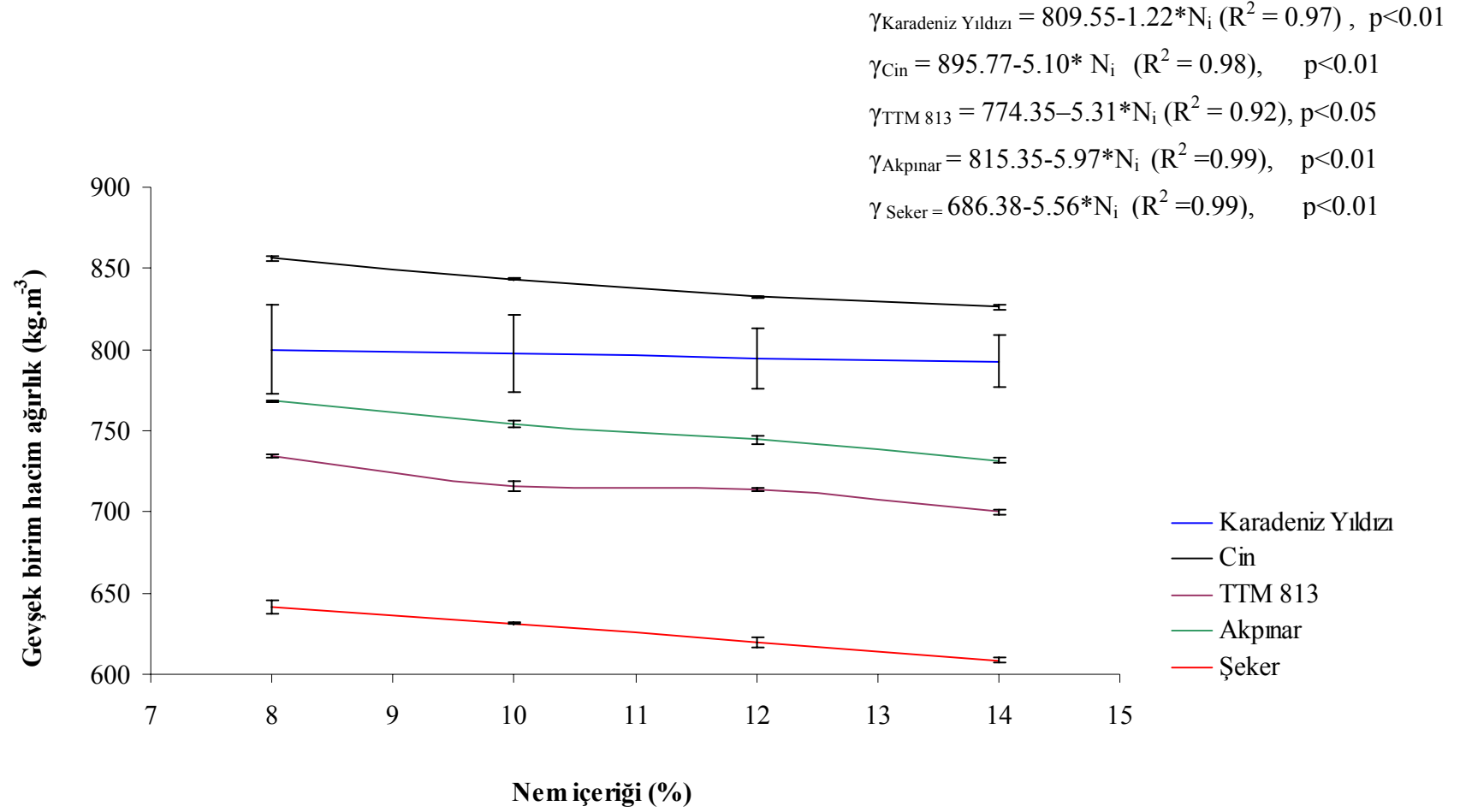
Farklı nem içeriklerindeki Karadeniz Yıldızı, Cin, TTM 813, Şeker ve Akpınar mısır çeşitlerine ilişkin gevşek birim hacim ağırlıkların mısır çeşidi ve nem içeriğine bağlı olarak değişimi Çizelge 4.3’de verilmiştir. Çizelge 4.3’ den de görülebileceği gibi gevşek birim hacim ağırlıklar nem içeriğine bağlı olarak tüm mısır çeşitlerinde lineer bir şekilde azalmıştır. Bu durumun nedeni, farklı büyüklüğe ve tane yapısına sahip olan mısır örneklerindeki neme bağlı hacimsel artışın ağırlık artışından fazla olmasıdır. Bu bağlamda biyolojik bir malzeme olan mısırdaki neme bağlı gevşek birim hacim ağırlığında gözlemlenen lineer azalma farklı biyolojik malzemeler üzerinde çalışan Baryeh (2001), Özarslan (2002), Aydın ve ark (2002), Plange ve ark.(2002), Sacilik ve ark.(2003), Amin ve ark. (2003), Yalçın ve Özarslan (2004), Altuntaş ve ark. (2004), Coşkun ve ark. (2005), Dursun ve ark.(2005), Coşkun ve ark.(2006), Karababa (2006), Yalçın(2006) yapmış oldukları çalışmalarla da paralellik göstermektedir. Mısır örneklerine ilişkin regresyon analiz sonucunda belirlenen regresyon denklemleri ve R^2 değerleri şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge.4.3.Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak Gevşek Birim Hacim Ağırlığının Değişimi

Çeşit	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg.m^{-3})				
	Nem İçeriği (%)				
	8	10	12	14	Genel Ortalama
Karadeniz Yıldızı	799.90 ± 27.17	797.50 ± 23.42	794.20 ± 18.65	792.86 ± 15.63	$796.16 \pm 9.28\text{B}$
Cin	856.46 ± 1.56	843.57 ± 0.49	832.49 ± 0.63	826.15 ± 1.24	$839.17 \pm 3.29\text{A}$
TTM 813	734.59 ± 1.21	715.70 ± 3.03	713.76 ± 0.67	699.86 ± 1.33	$715.98 \pm 3.80\text{D}$
Akpınar	768.20 ± 0.50	754.35 ± 2.30	744.57 ± 2.74	731.67 ± 1.76	$749.70 \pm 4.12\text{C}$
Şeker	641.47 ± 3.95	631.54 ± 0.88	619.33 ± 3.27	608.46 ± 1.60	$625.20 \pm 3.92\text{E}$
Genel Ortalama	$759.72 \pm 19.5\text{A}$	$748.55 \pm 19.79\text{AB}$	$740.88 \pm 19.83 \text{ B}$	$731.80 \pm 20.63\text{B}$	

Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre, gevşek birim hacim ağırlığı açısından tüm mısır çeşitlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Cin mısırı en yüksek gevşek birim hacim ağırlığına sahiptir. Bunu Karadeniz Yıldızı, Akpınar ve TTM 813 çeşitleri takip etmiştir. En düşük gevşek birim hacim ağırlığı ise Şeker mısırına aittir.

Araştırma sonuçları gevşek birim hacim ağırlığının farklı nem düzeylerinde farklı değerler aldığını göstermiştir (Çizelge 4.3). En yüksek gevşek birim hacim ağırlığı değeri % 8 nem düzeyinde tespit edilmiştir ($p<0.01$). Bunu %10 nem düzeyi takip etmektedir, ancak %10 nem düzeyinde elde edilen gevşek birim hacim ağırlığı ile %8 nem düzeyinde elde edilen değer arasındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Benzer şekilde %12 nem düzeyinde elde edilen gevşek birim hacim ağırlığı değeri %10 ve %14 nem düzeyinde elde edilen değerlerden istatistik açıdan farklı değildir ($p>0.05$). En düşük gevşek birim hacim ağırlık değeri ise %14 nem düzeyinde elde edilmiştir ($p<0.01$).



