

ÖZET

‘BALO’ DOLMALIK BİBER ÇEŞİDİNİN AERODİNAMİK SINIFLANDIRILMA OLANAKLARININ BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Önder KABAŞ

Doktora Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı,

Danışman Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ

Ocak 2010, 121 sayfa

Bu çalışmada, ülkemizde domatesten sonra ihracat açısından oldukça önemli bir ürün grubu olan dolmalık biberin, aerodinamik olarak sınıflandırılması için gerekli olan biyolojik malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere göre ürünün aerodinamik sınıflandırılma olanaklarının saptanarak, biberin aerodinamik özelliklerine göre sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı ve kaç sınıfa ayrılabilceğinin belirlenmesi için sınıflandırma düzeneği tasarlanmıştır.

Denemeler iki aşamada yürütülmüştür. Birinci aşama kendi içinde üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde “Balo” tipi dolmalık biberin fiziksel özellikleri, ikinci bölümde materyalin akışkan yatak ortamını oluşturan hava akımı içindeki bireysel ve yığın halindeki aerodinamik özellikleri, üçüncü bölümde ise üründe işleme sırasında meydana gelebilecek mekanik zedelenmeler ve zedelenmenin büyüklüğünü belirleyecek

ve ortaya koyacak dayanım parametreleri belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise elde edilen parametrelere göre, dolmalık biberin aerodinamik özelliklerine göre sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı ve kaç sınıfa ayrılabilceğini belirlemek için sınıflandırma düzeneği tasarlanıp imal edilmiştir. Daha sonra düzeneğin iş başarısı ve güç tüketimi belirlenmiştir.

Ürünün fiziksel özelliklerinden olan uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri Ekim, Şubat ve Haziran ayındaki hasat dönemlerinde sırasıyla 52.23 ile 97.57 mm, 63.29 ile 96,80 mm ve 36.60 ile 87.57 mm olarak belirlenmiştir.

Üç farklı hasat dönemi dikkate alınarak saptanan bu fiziksel özelliklerin istatistiksel olarak farklı olması nedeniyle sınıflandırma düzeninin boyutlandırılması, elde edilen bu değerlere göre yapılmıştır.

Ürünün mekanik özellikleri incelendiğinde, yüksek kopma kuvveti, kopma dayanımı, kopma enerjisi sırasıyla 40.11 N, 0.80 MPa ve 478.70 Nmm değerleri ile Şubat ayındaki biber hasadında elde edilmiştir. En düşük kopma kuvveti, kopma dayanımı ve kopma enerjisi ise sırasıyla 10.20 N, 0.20 MPa ve 84.33 Nmm değerleri ile Ekim ayında hasat edilen biberlerde ölçülmüştür.

Varyans analizi sonuçlarına göre ürünün bazı mekanik özelliklerinin hasat dönemlerine bağlı olarak önemsiz, bazı özelliklerinin ise %5 ve %1 seviyelerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Biberin mekanik özelliklerinin hasat dönemlerine göre farklılık göstermesi nedeniyle bu farklılıklar göz önünde bulundurularak bir sınıflandırma düzeneği yapılmıştır.

Balo tipi dolmalık biberin kritik hızı 17.24 m/s ile 31.21 m/s arasında değişmektedir. Buna göre ürün kritik hızlarının 16–19, 20–23, 24–27 ve 28–32 m/s olmak üzere 4 farklı grupta yoğunlaştığı saptanmıştır. Aerodinamik özelliklerden olan kritik hız, sürüklenme katsayısı ve sürüklenme kuvveti yapılan varyans analizi sonucunda %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak hasat dönemlerine göre farklılık

göstermiştir. Ürünlerin Reynold sayısı %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Elde edilen basınç düşmesi değerleri arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ürünün en yüksek sınıflandırma etkinliği değeri 20cm/12 cm ürün çıkış ağız açıklığında ve 1.2 m/s bant hızında %96.71 olarak tespit edilmiştir. En düşük sınıflandırma etkinliği ise 40cm/12 cm ürün çıkış ağız açıklığında ve 0.2 m/s bant hızında %77.21 olarak tespit edilmiştir. Kapak açıklığının 20 cm/12 cm olduğu ve 0.7 m/s besleme hızında en yüksek sınıflandırma hassasiyeti değeri elde edilmiştir.

Yığın halindeki ürünün aerodinamik özellikleri incelendiğinde her hava hızında yığın derinliği arttıkça, basınç düşmesinde doğrusal bir artış görülmüştür. Bu durum, yığın derinliğinin artmasıyla havanın daha fazla materyalle karşılaşması ve buna bağlı olarak sürtünme alanının artmasından kaynaklanmaktadır.

Ürün çapının artması ile yığının hava akımına gösterdiği direnç azalmıştır. Bu azalma, ürün çapının artması ile yığının boşluk hacminin artması ve buna bağlı olarak hava akımına gösterilen direncin azalması ile açıklanmaktadır.

Araştırmada, Balo tipi dolmalık biberin kritik hızlarının geniş sınırlar içerisinde değiştiği saptanmıştır. Bu değişim, yapılan tekerrürlü denemeler sonucunda denemeye alınan ürünler içinde homojen bir dağılım göstermiştir. Bu değerlere göre balo tipi dolmalık biberin kritik hızlarından yararlanılarak 3 farklı sınıfa tasnif edilebileceği saptanmıştır. Geliştirilen prototip makina sabit ve laboratuvar şartlarına uygun olarak tasarlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Hasat Sonrası, Ürün İşleme, Biyolojik Malzeme Sınıflandırma, Balo, Dolmalık Biber

JURİ:

Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ (Danışman)

Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Doç. Dr. Can ERTEKİN

Doç. Dr. Hamide GÜBBÜK

Doç. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

ABSTRACT

A RESEARCH ON THE DETERMINATION of AERODINAMIC SORTING POSSIBILITIES of ‘BALO’ BELL PEPPER VARIETY

Önder KABAŞ

PhD. Thesis in Department of Agricultural Machinery

Supervisor : Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ

January 2010, page 121

In this research, it was aimed to determine the properties of 'Balo' Bell pepper, a critical product to export after tomato in our country, in respect of aerodynamic sorting and how much class pepper can be sorted according to these properties. This study aimed to design a sorting mechanism.

Experiments were conducted in two stages. The first stage consists of three parts. In the first part, the physical properties of ‘Balo’ bell pepper, and in the second part, the individual and bulk aerodynamic characteristics in air flow forming the fluidized bed environment of the material were determined. In the third part, the parameters of mechanical damage during the processing of the product were determined.

In the second stage of work, according to the aerodynamic properties, the classification mechanism was made to classify bell pepper and its success and power consumption were determined.

As a result of the experiment, the physical properties of the product length, width and thickness value as the harvest period in October, with 52.23 in 97.57 mm, in February during the harvest, with 63.29 and 96.80 mm in the period of June harvest is between 36.60 and 87.57 mm was determined to change. Since the physical properties determined according to three different harvest times showed significant differences, the dimensions of the classification design were adjusted by taking into account these values.

For the mechanical properties of the product, the highest breaking force, breaking strength, breaking energy were found to be 40.11 N, 0.80 MPa and 478.70 Nmm, respectively in February pepper harvest. The lowest breaking force, the breaking strength and energy were found to be 10.20 N, 0.20 MPa and 84.33 Nmm, respectively in October peppers harvest.

According to variance analysis results, the some mechanical properties of the product, depending on three harvest times, were determined to be significant at the 5% and 1% levels and some of them are not significant According to the mechanical properties of bell pepper for different harvest times, the classification mechanism was made.

The terminal velocity of ‘Balo’ bell pepper varied from 17.24 m/s to 31.21 m/s. Terminal velocity of products were found concentrated in the 4 different speed groups of 16–19, 20–23, 24–27 and 28–32 m/s. While the terminal velocity, drag coefficient and drag force of the aerodynamic features were significant in the different harvest periods at 1% level of statistical significance as a result of the variance analysis. Reynolds number of products was statistically significant at the 5% level. The resulting pressure drop values were statistically insignificant for the harvest periods.

The highest value of classification activity was found to be 96.71 % at the 20 cm/12 cm of product outlet and 1.2 m/s of band speed. The lowest classification activity was found to be 77.21 % in the 40 cm/12cm of product outlet and 0.2 m/s of band speed. The highest classification sensitivity was obtained from the 20 cm/12 cm of cover opening and 0.7 m/s of feed velocity.

Be analyzed at the aerodynamic characteristics of the product in stack, the stack depth increases at the each air velocity, almost a linear increase in pressure drop was observed. This situation stems from more material and air encountered with the increase of the stack depth and hence in the increase of the friction field.

With the increase in the diameter of the product, the stack resistance to air flow has decreased. This decrease can be explained with the increase of the product diameter and the volume of the stack space.

The terminal velocity of ‘Balo’ bell pepper was found to vary within wide limits. This change was found to show a homogeneous distribution as a result of the experiment replications in the product. ‘Balo’ bell pepper has been classified into three different classes. The developed prototype machine is designed according to fixed and laboratory conditions

KEY WORDS: Post-Harvest, Crop Handling, Biological Material, Sorting, Balo, Green Pepper

COMMITTEE:

Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ (Supervisor)

Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Assoc. Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK

Assoc. Prof. Dr. Can ERTEKİN

Assoc. Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

ÖNSÖZ

Giderek artmakta olan dünya nüfusunun gereksinimlerini karşılayabilmek için yeterli ve kaliteli tarımsal üretimin yapılması zorunluluk halini almıştır. Yoğun bir işgücü ve emek ile yetiştirilen ürünlerin hasat ve hasat sonrası işlemleri kontrol edilerek, en az kayıpla ve yüksek kalitede pazara sunulması, albenisinin artırılması ve belirli standartlara uygunluğu oldukça önem taşımaktadır.

Tarımsal üretimde hasat sonrası işlemlerin en önemli aşamalarından biri, ürünün belirli bir özelliğine göre sınıflandırılmasıdır. Meyve ve sebzelerin gerek taze ürün olarak, gerekse işlenmiş ürün olarak değerlendirilmesi, hem tüketici hem de üretici açısından önemlidir. Böylece üretici malına albeni ve kalite kazandırmakta, tüketici ise mali gücüne ve isteklerine uygun ürünü satın almış olmaktadır. Tüketici bilinci arttıkça satın alınacak ürünlerin standartlara uygunluğu, sınıflandırılması ve kaliteli olması zorunlu hale gelmektedir.

Tarımsal ürünlerin bu şekilde önceden belirlenen standartlara göre işlenebilmesi için belirli özelliklerine göre sınıflandırılması gerekmektedir. Bu işlemlerin yapılması sırasında ürüne verilebilecek zararın da mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir.

Tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, değişik sınıflandırma makinaları ile yapılabilmektedir. Tarımsal işletmelerde ürün sınıflandırma için kullanılan makineler iş gücünden önemli ölçüde tasarruf sağlamakta, enerji prodüktivitesini artırmakta ve gerekli olan işlemler, ürün kalitesi korunarak daha kısa sürede ve hassas bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizde domatesten sonra ihracat açısından oldukça önemli bir ürün grubu olan dolmalık biberin, aerodinamik olarak sınıflandırılması konusu ele alınmıştır. Bu bağlamda, ürünün sınıflandırılması için gerekli olan biyolojik malzeme özelliklerinin belirlenmesi, bu özelliklere göre aerodinamik sınıflandırma olanaklarının saptanması ve ürünün aerodinamik olarak sınıflandırılmasını sağlayacak bir düzeneğin projelendirilmesi ve prototip imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmalarım boyunca tezin planlanması, gerçekleştirilmesi, değerlendirilmesi ve her zaman yol gösterici olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Aziz ÖZMERZİ' ye, projeye desteklerinden dolayı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne, çalışmaların yürütülmesi sırasında her türlü yardımları için Tarım Makinaları Bölümü Başkanlığına, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. İbrahim AKINCI'ya, tez izleme komitesi üyeleri sayın Doç.Dr. Can ERTEKİN ve Doç.Dr. Hamide GÜBBÜK'e, prototip makinanın yapımını gerçekleştiren İRKİN MAKİNA'ya, katkılarından dolayı Tarım Makinaları Bölümü öğretim üyeleri ve elemanlarına, çalışmalarımda ve yaşamımda bana daima destek olan eşim Dr. Aylin KABAŞ' a canım kızlarım Ayşe İpek ve Ece'ye içten teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Biyolojik malzemenin özellikleri	4
1.2.1. Biyoteknik özellikler	4
1.2.1.1. Temel büyüklükler	4
1.2.1.2. Biçim	4
1.2.1.3. Renk ve optik özellikleri	5
1.2.1.4. Yüzey özellikleri	5
1.2.1.5. Nem özellikleri.....	6
1.2.1.6. Aerodinamik özellikleri	6
1.2.1.7. Isısal özellikleri	6
1.2.1.8. Elektriksel özellikleri	7
1.2.1.9. Mekanik özellikleri	7
1.2.2. Reolojik özellikler.....	12
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Denemelerde kullanılan Balo tipi dolmalık biber	41
3.1.2. Ürünün biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan düzenekler.....	41
3.1.2.1 Hava Kanalı.....	41
3.1.2.2. Statik ve dinamik sürtünme katsayısı belirlenmesinde kullanılan düzenekler	43
3.1.2.3. Biyolojik materyal sıkıştırma test düzeneği.....	45
3.1.3. Denemelerde kullanılan ölçüm aletleri	47

3.1.4. Denemelerde kullanılan cihazlar.....	48
3.1.4.1. Elektronik redüktör	48
3.1.4.2. Elektrik akımı ölçüm cihazı	49
3.1.4.3. Basınç ve hava hızı ölçüm cihazları.....	49
3.1.5. Araştırmada kullanılan bilgisayar programları	50
3.2. Yöntem	54
3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi	54
3.2.2. Dolmalık biberin fiziksel özelliklerin belirlenmesi.....	55
3.2.2.1. Dolmalık biberin Lineer boyutlarının, geometrik ortalama çaplarının ve küresellik değerlerinin belirlenmesi	55
3.2.2.2. İzdüşüm alanlarının ve yüzey alanlarının belirlenmesi.....	56
3.2.2.3. Hacim, yığın hacim ve özgül ağırlıklarının ve boşluk oranlarının belirlenmesi	58
3.2.3. Dolmalık biberlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi	59
3.2.4. Dolmalık biberlerin aerodinamik özelliklerin belirlenmesi	61
3.2.4.1. Havanın ürüne karşı gösterdiği direncin belirlenmesi	61
3.2.4.2. Dolmalık biberlerin kritik hızlarının hesaplanması.....	63
3.2.4.3. Dolmalık biberlerin yığın haldeki aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi	63
3.2.4.4. Minimum akışkanlaştırma hızının belirlenmesi.....	63
3.2.4.5. Minimum akışkanlaştırma debisinin belirlenmesi	64
3.2.4.6. Sürüklenme katsayısının belirlenmesi.....	64
3.2.5. Aerodinamik sınıflandırma düzeneğinin projelendirilmesi	64
3.2.5.1. Sınıflandırma kanalının uzunluğunun, ürün giriş-çıkış ağzının ve ağız genişliğinin belirlenmesi	65
3.2.5.2. Fan ve elektrik motoru seçimi.....	67
3.2.5.3. Ürün iletim düzeninin projelendirilmesi	69
3.2.6. Sınıflandırma parametrelerin belirlenmesi.....	70
3.2.6.1. Ürünlerin kritik hız dağılımlarının belirlenmesi	70
3.2.6.2. Düzeneğin sınıflandırma etkinliğinin belirlenmesi.....	70
3.2.6.3. Düzeneğin sınıflandırma hassasiyetinin belirlenmesi.....	71
3.2.6.4. Ürün zedelenme oranının belirlenmesi	71

3.2.6.5. Makinanın güç tüketiminin belirlenmesi	72
3.2.6.6. İş veriminin belirlenmesi.....	72
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	73
4.1. Balo tipi dolmalık biberin fiziksel özellikleri.....	74
4.2. Balo tipi dolmalık biberin mekanik özellikleri.....	79
4.3. Balo tipi dolmalık biberin aerodinamik özellikleri	84
4.3.1. Dolmalık biberlerin tek tek havaya karşı davranış özellikleri	84
4.3.2. Dolmalık biberlerin yığın halinde havaya karşı davranış özellikleri	92
4.3.3. Ayırma kanalı içerisindeki hava hızı ve hava debisine ilişkin sonuçlar	97
4.4. Sınıflandırma düzeneğinin sınıflandırma parametrelerine ait bulgular.....	99
4.4.1. Ürünlerin kritik hız dağılımları	99
4.4.2. Sınıflandırma etkinliği	100
4.4.3. Ürün sınıflandırma hassasiyeti	104
4.4.4. Ürün zedelenme oranı ile ilgili sonuçlar	108
4.4.5. Makinanın güç tüketiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	108
4.4.6. Makinanın iş verimin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar	109
5. SONUÇLAR	111
6. KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Biyolojik malzemeler için kuvvet deformasyon eğrisi	8
Şekil 1.2. Bir tarımsal ürün için olası kuvvet-deformasyon eğrisi.....	9
Şekil 1.3. Malzemenin rijitliği ile ilgili gösterimler.....	10
Şekil 1.4. Poisson oranının belirlenmesi	11
Şekil 1.5. Saklama süresine bağlı olarak meydana gelen değişimler.....	12
Şekil 1.6. Reolojinin genel içeriği.....	12
Şekil 2.1. Hava akımı içindeki bir küreye etki eden kuvvetler	14
Şekil 2.2. Gasterstadt deney düzeneği.....	15
Şekil 2.3. Bazı materyallerin Reynold sayısı ile sürüklenme katsayısı arasındaki ilişki	17
Şekil 2.4. Bütün domates meyvesi için düz plakalar arasında yükleme ile oluşan tipik kuvvet-deformasyon eğrisi.....	19
Şekil 2.5. Basınç test cihazı	27
Şekil 2.6. Spektoradyometre ve çevre elemanları.....	28
Şekil 2.7. Parlaklık indeksinin depolama süresine göre değişimi.....	29
Şekil 2.8. Ağırlık kaybının depolama süresine göre değişimi	29
Şekil 2.9. Patlıcanın kuvvet-deformasyon grafiği.....	30
Şekil 2.10. Çeşitli sıcaklıklarda depolama süresine göre sertliğin değişimi	30
Şekil 2.11. Çeşitli sıcaklıklarda kütle ve hacmin depolama süresine göre değişimi	31
Şekil 2.12. Meyvenin elektriksel direncini ölçen galvanometrenin sistematiği	32
Şekil 2.13. Patlıcanın elektriksel direnci ile ağırlık, depolama süresi ve parlaklık indeksi arasındaki ilişkiler	33
Şekil 2.14. Denemeler sonucunda elde edilen bulgular	36
Şekil 2.15. Statik ve dinamik sürtünme katsayılarının farklı yüzeylerdeki değişimleri .	37
Şekil 2.16. Soğanın havaya karşı göstermiş olduğu direnci ölçme sistemi	38
Şekil 2.17. Çalışmada kullanılan hava akışı test cihazı	39
Şekil 2.18. Aerodinamik özellik ölçüm sistemleri	40
Şekil 3.1. Aerodinamik özellik ölçüm deney düzeneği.....	42
Şekil 3.2. Yığın halindeki ürünün aerodinamik özelliklerinin belirleme düzeneği	43
Şekil 3.3. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği	44
Şekil 3.4. Dinamik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği	44

Şekil 3.5 Biyolojik özellikler ölçme materyal test düzeneği şematik görünüşü	45
Şekil 3.6. Biyolojik özellikler ölçme materyal test düzeneği çene ve yük hücresi.....	46
Şekil 3.7. Veri aktarma ve hız kontrol ünitesi.....	46
Sekil 3.8. Elektronik tartı	47
Şekil 3.9. Radiusmetre (eğrilik yarıçapı ölçüm aleti)	47
Şekil 3.10. Hava hızı kontrol ünitesi.....	48
Şekil 3.11. Basınç ve basınç farkı ölçüm cihazı.....	49
Şekil 3.12. Pervaneli anemometre.....	50
Şekil 3.13. Yazılımın kontrol arayüzü	51
Şekil 3.14. Verilerin işlendiği ve okunduğu yazılımın ara yüzü.....	52
Şekil 3.15. Global lab image programında izdüşüm alanın ölçülmesi.....	53
Şekil 3.16. Global Lab image programı için hazırlanan görüntüler.....	57
Şekil 3.17. Sınıflandırma düzeneğinin genel görünüşü	64
Şekil 3.18. Sınıflandırma düzenin hava kanalının görünüşü	66
Şekil 3.19. Ürün çıkış noktaları görünüşü.....	66
Şekil 3.20. Ürün besleme ağzı	67
Şekil 3.21. Sistemde kullanılan fan ve boyutları	68
Şekil 3.22. Tasarımı yapılan düzeni düzeninin (bantın) boyutları	70
Şekil 4.1. Ölçülen iz düşüm alanı ile dolmalık biberlerin bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler.....	78
Şekil 4.2. Kritik hız ile dolmalık biberin bazı özellikleri arasındaki ilişkiler.....	88
Şekil 4.3. Basınç düşmesi ile kritik hız arasındaki ilişki.....	89
Şekil 4.4. Biberin aerodinamik özelliklerinin özgül ağırlığa bağlı olarak değişimleri ...	91
Şekil 4.5. Yığın yüksekliği ve ürün çapına bağlı basınç düşmesi ve hava hızı arasındaki ilişki.....	96
Şekil 4.6. Yükleme biçimi ve ürün çapına bağlı basınç düşmesi ve hava hızı arasındaki ilişki.....	97
Şekil 4.7. Ürünlerin kritik hız dağılımları	100
Şekil 4.8. Fan kademesi ile motorun çektiği güç arasındaki ilişki.....	109
Şekil 4.9. Ürün çıkış ağzı açıklığı ile iş verimi arasındaki ilişki	110

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Bazı tarımsal ürünler için yüzme hızları.....	15
Çizelge 2.2. Buğday ve yulafın bazı biyoteknik özellikleri.....	16
Çizelge 2.3. Bazı materyallerin yüzme hızları.....	17
Çizelge 2.4. Su içeriklerine göre Frenk incirinin fiziksel özellikleri.....	34
Çizelge 2.5. Dört çeşit portakalın fiziksel özellikleri.....	35
Çizelge 2.6. Her iki sistemde elde edilen aerodinamik özellikler.....	40
Çizelge 3.1. Hava hızı kontrol ünitesinin teknik özellikleri.....	48
Çizelge 4.1. Ürünün Ekim hasat dönemine ait fiziksel özellikleri.....	74
Çizelge 4.2. Ürünün Şubat hasat dönemine ait fiziksel özellikleri.....	75
Çizelge 4.3. Ürünün Haziran hasat dönemine ait fiziksel özellikleri.....	75
Çizelge 4.4. Ürünün hasat dönemlerine bağlı olarak fiziksel özellikler arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları.....	76
Çizelge 4.5. Ekim dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri.....	80
Çizelge 4.6. Şubat dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri.....	81
Çizelge 4.7. Haziran dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri.....	82
Çizelge 4.8. Hasat dönemlerine bağlı olarak ürünün fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.9. Ürünün Ekim hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	85
Çizelge 4.10. Ürünün Şubat hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	85
Çizelge 4.11. Ürünün Haziran hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	86
Çizelge 4.12. Ürünün hasat zamanlarına bağlı olarak aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.13. Yığın halindeki ürünün Ekim hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	93
Çizelge 4.14. Yığın halindeki ürünün Şubat hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	93
Çizelge 4.15. Yığın halindeki ürünün Haziran hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri.....	93
Çizelge 4.16. Yığın halindeki ürünün hasat dönemine bağlı olarak aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları.....	94

Çizelge 4.17. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki hava debisi değişim değerleri.....	98
Çizelge 4.18. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki statik basınç değişim değerleri değişim değerleri.....	98
Çizelge 4.19. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki dinamik basınç değişim değerleri	98
Çizelge 4.20. Ürün çıkış ağzı kapak açıklığının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi.....	101
Çizelge 4.21. Besleme hızının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi.....	102
Çizelge 4.22. Ürün çıkış ağzı kapak açıklığının ve besleme hızının sınıflandırma etkiliği üzerine etkisi.....	103
Çizelge 4.23. Sınıflandırma hassasiyeti deneme sonuçları (üç grubun ortalamaları)...	106

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Meyve ve sebzelerin, üretiminden pazarlanmasına kadar geçen her aşamasında tarım teknolojilerinin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra, iç ve dış pazarlara sunulmakta, işlenmek üzere gıda sanayine verilmekte ya da tohumluk olarak kullanılmaktadır. Meyve ve sebzelerin hasat sonrasında kullanım amaçlarına göre işlenmesi ve hazırlanması gerekmektedir.

Sınıflandırmanın amacı; temizlenmiş ürünleri cinslerine, boyutlarına ve kalitelerine göre ayırarak belirli standartlara uygunluğunu sağlamaktır. Standart ürünler, fiyat ve satış yönünden üstündür. Ayrıca, aynı özellikteki ürünlerin depolanmaları ve işlenmeleri de daha kolay olmaktadır. Sınıflandırma işlemlerinde zedelenmenin azaltılması ve yüksek sınıflandırma hassasiyetinin olması temel amaçlardan biridir. Bu bağlamda günümüzde, ürünleri sınıflandırmaya ve ürün kalitesini artırmaya yönelik araştırmalar oldukça önem kazanmaktadır.

Sebze ve meyve standardında en etkili değişkenler kalite, boyut ve ağırlıktır. Ayrıca, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması için ürünün biyolojik malzeme özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Böylece ürünler; fiziksel, mekanik, aerodinamik, optik, ısısal vb. özelliklere göre sınıflandırabilmektedir.

İnsan beslenmesi ve sağlık açısından vitamin ve mineral deposu olan meyve ve sebzelerin önemi, her geçen gün geniş tüketici kitleleri tarafından anlaşılmaktadır. Bu durum meyve ve sebzelere karşı dünya pazarlarında taleplerin ve dolayısıyla pazar payının artmasına neden olmaktadır. “İhracatı Geliştirme ve Etüt Merkezi” nin yaptığı bir araştırmaya göre, dünyada yetiştirilen 140 meyve ve sebze türünün 80'i ticari olarak ülkemizde yetiştirilmektedir (İllez 2001). Bu da Türkiye'nin, farklı toprak, su ve iklim özelliklerine sahip bir ülke olduğundan kaynaklanmaktadır. Bu büyük bir emek ve para harcanarak yetiştirilen ürünlerin en az kayıpla, hasat ve hasat sonrası işlemler sürekli kontrol edilerek, yüksek kalitede pazara sunulması, albenisinin artırılması ve belirli

standartlar içinde olması oldukça önem taşımaktadır.

Ürünlerin yetiştirilmesi, hasadı ve hasat sonrası işlemleri sırasında üründe meydana gelen fizyolojik ve biyolojik bozulmalar, ürün miktarında önemli kayıplara ve dolayısıyla, üretici ve ülke ekonomisinde önemli düzeyde maddi zararlara neden olmaktadır (Kabaş 2002).

Giderek artmakta olan dünya nüfusunun gereksinimlerini karşılayabilmek için yeterli ve kaliteli tarımsal üretimin yapılması zorunluluk halini almıştır. Tarımsal ürünlerin ticareti, isteklere göre ham, yarı mamul ya da işlenmiş olarak yapılabilmektedir. Hangi şekilde olursa olsun ister iç, ister dış piyasada pazara istenilen kalitede ürün sunulmaması bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve rekabet şansımızı azaltmaktadır. Birçok gelişmiş ülke ithal ettiği ürünlerde belirli kalite ve standardın sağlanması ön koşulunu getirmektedir. Kaliteli ve standarda uygun ürün kavramı içerisinde, fiziksel ve duyuşal özellikler girmektedir. Ayrıca ürünlerin özellikle zedelenmemiş ve sağlam olması rekabet şansını artırıcı bir unsur olmaktadır.

Meyve ve sebzelerin sofralık ya da işlenecek ürün olarak ayrılabilmesinde sınıflandırma hem önemli hem de gereklidir. Böylece üretici malına albeni ve kalite kazandırmış, tüketici de isteklerine uygun ürünü satın almış olmaktadır.

Yaş meyve ve sebzede, üreticiden tüketiciye kadar geçen bu süre içinde meydana gelen kayıpların en aza indirilmesi, kayıpların tekrar ülke ekonomisine girdi olarak kazandırılabilmesi, ürünlerin kalite ve standardının korunması, üretici ve tüketici açısından ürüne albeni kazandırılması hasat ve hasat sonrası tekniğine uygun yapılan işlemlerle mümkün olmaktadır.

Son yıllarda üretici ve tüketicinin ürün kalitesi ve standardına karşı hassasiyetinin artması, üretim ve pazarlama alanına rekabet getirmiştir. Türkiye'nin bu rekabet içinde yer alabilmesi için, üretim ve üretim sonrası işlem basamaklarında standartlara uyması gerekmektedir. Rekabetin tüm hızıyla devam ettiği piyasalarda artık kalitesiz ve standartlara uymayan ürünlerin pazarlanması mümkün olmamaktadır.

Bundan dolayı hasattan sonra ürünlerin kullanım amaçlarına, standartlara, üretici ve tüketici isteklerine göre uygun bir şekilde hazırlanmaları gerekmektedir. Tarımsal ürünlerin bu şekilde önceden belirlenen standartlara göre işlenebilmesi için belirli özelliklerine göre sınıflandırılmaları gerekmektedir. Bu işlemlerin yapılması sırasında ürüne verilebilecek zararın mümkün olduğunca düşük düzeyde tutulması, kalite standardı açısından oldukça önem taşımaktadır.

Ürünlerin sınıflandırılması en ekonomik şekilde makinelerle yapılmaktadır. Tarımsal işletmelerde sınıflandırma işlemleri için makinelerin kullanılmasıyla iş gücünden önemli ölçüde kazanılmakta, enerji verimliliği artmakta, istenen işlemler daha kısa sürede ve daha hassas bir şekilde ürüne zarar vermeden kalitesi korunarak gerçekleştirilmektedir.

Meyve ve sebzenin belirli bir standartta ve kalitede pazara sunulması amacı ile kullanılan sınıflandırma makinalarının geliştirilmesi ve tasarımı, tesislerin tasarımı, bu makine ve tesislerin kontrolü, verilerin saptanması ve analizi için ürünlerin biyolojik malzeme özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca biyolojik malzemenin özelliklerinin bilinmesi, diğer mekanizasyon uygulamalarında, bitkisel veya hayvansal kaynaklı yeni ürünlerin elde edilmesinde ve bunların tüketiciye sunulmasında, ürünlerin kalite ve standardının değerlendirilmesinde gerekli ve önemli mühendislik bilgilerini sağlayacaktır (Mohsenin 1980, Tunalıgil 1993).

Bu çalışmada, ülkemizde domatesten sonra ihracat açısından oldukça önemli bir ürün grubu olan dolmalık biberin, aerodinamik olarak sınıflandırılma için gerekli olan biyolojik malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere göre ürünün aerodinamik sınıflandırılma olanakları saptanarak bir düzeneğin tasarlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, denemeler sırasında üründe meydana gelebilecek zedelenmelerin azaltılması veya en az düzeyde tutulması amacı ile ürünün dayanım parametreleri de belirlenmiştir.

1.2. Biyolojik malzemenin özellikleri

Tarımsal ürünlerin özelliklerini geliştirme yönünde yapılan ıslah ve genetik çalışmaları günümüzde oldukça önem kazanmıştır. Bu özellikler ürünle karşı karşıya kalan alet-makine ve tesislerin yapısal özellikleri ve işlevlerine de etkili olmaktadır. Tarımda kullanılan pek çok alet ve makineler, bu işlemlerde daha çok başarıya ulaşmaları yönünde bir takım yapısal geliştirme ve değerlendirmelere uğratılmaktadır. Bu geliştirme ve değerlendirme yönünde kullanılan en önemli veriler tarımsal ürünlerin biyolojik malzeme özellikleridir

Biyolojik malzemenin özelliklerini biyo-teknik ve reolojik özellikler olmak üzere 2 ana başlık altında inceleyebilir.

1.2.1. Biyoteknik özellikler

1.2.1.1. Temel büyüklükler

Boyutlar; boyut kavramı içerisinde, en, boy, genişlik, kalınlık, çap, ortalama çap vb. gibi değerler bulunmaktadır.

Ağırlık; cisimleri yere doğru çeken kuvvet etkisidir. Biyolojik malzemede ağırlık olarak, dane ağırlığı, bin dane ağırlığı, yığın ağırlığı ve hacim ağırlığı belirlenmektedir.

Özgül ağırlık, bir cismin birim hacminin ağırlığıdır. Yoğunluk ise bir cismin özgül ağırlığının, karşılaştırılacağı cismin özgül ağırlığına oranıdır.

Hacim; biyolojik malzemelerin hektolitre olarak değeridir.

1.2.1.2. Biçim

Biyolojik malzemeler genelde yuvarlak ve küreseldir. Bu nedenle şekilsel değerlendirmede yuvarlaklık ve küresellik değerleri kullanılır. Biyolojik malzemelerde bazı biçim özellikleri yuvarlak (küre), yassı (kutuplardan basık), dikdörtgensel (düşey

apı yatay çapından büyük), konik (uca doğru sivrileşen), yumurtamsı (yumurtla şeklinde ve sap kısmı geniş), eğik (sapa bağlı eksen ve yana yatmış uç), obovat (ters yumurtamsı), oval (elipsoide yakın) ve güdük (her iki yanı da yassı) şeklinde tanımlanmaktadır (Sitkei, 1986).

Yuvarlaklık, serbest oturma pozisyonunda ürünün en büyük projeksiyon alanının, projeksiyon alanını çevreleyen en kk daire alanına oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Küresellik ise ürünün üç boyutu (uzunluk, genişlik ve kalınlık) yada iki boyutu (ap ve uzunluk) ile hesaplanmaktadır. Bazı rnlerin küresellik değerleri örneğin elma, yaban mersini, kiraz, şeftali ve armut için sırasıyla %89-90, %90, %95, %93-97, %89'dur (Mohsenin 1980).

1.2.1.3. Renk ve optik zellikleri

Sınıflandırma işlemlerinde ürünlerin renginden de yararlanılmaktadır. Her tarımsal ürün, birbiriyle aynı türde olsa dahi, farklı renk özelliklerine sahiptir. Tarımsal rnlerin renkleri kolorimetre ile ölçülmekte ve her ürün farklı renk skalalarına ayrılmaktadır.

Sınıflandırma işlemlerinde, renge bağlı özellikler olan ışığı yansıtma ve geçirme özellikleri de dikkate alınmaktadır. Tarımsal rnlerin ışığı yansıtma ve geçirme özellikleri ayırma ve sınıflandırma işlemleri ile olgunluğun, hastalığın ve zararlıların saptanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

1.3.1.4. Yüzey zellikleri

Biyolojik malzemelerde yüzey kavramı, ürünün dış yüzeyi ile ilgilidir. Dış yüzeyin şekli ürünün biçimini, üstü ise ürünün yüzey özelliklerini oluşturmaktadır. Biyolojik malzemelerde yüzey özelliği sürtünme katsayısı ile ifade edilmektedir.

Sürtünme katsayısı ürünün nem miktarına, kuru madde varlığına, yüzey gerilimine ve olgunluk derecesine göre değişmektedir.

1.2.1.5. Nem özellikleri

Nem, tarımsal ürünlerin korunması, depolanması ve işlenmelerinde oldukça önemli bir ölçüttür. Nem, biyolojik malzemelerin bozulmalarında, mikroorganizma faaliyetlerinde, hacimlerinin şekil ve yüzey özelliklerinin değişimlerinde etkili olmaktadır. Her ürünün kendisine özgü bir nem değeri mevcuttur.

1.2.1.6. Aerodinamik özellikleri

Bir cismin hava akımı içerisinde gösterdiği davranışı, cismin aerodinamik özellikleri ile belirlenmektedir. Hava içerisinde bulunan bir cisme, hava direnç gösterir. Havanın cisme uyguladığı bu direnci en aza indirmek ve sürtünmeyi azaltmak için değişik uygulamalar yapılmaktadır. Cismin hava ile karşılaşacak yüzeyi ne kadar büyükse, hava direnci de o oranda büyük olmaktadır.

