

## Regresyon Tekniği Kullanılarak Kenger (*Gundelia Tournefortii*) Tohumlarının Sürtünme Özelliklerinin Farklı Yüzeyler İçin Belirlenmesi

Abdullah SESSİZ<sup>1\*</sup>, F. Göksel PEKİTKAN<sup>1</sup>, Reşat ESGİCİ<sup>2</sup>, Emin GÜZEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>DÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

<sup>2</sup>DÜ Bismil Meslek Yüksekokulu Tarım Makinaları Programı, Diyarbakır

<sup>3</sup>ÇÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana

\*Sorumlu yazar e-posta: asesiz@dicle.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 12.04.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 05.12.2018

**Özet:** Kenger bitkisi (*Gundelia tournefortii*) doğada kendiliğinden yetişen dikenli bir bitkidir. Ülkemizde Güneydoğu Anadolu bölgesi olmak üzere çoğu Anadolu illerinde ve ayrıca Ortadoğu ülkelerinde yetişmektedir. Hem yeşil hemde kök kısmı insanlar tarafından yiyecek olarak tüketilmektedir. Ayrıca süt ve süt kalitesini arttırdığı için hayvanlar tarafından severek tüketilmektedir. Bunların yanı sıra kengerin kök ve tohumları ilaç sanayisi ve sakız üretiminde kullanılmaktadır. Bu yüzden gelecekte potansiyeli yüksek olan bir endüstri bitkisidir. Endüstriyel bir bitki olarak dikkate aldığımızda bazı mühendislik özelliklerinin bilinmesinde yarar vardır. Bunlardan birisi ürünün tanesinin sürtünme özellikleridir. Sürtünme özellikleri özellikle taşıma, depolama, temizleme ve hasat ekipmaları gibi yapıların tasarımında kullanılan önemli verilerdir. Sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayıları kullanılan yüzey malzemesi, ürün nem içeriği, yüklenme durumu ve çekilme hızı gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmanın amacı farklı yüzeye sahip malzemeler için farklı çalışma koşullarında sürtünme özelliklerini belirlemek ve kullanılan her bir malzeme için çoklu regresyon tekniği kullanılarak matematiksel eşitlikler geliştirmektir. Çalışmada; galvanizli sac, PVC, krom ve kavuçük kullanılmıştır. Her bir malzeme için sürtünme özellikleri %9.60, %16.20, % 31.30 ve % 42.3 nem içeriklerinde, normal yüklenme ağırlığının yanısıra 1.5, 2.0 ve 2.5 kg ilave ağırlıklar ve 5, 10, 15, 20, 25 ve 50 mms<sup>-1</sup> olmak zere 6 farklı çekilme hızlarında yürütülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** kenger bitkisi, sürtünme kuvveti, sürtünme katsayısı, tasarım.

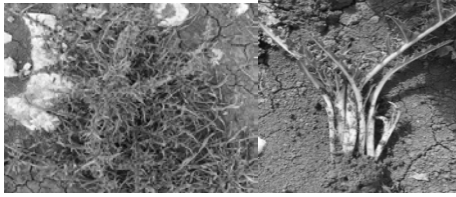
### Determination of Friction Characteristics of Kenger (*Gundelia tournefortii*) Seeds by Using Regression Technique for Various Surfaces

**Abstract:** Kenger (*Gundelia tournefortii*) is a thorny plant that grows in nature. It is grown especially in the Southeastern Anatolia region, most Anatolian provinces and also in the Middle East countries. Both green and root parts are consumed by people as food. It is also consumed by animals as it increases milk and milk quality. Besides these, kenger root and seeds are used in the pharmaceutical industry and in the production of chewing gum. Therefore, it is an industrial crop with high potential in the future. When considered as an industrial crop, it is useful to know some engineering properties of the kenger. One of the important engineering features is the frictional properties of the product. Friction properties are important data that use in the design of structures such as especially transportation, storage, cleaning and harvesting equipment. Frictional force and friction coefficients vary depending on parameters such as contact surface, product moisture content, loading condition and sliding velocity. The objective in this study is to determine friction properties of Kenger seeds (*Gundelia tournefortii*) at different working conditions for different surface materials and develop mathematical equations using multiple regression techniques for different surface material. Galvanized sheet, PVC, chrome and rubber were used as surface materials in the study. Friction properties for each surface material were determined with additional weights of 1.5, 2.0, 2.5 kg, at moisture contents of 9.60, 16.20, 31.30, 42.3 %, at sliding velocities of 5, 10, 15, 20, 25, 50 mms<sup>-1</sup>.

