



Farklı Nem Düzeylerinde Kanola Tohumlarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Refi Ratip ÖZLÜ^{1*} Metin GÜNER²

¹ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Bitki Besleme ve Teknoloji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara

* e-posta: metguner@gmail.com

Alındığı tarih (Received): 08.08.2016

Kabul tarihi (Accepted): 22.08.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.08.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 31.08.2016

Öz: Bu araştırmayla, pnömatik iletimlerinde %6.36, 16.54 ve 25.94 şeklindeki üç farklı nem düzeyinin kanola tohumunun fiziksel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. ‘*Turan*’ kanola çeşidi bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmayla kanolanın uzunluk, genişlik, kalınlık, çap, projeksiyon alanı ve geometrik ortalama çap gibi boyut özellikleri ile hacim ağırlığı, özgül kütle, bin dane ağırlığı, porozite, küresellik, basıklık ve eşdeğer küre çapı gibi hacimsel özelliklerinin neme bağlı değişimi belirlenmiştir. Kanola tohumlarının projeksiyon alanları iki farklı sayısal görüntü işleme yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada, Kanola tohumlarının dane hacmi ile bin dane ağırlıklarının nemle arttığı, özgül kütle kanola tohumunun nem içeriğindeki artışlarla artacağı, bunun yanında hacim ağırlığının ise dane nem içeriğindeki artışlara bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir. Benzer şekilde, eşdeğer küre çaplarının, danenin nem içeriğiyle arttığı bulunmuştur. Nem içeriklerindeki artışa bağlı olarak kanola tohumlarının küreselliğindeki değişimler; nem içerikleri %6.36’ dan %16.54’ e yükseldiğinde artış yönünde, daha sonrasında nem içerikleri %25.94’ e çıktığında azalan seyir gösterdi. Tohumların nem içeriklerindeki artışa bağlı olarak basıklık oranındaki değişimlerin ise göreceli olarak nem içeriği %16.54’ e çıktığında azaldığı, %25.94’ ü bulduğunda ise arttığı saptanmıştır. Araştırma kapsamında incelenen Kanola tohumlarının pnömatik yollarla iletimlerinde sistem tasarımındaki önemli parametrelerden birisini oluşturan terminal hız değerlerinin neme bağlı değişimleri; logaritmik artan bir değişim eğilimi göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Fiziko-mekanik özellik, kanola, nem, pnömatik iletim

Determination of the Physical Properties of the Canola Seeds in Different Moisture Content Levels

Abstract: The purpose of the research was the studying of the effects of three different moisture contents constituting of 6.36, 16.54 and 25.94% on the physico-mechanical properties of canola seeds. Turkish cultivar of canola seeds called as ‘*Turan*’ was used in the research. With the research, it was found that the dimensional properties such as the length, diameter, projection area and geometric mean diameter and volumetric properties like the bulk density, one thousand seed mass, porosity and sphericity were changed with the increases in moisture content of canola seeds. One thousand kernel mass and kernel volume of canola seeds are determined to increase for the moisture contents examined as 6.36, 16.54 and 25.94 %, respectively. The projection areas of canola kernels were investigated with two different digital image processing software developed for digital image processing and evaluation purposes, as well as with the mathematical formula given by Mohsenin (1986) and Sitkei (1986) according to the planes in the three dimensional space. In the study, true density was observed to increase with the moisture content increments in canola seed, while the bulk density of seed decreased with moisture content increments. Similarly, the equivalent spherical diameter of canola kernels was observed to increase with the moisture content. The variations on the sphericity of canola kernels depending on the moisture contents were as the increasing way while the moisture contents of canola seeds went from 6.36 to 16.54%, and then in decreasing way when they increased to 25.94%. Yet, it was seen that the variations of the oblateness of the seeds decreasingly increase with the increases of moisture contents. Finally, terminal velocity of the canola seeds investigated with this study showed a logarithmic variation trend by increasing with the moisture content increases.

Keywords: Physical property, canola, moisture, pneumatic conveying

1. Giriş

Kanola ve yan ürünleri; dünya çapında makine ve çeşitli cihazlar için kimyasal ürünler, biyoyakıtlar, hassas ve kıymetli kayganlaştırıcı materyallerin üretimleri gibi endüstriyel kullanımlar nedeniyle oldukça önemlidir. Ayrıca, yenilebilir yağlar ve yem maddeleri gibi insan ve hayvan tüketimleri bakımlarından günümüzde daha fazla önem kazanmıştır. Sanayi devriminden günümüze kadar geçen sürede kolza veya kanola yağı; diğer birçok yağlardan farklı şekillerde ıslak metallere daha iyi tutunduğu için gemilerde ve buharlı motorlarda kullanılan kayganlaştırıcıların önemli bir bileşeni haline gelmiş bulunmaktadır (<https://cals.arizona.edu/fps/sites/cals.arizona.edu/fps/files/cotw/Canola.pdf>).

Kanola esas itibarıyla, %38 ile %50' ye varan oranlarda yağ içermektedir. Bu yüzden kanola bitkisi tohumları için yetiştirilmektedir. Kanolanın yağının yemeklik yağ olarak kullanılabilmesinin yanı sıra küspesi de yüksek proteinli bir hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Anonymous 2008). Kanola tohumları; %16-24 protein ihtiva etmekte ve oleik ve linoleik asitlerce de zengindir. Kanola yağı, sağlık ve sanayide kullanımı alakalarıyla da önem taşıyan, 238 °C gibi yüksek bir kaynama noktasına sahiptir.

Kanola bitkisi yağı "sağlıklı" yağ olarak kabul gördüğünden, insan tüketimi maksatlarıyla ondan yararlanılması kararlı bir hızla artış kaydetmektedir. Kanola bitkisinin bu faydalarının yanı sıra aynı zamanda iyi bir biyoyakıt kaynağıdır.

Kanola tohumlarının morfolojik özellikleri, boyutları ve bileşimleri çeşitlerine bağlı olarak önemli değişiklikler gösterebilmekte ve bu yüzden de kanola tohumlarının fiziksel özellikleri de çeşitlerine göre değişiklikler göstermektedir. Bu özellikler; yetiştirme işlemleri, işleme donanımları ve modellerinin geliştirilmesi, tasarımı ve planlanmasında son derece önemli rol oynamaktadır. Kanola bitkisi çoğu tahıllardan ve yağlı tohumlu bitkilerden daha da küçük tohumlara sahiptirler. Tüm bunların sonucu olarak, tohum ağırlığı, hacim ağırlığı ve porozite gibi hacimsel parametreler, nem içeriklerinden etkilenmektedir.

Tarımsal ürünlerin doğasından gelen fiziksel özellikleri; onların ekim ve dikimi, sınıflandırılması, hasat ve harmanı, işlenmesi, iletimi ve taşınması ile depolanması gibi özel amaçlarla makina, donanım, sistem ve modellerin tasarımı ve geliştirilmelerinde önemli rol oynar. Tarımsal materyallerin sınıflandırma sistemlerini ve donanımlarını tasarılama ve geliştirmede; uzunluk, genişlik, kalınlık, izdüşüm (projeksiyon) alanı, hacim, biçim, geometrik ortalama çap, hacim ağırlığı ve özgül kütle gibi fiziksel özelliklerin bilinmesi gerekir. Tarımsal ürünlerin boyutsal özelliklerinin bilinmesi, istenen malzemelerin istenmeyenlerden ayrılması için araşsal çözümler oluşturmayı mümkün kılar. Malzemelerin şekli ya da biçimi; ürünleri soyma, çekirdeklerinden ve göbek kısımlarından ayıklama ve doldurma gibi işlemlerin mekanize ve otomatize edilmesinde önemli bir özelliği oluşturur.