Şekil 4.1. Mısır çeşitlerinde nem içeriğinin gevşek birim hacim ağırlığı üzerine etkisi

4.3.Özgül Ağırlıklar

Varyans analizi sonuçları, özgül ağırlık açısından değerlendirildiğinde, mısır çeşitleri, nem içerikleri ve çeşit*nem interaksiyonları arasında $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli bir farklılığın olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge.4.4.Özgül Ağırlıklara Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Çeşit	107696.926	4	26924.231	5113.443**
Nem İçeriği	154.327	3	51.442	9.770**
Çeşit*Nem İçeriği	19246.494	12	1603.875	304.607**
Hata	210.615	40	5.265	
Toplam	60404848.6	60		

** $p<0.01$ olasılıkla önemli

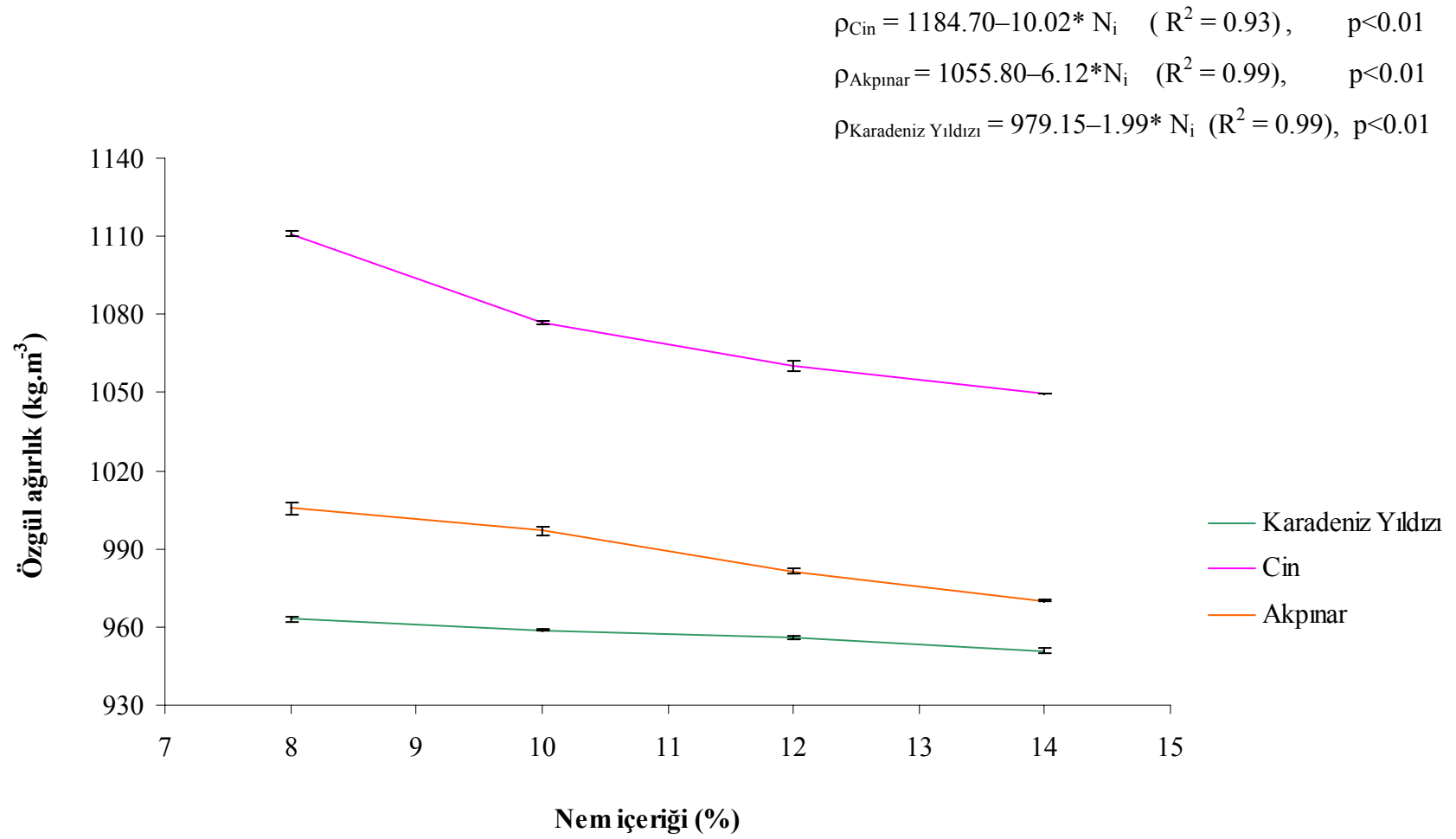
Yapılan varyans analizi sonuçları, özgül ağırlığın mısır çeşidi ve mısır nem içeriğine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Ancak nem içeriğinin etkisi, mısır çeşitlerine bağlı olarak farklı düzeyde olmuştur (Çizelge.4.5). Çizelge 4.5’den de görülebileceği gibi Karadeniz Yıldızı, Cin ve Akpınar mısır çeşitlerinin özgül ağırlık değerleri azalırken, TTM 813 ve Şeker mısır çeşitlerinin özgül ağırlık değerleri artış göstermiştir. Çeşitler arası özgül ağırlıklar $950.88\text{--}1110.89\text{ kg.m}^{-3}$ arasında değişmekte olup, en yüksek özgül ağırlık değeri 1110.89 kg.m^{-3} ile %8 nem içeriğindeki Cin mısır çeşidinde, en düşük özgül ağırlık değeri ise, 950.88 kg.m^{-3} ile %14 nem içeriğindeki Karadeniz Yıldızı çeşidinde elde edilmiştir. Özgül ağırlığın mısır çeşitlerine göre değişkenlik göstermesi, nem içeriğindeki değişime ve ağırlıktaki oransal artışın hacimsel artışa aynı oranda yansımamasına bağlanabilir. Konuya ilişkin yapılan çalışmalarda Ogunjimi ve ark.(2001), Baryeh (2002), Yalçın ve Özarslan (2004), Paksoy ve Aydın (2004), Kingsly ve Ark.(2005), Coşkun ve ark.(2006), özgül ağırlığın nem içeriğine bağlı olarak arttığını, Özarslan (2002), Aydın ve ark. (2002), Sacilik ve ark.(2003), Amin ve ark (2003), Altuntaş ve ark. (2005), Dursun ve ark.(2005), Karababa (2006) ise azaldığını bulmuşlardır. Nem içeriğinin fonksiyonu olarak çeşide bağlı özgül ağırlık değerlerindeki değişimler, elde edilen regresyon denklemleri ve R^2 değerleri şekil 4.2 ve 4.3’ te verilmiştir.

Çizelge.4.5. Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak Özgül Ağırlığın Değişimi