**Key words:** Kenger seed, friction coefficient, sliding velocity, contact surface, design

## GİRİŞ

Kenger (*Gundelia tournefortii*) Güneydoğu Anadolu bölgesi başta olmak üzere Türkiye'nin farklı bölgelerinde doğada kendiliğinden yetişen dikenli bir bitkidir (Şekil 1). Bu bitkinin hem yeşil kısmı hemde toprak altında kalan kökleri insanlar tarafından yiyecek olarak farklı şekilde tüketilmektedir.



Şekil 1. Kenger Bitkisi

Bölgede hayvancılık yapan çiftçiler tarafından kenger bitkisinin hem yeşil aksamı hem kuruyan kısmının hemde kenger tohumlarının hayvan süt üretimini ve kalitesini arttırdığı ifade edilmektedir. Bu yüzden kenger bitkisinin yeşil kısmı, kurumuş yaprakları, saplar ve tohumları hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Bölgede Mart-Nisan ayında ortaya çıkan ve yazın doğru sararan kenger bitkisinin saplı kısmı tohum bağladıktan sonra çiftçiler tarafından ya doğadan toplanarak ya da hayvanlarını o bölgede otlatarak bu bitkiden yem olarak yararlanmaktadır. Bu bitkinin diğer bir özelliği bitkisel ilaç ve sakız üretiminde değerlendiriliyor olmasıdır. Bundan dolayı bitkiye olan talep sürekli artmaktadır. Dolayısıyla bu bitkinin hem insanlar hemde hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesinin yanısıra endüstriyel bir bitki olma özelliğini de taşıdığından bundan daha etkin bir şekilde yararlanmak için bitki tohumlarının hasat-harman, temizleme, ayırma ve depolama koşulları için tohumların bazı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin bilinmesinde yarar vardır. Taneli ürünlerin önemli özelliklerinden bazıları ürünün sürtünme kuvveti, farklı yüzeylerde sürtünme katsayıları ve sürtünme enerjisi gibi özellikleridir. Çünkü bu özellik tarım makinaları ve ekipmanlarının tasarımında ve üretiminde dikkate alınan önemli bir özellik olarak da bilinmektedir (Kashaninejad ve ark., 2008, Güzel, 1996). Bu özellikler hem araştırmacılar hem makina üreticileri hem de gıda sanayii sektörü için bilinmesi gerekli olan yararlı parametrelerdir (Nesvadba ve ark., 2004; Sessiz ve ark., 2007; Lorestani ve ark., 2012; Kaliniewicz, 2013; Kaliniewicz ve ark., 2015; Ghodki ve Goswami, 2016). Bu yüzden

