

BADEM ÇEKİRDEĞİ YIĞINININ HAVA AKIMI DİRENCİNİN BELİRLENMESİ

Saadettin YILDIRIM¹, Sefa TARHAN²

ÖZET

Bu çalışmada yığın haldeki badem çekirdeklerinin hava akımına karşı göstermiş olduğu direncin belirlenmesi amaçlanmıştır. Gücünü 4 kW lık bir elektrik motorundan alan bir santrifüj fan, hava dağılım odası ve silindirik depodan oluşan bir deney düzeneğinden faydalanılmıştır. Denemelerde 0,05 ile 2,93 m³m²s⁻¹ hava hızı aralıklarında ortaya çıkan basınç düşüşü deneysel olarak üç tekerrürlü ölçülmüştür. Deneysel ortamda hava hızlarına bağlı ölçülen basınç düşüşlerinin Shedd ve Hukill-Ives eşitlikleri ile matematiksel olarak modellenmesi amacıyla matlab istatistik toolbox aracılığı ile none-linear regression analizi yapılmıştır. Deneysel olarak ölçülen basınç kaybının Shedd ve Hukill-Ives eşitlikleri ile tanımlanmasında iyilik derecesi olarak tahminleme katsayısı (The coefficient of determination-R²) ve Ortalama Kareler Hatası Kökü (Root Mean Square Error-RMSE) değerleri kullanılmıştır. Sonuç olarak her iki model de badem çekirdeğinin hava akımı direncini denemelerde seçilen 0,05 ile 2,93 m³m²s⁻¹ hava hızı aralıklarında yüksek iyilik dereceleriyle (R²>0.95 ve RMSE< 458 Pam⁻¹) tahmin edebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Badem, hava direnci, modelleme

Determination of Air Resistance of Almond Pit

ABSTRACT

This study was conducted in order to determine air resistance of almond pit. The experimental unit consisted of a centrifugal fan powered by a 4 kW electrical motor, air distribution room and cylindrical container. Pressure drop across bulk almond pit was measured with three replications at flow rate ranging from 0,05 to 2,93 m³m²s⁻¹, experimentally. Shedd's and Hukill-Ives equations were used to model airflow resistance of almond pit due to their recognitions as a standard method and versatility. Therefore, these two models were fitted to the experimental pressure drop data for the almond pit using nonlinear regression analysis. Matlab nonlinear regression program was used to fit the experimental data to these models and to determine the constants of A, B, C, and D of the models. The coefficient of determination (R²) and Root Mean Square Error (RMSE) of the pressure drop prediction were used to evaluate the fitting of the models to the experimental data. The results of model fitting suggested that both equations could be used to predict airflow resistance of apricot kernel with a high goodness of fitting (R²>0.95 and RMSE<Pam⁻¹).

Key Words: Almond pit, air resistance, modelling, air resistance of almond pit

GİRİŞ

Badem (*Amygdalus communis* L.) İç Anadolu, Akdeniz ve Marmara bölgeleri başta olmak üzere her bölgemizde yetiştiriciliği yapılan çok yıllık bir bitkidir. Anavatani Orta ve Batı Asya'dır. Buradan Çin, Hindistan, İran, Suriye ve Akdeniz ülkelerine yayılmıştır. Türkiye hektar başına 3000 ile 3400 kg verim ve yıllık 75.055 ton üretimle badem yetiştiriciliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada badem üretiminde (1.912.690,00 ton), Türkiye ABD, İspanya, Avustralya, İtalya, İran, Fas, Suriye'den sonra 8. sırada yer almaktadır (FAO, 2012). Badem iç çekirdeği yüksek protein (%15,64) ve doymamış yağ asitlerinden (linoleic, linolenic ve oleic acids) oluşan yüksek yağ (%35–40) içeriğine sahip olduğundan sağlıklı beslenme bakımından önemli ve iyi bir besin kaynağıdır (Kalyoncu, 1990). Badem iç çekirdeği tuzlu ve kavrulmuş ürün olarak tüketildiği gibi tatlılarda, helva ve şekerlemelerde, kek, dondurma ve çikolatalarda bileşen olarak yaygınca kullanılır.