Havanın diğer bir etkisi ise, cisimlere yapmış olduğu basınçtır. Havanın önüne bırakılan ürünlerden hafif olanlar, ataletleri az olduğu için kütlesi daha fazla olanlara göre daha uzak mesafelere taşınır. Bu temeli esas alan yöntemin parametreleri ise kritik hız, havanın direnç katsayısı ve aerodinamik sürüklenme katsayısıdır (Saygılı 1974).

Düşey yöndeki hava akımı içerisine bırakılan bir cisim, havanın sürüklenme kuvveti (R) ve yerçekimi kuvveti (G) etkisi altındadır. Bu kuvvetler arasındaki ilişkiye göre $G > R$ ise cisim aşağıya doğru, $G < R$ ise cisim yukarı doğru hareketlenir. $G = R$ olduğu durumda ise cisim hava içinde askıda kalır ve bu durumda ölçülen hava hızına kritik hız denilmektedir.

1.2.1.7. Isısal özellikleri

Özgül ısı, ısı iletim katsayısı, ısı geçirgenliği gibi özellikler biyolojik malzemenin ısısal özellikleridir. Pek çok biyolojik malzeme tüketiciye sunulmadan önce ısıl işlemlere tabi tutulmaktadır. Isıtma, soğutma, kurutma ve dondurma gibi bu işlemlerde ürünün hem zarar görmemesi hem de tat, renk ve şeklinde bozukluklara

uğramaması gerekir. Isıl işlemlerde sıcaklık, optimum süre ve uygulama şekli, ürünlerin kalitesi ve niteliklerinin korunmasında etkilidir. Depolama ve silolama işlemlerinde de ısısal özelliklerin bilinmesi gerekmektedir.

1.2.1.8. Elektriksel özellikleri

Biyolojik malzemede elektriksel özellikler, elektriksel direnç, iletkenlik ve yüklenme olarak bilinmektedir. Bir biyolojik malzemeye akım verildiği zaman, verilen akım şiddetinin, alınan akım şiddetine oranına biyolojik malzemenin elektriksel direnci denilmektedir. Örneğin, elektriksel iletkenlik ile tarımsal ürünlerin nem içeriği, elektriksel direnç yardımıyla da pamukta lif uzunluğu ve iyilik derecesi gibi özellikler belirlenebilmektedir. Her biyolojik malzeme elektrik akımını eşit olarak iletmez. Nem, şekil ve yüzey durumu, biyolojik malzemenin elektriksel iletkenliği üzerinde oldukça etkilidir.

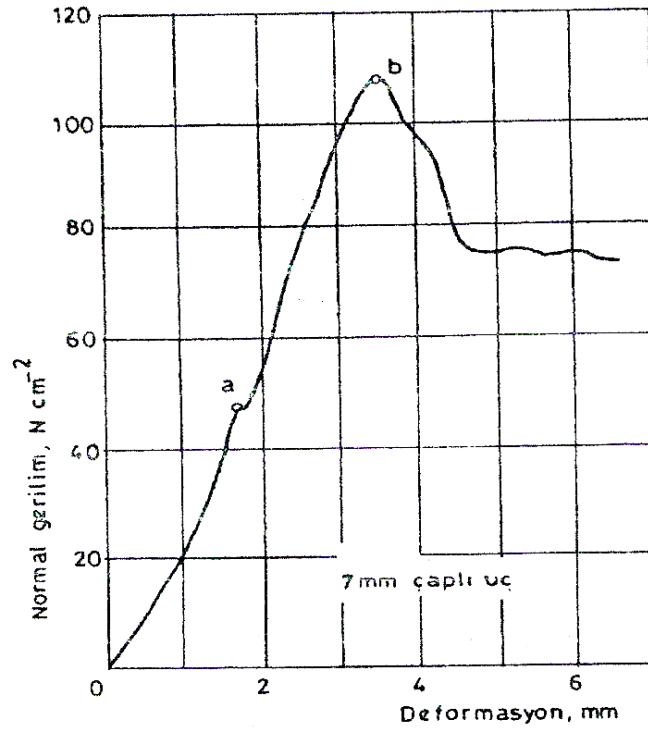
1.2.1.9. Mekanik özellikleri

Tarımsal ürünler, ekimden başlayıp tüketiciye ulaşınca kadar zaman içinde yapılan işlemlerin hemen hepsinde mekanik etkilere maruz kalırlar. Tarımsal ürünlerin çoğu vizko elastiktir. Bu ürünler statik gerilme ve basınç kuvvetlerinin ya da dinamik kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Bir materyalin sıkıştırılmasında güç ihtiyacı, statik veya dinamik kuvvet durumuna göre değişmektedir (Aydın ve Öğüt 1992).

Tarımsal ürünlerin önemli karakteristikleri, zedelenme ve hasarlanma hassasiyetleridir. Bu özelliğe, ürünün mukavemet karakteristiği ile biyolojik özellikleri etkilidir. Biyolojik materyalde meydana gelen hasarlar; gerilme, deformasyon ve zaman kavramları ile açıklanmaktadır.

Tarımsal ürünlerde mekanik hasar ürünün türüne, fiziksel ve biyolojik yapısına, nem içeriğine, olgunlaşma dönemine, sıcaklığa ve dış kuvvetlerin şekline (dinamik ve statik zorlanmaya kalmasına göre) bağlı olarak değişmektedir.

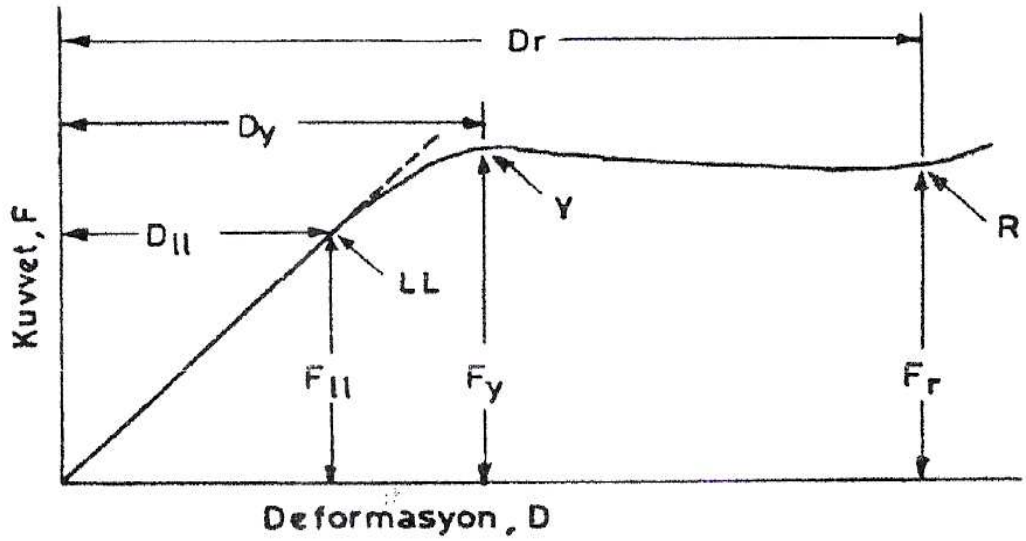
Tarımsal ürünlerin mekanik zorlamalar altında gösterdikleri davranış biçimleri, mekanik özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Materyale kuvvet etki ettiğinde, materyalin yapısına, kuvvetin büyüklüğüne ve boyutuna bağlı olarak materyalde akma olayı meydana gelir. Bu olay kuvvet deformasyon grafiği üzerinde gösterilmektedir (Şekil 1. 1).



Şekil 1.1. Biyolojik malzemeler için kuvvet deformasyon eğrisi (a : biyolojik akma noktası, b : kopma noktası)

Biyolojik materyallerdeki akma olayının incelenebilmesi için bazı kavramların bilinmesi gerekmektedir (Sitkei 1986).

Biyolojik akma noktası; kuvvet deformasyon eğrisi üzerinde deformasyonda artış olurken kuvvetin azaldığı veya değişmediği noktadır (Şekil 1.1. a noktası). Biyolojik akma noktası, eğrinin başlangıç bölgesindeki gibi düz bir hat olmaktan saptığı doğrusallık limitinden sonraki herhangi bir noktada ortaya çıkabilir (Şekil 1.2. Y noktası).

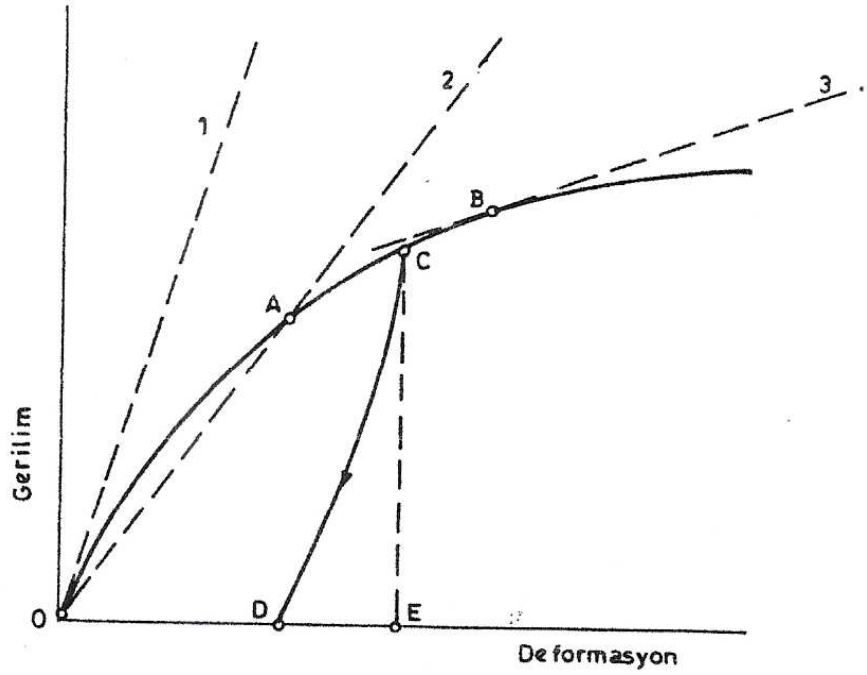


Şekil 1.2. Bir tarımsal ürün için olası kuvvet-deformasyon eğrisi (LL; lineer limit, Y;biyolojik akma noktası, R; kabuk yırtılma noktası)

Biyolojik malzemelerde bu nokta, ürünün zedelenme duyarlılığını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır ve yükleme biyolojik akma noktasına ulaşmazsa hücre sistemi zarar görmemektedir. Akma noktasındaki kuvvet ölçüldüğünde ürüne zarar vermeden uygulanabilecek kuvvet bulunmuş olmaktadır. Bu noktanın yeri, ürünün mukavemetine, meyve etinin sertliğine, olgunluğuna ve depolama süresine bağlı olarak değişmektedir (Sinn ve Özgüven 1987).

Kopma noktası; yüklenmiş ürünün kırıldığı, çatladığı ya da bozulduğu nokta olarak tanımlanmaktadır. Kuvvet-deformasyon eğrisinde ise kopma noktası, deformasyonun artması ile kuvvetin hızla ve belirgin bir şekilde düştüğü noktadır.

Rijitlik; materyalin kuvvet-deformasyon eğrisinin tanjantı olarak ifade edilir. Eğrinin başlangıç kısmı doğrusal değilse, 0 noktasında teğet olan başlangıç tanjant modülü (1), A noktasında kesen tanjant modülü (2) ya da verilen bir nokta için (örneğin B noktasında teğet olan) tanjant modülü (3) değerleri kullanılabilir (Şekil 1.3).



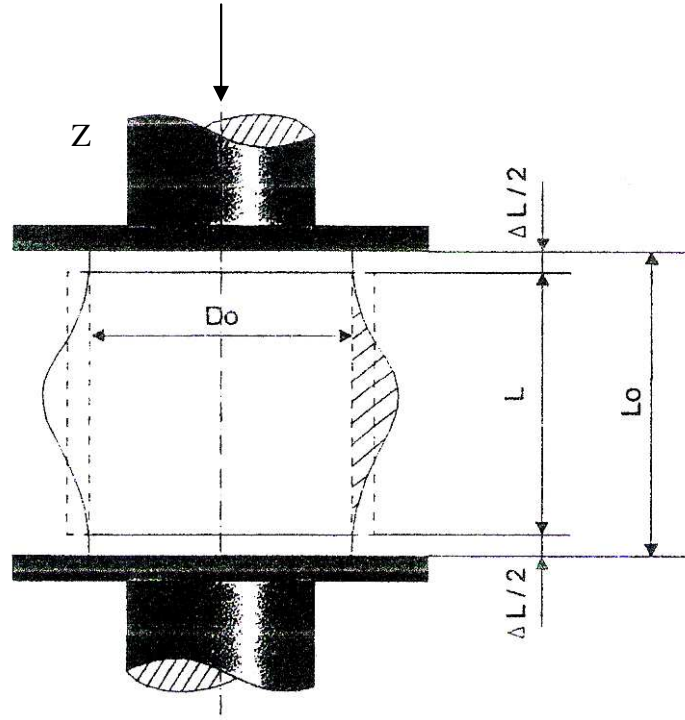
Şekil 1.3. Malzemenin rijitliği ile ilgili gösterimler

Dayanıklılık; deformasyon enerjisi olarak tanımlanmakta ve kuvvet-deformasyon eğrisinin altında kalan alanla karakterize edilmektedir.

Sertlik; bir malzemenin onu delmeye çalışan bir uca karşı göstermiş olduğu direnç olarak tanımlanmaktadır.

Poisson oranı; malzemenin x eksenine dik yönündeki birim şekil değiştirmesinin, x eksenindeki birim şekil değiştirmeye oranı olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak malzemelerde x doğrultusundaki çekme kuvveti, malzemenin uzamasını sağlarken, y ve z doğrultusunda büzölmeye neden olmaktadır (Timesheniko 1972).

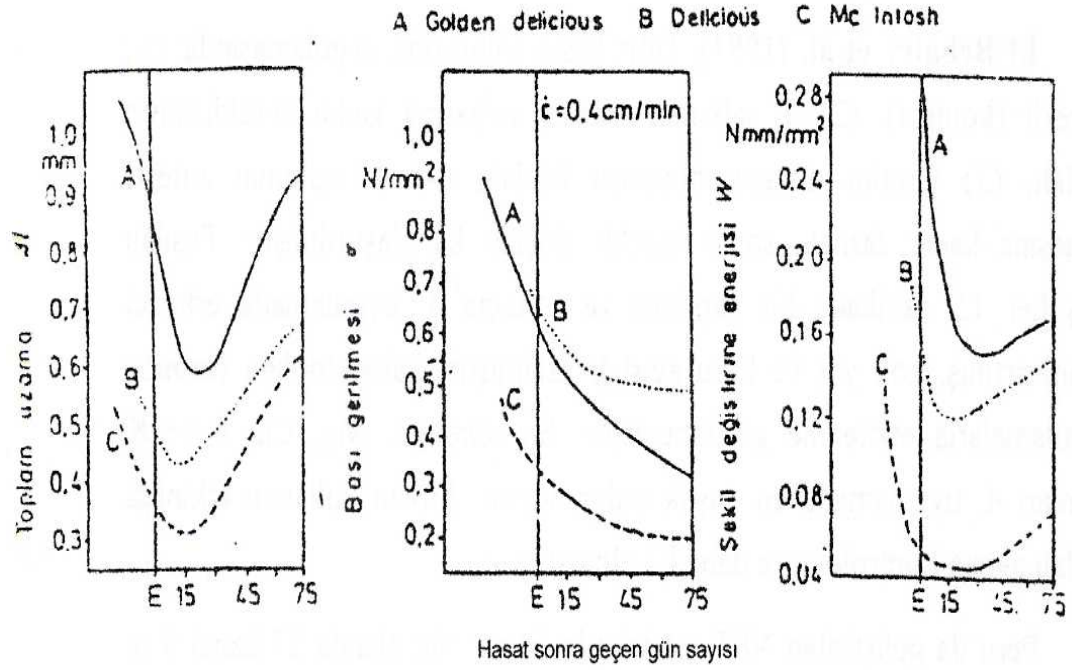
Biyolojik malzemelerde poisson oranının hesaplanması da aynı şekildedir. Biyolojik malzemeye (z) doğrultusunda uygulanan basınç kuvveti (boyca daralma), z doğrultusunda daralmaya ve x-y doğrultusunda genişlemeye neden olmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Poisson oranının belirlenmesi

Elastikiyet modülü; kuvvet etkisi altındaki ürünün uzunluğunda meydana gelen değişimin çapta meydana gelen değişime oranı olarak tanımlanmaktadır. Tarımsal ürünler, çeki ve bası şeklindeki çok küçük zorlanmalar karşısında büyük deformasyonlara maruz kalmaktadır. Genel olarak tarımsal ürünlerin elastikiyet modülleri çok küçüktür. Elastikiyet modülü büyük olan materyaller, dış kuvvetlere karşı daha dayanıklıdır.

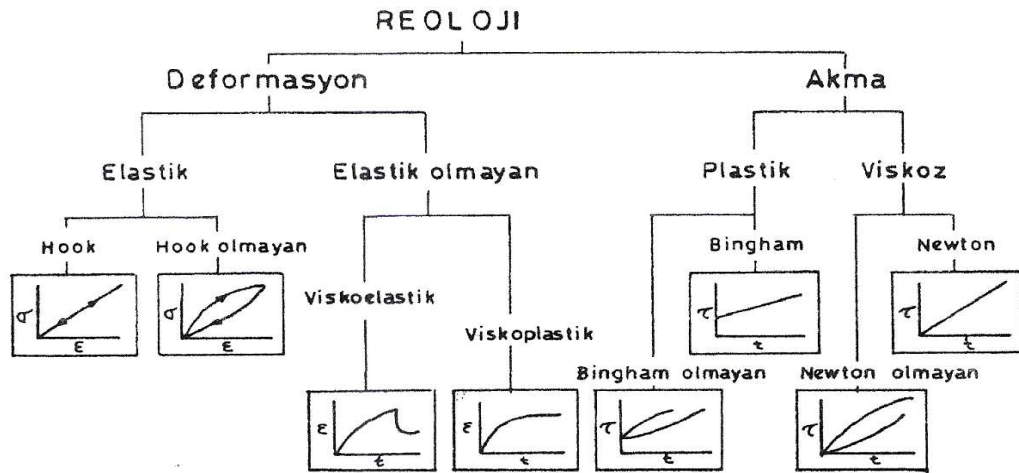
Biyolojik malzemenin elastikiyet modülü, ürünün hasat edilme zamanına, ürünün sıcaklığına, depolama süresine ve nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Hasattan sonraki geçen gün sayısına bağlı olarak deformasyon, bası gerilmesi ve şekil değiştirme enerjisi de değişmektedir (Şekil 1.5) (Sinn ve Özgüven 1987).



Şekil 1.5. Saklama süresine bağlı olarak meydana gelen değişimler

1.2.2. Reolojik özellikler

Malzemelerde deformasyon ve akma neden olan kuvvet, hız ve zaman etkilerine reolojik özellikler denir. Bu davranışı gösteren malzemeler ise reolojik malzemeler olarak adlandırılmaktadır (Mohsenin 1980, Sitkei 1986) (Şekil 1.6).



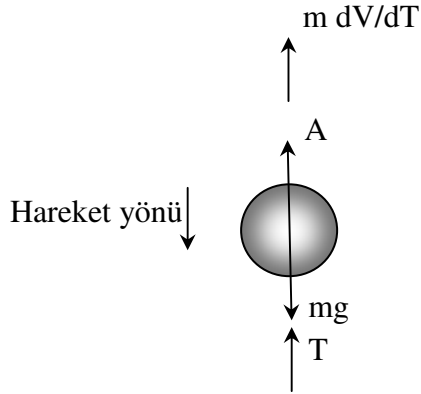
Şekil 1.6. Reolojinin genel içeriği

Reoloji aynı zamanda hem sıvı hem de katı ürünlerin kuvvet etkisindeki deformasyon özelliklerini incelemektedir. Reolojik özellikler ürünlerin işlenmesinde, ürün ileme için alet-makine ve tesis yapımında, ürünlerin niteliklerinin belirlenmesinde, tüketici açısından bu ürünlerin tat, koku, kıvam ve besleyicilik gibi özelliklerinin değerlendirilmesinde oldukça önemlidir..

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Finney ve Hall (1967), çalışmalarında patatesin elastiklik özelliklerini belirlemek için geliştirdikleri yöntemle patates yumrularının elastiklik modülü ve poisson oranı değerlerini ortaya koymuşlardır. Olgun patates için üründen çıkarılan test örneğinin elastiklik modülünü 543 psi (3,74 N/mm²), tüm ürün üzerinden yapılan ölçüm sonucu elastiklik modülünü 11300 psi (77,857 N/mm²) ve Poisson oranını 0,492 olarak bulmuşlardır. Ayrıca, sıkıştırma koşullarının oluşturulamadığı durumlarda, elastiklik çözümlemelerinde matematik hesaplamalarda Poisson oranının 0,50 olarak kabul edilmesinin oldukça yeterli ve uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Saygılı (1974), çalışmasında bir hava akımı içerisinde serbest düşmeye bırakılan bir kürenin hareketinde kendisine etki eden kuvvetleri Şekil 2.1’de görüldüğü gibi belirtmiştir.

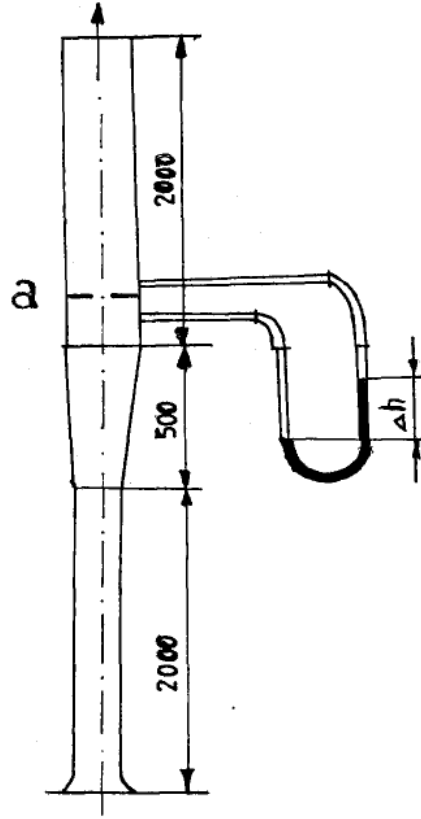


Şekil 2.1. Hava akımı içindeki bir küreye etki eden kuvvetler

Şekil 2.1.’de; $m(dV/dT)$: Atalet kuvvetleri, A: Basınç kuvveti, G : Ağırlık ve T : Vizkozite veya sürüklenme kuvvetidir.

Saygılı’nın bildirdiğine göre bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri olan 1924 yılındaki Gasterstandt’nin yaptığı çalışmada araştırmacı, farklı tanelerin kritik (yüzme) hızlarını belirlenmiştir. Bu çalışmadaki amaç, tanelerden oluşan bir kitlenin yatay bir kanalda hava ile taşınması olanağını belirlemektir. Bu deney için Şekil 2.2’de verilen deney düzeneği kullanılmıştır. Sistemde (a) diyaframı yardımıyla ve U borusu

kullanılarak yük kaybı saptanıp, havanın ortalama hızı ölçülmüştür. Deney sonuçları Çizelge 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Gasterstadt deney düzeneği

Çizelge 2.1. Bazı tarımsal ürünler için yüzme hızları

Tane cinsi	Yüzme hızı (m/s)
Yer fıstığı tanesi	12.5–15.0
Tere tohumu	11.9–13.5
Pamuk tohumu	9.5
Mısır	8.9–9.5
Buğday	9.8
Arpa	8.7
Nohut	17.0

Yine Saygılı'nın bildirdiğine göre Brenner adlı araştırmacı benzer bir yol izleyerek yulaf ve buğday tanelerinin yüzme hızlarının ve sürüklenme katsayılarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Tanelerin kesit alanının hava akımına karşı gösterdiği dirence etki ettiğini düşünerek taneyi ince bir iple enine ve uzunluğuna göre asarak hava akımı içerine bırakmış ve hava akımının taneleri kaydırmaya başladığı anda hava akımının değeri ölçmüştür. Deneme sonucunda bulunan değerler Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

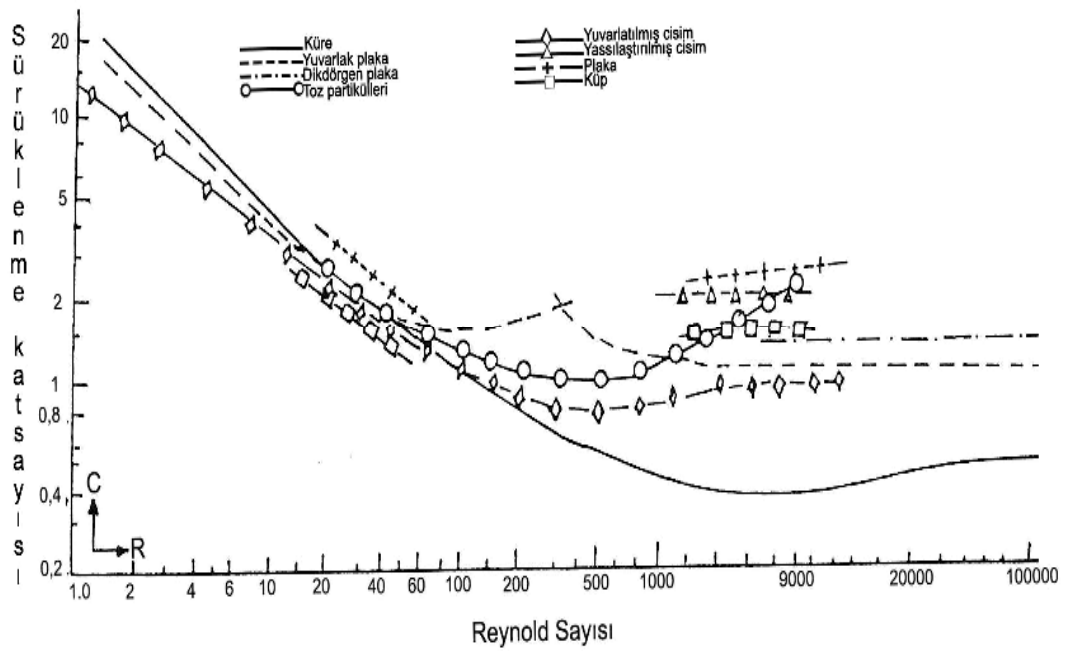
Çizelge 2.2. Buğday ve yulafın bazı biyoteknik özellikleri

	Buğday		Yulaf	
	Boyuna	Enine	Boyuna	Enine
Kesit alanı (mm ²)	5.50	15.00	4.30	16.00
Yüzme hızı (m/s)	19.30	8.80	21.50	7.50
Sürüklenme katsayısı	0.185	0.335	0.155	0.350

Holt ve Schoorl (1977), elmada zedelenmeyi belirlemek için, çarpma ve düşük hızda sıkıştırma denemelerinde absorbe edilen enerjinin iyi bir ölçü olduğunu ortaya koymuşlardır. Zedelenme hacmi ile zedelenme enerjisi arasındaki ilişkiyi her iki koşul içinde araştırmışlardır. Çarpma testinde, bir çelik küre elmaya çarptırılmıştır. Elma tarafından absorbe edilen enerji, çelik kürenin kütlesi, çarpma hızı ve sıçrama hızından hesaplanmıştır. Statik testlerde ise Instron universal test makinesinde sabit düşük hızda (0.004 m/s), geniş bir düz plaka ile bir yükleme hücreğine yerleştirilmiş yarım elma sıkıştırılmıştır.

Schoorl ve Holt (1978), Jonathan, Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinin zedelenme dayanımı üzerinde, depolama süresi ve sıcaklığının etkisini araştırmak için zedelenme hacmi-absorbe edilen enerji ilişkisini kullanmışlardır. Bu çalışmayla, absorbe edilen enerji-zedelenme hacmi ile ölçülen zedelenme direncinin, iletim ve paketleme sistemleri hesaplamalarında yararlı bir parametre olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mohsenin (1980), kitabında tarımsal ürünlerin aerodinamik ve hidrodinamik davranışlarını ve bunları etkileyen karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılabilecek metotları açıklamıştır. Küresel olmayan materyallerin aerodinamik karakteristikleri üzerine çok az çalışma yapıldığını bildirmiştir. Bazı materyaller için sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısı arasındaki ilişkiyi açıklayan deney sonuçları Şekil 2.3 'de verilmiştir.



Şekil 2. 3. Bazı materyallerin Reynold sayısı ile sürüklenme katsayısı arasındaki ilişki

Ayrıca patatesin taş ve keseklerden ayrılması için bu materyallerin dik hava kanalında belirlenen yüzme (kritik) hızlarını vermiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Bazı materyallerin yüzme hızları

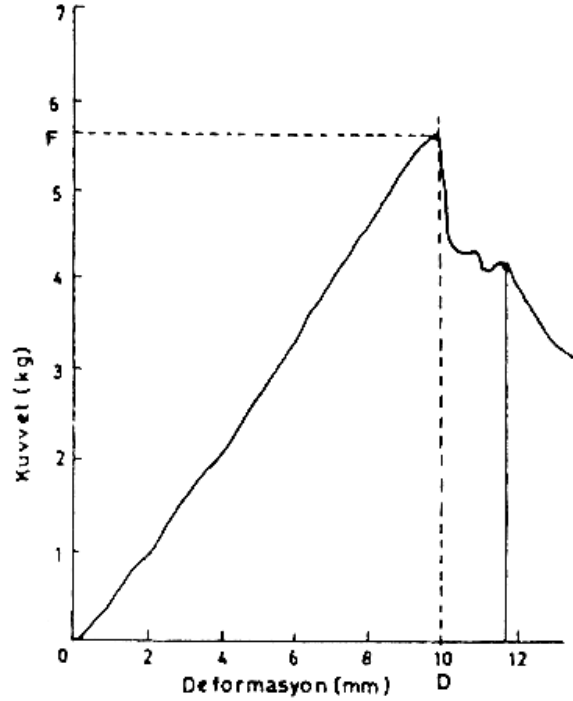
Materyal	Yüzme hızları (ft/s)
Patates	76-108
Yuvarlak taşlar	115-122
Düz taşlar	90-116
Üçgen şekilli taşlar	118-122
Dikdörtgen şekilli taşlar	99

Schoorl ve Holt (1980), elmanın zedelenme direncini ölçmede kullanılabilecek kolay ve basit bir yöntem tanımlamışlardır. Yöntem, ml/J birimli zedelenme direnci katsayısının hesaplanmasında absorbe edilen enerji ile zedelenme hacmi arasındaki kuvvetli doğrusal korelasyona dayanmaktadır. Zedelenme direnç katsayısının doğru bir şekilde hesaplanması için 10 adet elma belirli bir yükseklikten düşürülmüştür. Her düşme sonucu absorbe edilen enerjiyi; ölçülen düşme yüksekliği, sıçrama yüksekliği ve elmanın kütesinden hesaplamışlardır. Her elma üzerindeki zedelenme hacmi; elmanın çapı, zedelenme çapı ve zedelenme derinliğinden hesaplanmıştır. Zedelenme direnç katsayısının; paketlenme, hasat sonrası iletim ve dağıtım sistemlerinin değerlendirilmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Granny Smith elma çeşidi için yapılan test ve ölçümler sonucunda, 12 test ortalaması olarak zedelenme direnç katsayısı 9.02 ml/j olarak saptanmıştır.

Mohser (1984), sınıflandırmada fiziksel özelliklerin biyolojik özelliklere nazaran daha önemli olduğu bildirilmiştir ve ağırlığa göre sınıflandırmanın daha önemli olduğunu açıklamıştır. Elma ve benzeri meyvelerde, ağırlık özelliğine göre sınıflandırmanın öneminden bahsetmiş ve hasat sonrası işlemlerin pazar için önemini vurgulamıştır.

Olorunda ve Tung (1985), yeşil, kırmızı ve renk dönüşümündeki domatesler için kabuk yırtılma noktasından veri olarak sıkıştırma kuvvet-deformasyon karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. Daha sonra titreşim, sıkıştırma yükü ve taşıyıcı tipinin mekanik zedelenmeye neden olan etkilerini incelemek için, bir taşıma simülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Kuvvet-deformasyon çalışmaları, olgunluğun artmasının domatesin biyolojik dayanım noktası, dayanıklılık ve sertlik değerlerinde belirgin azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Taşıma simülasyonu mekanik zedelenmenin domatesin olgunluk durumundan, taşıyıcı tipinden, titreşim ve sıkıştırma yükünden etkilendiğini belirlemişlerdir. Kuvvet-deformasyon eğrilerini her bir domates için Instron universal test makinesinde (model 1122) düz plaka arasında 50 mm/min ilerleme hızında elde etmişlerdir. Tek bir domatesin düz plakalar arasında sıkıştırılması sonucunda elde edilen tipik bir kuvvet-deformasyon eğrisi görülmektedir (Şekil 2.4). Rento domates çeşidi ile yaptıkları testler sonucunda kırmızı durumdaki domates

meyveleri için kuvvet-deformasyon karakteristiklerinden biyolojik dayanım noktasındaki kuvveti 5.08 kg, deformasyonu 9.30 mm, dayanıklılığını 24.40 kg/mm ve sertlik 0.547 kg/mm olarak saptamışlardır.



Şekil 2.4. Bütün domates meyvesi için düz plakalar arasında yükleme ile oluşan tipik kuvvet-deformasyon eğrisi (F, biyolojik dayanım noktası kuvveti; D, deformasyon)

Ülger (1985), ürünlerin aerodinamik özelliklerinin, sınıflandırılma için kullanılan bir özellik olduğunu belirtmiş ve aerodinamiklik özelliğini cismin hava içerisinde hareketi ve havanın cisme karşı olan direnci olarak tanımlamıştır. Havanın cisme karşı gösterdiği direncin cismin ağırlığına, büyüklüğüne, şekline, yüzeyin durumuna, rölatif hareket hızına, cismin ve havanın durumuna bağlı olduğu belirtmiştir. Materyal dik bir hava kanalına bırakıldığında etki eden kuvvetlerin eşit olması durumunda cismin rölatif hızının hava hızına eşit olduğunu ve bu hızın kritik hız olarak adlandırıldığını bildirmiştir. Ayrıca kritik hızın tarımsal ürünler gibi belirli bir şekle sahip olmayan cisimler için belirli bir değerde olmadığını, ürünün kanal içinde devamlı dönme hareketi yaptığını ve dolayısıyla cismin kesitinin değiştiğini, böylece tanenin kanal içinde hiçbir zaman sabit yükseklikte kalmadığını bildirmişlerdir.

Sitkei (1986), çeşitli tarımsal ürünlerin fiziksel, elektriksel, optik, mekanik ve aerodinamik özelliklerini açıklamıştır. Burada ürüne ilişkin boyut, renk, hacim, şekil, yoğunluk, elastikiyet katsayısı, poisson oranı, zedelenme hacmi ve enerjisi gibi önemli değerlerin tarımsal makineleri tasarımında göz önüne alınması gerektiğini belirtmiştir. Biyolojik malzemeye ilişkin parametrelerin ölçülmesinde kullanılan ölçme sistemlerini belirtmiş ve bunlarla ilgili çeşitli faktörleri açıklamıştır. Poisson oranının çoğu materyalde 0.20 ile 0.50 arasında olduğunu belirtmiştir. Örneğin mantar (şişe), kumtaşı, beton, çelik, patates ve elma'nın poisson oranları sırasıyla 0.00, 0.10, 0.19, 0.30, 0.26-0.43 ve 0.37-0.40 değerindedir.

Chen vd. (1987), çalışmalarında Chojuro, Twentieth Century, Tsu Li ve Ya Li Asya armudu çeşitlerine sıkıştırma ve çarpma testleri uygulamışlardır. Armutları 0°C'de depolayarak aylık dönemlerde 5 ay süreyle ölçüm yapmışlardır. Ayrıca her ölçüm döneminde belirli sayıda armut 20°C'de sıcaklığındaki olgunlaştırma odasına alınarak 2. ve 4. günlerde de ölçüm yapmışlardır. Sıkıştırma testini Instron universal test makinesinde (model 1122), 19 mm çaplı küresel uç ile 10 mm/min ilerleme hızında gerçekleştirmişlerdir. Bu test ile ölçülen maksimum sıkıştırma kuvveti değeri 32 N (1.5 mm deformasyonda) Chojuro çeşidi için belirlenmiştir. En düşük değer ise 24 N Twentieth Century çeşidi için ölçülmüştür. Çarpma testi 43,20 g ağırlığında 19 mm çaplı küresel ucun 6 cm ve 10 cm düşme yüksekliklerinden meyve üzerine bırakılmasıyla yürütülmüştür.

Yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda Chojuro çeşidinin en sert ve en dayanıklı çeşit olduğu belirlenmiştir. Hasat döneminde Tsu Li ve Ya Li Asya çeşitleri mekanik zedelenmeye karşı Chojuro kadar dayanıklı iken depolama süresiyle birlikte zedelenmeye daha duyarlı hale gelmişlerdir. Twentieth Century armudu sıkıştırma ve çarpma zedelenmesine en hassas olan çeşittir. Chojuro ve Twentieth Century çeşitleri Tsu Li ve Ya Li çeşitlerine göre olgunlaştırma odasında artan bekletme süresiyle daha yumuşak ve zedelenmeye karşı daha dayanıklı hale gelmişlerdir.

Kara ve Turgut (1988), araştırmalarıyla Erzurum'da yaygın biçimde üretimi yapılan bazı patates çeşitlerinin (Isola, Granula, Famosa, Marfona, Pasinler ve Narman)

tarımsal mekanizasyon açısından önemli bazı mekanik özelliklerini belirlemeye ve bu özelliklerin depolama süresi ve koşullarıyla değişimini ortaya koymaya çalışmışlardır. Patates sertliğinin nicel bir ifadesi olan elastiklik modülünü belirlemek için yapılan sıkıştırma testleri, Alwetron sıkıştırma deney cihazında gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma testleri, tüm patatesin 8 mm çaplı batıcı ucla, çapı 15 mm, boyu 30 mm olan patates örneğinin radyal ve eksenel olarak düz iki plaka arasında sıkıştırılması olmak üzere dört farklı şekilde yapılmıştır. Üç farklı depolama şeklinde, ürünler ilki hasat zamanında olmak üzere 40 günlük periyotlarda altı dönemde denemeye alınmıştır. Sıkıştırma deneylerinden her bir çeşit için kuvvet-deformasyon eğrisi, kopma kuvveti, kopma deformasyonu, kopma enerjisi ve elastiklik modülünü belirlemişlerdir. Değişik deney kombinasyonlarında elastiklik modüllerini depolama süresi ile azalan şekilde 1.23 – 5.88 MPa arasında ölçmüşlerdir.

Aydın (1989), yaptığı çalışmada Amasya elma çeşidinin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiştir Elmanın kuvvet-zaman grafiğini oluşturmak için “biyolojik malzeme test cihazı” imal edilmiştir. Denemeler hareketli platformu 62 mm/min ilerleme hızında silindirik kalıpla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda Amasya elmasının Poisson oranı 0.39 olarak bulunmuştur. Elastiklik modülü bölgelere göre değişmiş, biyolojik akma noktası için çiçek bölgesinde 0.945 N/mm^2 , karın bölgesinde 3.13 N/mm^2 ve sap bölgesinde 0.70 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

Hyde vd. (1989), kabul edilebilir patates tohumlarının alt büyüklükteki (29 g’ın altındakiler) ve üst büyüklükteki (70 g’dan daha büyük olanlar) parçalardan ayrılması için hava akımının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Denemelerde rüzgar tüneli kullanılmıştır. Denemelerde, ayırma tekniğinin pratik sınırları ve tohum parçalarının büyüklük ve şekillerine bağlı olarak aerodinamik özellikleri saptanmıştır. Deneme sonuçları, içinde yaklaşık %4 kabul edilebilir parça büyüklüğüne sahip olan alt büyüklükteki parçaların %80’nin ayrılabilirdiğini göstermiştir. Bu denemeler, yüksek hava hızı kullanılarak üst büyüklükteki parçaların ayrılmasının mümkün olmadığını göstermiştir. Araştırmacı, patateslerin kesek ve taşlardan ayrılması için yapılan hava kanalı denemesinde bütün patateslerin 38 m/s’lik hava hızı ile kaldırılabilceğini saptadığını ve düz yüzeyli olanların küresel materyallerden daha çok yüzdüğünü

gösterdiğini belirtmiştir. Çalışma sonunda patateslerin ağırlık gruplarına göre saptanmış kritik hızları 20–40 g arası yumrular için 26–35 m/s, 40–120 g arası yumrular için 29–39 m/s ve 120 g ve üzeri yumrular için 30–40 m/s’dir. Ayrıca patates tohumluğunun etkisi altında olduğu iki kuvveti; yerçekimi kuvveti ve sürüklenme kuvveti olarak belirtmişlerdir.

Ayrıca araştırmada yerçekimi kuvveti ile sürüklenme kuvveti arasındaki ilişkinin patates tohumluğunun şekline bağlı olmakla beraber her üç şekildeki tohumlukta da doğru orantılı olduğu ve sürüklenme kuvvetinin uç parçalarda en düşük olduğu saptanmıştır.

Akdemir (1990), soğan arpacığı mekanizasyonuna yönelik bazı fiziksel ve fiziko mekaniksel özellikleri saptamıştır. Denemeye alınan arpacıkların ortalama uzunluğunu 29.10 mm, genişliğini 15.11 mm, hacmini 1.40 cm³, ağırlığını 2.41 g, küresellik katsayısını %51.92, doğal yığılma açısını 30.86° olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte sürtünme katsayısını cam, ahşap ve sac yüzey olmak üzere 3 farklı yüzeyde, arpacığın ekvatorial çapının yüzey eğimine paralel ve dik olması durumunda saptanmıştır. Arpacığın yüzey eğimine paralel olduğu durumda sürtünme katsayısı; cam yüzeyde 0.243, ahşap yüzeyde 0.143 ve sac yüzeyde 0.272 olarak, yüzey eğimine dik olduğu durumda ise aynı yüzeylerde sırasıyla 0.510, 0.511 ve 0.555 olarak saptanmıştır.

Güzel ve Sinn (1990), Washington-Navel çeşidi portakalla Instron test cihazıyla sıkıştırma testleri yapmışlar ve deneme planına göre kuvvet-deformasyon davranışlarını ortaya koymuşlardır. Portakalları çiçek, sap ve yanak bölgesinde, 6 ve 8 mm çaplı düz sonlu silindirik uç ve 6.20 ve 8 mm çaplı küresel sonlu silindirik uçla 0.5, 1, 2, 5, 10 ve 20 cm/min olmak üzere altı yükleme hızında sıkıştırma testine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonuçlarında portakal için biyolojik akma ve kabuk yırtılma noktalarının kuvvet-deformasyon eğrisinde aynı noktada çıktığını belirtmişlerdir. Bunun meyvenin paketleme hattında kutulara, özellikle de kutunun alt kısımlarına, yanal olarak yerleştirilmemesi gerektiği anlamına geldiğine değinmişlerdir.

Aydın ve Öğüt (1992), çalışmalarında Konya ekolojik şartlarında yetiştirilmiş Golden, Starking ve Amasya elma çeşitlerinin kuvvet-deformasyon eğrilerini çizerek mekanik kuvvetlere karşı gösterdikleri tepkileri belirlemişlerdir. Elde ettikleri kuvvet-zaman grafiklerinden Amasya elma çeşidi için deformasyon/şekil enerjisi değerini 2.88 ml/J olarak bulmuşlardır. Bu değerın bölgelere ve çeşide göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Beyhan (1992), farklı nem düzeylerindeki fındığın bazı fiziksel ve aerodinamik özelliklerini saptamak amacıyla bir hava kanalı oluşturmuştur. Ayrıca materyallerin yüzme hızlarının tane konumunun sabit tutulması ile her bir tane için ayrı ayrı belirlenmiştir. Sürüklenme katsayıları, türbülans akım içindeki yüzme hızlarından hesaplanmıştır bu nedenle pnömatik iletim sistemlerinde meydana gelen gerçek koşullarına çok yakın değerler gösterebileceğini bildirmiştir.

Irvine vd. (1993), Russet Burbank, Norchip ve Yukon Gold cinsi kirli (üzeri topraklı) ve temizlenmiş patateslerin hava akımına karşı gösterdiği direnci yatay ve dikey olarak iki konumda ölçmüşlerdir. Araştırma sonucunda patateslerin hava akımına yatay yönde dikey yöndekinden %15–30 daha düşük direnç gösterdikleri, büyük patateslerin küçüklere göre %41 daha az direnç gösterdiği saptanmıştır.

Bajema ve Hyde (1995), soğanda hasat sonrası işlemler sırasında çarpmadan dolayı meydana gelen zedelenmeler ve üç farklı referans yüzeye önceden belirlenen yüksekliklerden düşürülen soğanların zedelenme oranları saptanmıştır. Denemelerde 2–3 haftalık kısa ömre sahip Walla Walla çeşidi tatlı soğanlar kullanılmıştır. Tele bağlanmış olan soğanlar bir sarkaç yardımıyla farklı yüzeylere çarptırılmıştır. Denemede 3 yüzey için 20 mm ile 225 mm arasında değişen 7 farklı düşme yüksekliği kullanılmıştır. Deneme sonucunda soğanların %100'ünün büyük düşme yüksekliklerinde zedelenmeye karşı direncinin düşük olmasına rağmen, düşük düşme yüksekliklerinde zedelenmeye karşı direncin yüksek olduğu belirlenmiştir. Oda sıcaklığında yapılan denemelerden sonra her bir soğan ikiye kesilmiş ve tabakaları tek tek ayrılmıştır. Her bir tabaka onu çevreleyen bir ışığa tutulmuş ve hasarlı bölgeler yarı şeffaf olarak görülmüştür.

Garcia vd. (1995), elma ve armut türleri için sulama, nem içeriği, hasat zamanının ve depolamanın, meyve sertliği, kabuk özellikleri ve zedelenme duyarlılığına etkileri belirlenmiş ve meyvenin fiziksel özellikleri ile zedelenme arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Tüm meyvelere, Instron universal test makinesi ile penetrasyon testi (kabuk soyulmuş durumdayken 8 mm çaplı batıcı uç ile 20 mm/min hızda uygulanan standart Magness-Taylor yöntemi), kabuk delme testi (0,5 mm çaplı batıcı çubuk, 20 mm/min hız) ve çarpma testi (özel bir düzenekle 50.80 g, 20 mm çaplı kürenin 8 cm düşme yüksekliğinden meyvelere çarpması ile gerçekleştirilmiştir) uygulanmıştır. Normal olarak sulanan ağaçların, sulanmayan ağaçlara göre daha sert meyve verdiklerini belirlemişlerdir. Testten 16 saat önceki meyvedeki su miktarı, meyvenin fiziksel özelliklerini ve zedelenme duyarlılığını etkilemekte, turgor basıncı yüksek meyveler zedelenmeye daha duyarlı olmaktadır. Meyveler hasat zamanında, depoda bekletildikten sonraki hallerine göre zedelenmeye karşı daha duyarlıdır. Bu durum meyve turgor basıncındaki azalma ile açıklanabilmektedir. Erken toplanan meyveler, daha sonra toplanan meyvelere göre zedelenmeye daha az duyarlıdır. Bu durum meyve sertliğindeki azalma ile açıklanabilir. Araştırma sonuçları meyvenin turgor hali ile sertliğinin meyve zedelenme duyarlılığını bağımsız olarak etkilediğini göstermektedir.

Maw vd. (1996), Granex-Grano tipi tatlı soğan örneklerinin hasatları, depolanmaları, işlenmeleri ve pazara sunulması sırasında bilinmesi gereken bazı fiziksel ve mekanik özellikleri saptamak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. 100 adet soğan için yapılan denemeler sonucunda ortalama kütle, yüzey alanı, hacim ve yoğunlukları sırasıyla 98 g, 11 cm², 95cm³ ve 1100 kg/m³ olarak saptanmıştır. Mekanik hasat ve hasat sonrası işlemlerde soğanların dayanımlarının göstergesi olan ezilme yükü ve delme gücü sırasıyla 26.40 N ve 25.00 N olarak bulunmuştur.

Güzel vd. (1996), tarım ürünlerinin farklı kriterler esas alınarak sınıflandırılmalarına rağmen ağırlıklı olarak fiziksel, mekanik, ısısal, elektriksel ve optik özelliklerine göre sınıflandırılmakta olduklarından bahsederek, son yıllarda rengin ekonomik değerlendirme ve kalite standardı olarak algılanmasının zorunluluk haline geldiğini vurgulamışlardır.

Yağcıoğlu (1996), meyve ve sebzelerin pazara sunulmadan önce temizlenmeleri ve sınıflandırılmalarının üretici ve tüketici açısından önemli olduğuna değinerek, üretici malına albeni ve kalite kazandırmış, tüketicinin ise mali gücüne ve isteklerine uygun ürünü satın almış olacağını, tüketicilerin bilinçlendikçe satın alacakları ürünlerin daha üst standartlarda temizlenmiş, sınıflandırılmış ve paketlenmiş olmasını istediklerinden bahsetmiştir. Sebze ve meyvelerin ayrılmasında isteklerin farklı olabileceği çoğunlukla baz olarak ayırım unsuru olarak irilik düzgün şekil renk dolgunluk olgunluk hastalık çürük miktarı ezik ve berelenme durumu nem içeriği kimyasal içerik yabancı madde cins ve miktarı dikkate alınabileceğinden bahsederek sebze ve meyvelerin temizlenmesi ile ilgili işlemlerde uygulanan yöntemlerin, taneli ürünler için uygulananlardan çok farklı olmadığını, temelde aynı prensipleri kullanmakla birlikte, uygulanan yöntemlerde, meyve ve sebzelerin büyüklük, ağırlık, şekil vb. özelliklerinin temel alınarak bazı özel uyarlamaların yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

Gonzalez (1997), domates gibi karmaşık sistemlerin mekanik davranışlarını daha iyi anlamak için teste alınan örneğin içyapısındaki değişimlerin belirlenmesinin önemine dikkat çekmiştir. Bu amaçla, farklı sıkıştırma düzeylerinde domatesin iç yapısının belirlenmesine ilişkin çalışmada manyetik rezonans görüntüleme tekniğini kullanmıştır. İleriki çalışmalarda gerilim dağılımı modelleri ve mekanik test düzeneği tasarımları üzerinde çalışmaların yoğunlaştırılması gerektiğini belirtmiştir.

Güner ve Dursun (1997), yığın halindeki portakal ve elmanın hava akımına karşı gösterdikleri dirençleri, birim yığın derinliği için basınç düşümü olarak ölçmüşlerdir. Basınç düşümünü, 0.15 ile $0.75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ arasında değişen hava hızının bir fonksiyonu olarak 15 , 30 ve 45 cm 'lik yığın derinliklerinde iki farklı yığın düzenlemesi ve üç farklı örnek büyüklüğü için bulmuşlardır. Araştırma sonunda, ürünlerin hava akımına gösterdikleri direncin hava hızı ve yığın derinliği ile arttığını, ürün çapının artmasıyla azaldığını bildirmişlerdir.

Aydın ve Çarman (1998), çalışmalarında iki farklı elma çeşidinde sarkaç kol yardımı ile elmanın elmaya çarptırılmasında farklı çarpma enerjilerine bağlı olarak çarpışma katsayılarını ve zedelenme hacimlerini belirlemişlerdir. Çarpışma katsayılarını

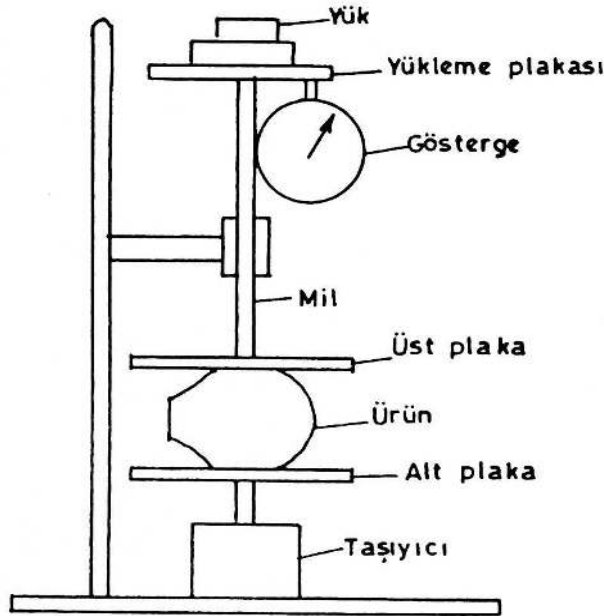
0.35–0.52, zedelenme hacimlerini 0.48–5.16 cm³ arasında bulmuşlardır. Çarpma enerjisinin artmasının çarpışma katsayısının azalmasına, zedelenme hacminin ise artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Elfverson (1999), tohumlarda optimum temizleme ve sınıflandırma yapabilmek için yığın içinde kalite farklarının, fiziksel özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin saptanması gerektiğini açıklamış, eleme ve pnömatik sınıflandırma için arpada tek bir tohum tanesinin bu özelliklerini ve çimlenme özelliklerini farklı bir yöntemle saptamıştır. Kütle, boyut, şekil, hacim, yüzey alanı, yoğunluk, gözeneklilik, renk ve görünüş özelliklerini materyalin bazı fiziksel özellikleri olarak belirtmiştir. Ayrıca tohumların pek çok fiziksel özelliğinin normal dağılıma uygun olduğunu saptamıştır. Tohumlar düzensiz bir şekle sahip olduklarından bunların yığın halindeki özelliklerini belirlemenin oldukça zor olduğunu belirtmiştir. Tohumların hava akımı içerisinde fraksiyonlarına ayrılmasında kritik hızın ayırma faktörü olduğunu açıklamıştır. Kritik hız, tohum ağırlığına ve hava akımı gücünün toplamına eşit olan, dikey hava akımının hızı olarak tanımlanmıştır. Kritik hızın tohum şekline, ağırlık ve izdüşüm arasındaki orana ve yüzey özelliklerine bağlı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacı ayrıca gerçek hızdan daha yüksek kritik hıza sahip olan tohumların hava akımı içinde sabit kaldığını ya da battığını, daha düşük hava hızına sahip olanların ise hava akımı ile yükseltildiğini açıklamıştır. Düzensiz şekle sahip olan tohumların kritik hızlarının teorik olarak hesaplanmasının yeterli hassasiyette olmadığını, bu yüzden deneysel olarak saptanması gerektiğini belirtmiştir.

Vursavuş ve Özgüven (1999), yaptıkları çalışmada elmanın bazı mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Sıkıştırma testi için Instron test cihazı 4300 serisini kullanmışlardır. Testler 8 mm çaplı uçla, 6 mm/min yükleme hızında gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta çeşidin istatistiki olarak %1 önem seviyesinde, elastiklik modülü ve deformasyon enerjisi üzerinde etkili olduğunu, deformasyon hacmi üzerine ise etkisiz olduğunu belirtmişlerdir. Golden Delicious, Red Delicious, Granny Smith ve Braeburn elma çeşitlerinde elastiklik modülünün farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Braeburn elma çeşidi 4.88 N/mm² ile en yüksek, Granny Smith elma çeşidinin 2.37 N/mm² ile en düşük elastiklik modülüne sahip olduğunu ortaya

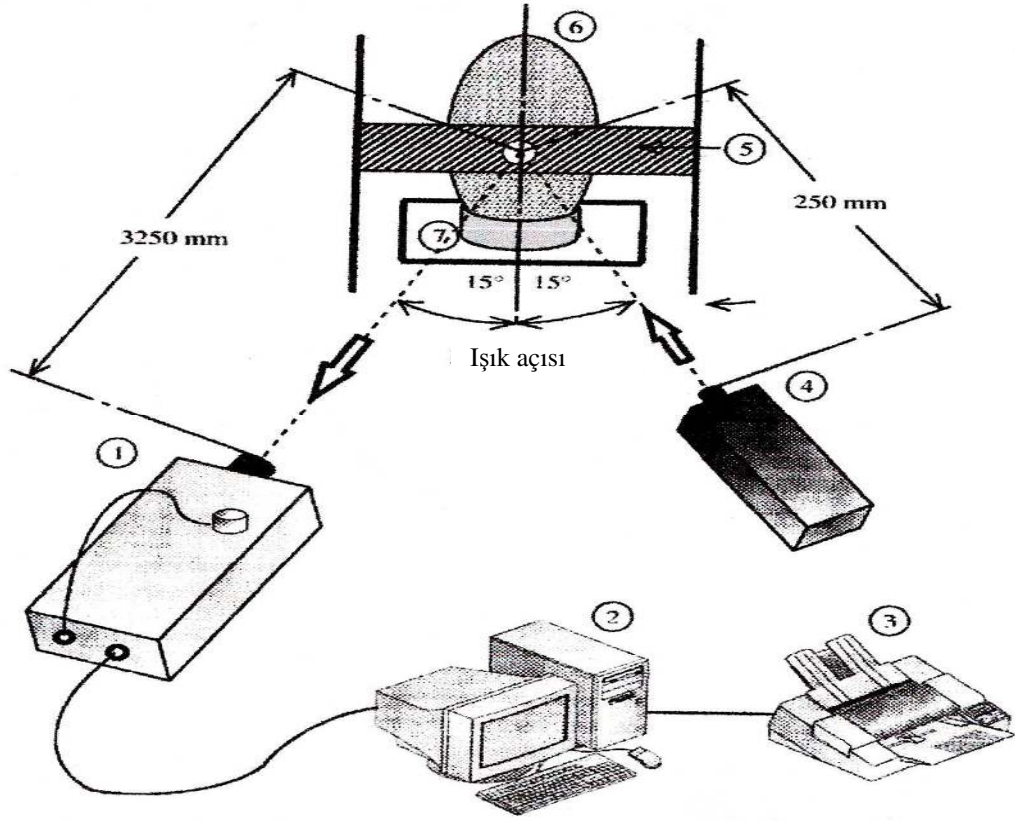
koymuşlardır. Zedelenme ile ilgili olarak yapılan çarpma testi sonuçlarına göre, zedelenmenin elastiklik modülündeki azalma ile arttığını belirtmişlerdir. Zedelenme direnci katsayısı değerlerine göre, Granny Smith elma çeşidinin Braeburn elma çeşidi ile karşılaştırıldığında zedelenmeye daha duyarlı olduğunu bulmuşlardır.

Gezer vd. (2000), elma, üzüm, erik ve kayısı meyveleri ile hıyar, biber, patlıcan ve domates sebzelerinin boyut özellikleri, kütle, kopma direnci, kütle/kopma direnci, suda eriyebilir kuru madde miktarı, meyve sertliği ve elastiklik modülü değerlerini belirlemişlerdir. Elastiklik modülünün belirlenmesinde Şekil 2.5’de gösterilen test düzeneği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, ürünlerin fiziko-mekanik özellikleri verilmiştir. Elastiklik modülü değerleri hıyar için 632 kPa (0.632 N/mm²), domates için 1006 kPa (1.006 N/mm²) olarak belirlenmiştir.



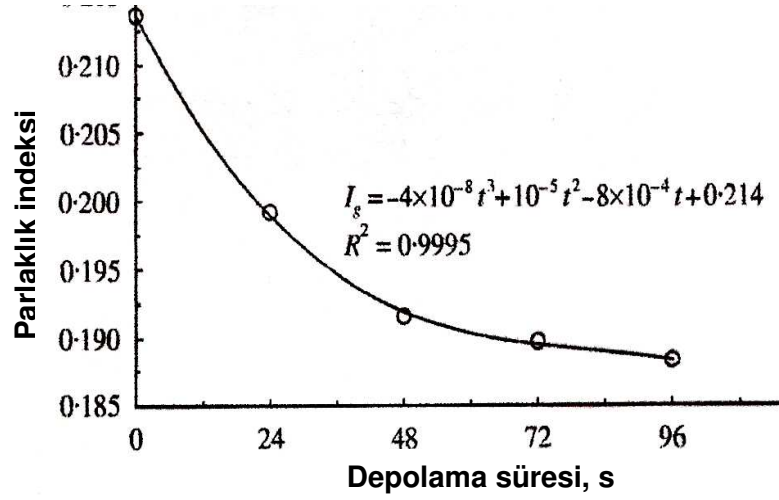
Şekil 2.5. Basınç test cihazı

Jha vd. (2002), çalışmalarında yüzey parlaklığı ve ağırlık kaybının patlıcanın tazeliğinin belirlenmesinde iki önemli parametre olduğunu, denemeye aldıkları patlıcanlar 0–96 saat arasında değişen depolama sürelerinde, 20°C’de ve %80-84 nemde depolanmışlardır. Yüzey parlaklığının belirlenmesinde Şekil 2.6’da gösterilen SR-5000 model spektrometre kullanılmıştır.

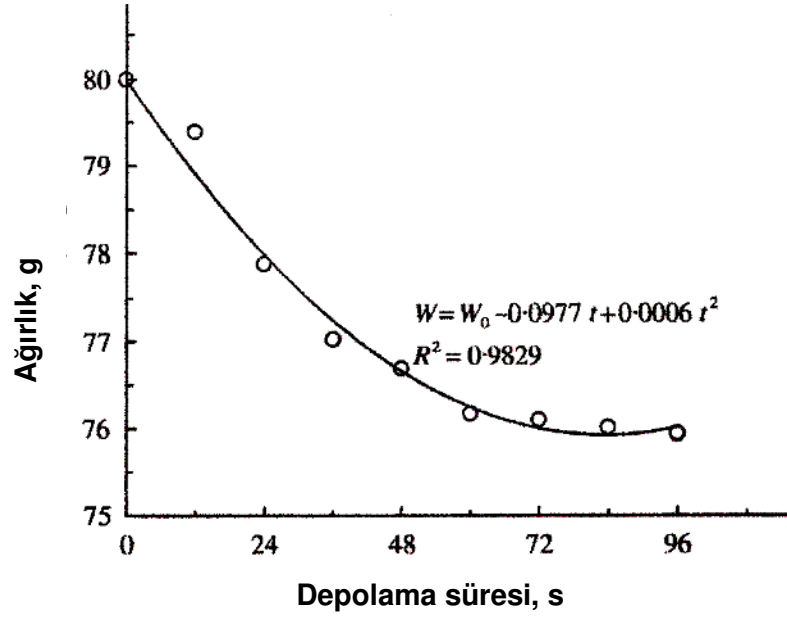


Şekil 2.6. Spektrodadyometre ve çevre elemanları

Bu sistem; bir spektrodadyometre, bilgisayar, yazıcı, ışık kaynağı, örneği tutan bir parça, örnek ve örneğin konulduğu tabladan oluşmuştur. Ağırlık kaybını ise 0, 24, 48, 72, 96 saat depolama sürelerinde örnek alınarak elektronik tartıda tartı ile belirlenmişlerdir. Depolama süresi ile ağırlık kaybı ve parlaklık indeksinin değişimlerini Şekil 2.7 ve 2.8’de görüldüğü gibi vermişlerdir.



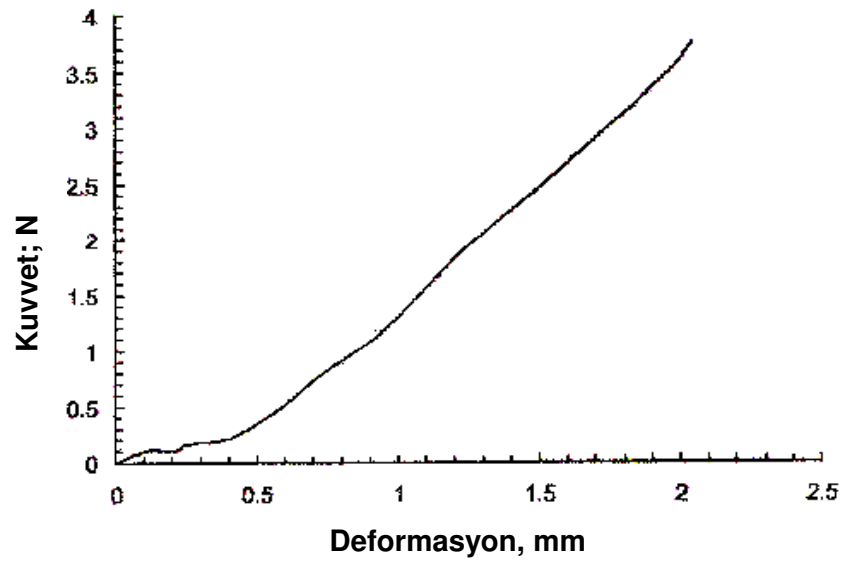
Şekil 2.7. Parlaklık indeksinin depolama süresine göre değişimi



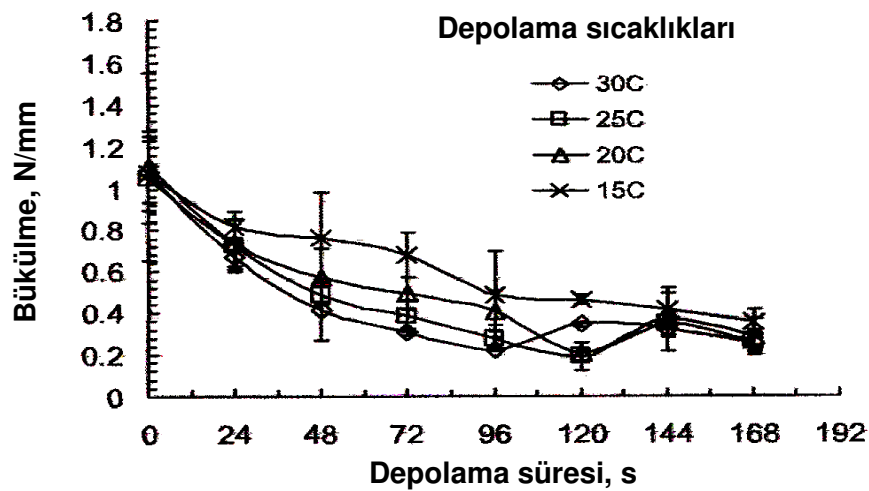
Şekil 2.8. Ağırlık kaybının depolama süresine göre değişimi

Jha ve Matsuoka (2002), yaptıkları çalışmada patlıcanın yüzey sertliği, hacmi ve yoğunluğunun depolama süresi boyunca değişimini belirlemişlerdir. Denemeye alınan patlıcanları 0–168 saat arasında değişen depolama süresinde, 15–30°C sıcaklıkta ve %90 nemde depolanmışlardır. Kütle ve hacim standart metotla, yoğunluk ise kütle ve hacim yardımıyla hesaplanmıştır. Yüzey sertliği Aikoh 1307 model sıkıştırma test cihazı ile 2 mm/min ilerleme hızında ve 3 mm çaplı uçla belirlenmiştir. Deneme sonucunda ürün sertliği, hacmi ve kütlesinin depolama boyunca azaldığı saptanmıştır.

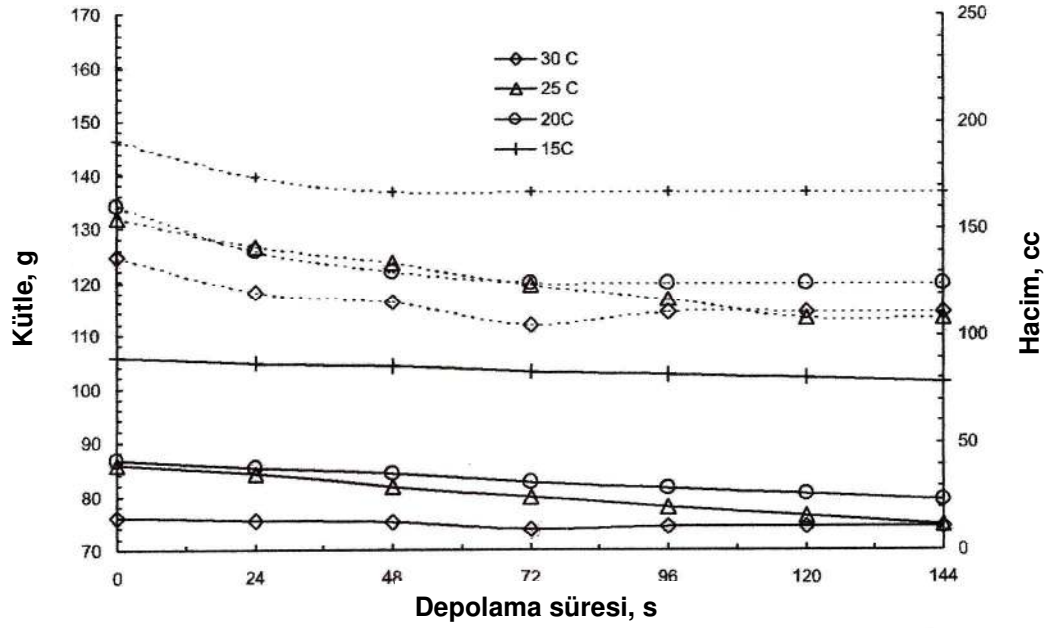
Araştırmacılar, 96 ile 120 saat depolama süresinde ve sırasıyla 30°C ve 20–25°C sıcaklıkta depolamanın patlıcanlar için kritik bir değer olduğunu vurgulamışlardır. Bu saptanan sıcaklık ve depolama sürelerinden sonra patlıcanların bozulmaya başladığını, 15°C sıcaklıkta depolanan patlıcanlarda herhangi bir bozulma görülmediğini belirtmişlerdir. Şekil 2.9’da deformasyon kuvvet, Şekil 2.10’da depolama süresiyle yüzey sertliği değişimi ve Şekil 2.11’de ise depolama süresiyle hacim ve kütle değişimi verilmiştir.



Şekil 2.9. Patlıcanın kuvvet-deformasyon grafiği



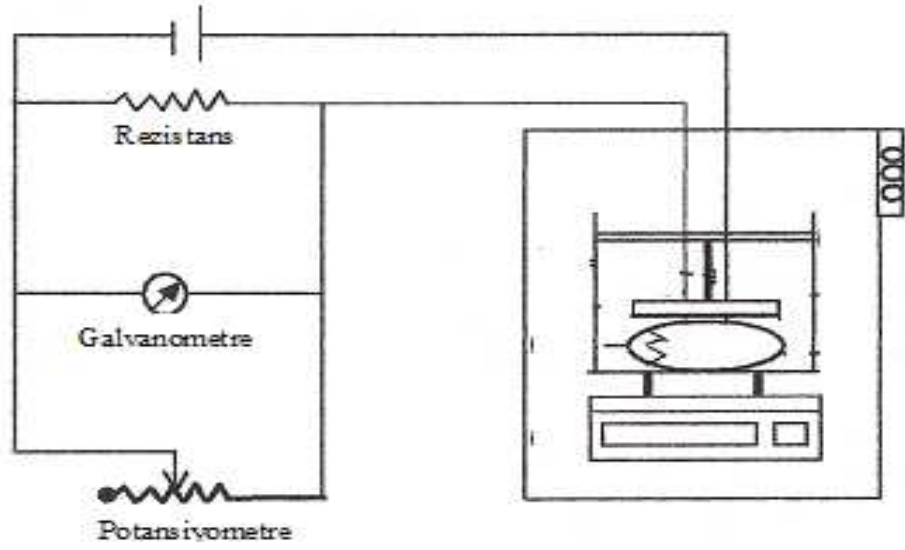
Şekil 2.10. Çeşitli sıcaklıklarda depolama süresine göre sertliğin değişimi



Şekil 2.11. Çeşitli sıcaklıklarda kütle ve hacmin depolama süresine göre değişimi

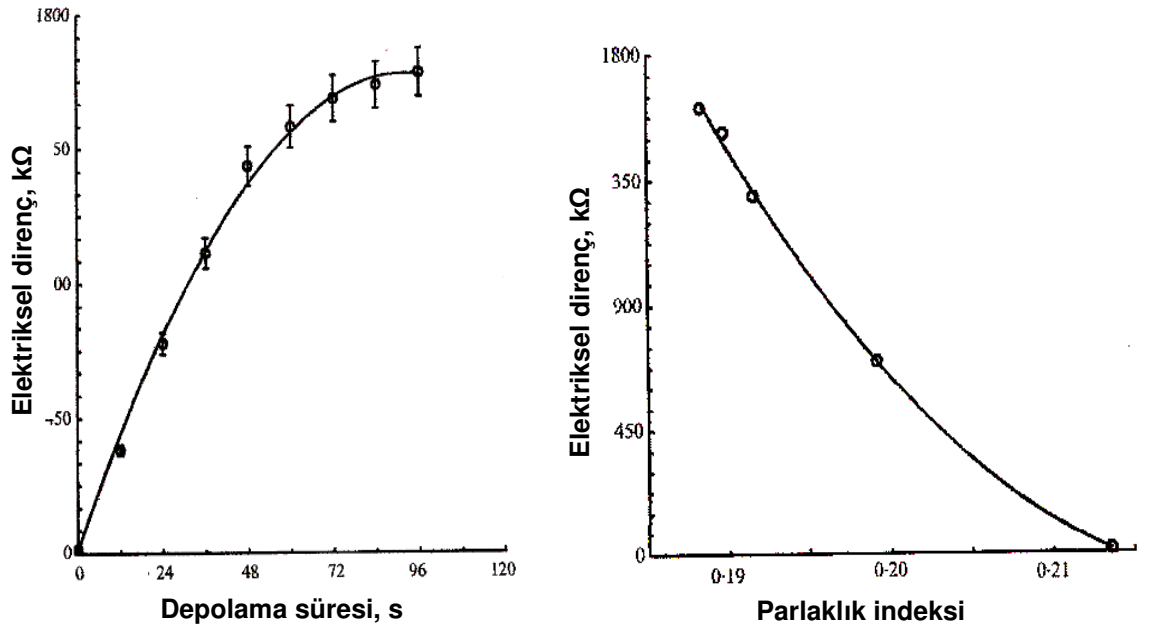
Bernalte vd. (2003), çalışmalarında kirazın depolamasında gecikmelerin etkilerini depolama boyunca ve depolama sonrası olmak üzere iki kısımda incelemişlerdir. Hasat edilen kiraz soğuk hava deposuna götürülmeden önce 20°C sıcaklıkta ve üç farklı periyotta (5, 15, 25 s) bekletilmiştir. Bu geciktirmeden sonra soğutma sistemiyle 4°C sıcaklığa kadar soğutulmuş ve sonra üzeri polipropilen film kaplı 500 g'lık kaplarda 14 gün 1°C de ve %90–95 nemde depolanmış ve daha sonra 3 gün 7°C de taşımayı simule edecek şekilde bekletilmiştir. Renk analizleri Minolta CR-200B marka kolormetre ile 8 mm çapındaki alanda ölçülmüştür. Ürünün sağlamlık testleri ise instron marka test cihazıyla 2 mm çaplı uçla 10 cm/min'lik ilerleme hızında yapılmıştır.