enerji gereksinimlerini azaltmak ve üretim maliyetini düşürmek için bu tür parametrelerin dikkate alınmasında yarar vardır. Statik ve kinetik sürtünme kuvveti ve bunlara bağlı olarak hesaplanan sürtünme katsayıları farklı yüzeylerde belirlenmesi bu nedenle önemlidir. Çünkü malzemelerin yüzey özellikleri farklı sürtünme direnci gösterebilmektedir. Sürtünme statik ve dinamik duruma göre değişmektedir. Genel olarak statik sürtünme değerleri kinetik olana göre daha yüksektir. Bu değer % 25 civarında olduğu ifade edilmektedir (Blau, 2001). Ancak, sürtünme özellikleri ürün nem içeriği, yüzey malzemesi ve koşulları, taşınma veya depolama sırasında uygulanan basınç ve ürünün yüzey malzemesi üzerinde çekilme hızlarına bağlı olarak değişmektedir (Mohsenin, 1986; Shinnors ve ark., 1991; Öztürk ve Sabahoğlu., 1994; Beyhan ve ark., 1994; Puchalski ve ark., 2003; İbrahim, 2008; Çalışkan ve Vursavuş., 2009; Bakhtiari ve ark. 2011; Sologubik ve ark 2013; Shafaei ve Kamgar, 2017). Çünkü tarımsal amaçlı kullanılan taşıma, depolama, ayırma, temizleme yapılarında kullanılan malzemeler farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle sürtünme kayıplarını azaltmak ve verimliliği artırmak için değişik yüzeyler için sürtünme özelliklerinin farklı koşullarda belirlenmesi bu tür yapıların tasarımı için önemlidir (Mohsenin, 1986; Amin ve ark., 2005; Unal ve ark., 2009; Nyendu ve ark., 2014; Obi ve Offorha., 2015; Mir ve ark., 2013; Shafaei ve Kamgar, 2017). Sürtünme konusunda çok çalışma olmasına rağmen kenger bitkisinin tohumlarının sürtünme özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, gelecekte bu bitkiden farklı şekilde yararlanma ve sanayi sektöründe değerlendirilmesi için bu çalışma yapılmıştır. Çalışmanın amacı doğada kendiliğinden yetişen Anadolu'da kenger olarak bilinen bitkinin tohumlarının sürtünme kuvvetini ve katsayılarını farklı malzeme yüzeyleri kullanılarak nem, uygulama basıncı ve çekilme hızlarına bağlı olarak belirlemek ve elde edilecek verilerin değerlendirilmesi sonucunda çoklu regresyon eşitliklerini geliştirmektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda Kenger tohumları 2017 yılında Diyarbakır ili, Silvan ilçesinde doğada kendiliğinden yetişen bitkilerden sağlanmıştır (Şekil 2). Tohum elde etmek için kurumuş kenger bitkisi doğadan toplanmış ve harman makinasıyla

harmanlanmıştır. Harmanlamadan sonra tohumların içindeki yabancı maddeler uzaklaştırılarak temizlenmiştir. Temizlenen tohumalardan farklı nem elde etmek için 4 gruba ayrılmıştır. Sürtünme deneyleri Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür.



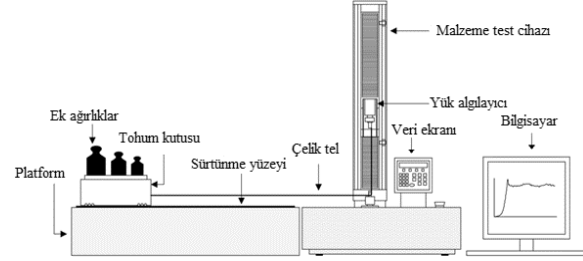
**Şekil 2. Kenger Tohumları (*Gundella tournefortii*)**

Deneylere başlamadan önce ve sonra tohum nem içerikleri ölçülmüştür. Nem içerikleri ASAE 352.2 standartlarına göre belirlenmiştir (ASABE, 2008). Her test düzeyi için 25 gramlık örnekler 3 tekrarlı olarak tartılmış ve 103°C'de 24 saat fırında kurutulmaya bırakılmıştır. Kurutmadan sonra örnekler tekrar tartılarak tohum nem içerikleri belirlenmiştir. Farklı nem elde etmek amacıyla denemelere başlanmadan önce tohumlara spreyle su püskürtülmüş ve homojen olarak karıştırılmıştır (Deshpande ve ark.,1993; Masoumi ve Tabil, 2003; Dursun ve Dursun, 2005; Sessiz ve ark., 2007; Fathollahzadeh ve ark., 2008; Unal ve ark., 2009; Figueiredo ve ark., 2011; Ndukwu ve Ejirika, 2016).

Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin belirlenmesinde 4 farklı malzeme (Galvanizli sac, PVC, Krom ve Kavuçuk) kullanılmıştır. Kullanılan her malzeme için sürtünme deneyleri 4 farklı nem içeriğinde (%9.60, %16.20, %31.30 ve %42.3), 3 farklı ek yükleme kuvvetinde (15, 20 ve 25 N) ve 6 farklı çekilme hızlarında (5, 10, 15, 20, 25 ve 50 mms<sup>-1</sup>) yürütülmüştür.