Badem hasadı ve işlenmesi elle gerçekleştirilir. Harmanlama genellikle sert zeminlerde el yapımı

harman makineleri ile yapılır. Harmanlama, depolama ve pnömatik taşıma gibi işlemlerde, tasarım ve optimizasyonun gerçekleştirilmesi için bademin fiziksel özelliklerinin yanında aerodinamik özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Tarımsal ürünlerin aerodinamik özellikleri, birçok tarım makinesinin tasarımı için gereklidir. Tarımsal ürünlerin aerodinamik özellikleri iki grupta incelenebilir. Birincisi, yığın halindeki ürünlerin hava akımına gösterdiği dirençtir. İkincisi de, tarımsal ürünlerin son hız değerleridir (Yağcıoğlu, 1996). Havasız ortamda, bütün cisimler yer çekimi dolayısıyla eşit olan ivmeyle yere düşerler. Gerçek atmosferik şartlarında serbest düşme yapan bir cismin ivmesi hava direnci sebebiyle bir süre sonra durur ve cismin sabit bir hızla düşmeye devam eder. Düşen cismin eriştiği maksimum hıza kritik hız (terminal velocity) denir. Tarımsal ürünlerin birbirlerinden veya başka yabancı cisimlerden (taş parçacığı, toz, sap, kavuz, saman, vb.) ayrılmasında kullanılacak makinelerin tasarımında ve pnömatik iletim sistemlerinin tasarımında son hız özelliklerinden yararlanılmaktadır.

¹Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın

²Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Tokat

Kurutma ve havalandırma işlemlerinden beklenen yarar yeterli miktarda havanın ürün yığımından geçebilmesine bağlıdır. Kurutma sırasında tane neminin azaltılması, havalandırma sırasında ise yığın ilk sıcaklığının yükselmesini önlemek amacıyla geçirilmek istenen hava akımı, tanelerin arasından geçerken doğal olarak bir dirençle karşılaşır. Yığından geçirilmek istenen hava, karşılaştığı bu direnci yenecek statik basınca sahip olmak zorundadır.

Tarım ürünlerinin hava akımına karşı direncin belirlenmesi ve kritik hız konularında birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır. Yağcıoğlu ve Servi (1990)'nin çeşitli tarım ürünlerinin hava akımına gösterdikleri direncin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tarım ürünlerinin kurutma ve havalandırma işlemlerinde, amaca uygun fan seçilerek enerji tüketiminin en aza indirilmesinde ürün yığınının hava akımına karşı gösterdiği direncin bilinmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla beş değişik ürün yığımından beş değişik hızda hava akımı geçirilerek, ürünlerin gösterdiği dirençleri belirlemiştir. Elde edilen verilere göre, ürün yığınının hava akımına gösterdiği direnç hava hızına bağlı olarak artmakta, eşdeğer çapı 5 mm'nin üzerindeki ürünlerde, dane şekilleri küreselliğe yaklaştıkça azalmaktadır. Yağcıoğlu ve Bozkurt (1985)'un, NK PX 616 çeşidi tanelenmiş mısır yığınının hava akımına gösterdiği direncin saptanması üzerine yaptıkları bir araştırmada; herhangi bir tarım ürünü yığımından geçirilen hava akımının uğrayacağı basınç düşümünün değerinin bilinmesi, uygulamada birçok kazançlar sağlayacağını ifade etmişlerdir. Bu kazançların en önemlisi, en küçük güç tüketimi ile en uygun hava basıncının sağlanacağı fan seçiminin belirlenmesidir. Çünkü genel olarak fanın havaya kazandıracağı statik basıncın bir kat artması, güç tüketiminde 8-10 kat arasında bir artışa neden olmaktadır. Işık ve Yüksel (1991)'in ikinci ürün fasulyenin hava akımına karşı gösterdiği direnci belirlemiştir. Temizlenmiş ve temizlenmemiş fasulyeler üzerinde, değişik hava akımlarında gerçekleştirilen ölçümler, hava akım hızının artmasının, statik basınç kaybını arttırdığı ve bu artışın ürünün nem içeriğine ve yabancı madde oranına bağlı olarak değişik boyutlarda olduğunu göstermişlerdir. Yıldız ve ark. (1985)'nin mısır, soya fasulyesi ve yarfıstığı yığınlarının hava akımına karşı gösterdikleri direncin değişimi konusunda yaptıkları araştırmada ele alınan ürünlerin hava akımına karşı gösterdikleri direnç yüklemeye derinliğine bağlı olarak artmıştır. Bu artış yüksek hava hızlarında daha büyük değerdedir. Yarfıstığına kıyasla daha az, soya fasulyesine kıyasla köşeli tane yapısına sahip olan mısırın hava akımına gösterdiği direnç daha fazladır. Mısır ve soyada nem içeriğinin artmasıyla hava akımına gösterilen direnç azalmıştır. Bu nedenle vantilatör seçiminde minimum nem içeriği dikkate alınmalıdır. Dursun ve Güner (1997)'in portakal ve elmanın hava akımına gösterdiği direncin belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada

