

Zeytinin (*Olea europaea* L.cv. Memecik) Sürtünme Katsayılarının Belirlenmesi

Ahmet ÇOLAK¹

Kâmil SAÇILIK¹

Geliş Tarihi : 23.06.2001

Özet : Bu çalışmada, İzmir yöresinde yetiştirilen Memecik zeytinin, çeşitli sürtünme yüzeyleri üzerindeki sürtünme katsayıları belirlenmiştir. Sürtünme katsayısı değerlerini belirlemek amacıyla bir ölçme düzeni geliştirilmiştir. Ölçme düzeni, zeytinlerin içine konulduğu kutu, sürtünme yüzeyi ve kuvvet algılama düzeninden oluşmuştur. Sürtünme yüzeyi olarak lastik, kontrplak, galvanize sac ve krom çelik sac kullanılmıştır. Denemelerde normal kuvvet, 23.1, 28.1 ve 33.1 N olarak seçilmiş ve sistemde oluşan sürtünme kuvvetleri sürekli olarak veri işleme sistemine kaydedilmiştir. Deneme sonuçlarına göre statik ve dinamik sürtünme katsayısı üzerine normal kuvvetin etkisi önemsiz, sürtünme yüzeyinin etkisi ise önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Normal kuvvetin artmasıyla statik ve dinamik katsayısında biraz azalma gözlenmiştir. Sürtünme katsayısının en yüksek değerleri lastik yüzeyde, en düşük değerleri ise krom çelik sacda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : zeytin, sürtünme yüzeyi, normal kuvvet, statik sürtünme, dinamik sürtünme

Determination of the Coefficients of Friction of Olive (*Olea europaea* L.cv. Memecik)

Abstract : In this study, the coefficients of friction of olive which were harvested in the region of İzmir were determined on various structural surfaces. A measurement system was developed to determine the coefficients of friction of olive. Measurement system consists of bottomless box that is filled with olives, test surface and data acquisition system. Rubber, plywood, galvanized steel and chrome stain steel were used as structural surface in the experiments. The experiments were executed at 23.1, 28.1 and 33.1 N normal force and friction force versus displacement was continuously recorded on files. The analysis of variance showed that test surface on the static and dynamic coefficient of friction is significant ($p<0.01$). Normal force hasn't a significant effect on the static and dynamic coefficient of friction. However, the static and dynamic coefficient of friction has tendency to decrease with increases in normal force. Among the structural surfaces, rubber has the highest value of the static and dynamic coefficient of friction and chrome stain steel has the lowest one.

Key Words : olive, structural surface, normal force, static coefficient of friction, dynamic coefficient of friction

Giriş

Tarımsal ürünlerin fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi, tarım makinalarının tasarım parametrelerine veri olması bakımından oldukça önemlidir. Sürtünme, biyolojik materyallerin önemli fiziko-mekanik özellikleri arasındadır. Sürtünme değerlerinin bilinmesi, tarımsal ürünlerin iletiminde ve depolama özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Puchalski ve Brusewitz 1996). Sürtünme; silo ve benzeri depolama yapılarının yanıl yüzeylerindeki düşey yüklerin belirlenmesinde, özellikle yüksek verdilerdeki pnömomatik iletimde materyal ile yanıl yüzeyler arasında ve yine tarımsal ürünlerin presleme ve kesme işlemlerinde önemini korumaktadır (Öğüt ve Çarman 1991). Ayrıca, sürtünme katsayısının farklı yüzeyler üzerinde çeşitli tarımsal ürünler için belirlenmesi, güç kaynağının seçiminde ve buna bağlı olarak gerçek boyutların hesaplanmasında etkili olmaktadır (Öztürk ve ark. 1995).