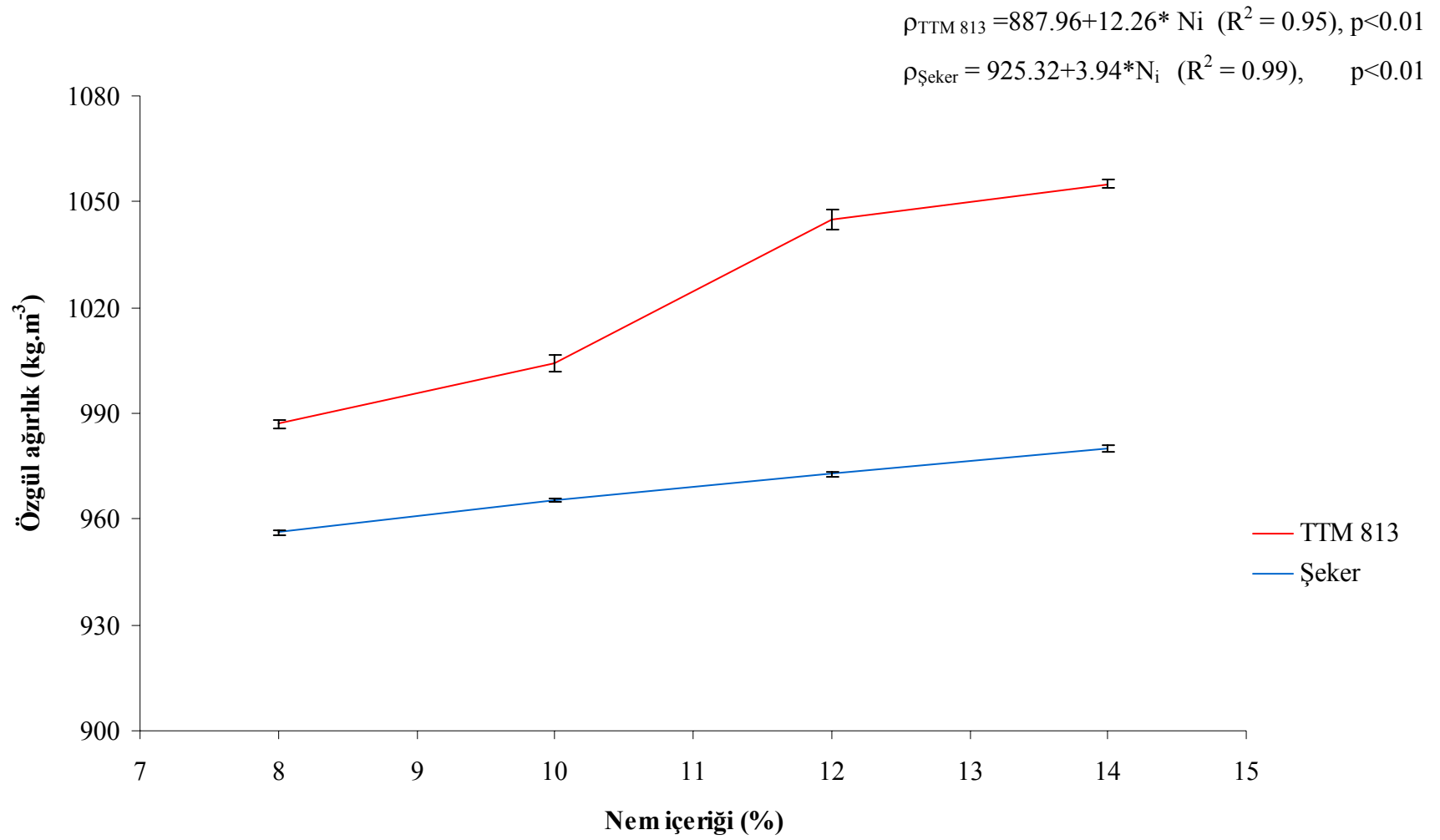
Çeşit	Özgül Ağırlık (kg.m ⁻³)				
	Nem içeriği (%)				
	8	10	12	14	Genel Ortalama
Karadeniz Yıldızı	963.18 ± 1.03 m	958.90 ± 0.16 n	955.94 ± 0.71 n	950.88 ± 0.99 o	957.22 ± 1.39 E
Cin	1110.89 ± 1.00 a	1076.91 ± 0.63 b	1060.14 ± 1.91 c	1049.66 ± 0.26 e	1074.40 ± 7.02 A
TTM 813	986.94 ± 1.31 ı	1004.20 ± 2.33 g	1044.96 ± 2.62 f	1055.07 ± 1.16 d	1022.79 ± 8.53 B
Akpınar	1005.62 ± 2.45 g	997.08 ± 1.63 h	981.32 ± 1.00 k	970.07 ± 0.40 ı	988.52 ± 4.21 C
Şeker	956.25 ± 0.73 n	965.40 ± 0.62 m	972.77 ± 0.75 ı	980.03 ± 0.84 k	968.61 ± 2.68 D
Genel Ortalama	1004.58 ± 14.97 A	1000.50 ± 11.24 B	1003.02 ± 11.11 A	1001.14 ± 11.47 B	

Mısır çeşitleri nem değişimine bağlı özgül ağırlık değişimi açısından değerlendirildiğinde, çeşitlerin farklılıklar gösterdiği saptanmıştır ($p < 0.01$). Bu bağlamda özgül ağırlık değerleri sırasıyla Cin mısır, TTM 813, Akpınar ve Şeker olarak gözlenmiştir. Karadeniz Yıldızı ise en düşük gevşek birim hacim ağırlığına sahip olan çeşit olarak belirlenmiştir.

Özgül ağırlık değerleri nem içerikleri açısından incelendiğinde en yüksek değer % 8 nem oranında bulunmuş olup, %12 nem düzeyinde elde edilen değer %8 nem düzeyinde elde edilen değerden, benzer şekilde %10 nem içeriğinde elde edilen değer de %14 nem içeriğinde elde edilen değerden istatistiki olarak farklı değildir ($P > 0.01$) (Çizelge 4.5).



Şekil 4.2. **Karadeniz Yıldızı, Cin ve Akpınar** mısır çeşitlerinde nem içeriğinin özgül ağırlıklara etkisi



Şekil 4.3. Şeker ve TTM 813 mısır çeşitlerinde nem içeriğinin özgül ağırlıklara etkisi

4.4. İçsel Sürtünme Açıları

Varyans analiz sonuçları çeşit, nem içeriği ile çeşit*nem içeriği interaksiyonunun içsel sürtünme açısına $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge.4.6.İçsel Sürtünme Açılarına İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Çeşit	12.792	4	3.198	6.792 ^{**}
Nem İçeriği	324.683	3	108.228	229.864 ^{**}
Çeşit*Nem İçeriği	29.942	12	2.495	5.299 ^{**}
Hata	18.833	40	0.471	
Toplam	53490.000	59		

^{**} $p<0.01$ olasılık düzeyinde önemli

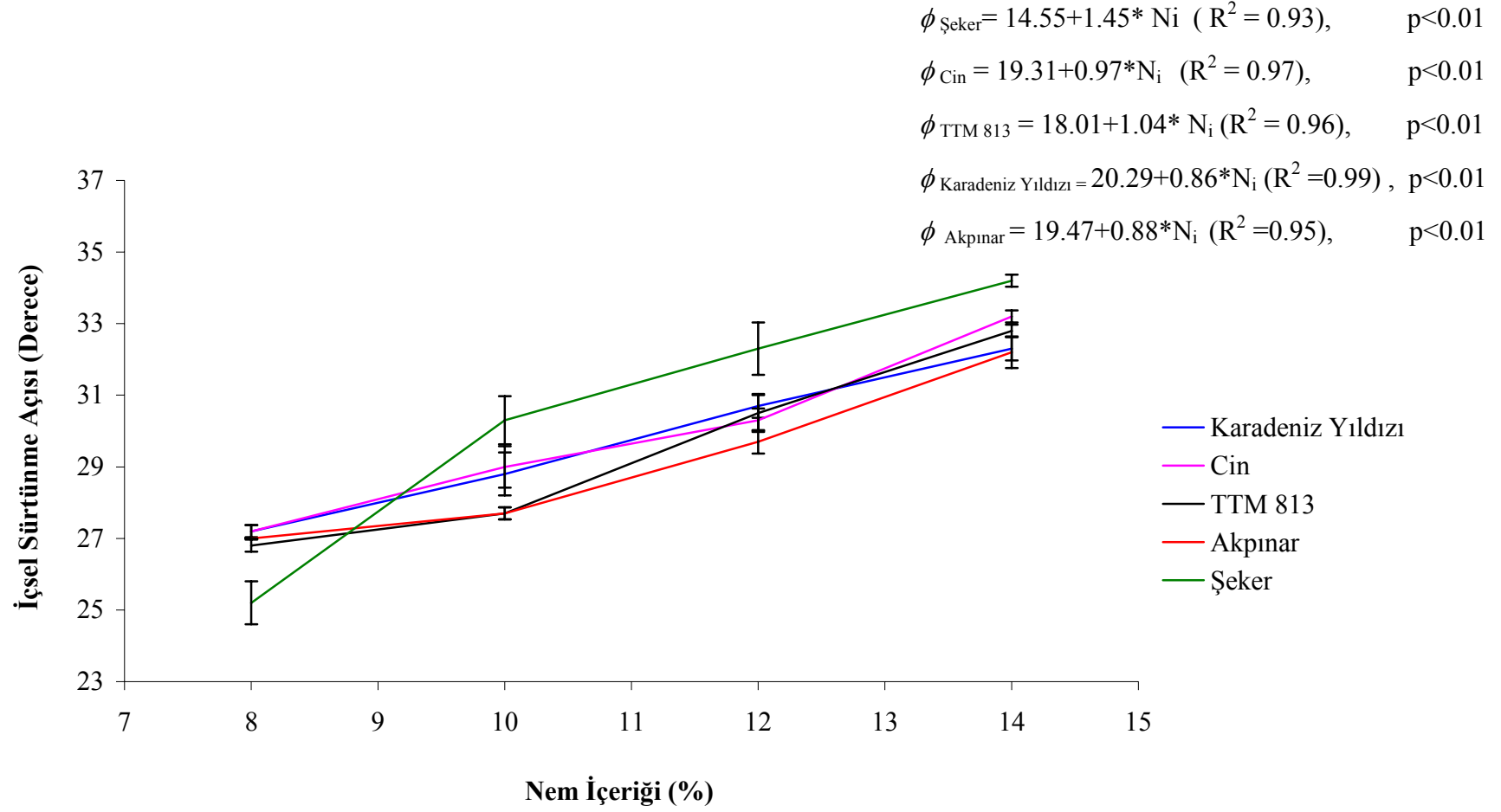
Varyans analizi sonucunda içsel sürtünme açısının mısır çeşidi ve nem içeriğine bağlı olarak değiştiği belirlenmiş ve nem içeriğinin etkisinin mısır çeşitlerine bağlı olarak farklı düzeylerde olduğu bulunmuştur. Çizelge 4.7’ de nem içeriği artışına bağlı olarak mısır çeşitlerinde içsel sürtünme açısı değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu bağlamda içsel sürtünme açısının en yüksek değeri Şeker mısır çeşidinde ve % 14 nem içeriğinde ($\phi = 34.2^0$), en düşük değeri ise yine Şeker mısır çeşidinde ve % 8 nem içeriğinde ($\phi = 25.2^0$) bulunmuştur. Mısır çeşitlerinde nem artışı (%8–14) ile içsel sürtünme açıları arasında pozitif lineer bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ogunjimi ve ark.(2001), Edward ve ark.(2001), Aydın ve ark. (2002), Sacilik ve ark.(2003), Amin ve ark. (2003), Altuntaş ve ark. (2004), Kingsly ve ark. (2005) farklı biyolojik materyaller üzerinde yürütmüş oldukları çalışmalarda da nem içeriğinin artması ile içsel sürtünme açısının arttığını belirlemişlerdir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgularda bu aksiyomu desteklemektedir. Mısır örneklerinde nem içeriğinin fonksiyonu olarak içsel sürtünme açılarındaki R^2 değerleri ve regresyon denklemleri şekil 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge.4.7.Mısır Çeşidi ve Nem İçeriğine Bağlı Olarak İçsel Sürtünme Açısının Değişimi