ürün fiziksel özelliklerinin ve yığın özelliklerinin hava akımına karşı direnç üzerine etkilerini incelemiştir. Ürün çapının artmasıyla yığının hava akımına gösterdiği direncin azaldığını bildirmişlerdir. Bunun nedeni, ürün çapının artmasıyla yığının boşluk hacminin artması ve buna bağlı olarak hava akımına gösterilen direncin azalmasıdır. Ürünün silo içerisine yüklenme biçimine bağlı olarak porozitesi ve hacim ağırlığı değişmektedir. Yığın hacim ağırlığının ve porozitenin değişmesi ise hava akımına gösterilen direncin değişmesine neden olmaktadır. Ürün yüklemeye biçimi (rasgele yığma ve dizme) ile basınç düşmesi arasındaki ilişki hem portakal hem de elma çeşitlerinde ürünün, siloya dizilerek yüklenmesi durumunda hava akımına gösterilen direncin yığma şeklindeki yüklemeye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Hava hızına bağlı olarak yığma şekline göre silonun dizilerek doldurulması ile basınç düşmesi, portakalda %12.2 ile %18.7; Golden çeşidi elmada %20.2 ile %25.8; Starking çeşidi elmada ise %12.2 ile %12.9 arasında artmıştır. Sokhansanj ve ark. (1990) yaptıkları çalışmada mercimek yığınının hava akımına göstermiş olduğu direnci incelemiştir. Kullandıkları hava hızı değerleri 0.0019 ile 0.1920 $m^3 m^{-2} s^{-1}$ arasında değişmiştir. Temiz mercimeğin hava akımına göstermiş olduğu direncin değeri tane mısırın direncinden 2.5 kat daha fazla olduğu ve buğdayın havaya göstermiş olduğu direncin 0.7 katı olduğunu bulmuşlardır. Mercimeğin nem içeriğinin %1 artması mercimeğin hava akımına gösterdiği direnci %2.5 kat artırmıştır. Mercimeğin tane boyutları artıkça hava akımına gösterdiği direncin düşük ve orta hava hızı değerlerinde (0.0028 ile 0.0272 $m^3 m^{-2} s^{-1}$) azalırken, yüksek hava hızı değerlerinde (0.0272 ile 0.5926 $m^3 m^{-2} s^{-1}$) artış göstermiştir. Sıkıştırılarak mercimek yığınının hacim ağırlığının %9 artırılması hava akımına gösterdiği direnci hava hızına bağlı olarak %34 ile %69 oranında arttırmıştır. Yığın içerisindeki küçük kırık tane parçacıklarının artması hava akımına gösterilen direnci arttırmıştır. Mısır yığınının yatay yöndeki hava akımına gösterdiği direnç düşey yöndeki hava akımına gösterdiği direncin yaklaşık yarısına eşittir. Kural ve Çarman (1997)'nin bazı deneli ürünlerin aerodinamik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında; son hızın çavdarda 11.29-11.33 ms^{-1} , asperde 11.94-12.00 ms^{-1} , nohutta 14.09-14.14 ms^{-1} ve fasulyede 14.11-14.20 ms^{-1} arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu ürünlerin sürüklenme katsayıları ise çavdarda 0.27-0.31, asperde 0.23-0.3, nohutta 1.22-1.29 ve fasulyede 0.44-0.50 değerleri aralıklarında olduğunu belirtmişlerdir. Son hızın, danenin ağırlığı, izdüşümü alanı ve küreselliğinden etkilendiğini tespit edilmiştir. Yıldız ve ark. (1985)'nin bazı tarımsal ürünlerde son hız ve dane boyut özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada kritik hız değeri, soya çeşitlerinde 11-14 ms^{-1} , mısırın PX-9646 çeşidinde 9-13 ms^{-1} , Decalp XL72-AA çeşidinde 11-22 ms^{-1} , Balcalı-85 buğday çeşidinde ise 7-9 ms^{-1} arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Belirlenen değerlerin