Tarımsal ürünlerin statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerine yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda çeşitli tarımsal ürünlerin

yüzey üzerine yaptığı basınç, kayma hızı, ürün nemi, yüzey özellikleri ve çevre koşulları gibi faktörlerin sürtünme katsayıları üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan araştırmaların çoğu ise taneli biyolojik malzemeler için yapılmıştır. Bununla birlikte iri materyallerle daha az çalışma yapılmıştır. Schaper ve Yaeger (1992) çalışmalarında, 9 farklı yüzeyde patatesin en büyük statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre patates çeşidinin sürtünme katsayıları üzerine etkisinin önemsiz olduğunu; statik sürtünme katsayısının 0.34-0.73, dinamik sürtünme katsayısının ise 0.34-0.66 arasında değiştiğini araştırmalarında ifade etmişlerdir. Öztürk ve ark. (1995), yiğın haldeki şekerpancarı ve havucun 5 kayma hızında sac, kontrplak, kauçuk ve elevatör yüzeyler kullanılarak statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemişlerdir. Gupta ve Das (1998), ayçiçeğinin 5 farklı nem içeriğinde 6 değişik yüzey kullanarak statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemişlerdir. Deneme sonuçlarına göre en yüksek sürtünme katsayılarını lastik yüzeyde elde etmişlerdir. Statik sürtünme katsayısının paslanmaz çelik

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-Ankara

için 0.351-0.472, lastik yüzey için ise 0.514-0.651 aralığında olduğunu, dinamik sürtünme katsayısının ise paslanmaz çelik için 0.304-0.441, lastik yüzey içinde 0.447-0.593 olduğunu bulmuşlardır. Puchalski ve Brusewitz (1996), iki kavun çeşidinin statik ve dinamik sürtünme katsayılarını, 3 kayma hızı, 3 normal kuvvet ve 6 değişik yüzey kullanarak belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre kayma hızı, hasat zamanı ve yüzey parametrelerinin her iki sürtünme katsayısı üzerine etkisini önemli bulmuşlardır. Kayma hızının dinamik sürtünme katsayısını etkilemediğini araştırmalarında ifade etmişlerdir. Ayrıca normal kuvvetin sürtünme katsayılarını etkilemediğini, en yüksek sürtünme katsayılarının lastik yüzeyde elde edildiğini araştırmalarında belirtmişlerdir. Beyhan ve ark. (1994), araştırmalarında yerli fındık, tombul, palaz, kuş fındığı ve sivri fındık çeşitlerine ait tane ve zuruflu fındıkların statik ve dinamik sürtünme katsayılarını belirlemişlerdir. Tane ve zuruflu fındıklar için 3 farklı nem düzeyi; tane fındık için 10, zuruflu fındık için ise 11 sürtünme yüzeyi kullanmışlardır. Statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerine, nem ve yüzey özelliklerinin etkisini önemli bulmuşlardır. Ayrıca, sürtünme katsayısının en yüksek değerlerini lastik yüzeyde, en düşük değerlerini ise kontrplakta elde etmişlerdir.

Yapılan kaynak araştırmasında zeytine ilişkin sürtünme katsayısı verilerine rastlanmamıştır. Bu çalışmada, sofralık Memecik zeytinin (*Olea europaea* L. cv. Memecik) değişik sürtünme yüzeyleri üzerindeki statik ve dinamik sürtünme katsayılarının, geliştirilen ölçme düzeninde belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle veri tabanlarında yer alabilecek verilere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak sofralık üretimi yapılan Memecik zeytini (*Olea europaea* L. cv. Memecik) kullanılmıştır. Zeytinler, İzmir Zeytinlik Araştırma Enstitüsü bahçelerinden Aralık 2000 döneminde elle toplanmış ve hasattan denemeye kadar olan süre içerisinde, +4 °C'de soğuk hava deposunda bekletilmiştir. Denemelerden önce zeytinler normal sıcaklığa ulaşması için 24 saat oda sıcaklığında bırakılmıştır. Araştırmada kullanılan zeytinlere ait bazı fiziko-mekanik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Zeytinin sürtünme katsayılarını belirlemek için Şekil 1'de görülen ölçme düzeni kullanılmıştır. Ölçme düzeni, zeytinin konulduğu sac kutu, malzemesi değiştirilebilen sürtünme yüzeyi ve kuvvet algılama sisteminden oluşmaktadır. Sac kutu, 250x250x90 mm ölçülerinde olup değişik sürtünme yüzeyleri üzerinde, 1.67 cm/s hızla hareket ettirilmiştir. Zeytinlerin sürtünme yüzeyi üzerinde rahat hareket etmesi ve kutu kenarının sürtünme yüzeyine temas etmemesi için 10 mm boşluk bırakılmıştır. Kutu içerisine her ölçümde aynı miktarda ürün doldurulmuş ve denemelerde normal kuvvet olarak 23.1, 28.1 ve 33.1 N'luk kuvvetler seçilmiştir.