Sürtünme özelliklerini belirlemek için Şekil 3'de görülen test düzeneği özel olarak yapılmış ve kullanılmıştır. Tohumların konulduğu kutunun alt kısmı açık bırakılmış ve yüzeye temasını önlemek için kutunun altına raylı bir düzenek oluşturulmuştur. Tohum kutusu 250 x 250 x 90 mm<sup>3</sup> boyutlarında olup, tohumların yüzeyler üzerinde çekilme işlemi ve sürtünme kuvvetlerinin ölçümü Şekil 3'de görülen

çeki-basiya çalışan 2500 N kapasiteye sahip Llyod marka test cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3. Sürtünme Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Düzenek ve Malzeme Test Cihazı**

Her yüzey malzemesi için yapılan testlerin verileri cihaz tarafından otomatik olarak kuvvet-yerdeğiştirme grafikleri şeklinde kaydedilmiştir. Çekilme işlemi 50 cm'lik mesafede kutunun karekete başladığı en yüksek kuvvet değeri statik sürtünme kuvveti olarak, pikten sonra düşen ve normal hareket halinde ölçülen ortalama sürtünme değerleri kinetik sürtünme kuvveti olarak dikkate alınmıştır. Statik ve kinetik sürtünme kuvveti değerler için 50 ölçümün ortalaması bir tekerrür olarak hesaplanmıştır.

Statik ve kinetik sürtünme katsayıları testler sonucunda elde edilen statik ve kinetik sürtünme kuvvetleri kullanılarak aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Güzel ve ark. 1996; Chandrasekar ve Viswanathan, 1999; Blau, 2001; Balasubramanian, 2001; Amin ve ark., 2004; Kaleemullah ve Gunasekar, 2002; Sessiz, 2005; Çalışkan ve Vursavuş., 2009; Aviara ve ark., 2014. Guzel ve Derici, 2015).

$$\mu_s = \frac{F_s}{W} \quad (1)$$

$$\mu_k = \frac{F_k}{W} \quad (2)$$

Burada,

$F_s$  : Statik sürtünme kuvveti (N)

$F_k$  : Kinetik sürtünme kuvveti (N)

$\mu_s$  : Statik sürtünme katsayısı.

$\mu_k$  : Kinetik sürtünme katsayısıdır.

$W$  : Kutu ağırlığı + tohum ağırlığı + ilave edilen ağırlık (N).

Seçilen parametreler arasındaki farkın önemini istatistiksel olarak ortaya koymak için MSTATC istatistik programı kullanılmıştır. Sonuçlar , üç faktörlü tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak varyan analizine tabi tutulmuştur. Bağımsız

parametreler olarak seçilen nem, yüklenme kuvveti ve çekilme hızlarının kısmi regresyon katsayılarının belirlenmesinde Microsoft Excel 2010 programı kullanılmıştır. Regresyon analizleri sonucunda elde edilen kısmi regresyon katsayıları kullanılarak linear regresyon denklemleri (Matematiksel modeller) oluşturulmuştur.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Denemelerde kullanılan malzemeler için oluşturulan sürtünme kuvvetinin regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları Çizelge 1’de toplu olarak verilmiştir. Regresyon analizleri sonucunda bağımsız parametre olarak seçilen nem içeriği, ek yükleme kuvveti ve çekilme hızlarının sürtünme kuvveti üzerine etkisi  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Ayrıca bu değerlerin doğruluğunu istatistiksel olarak teyit etmek amacıyla elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş olup, bağımsız parametrelerin sürtünme kuvveti üzerine etkisi  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu nedenle regresyon eşitlikleri oluşturulurken tüm bağımsız parametrelerin kısmi regresyon katsayıları ve çoklu regresyon katsayıları (R) dikkate alınmıştır. Oluşturulan tüm eşitliklerde kısmi regresyon katsayıları pozitif olan bağımsız parametrelerin statik sürtünme kuvvetine etkisi arttırıcı yönde olurken, negatif katsayıya sahip parametrelerin etkisi azaltıcı yönde olmuştur. Bağımsız parametrelerden çekilme hızının krom ve PVC malzemeler için sürtünme kuvvetine olan etkisi azaltıcı yönde olurken, hızın dışındaki diğer tüm parametrelerin etkisi arttırıcı yönde olmuştur. Diğer malzemelerin tümünde nem, yüklenme kuvveti ve çekilme hızının etkisi arttırıcı yönde olmuştur. R değerlerinden görüleceği gibi aralarındaki korelasyon da oldukça yüksek bulunmuştur. Dolayısıyla tüm kısmi regresyon katsayıları pozitif olarak elde edilen kauçuk ve galvanizli sac malzemede sürtünme kuvveti değerleri krom ve PVC’ye göre daha yüksek olmuştur.