altındaki hava hızlarında, üründen daha hafif materyallerin temizlenmesi olasıdır. Ayrıca bazı sürtünme kayıpları dikkate alınarak seçilecek hava hızlarında ürünler pnömatik sistemlerle bir yerden başka bir yere taşınabileceğini ifade etmişlerdir. Nimkar ve Chattopadhyay (2002), yeşil gram (*Vigna radiata* L.)'bitkisinin tohumlarının hava akımına gösterdiği direnci farklı çalışma şartları için belirlemişlerdir. Dikkate alınan çalışma şartları %8.16-16.65 (kuru baz) nem içeriği yığın, 0.0104-1.0875 m³m⁻²s⁻¹ hava hızı, 0.2-0.6 m yığın derinliği ve 760- 855 kgm⁻³ yığın hacim ağırlığıdır. Yeşil gramın hava akım direnci, yüksek hava hızında, yüksek yığın derinliğinde ve düşük nem içeriğinde artmıştır. Sonuçlar, %1 oranında nem içeriğindeki artışın %2.43 civarında hava direncini azalttığını göstermiştir. %1 oranında yığın hacim ağırlığının artması hava direncini %6.6 oranında artmıştır. Deneysel veriler üç farklı eşitlikle (Shedd eşitliği, Hukill-Ives eşitliği ve değiştirilmiş Ergün eşitliği) tanımlanmıştır. Üç eşitlikte iki parametreye sahiptir. Sıkı doldurulmuş yeşil gramın hava akım direnci seyrek doluma göre %50.4 oranında daha fazla olmuşken hacim ağırlığı sadece %7.8 oranında artmıştır. Saçılık (2004), haşhaş tohumlarının hava akımına gösterdiği direnci araştırmıştır. Direncin, yığın derinliğine, nem içeriğine ve yabancı madde oranına bağlı olduğunu rapor etmiştir. Haşhaş tohumlarının hava akım direnci %6.21, %10.03, %14.19 ve %18.37 nem içeriğinde (kuru bazda) belirlenmiştir. Shed (1953), tarımsal ürünlerin hava akımına gösterdiği direnç ile hava hızı arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını göstermiş ve bir üslü fonksiyon geliştirmiştir.

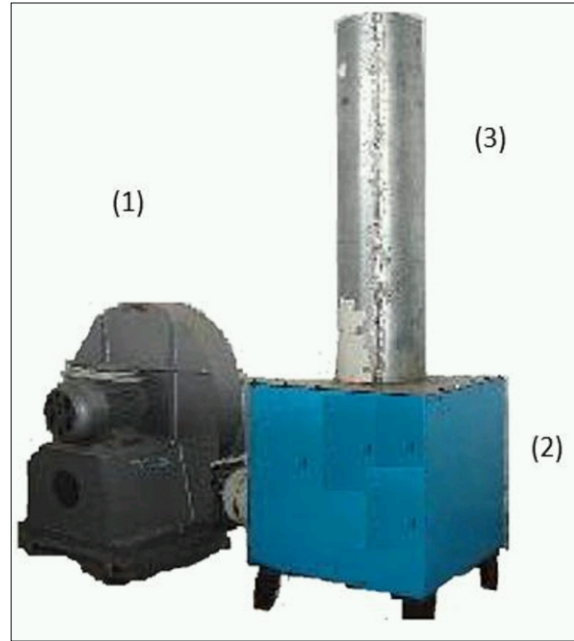
Bu çalışmada, badem çekirdeği yığınının içerisinden geçen hava akımının karşılaştığı direncin deneysel olarak ölçülmesi ve elde edilen verilerin matematiksel modeller ile açıklanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde kullanılan badem çekirdekleri Tokat ilinde yerel marketten temin edilmiştir. Badem çekirdekleri toz, toprak ve taş gibi yabancı maddelerden ve kırık çekirdeklerden elle arındırılmıştır.

Yığın halinde badem çekirdeğinin hava akımına karşı gösterdiği direncin belirlenmesi için deney düzeneği; elektronik varyatör, elektrik motoru, santrifüj fan, hava dağıtım odası ve silindirik depodan oluşmuştur. Deney düzeneğinin fotoğrafı Şekil 1'de verilmiştir. Elektronik varyatör (ABB Inc., Finlandiya) santrifüj fana hareket veren elektrik motorunun devrinin ayarlanmasında kullanılmıştır. Santrifüj fan, 1000 m³h⁻¹ debide 6000 Pa basınç sağlamakta olup 4 kW gücünde ve 380 V gerilimde çalışan bir elektrik motorundan güç almaktadır. Hava dağıtım odası, santrifüj fandan gelen havanın silindirik depoya girmeden önce hızının kesilerek eş hava basıncının sağlandığı ünitelerdir. Hava dağıtım