Biyolojik malzemelerin hasat ve hasat sonrası işlemlerine yönelik sistem ve modellerin geliştirilmesi ve tasarımı konularında çalışan mühendis ve tasarımcılar açısından sağlam veriler oluşturmak amacıyla biyomateryallerin fiziksel özellikleri üzerinde çeşitli araştırmacılar tarafından bir takım araştırma ve inceleme çalışmaları yapılmıştır (Bell 2000, Ogunjimi *et al.* 2002, Olanıyan and Oje 2002, Tabatabaefar 2003, Aviara *et al.* 2005, Güner 2006, Sessiz *ve ark.* 2007, Razavi *et al.* 2007, Oluwole *et al.* 2007, Öztürk and Esen 2008, Dash, A. K. *et al.*

2. Materyal ve Metot

Araştırmada 'Turan' çeşidi kanola bitkisi tohumları kullanılmıştır. Kanola tohumları Tekirdağ İli Önder Çiftçi Derneğinden temin edilmiştir. Denemeler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü ve Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Materyal Örneklerinin Hazırlanması

Denemeye alınacak materyaller öncelikle toz, toprak, taş, sap-saman, kırık - bozuk ve olgunlaşmamış tohumlar gibi yabancı maddelerden arındırılmıştır. Daha sonra,

poliüretan materyalden imal edilmiş ağzı kilitlenen plastik poşetler içerisine alınmış ve bir muhafaza odasında 20 ile 25°C sıcaklıklarda bırakılmıştır.

Standart fırınlama yöntemiyle ölçülen kanola tohumlarının başlangıç doğal depolama nem içeriği (W) %6.36 olarak bulunmuştur. Denemeler için plastik poşetlerde muhafaza edilmekte olan tohum danelerini hedeflenen nem içeriklerine getirmek üzere tohumlara eklenmesi gereken su miktarları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Güner 2006).

$$Q = \frac{W_i(N_f - N_i)}{(100 - N_f)} \quad (1)$$

Bir sonraki adımda, kanola tohumlarını homojen nem düzeylerine getirmek için, 4°C sabit sıcaklığa sahip serin bir ortamda tutulan tohumlar günde üç kez düzenli olarak karıştırılmıştır. Bu işleme iki hafta boyunca devam edilmiştir. İkinci haftanın sonunda, nemlendirme dönemi boyunca tohumların erişilen nem değerlerini belirlemek üzere ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, %6.36 olan doğal depolama nem içeriğinden farklı %16.54 ve %25.94 şeklinde nem içeriklerine sahip iki deneme materyali elde edildi. Kanola tohumlarının fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir sonraki çalışmalar ve ölçümler; yukarıda da belirtilen üç farklı nem düzeylerine sahip materyal örnekleri kullanılarak yürütüldü. Kanola tohumlarının fiziksel yapısıyla alakalı özelliklerin tümü; her nem düzeyinde üç tekrürlü olmak üzere her üç nem düzeyinde belirlenmiştir.

Materyallerin Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi

Denemelere başlamadan önce, tüm test materyal örnekleri hasarlı danelerden ve yabancı materyallerden arındırılmak üzere bir kez daha temizleme işlemlerine tabi tutuldular. Ardından, üç farklı nem içerik düzeylerindeki materyal örnekleri yığınlarının her bir grubundan rastgele seçilmiş 100 tohum danesi içeren 10'arlı gruplar oluşturuldu. Tohumların boyutsal özelliklerinin belirlenmesinde, her bir nem düzeyinde her birisi 100 tohum danesi içeren bu 10'ar grubun her

birinden 10 dane alınarak oluşturulan yeni 100'er daneli 3 nem grubundaki 100'er tohum danelerinin uzunluk (L) ve genişlik (D) olmak üzere iki temel boyutunun ölçümleri yapıldı (Kingsly *et al.* 2006; İzli *et al.* 2009). Kanola tohumlarının üçüncü boyutu kalınlık (T); biyofiziksel doğalarından dolayı danenin genişlikleriyle son derecede yakın değerler göstermekte olmaları nedeniyle açık bir şekilde ayırt edilebilmeleri mümkün olamamaktadır. Bu özel halden dolayı, danenin üçüncü boyutu olan kalınlık; bu çalışmada, danenin genişliğine eşdeğer alınmıştır (Razavi *et al.* 2009). Boyutsal özelliklerin ölçümlerinde; 0.01 mm duyarlıklı dijital kumpas kullanılmıştır.

Uzunluk ve genişlik ölçümleri yoluyla elde edilen veriler kullanılarak, danelerin aritmetik (D_a) ve geometrik ortalama çapları (D_g), hacmi (V_k) ve yüzey (projeksiyon) alanı (S_a); Mohsenin (1986) ve Sitkei (1986) tarafından verilen matematiksel eşitliklerden yararlanılarak aşağıdaki eşitlikler (2), (3), (4) ve (5) vasıtasıyla belirlenmiştir:

$$D_a = \frac{(L + 2D)}{3} \quad (2)$$

$$D_g = (LD^2)^{1/3} \quad (3)$$

$$V_k = \frac{\pi \cdot L \cdot D^2}{6} \quad (4)$$

$$S_a = \pi \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 \text{ [x-düzlemi]} \quad (5)$$

$$S_a = \pi \cdot \left(\frac{L}{2}\right) \cdot \left(\frac{D}{2}\right) \text{ [y ve z- düzlemleri]}$$

Materyallerin İzdüşüm (Projeksiyon) Alanlarının Görüntü İşleme Teknikleriyle Belirlenmesi

Bu çalışmada iki tip görüntü işleme yazılımı kullanılmıştır. Bilgisayar destekli görüntü işleme araçlarından bir tanesi Myriad v8.0 sayısal görüntü işleme paket programıdır. Bu paket program ile birlikte aynı zamanda, her bir nem içeriğindeki materyal örnekleri yığınlarından

rastgele seçilen 30'ar adet danenin görüntülerini yakalamak üzere aşağıda belirtilen donanımlar kullanılmıştır.

1. Nikon D40X Model 10.1 megapixel SLR dijital kamera,
2. Uygun ebatlı ölçek kalibrasyon plakası,
3. Myriad v8.0 dijital imaj işleme yazılımı.

Çalışmada kullanılan diğer bir bilgisayar destekli görüntü işleme yazılımı aracı ise ImageJ/Fiji 1.47v ürünüydü. Bir kez daha, uygun ebatlarda ölçek kalibrasyon plakası ve dijital kamera kullanılarak her bir nem içeriğindeki örnek yığınları içerisinde rastgele seçilen 30 kanola tohumunun sayısal görüntüleri alındı. Takiben, dijital kamerayla alınan sayısal tüm tohum görüntüleri; ImageJ/Fiji 1.47v yazılımı ile yüklü bilgisayara işlenmek üzere aktarıldı ve işlendi.

Bin Dane Ağırlığının Belirlenmesi

Bin dane ağırlığının belirlenmesi amacıyla, üç farklı nem içeriğindeki materyal örneklerinin her birisinden rastgele 1000 dane alınarak 3 farklı grup oluşturulmuştur. Ardından, 3 farklı nem içeriğine sahip bu 1000'er daneli 3 grup ayrı ayrı 0.01 g hassasiyetli dijital elektronik tartı cihazı kullanılarak tartıldı ve dijital tartı cihazı ekranındaki rakam okunarak kaydedildi. Bu işlem üç kez tekrarlandı ve bunların aritmetik ortalaması alındıktan sonra, hesaplanmış ortalama değerler bin dane ağırlıkları olarak kabul edildi.

Özgül Kütle

Özgül kütle (ρ_t), dane kütesinin danenin boşluksuz hacmine oranıyla elde edilmiştir. Bu çalışmada, kanolanın özgül kütlesi ve dane hacmi belirlenirken yer değiştirme yöntemi kullanılmıştır. Tohum danelerinin üzerindeki en küçük boşlukları dahi doldurmaya imkân veren yüzey yoğunluğuna ve daha düşük dağılma kapasitesine sahip olduğundan, su yerine tolüen (C_7H_8) kullanılarak hacim ve özgül kütle saptanmıştır (Mohsenin 1980, Sitkei 1998).