**Çizelge 1. Statik Sürtünme Kuvveti (Fs) İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri ve R Değeri.**

Malzeme	Regresyon eşitlikleri	R
Galvanizli sac	$F_s = 13.285 + 3.686N + 2.19 UK + 0.00906 H$	0.796
Krom	$F_s = 3.062 + 6.574 N + 1.801 UK - 0.1998 H$	0.942
PVC	$F_s = 9.94 + 4.32 N + 2.291 N - 0.1064 H$	0.858
Kauçuk	$F_s = 1.0714 + 8.765 N + 3.379 UK + 0.3177 H$	0.868

N: Tohum nem içeriği (%), UK: (Uygulanan ek kuvvet (N), H: Çekilme hızı (mms<sup>-1</sup>))

Örneğin galvanizli sac malzeme için eşitlikte yer alan tohum nem içeriği ve yüklenme kuvvetinin sabit tutulması durumunda çekilme hızının bir birim artışı sürtünme kuvvetini 0.00906 kadar azaltmıştır.

Kinetik sürtünme kuvveti için oluşturulan regresyon eşitlikleri ve R değerleri ise Çizelge 2 ‘de verilmiştir. Regresyon analizleri sonucunda bağımsız parametre olarak seçilen nem içeriği, ek yükleme kuvveti ve çekilme hızlarının kinetik sürtünme kuvveti üzerine etkisi de  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelgeden görüleceği gibi krom ve PVC malzemelerde kinetik sürtünme kuvvetine hızın etkisi negatif yönde olurken diğer bağımsız parametrelerden tohum nem içeriği ve ek kuvvet yüklenmesinin sürtünme kuvveti üzerine etkisi arttırıcı yönde olmuştur. Kinetik sürtünme kuvveti statik sürtünme kuvvetine göre daha düşük olmuştur. Statik durumda olduğu gibi kinetik durumdada sürtünme kuvveti yüksek olan kauçuk ve galvanizli sac malzemede hızın etkisi pozitif yönde olduğundan krom ve PVC malzemeye göre sürtünme değerleri daha yüksektir. Bu eşitliklere göre statik sürtünme olduğu gibi kinetik sürtünme kuvveti değerlerinin en düşük olarak krom ve PVC malzemede gerçekleştiğini göstermektedir.

**Çizelge 2. Kinetik Sürtünme Kuvveti (Fk) İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri ve R Değeri.**

Malzeme	Regresyon eşitlikleri	R
Galvanizli sac	$F_k = 11.82 + 3.52N + 2.31 UK + 0.0595 H$	0.786
Krom	$F_k = 1.602 + 6.346 N + 1.724 UK - 0.114 H$	0.925
PVC	$F_k = 8.059 + 4.396 N + 2.334 N - 0.0352 H$	0.879
Kauçuk	$F_k = -0.046 + 8.813 N + 2.959 UK + 0.29 H$	0.870

N: Tohum nem içeriği (%), UK: Uygulanan ek kuvvet (N), H: Çekilme hızı mms<sup>-1</sup>)

Statik sürtünme katsayıları için oluşturulan regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları Çizelge 3’de görülmektedir. Regresyon analizleri sonucunda bağımsız parametre olarak seçilen nem içeriği, ek yükleme kuvveti ve çekilme hızlarının statik sürtünme katsayısı üzerine etkisi  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Statik sürtünme kuvvetinde olduğu gibi oluşturulan regresyon eşitliklerinde kısmi regresyon katsayıları pozitif olan bağımsız parametrelerin statik sürtünme katsayısına etkisi arttırıcı yönde olurken, negatif katsayıya sahip olanların etkisi azaltıcı yönde gerçekleşmiştir. Bağımsız parametrelerden çekilme hızının krom ve PVC

malzemeler için sürtünme kuvvetine olan etkisi azaltıcı yönde olurken, hızın dışındaki diğer parametrelerin etkisi artırıcı yönde olmuştur. R değerlerinden anlaşılacağı gibi aralarındaki korelasyon oldukça yüksek olmuştur. Dolayısıyla kısmi regresyon katsayıları pozitif olan kauçuk ve galvanizli sac malzemelerde statik sürtünme katsayılarının değerleri de krom ve PVC'ye göre daha yüksek elde edilmiştir.