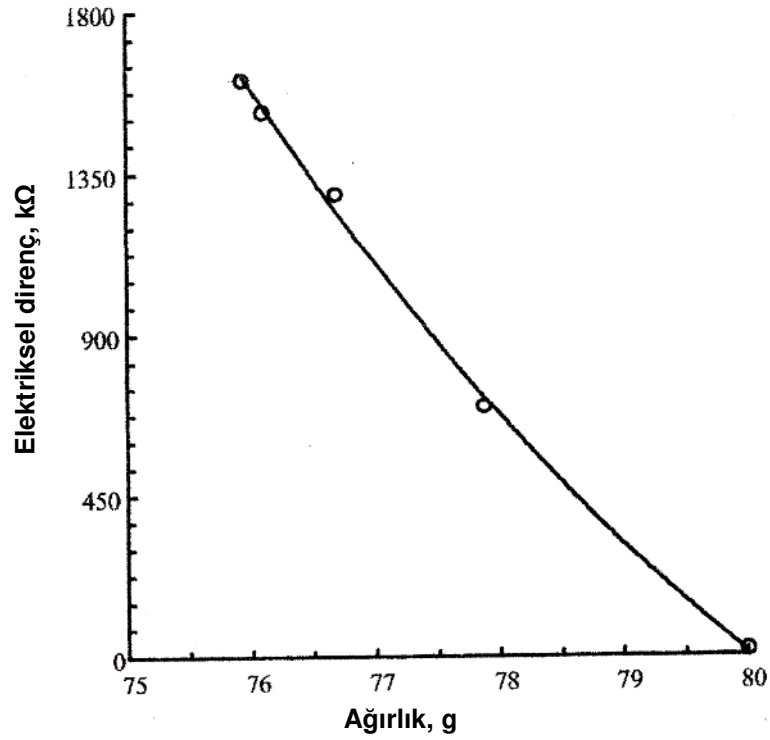
Jha ve Matsuoka (2004), patlıcanın elektriksel direncinin ağırlık, parlaklık ve depolama süresiyle değişimini belirlemişlerdir. Patlıcandan, hasat sonrası elde edilen elektriksel direnç, parlaklık, sağlamlık ve ağırlık bilgilerinin yeni ekipmanların geliştirilmesi konusunda oldukça önemli olduğunu bildirmişlerdir. Denemeye alınan patlıcanlar 0–96 saat arasında değişen depolama süresinde, 20°C sıcaklıkta ve %80–84 nemde depolanmışlardır. Elektriksel direnç, galvanometre adı verilen düzenek yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Meyvenin elektriksel direncini ölçen galvanometrenin sistematiği

Yüzey parlaklığı spektoradyometre ile ağırlık ise elektronik tartı ile saptanmıştır. Ayrıca depolama boyunca yüzey elektriksel direnci ile ağırlık ve yüzey parlaklığı arasındaki ilişkide belirlenmiştir. Elektriksel yüzey direnci depolama süresinin artmasıyla 4. dereceden polinomial bir şekilde arttığını ve ağırlık ve parlaklığın azalmasıyla yine arttığını saptamışlardır. Şekil 2.13’de denemelerle ilgili sonuçlar verilmiştir.





Şekil 2.13. Patlıcanın elektriksel direnci ile ağırlık, depolama süresi ve parlaklık indeksi arasındaki ilişkiler

Kabaş vd. (2006), çalışmalarında Frenk incirinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinin, hasat, taşıma, temizleme, paketlenme, depolama ve işleme için gerekli olan makinaların tasarımı için oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada Frenk incirinin farklı zamanlarda hasat edilerek, %89.91 ile %44.76 arasında değişen farklı su içeriklerinde denemeye alınmıştır. Meyvenin su içeriği %89.91'den %44.76'ya düşerken meyve uzunluğunun 71.93 mm'den 63.27 mm'ye, genişliğinin 57.57 mm'den 48.10 mm'ye ve kalınlığının ise 52.08 mm'den 44.99 mm'ye düştüğünü saptamışlardır. Aynı su içeriği değerlerinde geometrik çapın ve küreselliğin sırasıyla 59.68 mm den 51.08 mm ve 0.831 den 0.809'a düştüğünü belirlemişlerdir. Denemede elde edilen diğer tüm sonuçlar Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Su içeriklerine göre Frenk incirinin fiziksel özellikleri

	Nem İçeriği, %y.b.					Önem seviyesi
	89.91	78.49	65.12	56.65	44.76	
Uzunluk (mm)	71.93±0.09 ^a	69.46±0.63 ^{ab}	68.90±0.61 ^{ab}	66.31±0.81 ^{bc}	63.27±1.95 ^c	**
Genişlik (mm)	57.57±0.34 ^a	55.94±0.50 ^a	52.80±0.35 ^b	50.92±0.14 ^{bc}	48.10±1.28 ^c	***
Kalınlık (mm)	52.08±0.31 ^a	50.54±0.40 ^b	48.98±0.37 ^c	47.19±0.21 ^d	44.49±1.46 ^e	***
Geo. Ort. Çap (mm)	59.68±0.04 ^a	57.87±0.46 ^{ab}	55.97±0.39 ^{bc}	53.92±0.32 ^{cd}	51.08±1.53 ^d	***
Küresellik	0.831±0.001 ^a	0.834±0.004 ^a	0.815±0.004 ^{ab}	0.815±0.006 ^{ab}	0.809±0.003 ^b	**
Hacim (cm ³)	89.96±1.53 ^a	83.61±1.67 ^{ab}	72.65±3.18 ^{bc}	67.80±4.06 ^c	61.38±5.13 ^c	**
Yüzey alanı (cm ²)	111.92±0.17 ^a	105.32±1.66 ^b	98.89±1.34 ^c	92.02±1.05 ^d	83.04±4.71 ^d	***
İz düşüm alanı (cm ²)						
X eksen	20.20±0.79	19.06±0.78	18.95±0.79	17.61±0.64	17.02±0.42	ns
Y Eksen	15.57±1.09	14.85±1.09	14.26±1.02	13.37±1.23	12.92±1.20	ns
Ağırlık (g)	109.57±1.42 ^a	105.76±1.35 ^{ab}	104.62±1.30 ^{abc}	100.34±1.03 ^{bc}	99.27±0.88 ^c	**
Özgül ağırlık (kg/m ³)	1224.34±16.32 ^c	1272.45±40.84 ^{bc}	1560.33±86.06 ^{ab}	1596.28±97.28 ^a	1766.77±127.36 ^a	**
Y. Hacim ağı. (kg/m ³)	641.74±4.50 ^a	634.64±4.61 ^a	630.44±3.53 ^a	612.59±2.28 ^b	588.66±3.26 ^c	***
Boşluk oranı	0.469±0.011 ^c	0.494±0.020 ^{bc}	0.561±0.020 ^{ab}	0.587±0.25 ^a	0.637±0.030 ^a	**
Statik Sürtünme K.						
Galvaniz	0.243±0.004	0.237±0.005	0.234±0.003	0.225±0.005	0.219±0.007	ns
Kontrol	0.261±0.009	0.258±0.010	0.254±0.008	0.243±0.007	0.232±0.003	ns
Lastik	0.296±0.028	0.290±0.029	0.287±0.025	0.275±0.020	0.268±0.016	ns

***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi, ns önemsiz

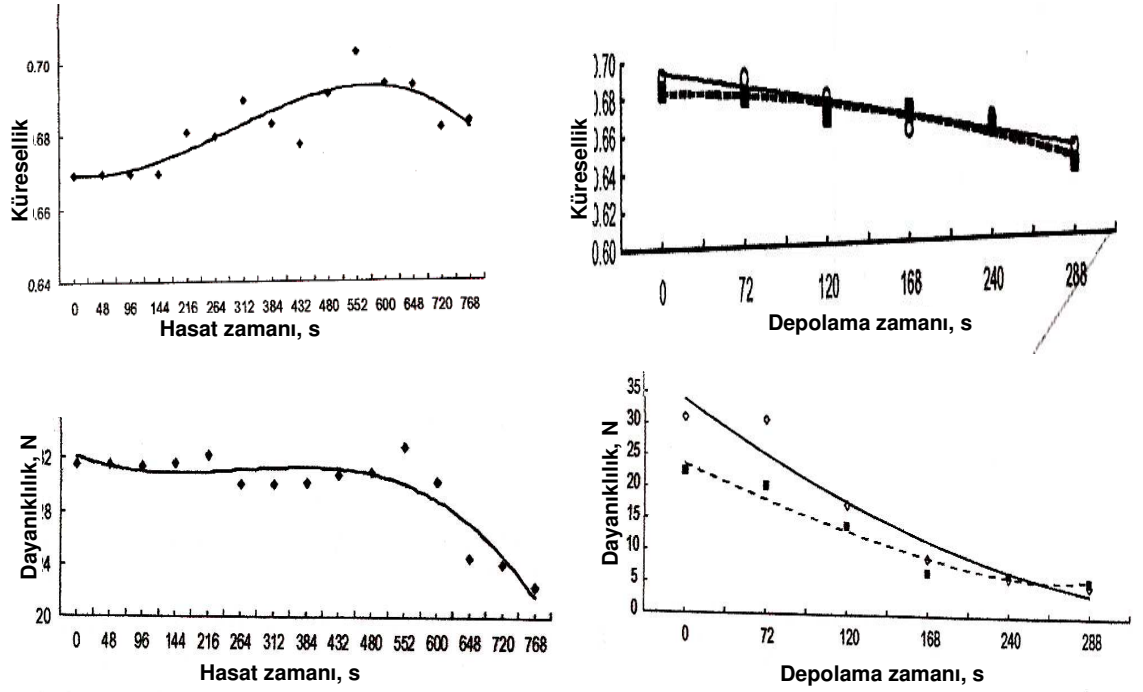
Topuz vd (2005), Antalya yöresinde yetiştirilen 4 portakal çeşidinin fiziksel ve besinsel özelliklerini saptayarak bunlar arasında istatistiksel olarak karşılaştırma yapmışlardır. Denemede portakalların uzunluk, çap, geometrik çap, yüzey alanları, küresellik, izdüşüm alanları, hacim ağırlıkları, özgül ağırlıkları, paketleme katsayısı, statik sürtünme katsayıları, renk, toplam ve suda çözünebilir kuru madde miktarları ve çeşitli besinsel özellikleri belirlenmiştir. Denemeler her çeşit için ağaçlardan rastgele toplanan 50 adet portakal üzerinde yapılmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Dört çeşit portakalın fiziksel özellikleri

	Alanya	Pınar	W. Navel	Shamouti	
Uzunluk (mm)	69.21 ± 1.81 ^b	69.44 ± 0.79 ^b	82.60 ± 0.88 ^a	81.74 ± 1.19 ^a	***
Çap (mm)	71.57 ± 1.21 ^b	71.83 ± 1.22 ^b	80.14 ± 0.34 ^a	75.96 ± 0.41 ^{ab}	***
Geo. ortalama çap (mm)	70.76 ± 1.42 ^c	71.00 ± 1.07 ^{bc}	80.90 ± 0.32 ^a	77.79 ± 0.53 ^{ab}	***
Küresellik	1.024 ± 0.007 ^a	1.034 ± 0.005 ^a	0.982 ± 0.008 ^{ab}	0.953 ± 0.009 ^b	***
Hacim (cm ³)	206.68 ± 16.47 ^b	207.42 ± 9.14 ^{ab}	300.44 ± 4.13 ^a	263.55 ± 7.59 ^{ab}	***
İz düşüm alanı (cm ²)	162.2 ± 5.07 ^b	162.7 ± 5.51 ^b	202.6 ± 1.47 ^a	188.2 ± 1.94 ^{ab}	***
Dikey					
Yatay	47.48 ± 1.86 ^c	47.63 ± 1.85 ^c	66.45 ± 0.43 ^a	60.51 ± 1.49 ^b	***
Ağırlık (g)	49.14 ± 1.95 ^b	49.11 ± 0.99 ^b	69.38 ± 0.21 ^a	66.42 ± 1.12 ^a	***
Özgül ağırlık (kg/m ³)	175.71 ± 9.04 ^b	187.41 ± 7.35 ^{bc}	271.40 ± 3.8 ^a	238.92 ± 6.46 ^{ab}	***
Yığın Hacim ağı. (kg/m ³)	865.55 ± 15.44 ^b	906.74 ± 5.31 ^a	903.15 ± 4.62 ^a	872.69 ± 5.42 ^{ab}	*
Boşluk oranı	527.80 ± 12.19	515.27 ± 10.44	518.17 ± 10.44	526.85 ± 17.61	NS
Paketleme katsayısı	0.402 ± 0.015	0.432 ± 0.015	0.426 ± 0.012	0.396 ± 0.019	NS
Statik sürtünme kat.	0.622 ± 0.011 ^a	0.579 ± 0.002 ^{bc}	0.571 ± 0.003 ^c	0.614 ± 0.015 ^{ab}	*
Lastik	0.270 ± 0.004 ^a	0.200 ± 0.008 ^b	0.175 ± 0.002 ^b	0.124 ± 0.005 ^c	**
Kontrplak	0.258 ± 0.006 ^a	0.187 ± 0.006 ^b	0.162 ± 0.008 ^b	0.107 ± 0.001 ^c	**
Galvaniz	0.247 ± 0.009 ^a	0.175 ± 0.004 ^b	0.147 ± 0.001 ^b	0.113 ± 0.004 ^c	***
Kabuk oranı (%)	25.40 ± 0.64 ^{bc}	28.53 ± 0.26 ^b	22.95 ± 0.57 ^c	33.88 ± 1.30 ^a	***
Renk					
L	64.67 ± 0.39 ^a	60.38 ± 0.30 ^b	60.41 ± 0.06 ^b	66.59 ± 0.45 ^a	***
a	32.24 ± 0.20 ^{bc}	35.26 ± 1.46 ^{ab}	37.33 ± 0.19 ^a	29.84 ± 0.51 ^c	**
b	68.17 ± 0.77 ^a	60.33 ± 0.68 ^b	62.13 ± 0.25 ^b	70.43 ± 0.74 ^a	***

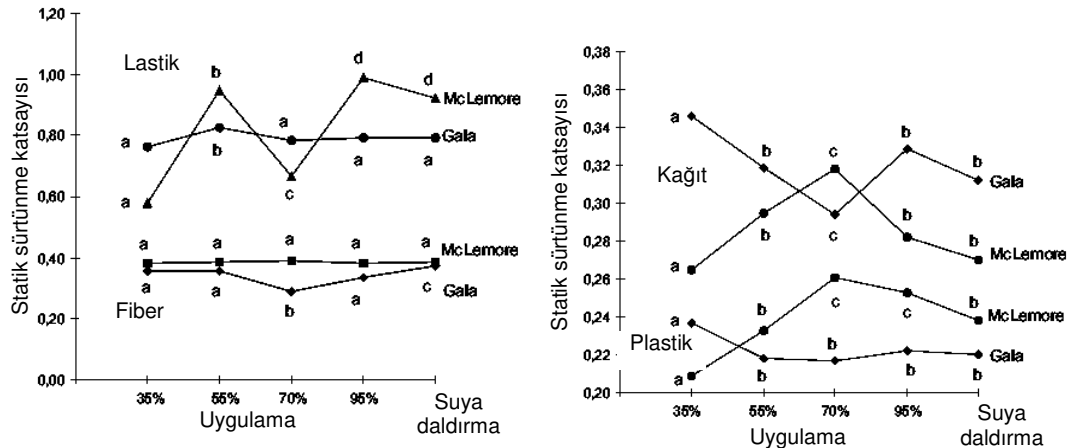
***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi, ns önemsiz

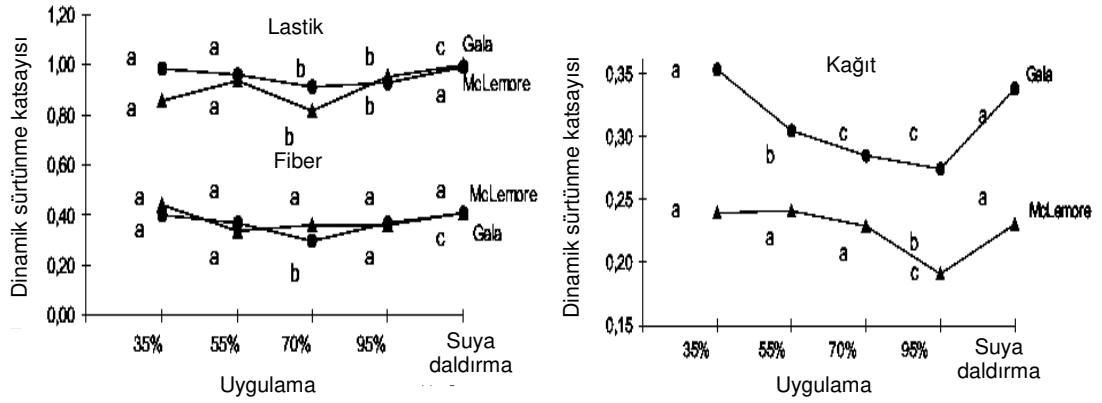
Jha vd. (2006), yaptıkları çalışmada depolama süresi ve hasat zamanının mangonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkilerini belirlemişlerdir. Depolama ve hasat zamanının boyut, küresellik, suda çözülebilir kuru madde miktarı, yüzey rengi, dayanıklılık üzerine etkilerini incelemişlerdir. Denemeleri 3 farklı ağaçtan elde edilen 420 adet mango meyvesi ile 35±0.1°C sıcaklıkta ve %65±1 nem düzeyinde olan bir ortamda yürütmüşlerdir. Meyve boyutlarının hasat zamanına göre giderek artan bir eğilim gösterdiğini ve küresellik değerinin de 0.67–0.70 arasında değiştiğini saptamışlardır. Boyut ve küresellik değerlerinin depolama boyunca su kaybından kaynaklanan nedenle azaldığını bildirmişlerdir. Dayanıklılığın hasat periyodu boyunca sabit kaldığını, olgunluğa ulaştıkça düştüğünü ve mangonun meyve olgunluğunun boyuta, renge ve dayanıklılığa göre belirlendiğini belirtmişlerdir. Aşağıda deneme elde edilen sonuçlar verilmiştir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Denemeler sonucunda elde edilen bulgular

Puchalski vd (2002) çalışmada iki elma çeşidi için dört farklı yüzeyde, dört farklı su içeriğinin statik ve dinamik sürtünme kuvvetleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Denemeler sonucunda statik ve dinamik sürtünme katsayıları ile su içeriği arasında aşağıda verilen grafikler elde edilmiştir (Şekil 2.15).





Şekil 2.15. Statik ve dinamik sürtünme katsayılarının farklı yüzeylerdeki değişimleri

Masoumi vd (2003) yaygın olarak üretilen iki tip sarımsağın aerodinamik özellikleri ve sürtünme katsayılarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada, sürtünme katsayıları belirlenirken 3 farklı yüzey kullanılmıştır. Çalışma % 34.90 ile 56.70 nem içerikleri arasında yapılmıştır. Maksimum sürtünme katsayısı sarımsak çeşidinde %55.67 nem içeriğinde beyaz, minimum sürtünme katsayısı ise %35.26 nem içeriğinde pembe sarımsak çeşidinde belirlenmiştir. En yüksek kritik hız beyaz sarımsak çeşidinde %34.9 nem içeriğinde 9.82 m/min, pembe sarımsak çeşidinde ise %56.70 nem içeriğinde 16.66 m/min olarak ölçülmüştür.

Güner (2007) bazı tarımsal ürünlerin pnömatik olarak taşınma karakteristiklerini belirlemiştir. Bu çalışmada arpa, buğday, ayçekirdeği ve mercimek tohumları kullanılmıştır. Tohumların kritik hız ve sürüklenme katsayısının yanında bunlara etkili olan hacim, küresellik, yığın hacim ve özgül hacim ağırlıkları, bin tane ağırlıkları, boşluk oranları ve izdüşüm alanları da belirlenmiştir. Tohumların kritik hızları buğdayda 9.86 ile 10.27 m/s arasında, arpada 7.44 ile 8.25 m/s ve ayçekirdeğinde 6.99 ile 7.72 m/s ve mercimekte 6.13 ile 6.61 m/s arasında değiştiği saptanmıştır. Sürüklenme katsayısı ise buğdayda 0.490–0.532, arpada 0.359–0.441, ayçekirdeğinde 0.345–0.401 ve mercimekte 0.549–0.670 arasında olduğu ölçülmüştür. Pnömatik taşıma sisteminin güç gereksinimi ve sistemde oluşan basınç düşmeleri hava hızı arttıkça arttığı gözlenmiştir. Hava hızı arttıkça tüm tohumlarda, mekanik zedelenmenin arttığı saptanmıştır.

Razavi vd (2007) ürünün nem içeriğinin antepfıstığına ve onun çekirdeğinin kritik hızına etkilerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada İran’da ticari olarak üretimi yaygın olarak yapılan nem içerikleri %4 ile %37.60 arasında değişen Akbari, Badami, Kalle-Ghuchi, Momtaz ve O’hadi isimli 5 çeşit antepfıstığı kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda kritik hızının antepfıstığında 9.80–12.44 m/s ve çekirdeğinde ise 8.30 – 11.10 m/s arasında değiştiği saptanmıştır. En yüksek kritik hız, Kalle-Ghuchi çeşidi antepfıstığı ve çekirdeğinde 12.44 ve 11.10 m/s olarak belirlenmiştir.

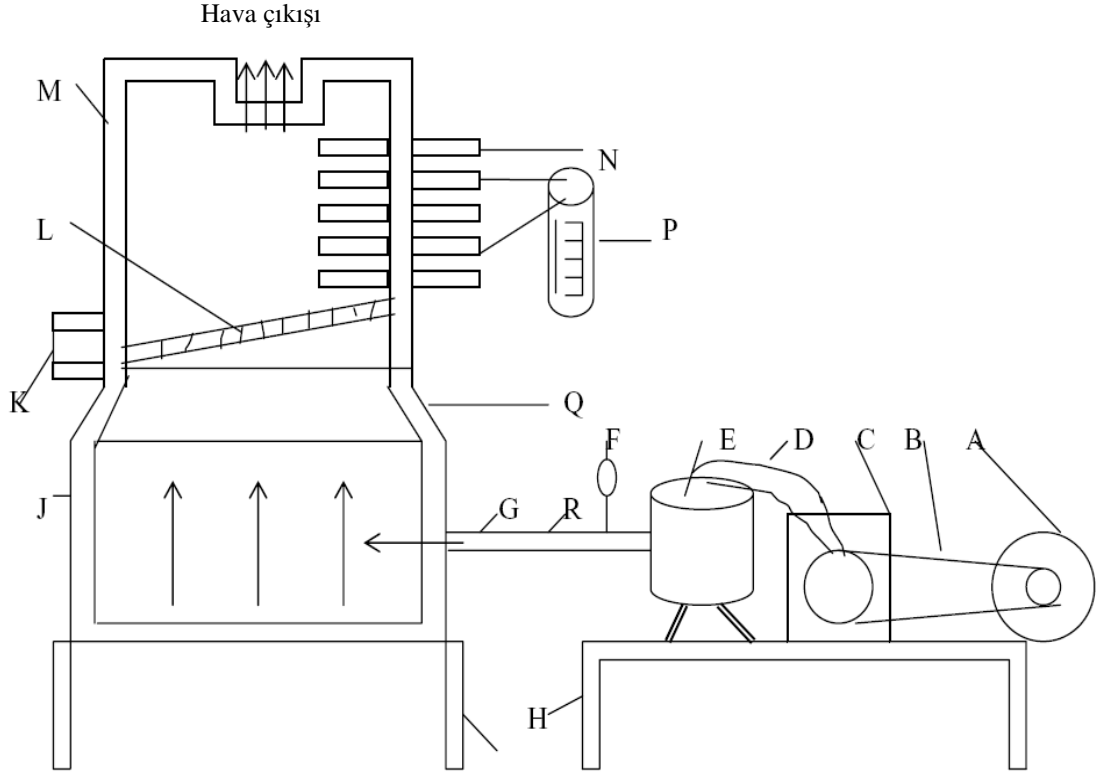
Maw vd (2002) soğanın hava akımına karşı göstermiş olduğunu direncin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışma Şekil 2.16’de görüldüğü gibi üst üste içinden hava akımı geçen kasalar yardımı ile yapılmıştır.



Şekil 2.16. Soğanın havaya karşı göstermiş olduğu direnci ölçme sistemi

Jekayinfa (2006) nem içeriği, hava akış oranı ve basınç düşmesinin fasulyenin hava akımına karşı göstermiş olduğu direncin etkisi üzerine bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada fasulyenin hava akımına karşı göstermiş olduğu direnç, 0,201 ile 0.275 m³ s⁻¹ m⁻² arasında değişen debiler için 76.50 ile 382.50 mm arasında

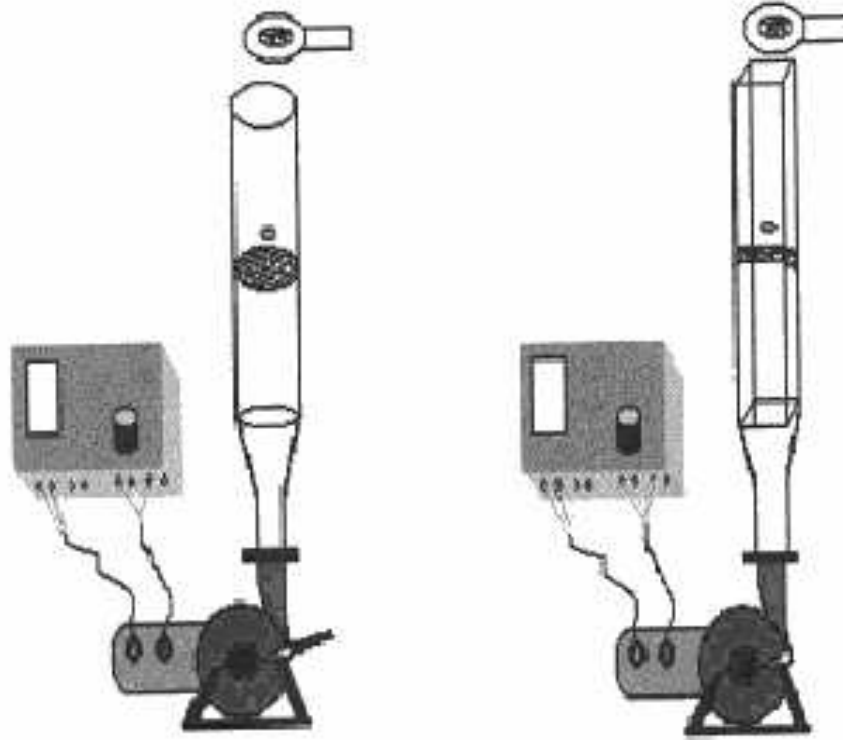
değişen yüksekliklerde belirlenmiştir. Çalışma % 9.50 ile %37.65 nem içeriği arasında yürütülmüştür. Ölçümlerin yapılmasında Şekil 2.17’de gösterilen sistem kullanılmıştır.



Şekil 2.17. Çalışmada kullanılan hava akışı test cihazı (A-motor, B-kayış-kasnak sistemi, C-kompresör, D-bağlantı hortumu, E-hava tankı, F-kontrol valfi, G- hava kanalı, H,I-sistem standı, J-basınç odası, K- hava çıkış ağzı, L-delikli levha, M- test ünitesi, N-basınç muslukları, P- manometre)

Çalışma sonucunda, derinlik ve hava akış oranı arttıkça basınç düşmelerinin de arttığı görülmüştür. Havaya karşı gösterilen direnç, derinlik ve hava hızı arttıkça artmaktadır. Ayrıca, nem oranı düştükçe havaya karşı gösterilen dirençte artmaktadır.

Duarte vd. (2004) materyalin aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi için kullanılan test düzeneğinin şeklinin değiştirilerek soya fasulyesinin aerodinamik özellikleri üzerine etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada Şekil 2.18’de gösterilen daire kesitli ölçme sistemi ile kare kesitli sistem kullanılmıştır. Kullanılan kesitlerin boyutları her iki sistem için 20, 30, 40, 50 ve 60 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.18. Aerodinamik özellik ölçüm sistemleri

Çalışma sonucunda daire ve kare kesitli ölçme sistemlerinden elde edilen kritik hız, sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısı değerleri aşağıdaki Çizelge 2.6’da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Her iki sistemde elde edilen aerodinamik özellikler

	Dairesel				
	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	20 mm
Kritik Hız	14.65 ± 0.44	10.1 ± 0.258	5.79 ± 0.409	3.39 ± 0.246	2.7 ± 0.371
Sürüklenme katsayısı	0.43 ± 0.21	0.90 ± 0.06	2.78 ± 0.37	8.12 ± 1.18	13.34 ± 3.69
Yüzey etkisi	0,1173	0,1408	0,1760	0,34	0,35
	Kare				
	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	20 mm
Kritik Hız	14.81 ± 0.448	11.94 ± 0.259	8.26 ± 0.291	6.08 ± 0.23	2.9 ± 0.183
Sürüklenme katsayısı	0.42 ± 0.03	0.65 ± 0.04	1.36 ± 0.13	2.50 ± 0.20	11.11 ± 1.67
Yüzey etkisi	0,1173	0,1408	0,1760	0,34	0,35

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

“Balo” tipi dolmalık biberin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırma düzeneğinin tasarımı için gerekli parametrelerinin ölçülmesinde kullanılan materyal, ölçüm aletleri, cihazlar ve düzenekler aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Denemelerde kullanılan Balo tipi dolmalık biber

Çalışmada deneme materyali olarak, ticari amaçlı en çok üretimi yapılan “Balo” tipi dolmalık biber kullanılmıştır. Denemeler 2007-2009 yılları arasında yapılmıştır. Denemede kullanılan “Balo” tipi dolmalık biberler, Antalya’nın, Serik ilçesinin Kayaburnu köyünde aynı seradan üç farklı hasat (Haziran, Ekim ve Şubat) döneminde toplanmıştır. Seradan toplanan biberler hava geçirmeyen kaplar içerisinde Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü Laboratuvarına getirilmiş ve aynı gün hiç bekletilmeden biyolojik malzeme özellikleri belirlenmiştir.

3.1.2. Ürünün biyolojik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan düzenekler

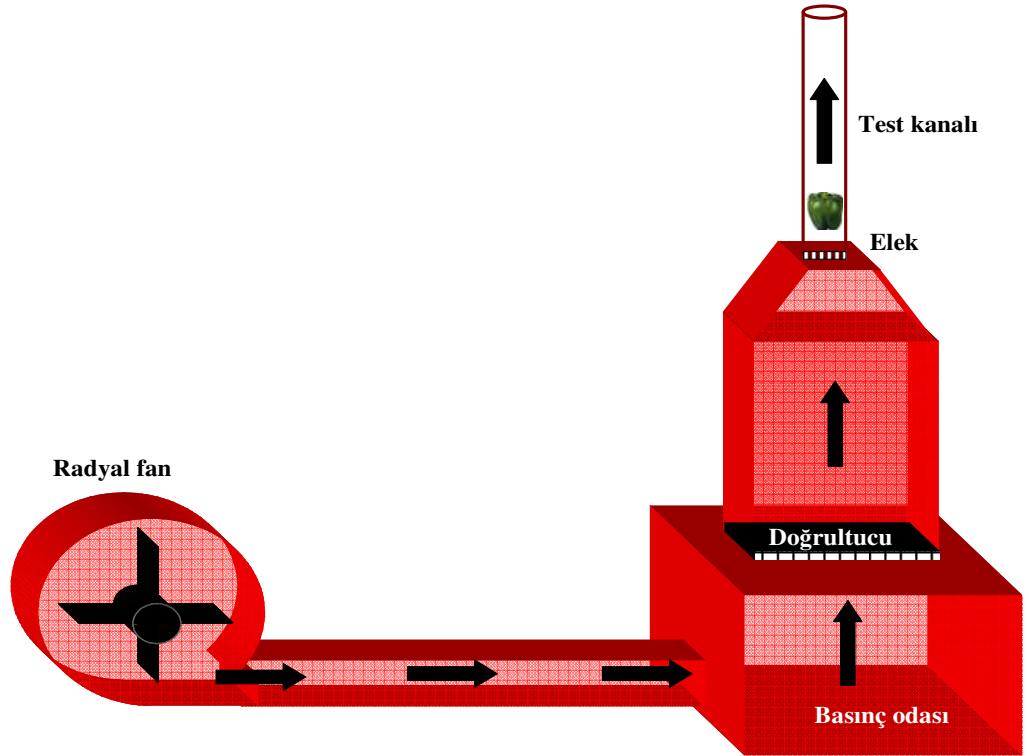
Denemelerde, ürünün aerodinamik özelliklerine göre sınıflandırma olanaklarının belirlenmesi ve sınıflandırma düzeneği prototipinin tasarım parametrelerinin belirlenmesi amacıyla; dinamik ve statik sürtünme katsayıları için sürtünme ölçüm düzeneği, aerodinamik özellikler için hava kanalı ve dayanım parametreleri için ise biyolojik materyal test düzeneği kullanılmıştır. Bu düzeneklere ait bazı teknik özellikler aşağıda açıklanmıştır.

3.1.2.1 Hava Kanalı

Hava kanalı; dolmalık biberlerin tek tek ve yığın olarak aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Hava kanalında hava akımını oluşturmak için 1.5 kW gücünde bir elektrik motorundan hareketini alan radyal tip

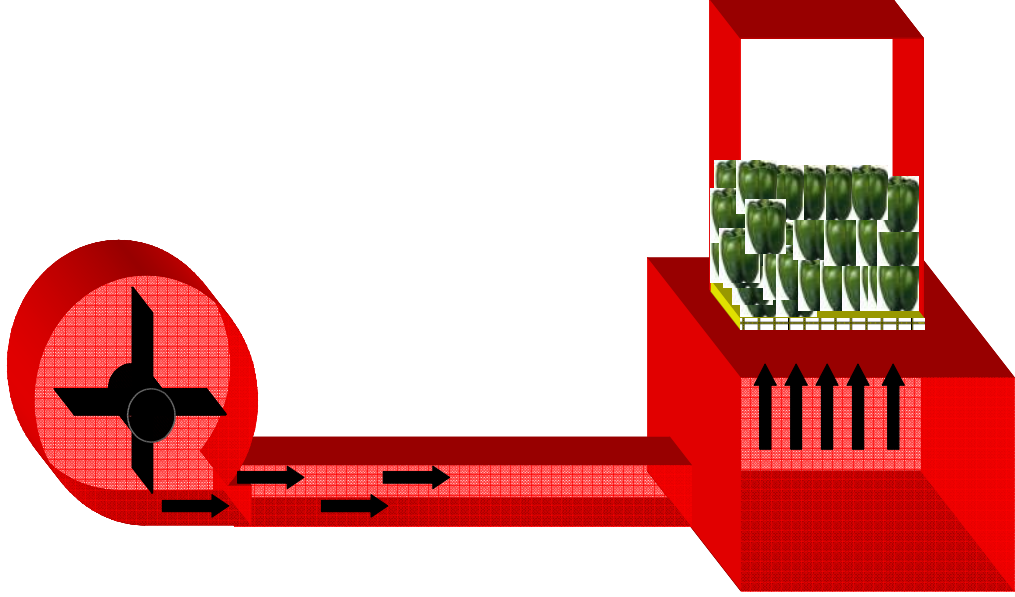
vantilatör kullanılmıştır. Hava, vantilatörün gövdesine çapı 20 cm olan bir açıklıktan alınmaktadır. Hava miktarı, hava giriş ağzına konulan bir ayar klapesi yardımı ile ayarlanmaktadır.