odası, 55x55x55 cm boyutlarında galvanizli sac malzemedan yapılmıştır. Alt kısmında 14 cm yüksekliğinde 4 adet ayak bulunmakta, yan tarafta 19 cm çapında hava giriş ağızı yer almaktadır. Fan tarafından ortamdaki emilen hava buradan içeri girmekte ve daha sonra silindirik deponun yerleştirildiği üst kısma dikey yönde geçmektedir. Havanın kendi içerisinde eş basınca sahip olması ve düzgün bir akış kazanması için üst kısımdan 5 cm içerden başlamak üzere alt alta 5 cm aralıklarla yerleştirilmiş toplam 3 adet delikli plaka bulunmaktadır.



Şekil 1. Yığın halindeki badem çekirdeklerinin hava akımına karşı gösterdiği direnci belirleme deney düzeneği: 1. Santrifüj fan, 2. Hava dağılım odası, 3. Silindirik depo

Plaka delik çapı 5 mm olup, 100 cm² alanda toplam 116 delik yer almaktadır. Silindirik depo 25 cm çapında ve 125 cm yüksekliğinde olup tabanı badem çekirdeklerinin düşmeyeceği ama havanın geçebileceği eleklerle kapatılmıştır. Silindirik deponun hava dağıtım odasına tespit edilmesi için silindirik deponun alt kenarına kare sac çerçeve kaynatılmıştır. Çerçevenin kenarlarına 10 cm aralıklarla delikler açılmış olup deliklerden civatalar yardımıyla hava dağıtım odasına tespit edilmiştir. Statik hava basıncını ölçmek amacıyla silindirik deponun taban eleğinin tam üzerine gelecek şekilde silindir kenarında bir delik bulunmaktadır. Badem çekirdeği yığını hava akımına gösterdiği direncin neticesinde yığın tabanında statik basınç yükselmesine sebep olmaktadır. Ürünün direnci arttıkça okunan statik basınç değeri de artmaktadır. Yığın içerisindeki statik basıncın ölçülmesi için silo tabanında bulunan delikten manometreye bağlı ölçüm çubuğu sokulmuştur. Ölçüm çubuğunun bir ucu kapatılmış ve

etrafına çok sayıda küçük delikler açılmıştır. Ölçüm çubuğunun diğer ucu ise bir hortum yardımıyla manometreye bağlanmıştır. Araştırmada kullanılan elektronik manometrenin (Testo 520) hassasiyeti okuma aralığına bağlı olarak 0.01 veya 0.1 mbar olmaktadır. Okuma aralığı, okunacak değer in büyüklüğüne bağlı olarak 0-20 mbar veya 0-200 mbar olarak seçilebilmektedir. Denemeler esnasında çevre havası sıcaklığı ve bağıl nemi, dijital termohigrometre (Hanna HI 8564) ile ölçülmüştür. Termohigrometre'nin hassasiyeti sıcaklık için 0.1 °C ve bağıl nem için %0.1 dir. Silindir içerisindeki badem çekirdeği yığınının geçen havanın hızını ölçmek amacıyla silindirik deponun tabanından 100 cm yükseklikte bir delik daha açılmıştır. Bu delikten içeriye sokulan kızgın telli anemometre ölçüm çubuğu ile depo içerisindeki havanın akış hızı farklı noktalardan ölçülmüştür. Kızgın telli anemometre (Testo 425) 0,01 ms⁻¹ hassasiyetinde ve 0-20 ms⁻¹ okuma aralığına sahiptir. Badem çekirdekleri silo içerisine bir huni ve plastik boru aracılığıyla silo tabanından başlayarak gevşek olacak şekilde tepeleme yapmadan doldurulmuştur. Yığın derinliği 50 cm olarak uygulanmıştır.