Çeşit	İçsel Sürtünme Açısı (Derece)				
	Nem İçeriği (%)				
	8	10	12	14	Genel Ortalama
Karadeniz Yıldızı	27.2 ± 0.17 f	28.8 ± 0.60 de	30.7 ± 0.33 c	32.3 ± 0.33 b	29.75 ± 0.61 AB
Cin	27.2 ± 0.17 f	29.0 ± 0.58 d	30.3 ± 0.33 c	33.2 ± 0.17 ab	29.92 ± 0.68 AB
TTM 813	26.8 ± 0.17 f	27.7 ± 0.17 ef	30.5 ± 0.50 c	32.8 ± 0.17 b	29.46 ± 0.73 B
Akpınar	27.0 ± 0.00 f	27.7 ± 0.17 ef	29.7 ± 0.33 cd	32.2 ± 0.44 b	29.13 ± 0.62 B
Şeker	25.2 ± 0.60 g	30.3 ± 0.67 c	32.3 ± 0.73 b	34.2 ± 0.17 a	30.50 ± 1.05 A
Genel Ortalama	26.67 ± 0.23 D	28.70 ± 0.32 C	30.70 ± 0.30 B	32.93 ± 0.24 A	

Çoklu karşılaştırma test sonuçlarında, en yüksek içsel sürtünme açısına sahip çeşit Şeker mısıridir ($p < 0.01$). Bu çeşidi Cin ve Karadeniz Yıldızı takip etmektedir. TTM 813 çeşidine ait içsel sürtünme açısı ise Cin, Karadeniz Yıldızı ve Akpınar çeşitlerinden farklı olmayıp ($p > 0.01$), Şeker çeşidine ait değerden küçüktür ($p < 0.01$). En düşük içsel sürtünme açısı Akpınar çeşidinde ölçülmüştür.

Nem içerikleri bakımından içsel sürtünme açıları incelendiğinde, en yüksek içsel sürtünme açısı %14 nem oranında, en düşük içsel sürtünme açısı ise %8 nem oranında elde edilmiştir ($p < 0.01$). Diğer nem içeriklerinde elde edilen içsel sürtünme açısı bu iki nem içeriği arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.7).



Şekil 4.4. Mısır çeşitlerinde nem içeriğinin içsel sürtünme açısına etkisi

4.5. Statik Sürtünme Katsayısı

Statik sürtünme katsayılarına ilişkin istatistiksel sonuçlar değerlendirildiğinde çeşit ve nem içerikleri ile sürtünme yüzeylerinin (BS 30 betonu, galvanize çelik ve ahşap) statik sürtünme katsayısına $P < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu, buna ilaveten çeşit*yüzey, çeşit*nem, yüzey*nem ikili interaksiyon etkilerinin $P < 0.01$ olasılık düzeyinde, çeşit*yüzey*nem üçlü interaksiyon etkilerinin ise $p < 0.05$ olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge.4.8. Statik Sürtünme Katsayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F
Çeşit	0.524	4	0.131	655.141 ^{**}
Yüzey	1.652	2	0.826	4133.621 ^{**}
Nem	0.402	3	0.134	670.405 ^{**}
Çeşit *Yüzey	0.054	8	0.007	33.810 ^{**}
Çeşit * Nem	0.010	12	0.001	4.171 ^{**}
Yüzey * Nem	0.019	6	0.003	15.748 ^{**}
Çeşit * Yüzey * Nem	0.019	24	0.001	4.022 [*]
Hata	0.024	120	0.000	
Toplam	49.636	180		

^{**} $p < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli, ^{*} $p < 0.05$ olasılık düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre, statik sürtünme katsayısının mısır çeşidi, mısır nem içeriği ve yüzeylere bağlı olarak değişim gösterdiği bulunmuştur. Çizelge.4.9' dan nem içeriğinin artışı ile statik sürtünme katsayısının her üç sürtünme yüzeyi için lineer olarak arttığı görülmektedir. Ürün nem içeriğinin artması ile statik sürtünme katsayılarındaki en yüksek değerler beton yüzeyde, en düşük değerler ise ahşap yüzeyde saptanmıştır. Statik sürtünme katsayısının en yüksek değeri Karadeniz Yıldızı mısır çeşidinde %14 nem içeriğinde ve beton yüzeyde (0.738), en düşük değeri ise Cin mısır çeşidinde %8 nem içeriğinde ve ahşap yüzeyde (0.274) olarak belirlenmiştir. Örneklerde nem içeriği ve yüzeylere bağlı olarak statik sürtünme katsayıları arasında lineer bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5; 4.6; 4.7; 4.8; 4.9). Farklı biyolojik malzemeler üzerinde çalışan Baryeh (2002), Özarslan (2002), Plange ve ark.(2002), Sacilik ve ark.(2003), Yalçın ve Özarslan (2004), Rusinek ve Stasiak (2004), Paksoy ve Aydın (2004),

Dursun ve ark.(2005) biyolojik malzemelerde nem içeriğindeki artışa bağı olarak farklı malzeme yüzeylerinde statik sürtünme katsayısının arttığını saptamışlardır.