Radyal fan yardımı ile oluşturulan hava, 20 cm çapındaki kanal ile 600x600x400 mm boyutlarındaki basınç odasına iletilmektedir. Basınç odası, gelen hava akımının laminar akıma yakın olmasını sağlamaktadır. Basınç odasıyla test kanalının bağlandığı hava çıkış kanalı arasında yine laminar bir akıma yakın bir akış sağlamak amacıyla doğrultucu adı verilen petek şeklinde imal edilmiş bir parça yerleştirilmiştir. Bu şekilde ürünlerin hareket yörüngesi birbirlerine paralel hale getirilmesi ve izlenilmesi kolaylaştırılmıştır. Materyalin hava içerisindeki hareketini incelemek için hava çıkış kanalı üzerine çapı 250 mm olan saydam bir malzemeden yapılmış test kanalı yerleştirilmiştir (Masoumi vd 2003, Tabak ve Wolf 1998) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Aerodinamik özellik ölçüm deney düzeneği

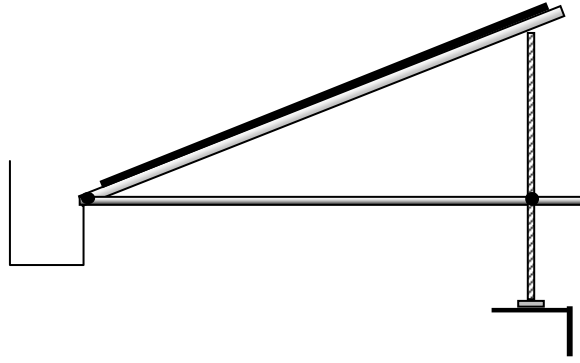
Yığın halindeki ürünün hava direnç katsayısının ölçümünde ise sistem aynı kalmakla beraber, hava çıkış ve test kanalı çıkartılarak basınç odası üzerine boyutları 400x400x600 mm olan bir kanal yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Ayrıca elektronik bir manometre ile basınç düşmeleri ölçülmüş ve hava akımına karşı gösterilen direnç, birim yığın yüksekliği için statik basınç düşümü olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.2. Yığın halindeki ürünün aerodinamik özelliklerinin belirleme düzeneği

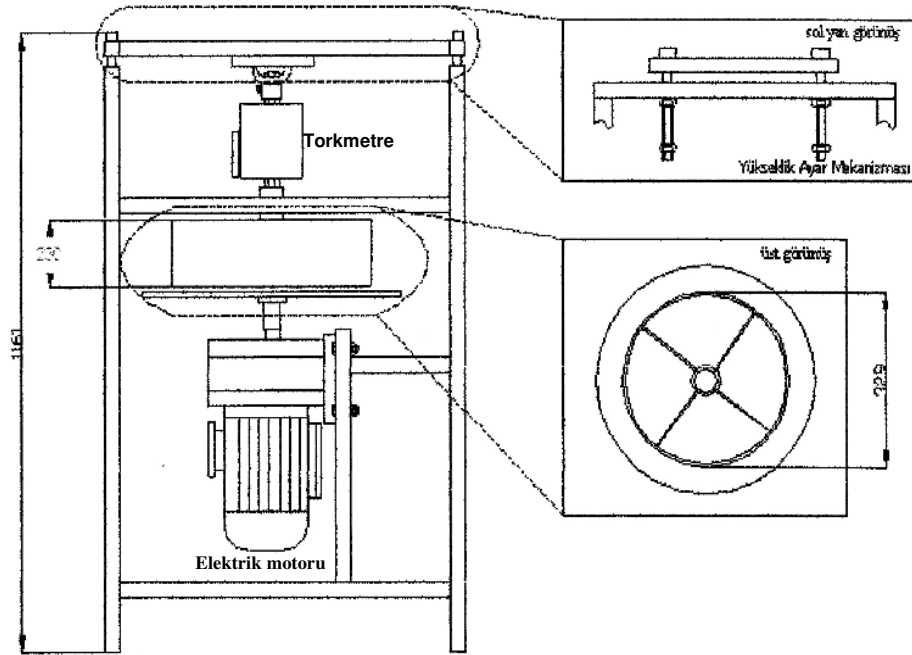
3.1.2.2. Statik ve dinamik sürtünme katsayısı belirlenmesinde kullanılan düzenekler

Materyalin hava akımına ve ilerlediği hava kanalına karşı gösterdikleri direnç üzerine etkili olan sürtünme katsayılarının belirlenmesi amacı ile Şekil 3.3’de görülen sistemler kullanılmıştır (Kabas vd 2007). Statik sürtünme katsayısı ölçme sistemi, yüzey malzemesi değiştirilebilen bir yüzey, açıölçer ve plaka eğimini değiştiren vidalı bir koldan oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği

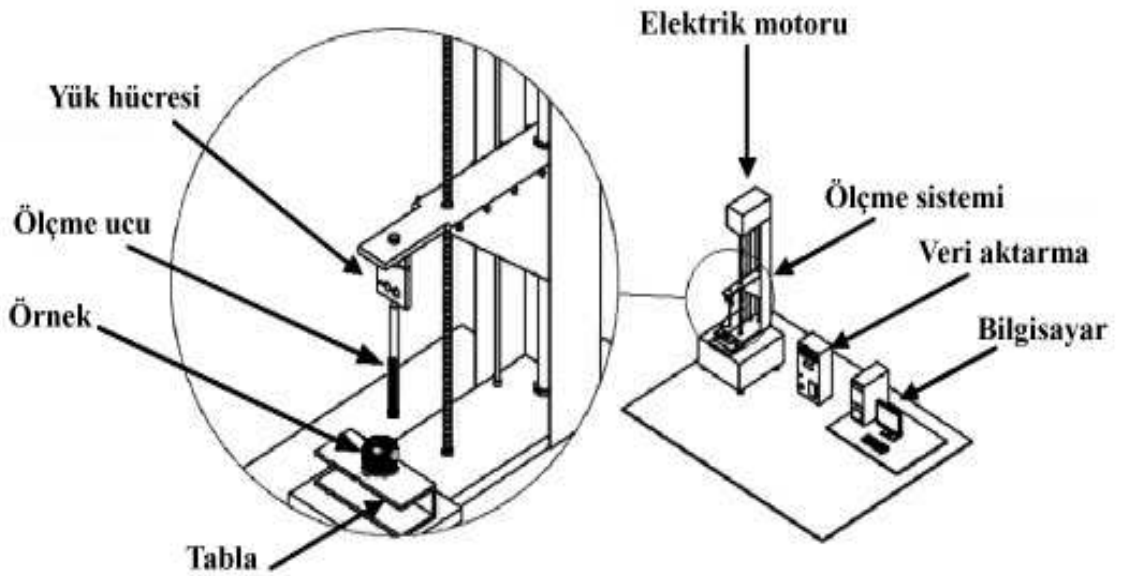
Dinamik sürtünme katsayısı ölçüm sistemi ise (Şekil 3.4.), malzemesi değiştirilebilen bir sürtünme yüzeyi ve bu yüzeyin dairesel hareketini sağlayan bir elektrik motorundan oluşmaktadır (Akıncı vd 2004, Chung ve Verma 1989, Gupta ve Das 1998, Schaper ve Yaeger 1992).



Şekil 3.4. Dinamik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği

3.1.2.3. Biyolojik materyal sıkıştırma test düzeneği

Dolmalık biberin dayanım parametrelerinin belirlenmesi için sıkıştırma test düzeneği kullanılmıştır. Sıkıştırma test düzeneği; 2000 N kapasiteli yük hücresi, sonsuz bir vida, elektrik motoru, ölçme ucu ve bir çatıdan oluşmaktadır. Ölçme sisteminde kullanılan uç, 5 mm çapında silindirik bir malzemeden imal edilmiştir (Şekil 3.5). Ölçme ucunun hızı 5–60 mm/min arasında hız ayar ünitesi sayesinde kontrol edilebilmektedir (Kabas vd 2008).



Şekil 3.5. Biyolojik özellikler ölçme materyal test düzeneği şematik görünüşü

Yük hücresiyle sistemde yapılan ölçümler veri aktarma düzeneği ile ölçümlerin okunacağı yazılıma aktarılmaktadır (Şekil 3.6). Ölçüm hassasiyeti 0.0015 m olup sistem 1 ms-1s aralığında 1-30000 adet sinyal algılama ve aktarma yapabilmektedir. Veri ve hız kontrol ünitesiyle düzeneğin hız ve yük kontrolü yapılabilmektedir (Şekil 3.7). Ölçme sistemi yazılımına anlık gönderilen veriler kaydedilmekte ve daha sonra okunmak üzere kuvvet-deformasyon grafiğine dönüştürülmektedir. Ayrıca yazılım sayesinde ölçüm düzeneği bilgisayar üzerinden kontrol edilmektedir



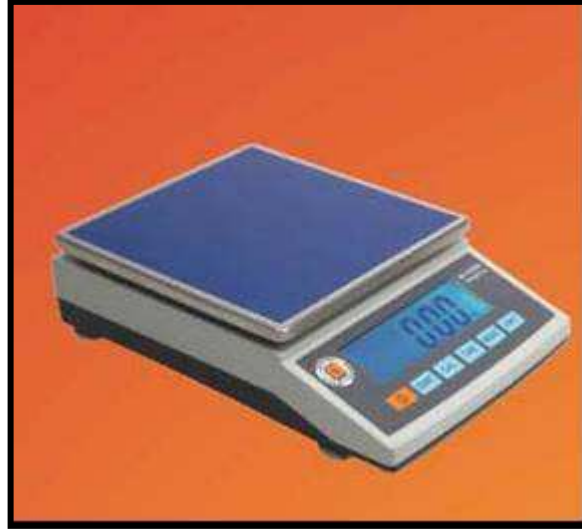
Şekil 3.6. Biyolojik özellikler ölçme materyal test düzeneği çene ve yük hücresi



Şekil 3.7. Veri aktarma ve hız kontrol ünitesi

3.1.3. Denemelerde kullanılan ölçüm aletleri

Ürünle ilgili lineer boyutların ölçülmesi işleminde 0 ile 30 cm aralığında ölçüm yapabilen ve ölçüm hassasiyeti 0.01 mm olan dijital bir kumpas kullanılmıştır. Kütle ölçümleri 2000 g kapasiteli ve ölçüm hassasiyeti 0.01 g olan elektronik hassas terazi ile yapılmıştır (Sekil 3.8). Ürünün eğrilik yarıçapının belirlenmesinde 0.01 mm hassasiyete sahip radiusmetre (eğrilik yarıçapı ölçüm aleti) kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Sekil 3.8. Elektronik tartı



Şekil 3.9. Radiusmetre (eğrilik yarıçapı ölçüm aleti)

3.1.4. Denemelerde kullanılan cihazlar

3.1.4.1. Elektronik redüktör

Hava kanalı ve sınıflandırma düzeneği için gerekli hava akımını sağlayan elektrik motoru devri, elektronik redüktör ile ayarlanmıştır (Şekil 3.10). Hız kontrol ünitesine ilişkin teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.10. Hava Hızı kontrol ünitesi

Çizelge 3.1. Hava hızı kontrol ünitesinin teknik özellikleri

Marka ve Tipi	ABB / ACS 401001132
Kasa boyutları	125x430x221 mm
3~ Giriş, U1	380 V – 480 V, $\pm$ %10, 50/60 Hz
Nominal motor moment P_N değişken moment	11 Nm
Giriş akımı, I_{1NSQ}	21.5 A
Çıkış akımı, I_{2NSQ}	23.0 A
Maks. çıkış akımı, I_{2NSQ}	25.3 A
Maks. akım (tepe noktası)	64 A
Maks. sıcaklık	95 °C (soğutucu)

ACS 400 serisi hız kontrol ünitesinin; aşırı akım, aşırı gerilim, düşük gerilim, aşırı sıcaklık, çıkış topraklama hatası, çıkış kısa devresi, giriş faz kaybı, I/O terminal kısa devre koruması, motor aşırı yük koruması ve çıkış aşırı yük koruması gibi koruma özellikleri bulunmaktadır.

3.1.4.2. Elektrik akımı ölçüm cihazı

Sınıflandırma düzeneğindeki fanı çalıştıran elektrik motoru ile bantlı götürücüyü çalıştıran elektrik motorunun çektiği güç, analog bir ampermetre ile ölçülmüştür. Bu ampermetre elektrik motorlarının çektiği akımı doğrudan ölçebilmekte ve devreye seri olarak bağlanmaktadır. Bu ampermetre aynı zamanda motorun güç ve direnç değerlerini de ölçebilmektedir.

3.1.4.3. Basınç ve hava hızı ölçüm cihazları

Basınç ve basınç farkı ölçümlerimde ölçüm hassasiyeti 0.01 mbar olan basınç ölçüm cihazı (manometre) kullanılmıştır. Bu manometre üzerinde bulunan (+) ve (-) uca, silikon hortumların geçirilmesi ile ölçümler yapılmıştır. Hava kanalı içinde, hava akımının yarattığı basınç da bu cihaz sayesinde ölçülmüştür (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Basınç ve basınç farkı ölçüm cihazı

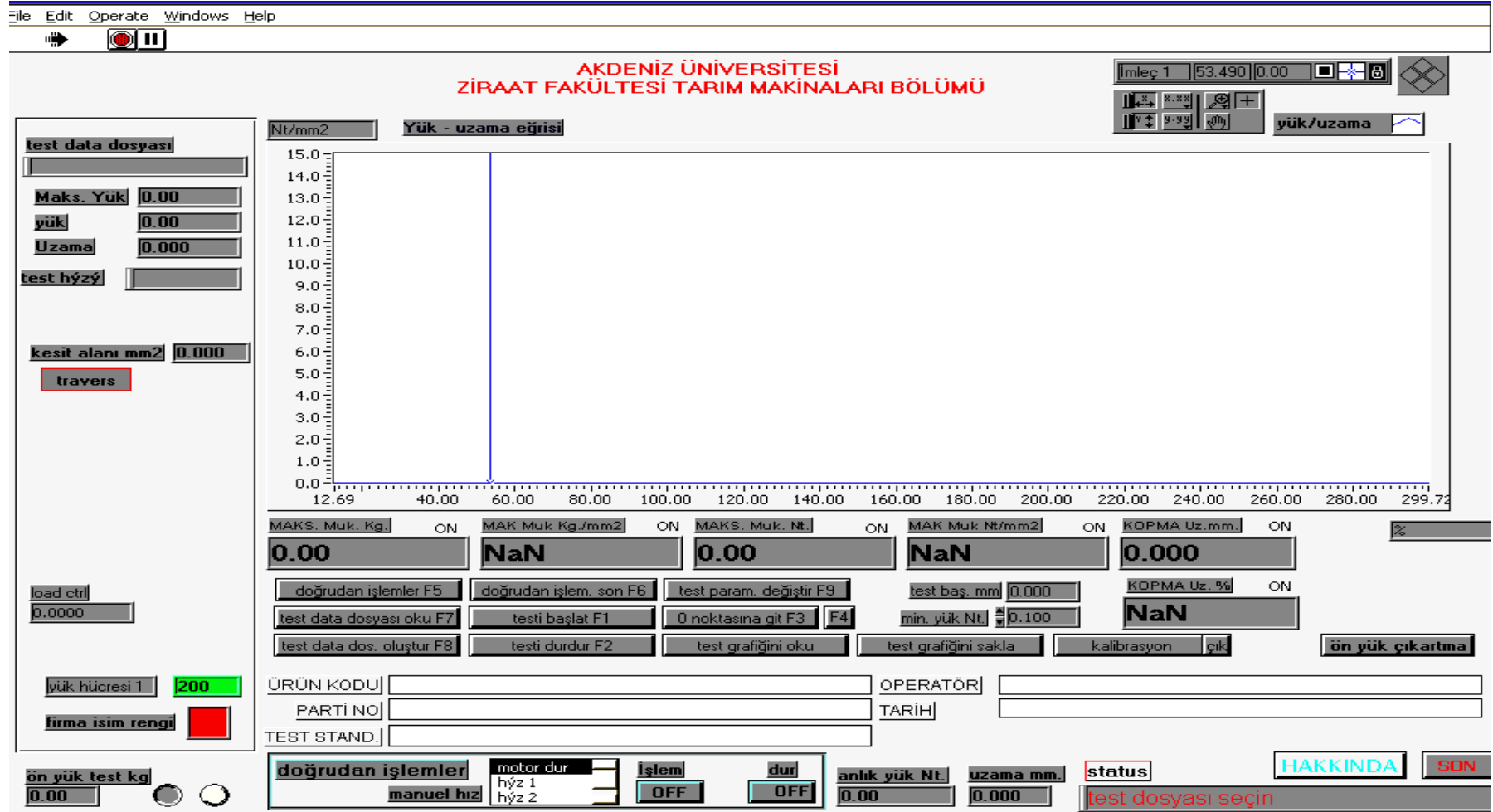
Materyallerin tek tek ve yığın halindeki aerodinamik özelliklerinden kritik hızın saptanması amacı ile hava kanalı düzeneğinde 0.5-30 m/s aralığında ölçüm yapabilen ve ölçüm hassasiyeti 0.1 m/s olan dijital anemometre kullanılmıştır (Şekil 3.12).



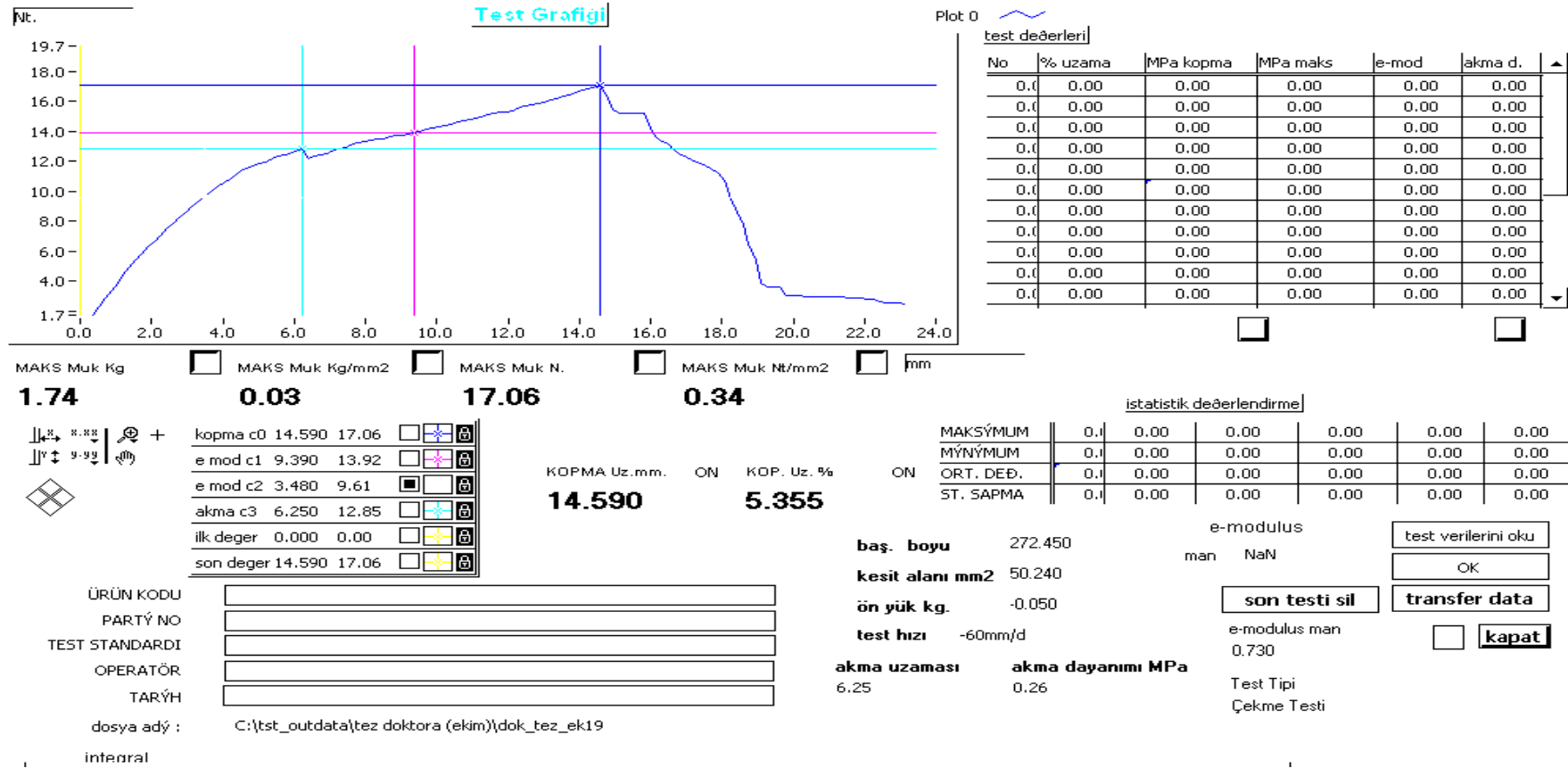
Şekil 3.12. Pervaneli anemometre

3.1.5. Araştırmada kullanılan bilgisayar programları

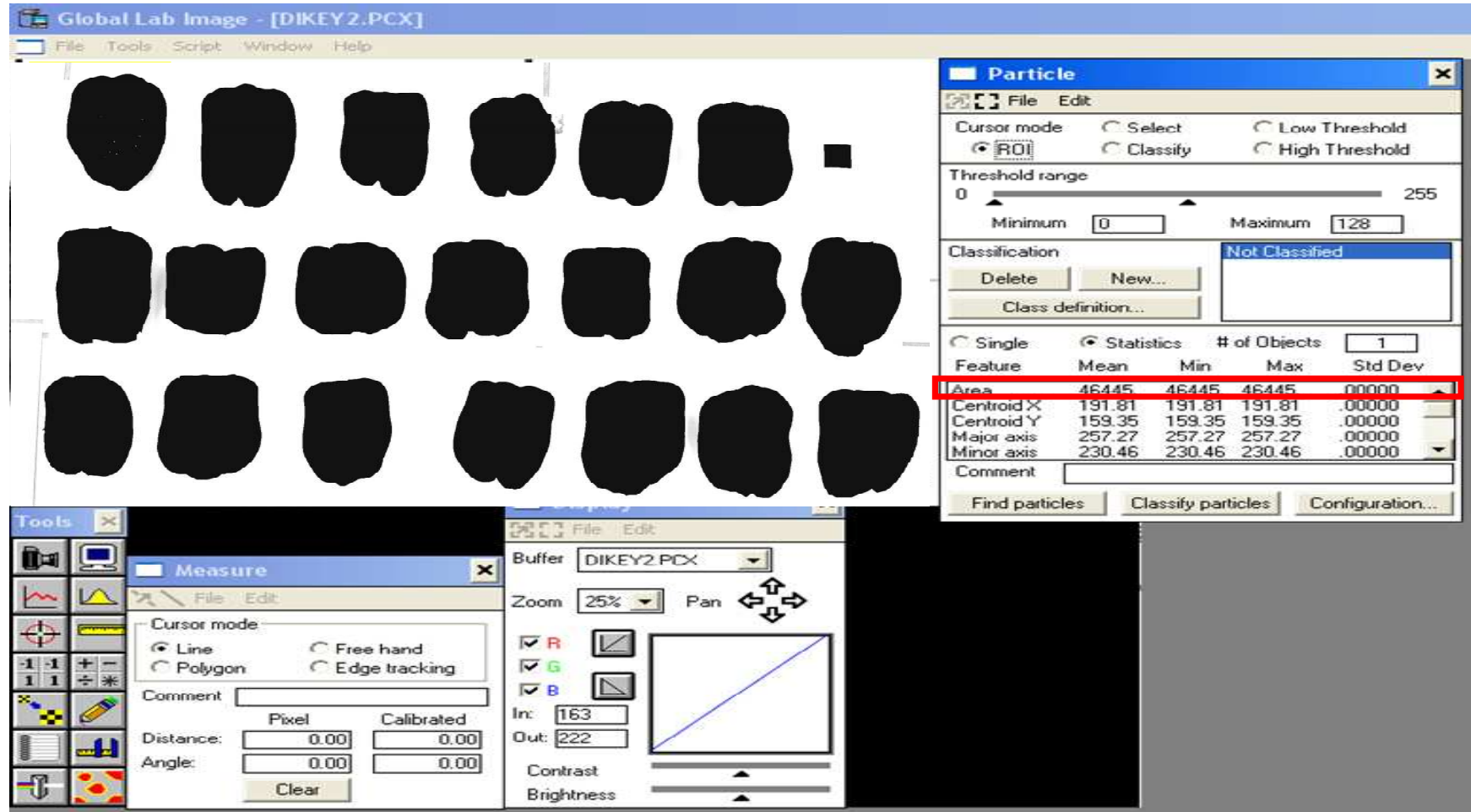
Biyolojik materyal test düzeneğinden alınan verilerin bilgisayar ortamına aktarılmasını ve sınıflandırma düzeneğinin kontrol edilmesini sağlayan bir yazılım programı kullanılmıştır. Ölçüm anında eş zamanlı olarak yazılım üzerinde kuvvet-deformasyon grafiği görülebilmektedir (Şekil 3.13). Daha sonra elde edilen veriler kayıt edilerek bir ara yüzde değerlendirilmektedir. Bu ara yüzde oluşan en yüksek kuvvet, akma noktası, poisson oranı, deformasyon, elastikiyet modülü ve deformasyon enerjisi görülmektedir (Şekil 3.14). Ürünlerin izdüşüm alanlarının hesaplanmasında Adobe 6.0 Photo Shop programı ile Global Lab image programı kullanılmıştır (Şekil 3.15)



Şekil 3.13. Yazılımın kontrol arayüzü



Şekil 3.14. Verilerin işlendiği ve okunduğu yazılımın ara yüzü



Şekil 3.15. Global lab image programında izdüşüm alanın ölçülmesi

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemelerin düzenlenmesi

Denemeler iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşama kendi içerisinde üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ‘Balo’ tipi dolmalık biberin fiziksel özellikleri, ikinci bölümde ise materyalin akışkan yatak ortamını oluşturan hava akımı içindeki tek tek ve yığın halindeki aerodinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Son bölümde ise üründe işleme sırasında meydana gelebilecek mekanik zedelenmeler ve zedelenmenin büyüklüğünü belirleyecek dayanım parametreleri saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise elde edilen parametrelere göre, dolmalık biberin aerodinamik özelliklerine göre sınıflandırılabilme olanakları ve kaç sınıfa ayrılabilceğinin belirlenmesi için bir sınıflandırma düzeneği tasarlanıp imal edilmiştir. Daha sonra düzeneğin iş başarısı ve güç tüketimi belirlenmiştir.

Ürünlerin fiziksel, aerodinamik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde, x ve y düzlemleri dikkate alınmıştır. Ürünün x düzlemi, ürün ekseninin yere paralel konumunu, y düzlemi ise ürün ekseninin yere dik konumunu ifade etmektedir

Denemeler Haziran, Ekim ve Şubat ayları olmak üzere 3 farklı dönemde hasat edilen biberler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Böylece, hasat dönemleri arasında, ürün özellikleri yönünden farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Daha sonra, farklı hasat dönemlerinin biyolojik malzeme üzerine etkileri belirlenmiş ve sınıflandırma düzeneği tasarımında bu farklılıklar dikkate alınmıştır. Dönemler arasındaki farklılıklar ve bu farklılıkların alt ve üst sınır değerleri dikkate alınarak, sınıflandırma düzeneğinin tasarımı yapılmıştır. İmal edilen sınıflandırma düzeneğinin etkinliği, üç farklı çıkış ağzı genişliğinde ve iki farklı ürün besleme şeklinde (elle ve bantlı götürücü ile) belirlenmiştir. Araştırma sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve varyans analizleri, duncan testi ve regresyon analizleri yapılmıştır.

3.2.2. Dolmalık Biberin Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

Tarımsal ürünlerin fiziko mekanik özelliklerinin, ürünlerin işlenmesi, sistemlerin tasarımı, makinaların geliştirilmesi vb. uygulamalar için bilinmesi gereklidir. Bu nedenle, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması için kullanılan bütün yöntemlerde olduğu gibi, aerodinamik özelliklere göre sınıflandırmada da, ürünün fiziksel özellikleri temel özellik olmaktadır. Ürünün aerodinamik özellikleri materyalin fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca tasarımı yapılan düzeneğin boyutlandırılmasında ürünün fiziksel özelliklerinden yararlanılmaktadır. Bu özellikler, ürünün lineer boyutları, geometrik ortalama çapı, küresellik katsayıları, izdüşüm alanları, yüzey alanları, boşluk oranları, hacimleri, özgül ağırlıkları ve yığın hacim ağırlıklarıdır. Denemeler, her bir özellik için rastgele seçilen 100 örnek üzerinde ve üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Dolmalık biberin Lineer boyutlarının, geometrik ortalama çaplarının ve küresellik değerlerinin belirlenmesi

Boyut ve şekil özellikleri olan uzunluk ve çap, 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ürünlerin geometrik ortalama çap ve küresellik değerlerinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Mohsenin 1986, Hacıseferogulları vd 2005)

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

D_g = Geometrik orta çap (mm),

L = Uzunluk (mm),

D = Ürün çapı (mm)'dir.

Yüzde olarak küresellik değeri geometrik ortalama çap değerine bağlı olarak hesaplanmıştır (Mohsenin 1986, Hacıseferogulları vd 2005).

$$\Phi = \frac{D_g}{L} \times 100 \quad (2)$$

Φ = Küresellik katsayısı (%),

D_g = Geometrik ortalama ϕ ap (mm),

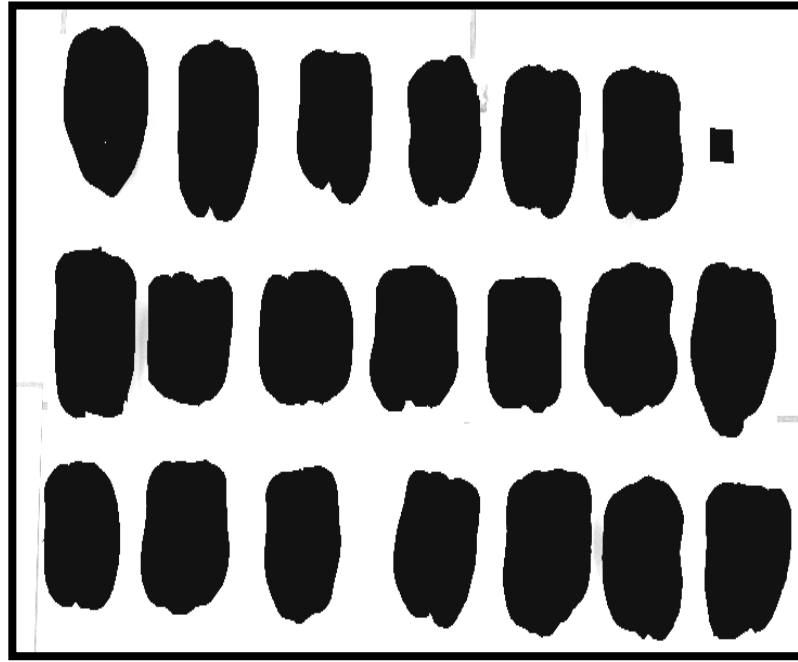
L = Uzunluk (mm)'dur.

3.2.2.2. İzdüşüm alanlarının ve yüzey alanlarının belirlenmesi

İzdüşüm alanı aerodinamik özellikleri açısından oldukça önemlidir. Ürünün hava akımı içinde gösterdiği davranışlar ve hava akımına karşı gösterdiği direnç, izdüşüm alanına göre belirlenebilmektedir. Ürünün şekli ve özgül ağırlığına göre, hava akımı içerisindeki konumu sürekli değişmektedir. Bu nedenle araştırmada, ürün ekseninin yer düzlemine paralel ve dik olmak üzere iki farklı izdüşüm alanı hesaplanmıştır.

Materyallerin izdüşümü alanı, üzerinde referans alanı bulunan bir yüzey üzerine yerleştirilen ürünlerin dijital kamera ile çekilen fotoğrafları ile belirlenmiştir. Global Lab Image programı kullanılarak, referans alanına göre materyalin izdüşüm alanı hesaplanmıştır (Ayata vd 1997, Trooien ve Heermann 1992).

İki eksenli olarak Nikon L3 marka dijital fotoğraf makinesi ile çekilen resimler Adobe Photo Shop programında siyah beyaz ve tif formatına dönüştürülmüştür (Şekil 3.15). Daha sonra her bir ürüne ait sınırların içi boyanarak, Global Lab Image programına uygun hale getirilmiştir (Şekil 3.16). Bu programla ürünün izdüşüm alanları, eksene paralel ve yatay olmak üzere iki eksenli olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.16. Global Lab image programı için hazırlanan görüntüler

Ürünün yüzey alanı ise aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Mohsenin 1980).

$$S = \pi D_g^2 \quad (3)$$

S = Yüzey alanı (mm^2),

D_g = Ürünün geometrik ortalama çapı (mm)'dir.

3.2.2.3. Hacim, yığın hacim ve özgül ağırlıklarının ve boşluk oranlarının belirlenmesi

Dolmalık biberlerin hacmi, ölçekli bir kapta hacim değiştirme esasına göre belirlenmiştir. Sıvı olarak, ürün içine sudan daha az absorbe olan ve özgül yüzey gerilimi daha küçük olan toluen kullanılmıştır (Aydın 2002, Demir vd 2002).

Hava kanalında hava akımı etkisine bırakılan ürün, simetrik ve homojen bir yapıya sahip olmaması nedeniyle, aerodinamik olarak kararsızlık göstermektedir ve sürekli dengeye gelmeye çalışmaktadır. Ayrıca ürünün özgül ağırlığı kritik hız üzerinde etkili olmaktadır. Ürünün özgül ağırlığı ise hacimleri belli olan her bir ürünün kendi ağırlıklarına oranı ile tespit edilmiştir. Yığın hacim ağırlığının belirlenmesi için, hacmi belli olan bir kutuya silme olarak taşmayacak şekilde ürün doldurulmuştur. Ölçülen ağırlığın, kutu hacmine oranı ile yığın hacim ağırlıkları bulunmuştur.

Materyallerin boşluk oranı, yığın halindeki üründe yapılan sürtünme dirençleri ölçümünde etkili olmaktadır. Boşluk oranları aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Sitkei 1986).

$$\varepsilon = \frac{(\rho_t - \rho_b)}{\rho_t} \times 100 \quad (4)$$

ε = Boşluk oranı (%),

ρ_t = Özgül ağırlığı (kg/m^3),

ρ_b = Yığın hacim ağırlığı (kg/m^3)'dır.

3.2.3. Dolmalık Biberlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Tarımsal ürünlerin mümkün olan en az zararla işlenip tüketiciye sunulabilmesi için ürünlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, biyolojik materyal test düzeneğinde ürünün dayanım parametreleri olan zedelenme kuvveti, maksimum zedelenme gerilimi, biyolojik akma noktası, sertlik, deformasyon, sağlamlık, elastikiyet modülü, poisson oranı belirlenmiştir. Ürünün minimum zedelenme yüksekliği ise eşitlik yardımı ile belirlenmiştir. Statik ve dinamik sürtünme katsayıları, Tarım Makinaları Bölümü laboratuvarında bulunan ölçme sistemleri yardımıyla belirlenmiştir.