Hacim Ağırlığı

Hacim ağırlığı (ρ_b); doğal akışta doldurma işlemi uygulanarak materyalle doldurulmuş dereceli kap vasıtasıyla ölçülen hacimdeki (m^3) materyalin hassas terazi ile tartılarak belirlenen kütle ağırlığının (kg), ölçülmüş hacmine bölünmesiyle kg/m^3 olarak saptanmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Jain and Bal 1997).

Küresellik

Kanola tohumlarının küreselliği; aşındaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Çalışır *et al.* 2005; Sessiz *ve ark.* 2007, Razavi *et al.* 2008-2009):

$$\emptyset = (LD^2)^{1/3}/L \quad (6)$$

Basıklık

Bir küresel cismin mükemmel bir küreden sapma miktarının ölçüsü olan basıklık (%) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (<https://en.wikipedia.org/wiki/Spheroid>).

$$S = 1 - D/L \quad (7)$$

Eşdeğer Küre Çapı

Düzensiz şekilli bir cismin eşdeğer küre çapı; eşdeğer hacime sahip bir kürenin çapı olarak ifade edilmekte ve aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmaktadır (Gorial and O'callaghan 1990).

$$D_e = \left[\left(\frac{m_t}{\rho_t} \right) \cdot \left(\frac{6}{\pi} \right) \right]^{1/3} \quad (8)$$

Porozite

Porozite; aşağıda verilen eşitlikten materyal örneklerinin hacim ağırlığı ve özgül kütle değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Mohsenin 1986, Sing and Goswami 1996):

$$\varepsilon = 100 \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \quad (9)$$

Terminal Hız

Terminal hız, düşey rüzgâr tüneli yardımıyla belirlenmiştir. Debisi ayarlanabilir hava 70.3 mm çapındaki saydam borunun içine yönlendirilmiş ve içerisine kanola tohumları bırakılarak tohumların askıda kaldıkları hızlar 0.1 m s^{-1} hız ölçüm duyarlılığında bir dijital anemometre ile ölçülmüştür.

3. Araştırma Bulguları

Boyut Özellikleri

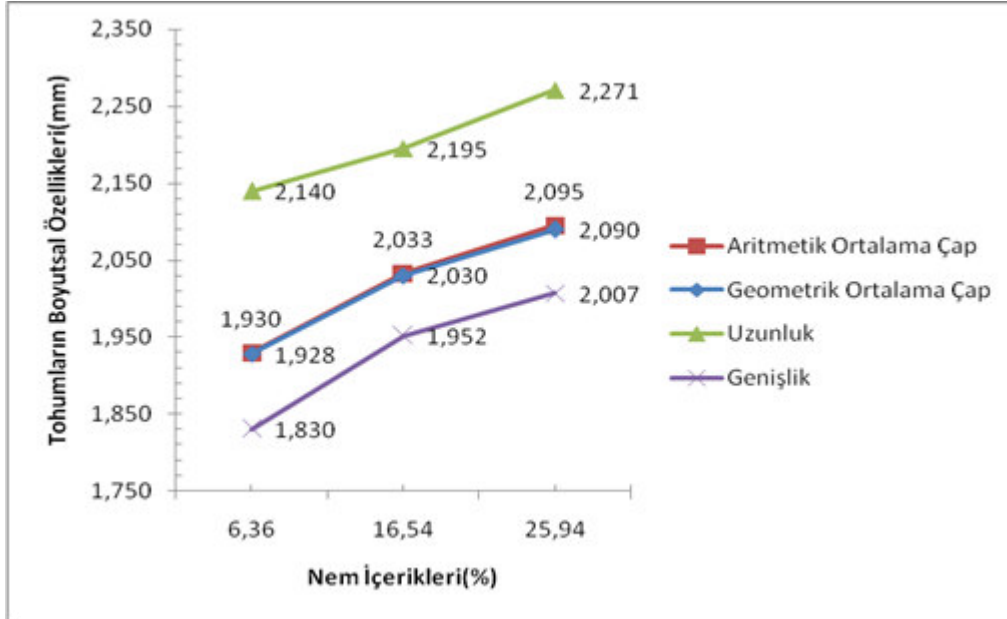
Kanola tohumlarının % 6.36, 16.54 ve 25.94 (y. b.) şeklindeki nem içeriklerine bağlı olarak

mm cinsinden uzunluk (L), genişlik (D), kalınlık (T) (genişliğine eşdeğer kabul edilmiştir), aritmetik (D_a) ve geometrik (D_g) ortalama çaptan oluşan boyutsal özellikleri Şekil 1’de gösterildiği gibi bulunmuştur. Şekilden görülebileceği gibi uzunluk, genişlik, aritmetik ve geometrik ortalama çaplar nem içerikleriyle birlikte artmaktadır.

Denemelerden elde edilen sonuçlara göre, kanola danelerinin nem içeriklerinin x olarak alındığı aşağıda verilen eşitlikler şeklinde doğrusal eğilim ilişkisi bulunduğu ulaşılmaktadır:

Çizelge 1. Kanola tohumunun neme bağlı boyut özelliklerindeki değişimin matematiksel ilişkisi

Boyutsal özellik	Matematiksel ilişki	R ² değeri
Uzunluk – L	$0,0105x^2 + 0,0235x + 2,106$	1
Genişlik – D	$-0,0335x^2 + 0,2225x + 1,641$	1
Aritmetik çap – D_a	$-0,0205x^2 + 0,1645x + 1,786$	1
Geometrik çap – D_g	$-0,021x^2 + 0,165x + 1,784$	1



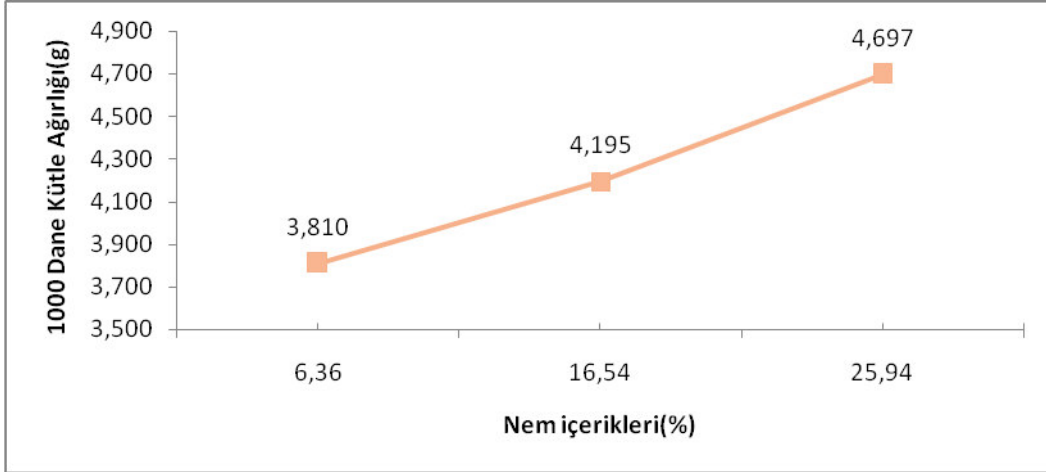
Şekil 1. Nem içeriklerine göre kanola tohumlarının boyut özellikleri

Figure 1. Dimensional properties of canola seeds with moisture contents

Bin Dane Ağırlığı

Denemelerde, kanola tohumlarının nem içeriği % 6.36’dan % 25.94’e doğru değişirken bin dane ağırlıklarının sırasıyla 3.81 g, 4.195 g ve 4.697 g

arasında değişen değerlerde ölçümleri elde edilmiştir. Kanola tohumlarının 1000 dane ağırlıklarına ilişkin ölçüm sonuçları Şekil 2’de özetlenmiştir.