Sürtünme yüzeyi olarak, lastik, kontrplak, galvanize sac ve krom çelik sac kullanılmıştır. Değişik yüzeyler için sürtünme uzaklığı, 1000 mm olarak belirlenmiş ve her denemeden önce sürtünme yüzeyi temiz bir bez ile temizlenmiştir.

Çizelge 1. Ele alınan zeytinlerin bazı fiziko-mekanik özellikleri

Özellik	Değer
Geometrik ortalama çap (mm)	17.52
Küresellik (%)	79.17
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	581.76
Nem (%)	89.33
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	3.45
Renk koordinatı (x;y)	(0.3189; 0.3244)

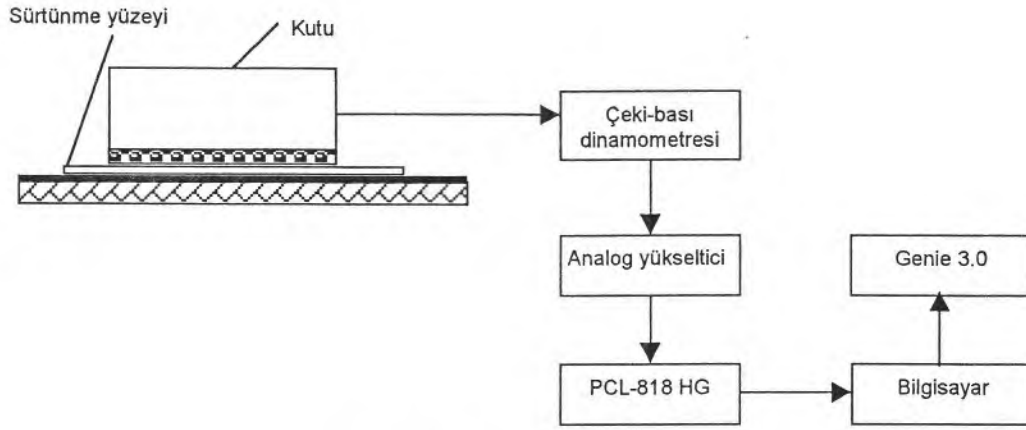
Yüzey üzerinde oluşan sürtünme kuvveti, kuvvet algılama sistemi yardımıyla belirlenmiştir. Kuvvet algılama düzeni, ölçme alanı 1000 kp olan indüktif esaslı çeki bası dinamometresi, analog yükseltici, modeli PCL-818 HG olan data ölçümleme kartı ve bu verileri işleyen IBM uyumlu PC den oluşmuştur. Sürtünme yüzeyi üzerinde oluşan kuvvetleri elektriksel büyüklüklere dönüştüren çeki bası dinamometresi, verileri kesintisiz olarak bir ara kablosu aracılığıyla analog yükselticiye oradan da data ölçümleme kartına iletmıştır. PCL-818 HG data ölçümleme kartı ise analog verileri sayısal verilere dönüştürerek bilgisayara aktarmıştır. Data ölçümleme kartı, % 0.001 ölçüm hassasiyetine sahip olup 0-10 V aralığındaki gerilimleri algılayabilmektedir. Data ölçümleme kartından gelen sayısal sinyaller ise Genie 3.0 veri işleme programında işlenerek sürtünme kuvveti değerine dönüştürülmüş ve bu veriler amaca uygun şekilde dosyalanmıştır. Denemeler süresince veri işleme programı, saniyede 50 veri kaydedecek şekilde ayarlanmıştır. Elde edilen sürtünme değerlerinin yer değiştirmeye bağlı değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Statik sürtünme kuvveti olarak, kaydedilen verilerin en büyük değeri, dinamik sürtünme kuvveti için ise en büyük değerden sonra okunan değerlerin ortalaması alınmıştır.