Ürünün mekanik özelliklerinden olan biyolojik akma noktası, deformasyon, poisson oranı ve elastikiyet modülü değerleri ürün eksenli ölçme tablasının yüzeyine düşey ve yatay konularak belirlenmiştir. Ürüne 5 mm çapında bir uç ile ve 30 mm/min sabit ilerleme hızında bası gerilmesi uygulanmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında yapılmıştır.

Biyolojik akma noktası, deformasyon kuvvet-deformasyon grafiği ile deformasyon enerjisi de kuvvet-deformasyon eğrisinin altında kalan alanın hesaplanması ile belirlenmiştir.

Dolmalık biberin poisson oranı ve elastikiyet modülü aşağıda verilen eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Mohsenin 1980, Kabas vd 2008).

$$\gamma = \frac{\Delta D}{\Delta L} = \frac{D - D_0}{L_0 - L} \quad (5)$$

γ = Poisson oranı

ΔD = Çaptaki değişim miktarı (mm)

ΔL = Boydaki değişim miktarı (mm)

D_0 = Ürünün deforme olmadan önceki çapı (mm)

D = Ürünün deforme olduktan sonraki çapı (mm)

L_0 = Ürünün deforme olmadan önceki uzunluğu (mm)

L = Ürünün deforme olduktan sonraki uzunluğu (mm)'dur.

$$E = \frac{F(1-\gamma^2)}{D\Delta L} \quad (6)$$

E = Elastikiyet modülü (N/mm^2)

F = Materyale uygulanan kuvvet (N)

γ = Poisson oranı

D = Silindirik uç çapı (mm)

ΔL = Deformasyon miktarı (mm)'dir.

Materyalin sınıflandırılması için makinaya bırakıldığı ve sınıflandırdıktan sonra makineden çıkıp kasalara düştüğü yükseklik ve bu yüksekliğin etki ettiği çarpma enerjisi, ürünün zedelenme hassasiyeti açısından oldukça önemlidir. Çalışma içinde dolmalık biberin zedelenmeye başladığı minimum yükseklik aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır. (Horsfield vd 1972).

$$h = \left(\frac{3}{2}\right)^5 \sigma_f \Sigma_f^4 R^3 / (mg) \quad (7)$$

H = Minimum zedelenme başlangıç yüksekliği (mm)

σ_f = Zedelenme gerilimi (N/mm^2)

Σ = Deformasyon (%)

R = Eğrilik yarıçapı (mm)

m = Örneğin kütlesi (kg)

g = Yerçekimi ivmesi (m/s^2)'dir.

Ürünün hava akımına ve ilerlediği hava kanalına karşı gösterdiği direnç üzerine etkili olan sürtünme katsayılarının belirlenmesinde kullanılan düzenek Şekil 3.1'de verilmiştir. Statik sürtünme katsayısı, meyve eksenini eğimli yüzeye dik ve paralel olmak üzere iki farklı konumda ölçülmüştür.

Düzenegin hareketini sağlayan kol, sonsuz vida mekanizması yardımıyla sürtünme yüzeyinin 0 ile 45° arasında açı yapacak şekilde hareketini sağlamaktadır.

Sürtünme katsayısı ölçümlerinde lastik, sac ve tahta olmak üzere 3 farklı yüzey malzemesi kullanılmıştır. Sürtünme katsayısı, plakanın eğim açısının tanjant değerine eşittir.

$$\alpha = \tan \phi \quad (8)$$

α = Statik sürtünme katsayısı

ϕ = Yüzeyin eğim açısı ($^{\circ}$)

Dinamik sürtünme katsayısı ölçüm sistemi şematik görünüşü Şekil 3.4’de verilmiştir. Ölçme sistemi sürtünme yüzeyi değiştirilebilir özelliktedir. Sistem hareketini bir elektrik motorundan almaktadır. Sürtünme dirençleri torkmetre yardımı ile ölçülmüştür. Dinamik sürtünme katsayısı, sistemden ölçülen tork değerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir.

$$\mu = \frac{T_m}{wq} \quad (9)$$

μ = Dinamik sürtünme katsayısı

T_m = Ölçülen moment (Nm)

w = Dönen yüzeydeki maddenin ağırlığı (N)

q = Moment kolunun uzunluğu (m)’dur.

3.2.4. Dolmalık Biberlerin Aerodinamik özelliklerin belirlenmesi

Hava akımlı sistemlerin tasarımı yapılırken, materyalin hava akımı içerisindeki hava direnci, kritik hız, Reynold sayısı ve sürüklenme katsayısı gibi davranışlarının belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada, ürünün aerodinamik özellikleri tek tek ve yığın halindeki durumları ile belirlenmiştir.

3.2.4.1. Havanın ürüne karşı gösterdiği direncin belirlenmesi

Materyale içinde bulunduğu havanın göstermiş olduğu direnç, hava kanalı içerisinde askıda kaldığı an dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu anda materyalin ağırlığı

ile sürüklenme kuvveti birbirini dengelemektedir. Sürüklenme kuvveti, izdüşüm alanlarına göre hava akımına dik ve yatay konumlu olmak üzere hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken yerçekimi ivmesi ve havanın özgül ağırlığı için (1.2 kg/m^3) sabit bir değer alınarak kabullenme yapılmış, izdüşüm alanı ve kritik hız için ölçülen değerler kullanılmıştır. Sürüklenme kuvveti aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Smith ve Strohine 1985).

$$F_d = m \cdot g = C_d \cdot A_i \cdot q_f \cdot V_k^2 / 2 \quad (10)$$

F_d = Sürüklenme kuvveti (N)

C_d = Sürüklenme katsayısı,

A_i = İz düşüm alanı (m^2),

q_f = Akışkanın özgül ağırlığı (kg/m^3),

V_k = Kritik hız (m/s),

m = Materyalin kütlesi (kg),

g = Yerçekimi ivmesi (m/s^2)'dir.

Sürüklenme katsayısı aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Smith ve Strohine 1985).

$$C_d = \frac{2mg}{A_i \cdot \rho_f \cdot V_k^2} \quad (11)$$

C_d = Sürüklenme katsayısı,

A_i = İz düşüm alanı (m^2),

q_f = Akışkanın özgül ağırlığı (kg/m^3),

V_k = Kritik hız (m/s),

m = Materyalin kütlesi (kg),

g = Yerçekimi ivmesi (m/s^2)'dir.

3.2.4.2. Dolmalık biberlerin kritik hızlarının hesaplanması

Ürünlerin kritik hızları deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel olarak ölçüm, görünüşü Şekil 3.1’de verilen hava kanalı kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler dijital bir anemometre kullanarak yapılmıştır. Kritik hızın ölçülmesinde, ürünün hava akımı içerisinde dengede kaldığı andaki hava hızı dikkate alınmıştır. Tüm ölçümler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Reynold sayısı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır. (Song and Litchfield, 1991).

$$Re = V_k \cdot D / \nu \quad (12)$$

Re = Reynold sayısı,

V_k = Kritik hız (m/s),

ν = Akışkanın kinematik viskozitesi (m^2/s)

D = Boru çapı (m)

3.2.4.3. Dolmalık biberlerin yığın haldeki aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi

Ürünlerin, hava akımı içerisinde yığın halde göstermiş oldukları davranışları ile tek tek durumdaki davranışları birbirinden farklıdır. Bunun nedeni, materyaller arasındaki ilişkiler, yerçekimi kuvveti ve materyaller arasındaki boşluk oranlarıdır (Zaltman ve Schmilowitch, 1988). Bu çalışmada, ürünün yığın haldeki davranışı olarak minimum akışkanlaştırma hızı, minimum akışkanlaştırma debisi ve hava direnç katsayısı belirlenmiştir.

3.2.4.4. Minimum akışkanlaştırma hızının belirlenmesi

Hava kanalı içerisinde basınç farkının değişmediği veya sabit olduğu noktadaki hava hızı, minimum akışkanlaştırma hızı olarak ölçülmüştür.

3.2.4.5. Minimum akışkanlaştırma debisinin belirlenmesi

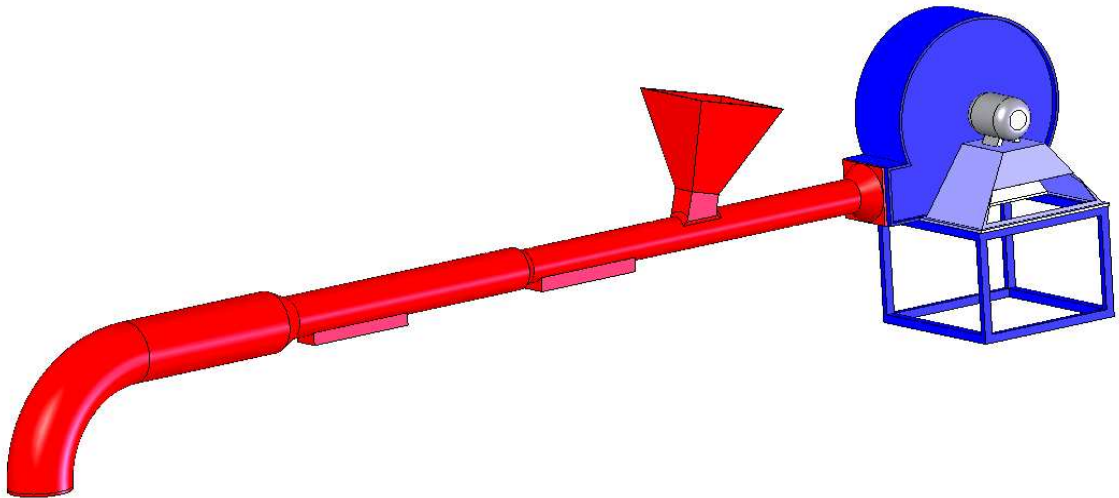
Minimum akışkanlaştırma debisi, ürün topluluğunun akışkanlaştığı durumdaki sisteme verilen hava debisi olarak ölçülmüştür.

3.2.4.6. Sürüklenme katsayısının belirlenmesi

Yığın halindeki ürünün hava direnç katsayısının ölçümünde şematik görünüşü Şekil 3.2’de verilen sistem kullanılmıştır. Elektronik bir basınçölçerle basınç düşmeleri ölçülmüş ve hava akımına karşı gösterilen direnç, birim yığın yüksekliği için statik basınç düşümü olarak ifade edilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçları, Neale ve Messer (1976) tarafından kullanılan $P=aV^b$ eşitliğine göre değerlendirilmiştir. Bu eşitlikte (P), birim yığın derinliğindeki basınç düşmesi (Pa), (V), hava hızı (m/s), (a ve b) deneysel sabitlerdir. Denemeler farklı yığın derinliği, ürün çapı ve yükleme biçiminde olmak üzere üç farklı şekilde yapılmıştır.

3.2.5. Aerodinamik sınıflandırma düzeneğinin projelendirilmesi

Dolmalık biberlerin aerodinamik sınıflandırma olanaklarının belirlenmesi ve ürünlerin test edilmesi için projelendirilip imal edilen düzeneğin genel görüşü Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.17. Sınıflandırma düzeneğinin genel görünüşü

3.2.5.1. Sınıflandırma kanalının uzunluğunun, ürün giriş-çıkış ağzının ve ağız genişliğinin belirlenmesi

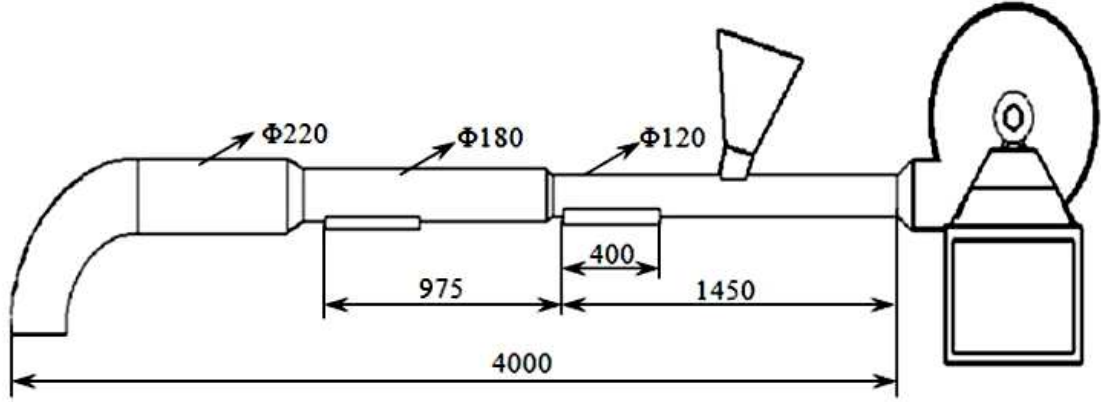
Tasarlanan sistemde, sınıflandırma kanalının uzunluğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Sistemin aşırı uzun olması, basınç kayıpları ve hava hızı kayıpları nedeniyle sınıflandırma başarısını olumsuz etkilemektedir. Sınıflandırma düzeneği uzunluğunun belirlenmesi için ürünün sürtünme katsayısı ve havanın direnç katsayısının bilinmesi gereklidir.

Hava kanalı uzunluğunun ve ürün çıkış ağzlarının yerlerinin belirlenmesinde ilk hızı belli olan yatay atış hareketinden yararlanılmıştır. Ürüne, ilk hızı belli olan yatay hareket uygulanarak maksimum gideceği yol belirlenmiştir. Bu işlem bulunan kritik hızlara göre en düşük ve en yüksek hızlarda uygulanarak sistemin uzunluğu ve ürün çıkış ağzının yerleri belirlenmiştir.

Ayırma kanalının maksimum uzunluğu ve ürün çıkış ağzlarının yerlerinin belirlenmesinde, sistemde meydana gelen sürtünme kayıplarına göre ilk hızı belli olan yatay atış hareketinden yararlanılmıştır. Ürün giriş ağzı yeri belirlenirken hava akışının istikrarlı olduğu yer seçilmiştir. Ürün çıkış ağzı genişliği ise en büyük ürün boyutları göz önünde bulundurularak ayarlanabilir şekilde yapılmıştır.

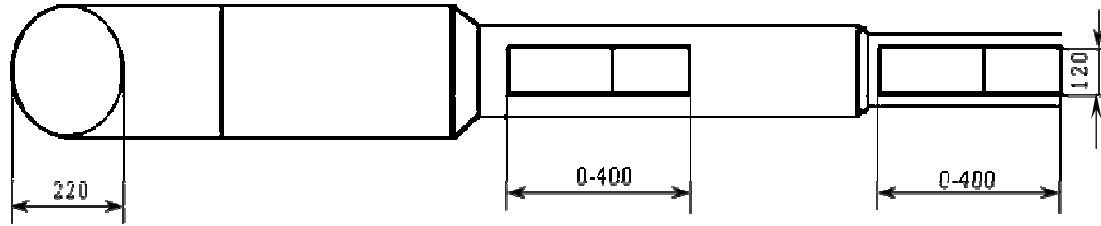
Ayırma kanalının maksimum uzunluğu 4.0 m olarak projelendirilmiştir. Yapılan yatay atış hareketi sonrasında ürünün maksimum aldığı yol 3.0 m olarak hesaplanmıştır. Toplam sistemde oluşan sürtünme kayıpları ise 1.0 m olarak hesaplanmıştır. Böylece sistemin maksimum uzunluğu 4.0 m olarak projelendirilmiştir. Yatay atış hareketi sonrasında ürünlerin ulaştığı mesafenin 1.0–3.0 m arasında değiştiği ölçülmüştür. Bu ölçülen mesafelerin 3 farklı uzaklıklarda gruplandığı belirlenerek ürün ilk çıkış ağzı ayırma kanalının başından olmak üzere 1450 mm uzaklığa, ikinci çıkış ağzı 2425 mm ve son çıkış ağzı ise 4000 mm olacak şekilde olacak şekilde projelendirilmiştir (Şekil 3.18). Ayırma kanalı ürünün farklı kritik hızlarına göre 3 farklı şekilde çapa sahip olacak şekilde projelendirilmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen kritik hız

gruplarına göre saptanan hızları elde etmek amacı ile düzeneğin ilk çapı 120 mm, ikinci 180 mm ve son çapı ise 220 mm olacak şekilde imal edilmiştir.



Şekil 3.18. Sınıflandırma düzenin hava kanalının görünüşü

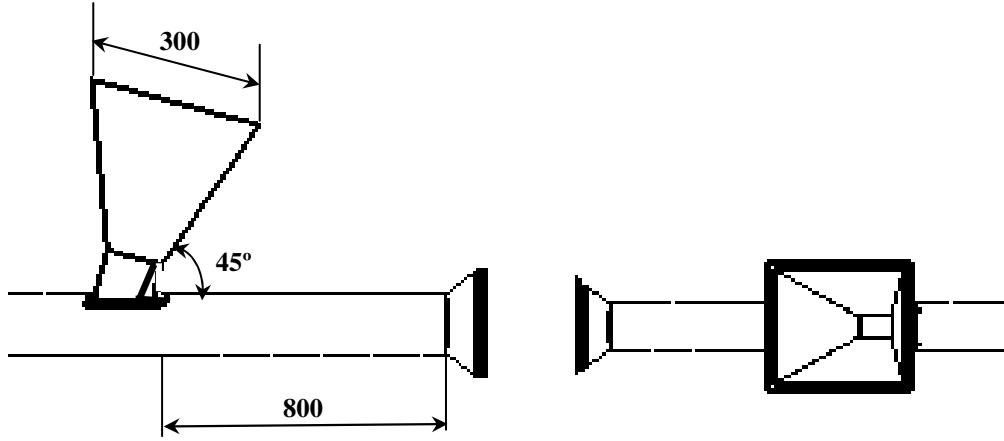
Ürün çıkış ağız genişlikleri, kapaklar 40 cm kadar açılabilir şekilde ayarlanabilir kapaklı olarak projelendirilmiştir. Ürünün en büyük boyutu olarak kapaklar 15 cm/12 cm ile 40 cm/12 cm arasında ayarlanabilir olarak projelendirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Ürün çıkış noktaları görünüşü

Ürün giriş ağız ise ayırma kanalının başından olmak üzere 800 mm uzaklığa boyutları Ekim ayı denemelerinde ölçülen ürünün maksimum uzunluk değeri olan 97 mm baz alınarak 120x120 mm olarak projelendirilmiş ve ürün giriş ağızına, ürünün daha düzenli ve tek düze verilebilmesi için boyutları 300x300 mm koni, 45 derece olacak şekilde ürünün yedirme ağızına yerleştirilecek şekilde ürün giriş ağızı projelendirilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda 45 dereceye kadar ürünler ayırma

kanalına verildiğinde ürünler kanala hava basıncından dolayı ayırma kanalına girememiş ve yapılan denemeler sonucunda 45 derecede bu sorun çözülerek projelendirme buna göre yapılmıştır (Şekil 3.20).



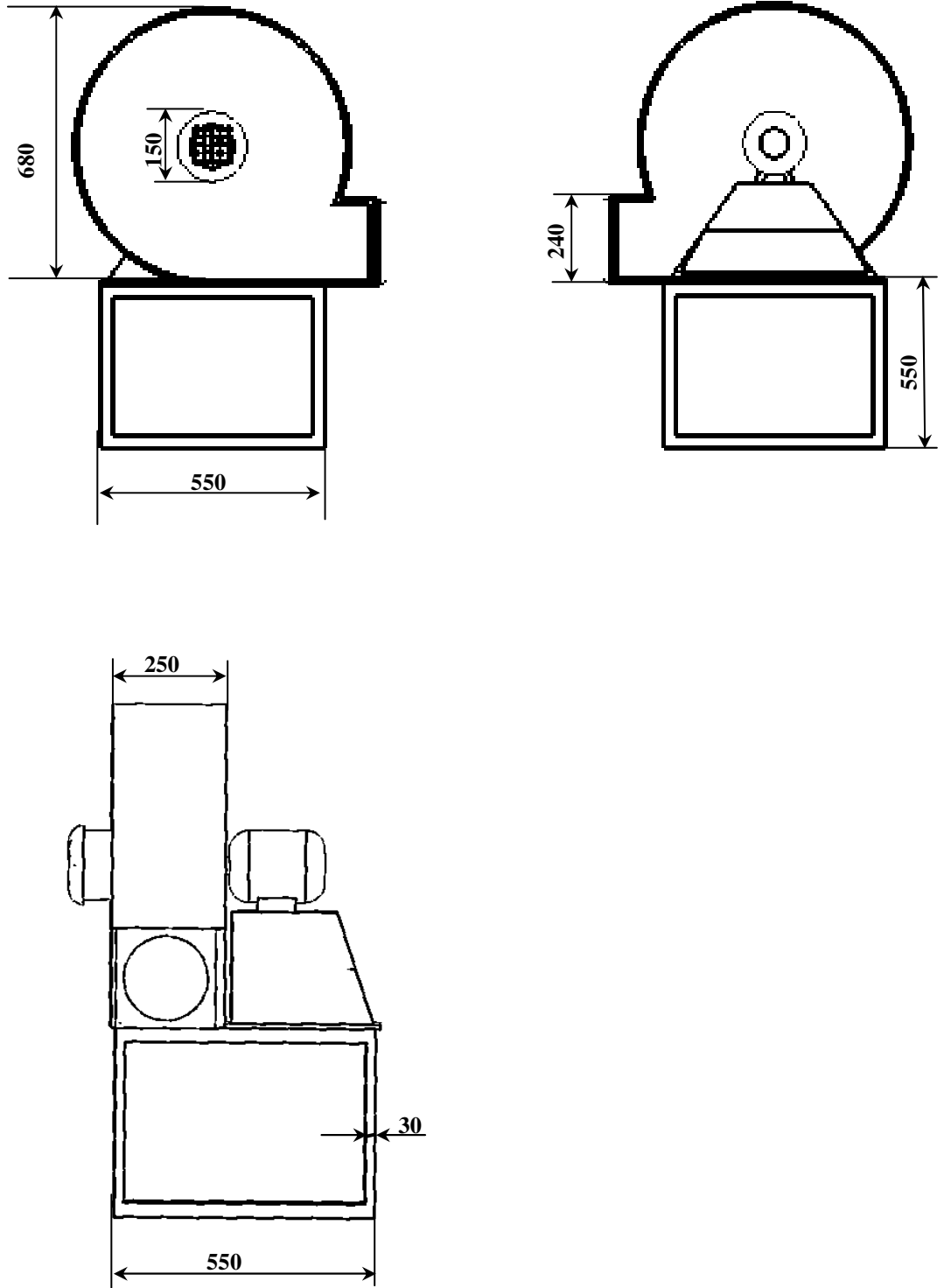
Şekil 3.20. Ürün besleme ağızı

Sistemin yerden yüksekliği ve bantlı iletim düzeninin ürün giriş ağzından yüksekliği için yapılan denemeler sonucunda elde edilen en düşük ve en yüksek zedelenme eşiği olan 5.50–18 cm dikkate alınarak projelendirme yapılmıştır.

3.2.5.2. Fan ve elektrik motoru seçimi

Sisteme hava akımını sağlayacak fan ve elektrik motoru, Haziran ayı hasat döneminde yapılan denemelerde en yüksek olarak ölçülen 31 m/s'lik kritik hız, hava kanalının 1.0 m'lik sürtünme kaybı ve Ekim ayı hasat dönemi denemelerinde en yüksek olarak ölçülen 0.29 m³/s'lik minimum akışkanlaştırma debisi dikkate alınarak seçilmiştir.

Seçilen radyal fanın çapı 660 mm ve genişliği 240 mm'dir. Hava 200 mm çapında ve 60 mm uzunluğundaki bir kanaldan alınmaktadır. Fan içerisinde boyutları 300x200 mm olan 6 adet kanat bulunmaktadır. Bu fan hareketini 1.5 kW'lık bir elektrik motorundan almaktadır. Fan et kalınlığı 30 mm olan 550x550x550 mm boyutlarında kare profilden yapılmış bir çatı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.21)



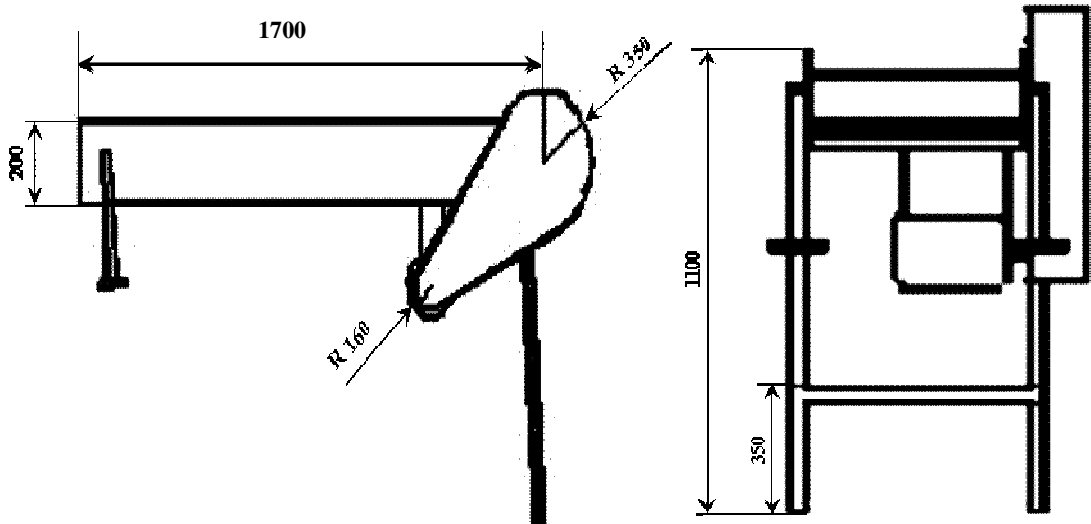
Şekil 3.21. Sistemde kullanılan fan ve boyutları

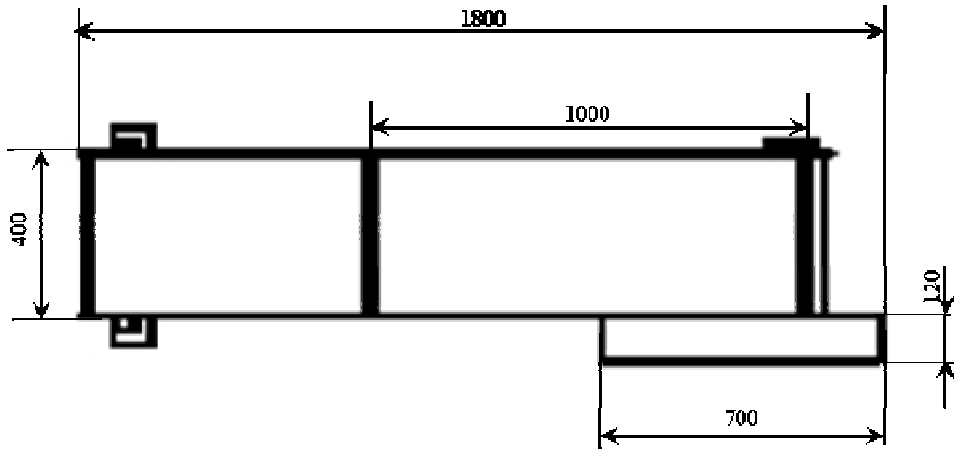
3.2.5.3. Ürün iletim düzeninin projelendirilmesi

Bu çalışmada, sınıflandırma düzeneğine ürünün iletilmesi için bantlı götürücülü bir iletim düzeni tercih edilmiştir. Bantlı götürücünün yerden yüksekliği, ürünün minimum zedelenme yüksekliği göz önüne alınarak, ürün çıkış ağzına gelecek şekilde yerleştirilmiştir.

İletim düzeninin uzunluğu 1800 mm, genişliği 520 mm ve yüksekliği 1250 mm'dir. Materyal iletimini sağlayan 3 m'lik kauçuk bir bant vardır. Bandı hareket ettiren eksenleri arası 1500 mm olan iki adet makara mevcuttur. Makaraların üzerinde bant gerginliğini sağlayan gerdirmе düzenekleri vardır. Bandın üzeri yedirme miktarının sabit tutulması ve belirlenmesi amacıyla birer metrelik bölümlere ayrılmıştır (Şekil 3.22).

Yedirme düzenine hareket, tek kanallı kayış kasnak mekanizması ile elektrik motorundan alınmaktadır. Elektrik motorunun hızı ana kumanda ünitesinde bulunan bağımsız bir hız kontrol ünitesi ile değiştirilmiştir. Böylece, yedirme bandının hızı 0 ile 1.20 m/s arasında değiştirilebilmiştir.





Şekil 3.22. Tasarımı yapılan düzene düzeninin (bantın) boyutları

3.2.6. Sınıflandırma parametrelerin belirlenmesi

3.2.6.1. Ürünlerin kritik hız dağılımlarının belirlenmesi

Ürünlerin kritik hızları belirlendikten sonra sınıflandırma yapılacak ürünlerin yüzde kaçının farklı kritik hız gruplarına dağıldığı ve bu dağılımın homojen olup olmadığı belirlenmiştir.

3.2.6.2. Düzeneğin sınıflandırma etkinliğinin belirlenmesi

Ürünün önceden belirlenen fiziko-mekanik özelliklerine göre kaç farklı sınıfa ayrılabilceği belirlenmiştir. Tasarımı yapılan düzeneğin sınıflandırma etkinliğinin saptanması için iki farklı besleme şekli uygulanmıştır. Ürünler ilk olarak makineye elle, ikinci olarak ise hızı ayarlanabilen bir bantlı götürücü ile farklı hızlarda verilmiştir. Her besleme şekli için sınıflandırma etkinliği ve sınıflandırma hassasiyeti ayrı ayrı belirlenmiştir.

Sınıflandırma etkinliği, sınıflandırma sonucu elde edilen ürün sınıflarının özelliklerine göre belirlenmiştir. Sınıflandırma etkinliği, ürünün boyutları, özgül ağırlığı, yüzey alanı ve kritik hızlar baz alınarak belirlenmiştir. Bu şekilde ürünün

aerodinamik parametreleri kullanılarak, hangi özelliklerine göre sınıflandırılabilirdiği belirlenmiştir.

3.2.6.3. Düzeneğin sınıflandırma hassasiyetinin belirlenmesi

Sınıflandırma hassasiyeti, sınıflandırma performansının belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$S_h = \frac{S_{\ddot{u}}}{S_{\ddot{u}} + s_{\ddot{u}}} \times 100 \quad (13)$$

S_h = Sınıflandırma hassasiyeti (%)

$S_{\ddot{u}}$ = Sınıflandırılmış ürün (kg)

$s_{\ddot{u}}$ = Sınıflandırılmamış ürün (kg)

Sınıflandırma düzeneği altında bulunan sınıflandırma kaplarındaki toplam ürün miktarı sınıflandırılmış ürün kapsamına, yanlış sınıflandırma gruplarına giren toplam ürün miktarı ise sınıflandırılmamış ürün kapsamına alınmıştır.

3.2.6.4. Ürün zedelenme oranının belirlenmesi

Sınıflandırma işlemi yapılırken ürünün mümkün olan en düşük zedelenme seviyesi ile sistemden ayrılması istenir. Bu nedenle zedelenme miktarı oldukça önemlidir ve aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir.

$$\ddot{U}_z = \frac{Z_{\ddot{u}}}{T_{\ddot{u}}} \times 100 \quad (14)$$

$\ddot{U}_z$ = Ürün zedelenmesi (%)

$Z_{\ddot{u}}$ = Zedelenmiş ürün miktarı (kg)

$T_{\ddot{u}}$ = Toplam ürün miktarı (kg)

3.2.6.5. Makinanın güç tüketiminin belirlenmesi

Makinaların her iki yükleme şekli için ampermetre kullanılarak elde edilen akım değerleri ölçülmüştür. Daha sonra motor karakteristik eğrilerinden faydalanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile motordan çekilen güç hesaplanmıştır.

$$N_{\phi} = \sqrt{3} * U * I * \cos \phi \quad (15)$$

N_{ϕ} = Motor tarafından çekilen güç (kW)

U = Gerilim değeri (V)

I = Akım değeri (A)

$\cos \phi$ = Motorun kosinüs fi değeri

3.2.6.6. İş veriminin belirlenmesi

İş verimi birim zamanda sınıflandırılan ürün miktarını ifade etmektedir. İş verimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$q = \frac{S_{\ddot{u}}}{t} \quad (16)$$

q = Birim zamanda sınıflandırılan ürün miktarı (kg/s)

$S_{\ddot{u}}$ = Sınıflandırılan ürün miktarı (kg)

t = Deneme süresi (s)

Deneme süresini belirlemek için kullanılan kronometre, ürünün sisteme verildiği anda çalıştırılmış ve ampermetrenin deneme başlamadan önceki amper değerine ulaştığı anda durdurulmuştur. Bu iki zaman arasında geçen süre deneme süresi olarak belirlenmiştir. Deneme süresinin sınıflandırılmış ürün miktarına oranı da iş verimini vermektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, “Balo” tipi dolmalık biberlerin fiziksel ve aerodinamik özelliklerine ilişkin veriler değerlendirilirken, ürünün aerodinamik özelliklerini doğrudan etkileyen özgül ağırlık, lineer boyutlar ve izdüşüm alanı gibi parametreler dikkate alınmıştır. Ürünün fiziksel özelliklerinin hava akımı içerisindeki davranışlarına nasıl etki ettikleri saptanmıştır. Ayrıca, ürünün hava akımı içerisinde hareketi sırasında en az düzeyde zarar görmesini sağlamak ve düzeneğin tasarımı sırasında kullanılmak üzere dayanım parametreleri belirlenmiştir.

Tüm bu tasarım parametreleri ve birbiri ile olan ilişkilerinin belirlenmesinde ürünün yıl içerisinde yoğun olarak hasadının yapıldığı Ekim, Şubat ve Haziran ayları olmak üzere 3 farklı hasat dönemi dikkate alınmıştır. Bu şekilde düzeneğin tasarımı yapılırken hasat dönemlerine bağlı farklılıklar giderilmiş, ürünün fiziksel, mekanik ve aerodinamik özelliklerinin en küçük ve en yüksek sınır değerleri belirlenmiş ve tasarım bu özelliklere göre genişletilerek yapılmıştır. Böylece her dönemde hasat edilen ürünlerin sınıflandırılmasına olanak sağlayacak bir düzenek imal edilmiştir.

Tasarım sonrasında makineye ilişkin veriler, ürünün makineye bantlı götürücü veya elle beslenmesine ve bant hızına göre değerlendirilmiştir. Ürün sınıflandırma etkinlikleri yukarıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır. Aerodinamik özelliklere göre en uygun sınıflandırma koşulları belirlenmiş ve sınıflandırma düzeneğine ait güç tüketimi değerleri saptanmıştır.

'Balo' tipi dolmalık biberin aerodinamik sınıflandırma olanaklarının belirlenmesi ve prototip makinanın geliştirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular iki bölümde sunulmuştur. Birinci bölümde dolmalık biberin sınıflandırma parametreleri olan fiziksel, aerodinamik ve dayanım özellikleri, ikinci bölümde ise prototip makinanın tasarım ve sınıflandırma parametreleri verilmiştir.

