

**FARKLI DANELİ ÜRÜNLERİN SON HIZLARININ BELİRLENMESİNE AİT  
BAZI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Hüseyin ÖĞÜT\***

**Hatice KURAL\*\***

**Ebubekir ALTUNTAŞ\*\***

**ÖZET**

Daneli ürünlerin son hızları; pnömatik iletimde, temizlemede, sınıflandırma, hasad ve harman makinalarının projelendirilmesinde kullanılan önemli bir parametredir. Bu çalışmada, bazı daneli ürünlerin son hızları; deneysel, teorik ve tahmin yöntemleriyle belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre teorik son hızın nispi hatası, mercimekte % 0.17, nohutda % 21.7, tahmini son hızın nispi hatası lüpende % 1.35 ve Macar fiğinde % 20.93 olarak bulunmuştur.

**ABSTRACT**

**A COMPARASION OF SOME METHODS IN USED FOR DETERMINING OF  
TERMINAL VELOCITIES OF DIFFERENT CROPS**

Terminal velocities is very important parameter for pneumatic conveying, cleaning, classification of agricultural materials and the designing of cutting and threshing machines. In this study, terminal velocities of some seed crops are determined by experimentally, theoretically and estimation methods. According to the results, the relative error of theoretical terminal velocities is found for lentil 0.17 % and for chickpea 21.7 %, the relative error of expected terminal velocities for lupine 1.35 % and for Hungarian vetch 20.93 %.

**GİRİŞ**

Makinalardan yüksek derecede verim elde etmek ve iletilen ürünün zarar görmemesi için, tasarım sırasında istenen parametrelerin doğru belirlenmiş olması gerekmektedir. Biyolojik malzemenin tasarımında ihtiyaç duyulan başlıca özellikleri; fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Biyolojik malzemenin önemli fiziksel özelliklerinden olan aerodinamik, cisimlerin hava içerisindeki hareketleriyle, havanın bu malzemeler göstermiş olduğu direnci inceleyen bir

\* Doç. Dr., S.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, KONYA

\*\* Arş. Gör., Harran Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, ŞANLIURFA

\*\*\* Arş. Gör., Gaziosmanpaşa Üniv. Zir. Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü TOKAT  
Geliş Tarihi : 15.05.1995

bilim dalıdır (Sinn ve Özgüven, 1987).

Havanın direnci ihmal edildiğinde, bütün cisimler yerçekimi dolayısıyla aynı ivmeyle yere düşerler. Gerçekte yere düşen bir cismin ivmesi, hava direnci sebebiyle bir süre sonra durur ve cisim sabit hızla düşmeye devam eder. Cismin sabitleşen bu hızına "Son hız" veya "Limit hız" denir. Diğer bir ifadeyle son hız; havada serbest olarak düşen bir cismin ulaşabileceği maksimum hızdır. Son hız, pnömomatik iletimde, temizleme ve sınıflandırma, hasad ve harman makinalarının projelenmesinde kullanılan önemli bir veridir (Blanski, ve ark., 1962; Zoerb, 1967; Law, and Collier, 1973). Saman ve danenin son hızıyla ilgili çalışmalarda, buğday daneleri ve saplarının son hızları arasındaki farkın büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu özellik, buğdayın dane ve sapının daha kolay ayrılmasını sağlamaktadır (Gorial ve ark., 1990). Aynı prensipten yararlanarak, hasarlı fasulye danelerinin, sağlam fasulye danelerinden % 80 oranında ayrılacağı hesaplanmıştır (Tiwar, 1962). Diğer bir çalışmada ise; sapların 5 cm'den daha kısa boyuta getirilmesiyle dane ve saplarının birbirinden tamamen ayrılacağı ortaya konmuştur (Luhl ve ark., 1966).