Her yüzey için denemeler 3 tekerrürlü yapılmış ve zedelenme göz önüne alınarak her denemede yeni zeytin örnekleri kullanılmıştır. Değerler alınmadan önce her bir sürtünme yüzeyi üzerinde deneme materyali hareket ettirilerek yüzeyin uygun duruma getirilmesi sağlanmıştır. Hesaplanan dinamik ve statik sürtünme katsayılarının yüzey özellikleri ile olan ilişkisini araştırmak için istatistiksel analizler yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

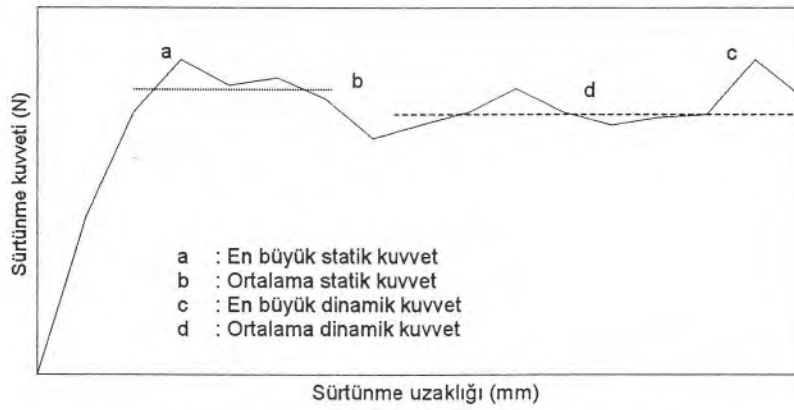
Bulgular ve Tartışma

Denemeler sonucunda, zeytinler için elde edilen statik ve dinamik sürtünme katsayıları Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir. Statik ve dinamik sürtünme katsayısı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre yüzeyin sürtünme değerleri üzerine etkisi önemli ($p < 0.01$), normal kuvvet ile yüzey x normal kuvvet etkileşiminin sürtünme değerlerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

Zeytin üzerine uygulanan 23.1, 28.1 ve 33.1 N'luk normal kuvvetlerin, dinamik ve statik sürtünme katsayısına etkisi önemsiz olmakla birlikte normal kuvvetin artmasıyla statik ve dinamik sürtünme katsayısı değerlerinde çok az bir azalma olmuştur (Çizelge 2). Normal kuvvet arttıkça sürtünme değerlerinde küçük bir azalma olduğunu Thompson ve ark. (1988), Zhang ve ark. (1994), Puchalski ve Brusewitz (1996) ve Kara ve ark. (1997)'da araştırmalarında ifade etmişlerdir. Bulunan sonuçların literatür sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Ölçme düzeninin şematik görünüşü



Şekil 2. Sürtünme uzaklığına bağlı sürtünme kuvvetleri

Çizelge 2. Zeytinlere ilişkin statik sürtünme katsayısı değerleri

Sürtünme yüzeyi	23.1 N	28.1N	33.1 N	Genel
	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$
Lastik	0.63 ± 0.020	0.61 ± 0.019	0.60 ± 0.027	0.62 ± 0.012a
Kontrplak	0.50 ± 0.018	0.48 ± 0.026	0.49 ± 0.017	0.49 ± 0.011b
Galvanize sac	0.43 ± 0.024	0.42 ± 0.015	0.42 ± 0.019	0.43 ± 0.010c
Krom çelik sac	0.42 ± 0.023	0.41 ± 0.006	0.40 ± 0.009	0.41 ± 0.008c

a, b, c : Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.01$).