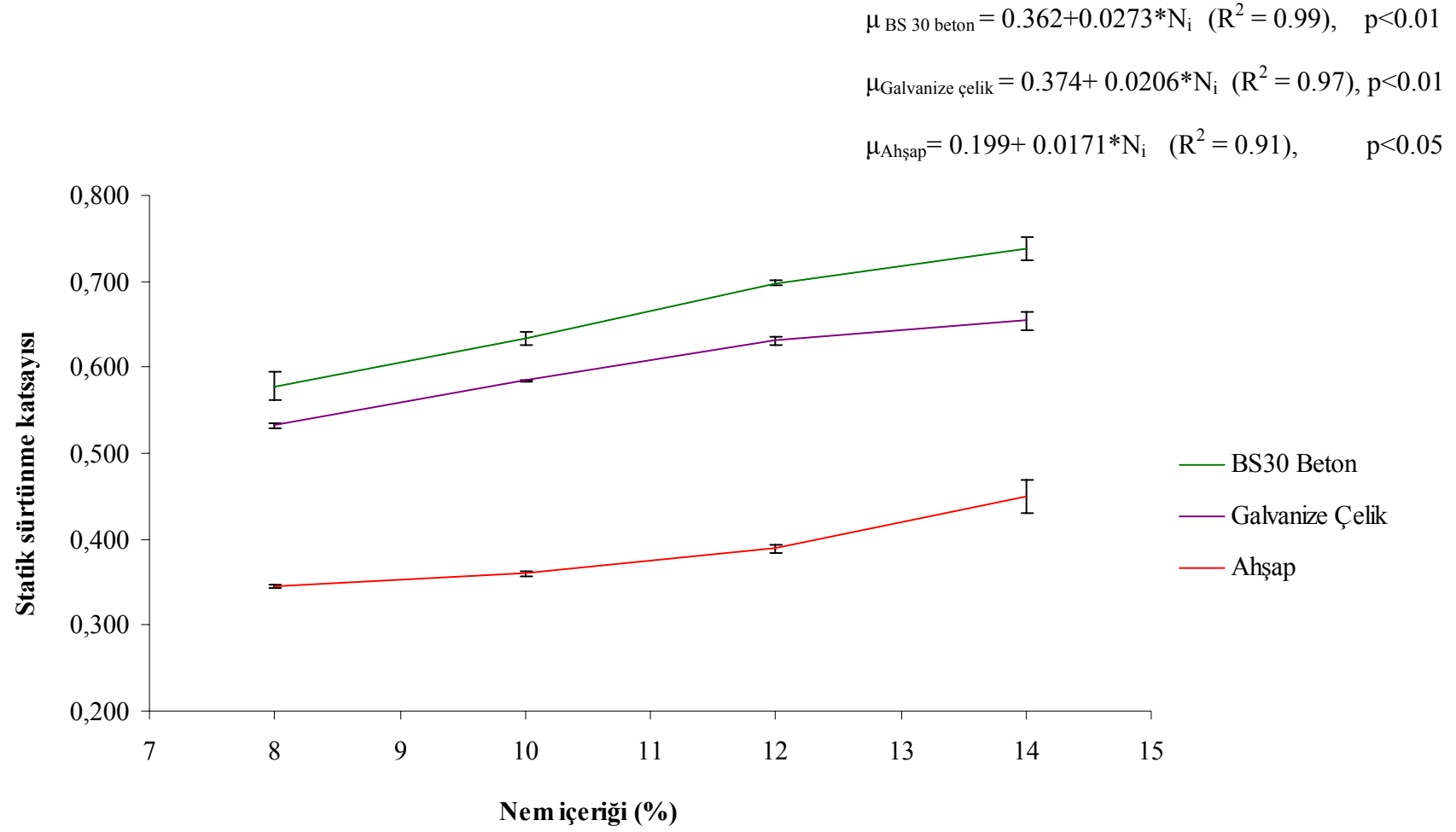
Çizelge 4.9.Mısır Çeşidi, Nem İçeriği ve Test Yüzeylerine Bağlı Olarak Statik Sürtünme Katsayısının Değişimi

Çeşit	Nem İçeriği (%)	Test Yüzeyi			Ortalama	Genel Ortalama
		Beton (BS 30)	Galvanize Çelik	Ahşap		
Karadeniz Yıldızı	8	0.578 ± 0.016 l	0.532 ± 0.003 mn	0.346 ± 0.002 ya''	0.485	
	10	0.633 ± 0.008 efgh	0.585 ± 0.001 kl	0.360 ± 0.003 xyz	0.526	
	12	0.698 ± 0.003 b	0.631 ± 0.005 fgh	0.389 ± 0.005 vw x	0.573	
	14	0.738 ± 0.014 a	0.654 ± 0.011 def	0.450 ± 0.020 qr	0.604	
Ortalama		0. 662	0. 601	0. 386	0. 549 ± 0.022 A	
Cin	8	0.459 ± 0.006 pqro	0.339 ± 0.002 za''	0.274 ± 0.002 b''	0.357	
	10	0.480 ± 0.003 op	0.357 ± 0.000 xyz	0.288 ± 0.000 b''	0.375	
	12	0.511 ± 0.005 n	0.454 ± 0.007 qr	0.347 ± 0.004 ya''	0.437	
	14	0.530 ± 0.003 mn	0.488 ± 0.003 o	0.360 ± 0.002 xyz	0.459	
Ortalama		0. 495	0. 410	0. 317	0. 407 ± 0.014 B	
TTM 813	8	0.582 ± 0.010 kl	0.478 ± 0.010 opq	0.360 ± 0.019 xyz	0.474	
	10	0.629 ± 0.003 fgh	0.547 ± 0.003 m	0.418 ± 0.000 stu	0.532	
	12	0.667 ± 0.009 cd	0.643 ± 0.010 defgh	0.440 ± 0.002 rst	0.584	
	14	0.708 ± 0.020 b	0.660 ± 0.004 de	0.462 ± 0.007 pqro	0.610	
Ortalama		0. 647	0. 582	0. 420	0. 550 ± 0.019 A	
Akpınar	8	0.600 ± 0.006 jkl	0.461 ± 0.011 opqr	0.341 ± 0.010 za''	0.467	
	10	0.636 ± 0.003 efgh	0.583 ± 0.004 kl	0.389 ± 0.011 vw	0.536	
	12	0.652 ± 0.004 defg	0.620 ± 0.010 hij	0.417 ± 0.004 tu	0.563	
	14	0.688 ± 0.008 bc	0.644 ± 0.004 defgh	0.441 ± 0.006 rs	0.591	
Ortalama		0. 644	0. 577	0. 397	0. 539 ± 0.020 A	
Şeker	8	0.523 ± 0.009 mn	0.457 ± 0.009 pqr	0.322 ± 0.015 a''	0.434	
	10	0.587 ± 0.009 kl	0.527 ± 0.009 mn	0.371 ± 0.006 wxy	0.495	
	12	0.627 ± 0.003 ghı	0.573 ± 0.003 l	0.404 ± 0.003 uv	0.535	
	14	0.660 ± 0.006 de	0.603 ± 0.009 ıjk	0.437 ± 0.090 rst	0.567	
Ortalama		0. 599	0. 540	0. 384	0. 508 ± 0.018 A	
Genel Ortalama		0. 609 ± 0. 010 A	0. 542 ± 0. 009 B	0. 381 ± 0. 007 C		
Ortalama	8	0. 548	0. 453	0. 329	0. 443 ± 0. 016 C	
	10	0. 593	0. 520	0. 365	0. 493 ± 0.017 B	
	12	0. 631	0. 584	0. 399	0. 538 ± 0.017AB	
	14	0. 665	0. 610	0. 430	0. 568 ± 0.018 A	

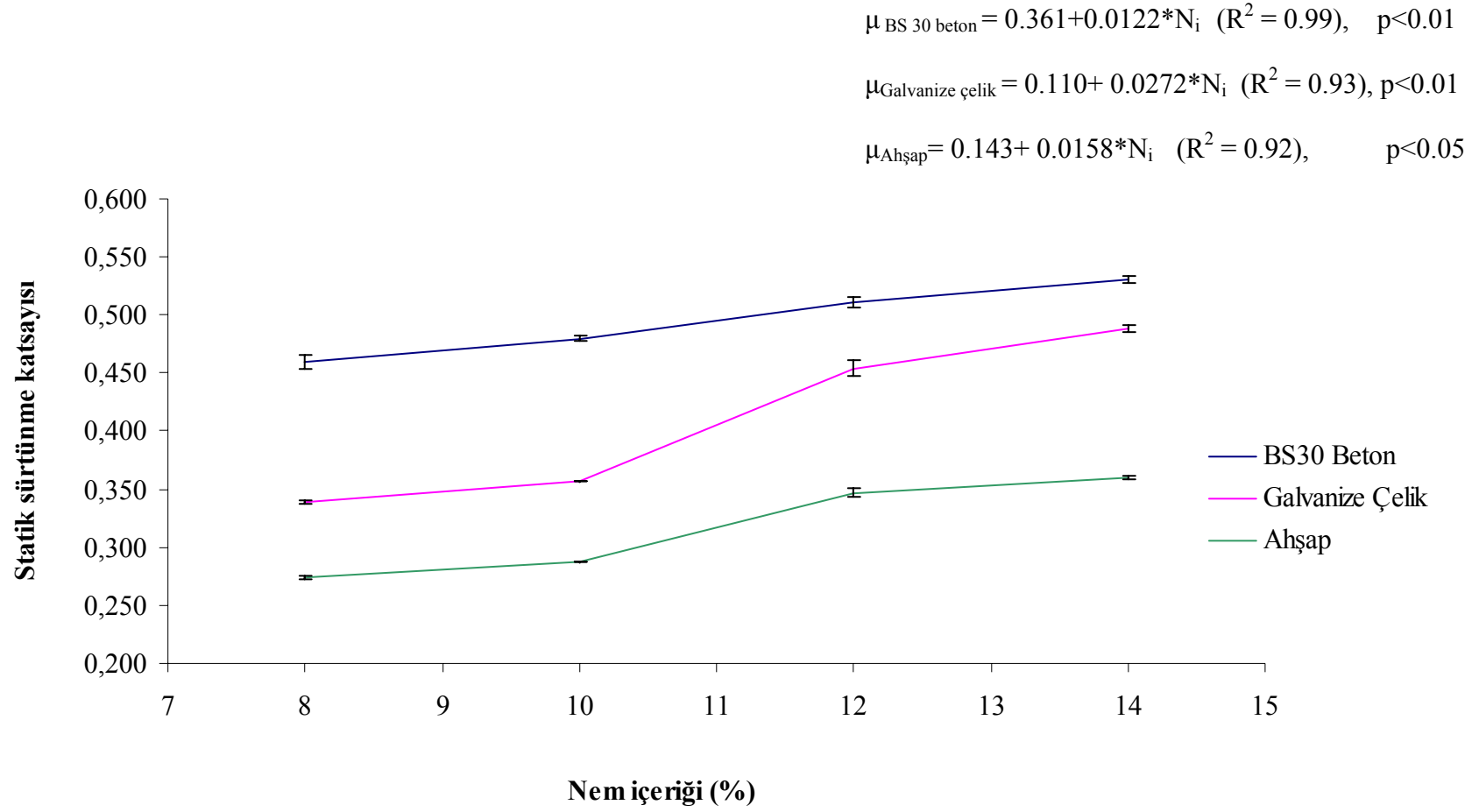
Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarında, Karadeniz Yıldızı, TTM 813, Akpınar ve Şeker mısır çeşitleri statik sürtünme katsayısı açısından Cin mısır çeşidinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0.01$).

Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre statik sürtünme katsayıları açısından yüzey (BS30 Beton, Galvanize Çelik, Ahşap) değerleri istatistikî olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek statik sürtünme katsayı değeri BS30 beton yüzeyde ve sırasıyla galvanize çelik ile ahşap yüzeyde belirlenmiştir.

Çeşitli nem içerikleri ile statik sürtünme katsayıları istatistiksel açıdan birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek değer 0.568 ortalama ile %14 nem içeriğinde bulunmuştur ($P<0.01$). Bunu 0.538 ortalama değerine sahip %12 nem düzeyi takip etmekte olup, aralarındaki fark istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). %10 nem düzeyinde elde edilen değer ise % 12 nem düzeyinde elde edilen değerden istatistik açıdan farklı değildir ($p>0.05$). En düşük statik sürtünme katsayı değeri ise %8 nem düzeyinde elde edilmiştir ($p<0.01$) (Çizelge 4.9).



Şekil 4.5. **Karadeniz Yıldızı** mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi

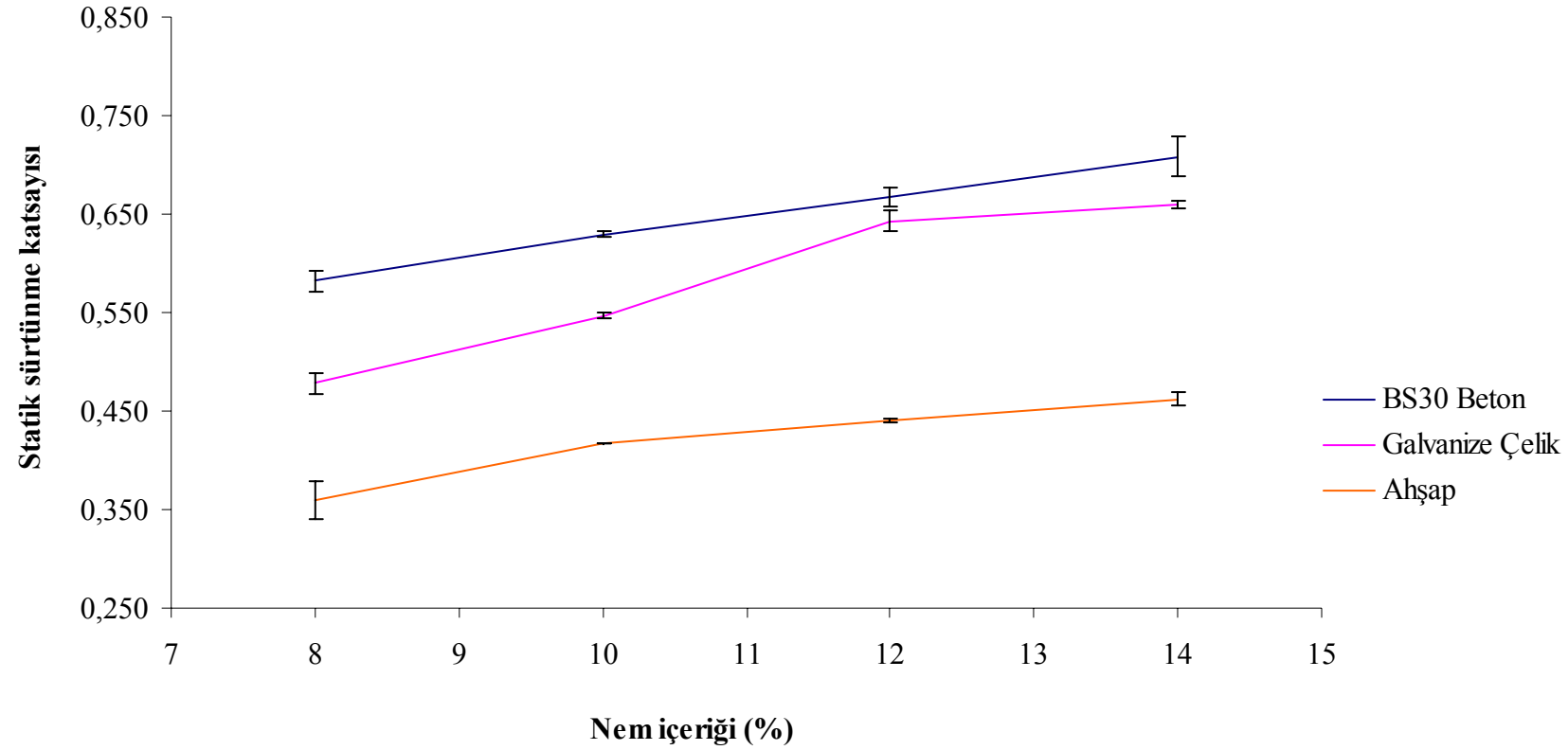


Şekil.4.6. **Cin mısır** eşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi

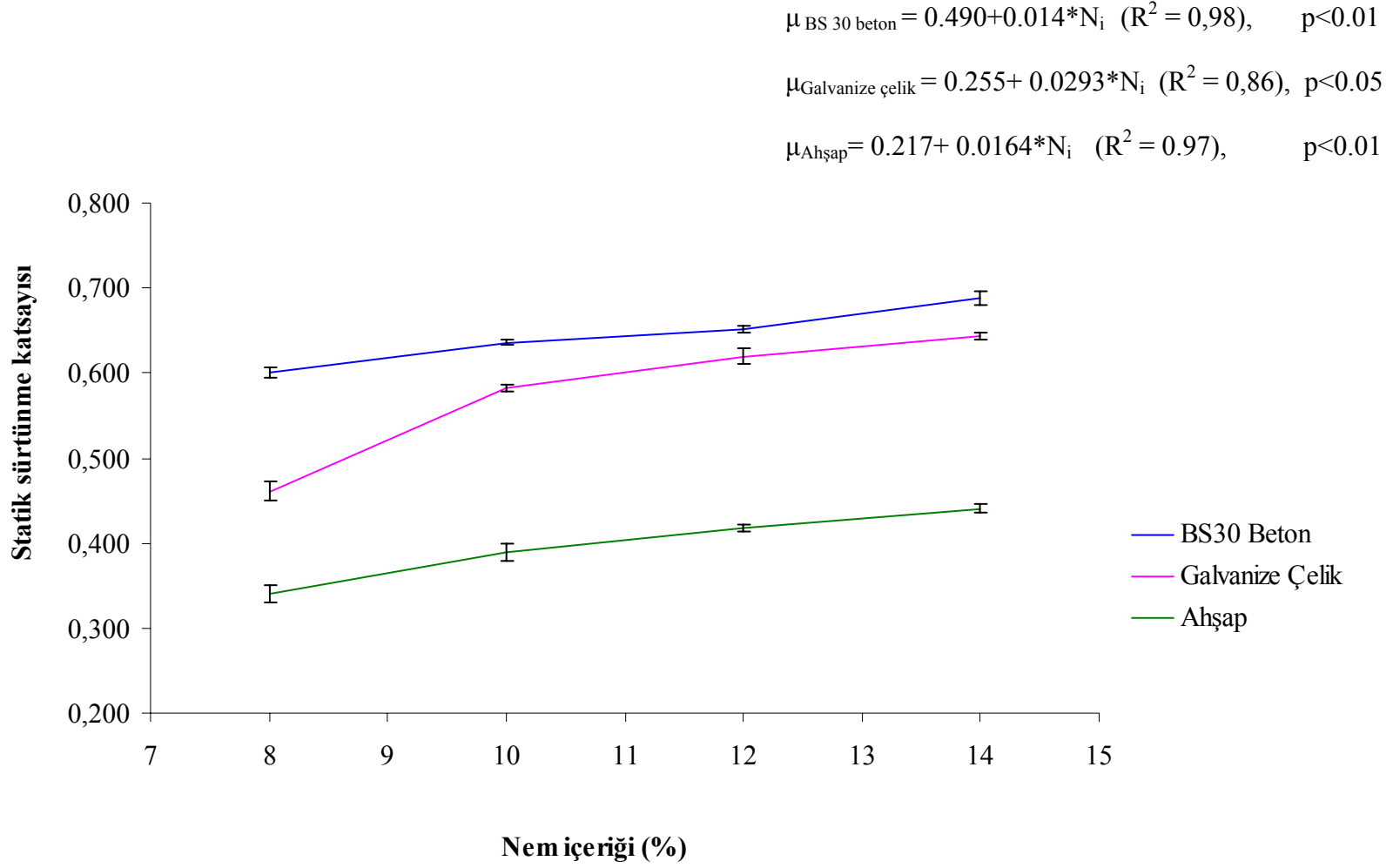
$$\mu_{BS\ 30\ beton} = 0.418 + 0.0208 * N_i \quad (R^2 = 0.99), \quad p < 0.01$$