Badem çekirdeklerinin silo içerisine doldurulmasından sonra basınç ölçüm çubuğu silo tabanında bulunan delikten sokularak silo orta noktasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. 25 cm çapındaki bir silindir içerisinde 50 cm derinliğinde yığılan badem çekirdeklerinin hava akımına gösterdiği direnç 8 farklı fan devrinde belirlenmiştir. Seçilen devirde fan 1 dakika çalıştırdıktan sonra statik basınç değeri ve hava hızı değerleri ölçülerek kayıt edilmiştir. Denemelere düşük fan devrinden yüksek fan devrine doğru sıra takip edilerek denemeler yapılmıştır. Badem çekirdeklerinin hava akımına gösterdiği direnç değeri 1 metre derinliğinde meydana gelen basınç düşüşü olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla 50 cm çekirdek yığın derinliğinde ölçülen statik basınç değerleri 0.5'e bölünerek direnç değeri hesaplanmıştır. Denemeler üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Birinci tekerrür bittikten sonra, silo alt kenarında bulunan kapak açılarak badem çekirdekleri silodan boşaltılmıştır. Boşaltma işleminden sonra kapak tekrar hava sızdırmayacak şekilde kapatılmış ve badem çekirdekleri siloya bir kez daha doldurularak diğer tekerrürler sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

Tarımsal ürünlerin hava akımına gösterdiği direncin belirlenmesinde standart metot olarak Shedd (Shedd, 1953) ve Hukill-Ives (Hukill ve Ives, 1955) eşitlikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Shedd eşitliği dar aralıklarda hava akımı için (0.005-0.3 m³m⁻²s⁻¹), Hukill-Ives eşitliği ise daha geniş aralıklarda hava akımı (0.01⁻² m³m⁻²s⁻¹) için hava akım direncini yeterli doğrulukla tahmin etmektedir. Bu nedenle, badem çekirdeğinin hava akımına karşı gösterdiği direncin ifade edilmesi için bu iki matematiksel model kullanılmıştır. Shedd ve Hukill-Ives modelleri aşağıda verilmiştir:

Shedd Eşitliği:

$$\Delta P = A \times V^B \quad (1)$$

Hukill-Ives Eşitliği:

$$\Delta P = \frac{C \times V^2}{\ln(1 + D \times V)} \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitliklerde:

ΔP : 1 m yığın derinliği için basınç düşüş değeri (Pam⁻¹)

V: Hava hızı (ms⁻¹)

A, B, C ve D: Eşitliklere ait katsayılardır.

Badem çekirdeği için deneysel olarak elde edilen basınç kaybı verisini Shedd ve Hukill-Ives modelleri ile tanımlamak için Matlab program ile doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan bu regresyon analizi ile bu iki modele ait katsayılar (a, b, c ve d) belirlenmiştir. Bu modellerle hava akımına karşı gösterilen direncin tahmininde iyilik derecelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde basınç kaybı tahminin katsayısı (R²) ve Ortalama Kareler Hatası Kökü (RMSE) değerleri kullanılmıştır.

SONUÇ VE TARTISMA

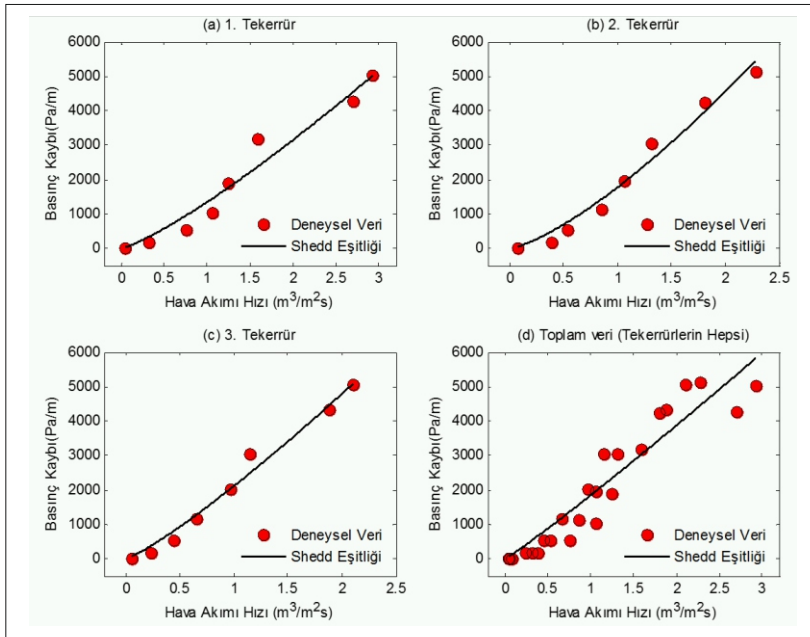
Yığın haldeki badem çekirdeklerinin hava akımına gösterdiği direnç 8 farklı fan devrinde belirlenmiştir ve bu devirlere karşılık gelen hava hızı aralığı 0,05 ile 2,93 m³m⁻²s⁻¹ olarak ölçülmüştür. Badem çekirdeğinin hava akımına karşı gösterdiği direncin modellenmesi amacıyla deneysel olarak belirlenen bu hızlara karşı ölçülen basınç kaybı verileri Shedd ve Hukill-Ives eşitliklerine uydurulmuştur. Üç tekerrürün ayrı ayrı ve toplam deneysel verinin (pooled data) Shed eşitliğine uydurulması Şekil 2 de verilmiştir. Benzer şekilde her bir deneysel tekerrür ayrı ayrı ve toplam deneysel veri Hukill-Ives eşitliği ile de ifade edilmiştir (Şekil 3). Hava akımı arttıkça farklı hava hızlarına karşılık deneysel olarak ölçülen basınç kaybında da bir artış olduğu belirlenmiştir. Bu artış doğrusal olmayan bir artıştır. Bu durum yüksek hava akımlarında daha fazla güç tüketiminin ortaya çıkması anlamına gelir.