4.1. Balo Tipi Dolmalık Biberin Fiziksel Özellikleri

Ürünün fiziksel özellikleri tasarım sırasında hasat döneminden kaynaklanacak farklılıkları ortadan kaldırmak için 3 farklı hasat döneminde incelenmiş ve aralarında istatistiksel olarak bir farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda Ekim, Şubat ve Haziran hasat dönemlerine ait verilerin maksimum, minimum, ortalama ve standart hata değerleri, Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ürünün Ekim hasat dönemine ait fiziksel özellikleri

	Ekim Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Uzunluk (mm)	68.34	97.57	80.85±1.23
Genişlik (mm)	55.14	78.41	63.98±0.81
Kalınlık (mm)	52.23	74.64	60.61±0.73
Geometrik çap (mm)	59.25	76.39	65.53±0.59
Küresellik	0.74	0.93	0.84±0.01
Yüzey alanı (cm ²)	114.09	177.58	143.58±2.33
Ağırlık(g)	57.91	108.80	81.89±1.72
Hacim(cm ³)	92.86	188.08	134.04±3.08
Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.41	0.86	0.62±0.02
Yığın hacim ağırlığı (g/cm ³)	0.20	0.37	0.30±0.01
Boşluk oranı	31.455	69.273	49.90±2.66
İzdüşüm alanı			
x düzlemi (cm ²)	22.77	32.45	27.42±0.41
y düzlemi (cm ²)	14.92	27.41	19.32±0.40

Çizelge 4.2. Ürünün Şubat hasat dönemine ait fiziksel özellikleri

	Şubat Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Uzunluk (mm)	58.06	96.80	76.73±1.04
Genişlik (mm)	65.28	72.38	62.77±0.65
Kalınlık (mm)	63.29	68.71	59.94±0.68
Geometrik çap (mm)	56.39	78.09	65.70±0.60
Küresellik	0.69	1.01	0.86±0.01
Yüzey alanı (cm ²)	99.94	170.25	136.22±2.49
Ağırlık (g)	53.98	127.53	80.58±1.96
Hacim (cm ³)	75.11	180.75	129.72±3.86
Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.46	0.852	0.64±0.01
Yığın hacim ağırlığı (g/cm ³)	0.20	0.36	0.27±0.01
Boşluk oranı	34.53	76.08	57.57±1.37
İzdüşüm alanı			
x düzlemi (cm ²)	17.71	30.80	24.16±0.41
y düzlemi (cm ²)	12.96	24.93	18.09±0.31

Çizelge 4.3. Ürünün Haziran hasat dönemine ait fiziksel özellikleri

	Haziran Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Uzunluk (mm)	59.64	87.57	75.73±0.11
Genişlik (mm)	56.83	77.88	67.60±1.68
Kalınlık (mm)	36.60	71.44	62.96±0.08
Geometrik çap (mm)	49.68	78.35	68.27±0.75
Küresellik	0.71	1.07	0.91±0.01
Yüzey alanı (cm ²)	92.16	173.77	138.60±2.37
Ağırlık (g)	41.10	102.99	70.67±1.35
Hacim (cm ³)	60.03	201.88	140.53±3.45
Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.35	0.97	0.51±0.01
Yığın hacim ağırlığı (g/cm ³)	0.20	0.39	0.32±0.01
Boşluk oranı	19.63	63.72	37.52±0.85
İzdüşüm alanı			
x düzlemi (cm ²)	11.97	21.22	16.68±0.32
y düzlemi (cm ²)	17.06	27.35	21.68±0.27

Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3’de görüldüğü gibi, dolmalık biberin fiziksel özellikleri hasat dönemlerine göre farklılık göstermiştir. Belirlenen ortalamalar arasında hasat zamanına göre istatistiksel olarak farklılık, %1 ve %5 önem düzeyinde yapılan varyans analizi ile saptanmıştır. Çizelge 4.4’de fiziksel özelliklerin hasat dönemlerine ait Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ürünün hasat dönemlerine bağlı olarak fiziksel özellikler arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları

	Ekim	Şubat	Haziran	Önem Düz.
Uzunluk (mm)	80.85±1.23 ^a	76.73±1.04 ^b	75.73±0.11 ^b	**
Genişlik (mm)	63.98±0.81 ^b	62.77±0.65 ^b	67.60±1.68 ^a	***
Kalınlık (mm)	60.61±0.73	59.94±0.68	62.96±0.08	ns
Geometrik çap (mm)	65.53±0.59 ^b	65.70±0.60 ^b	68.27±0.75 ^a	**
Küresellik	0.84±0.01 ^c	0.86±0.01 ^b	0.91±0.01 ^a	**
Yüzey alanı (cm ²)	143.58±2.33 ^a	136.22±2.49 ^b	138.60±2.37 ^c	***
Ağırlık (g)	81.89±1.72 ^a	80.58±1.96 ^a	70.67±1.35 ^b	***
Hacim (cm ³)	134.04±3.08	129.72±3.86	140.53±3.45	ns
Özgül ağırlık (g/cm ³)	0.62±0.02 ^a	0.64±0.01 ^a	0.51±0.01 ^b	***
Yığın hacim ağırlığı (g/cm ³)	0.30±0.01 ^b	0.27±0.01 ^c	0.32±0.01 ^a	**
Boşluk oranı	49.90±2.66	57.57±1.37	37.52±0.85	ns
İz düşüm alanı				
x düzlemi (cm ²)	27.42±0.41 ^a	24.16±0.41 ^b	16.68±0.32 ^c	***
y düzlemi (cm ²)	19.32±0.40 ^b	18.09±0.31 ^b	21.68±0.27 ^a	***

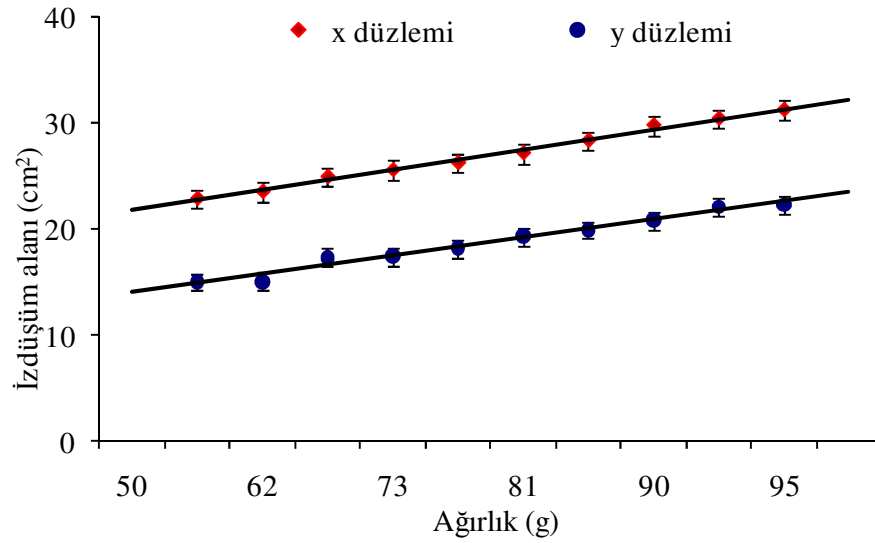
***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi, ns önemsiz

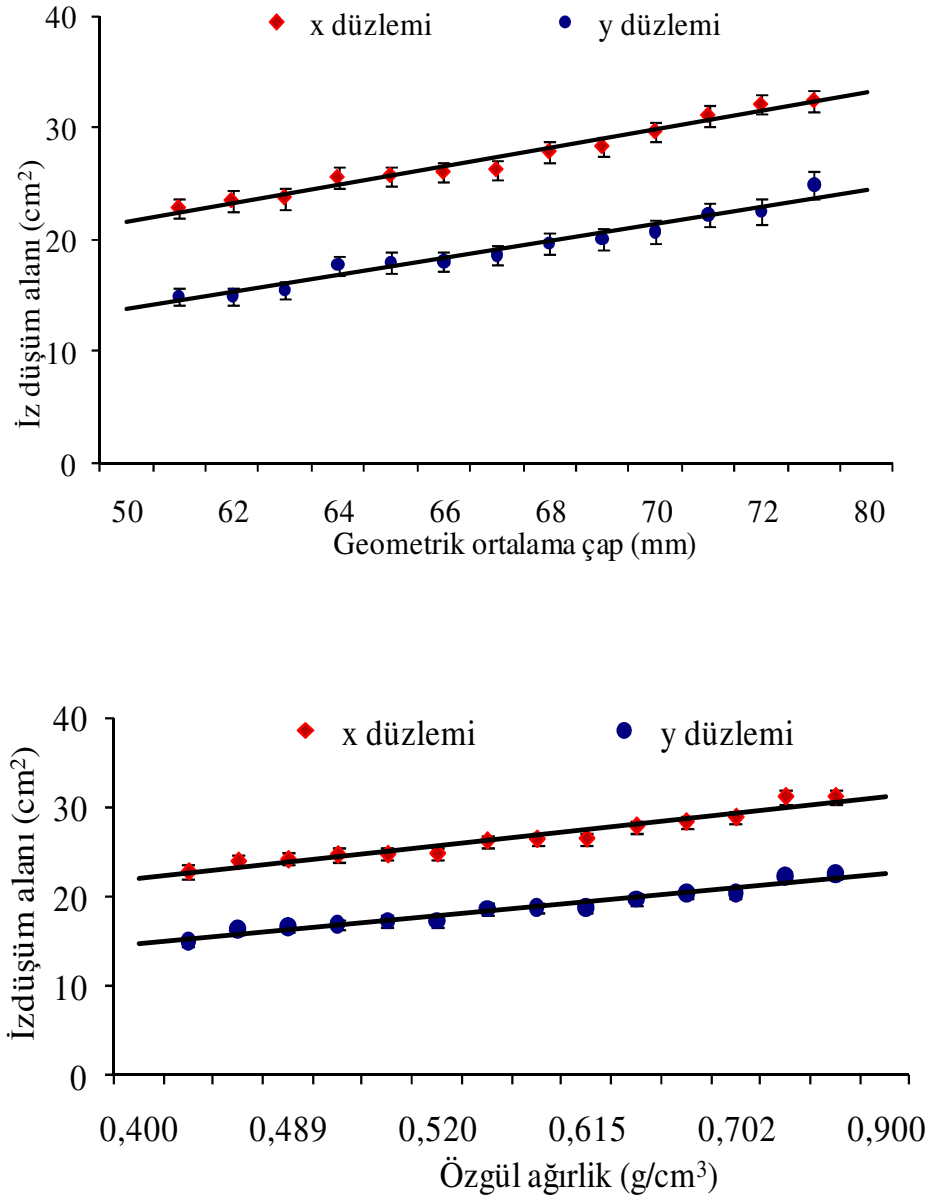
Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi yapılan varyans analizi sonucunda ürünün bazı fiziksel özellikleri hasat dönemlerine bağlı olarak önemsiz, bazı özelliklerinin ise %5 ve %1 seviyelerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uzunluk, geometrik çap, küresellik ve yığın hacim ağırlığı istatistiksel olarak %5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ürünün genişliği, ağırlığı, yüzey alanı, özgül ağırlığı ve x-y düzlemindeki izdüşüm alanları istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ürünün kalınlığının, hacminin ve boşluk oranının istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır.

Ürünlerin hava akımı içerisindeki gösterdikleri davranış iz düşüm alanları ile doğrudan ilgilidir. Yapılan varyans analizi sonucunda ürünün x ve y düzlemlerindeki izdüşüm alanlarının hasat dönemlerine göre %1 önem seviyesinde farklılık göstermiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre, uzunluk, yüzey alanı ve x düzlemindeki iz düşüm alanı Ekim ayı hasat döneminde, genişlik, geometrik çap, kürsellik, yığın hacim ağırlığı ve y düzlemindeki iz düşüm alanı Haziran ayı hasat döneminde ve ağırlık ve özgül ağırlığın üzerinde ise Ekim ve Şubat ayı hasat döneminde farklılık göstermektedir. Bu değerler makinanın tasarım aşamasında hasat dönemlerinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Materyalin izdüşüm alanlarının, diğer bazı fiziksel özelliklerle arasındaki ilişkiler Şekil 4. 1’de verilmiştir.





Şekil 4.1. Ölçülen iz düşüm alanı ile dolmalık biberlerin bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

İzdüşüm alanı ile bazı fiziksel özellikleri arasındaki regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibi saptanmıştır.

İzdüşüm alanı ile ağırlık arasındaki regresyon eşitliği;

$$\text{x düzlemi için; } P=0.9502M+20.715 \quad R^2=0.993$$

$$\text{y düzlemi için; } P=0.8547M+13.101 \quad R^2=0.978$$

İzdüşüm alanı ile geometrik ortalama çap arasındaki regresyon eşitliği;

$$x \text{ düzlemi için; } P=0.8268D_g+21.499 \quad R^2=0.973$$

$$y \text{ düzlemi için; } P=0.7671D_g+13.681 \quad R^2=0.961$$

İzdüşüm alanı ile özgül ağırlık arasındaki regresyon eşitliği;

$$x \text{ düzlemi için; } P=0.6426\rho+21.78 \quad R^2=0.959$$

$$y \text{ düzlemi için; } P=0.5333\rho +15.85 \quad R^2=0.973$$

Burada, P; izdüşüm alanı, D_g ; geometrik ortalama çap, ρ ; özgül ağırlık, M; ağırlık olarak verilmiştir.

Regresyon analizlerinden de görüldüğü gibi, x ve y düzlemi izdüşümü alanları, özgül ağırlığa, ağırlığa ve geometrik çapa bağlı olarak doğrusal olarak değişim göstermektedir. Aktaş (2000)'de yaptığı çalışmada izdüşüm alanı ile özgül ağırlık, ağırlık ve geometrik çap arasında benzer bir ilişki tespit etmiştir.

Üç farklı hasat dönemine göre saptanan fiziksel özellikler, birbirleri ile istatistiksel olarak farklılık gösterdiğinden dolayı, sınıflandırma düzeninin boyutlandırılması hasat dönemlerine göre elde edilen bu alt ve üst limit değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.

4.2. Balo Tipi Dolmalık Biberin Mekanik Özellikleri

Üründe en az zedelenme ile sınıflandırma işlemini gerçekleştirebilmek için biyolojik akma noktasındaki kuvvet, deformasyon, maksimum kuvvet, elastikiyet modülü, sağlamlık ve dayanıklılık gibi mekanik özellikler üç farklı hasat dönemlerinde tespit edilmiştir. Sürtünme katsayıları belirlenirken de üç farklı yüzey kullanılmıştır.

Ölçüm sonuçlarının maksimum, minimum, ortalama ve standart hata değerleri Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7’ de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ekim dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri

	Ekim Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Maksimum kopma kuvveti (N)	10.20	30.20	18.15±0.62
Kopma dayanımı (MPa)	0.20	0.60	0.36±0.01
Kopma uzaması (mm)	9.18	18.81	14.02±0.32
Deformasyon (%)	1.80	12.92	4.94±0.35
Kopma enerjisi (Nmm)	84.33	328.78	162.04±7.80
Maksimum akma kuvveti (N)	5.53	28.660	12.67±0.65
Akma dayanımı (MPa)	0.11	0.57	0.25±0.01
Akma uzaması (mm)	2.77	12.33	6.77±0.36
Akma enerjisi (Nmm)	9.93	195.77	56.01±5.13
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	0.91	3.56	2.08±0.08
Sağlamlık (N/mm)	1.09	2.57	2.21±0.05
Dayanıklılık (J/m ³)	0.93	3.64	1.73±0.09
Minimum zedelenme yüksekliği (mm)	65.23	159.42	119.24±3.08
Poisson oranı	0.19	0.27	0.22±0.01
Dinamik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.222	0.390	0.320±0.014
Galvaniz	0.171	0.322	0.283±0.009
Kontrplak	0.167	0.347	0.297±0.010
Statik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.254	0.483	0.384±0.016
Galvaniz	0.208	0.415	0.339±0.010
Kontraplak	0.227	0.429	0.357±0.012

Çizelge 4.6. Şubat dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri

	Şubat Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Maksimum kopma kuvveti (N)	17.36	40.11	27.10±0.72
Kopma dayanımı (MPa)	0.35	0.80	0.54±0.01
Kopma uzaması (mm)	10.41	20.32	13.43±0.26
Deformasyon (%)	2.82	15.06	6.04±0.40
Kopma enerjisi (Nmm)	141.50	478.70	239.03±10.28
Maksimum akma kuvveti (N)	10.05	35.17	19.75±0.75
Akma dayanımı (MPa)	0.21	0.71	0.39±0.02
Akma uzaması (mm)	4.17	11.50	7.16±0.30
Akma enerjisi (Nmm)	36.61	226.54	99.96±7.04
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	0.90	2.69	1.56±0.06
Sağlamlık (N/mm)	1.28	2.63	2.03±0.05
Dayanıklılık (J/m ³)	1.57	5.29	2.64±0.11
Minimum zedelenme yüksekliği (mm)	71.02	182.45	134.74±4.17
Poisson oranı	0.24	0.33	0.27±0.03
Dinamik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.195	0.372	0.300±0.012
Galvaniz	0.174	0.338	0.245±0.006
Kontrplak	0.181	0.314	0.257±0.009
Statik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.225	0.475	0.334±0.021
Galvaniz	0.194	0.421	0.301±0.006
Kontrplak	0.205	0.437	0.326±0.005

Çizelge 4.7. Haziran dönemi hasadında ürünün mekanik özellikleri

	Haziran Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Maksimum kopma kuvveti (N)	13.41	36.27	24.22±0.62
Kopma dayanımı (MPa)	0.27	0.62	0.41±0.01
Kopma uzaması (mm)	11.06	16.27	15.22±0.32
Deformasyon (%)	2.21	13.24	5.26±0.35
Kopma enerjisi (Nmm)	108.27	268.74	204.29±7.80
Maksimum akma kuvveti (N)	7.94	25.22	15.67±0.65
Akma dayanımı (MPa)	0.10	0.61	0.30±0.01
Akma uzaması (mm)	3.15	10.21	6.12±0.36
Akma enerjisi (Nmm)	21.89	217.77	77.01±5.13
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	0.72	3.01	1.77±0.08
Sağlamlık (N/mm)	0.98	3.11	2.12±0.05
Dayanıklılık (J/m ³)	0.93	3.64	2.24±0.09
Minimum zedelenme yüksekliği (mm)	55.16	141.04	84.44±2.65
Poisson oranı	0.20	0.28	0.25±0.01
Dinamik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.200	0.418	0.311±0.014
Galvaniz	0.189	0.380	0.267±0.009
Kontrplak	0.193	0.360	0.274±0.010
Statik sürtünme katsayısı			
Lastik	0.240	0.501	0.352±0.016
Galvaniz	0.227	0.456	0.314±0.010
Kontrplak	0.232	0.478	0.327±0.012

Yapılan denemeler sonucunda ürünün tespit edilen mekanik özellikleri arasında hasat dönemine bağlı olarak istatistiksel olarak farklılık varyans analizi uygulanarak Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Hasat dönemlerine bağlı olarak ürünün fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları

	Ekim	Şubat	Haziran	Önem Düzeyi
Maksimum kopma kuvveti (N)	18.15±0.62 ^c	27.10±0.72 ^a	24.22±0.62 ^b	***
Kopma dayanımı (MPa)	0.36±0.01 ^c	0.54±0.01 ^a	0.41±0.01 ^b	***
Kopma uzaması (mm)	14.02±0.32	13.43±0.26	15.22±0.32	ns
Deformasyon (%)	4.94±0.35	6.04±0.40	5.26±0.35	ns
Kopma enerjisi (Nmm)	162.04±7.80	239.03±10.28	204.29±7.80	ns
Maksimum akma kuvveti (N)	12.67±0.65 ^b	19.75±0.75 ^a	15.67±0.65 ^b	***
Akma dayanımı (MPa)	0.25±0.01 ^c	0.39±0.02 ^a	0.30±0.01 ^b	**
Akma uzaması (mm)	6.77±0.36	7.16±0.30	6.12±0.36	ns
Akma enerjisi (Nmm)	56.01±5.13 ^c	99.96±7.04 ^a	77.01±5.13 ^b	***
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	2.08±0.08 ^a	1.56±0.06 ^b	1.77±0.08 ^b	**
Sağlamlık (N/mm)	2.21±0.05	2.03±0.05	2.12±0.05	ns
Dayanıklılık (J/m ³)	1.73±0.09 ^b	2.64±0.11 ^a	2.24±0.09 ^a	**
Minimum zedelenme yüksekliği (mm)	119.24±3.08 ^b	134.74±4.17 ^a	84.44±2.65 ^c	***
Poisson oranı	0.22±0.01	0.27±0.03	0.25±0.01	ns
Dinamik sürtünme katsayısı				**
Lastik	0.320±0.014 ^a	0.300±0.012 ^b	0.311±0.014 ^a	
Galvaniz	0.283±0.009 ^a	0.245±0.006 ^b	0.267±0.009 ^a	
Kontrplak	0.297±0.010 ^a	0.257±0.009 ^b	0.274±0.010 ^a	
Statik sürtünme katsayısı				**
Lastik	0.384±0.016 ^a	0.334±0.021 ^b	0.352±0.016 ^b	
Galvaniz	0.339±0.010 ^a	0.301±0.006 ^b	0.314±0.010 ^b	
Kontrplak	0.357±0.012 ^a	0.326±0.005 ^b	0.327±0.012 ^b	

***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi, ns önemsiz

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi yapılan varyans analizi sonucunda ürünün bazı mekanik özelliklerinin hasat dönemlerine bağlı olarak önemsiz, bazı özelliklerinin ise %5 ve %1 seviyelerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ürüne ait kopma uzaması, deformasyon, kopma enerjisi, akma uzaması, sağlamlık ve poisson oranı değerlerinin hasat dönemine göre değişimi yapılan varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak

önemsiz bulunmuştur. Poisson oranı çoğu materyalde 0.2 ile 0.5 arasında değişmektedir. Dolmalık biberin poisson oranı Sitkei, 1986'da bildirdiği sınırlar içinde belirlenmiştir.

Maksimum kopma kuvveti, kopma dayanımı, maksimum akma kuvveti, akma enerjisi ve minimum zedelenme yüksekliği yapılan varyans analizi sonucunda hasat zamanlarına bağlı olarak %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

Akma dayanımı, elastikiyet modülü, dayanıklılık, dinamik ve statik sürtünme katsayıları %5 önem düzeyinde hasat zamanlarına göre istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

Duncan testi sonuçlarına göre, ürünün maksimum kopma kuvveti, kopma dayanımı, maksimum akma kuvveti, akma dayanımı, akma enerjisi ve minimum zedelenme yüksekliği Şubat ayı hasat döneminde, elastikiyet modülü ve statik sürtünme katsayısı Ekim ayı hasat döneminde, dinamik sürtünme katsayısı Ekim ve Haziran ayı hasat döneminde ve dayanıklılık ise Şubat ve Haziran ayı döneminde farklılık göstermiştir.

Balo tipi dolmalık biberin yapılan denemeler sonucunda 3 farklı hasat zamanına göre bulunan mekanik özelliklerinin istatistiksel olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan sınıflandırma düzeneğinin tasarımında bu farklılıklar gözönünde bulunarak değişen sınırlar içinde bir düzenek yapılmıştır.

4.3. Balo Tipi Dolmalık Biberin Aerodinamik Özellikleri

Dolmalık biberin tek tek ve yığın halindeki aerodinamik özellik değerleri hava kanalında yapılan denemeler sonucunda belirlenmiştir.

4.3.1. Dolmalık biberlerin tek tek havaya karşı davranış özellikleri

Dolmalık biberlerin tek tek aerodinamik özellikleri Üç farklı hasat döneminde kritik hız, basınç düşmesi, sürüklenme katsayısı, sürüklenme kuvveti, ürünün tek tek aerodinamik özelliği olarak saptanmıştır. Sürüklenme katsayısı ve kuvveti ürünün

ekseni düzleme paralel ve dikey olacak şekilde saptanmıştır. Ekim, Şubat ve Haziran hasat dönemlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.9, 4.10 ve 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ürünün Ekim hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

Ekim Ayı			
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Kritik hız (m/s)	18.83	28.59	24.17±0.44
Basınç düşmesi (Pa)	0.17	0.43	0.31±0.01
Sürüklenme katsayısı			
Ürün eksenine yatay	0.324	0.746	0.274±0.045
Ürün eksenine dikey	0.364	0.814	0.301±0.039
Sürtünme kuvveti (N)			
Ürün eksenine yatay	0.81	1.35	1.15±0.27
Ürün eksenine dikey	0.64	1.20	0.72±0.02
Reynold sayısı	82698.31	137682.44	109379.66±2093.62

Çizelge 4.10. Ürünün Şubat hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

Şubat Ayı			
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Kritik hız (m/s)	17.24	27.40	22.80±0.37
Basınç düşmesi (Pa)	0.20	0.45	0.30±0.01
Sürüklenme katsayısı			
Ürün eksenine yatay	0.291	0.816	0.376±0.061
Ürün eksenine dikey	0.307	0.696	0.424±0.067
Sürtünme kuvveti (N)			
Ürün eksenine yatay	0.74	1.27	0.91±0.13
Ürün eksenine dikey	0.42	1.20	0.87±0.02
Reynold sayısı	68405.63	132630.58	100464.84±1821.06

Çizelge 4.11. Ürünün Haziran hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

	Haziran Ayı		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Kritik hız (m/s)	18.83	31.22	26.23±0.44
Basınç düşmesi (Pa)	0.21	0.42	0.30±0.01
Sürüklenme katsayısı			
Ürün eksenine yatay	0.354	0.697	0.316±0.040
Ürün eksenine dikey	0.296	0.715	0.395±0.049
Sürtünme kuvveti (N)			
Ürün eksenine yatay	0.80	1.42	1.21±0.27
Ürün eksenine dikey	0.70	1.22	0.95±0.23
Reynold sayısı	82698.31	137682.44	105236.23±2093.62

Denemeler sonucunda ürünün tek tek olarak tespit edilen aerodinamik özellikleri, hasat zamanına göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu özellikler ait sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ürünün hasat zamanlarına bağlı olarak aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları

	Ekim	Şubat	Haziran	Önem Düz.
Kritik hız (m/s)	24.17±0.44 ^b	22.80±0.37 ^c	26.23±0.44 ^a	***
Basınç düşmesi (Pa)	0.31±0.01	0.30±0.01	0.30±0.01	ns
Sürüklenme katsayısı				***
Ürün eksenine yatay	0.274±0.045 ^c	0.376±0.061 ^a	0.316±0.040 ^b	
Ürün eksenine dikey	0.301±0.039 ^c	0.424±0.067 ^a	0.395±0.049 ^b	
Sürtünme kuvveti (N)				***
Ürün eksenine yatay	1.15±0.27 ^b	0.91±0.13 ^c	1.21±0.27 ^a	
Ürün eksenine dikey	0.72±0.02 ^b	0.87±0.02 ^b	0.95±0.23 ^a	
Reynold sayısı	109379.66±2093.62	100464.84±1821.06 ^c	105236.23±2093.62 ^b	**

***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi, ns önemsiz

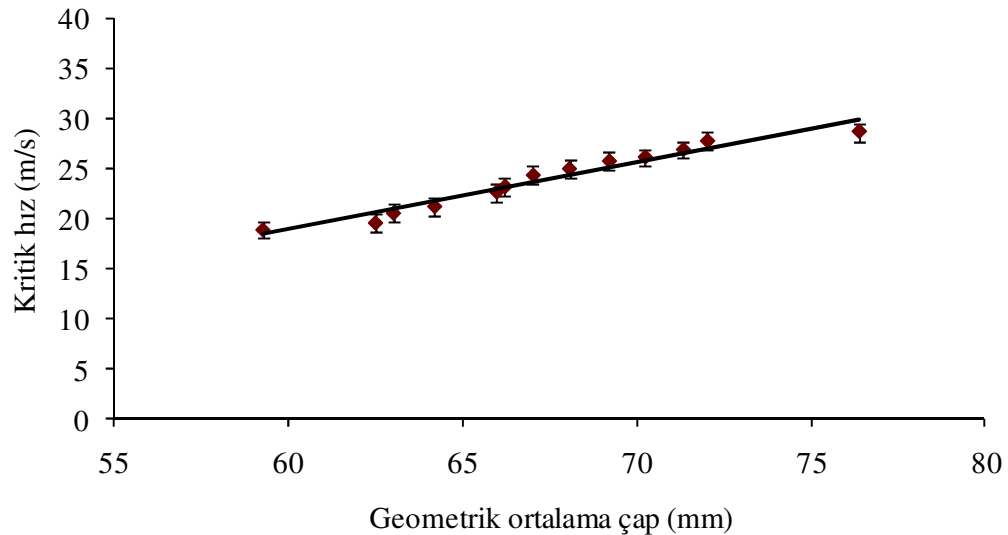
Çizelge 4.12’de görüldüğü gibi; kritik hız, sürüklenme katsayısı ve sürüklenme kuvveti değerleri hasat dönemlerine göre %1 önem düzeyinde, Reynold sayısı ise %5

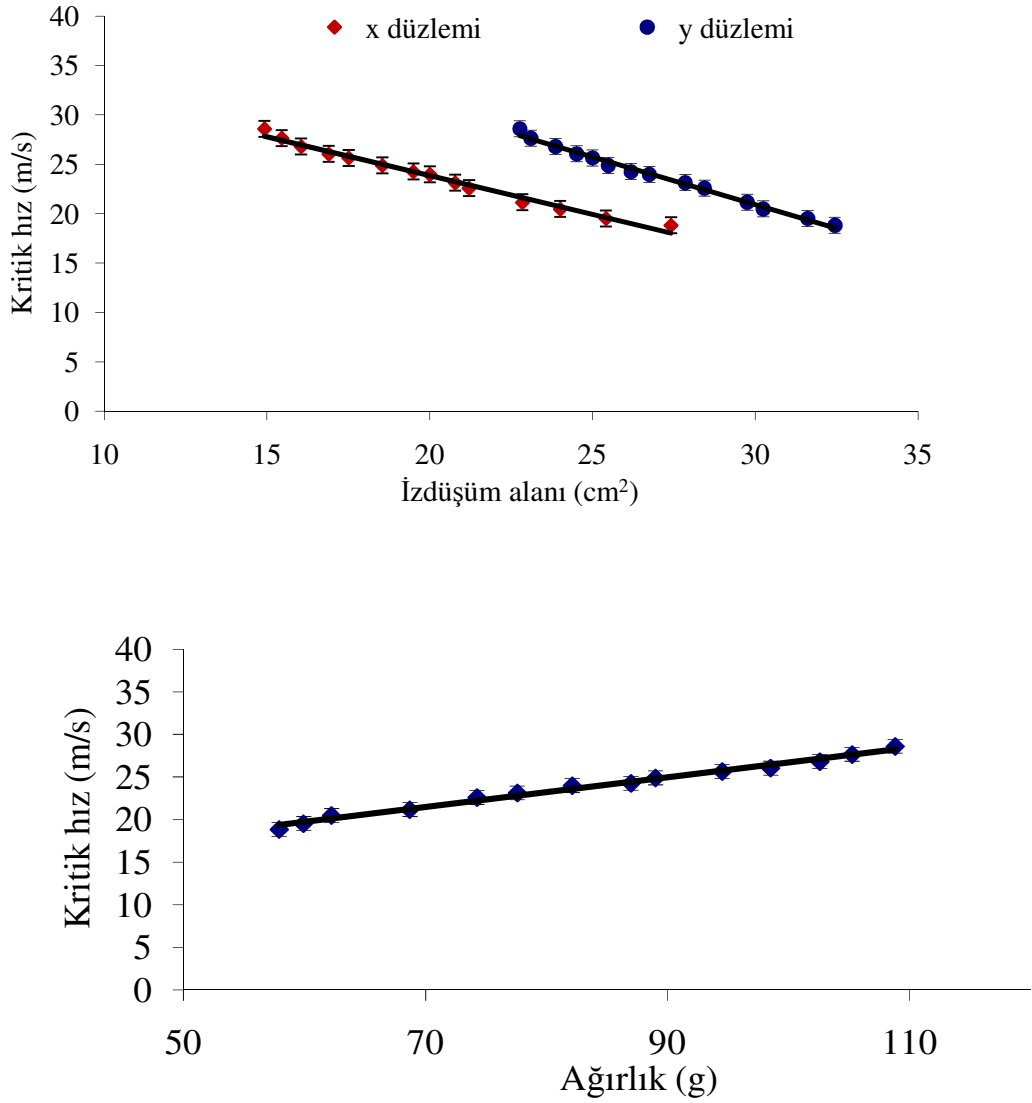
önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Hasat dönemlerine göre ölçülen basınç düşmesi değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Duncan testi sonuçlarına göre, ürünün kritik hızı ve sürüklenme kuvveti Haziran ayı hasat döneminde, sürüklenme katsayısı Şubat ayı hasat döneminde ve Reynold sayısı ise Ekim ayı döneminde farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.9, 4.10 ve 4.11’de tablo görüldüğü gibi kritik hız değerleri ve sürüklenme katsayıları değerleri geniş sınırlar içinde değişim göstermiştir. Bu durum, dolmalık biberin fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Aynı ve benzer lineer boyut gösteren ürünler, aerodinamik olarak farklılık gösterebilmektedir. Bunun nedeni, hava akımı etkisi altında bulunan materyalin kendi eksenine etrafında dönmesi, ağırlık ve geometrik şekillerinin farklı olması, ağırlık merkezlerindeki değişim ve iz düşüm alanlarındaki farklılıktır.

Sınıflandırma düzeneğinin tasarlanmasında en önemli parametrelerden biri olan kritik hızın, geometrik ortalama çap, izdüşüm alanı ve ağırlık gibi bazı fiziksel özellikleri arasındaki değişimleri Şekil 4.2’de verilmiştir.





Şekil 4.2. Kritik hız ile dolmalık biberin bazı özellikleri arasındaki ilişkiler

Kritik hız ile biberin bazı özellikleri arasındaki regresyon eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

Kritik hız ile geometrik çap arasındaki regresyon eşitliği;

$$V_k = 0.6723D_g - 21.456$$

$$R^2 = 0,957$$

Kritik hız ile iz düşüm alanı arasındaki regresyon eşitliği;

$$\text{x düzlemi için; } V_k = -0.7865P_x + 39.587$$

$$R^2 = 0.985$$

$$\text{y düzlemi için; } V_k = -0.9636P_y + 49.843$$

$$R^2 = 0.992$$

Kritik hız ile ağırlık arasındaki regresyon eşitliği;

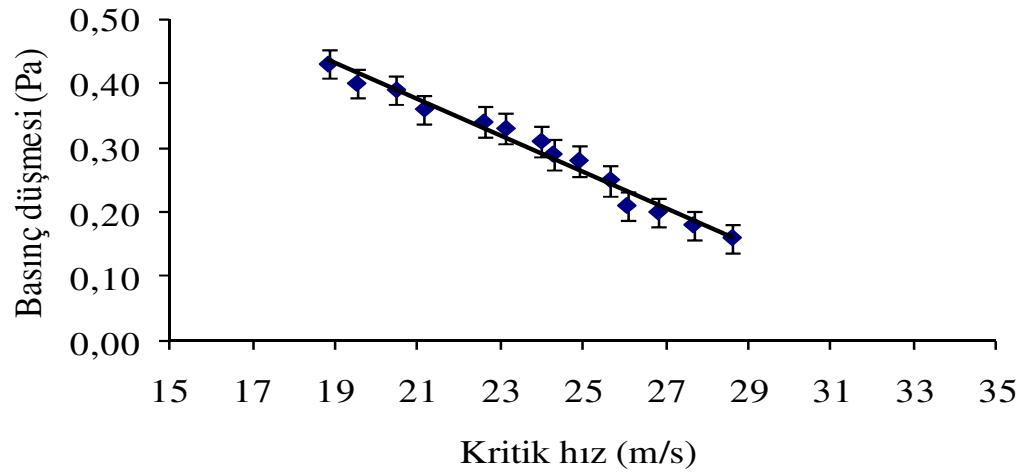
$$V_k = 0.1749M + 9.2305$$

$$R^2 = 0.989$$

Burada, V_k ; kritik hız, D_g ; geometrik çap, M ; ağırlık ve P ; iz düşüm alanıdır.

Şekil 4.2 ve regresyon eşitliklerinden görüldüğü gibi kritik hız ile ağırlık ve geometrik çap arasında artan doğrusal bir ilişki vardır. Kritik hız ile x ve y düzleminde ölçülen izdüşüm alanı ile kritik hız arasında ise azalan yönde doğrusal bir ilişki belirlenmiştir.

Şekil 4.3’de, ürünlerin kritik hızına bağlı olarak sistemdeki basınç düşmesi değişimi verilmiştir.