**Çizelge 3. Statik Sürtünme Katsayısı ( $\mu_s$ ) İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri ve R Değeri.**

Malzeme	Regresyon eşitlikleri	R
Galvanizli sac	$\mu_s = 0.394 + 0.0776 N - 0.01165 UK + 0.000275 H$	0.778
Krom	$\mu_s = 0.1068 + 0.1383 N - 0.0104 UK - 0.00427 H$	0.942
PVC	$\mu_s = 0.3154 + 0.09124 N - 0.00574 UK - 0.00229 H$	0.844
Kauçuk	$\mu_s = 0.15588 + 0.1843 N + 0.004266 UK + 0.006258 H$	0.865

N: Tohum nem içeriği (%), UK: Uygulanan ek kuvvet (N), H: Çekilme hızı  $\text{mms}^{-1}$ )

Kinetik sürtünme katsayıları için oluşturulan regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları ise Çizelge 4'de görülmektedir. Yapılan regresyon analizleri sonucunda nem içeriği, uygulanan kuvvet ve çekilme hızlarının kinetik sürtünme katsayıları üzerine etkisi  $p < 0.01$  olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur. Bağımsız parametrelerden çekilme hızının krom ve PVC malzemeler için kinetik sürtünme katsayıları üzerine etkisi azaltıcı yönde etkili olurken, hızın dışındaki diğer parametrelerin etkisi artırıcı yönde olmuştur. Aralarındaki korelasyon oldukça yüksek olmuştur. Dolayısıyla kısmi regresyon katsayıları pozitif

olarak elde edilen kauçuk ve galvanizli sac malzemede statik sürtünme katsayılarının değerleri krom ve PVC'ye göre daha yüksek olarak elde edilmiştir. Bu eşitliklere göre kinetik sürtünme katsayıları en düşük olarak krom ve PVC malzemede gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4. Kinetik Sürtünme Katsayısı ( $\mu_k$ ) İçin Oluşturulan Regresyon Eşitlikleri ve R Değeri.**

Malzeme	Regresyon eşitlikleri	R
Galvanizli sac	$\mu_k = 0.3571 + 0.0741 N - 0.00609 UK + 0.001235 H$	0.761
Krom	$\mu_k = 0.1222 + 0.1335 N - 0.00804 UK - 0.00254 H$	0.925
PVC	$\mu_k = 0.270147 + 0.0928 N - 0.00197 UK - 0.00081 H$	0.866
Kauçuk	$\mu_k = 0.1252 + 0.1854 N - 0.00044 UK + 0.005476 H$	0.869

N: Tohum nem içeriği (%), UK: Uygulanan ek kuvvet (N), H: Çekilme hızı  $\text{mms}^{-1}$ )