Şekil 2. Dane nem içeriklerindeki değişimle birlikte 1000 dane ağırlıklarındaki değişimler
Figure 2. Variations on 1000 kernels' weight of canola seeds with moisture contents

Saptanan değişimler ile ilgili eğilim, aşağıda verilmekte olan polinomiyal doğrusal eşitlik ile ifade edilebilmektedir:

$$M_{1000} = 0,0585x^2 + 0,2095x + 3,542; R^2 = 1$$

Küresellik, Basıklık ve Porozite

Nem içeriklerindeki değişimlerle birlikte kanola danelerinin küreselliğindeki sapmalar; Şekil 3'deki gibi bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre küresellik değerlerindeki sapmalar kuadratik tür polinomiyal bir değişim trendi ortaya çıkartmıştır. Küresellikteki sapma seyrini temsil eden eşitliğin aşağıdaki gibi ifade edilebilmesi mümkündür:

$$\Phi = -0,85x^2 + 3,95x + 87,9; R^2 = 1$$

Kanola tohumlarının küreselliğindeki sapmaların tersine, danelerin basıklığında ortaya çıkan değişimler, deneme sonuçlarına göre nem

içeriğindeki değişimle birlikte azalarak artan bir eğilim eğrisi ortaya koydu. Basıklık özelliğindeki değişimin gidiş eğrisi, Şekil 3'de gösterilmekte olduğu biçimde gerçekleşti. Basıklığın sapma seyrini veren eşitliğin aşağıdaki şekilde ifadesi mümkündür:

$$\Theta = 1,95x^2 - 9,25x + 21,8; R^2 = 1$$

Deneme sonuçlarına göre, nem içeriğinin % 6.36'dan % 16.54'e çıkması durumunda porozitenin % 38.27'den % 41.62'ye çıktığı, buna

karşın nem içeriğinin % 16.54'de % 25.94' gidişi ile porozitenin % 2.78'lik bir artış ile %44.40'a eriştiği gözlenmiştir. Bu gözlem, Şekil 3'de grafik çizimle gösterilmektedir. Ayrıca, porozitedeki bu değişimin eğilim doğrusu da aşağıda verilmekte olan şekilde eşitlik haline getirilebilmektedir:

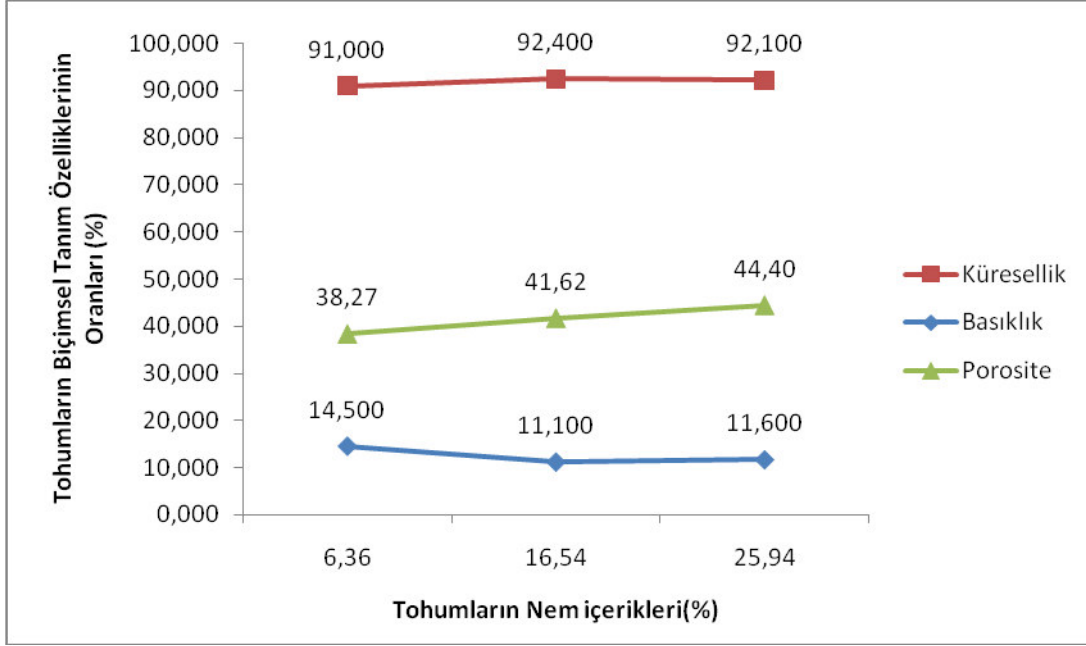
$$\varepsilon_p = -0,285x^2 + 4,205x + 34,35; R^2 = 1$$

Dane Hacmi

Sahip oldukları nem içeriklerinin bir fonksiyonu olarak kanola dane hacimlerinde oluşan değişimler, Şekil 4'deki gibi tespit edilmiştir. % 6.36'dan %25.94'e (y. b.) danelerdeki nem içerikleri artarken danelerin hacminde 3.75 mm³'den 4.79 mm³'e doğru hafif bir artış

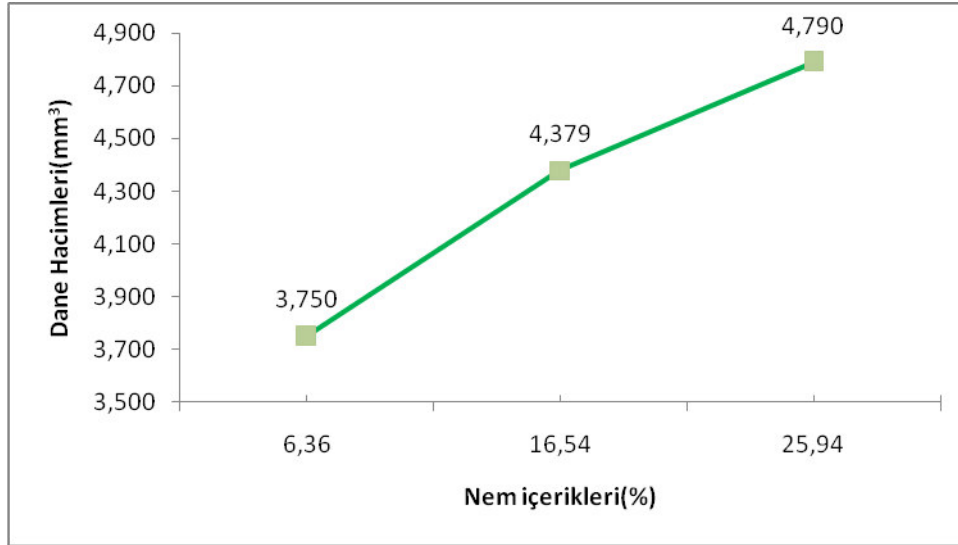
kaydedilmiştir. Dane hacimlerindeki oluşan kaymaları temsil eden en yakın eşitlik aşağıda verildiği biçimde formülleştirilebilmektedir:

$$V_k = -0,109x^2 + 0,956x + 2,903; R^2 = 1$$



Şekil 3. Nem içeriklerine göre kanola tohumlarının küresellik, basıklık ve porozite değişimleri

Figure 3. Variations on sphericity, oblateness and porosity rates of canola seeds with moisture contents



Şekil 4. Nem içeriklerine bağlı dane hacimindeki değişim eğrisi

Figure 4. Variation trend on kernel volumes of canola seeds with moisture contents

Projeksiyon Alanı

Neme bağlı dane izdüşüm (projeksiyon) alanındaki değişimler Şekil 5’de özetlenmektedir. Elde edilen sonuçlardan, nem içeriklerine bağlı şekilde danelerin projeksiyon alanlarının X – (uzunluk) düzlemine göre 3.597 mm²’den 4.050 mm²’ye artarak göze çarpan bir şekilde değiştiği