Shedd modeli için doğrusal olmayan regresyon analizi sonucunda belirleme katsayısı (R²), sırasıyla birinci tekerrür için 0.96, ikinci tekerrür için 0.98, üçüncü tekerrür için 0.98 ve bütün deneysel veriler için 0.90 olarak bulunmuştur. Ortalama Kareler Hatası Kökü ise (RMSE) sırasıyla birinci tekerrür için 438 Pam⁻¹, ikinci tekerrür için 316 Pam⁻¹, üçüncü tekerrür için 280 Pam⁻¹ (en düşük) ve bütün deneysel veriler için 605 Pam⁻¹ olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Benzer şekilde Hukill-Ives modeli için doğrusal olmayan regresyon analizi sonucunda belirleme katsayısı (R²), sırasıyla birinci tekerrür için 0.95, ikinci tekerrür için 0.97, üçüncü tekerrür için 0.98 ve bütün deneysel veriler için 0.90 olarak bulunmuştur. Ortalama Kareler Hatası Kökü ise (RMSE) sırasıyla birinci tekerrür için 458 Pam⁻¹, ikinci tekerrür için 352

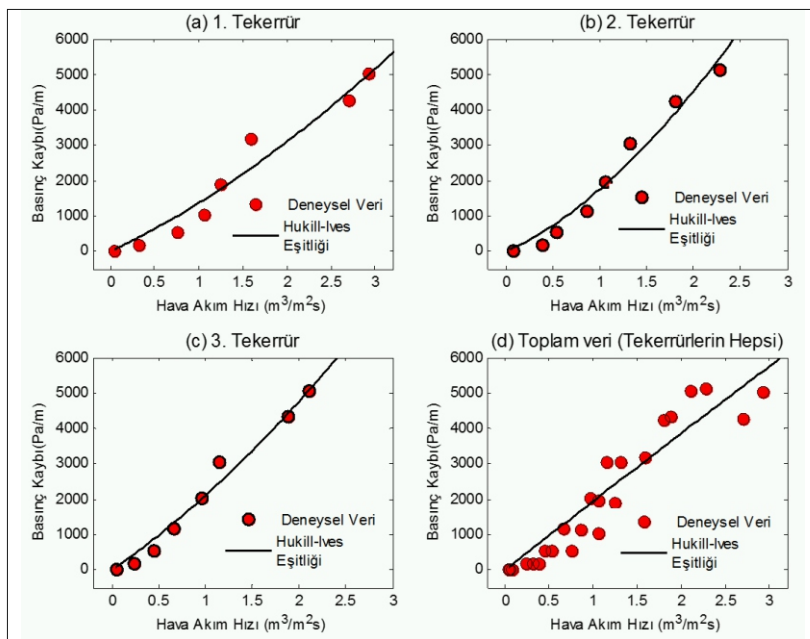
Pam^{-1} , üçüncü tekrür için 304 Pam^{-1} (en düşük) ve bütün deneysel veriler için 611 Pam^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Her iki eşitlikte eğilimi yüksek oranda temsil etmiş olup Shedd eşitliğinin kısmen daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Saçılık (2004) haşhaş tohumları yığınının hava akımına gösterdiği direnci belirlemiş ve Shed eşitliğinin Hukill-Ives eşitliğine göre deneysel veriye daha yakın sonuç verdiğini bildirmiştir. Shedd eşitliğinin kısmen daha iyi sonuç vermesi ve daha basit bir matematiksel ifade olması sebebiyle badem çekirdeği havalandırma ve kurutma