Bu çalışmada, bazı daneli ürünlerin son hızları deneysel, teorik ve tahmini yöntemlerle belirlenmiştir. Teorik ve tahmini yöntemlerle bulunan değerlerin deneysel değerlere göre nispi hataları hesaplanarak, geçerlilikleri kontrol edilmiştir.

### **MATERYAL VE METOD**

Araştırmada kullanılan daneli ürünler ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Daneli ürünlerin boyutları Şekil 1'deki esaslara göre ölçülmüştür. Araştırmada kullanılan daneli ürünler ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

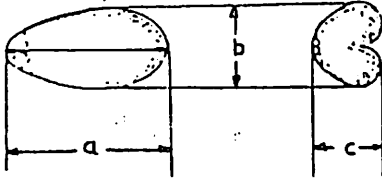
Son hızın ölçülmesi amacıyla hız ölçme seti kurulmuştur. Bu ölçme seti zaman sayacı, zaman başlatıcı ve durdurucu ünite olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. Ölçme setinin gövdesi, herbirinin iç çapı 12.5 cm, uzunluğu 100 cm olan ve birbirine geçebilen 12 adet plastik borudan oluşmaktadır.

Zaman başlatıcı ünitesinin vericisi, 12 volt geriliminde, 1/2 Watt gücünde, infrared led diyot filamentli lamba, alıcısı ile foto transistörlü yükseltici olan fotosel devresidir. Alıcı ve verici, iç çapı 0.6 cm ve birbirine uzaklığı 1.7 cm olan iki boru içerisine yerleştirilmiştir. Bu devre 12.5 cm çapında ve 15 cm boyundaki borunun üstten 0.6 cm aşağısına yerleştirilmiştir (Kural, 1994). Zaman sayacını durdurucu ünite olarak

Tablo 1. Araştırmada Kullanılan Ürünler ve Fiziksel Özellikleri

Ürün	Su İçeriği (%)*	Uzunluk a (mm)	Genişlik b (mm)	Kalınlık c (mm)	Tek Dane Ağ. (mg)
Buğday (Gerek 79)	14.95	7.45	3.11	2.76	36
Arpa (Tokak 157/37)	15.88	9.29	3.87	2.93	68
Çavdar (Anadolu)	13.30	7.83	2.20	2.31	29
Mercimek (Sultaniye)	16.24	6.96**	--	2.45	85
Mısır (Ant 90)	16.78	10.48	8.34	4.28	264
Fasulye (Yunus 90)	11.29	12.44	7.91	5.51	323
Nohut (Eser 90)	11.37	11.19	7.95	8.30	529
Lüpen (Amiga)	14.50	10.45	9.28	5.70	352
Macar fiği (Vicia Pannonica)	11.50	4.55**	--	3.44	53

\*: Kuru esas \*\*: Çap değeri

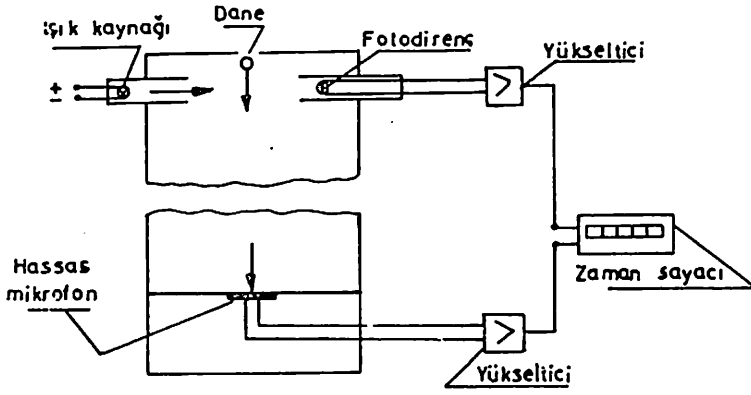


Şekil 1. Daneli ürünlerin boyut ölçüm esasları

kullanılan alüminyum levha ve bunun altındaki hassas mikrofon ve yükseltici, 12.5 cm çapında ve 11 cm uzunluğundaki bir borunun enine keside monte edilmiştir.