$$\mu_{Galvanize\ \text{elik}} = 0.229 + 0.0321 * N_i \quad (R^2 = 0.94), \quad p < 0.01$$

$$\mu_{Ahşap} = 0.240 + 0.0164 * N_i \quad (R^2 = 0.93), \quad p < 0.01$$



Şekil.4.7.TTM 813 mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi

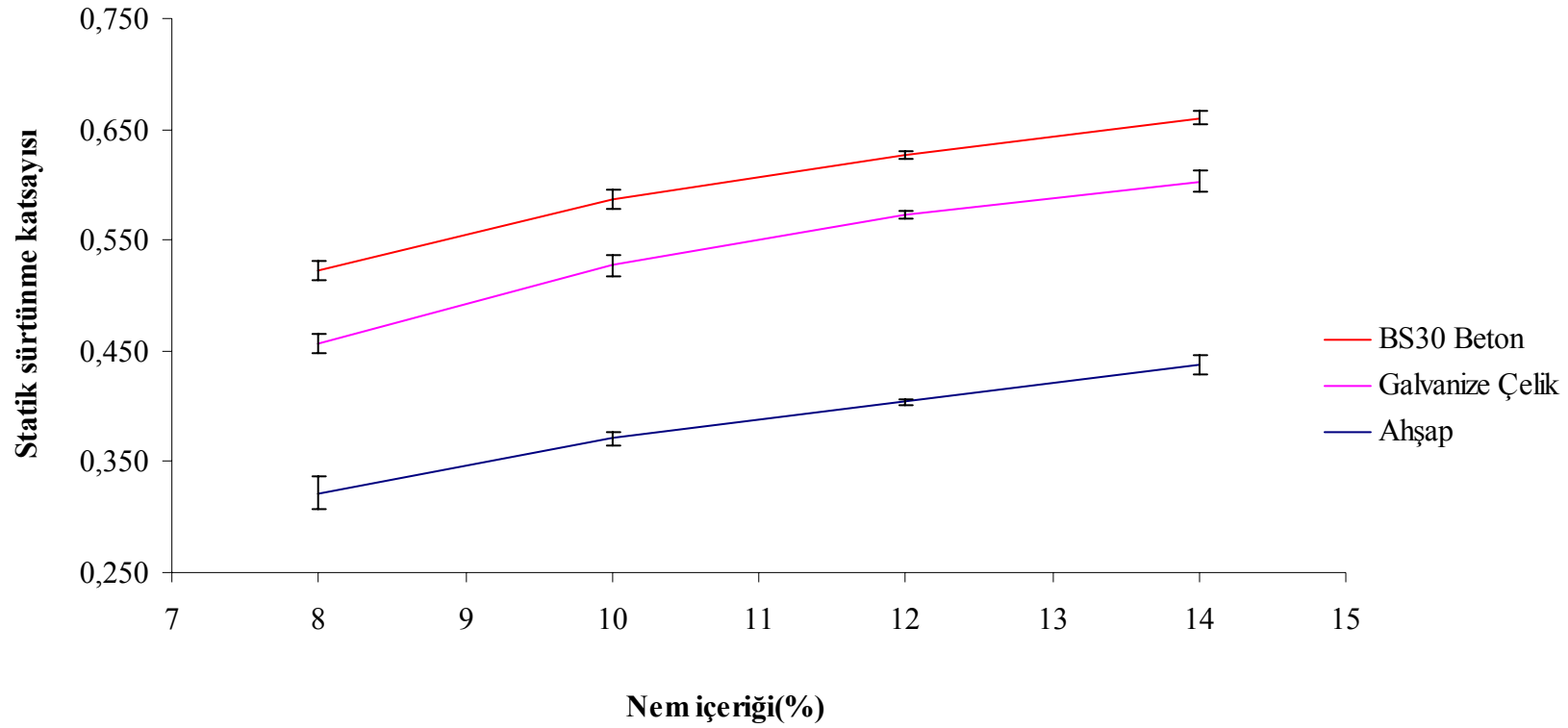


Şekil 4.8. **Akpınar** mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi

$$\mu_{BS\ 30\ beton} = 0.351 + 0.0226 * N_i \quad (R^2 = 0.97), \quad p < 0.01$$

$$\mu_{Galvanize\ \text{elik}} = 0.274 + 0.0242 * N_i \quad (R^2 = 0.96), \quad p < 0.01$$

$$\mu_{Ahşap} = 0.176 + 0.0189 * N_i \quad (R^2 = 0.99), \quad p < 0.01$$



Şekil 4.9. Şeker mısır çeşidinde nem içeriğine bağlı statik sürtünme katsayısının yüzeylere göre değişimi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada mısır depolama yapılarının projelendirilmesinde gereksinim duyulan ürüne bağlı fiziko-mekanik tasarım parametreleri (gevşek birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, statik sürtünme katsayısı ve içsel sürtünme açısı) Türkiye’de üretilen bazı önemli mısır çeşitleri (Karadeniz Yıldızı, Akpınar, TTM 813, Şeker ve Cin) için araştırılmıştır. Çalışma kapsamında aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

-Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin doğal denge nem içerikleri çeşide bağlı olarak %7.5 -9.5 arasında değişmektedir.

- Mısır çeşitlerinde gevşek birim hacim ağırlığının en yüksek ortalama değeri 839.17 kg.m⁻³ ile Cin mısır çeşidinde, en düşük ortalama değeri ise 625.20 kg.m⁻³ ile Şeker mısır çeşidinde bulunmuştur. Yapılan istatistikî analiz sonucunda ürün-nem kapsamındaki artışın ürün gevşek birim hacim ağırlığı üzerindeki etkisinin p<0.01 olasılık düzeyinde önemli olduğu saptanmış ve çeşit ile nem içeriği arasındaki interaksiyonun ise istatistik açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir (p>0.01)

- Mısır çeşitlerinde özgül ağırlığın en yüksek ortalama değeri 1074.40 kg.m⁻³ ile Cin mısır çeşidinde, en düşük ortalama değeri ise 957.22 kg.m⁻³ ile Karadeniz Yıldızı çeşidinde saptanmıştır. Ürün nem kapsamındaki artışın ürünün özgül ağırlığı üzerine p<0.01 olasılık düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu saptanmış ve çeşit ile nem içeriği arasındaki interaksiyon ise önemli bulunmuştur (P<0.01).

- Mısır çeşitlerinde içsel sürtünme açısının en yüksek ortalama değeri Şeker mısır çeşidinde 30.50°, en düşük ortalama değer ise Akpınar mısır çeşidinde 29.13° olarak bulunmuştur. Nem içeriğinin içsel sürtünme açısına p<0.01 olasılık düzeyinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşit ile nem içeriği arasındaki interaksiyon ise önemli bulunmuştur (P<0.01).