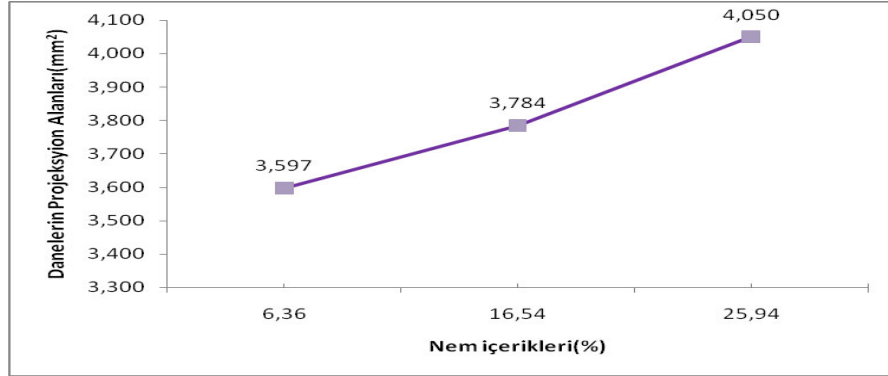
görüldürken, Y ve Z – (genişlik) düzlemlerine göre ise 3.076 mm²’den 3.579 mm²’ye doğru farklılaştığı görülmektedir. Kartezyen koordinat sistemindeki düzlemlere göre kanola danelerinin izdüşüm (yüzey) alanlarındaki değişimler Şekil 5 ve 6’da genel hatlarla verilmektedir. Değişimin seyrini veren eğilim eğrilerini temsil eden

eşitlikler ise aşağıda verildiği şekilde en iyi ifade edilebilmektedir:

$$S_{a-x} = 0,0395x^2 + 0,0685x + 3,489; R^2 = 1 \text{ (X - düzlemine göre)}$$

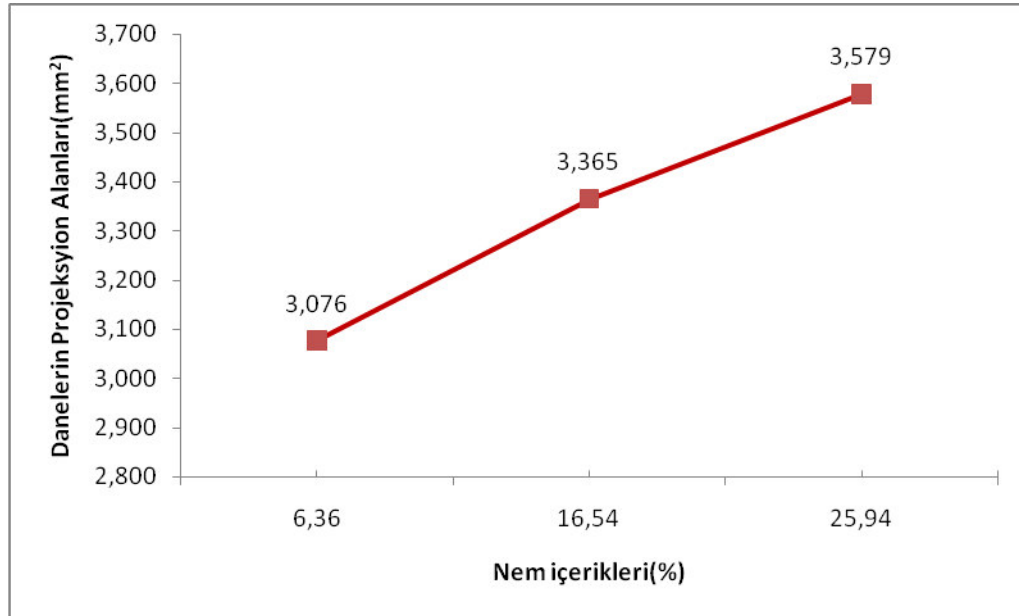
$$S_{a-x,y} = -0,0375x^2 + 0,4015x + 2,712; R^2 = 1 \text{ (Y ve Z - düzlemlerine göre)}$$

Myriad v8.0 ve ImageJ 1.47v ticari isimli paket yazılım araçları vasıtasıyla elde edilen sonuçlar; Çizelge 1’de, eşitlik (5) yardımıyla elde edilen sonuçlarla karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca Şekil 7, 8, 9 ve 10 da tohumların ekran görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5. Nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak X – düzlemine göre kanola danelerinin projeksiyon alanındaki değişimler.

Figure 5. Changing on projection areas of canola seeds as a function of moisture contents according to X-plane



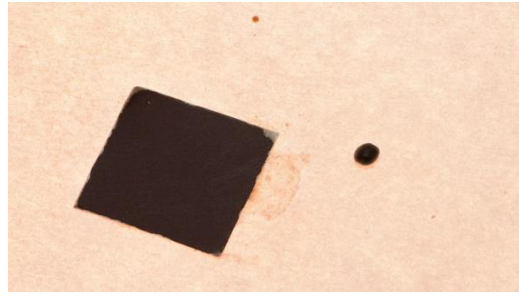
Şekil 6. Nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak Y ve Z – düzlemine göre kanola danelerinin projeksiyon alanındaki değişimler

Figure 6. Changing on projection areas of canola seeds as a function of moisture contents according to Y- and Z-planes

Çizelge 1. Farklı belirleme araçlarının kullanılmasıyla elde edilen kanola tohumu danelerinin projeksiyon alanlarının ölçüm sonuçlarının kıyaslanması.

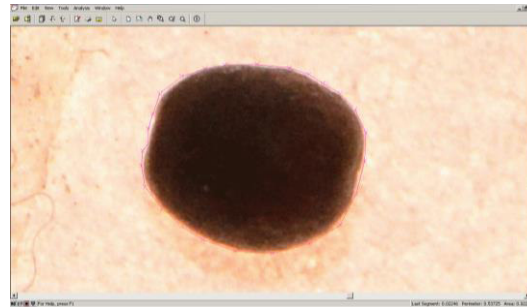
Table 1. Comparison of the measurement results of the projection areas of canola seeds obtained by using different determination tools

Projeksiyon alanı ölçüm araçları	% 6.36 nem içeriğinde projeksiyon alan değerleri (mm ²)	% 16.54 nem içeriğinde (y.b.) projeksiyon alan değerleri (mm ²)	% 25.94 nem içeriğinde (y.b.) projeksiyon alan değerleri (mm ²)
ImageJ 1.47v paket yazılımı	3,187	3,480	3,614
Myriad v8.0 paket yazılımı	2,430	3,100	3,380
Eşitlik (5) kullanılarak hesaplama (x-düzlemine göre)	3,596	3,784	4,050
Eşitlik (5) kullanılarak hesaplama (y ve z-düzlemlerine göre)	3,076	3,365	3,579



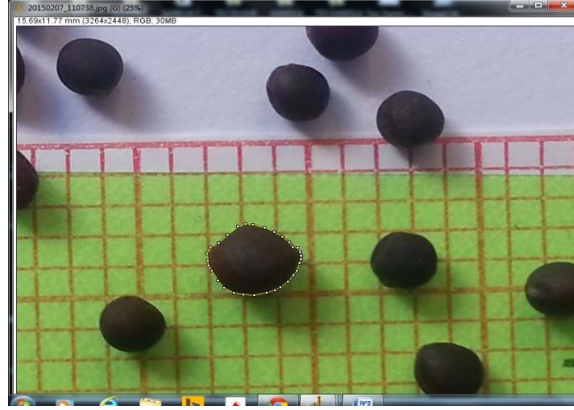
Şekil 7. D40x model 10.1 megapiksel SLR dijital Nikon kamera ile alınmış kanola tohumlarının gerçek zamanlı görüntüsü

Figure 7. Real-time image of canola seed taken with a D40x model 10.1 megapiksel SLR digital Nikon camera



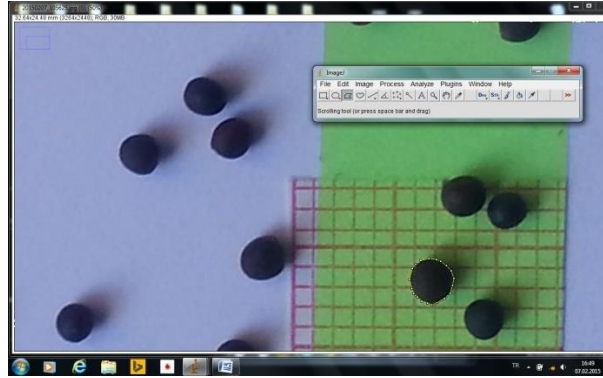
Şekil 8. Myriad v8.0 dijital görüntü işleme yazılımı ile kanola tohumu danelerinin gerçek zamanlı görüntüsünün analiz süreci bilgisayar ekran görüntüsü.