Zaman sayacı 9 saniye ölçüm kapasitesine sahip olup, % 0.01 hassasiyetindedir. 220 Volt ve 50 Herz'lik şehir şebekesiyle çalışmaktadır. Sayaç üzerinde, akımı kesecek bir anahtar ve sıfırlama düğmesi bulunmaktadır.

Araştırmada ürünlerin su içeriğinin belirlenmesi için, her üründen 50 gram'lık üç örnek alınarak, 105°C'de 16 saat süreyle kurutulmuştur. Kuruyan ürünler tekrar tartılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla kuru esasa



Şekil 2. Son hız ölçme setinin prensip şeması (Kural, 1994)

$$N=100 (G_1-G_2) / G_2$$

göre su içeriği belirlenmiştir (Özkaya ve ark., 1990).

N : Ürünün su içeriği (%)

G<sub>1</sub> : Ürünün yaş ağırlığı (gram)

G<sub>2</sub> : Ürün kuru ağırlığı (gram)

Ürünlerin yığın özgül ağırlığının bulunmasında, her ürün bir litrelik cam kap içerisine 12 saniyede dolacak hızda akıtılıp, kabın üzerinde ürün fazlalığı sıyrıldıktan sonra kalan ürün tartılmıştır. Ürün ağırlığı, ölçü kabının hacmine bölünüp hacim ağırlıkları belirlenmiştir.

Tek dane ağırlığının belirlenmesi amacıyla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Mohsenin, 1970; Sitkei, 1986).

$$\delta t = \frac{\delta y}{(1-\epsilon)}$$

$\delta t$  : Ürünün tek dane özgül ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>)

$\delta y$  : Ürünün yığın özgül ağırlığı (kg/m<sup>3</sup>)

$\epsilon$  : Ürünün boşluk oranı (%)

Geometrik çapın hesaplanmasında danelerin üç eksenindeki boyutunun geometrik ortalaması alınmıştır (6).

$$d_g = (a \cdot b \cdot c)^{1/3}$$

$d_g$  : Ürünün geometrik çapı (mm)

a : Ürünün uzunluğu (mm)

b : Ürünün genişliği (mm)

c : Ürünün kalınlığı (mm)

Ürünlerin eşdeğer çapının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (6).

$$d_e = [(G/\delta_t) (6/p)]^{1/3}$$

$d_e$  : Eşdeğer çap (mm)

$\delta_t$  : Tek dane özgül ağırlığı (gram)

Küresel ürünlerin şekil faktörü için (14) :

$$\text{Ş.F.} = (a.b.c)^{1/3} / a$$

Silindirik ürünlerin şekil faktörü için (14):

$$\text{Ş.F.} = d_e / d_g$$

eşitlikleri kullanılmıştır. Buğday, arpa, çavdar ve fasulye silindirik, nohut, lüpen ve macar fiği küresel olarak kabul edilmiştir.

Son hızın deneysel olarak belirlenmesinde, son hızın tanımına uygun olarak, daneler hızları sabitleşinceye kadar artan mesafelerde serbest düşmeye maruz bırakılmışlardır. Daneler ilk olarak fotosel ile diyafram devrelerinin bulunduğu boruların birleştirilmesiyle elde edilen en az yükseklikten düşürülmüştür. Dane ilk hızı sıfır olacak şekilde ölçüm setinin hemen üstünden bırakıldığında, fotoselin odağından geçerken oluşan sinyal, zaman sayacını çalıştırmış ve diyaframa ulaştığında ise gönderilen sinyalle zaman sayacı durdurulmuştur (Şekil 2). Zaman sayacında okunan değer, danenin fotosel ile diyafram arasını (0.14 m) katetme zamanıdır. Bu yükseklikte atışlar 10 tekerrürlü olarak tamamlandıktan sonra fotosel ile diyafram arasında her seferinde 1 metrelik boru eklenerek 12, 14 metreye kadar devam edilmiştir.