sistemlerinin tasarımında kullanılması uygundur. Sonuç olarak badem çekirdeğinin hava akımına karşı gösterdiği direncin modellemeye dayalı olarak tahmin edilmesi için Shedd ve Hukill-Ives Modelleri kullanılabilir. Her iki modelde basınç kaybı tahmin etmede oldukça yüksek iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak badem çekirdeğinin hava akımına karşı gösterdiği direncin modellemeye dayalı olarak tahmin edilmesi için Shedd ve Hukill-Ives Modelleri kullanılabilir. Her iki modelde basınç kaybı tahmin etmede oldukça yüksek iyilik derecesine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Hava akım hızı ve basınç düşümü ile ilgili deneysel verilerin Shedd eşitliğine uydurulması



Şekil 3. Hava akım hızı ve basınç düşümü ile ilgili deneysel verilerin Hukill-Ives eşitliğine uydurulması

Çizelge 1. Shedd eşitliğinin tahmin edilen model katsayıları ve model iyilik derecesi

Deneme	Model Katsayıları		Model İyilik Derecesi	
	A	B	R ²	RMSE
1.Tekerrür	1343	1.224	0.96	438
2.Tekerrür	1768	1.361	0.98	316
3.Tekerrür	2108	1.182	0.98	280
Toplan veri	1843	1.070	0.90	605

Çizelge 2. Hukill-Ives eşitliğinin tahmin edilen model katsayıları ve model iyilik derecesi

Deneme	Model Katsayıları		Model İyilik Derecesi	
	C	D	R ²	RMSE
1.Tekerrür	182	0.360	0.95	458
2.Tekerrür	614	1.246	0.97	352
3.Tekerrür	279	0.357	0.98	304
Toplam veri	-8.66	-0.01	0.90	611

KAYNAKLAR

- FAO (2012). Statistical database. Available: <http://www.fao.org>.
- Dursun E, Güner M (1997) Portakal ve Elmanın Hava Akımına Gösterdiği Direncin Belirlenmesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, s. 673-682, Tokat, Türkiye.
- Hukill W V, Ives N C (1955). Radial airflow resistance of grain. Agricultural Engineering, 36: 332-335
- Işık E, Yüksel G (1991) İkinci Ürün Fasulyenin Hava Akımına Karşı Gösterdiği Direncin Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8: 79-84, Bursa, Türkiye.
- Kalyoncu I H (1990) A Selection Study on Determining Important Characteristics Of Almond Trees in Turkey, Master Thesis, University of Ondokuz Mayıs, Samsun, Turkey.
- Kural H, Çarman K (1997) Bazı Daneli Ürünlerin Aerodinamik Özellikleri, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 611-623, Tokat, Türkiye.
- Nimkar P M, Chattopadhyay P K (2002) Airflow Resistance of Green Gram, Biosystems Engineering 82: 407-417 Kharagpur, India.
- Saçılık S (2004) Resistance of Bulk Poppy Seeds to Airflow, Biosystems Engineering 89: 435-443.
- Shedd C K (1953) Resistance of Grains and Seeds to Airflow. Agricultural Engineering, 34:616-619.
- Sokhansanj S, Falacinski AA, Sosulski F W, Jayas D S, Tang J (1990) Resistance of Bulk Lentils to Airflow. Transactions of ASAE, 33:1281-1285.
- Yağcıoğlu A (1996) Ürün İşleme Tekniği Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 517, Bornova, İzmir, Türkiye.

Yağcıoğlu A, Bozkurt L (1985) NK PX 616 Çeşidi Tanelenmiş Mısır Yığınının Hava Akımına Gösterdiği Direncin Saptanması, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, s.239-250, Adana, Türkiye.

Yağcıoğlu A, Servi C (1990) Çeşitli Tarım Ürünlerinin Hava Akımına Gösterdikleri Direncin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 1: 145-149, İzmir, Türkiye.

Yıldız Y Tuncer K, Öztekin S (1985) Bazı Tarımsal Ürünlerin Hava Akımına Karşı Gösterdikleri Direncin Değişimi, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, s. 251-262, Adana, Türkiye.

Sorumlu Yazar

Saadettin YILDIRIM
sadettin@adu.edu.tr

Adnan Menderes Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Bölümü, AYDIN

Geliş Tarihi : 27.05.2015

Kabul Tarihi : 16.06.2015