Figure 8. Computer screen display of real-time image analysis process of canola seed using Myriad v8.0 digital image processing software



Şekil 9. a. ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı kullanılarak kanola tohumlarının gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz işleminin bilgisayar ekran görüntüsü

Figure 9. a. Computer screen display of real-time image analysis process of canola seed using ImageJ 1.47v digital image processing software



Şekil 10. ImageJ 1.47v dijital görüntü işleme yazılımı kullanılarak kanola tohumlarının gerçek zamanlı dijital görüntülerini analiz işleminin bilgisayar ekran görüntüsü

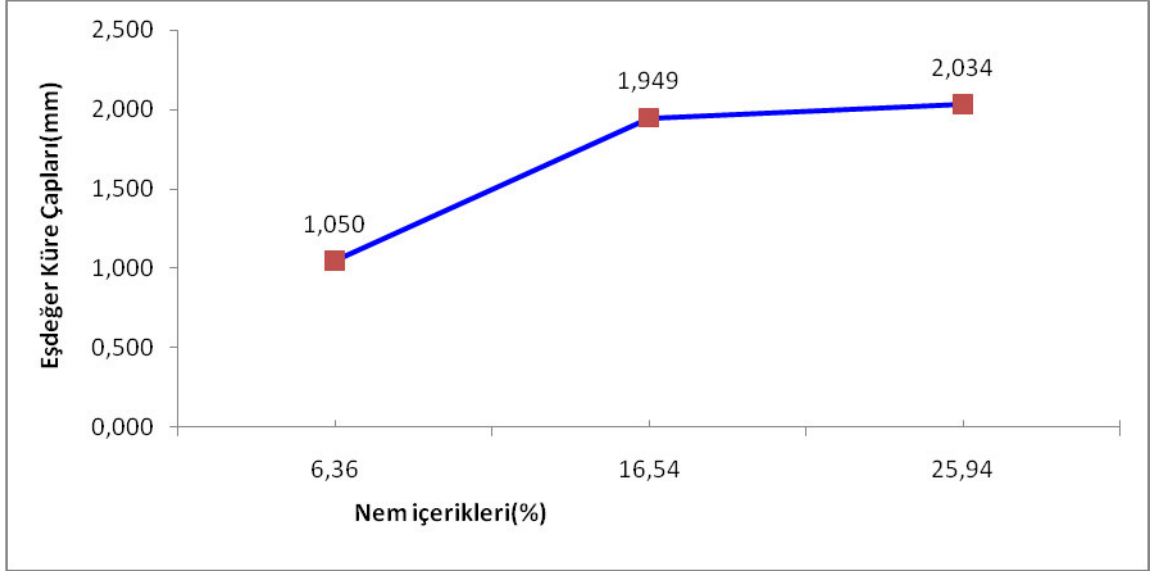
Figure 10. Computer screen display of real-time image analysis process of canola seed using ImageJ 1.47v digital image processing software

Eşdeğer Küre Çapları

Şekil 11' de kanola tohumlarındaki nem değişimlerine bağlı olarak eşdeğer küre çaplarındaki değişim verilmiştir. Araştırma bulgularına göre eşdeğer küre çapları, kanola tohumu nemindeki artışlarla doğrusal olmayan bir

artış şeklinde değişim vermiştir. Danelerin nem içerikleriyle ilişkili olarak eşdeğer küre çaplarının değişim eğilimi, aşağıdaki eşitlik üzerinden tanımlanabilmektedir:

$$D_{es} = -0,407x^2 + 2,12x - 0,663; R^2 = 1$$



Şekil 11. Nem içeriği ile bağlantılı olarak eşdeğer küre çapındaki değişim

Figure 11. Variation on equivalent spherical diameter of canola seeds with moisture contents

Dane Ağırlığı

Dane nemindeki artışlara bağlı olarak dane ağırlıklarının yumuşak bir şekilde artış kaydettiği Şekil 12’de özetlenmektedir. Kanola danesi

ağırlıklarında neme bağlı sapmalar, doğrusal bir eğilim vermektedir. Eğilim eğrisi, en iyi aşağıdaki eşitlik ile temsil edilebilmektedir:

$$M_k = 0,0004x + 0,0033; R^2 = 0,9888$$

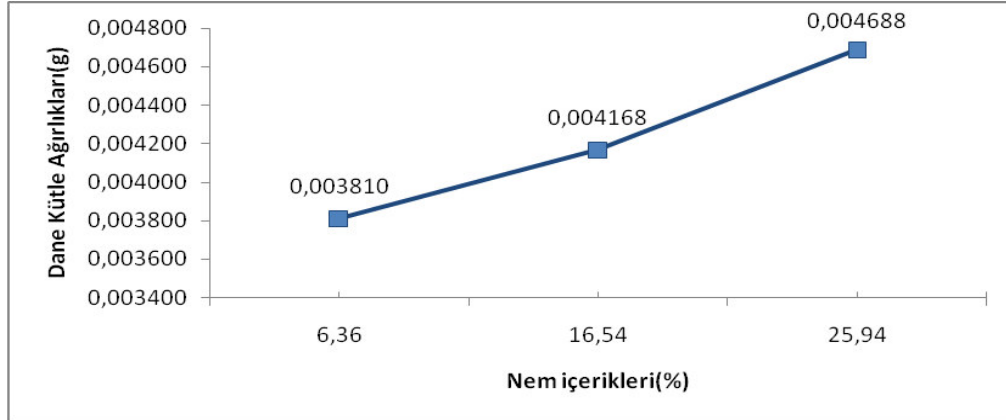


Figure12. Neme bağlı kanola danesi ağırlıklarındaki değişim

Figure 12. Variation trend on kernel weight of canola seeds with moisture contents

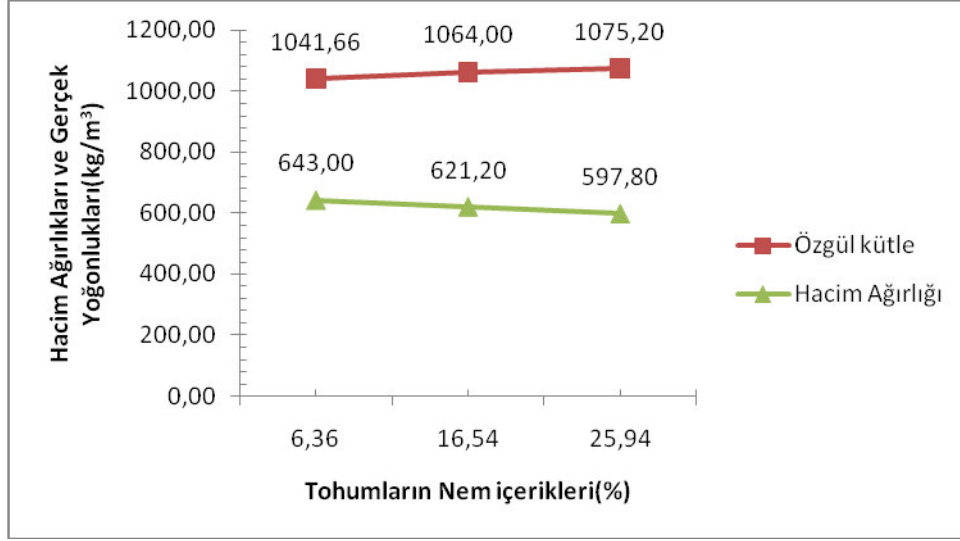
Hacim Ağırlığı ve özgül kütle

Nem içeriklerinin değişimiyle birlikte kanola tohumlarının hacim ağırlığında ve özgül kütledeki değişimler Şekil 13’de verilmiştir. Şekle göre, kanola tohumlarının hacim ağırlıkları; nemin artmasıyla üstel şekilde azalan bir eğilim göstermektedir. Bu eğilim en iyi aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilmiştir.