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Galvanizli sac, krom, PVC ve kauçuk malzemeler kullanılarak yapılan testler sonucunda elde edilen veriler her yüzey için malzemesi için statik ve kinetik sürtünme özelliklerine ilişkin çoklu regresyon eşitlikleri ve çoklu regresyon katsayıları oluşturulmuştur. Eşitliklerde yer alan kısmi regresyon katsayıları pozitif olanların sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayıları değerlerini artırıcı yönde etkilerken, kısmi regresyon katsayısı negatif olanlar azaltıcı yönde etkili olmuştur. Sabit ve kısmi katsayıları yüksek olan galvanizli sac ve kauçuk malzemede sürtünme kuvveti ve katsayıları krom ve PVC malzemeye göre daha yüksek olmuştur. Dolayısıyla, farklı yüzeyler için geliştirilen bu eşitlikler kullanılarak hem statik hem kinetik sürtünme değerleri için deneysel verilere gerek kalmadan tahmini veriler elde edilebilecektir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Amin, M.N., S. Ahammed, K.C. Roy, M.A. Hossain, 2005. Coefficient of Friction of Pulse Grains on Various Surfaces at Different Moisture Content. International Journal of Food Properties.
- Amin, M.N., M.A. Hossain, K.C. Roy, 2004. Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of Lentil Seeds. Journal of Food Engineering, 65: 83-87.
- ASABE Standards, 2008. Moisture Measurement – Unground Grain and Seeds. St. Joseph, Mich.: ASABE.
- Aviara, N.A., A.A. Lawal, H.M. Mshelia, D. Musa, 2014. Effect of Moisture Content on Some Engineering Properties of Mahogany (*Khaya senegalensis*) Seed and Kernel. Vol. 60, 2014, No. 1: 30–36 Res. Agr.
- Bakhtiari, M.R., D. Ahmad, J. Othman, N. Ismail, 2011. Physical and Mechanical Properties of Kenaf Seed. Appl. Eng. Agric., 27(2): 263–268.
- Balasubramanian, D., 2001. Physical Properties of Raw Cashew Nut. Journal of Agricultural Engineering Research, 78: 291–297.
- Beyhan, M.A., M. Nalbant, A. Tekgüler, 1994. Determination of Coefficient of Friction in the Grain and Husk Hazelnuts for Different Surfaces. Proc. XV. National Congree on Agricultural Mechanization' September 20-22, Antalya, Turkey, 343-352.
- Blau, P.J., 2001. The Significance and Use of The Friction Coefficient. Tribology. International 34: 585–591
- Chandrasekar, V., R. Viswanathan, 1999. Physical and Thermal Properties of Coffee. Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 73, Issue 3, July 1999, Pages 227-234
- Çalışkan, N., K. Vursavuş. 2009. Washington Navel Portakalın Hasat Sonrası İşlemlere Yönelik Fiziksel ve Sürtünme Özelliklerinin Nelirlenmesi. Tarım makineleri Bilimi Dergisi. 5(1):83-92.