Çizelge 3. Zeytinlere ilişkin dinamik sürtünme katsayısı değerleri

Sürtünme yüzeyi	23.1 N	28.1N	33.1 N	Genel
	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$
Lastik	0.55 ± 0.026	0.54 ± 0.041	0.56 ± 0.032	0.55 ± 0.017a
Kontrplak	0.44 ± 0.035	0.43 ± 0.015	0.42 ± 0.012	0.43 ± 0.012b
Galvanize sac	0.37 ± 0.021	0.36 ± 0.006	0.35 ± 0.026	0.36 ± 0.010c
Krom çelik sac	0.35 ± 0.019	0.34 ± 0.006	0.33 ± 0.012	0.34 ± 0.007c

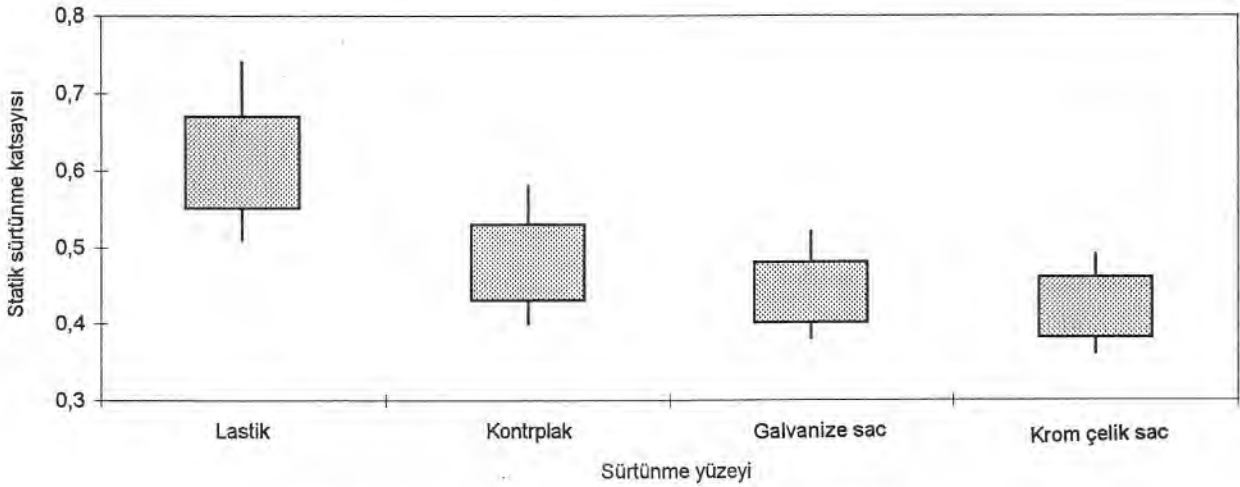
a, b, c : Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p < 0.01$).

Denemeye alınan lastik, kontrplak, galvanize sac ve krom çelik sac yüzeyin statik ve dinamik sürtünme katsayılarına etkisi önemli bulunmuştur. ($p < 0.01$) Yapılan çoklu karşılaştırma testinde lastik ve kontrplak yüzey arasındaki sürtünme katsayıları ortalamaları arasındaki farkın önemli ($p < 0.01$), galvanize sac ve krom çelik sac yüzey arasındaki farkın ise önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 2 ve 3). Ortalama sürtünme değerleri dikkate alındığında ise en büyük sürtünme değerleri lastik yüzeyde görülmüştür. Lastik yüzeyi sırasıyla kontrplak, galvanize sac ve krom çelik sac izlemiştir.