$$\rho_b = 667,3e^{-0,036x}; R^2 = 0,999$$

Şekil 13 de nemin % 6.36’dan % 16.54’e artmasıyla birlikte kanola tohumu danelerinin özgül kütlelerinde keskin bir artışın olduğu, daha sonra nem içeriğinin % 25.94’e çıkması durumunda özgül kütledeki artışın göreceli olarak yavaş bir artışla seyrettiği görülmüştür. Özgül kütledeki değişim eğilimi aşağıda belirtilen eşitlik ile ifade edilebilmektedir.

$$\rho_t = -5,57x^2 + 39,05x + 1008,2; R^2 = 1$$



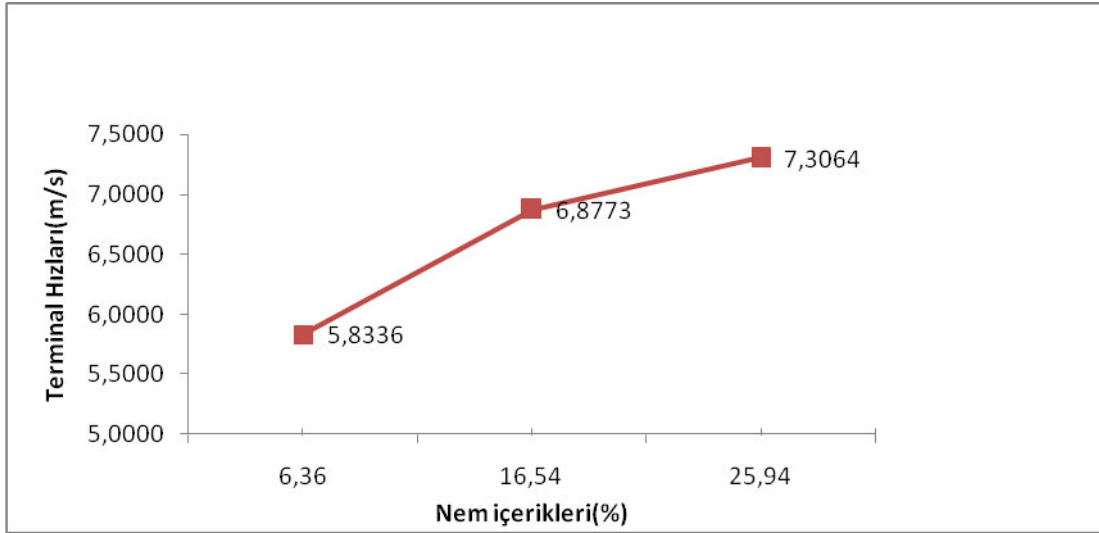
Şekil 13. Kanola tohumunun nem içeriklerindeki değişime bağlı hacim ağırlığı ile özgül
Figure 13. Magnitudes of change of the bulk and true densities of canola seeds according to moisture contents

Terminal Hız

Kanola tohumlarının terminal hızları Şekil 14’de verilmiştir. Nem içeriklerinde % 6.36’dan % 25.94’e doğru artış seyri izlenirken, kanola danelerinin terminal hızlarının 5.834 ms⁻¹’den

7.3064 ms⁻¹’e doğru arttığı bulunmuştur. Kanola danelerinin neme bağlı terminal hızlarındaki değişime ilişkin bu sonuçlar en iyi şekilde aşağıda verilen formülle ifade edilebilmiştir.

$$V_t = 1,358 \ln(x) + 5,861; R^2 = 0,9926$$



Şekil 14. Nemde değişime bağlı terminal hızlar
Figure 14. Terminal velocities of canola seeds with moisture contents

Kanola ve kolza tohumlarının neme bağlı fiziksel ve aerodinamik karakteristiklerine ilişkin bazı araştırmacılar tarafından yürütülen denemelerle kalınlık, uzunluk, genişlik, hacim ve yüzey alanı gibi boyutsal parametrelerinin nem

içeriklerindeki artışlarla arttığı gözlemlenmiştir (İzli *et al.* 2009, Razavi *et al.* 2009; Panasiewicz *et al.* 2012). Benzer sonuçlar yukarıda belirtilen incelemelerle uyumlu şekilde bu çalışmada da kaydedilmiştir. Bu çalışmada kanola tohumlarının

küresellik değerleri; sırasıyla dane nem içerikleri % 6.36, 16.54 ve 25.94'e dayalı olarak % 91.00, 92.40 ve 92.10 olarak hesaplanmıştır. Nem içeriği % 6.36'dan % 16.54'e artarken küresellik % 91.00'den % 92.40'a yükselmiş, ancak nem içeriğinin % 25.94'e arttığı durumda % 92.10'a gerilemiştir. Benzer yönde sonuç ve bulgular, arpada Sologubik *et al.* (2013), kapari tohumu için (Sessiz *ve ark.* 2007 ve bamya için ise Sahoo and Srivastava (2002) tarafından bildirilmiştir.

Kanola danelerinin nem değerleri % 6.36'dan % 25.94'e artarken bin dane ağırlık değerleri 3.81, 4.195 ve 4.697 g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar; doğrusal bir artış davranışı sergilemiştir. Bin dane ağırlıkları konularında benzer değişken eğilimler; *Moringa oleifera*, yeşil buğday, soya fasulyesi, nohut ve kimyon tohumları için de kaydedilmektedir (Al-Manash and Rababah 2007; Aviara *et al.* 2013; Desphande *et al.* 1993; Dutta *et al.* 1988; Singh and Goswami 1997). '*Turan*' çeşidi kanola tohumlarının projeksiyon alanıyla ilgili nem içeriklerindeki değişimle birlikte oluşan değişimlere gelince, x – düzlemine göre konkav bir polinomial artış seyri izlenmesine karşın, y – ve z – düzlemlerine göre kanola danelerinin projeksiyon alanları konveks bir polinomial artış sergilemiştir.

Bilgisayar destekli sayısal görüntü işleme ve analiz yazılımları olan ImageJ 1.47v ile Myriad v8.0 paket programlarının kullanımı yoluyla ve farklı düzlemlere göre (5) numaralı eşitliklerin kullanımıyla hesaplanmış olanlarla ImageJ 1.47v paket yazılımıyla elde edilen kanola danelerinin projeksiyon alanı değerleri birbirlerine çok yakın sonuçlar vermiştir. Değişik granüler yapı malzemelerin porozite değerleri ile ilgili olarak, Damian (2014); hardal tohumları için porozite ve nem içerikleri arasında polinomial bir ilişkinin varlığını ortaya çıkarmıştır. Baryeh (2002) de akdarı (millet) tohumları için benzer bulguları kaydetmektedir. Porozitenin tanecikli materyallerin hacim ağırlığı ile özgül kütlelerinin bir fonksiyonu olmasından dolayı, porozite düzeyleri üzerindeki sapmaların miktarı; materyallerin nem içeriklerindeki artışlarla birlikte bu iki değişken üzerinde oluşacak değişikliklerden etkilenmiş olacaktır.

Terminal hızların kanola tohumlarının nem içeriklerindeki değişimlerle birlikte değişeceği görülmüştür. '*Turan*' çeşidi kanola tohumlarının nem içerik artışları; bu çalışma neticesinde, logaritmik değişen bir artış eğilim eğrisi ile en isabetli şekilde temsil edilebilecek olan, tohumların terminal hızlarında yükselişler ortaya çıkardı. Oluka ve Eze (2014); kendi yürüttükleri çalışmalarında *Nerica* bitkisi tohumları için nem içerikleri ile terminal hızları arasında polinomial değişen bir artış ilişkisi göstermişlerdir.