- Deshpande, S.D., S. Bal, T. P. Ojha, 1993. Physical Properties of Soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56:89-98
- Dursun, E., I. Dursun, 2005. Some Physical Properties of Caper Seed. Biosyst. Eng. 92 (2): 237-245.
- Esgici, R., G. Özdemir, F. G. Pekitkan, A. K. Elicin, F. Öztürk, A. Sessiz, 2017. Some Engineering Properties of the Şire Grape (*Vitis Vinifera* L.). Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LXI, 2017. Print ISSN 2285-5653, CD-ROM ISSN 2285-5661, Online ISSN 2286-1580, ISSN-L 2285-5653. June 8-10, Bucharest, Romania.
- Fathollahzadeh, H., H. Mobli, A. Jafari, A. Rajabipour, H. Ahmadi, A. M. Borghei, 2008. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Barberry. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3 (5): 789-794.
- Figueiredo, A.K, E. Bäuml, I. C. Riccobene, S. M. Nolasco, 2011. Moisture-dependent Engineering Properties of Sunflower Seeds with Different Structural Characteristics. Journal of Food Engineering 102: 58-65
- Ghodki, B.M., T. K. Goswami, 2016. Effect of Moisture on Physical and Mechanical Properties of Cassia. Cogent Food & Agriculture, 2: 1192975
- Güzel, E. ve Ark. 1996. Ürün işleme ve Değerlendirme Tekniği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları yayın no.145. Ders kitabı yayın no. 47. Adana
- Güzel, E., İ. Derici, 2015. Measurement of Some Physico-Mechanical Properties of Dodder (*Cuscuta*) and Alfalfa Seeds Grains For Development of Electrostatic Separation Machinery. XXXVI.CIOSTA CIGR,26-28 May 2015 Saint Petersburg The Russian Federation
- Ibrahim, M.M., 2008. Determination of Dynamic Coefficient of Friction for Some Materials for Feed Pellet Under Different Values of Pressure and Temperature. Misr J Ag Eng 2008;25(4):1389-409.
- Kaleemullah, S., J. J. Gunasekar, 2002. Moisture-dependent Physical Properties of Arecanut Kernels. Biosystems Engineering, 82(3): 331-338.
- Kaliniewicz, Z., 2013. Analysis of Frictional Properties of Cereal Seeds African Journal of Agricultural Research Vol. 8(45): 5611-5621, DOI: 10.5897/AJAR2013.7361 ISSN 1991-637X
- Kaliniewicz, Z., P. Markowski, A. Anders, K. Jadwisieńczyk, 2015. Frictional Properties of Selected Seeds Technical Sciences 18(2): 85-101.
- Kashaninejad, M., M. Ahmadi, A. Daraei, D. Chabra, 2008. Handling and Frictional Characteristics of Soybean as a Function of Moisture Content and Variety. Powder Technology 188, 1-8
- Lorestani, A.N., R.H. Rabani, Y. Khazaei, 2012. Design and Construction of an Automatic Coefficient of Friction Measuring Device. Agric Eng Int: CIGR J 2012; 14 (1):120-4.
- Masoumi, A.A., L.G. Tabil, 2003. Physical Properties of Chickpea (*C.arietinum*) Cultivars. An ASAE Meeting presentation, Las Vegas, Nevada, 27-30 July, 2003, USA. Paper No: 036058.
- Mir, S.A., S.J.D Bosco, K.V Sunooj, 2013. Evaluation of Physical Properties of Rice Cultivars Grown in the Temperate Region of India International Food Research Journal 20(4): 1521-1527.
- Mohsenin, N.N., 1986. Physical Properties of Plant and Animals Materials (2nd ed.). New York, NY: Gordon and Breach Science Publishers.
- Ndukwu, C., C. Ejirika, 2016. Physical Properties of Wild Persian Walnut (*Juglans regia* L.) From Nigeria. Cogent Food & Agriculture, 2: 1232849
- Nesvadba, N., M. Houska, W. Wolf, V. Gekas, D. Jarvis, P.A. Sadd, 2004. Database of Physical Properties of Agro-Food materials. Journal of Food Engineering, 61: 497-503.
- Nwakonobi, T.U., A.P. Onwualu, 2009. Effect of Moisture Content and Types of Structural Surfaces on Coefficient of Friction of Two Nigerian Food Grains: Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Millet (*Pennisetum glaucum*). XI (Manuscript 1152).
- Nyendu, G.C., S. Pflum, P. Schumacher, C.J. Bern, T.J. Brumm, 2014. Friction Coefficients For Dried Distillers Grains On Eight Structural Surfaces. Applied Engineering in Agriculture 30: 673-678.
- Obi ,O.F., L.C. Oforha, 2015. Moisture-dependent Physical Properties of Melon (*Citrullus colocynthis* L.) Seed and Kernel Relevant in Bulk Handling, Cogent Food & Agriculture, 1: 1020743
- Öztürk, R., Y. Sabahoğlu, 1994. Biyolojik Malzemelerin Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesine İlişkin Yöntemlerin Değerlendirilmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, S.353-362. Antalya.
- Puchalski, C., G.H. Brusewitz, Z. Ślipek, 2003. Coefficients of Friction for Apple on Various Surfaces As Affected by Velocity. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development". Manuscript FP 03 002. Vol. V. December 2003.
- Sessiz, A., 2005. Physical Properties of Some Green Olive Cultivars. Proceedings of the International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, Sep.27-29,2005, İzmir-TURKEY
- Sessiz, A., R. Esgici, S. Kızıl, 2007. Moisture-dependent Physical Properties of Caper (*Capparis Ssp*) Fruit. Journal Of Food Engineering, 79:1426-1431. Elsevier, London.
- Shafaei, S.M., S. Kamgar, 2017. A Comprehensive Investigation on Static and Dynamic Friction Coefficients of Wheat Grain with The Adoption of Statistical Analysis. Journal of Advanced Research, 351-361
- Shinners, K.J., R.G. Koegel, L.L. Lehman, 1991. Friction Coefficient of Alfalfa. ASAE. Vol.34(1): 33-37.
- Sologubik, C.A., L.A. Campanonec, A.M. Paganob, M.C. Gely, 2013. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Barley. Industrial Crops and Products 43: 762-767.
- Unal, H., M. Sincik, N. Izli, 2009. Comparison of Some Engineering Properties of Rapeseed Cultivars. Industrial Crops and PrFoducts, 30(1): 131-136.