- Mısır çeşitlerinde yüzeye bağlı (Ahşap, BS30 betonu, galvanize çelik) statik sürtünme katsayıları olarak en yüksek ortalama değer (0.550) TTM 813 çeşidinde, en düşük ortalama değer (0.407) Cin çeşidinde belirlenmiştir. Statik sürtünme katsayısı yüzey olarak incelendiğinde en yüksek ortalama BS 30 beton yüzeyde (0.609), en düşük ortalama ise ahşap yüzeyde (0.381) bulunmuştur. Yapılan istatistikî değerlendirmelerde nem içeriğinin $p < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu belirlenmiş, çeşit*yüzey, çeşit*nem, yüzey*nem ikili interaksiyon etkilerinin $P < 0.01$ olasılık düzeyinde, çeşit*yüzey*nem üçlü interaksiyon etkilerinin ise $p < 0.05$ olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu saptanmıştır.

- Mısır, gıda kaynağı olarak gerek insan beslenmesinde ve gerekse yem sanayinde (hayvan beslemede) önemli girdilerden birisini teşkil etmektedir. Mısırın işleme öncesi besin ve kalite değerini azaltmadan uygun koşullarda depolanması genel olarak ürünün fiziko-mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle mısır depolama yapılarının tasarımının üründe çeşide bağlı fiziko-mekanik özelliklere göre yapılması konstrüksiyona bağlı sorunları büyük ölçüde azaltacaktır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular mısır depolama yapıları üzerinde kuramsal ve uygulamalı çalışmalar yapan akademisyen, mühendis ve konuyla ilgilenenler için yol gösterici olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., & Lara, M. A. (2004). Some Physical Properties of Amaranth Seeds. *Biosystems Engineering*, 89(1), 109–117.

Altuntaş, E., Özgöz, E., Taşer, Ö. F., 2005. Some Physical Properties of Fenugreek Seeds. *Journal of Food Engineering*, 61-66.

Altuntaş, E., Yıldız, M., 2005. Effect of Moisture Content on Some Physical and Properties of Faba Bean Grains. *Journal of Food Engineering (Basımda)*.

Amin, M. N., Hossain, M. A., Roy, K.C., 2004. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Lentil Grains. *Journal of Food Engineering*, 65, 83-87.

Anonymous, 1983. Structures and Environment Handbook Chapter 101.1: Loads, 11 th Edition, MWPS. USA.

Anonymous, 2007. Türkiye Mısır Üretimi. [http:// www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr).

Aydin, C. (2002). Physical properties of hazelnuts. *Biosystems Engineering*, 82 (3), 297–303.

Aydın, C., 2002. Physical Properties of Hazel Nuts. *Biosystems Engineering*, 82(3), 297-303.

Aydın, C., Ögüt, H., Konak, M., 2002. Some Physical Properties of Turkish Mahaleb. *Biosystems Engineering*, 82(2), 231-234.

Balasubramanian, D., 2001. Physical Properties of Raw Cashew Nut. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78(3), 291-297.

Bäumler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S. M., Riccobene, I.C., 2006. Moisture Dependent Physical and Compression Properties of Safflower Seed. *Journal of Food Engineering*, 73, 134-140.

Baryeh, E. A., Mangope, B. K., 2005. Some Physical Properties of QP-38 Variety Pigeon Pea. *Journal of Food Engineering*, 56(1), 59-65.

Baryeh, E.A., 2001. Physical Properties of Bambara Groundnuts. *Journal of Food Engineering*, 47(4), 321-326.

- Baryeh, E. A., 2002.** Physical properties of Millet. Journal of Food Engineering, 39-46.
- Beyhan, M. A., Nalbant, M., Tekgüler, A., 1994.** Tane ve Zuruflu Fındıkların Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler İçin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül 1994, Antalya.
- Coşkun, Y., Karababa, E., 2005.** Some Physical Properties of Flaxseed. Journal of Food Engineering, (Basımda)
- Coşkun, B. M., Yalçın, İ., Özarslan, C., 2006.** Physical Properties of Sweet Corn Seed. Journal of Food Engineering, 74 (4), 523-528.
- Çalışır, S., Marakoğlu, T., Ögüt, H., Öztürk, Ö., 2005.** Physical Properties of Rapeseed. Journal of Food Engineering, 69(1), 61-66.
- Çalışır, S., Özcan, M., Haciseferoğulları, H., Yıldız, M.U., 2005.** A Study on Some Physico-Chemical Properties of Turkey Okra Seeds. Journal of Food Engineering, 68(1), 73-78.
- Deshpande, S. D, Bal, S., Ojha, T. P. (1993).** Physical Properties of Soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56, 89-98
- Dursun, E., Dursun, I., 2005.** Some Physical Properties of Caper Seeds. Biosystems Engineering, 92(2), 237-245.
- Ekmekyapar, T., 2001.** Tarımsal Yapılar. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 204.
- Gupta, R. K., Das, S. K., 1997.** Physical Properties of Sunflower Seeds .Journal of Agricultural Engineering Research, 66 (1), 1-8.
- Horabik, J., Molenda, M., 1988.** Force and Contact Area of Wheat Grain In Friction. Journal of Agriculture England Research, 41 (1), P. 32-42.
- Horabik, J., Molenda, M., 2000.** Grain Pressure in A Model Silo As Affected by Moisture Content Increase. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Poland.
- Jenike, A. W., 1964.** Storage and Flow Solids. Eng. Exp. Bul. No: 123 Utah State University, USA.
- 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 Nut and Its Kernel. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 30-38.
- Kırtok, Y., 1998.** Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.
- Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R., Jain, R. K., 2006.** Moisture Dependent Physical Properties of Dried Pomegranate Seeds. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 492-496.
- Kurt,O., 2002.** Tarla Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 44 Samsun.
- Lawton, P. J., Marchant, J. A., 1980.** Direct Shear Testing of Seeds in Bulk. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25(2), 189-201.
- Mani, S., Tabil, L.G., Sokhansanj, S., 2004.** Mechanical Properties of Corn Stover Grind. *Transactions of the ASAE*, 47 (6), 1983-1990.
- Mohsenin, N. N., 1970.** Structure, Physical Characteristic and Mechanical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- 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.
- Moya, M., Ayuga, F., Guaita, M., Aguado, P., 2002.** Mechanical Properties of Granular Agricultural Materials. *Transactions of the ASAE*, 45(5), 1569–1577.
- Ogunjimi, A. O., Aviara, N. A., Aregbesola, O. A., 2002.** Some Engineering Properties of Locust Bean Seed. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 95–99.
- Omobuwajo, T. O., Omobuwajo, O.R., Sanni L. A., 2003.** Physical Properties of Calabash Nutmeg Seeds. *Journal of Food Engineering*, 57(4), 375–381.
- Özarslan, C., 2002.** Physical Properties of Cotton Seed. *Biosystems Engineering*, 83(2), 169–174.
- Öztürk, T., 2003.** Tarımsal Yapılar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 49 Samsun.
- Paksoy, M., Aydın, C.,2004.** Some Physical Properties of Edible Squash Seeds. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 225–231.

- Plange. A. B., Baryeh. E. A. 2002.** The Physical Properties of Category B Cocoa Beans. *Journal of Food Engineering*, 60(2), 219–227.
- Sacilik, K., Öztürk, R., Keskin, R., 2003.** Some Physical Properties of Hemp Seed. *Biosystems Engineering*, 86(2), 191–198.
- 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, 93–98.
- Suthar, S. H., Das, S. K. (1996).** Some physical properties of karingda seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 15–22.
- Taşer, O. F., Altuntaş, E., Ozgoz, E., 2005.** Physical Properties of Hungarian and Common Vetch Seeds. *Journal of Applied Sciences*, 5(2), 323-326.
- Yalçın, Y., Özarslan, C., 2004.** Physical Properties of Vetch Seed. *Biosystems Engineering*, 88(4), 507–512.
- Yalçın, İ., 2006.** Physical Properties of Cowpea Seed. *Journal of Food Engineering*, (Basımda).
- 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.

ÖZGEÇMİŞ

27.08.1981 tarihinde Samsun'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Samsun'da tamamladı.2000–2002 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programında eğitimini sürdürdü.2002 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi programına yatay geçiş yaptı.2004 yılı Haziran döneminde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programı Tarımsal Yapılar ve Sulama alt programından mezun oldu. Aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. Ekim 2005 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı ana bilim dalında görevine devam etmektedir.