4.Sonuçlar

'*Turan*' çeşidi kanola tohumlarının neme bağlı fiziksel özellikleri üzerinde gerçekleştirilen bu araştırma çalışmaları, aşağıda sıralanan kestirimlere götürmektedir:

1. '*Turan*' çeşidi kanola bitkisinin tohumlarının fiziksel özellikleri, tohum nem içeriklerinin bir fonksiyonu olarak sapmalar göstermiştir.

2. Uzunluk, genişlik, aritmetik ve geometrik ortalama çaplar, yüzey(projeksiyon) alanları, hacimleri, küresellik, basıklık ve eşdeğer küre çapları, kanola tohumunun fiziksel özelliklerinden geometrik ve volumetrik özellikleri olup, tüm nem içerik düzeyleri ile birlikte doğrusal şekilde değişmişlerdir.

3. Kanola tohumları nem içerikleri karşısında hacim ağırlığındaki değişim; üstel azalış trendi üretmiş, buna mukabil kanola tohumlarının özgül kütlesi (gerçek yoğunluğu) doğrusal olmayan ikinci derece eğilim eğrisi izlemiştir.

4. Ölçülen porozite; ikinci mertebe değişim trendi eğrisi ortaya koyan, % 38.27'den % 42.22'e doğru değişim gösteren değerleri almıştır.

5. Bu deneysel araştırma çalışmasıyla incelemeye tabi tutulan terminal hızların kanola tohumlarının nem içeriklerindeki değişime karşı logaritmik bir değişim seyri izleyeceği sonucu bulunmuştur.

Kaynaklar

- Anonymous. (2008). Biology of *Brassica Napus* L. (Canola). Version 2. Australian Government. Office of Gene Technology Regulator (OGTR). February. [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola-/\\$FILE/biologycanola08_2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola-/$FILE/biologycanola08_2.pdf). Accessed to web: 16.03.2016.
- Al-Manash, M. A. and Rababah, T. M. (2007). Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Green Wheat. *Journal of Food Engineering*, 79.
- Aviara, N.A., Oluwole, F.A., Haque, M.A., (2005). Effect of moisture content on some physical properties of sheanut (*Butyrospermum paradoxum*). *International Agrophysics* 19, 193–198.
- Aviara, N. A., Power, P. P. and Abbas, T. (2013). Moisture Dependent Physical Properties of Moringa oleifera Seed Relevant in Bulk Handling and Mechanical Processing. *Industrial Crops and Products*, 42. 96-104. www.elsevier.com/locate/indcrop.
- Baryeh, E. A. (2002). Physical Properties of Millet. *Journal of Food Engineering*, 51.
- Bell, K. (2000). Visual Identification Of Small Oilseeds And Weed Seed Contaminants. Canadian Grain Commission (CGC). Grain Biology Bulletin No. 3. 34 pages.
- Çalışır, S., Marakoğlu, T., Ögüt, H. and Öztürk, Ö. (2005). Physical Properties of Rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). *Journal of Food Engineering*. 69(1), 61 – 66.
- Colton, B., Potter, T. (1999). History. In “Canola in Australia: The First Thirty Years”. (Eds: Salisbury, P. A., Potter, T. D., McDonald, G., Green, A. G.). pp.1-4. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress.
- Dash, A. K., Pradhan, R.C., Das, L.M., and Naik, S.N. (2008). Some Physical Properties of Simarouba fruit and Kernel. *Int. Agrophysics*, 22. 111-116.
- Davies R.M. (2010). Some physical properties of arigo seeds. *Int. Agrophys.*, 24, 89-92.
- Desphande, S. D., Bal, S. and Ojha, T.P. (1993). Physical Properties of Soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56. 89-98.
- Dutta, S. K., Nema, V. K. and Bhardwaj, R. K. (1988). Physical Properties of Gram. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 39. 269-275..
- Gorial, B.Y. and J.R. O’callaghan, (1990). Aerodynamic properties of grain/straw materials. *J. Agric. Eng. Res.*, 46: 275-290.
- Güner, M. (2006). Determination of Pneumatic Conveying Characteristics of Some Agricultural Crops. TÜBİTAK Project, TOGTAG 3258.
- İzli, N., Ünal, H. ve Sincik, M. (2009). Physical and Mechanical Properties of Rapeseed at Different Moisture Content. *International Agrophysics*. 23. pp. 137 -145.
- Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R. Ve Jain, R. K. (2006). Moisture Dependent Physical Properties of Dried Pomegranate Seeds (Anardana). *Journal of Food Engineering*. 75, 492 – 496.
- Mohsenin, Nuri N., (1986). *Physical Properties of Plant And Animal Materials*(Second Revised and Updated Edition). Gordon and Breach, Science Publishers, Inc., Newyork, USA.
- Ogunjimi, L. O., Aviara, N. A., and Aregbesola, O. A. (2002). Some Engineering Properties of Locust Bean Seed. *Journal of Food Engineering*. 55(2), 95–99.
- Oluka, S.I. and Eze, P. C. (2014). Selected Physical and Aerodynamic Properties of Nerica. *Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET)*, Volume 22 (No.3).
- Oluwole, F., Aviara, N. and M. Haque. (2007). Effect of Moisture Content and Impact Energy on the Crackability of Sheanut. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript FP 07 002 Vol. IX. October,
- Öztürk, T. and Esen, B., (2008). Physical and mechanical properties of barley. *Agric. Trop.Subtrop*. 41 (3), 117–121.
- Panasiewicz, M., Nadulski, R., Zawislak, K., Mazur, J. ve Sobczak, P. (2012). Influence of Moisture Content on Selected Physical Properties Of Rapeseeds And The Processes Of Cleaning And Separation. *TEKA. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 12(1), 191 – 194.
- Razavi, S.M.A., Mohammad, A. A., Rafe, A., and Emadzadeh, B., (2007). The Physical Properties Of Pistachio Nut And Its Kernel As A Function Of Moisture Content And Variety. Part III. Frictional Properties. *J. Food eng.*, 81, 226-235.
- Razavi, S. M. A., Moghaddam, T. M. and Amini, A. M. (2008). Physical – Mechanical Properties and Chemical Composition of Balangu (*Lallemantia royleana* (Benth. In Walla)) Seed. *International Journal of Food Engineering*. 4(5), 10 pages.
- Razavi, S. M. A., Yeganehzad, S. and Sadeghi, A. (2009). Moisture Dependent Physical Properties of Canola Seeds. *J. Agric. Sci. Technol*. 11, 309 – 322.
- Sahoo, P. K. and Srivastava, A. P. (2002). . Physical Properties of Okra Seeds. *Biosystems Engineering*, 83. 441-448.
- Sessiz, A. , R. Esgici and S. Kızıl. 2007. Moisture-dependent physical Properties of caper (*Capparis Ssp*) Fruit. *Journal Of Food Engineering*”, 79,1426-1431. Elsevier, London
- Singh, K.K. and Goswami, T.K. (1996). Physical Properties of Cumin Seed. *Journal of Agricultural*

- Engineering Research. Volume 64, Issue 2, June 1996, Pages 93–98.
- Sitkei, G. and Bars, S. (1986). Mechanics of agricultural materials. Budapest: Academia Kiadó.
- Sologubik, C. A., Campanone, L. A., Pagano, A. M. and Gely, M. C. (2013). Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Barley. *Industrial Crops and Products*, 43. 762-767.
www.elsevier.com/locate/indcrop.
- Tabatabaeefar, A. (2003). Moisture-Dependent Physical Properties of Wheat. *International Agrophysics*, 17. 207-211.
<https://cals.arizona.edu/fps/sites/cals.arizona.edu/fps/files/cotw/Canola.pdf>. Accessed to web: 16.03.2016. 15.04
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Spheroid>. Accessed to web: 16.03.2016.