Her yükseklikten elde edilen mesafe ve zaman değerleri, serbest düşme denkleminde yerine yazılarak hız değerleri hesaplanmıştır.

Serbest düşme denklemi :

$$V = \frac{2x}{t}$$

V : Hız (m/s)

x : Düşme yüksekliği (m)

t : Düşme süresi (s)

Elde edilen hız değerleri ve buna karşılık gelen düşme mesafesi değerleriyle hız-düşme diyagramı çizilmiştir. Her ürün için hız artışının sifira yaklaştığı veya eğrinin yataylaştığı bölgelerdeki hıza karşılık gelen

değer, son hız olarak belirlenmiştir.

Son hızın hesap yoluyla belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır :

$$V_s(h) = 1.74 \sqrt{g \cdot d_g \cdot (\delta t - \delta h) / \delta h}$$

$V_s(h)$  : Teorik son hız (m/s)

$g$  : Yerçekimi ivmesi ( $m/s^2$ )

$\delta g$  : Geometrik çap (mm)

$\delta t$  : Ürün tek dane özgül ağırlığı ( $kg/m^3$ )

$\delta h$  : Hava yoğunluğu ( $kg/m^3$ )

Son hızın tahmini olarak belirlenmesinde de aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (14) :

$$V_s(t) = V_s(h) \cdot \text{ŞF}$$

$V_s(t)$  : Tahmini son hız (m/s)

$V_s(h)$  : Teorik son hız (m/s)

ŞF : Şekil faktörü

Teorik son hızın, deneysel son hıza göre nispi hatası aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır :

$$TH(h) = \frac{V_s(h) - V(d)}{V_s(d)}$$

TH(h) : Teorik son hızın deneysel son hıza göre nispi hatası (%)

Tahmini son hızın, deneysel son hıza göre nispi hatası ise :

$$TH(t) = \frac{V_s(t) - V(d)}{V_s(d)}$$

eşitliği yardımıyla bulunmuştur. Burada :

TH(t) : Tahmini son hızın deneysel son hıza göre nispi hatası (%)

### **ARAŞTIRMA SONUÇLARI**

Tarımsal ürünlerin tek dane ve yığın özgül ağırlıkları, boşluk oranı,

Tablo 2. Tarımsal Ürünlerin Bazı Fiziksel Özellikleri

Ürün	Yığın Özgül Ağ. (kg/m <sup>3</sup> )	Tek Dane Özgül Ağ. (kg/m <sup>3</sup> )	Boşluk Oranı (%)	Geometrik Çap (mm)	Eşdeğer Çap (mm)	Şekil Faktörü
Buğday	893	1277	27.20	4.00	3.88	1.03
Arpa	768	1059	24.47	4.72	4.80	1.02
Çavdar	860	1179	27.08	3.41	3.66	1.07
Mercimek	821	1177	30.04	4.91	5.25	1.07
Mısır	808	1200	32.64	7.21	7.61	1.06
Fasulye	890	1276	30.39	8.15	7.97	0.98
Nohut	857	1320	35.06	9.04	8.01	0.81
Lüpen	847	1138	25.58	8.21	8.52	0.79
Macar fiği	977	1306	25.20	4.15	4.33	0.91

Tablo 3. Tarımsal Ürünlerin Bazı Fiziksel Özellikleri

Ürün	Vs(d) (m/s)	Vs(h) (m/s)	Vs(t) (m/s)	TH(h) (%)	TH(t) (%)
Buğday	11.88	11.02	11.35	-7.2	-4.46
Arpa	12.16	11.12	11.34	-8.55	-6.74
Çavdar	11.31	9.97	10.67	-11.85	-5.66
Mercimek	11.97	11.95	12.79	-0.17	-6.85
Mısır	14.02	14.63	15.51	4.35	10.63
Fasulye	14.14	16.04	15.72	13.44	11.17
Nohut	14.11	17.17	13.91	21.71	-14.17
Lüpen	14.04	15.20	14.23	8.26	1.35
Macar fiği	13.33	11.58	10.54	-13.13	-20.93