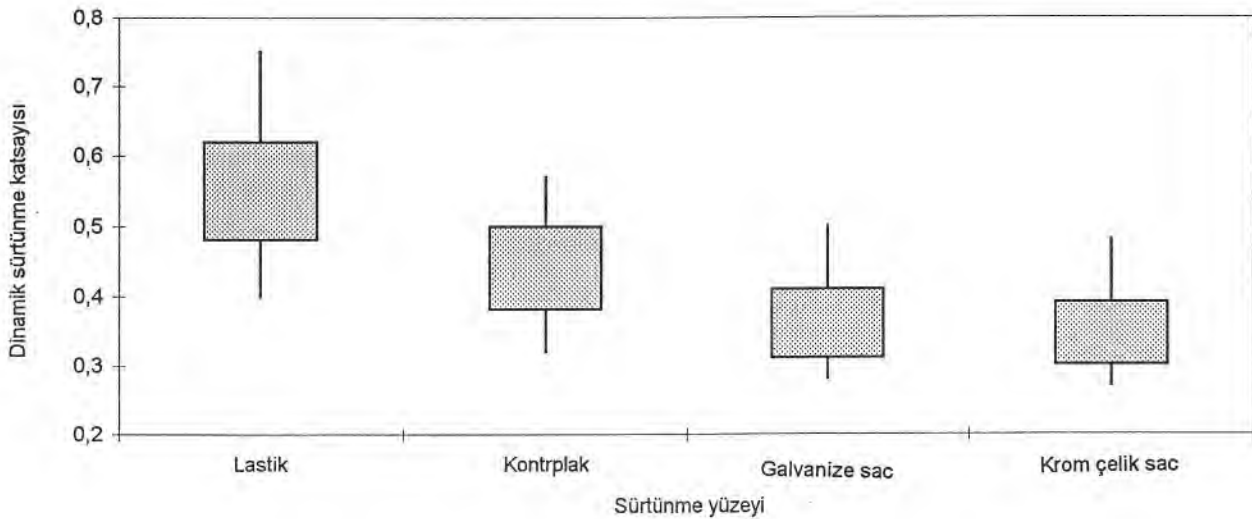
Veri işleme sistemine kaydedilen veri dosyalarındaki statik ve dinamik sürtünme katsayılarının değişimi Şekil 3 ve 4'de verilmiştir. Her veri dosyasında statik ve dinamik sürtünme kuvvetlerini temsil eden bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgelere ilişkin verilerin ortanca değer etrafında dağılımını ve verilerin % 75'inin hangi değerler etrafında

dağıldığı, bu grafiklerde kutu olarak verilmiştir. Ayrıca, bu değerlerin dışında kalanlar ise çubuk olarak kutulara eklenmiştir.

Lastik yüzeyin yumuşak olmasından dolayı sürtünme değerleri oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Bu aralık, statik sürtünme katsayısı için 0.51-0.74, dinamik sürtünme katsayısı için ise 0.40-0.75 arasında olduğu gözlenmiştir. Verilerin ortanca etrafında dağılımı ise statik sürtünme katsayısı için 0.55-0.67, dinamik sürtünme katsayısı için ise 0.48-0.62 aralığında olmuştur. En düşük ve en yüksek statik sürtünme katsayısı; kontrplak yüzeyde 0.40-0.58, galvanize sacda 0.38-0.52 ve krom çelik sacda ise 0.36-0.49 arasında değişmiştir. En düşük ve en yüksek dinamik sürtünme katsayısı ise kontrplakta 0.32-0.57, galvanize sacda 0.28-0.50 ve krom çelik sacda ise 0.27-0.48 arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Statik sürtünme katsayılarının çeşitli yüzeyler üzerindeki değişimi



Şekil 4. Dinamik sürtünme katsayılarının çeşitli yüzeyler üzerindeki değişimi

Galvanize sac ve krom çelik sac yüzeylerde elde edilen sürtünme değerleri diğer iki yüzeye göre dar bir aralıkta değişmiştir. Buna neden olarak yüzeylerin daha düzgün olması gösterilebilir. Ayrıca denemelerde en büyük dinamik sürtünme katsayısının, en büyük statik sürtünme katsayısına yaklaştığı görülmüştür. Ancak ortalamalar dikkate alındığında ise dinamik sürtünme katsayısı; lastik yüzeyde 0.55, kontrplakta 0.43, galvanize sacda 0.36 ve krom çelik sac yüzeyde ise 0.34 bulunmuştur.