geometrik çap, eşdeğer çap ve şekil faktörü değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde teorik son hızın deneysel son hızla göre nispi hatası en düşük (mercimekte) % -0.17 ile; en yüksek (nohutta) % 21.7 olarak; tahmini son hızın, deneysel son hızla göre nispi hatası ise en düşük Lüpende % 1.35 ile, en yüksek Macar fiğinde % -20.93 olduğu görülmüştür. Mercimek, mısır ve macar fiğinin teorik son hızının deneysel son hızla uygunluk gösterdiği (ancak tahmini son hızlarının uygun olmadığı), görülmüştür. Diğer ürünlerin son hızlarının tahmininde şekil faktörünün iyi bir yaklaşım olduğu ve tahmini son hızların deneysel son hızla uygunluk gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Deneyisel son hızlarla hesapla bulunan son hızların arasındaki farklılık daneli ürünlerin düzensizliğinden (düzgün şekilli olmayışından) ve bazı boyut faktörlerinden ileri gelmektedir (14). Danelerin küreselliği, boyut ve şekli yönünden oluşan farklılık tahmini son hızların uygulanabilirliğini engellemektedir.

Küresel olarak kabul edilen ürünlerde tahmini son hızlar için şekil faktörünün lüpen hariç, nohut, macar fiği ve mısır için kullanılamayacağı; buna rağmen silindirik olarak kabul edilen ürünlerde tahmini son hızlar için şekil faktörünün kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

### **KAYNAKLAR**

- Blanski, W.K., Collins, S.H., and Chu, P., 1962. Aerodynamic Properties of Seed Grains, Transaction of the American Society Agricultural Engineers 8 (1), 49-52.
- Gorial, B.V., and O'Callaghan, J.R., 1990. Aerodynamic Properties of Grain, Straw Materials, Journal of Agricultural Engineering Research, 46, 275-290.
- Hawk, A.L., Brooker, D.B., and Cassidy, J.J., 1966. Aerodynamic Characteristic of Selected Farm Grains. Transaction of the American Society Agricultural Engineers, 9 (1), 48-51.
- Kural, H., 1994. Bazı Daneli Ürünlerin Serbest Düşmede Son Hızlarının Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Law, E.S., and Collier, J.A., 1973. Aerodynamic Resistance Coefficients of Agricultural Particulates Determined by Elutriation, Transaction of the American Society Agricultural Engineers, 918-921.
- Mohsenin, N.N., 1970. The Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach, New York.
- Özkaya, H., ve Kahveci, B., 1990. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No : 14, Ankara.
- Sinn, H., ve Özgüven, F., 1987. Biyolojik Malzemenin Teknik Özellikleri I. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No : 27, Adana.
- Sitkei, G., 1986. Mechanics of Agricultural Materials Akadematical Kiado, Hungary.
- Song, H., and Litchfield, J.B., 1991. Predicting Method of Terminal Velocity For Grains, Transaction of the American Society Agricultural Engineers, Vol : 34, 225-231.



- Tiwar, S.N., 1962. Aerodynamic Behaviour of Dry Edible Beans and Associated Materials in Pneumatic Separation M.s. Thesis in Agricultural Engineering, University of Maine, Orono, Maine.
- Tunalgil, B.G., 1993. Biyolojik Malzemenin Teknik Özellikleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No : 1305.
- Uhl, J.B., and Lamp, B.J., 1966. Pneumatic Separation of Grain Straw Mixtures, Transaction of the American Society Agricultural Engineers, 24 (2), 115-129.
- Zoerb, G.C., 1967. Instrumentation and Measurement Techniques for Determining Physical Properties of Farm Product. Transaction of the American Society Agricultural Engineers, 100-109.