Sonuç

Zeytinin sürtünme katsayısının belirlenmesine ilişkin araştırma sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Denemelerde zeytin üzerine uygulanan 23.1, 28.1 ve 33.1 N'luk normal kuvvetlerin statik ve dinamik sürtünme katsayılarına etkisi önemsiz bulunmuş ve normal kuvvet arttıkça her iki sürtünme katsayısı değerlerinde hafif bir azalma olduğu görülmüştür.

2. Sürtünme yüzeyi, statik ve dinamik sürtünme katsayılarına etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Lastik ve kontrplak yüzey arasındaki sürtünme katsayıları ortalamaları arasındaki fark önemli iken galvanize sac ve krom çelik sac yüzey arasındaki farkın önemsiz olduğu görülmüştür. En büyük statik ve dinamik sürtünme katsayısı lastik yüzeyde olmuştur. Bunu sırasıyla kontrplak, galvanize sac ve krom çelik sac izlemiştir.

3. Lastik yüzeyin yumuşak olmasından dolayı sürtünme değerleri oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermiştir. Bu aralığın statik sürtünme katsayısı için 0.51-0.74, dinamik sürtünme katsayısı için ise 0.40-0.75 arasında olduğu gözlenmiştir. Galvanize sac ve krom çelik sac yüzeylerde elde edilen sürtünme değerleri diğer iki yüzeye göre dar bir aralıkta değişmiştir.

4. Zeytinin ortalama statik sürtünme katsayısı; lastikte 0.62, kontrplak yüzeyde 0.49, galvanize sacda 0.43 ve krom çelik sacda ise 0.41 olarak bulunmuştur. Dinamik sürtünme katsayısı da lastik yüzeyde 0.55, kontrplak yüzeyde 0.43, galvanize sacda 0.36 ve krom çelik sacda 0.34 olarak bulunmuştur.

Kaynaklar

- Beyhan, M. A., M. Nalbant ve A. Tekgüler, 1994. Tane ve zurumlu fındıkların sürtünme katsayılarının belirlenmesi. Akdeniz Üniv. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Antalya.
- Gupta, R. K. and S. K. Das, 1998. Friction coefficient of sunflower seed and kernel on various structural surfaces. J. of Agric. Engineering Research, 71, 175-180.
- Kara, M., N. Turgut, Y. Erkmen ve İ. E. Güler, 1997. Bazı daneli ürünlerin sürtünme katsayılarının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniv. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Tokat.
- Öğüt, H. ve K. Çarman, 1991. Bazı küçük daneli ürünlerin sürtünme katsayılarının değişik yüzeyler için belirlenmesi. Selçuk Üniv. Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Konya.
- Öztürk, R., A. Çolak ve Y. Sabahoğlu, 1995. Bazı yumru bitkilerin sürtünme katsayılarının belirlenmesi. Uludağ Üniv. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Bursa.
- Puchalski, C. and G. H. Brusewitz, 1996. Coefficient of friction of watermelon. Transaction of the ASAE, 39 (2) 589-594.
- Schaper, L. A. and E. C. Yaeger, 1992. Coefficients of friction of irish potatoes. Transactions of the ASAE, 35 (5) 1647-1651.
- Thompson, S. A., R. A. Bucklin, C. D. Batich and I. J. Ross, 1988. Variation in the apparent coefficient of friction of wheat on galvanized steel. Transactions of the ASAE, 31 (5) 1518-1524.
- Zhang, Q., M. G. Britton and R. J. Kieper, 1994. Interactions between wheat and a corrugated steel surface. Transactions of the ASAE, 37 (3), 951-956.