Şekil 4.3. Basınç düşmesi ile kritik hız arasındaki ilişki

Basınç düşmesi ile kritik hız arasındaki regresyon eşitliği;

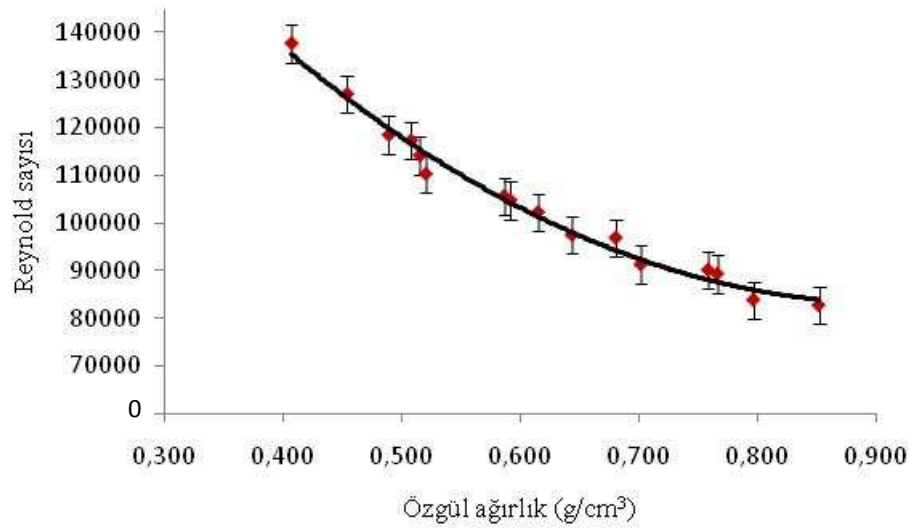
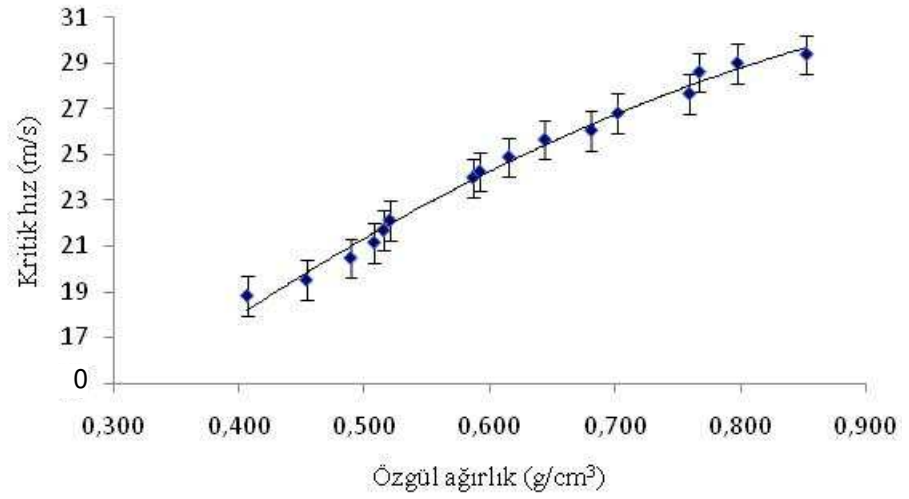
$$P = -0.028V_k + 0.962$$

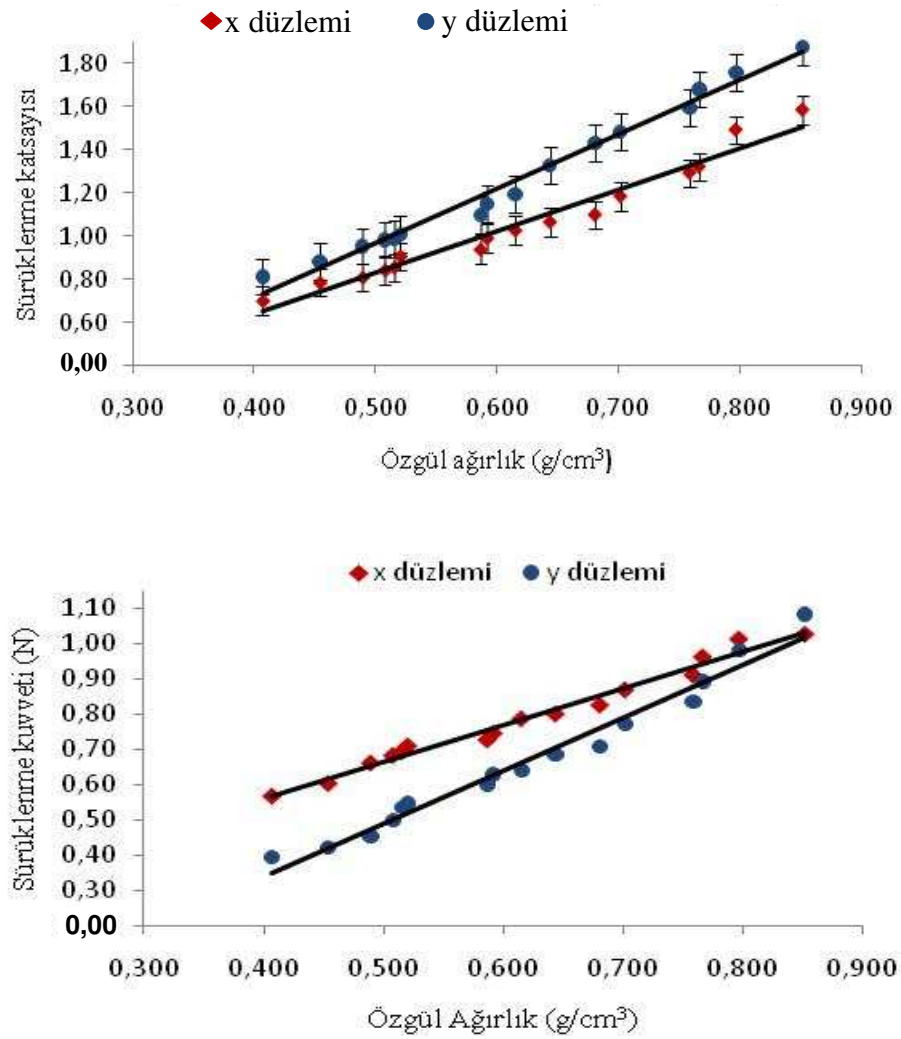
$$R^2 = 0.9779$$

Burada, V_k ; kritik hız, P ; basınç düşmesidir.

Şekil 4.3 ve regresyon eşitliğinde görüldüğü gibi kritik hız ile basınç düşmesi arasında azalan yönde doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirlenmiştir.

Biberlerin hava yardımı ile ayrılmasında aerodinamik özelliklerin değişiminde en önemli etkiye sahip özelliklerden olan özgül ağırlığın, kritik hız, Reynold sayısı, sürüklenme katsayısı ve sürüklenme kuvveti gibi aerodinamik özellikler arasındaki ilişki Şekil 4.4' de verilmiştir.





Şekil 4.4. Biberin aerodinamik özelliklerinin özgül ağırlığa bağlı olarak değişimleri

Özgül ağırlık ile biberin aerodinamik özellikleri arasındaki regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibi saptanmıştır.

Kritik hız ile özgül ağırlık arasındaki regresyon eşitliği;

$$V_k = -22.276\rho^2 + 53.815\rho - 0.0103 \quad R^2 = 0.991$$

Reynold sayısı ile özgül ağırlık arasındaki regresyon eşitliği

$$Re = 203001\rho^2 - 371436\rho + 252995 \quad R^2 = 0.986$$

Sürüklenme katsayısı ile özgül ağırlık arasındaki regresyon eşitliği

$$x \text{ düzlemi için; } C_d = 1.9177\rho - 0,1293 \quad R^2 = 0,966$$

$$y \text{ düzlemi için; } C_d = 2.5243\rho - 0,2957 \quad R^2 = 0,984$$

Sürüklenme kuvveti ile özgül ağırlık arasındaki regresyon eşitliği

$$x \text{ düzlemi için; } F = 1,0445\rho + 0,1418 \quad R^2 = 0,996$$

$$y \text{ düzlemi için; } F = 1,5042\rho + 0,2632 \quad R^2 = 0,973$$

Burada, V_k ; kritik hız, C_d ; sürüklenme katsayısı, Re ; Reynold sayısı, F ; sürüklenme kuvveti ve ρ ; özgül ağırlıktır.

Grafiklerden ve regresyon eşitliklerinden görüldüğü gibi özgül ağırlık ile kritik hız, sürüklenme katsayısı ve sürüklenme kuvveti arasında artan doğrusal bir ilişki vardır. Özgül ağırlıkla Reynold sayısı arasında ise bunların tam tersi olarak azalan doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Aktaş, (2000) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir. Özgül ağırlıklarına bağlı olarak arpacık soğanların kritik hızının, sürüklenme katsayılarının ve kuvvetlerinin artış gösterdiğini, Reynold sayısının ise düştüğünü saptamışlardır.

4.3.2. Dolmalık biberlerin yığın halinde havaya karşı davranış özellikleri

Denemeye alınan dolmalık biberlerin yığın olarak minimum akışkanlaştırma debisi, minimum akışkanlaştırma hızı, sürüklenme katsayısı değerleri belirlenmiştir. Ayrıca ürün çapı, yığın derinliği ve yükleme biçimine göre yığın haldeki ürün üzerindeki hava hızı ile basınç düşmesi arasındaki ilişki belirlenmiştir. Yığın halindeki ürünün Ekim, Şubat ve Haziran aylarındaki minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri Çizelge 4.13, 4.14 ve 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Yığın halindeki ürünün Ekim hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

Ekim Ayı			
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Min akış. hızı (m/s)	8.98	14.45	12.67±0.48
Min. akış. debisi (m ³ /s)	0.19	0.32	0.27±0.02
Sürüklenme katsayısı	0.211	0.503	0.407±0.006
Reynold sayısı	67234.10	98910.91	79564.21±1803.17

Çizelge 4.14. Yığın halindeki ürünün Şubat hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

Şubat Ayı			
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Min. akış. hızı (m/s)	7.07	12.76	11.98±0.55
Min. akış. debisi (m ³ /s)	0.21	0.43	0.29±0.04
Sürüklenme katsayısı	0.254	0.490	0.405±0.015
Reynold sayısı	71823.13	89301.52	80458.46±1876.34

Çizelge 4.15. Yığın halindeki ürünün Haziran hasat dönemine ait aerodinamik özellikleri

Haziran Ayı			
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Min. akış. hızı (m/s)	9.41	15.09	13.09±0.47
Min. akış. debisi (m ³ /s)	0.17	0.34	0.25±0.02
Sürüklenme katsayısı	0.197	0.489	0.409±0.011
Reynold sayısı	63987.91	87231.07	78789.71±1789.51

Çizelge 4.16’de hasat dönemlerine bağlı olarak ürünlerin toplu olarak havaya karşı göstermiş oldukları özelliklerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri ve standart hata değerleri verilmiş ve varyans analizi ile istatistiksel olarak bu özelliklere hasat döneminin etkisi saptanmıştır.

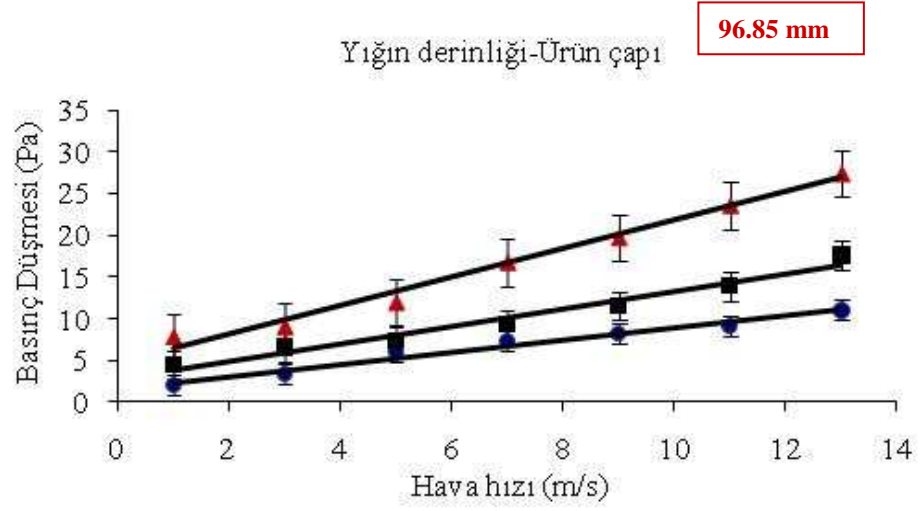
Çizelge 4.16. Yığın halindeki ürünün hasat dönemine bağlı olarak aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiye ait Duncan testi sonuçları

	Ekim	Şubat	Haziran	Önem Düz.
Min. akış. hızı (m/s)	12.67±0.48 ^b	11.98±0.55 ^c	13.09±0.47 ^a	***
Min. akış. debisi (m ³ /s)	0.27±0.02 ^b	0.29±0.04 ^a	0.25±0.02 ^c	***
Sürüklenme katsayısı	0.407±0.006	0.405±0.015	0.409±0.011	ns
Reynold sayısı	79564.21±1803.17	80458.46±1876.34	78789.71±1789.51	ns

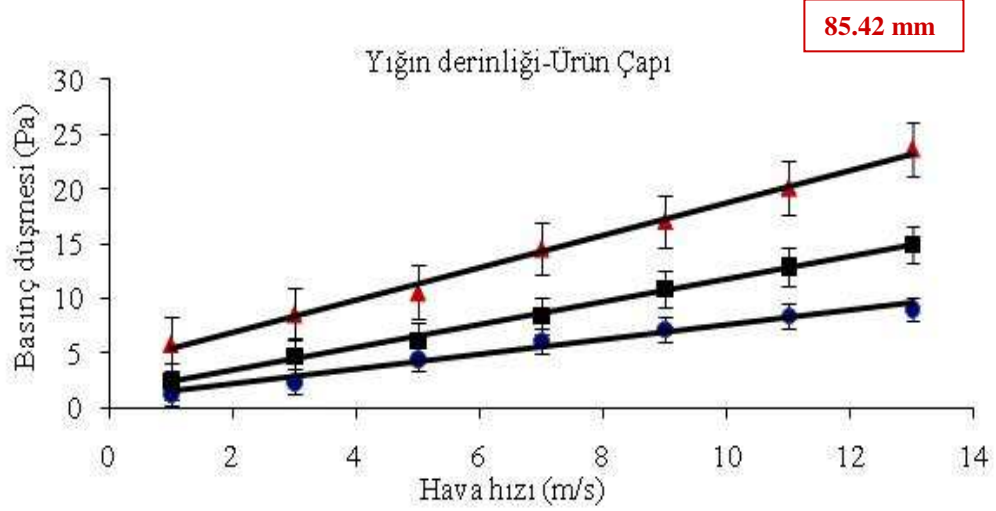
***%1 önem seviyesi, ns önemsiz

Çizelge 4.16’de görüldüğü gibi, minimum akışkanlaştırma hızı ve minimum akışkanlaştırma debisi, hasat dönemlerine göre %1 önem düzeyinde farklılık göstermiş, sürüklenme katsayısı ve Reynold sayısı ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Duncan testi sonucunda minimum akışkanlaştırma hızı Haziran ayı hasat dönemimde, minimum akışkanlaştırma debisi ise Şubat ayı hasat dönemimde farklılık göstermiştir. Arpacık soğan üzerinde yapılan bir çalışmada, arpacığın ortalama minimum akışkanlaştırma hızının 6.09 ile 9.09 m/s, minimum akışkanlaştırma debisinin 0.47 ile 0.71 m³/s ve sürüklenme katsayısının ise 0.401 ile 0.408 arasında değiştiği saptanmıştır (Aktaş 2000).

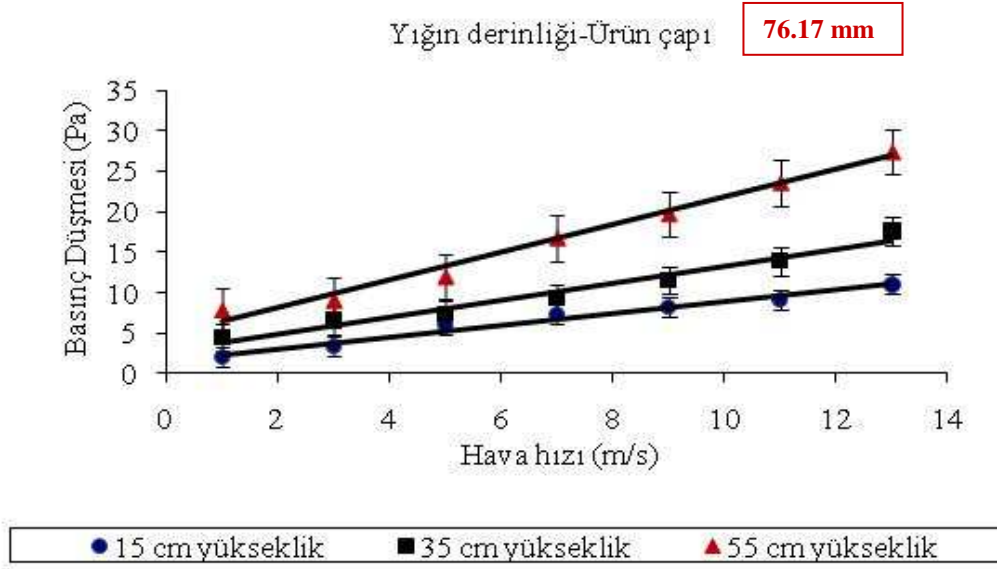
Ayrıca basınç düşmeleri dijital basınçölçerle belirlenerek, hava akımına karşı gösterilen direnç, statik basınç düşümü olarak ifade edilmiştir. Denemeler farklı yığın derinliği (15, 35, 55 cm), ürün çapı (96.85, 85.42, 76.17 mm) ve yükleme biçiminde (dizme ve rastgele yığma) olmak üzere üç farklı şekilde yapılmıştır. Denemelerin sonuçları aşağıdaki grafiklerde ifade edilmiştir.



● 15 cm yükseklik ■ 35 cm yükseklik ▲ 55 cm yükseklik

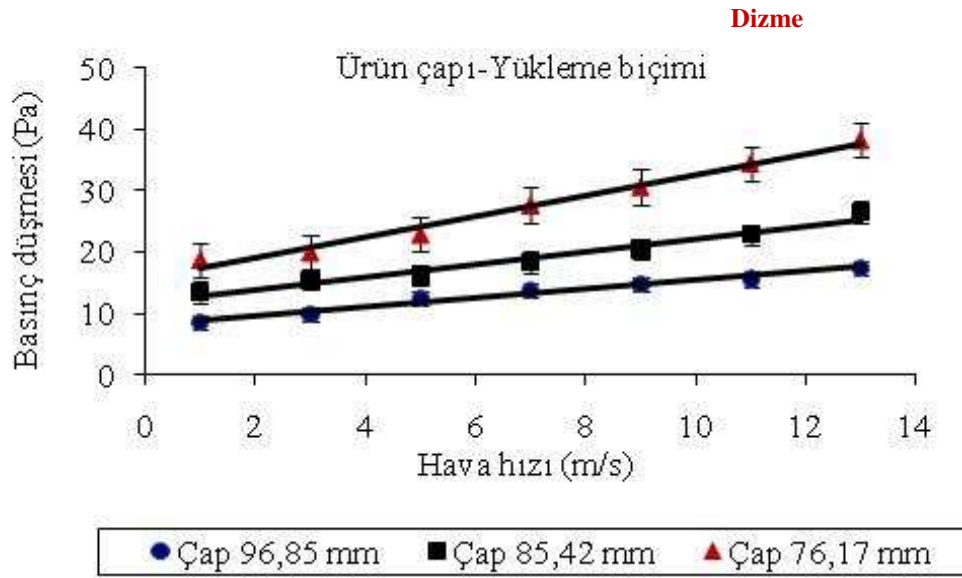


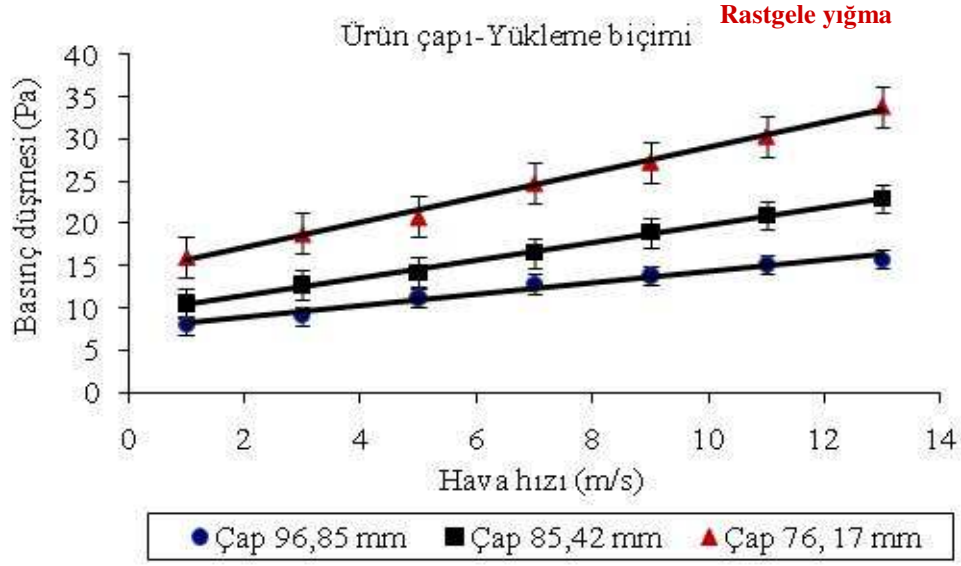
● 15 cm yükseklik ■ 35 yükseklik ▲ 50 cm yükseklik



Şekil 4.5. Yığın yüksekliği ve ürün çapına bağlı basınç düşmesi ve hava hızı arasındaki ilişki

Şekil 4.5’ de görüldüğü gibi, her hava hızında, yığın derinliği arttıkça, basınç düşmesinde de doğrusal bir artış saptanmıştır. Bu durum, yığın derinliğinin artmasıyla, havanın daha fazla materyalle karşılaşması ve buna bağlı olarak sürtünme alanının artmasından kaynaklanmaktadır.





Şekil 4.6. Yükleme biçimi ve ürün çapına bağlı basınç düşmesi ve hava hızı arasındaki ilişki

Ürün çapının artması ile yığının hava akımına gösterdiği direnç azalmıştır. Bu azalma, ürün çapının artması ile yığının boşluk hacminin artması ve buna bağlı olarak hava akıma gösterilen direncin azalması ile açıklanabilir (Şekil 4.6).

Yükleme biçimine göre boşluk oranı değişmektedir. Bu nedenle, hava akımına karşı gösterilen direnç, dizilerek yapılan yükleme işleminde daha da artmıştır.

4.3.3 Ayırma kanalı içerisindeki hava hızı ve hava debisine ilişkin sonuçlar

Ayırma ünitesinin tasarımında, akışkan yatak ortamı prensibine dayanarak yapılan kesit genişlemesi ile hava kanalı içerisindeki hava akımı debisinin ve basınç değerlerinin değişmemesi sağlanmıştır. Çünkü ayırma kanalı boyunca akım özelliklerinin değişmesi, kanal içerisindeki farklı özgül ağırlığa sahip ürün gruplarının karışmasına neden olmaktadır. Denemelerde, farklı hava hızı ve farklı klape kademelerinde ölçümler yapılmıştır. Hava kanalı başında ve sonunda yapılan basınç farkına ilişkin ölçümlerde, aradaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. Ölçümler ürün çıkış ağzlarında ve hava kanalının baş ve son tarafında ve 3 farklı klape kademesinde yapılmıştır. Çizelge 4.17’de farklı klape ayar kademelerinde materyal giriş, birinci,

ikinci ve üçüncü materyal çıkış ağzlarındaki hava debileri, Çizelge 4.18’de statik basınç, Çizelge 4.19’da dinamik basınç değişim değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki hava debisi değişim değerleri

Klape ayar kademesi	Materyal giriş ağzı (m ³ /s)	İlk ürün çıkış ağzı (m ³ /s)	İkinci ürün çıkış ağzı (m ³ /s)	Üçüncü ürün çıkış ağzı (m ³ /s)	Önem seviyesi
1	0.75	0.75	0.65	0.60	ns
2	0.60	0.59	0.50	0.45	ns
3	0.50	0.50	0.40	0.30	ns

ns önemsiz

Çizelge 4.18. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki statik basınç değişim değerleri

Klape ayar kademesi	Materyal giriş ağzı (Pa)	İlk ürün çıkış ağzı (Pa)	İkinci ürün çıkış ağzı (Pa)	Üçüncü ürün çıkış ağzı (Pa)	Önem seviyesi
1	14.77 ^a	12.08 ^b	10.78 ^b	7.32 ^c	**
2	20.00 ^a	19.81 ^a	17.18 ^b	15.23 ^c	***
3	29.55 ^a	26.24 ^b	21.26 ^c	20.67 ^c	**

***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi

Çizelge 4.19. Ayırma kanalı içinde, farklı klape kademelerinde ve noktalardaki dinamik basınç değişim değerleri

Klape ayar kademesi	Materyal giriş ağzı (Pa)	İlk ürün çıkış ağzı (Pa)	İkinci ürün çıkış ağzı (Pa)	Üçüncü ürün çıkış ağzı (Pa)	Önem seviyesi
1	8.54 ^a	8.32 ^a	6.64 ^b	5.41 ^c	**
2	12.52 ^a	10.05 ^b	8.63 ^c	7.91 ^c	***
3	11.64 ^a	10.94 ^a	8.28 ^b	6.17 ^c	**

***%1 önem seviyesi, **%5 önem seviyesi

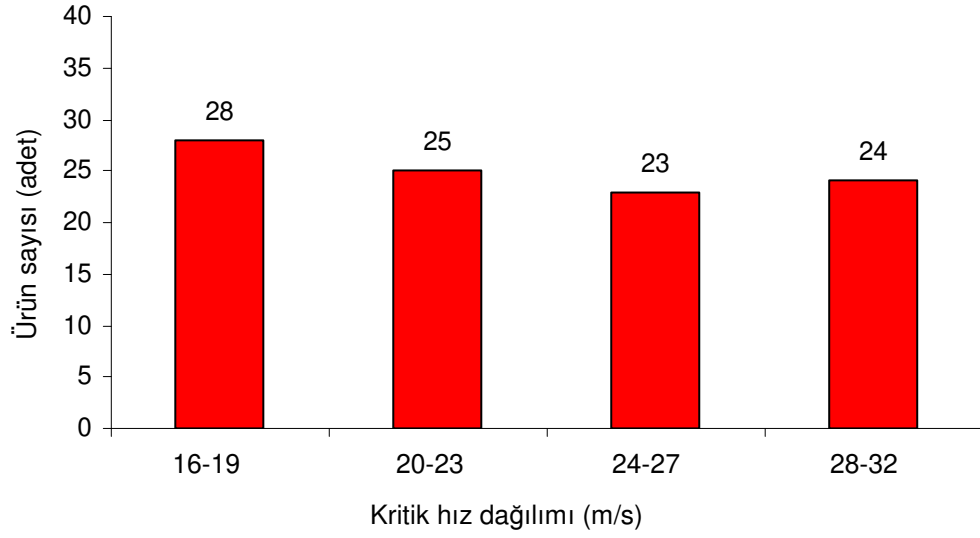
Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi, ayırma kanalı içindeki debi değerlerinde ürünlerin giriş ağzından, üçüncü çıkış ağzına kadar olan mesafede bir düşüş görülmektedir. Hava kanalı içindeki debide meydana gelen bu düşüşlerin istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.18 ve 4.19’da görüldüğü gibi ölçüm yapılan noktalar arasında basınç değişimi görülmektedir. Basınç, ürün giriş ağzından, çıkış ağzına doğru çok fazla olmamakla birlikte azalmıştır. Bu basınç değişimi ürünlerin ayırma kanalı içinde karışmasına neden olmamıştır. Hava kanalı boyunca meydana gelen basınç değişimlerinin, birinci ve üçüncü klape ayar kademesinde %5 önem düzeyinde, ikinci klape ayar kademesinde ise %1 önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

Duncan testi sonucunda; klappenin birinci ve üçüncü ayar kademesinde, materyalin giriş ağzındaki statik basınç, klappenin ikinci ayar kademesinde ise materyalin giriş ağzındaki ve ilk çıkış ağzındaki statik basınç farklılık göstermektedir.

4.4. Sınıflandırma düzeneğinin sınıflandırma parametrelerine ait bulgular

4.4.1. Ürünlerin kritik hız dağılımları

Ürünlerin kritik hızları belirlendikten sonra sınıflandırma yapılacak ürünlerin farklı kritik hız gruplarına dağılımı ve bu dağılımın homojenliği belirlenmiştir. Dolmalık biberlerin 3 farklı hasat dönemindeki kritik hızlarının 17.236–31.214 m/s arasında değiştiği saptanmıştır. Şekil 4.7’de, ürünlerin hasat dönemlerine göre oluşturulan alt ve üst değere göre yüzde olarak kritik hız dağılım grafiği verilmiştir.



Şekil 4.7. Ürünlerin kritik hız dağılımları

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi ürünlerin kritik hızları 16 ile 32 m/s arasında gruplandırılmıştır. Ürünler 16–19, 20–23, 24–27 ve 28–32 m/ s olarak 4 farklı grupta yoğunlaşmıştır. Denemeye alınan ürünlerin %28’si 16–19 m/s’lik grupta, %25’i 20–23 m/s’lik grupta, %23’ü 24–27 m/s’lik grupta ve %24’ ü ise 28–32 m/s’lik grupta yer almıştır. Görüldüğü gibi ürünler homojen bir şekilde 4 farklı grupta kritik hız dağılımı göstermiştir. Bu dağılıma göre ürünlerin kritik hız farklarından yararlanılarak sınıflandırma yapılabileceği belirlenmiştir.

4.4.2. Sınıflandırma etkinliği

Sınıflandırma etkinliği bir sınıflandırma düzeneği için gerekli olan temel parametrelerden biridir. Bir sınıflandırma sistemi için sınıflandırma etkinliği değerinin yüksek olması istenir. Bu bölümde, sınıflandırma etkinliği değerine, ürün çıkış ağzı açıklıklarının ve besleme hızının etkisi ve birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Sınıflandırma etkinliği belirlenirken 12, 15, 20, 30 ve 40 cm/12 cm olacak şekilde beş farklı ürün çıkış ağzı açıklığı kullanılmıştır. Ürün yedirme hızı sabit tutulmuştur (0.4 m/s). Çizelge 4.20’de ürün çıkış ağzı kapak açıklığının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi verilmiştir.

Çizelge 4.20. Ürün çıkış ağzı kapak açıklığının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Ürün çıkış ağzı kapak açıklığı (cm)	Sınıflandırma etkinliği (%)		
	Minimum	Maksimum	Ortama
12	78.31	84.88	87.54 ^b ±0.14
15	81.56	87.04	89.82 ^b ±0.20
20	90.01	95.79	93.01 ^a ±0.15
30	73.23	79.87	83.47 ^{bc} ±0.20
40	67.72	74.46	80.86 ^c ±0.15

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi ürün çıkış ağzının 12 ve 15 cm/12cm ayarlanması durumunda sınıflandırma etkinliğin 20 cm/12 cm çıkış ağzı açıklığına göre düşüktür. Bu durumda, yüksek hava hızı ve hava basıncı nedeniyle ürünler, kendi grubuna ait ürün çıkış ağzından düşmeyip diğer çıkışa doğru ilerlemiş ve farklı sınıflandırma grubuna ait olan ürün çıkış ağzından düşmüştür. 12 ve 15 cm/12 cm’lik ürün çıkış ağzında belirlenen sınıflandırma etkinliği sırası ile %87.54 ve %89.82 olarak belirlenmiştir. Ürün çıkış ağzı, kapak yardımı ile 20 cm’ye ayarlandığında sınıflandırma etkinliği %93.01 olarak belirlenmiştir. Kapak 30 cm/12 cm ve 40 cm/12 cm’ye ayarlandığında, sınıflandırma etkinliğinin tekrar düştüğü görülmüş ve sırasıyla %83.47 ve %80.86 olduğu saptanmıştır. Sınıflandırma etkinliğinin değerleri, %1 önem seviyesinde kapak açıklığına bağlı olarak değişmiştir. Duncan testi sonucunda, 20cm/12cm olan ürün çıkış ağzı açıklığındaki sınıflandırma etkinliğinin, farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Yedirme hızının, sınıflandırma etkinliği üzerine etkisini belirlemek için 0.2, 0.4, 0.7, 0.9 ve 1.2 m/s olmak üzere 5 farklı bant hızında denemeler yapılmıştır. Ürün çıkış ağzı kapak açıklığı 20 cm olarak sabit tutulmuştur. Besleme hızının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Besleme hızının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Besleme hızı (m/sn)	Sınıflandırma etkinliği (%)		
	Minimum	Maksimum	Ortama
0.1	93.34	97.20	95.38 ^c ±0.25
0.4	94.27	98.05	95.89 ^b ±0.24
0.7	92.60	98.53	96.05 ^b ±0.20
0.9	94.81	98.79	96.27 ^a ±0.17
1.2	93.44	97.93	96.94 ^a ±0.17

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi, sınıflandırma etkinliği, yedirme hızının artışıyla artmaktadır. En yüksek sınıflandırma etkinliği 1.2 m/s’lik yedirme hızında saptanmıştır. Bantlı iletim düzenin 0.2, 0.4, 0.7, 0.9 ve 1.2 m/s bant besleme hızlarında ortalama sınıflandırma etkinliği değerleri sırasıyla % 95.38c, % 95.89b, % 96.05b, % 96.27a, % 96.94a olarak bulunmuş ve istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde gruplandırılmıştır. Bant iletim hızının sınıflandırma etkinliğine üzerine istatistiksel olarak %5 önem seviyesinde önemli bulunmuştur. Duncan testine göre sınıflandırma etkinliği, 1.2 ve 0.9 m/s besleme hızlarında diğer hızlardan farklılık göstermektedir.

Ürün çıkış ağzı kapak açıklığı ve besleme hızının sınıflandırma etkiliği üzerine etkisi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Ürün çıkış ağız kapak açıklığının ve besleme hızının sınıflandırma etkinliği üzerine etkisi

Kapak açıklığı (cm)	Besleme hızı (m/s)	Sınıflandırma etkinliği (%)		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
12	0.2	78.42	82.45	80.23±0.22 ^c
	0.4	77.32	83.45	80.68±0.21 ^{bc}
	0.7	79.62	84.90	81.07±0.17 ^{ab}
	0.9	78.71	82.65	81.67±0.14 ^{ab}
	1.2	79.06	84.81	82.17±0.14 ^a
15	0.2	79.76	85.43	83,14±0.11 ^c
	0.4	81.39	84.39	83.86±0.17 ^{bc}
	0.7	81.97	85.38	84.21±0.12 ^b
	0.9	82.73	87.56	85.17±0.17 ^a
	1.2	82.49	87.06	85.40±0.12 ^a
20	0.2	93.15	95.17	94.23±0.11 ^c
	0.4	89.78	95.33	94.86±0.17 ^c
	0.7	92.41	96.56	95.56±0.12 ^{bc}
	0.9	90.10	97.64	96.08±0.17 ^b
	1.2	93.81	97.08	96.71±0.12 ^a
30	0.2	82.82	88.10	86.04±0.15 ^c
	0.4	81.91	87.85	86.41±0,21 ^c
	0.7	82.26	88.01	87.33±0,16 ^b
	0.9	82.96	88.63	87.89±0.21 ^a
	1.2	84.59	89.59	88.27±0.16 ^a
40	0.2	75.42	80.70	77.21±0.15 ^c
	0.4	74.51	78.45	77.76±0.21 ^c
	0.7	74.86	80.61	78.51±0.16 ^b
	0.9	75.56	81.23	79.04±0.21 ^a
	1.2	77.19	80.19	79.33±0.16 ^a

Çizelge 4.22’de görüldüğü gibi ürün çıkış ağız açıklığı ve besleme hızına göre sınıflandırma etkinliği %77.21 ile %96.71 arasında değişmiştir. En yüksek sınıflandırma etkinliği değeri %96.71, 20 cm/12 cm ürün çıkış ağız açıklığında ve 1.2 m/s bant

hızında olarak tespit edilmiştir. En düşük sınıflandırma etkinliği ise %77.21, 40 cm/12 cm ürün çıkış ağzı açıklığında ve 0.2 m/s bant hızında saptanmıştır.

4.4.3. Ürün sınıflandırma hassasiyeti

Sınıflandırma hassasiyeti bir sınıflandırma düzeneği için gerekli olan temel parametrelerden biridir. Sınıflandırma hassasiyeti ne kadar yüksek olursa o makinanın kullanılabilirlik ve güvenilirlik oranı o kadar yüksek olmaktadır. Geliştirilen veya var olan bir sınıflandırma sistemi için sınıflandırma hassasiyetinin yüksek olması istenir. Bu bölümde, yapılan düzenek için ürün çıkış ağzı açıklıklarının ve hava hızının sınıflandırma hassasiyeti üzerine etkisi ve birbirleri arasındaki ilişkileri incelenmiştir.

Sınıflandırma hassasiyeti belirlenirken, sınıflandırma etkinliğinin belirlenmesinde kullanılan 12, 15, 20, 30 ve 40 cm/12 cm'lik ürün çıkış ağzı açıklığı ve 0.2, 0.4, 0.7, 0.9 ve 1.2 m/s besleme hızları kullanılmıştır. Yapılan denemelerde, dolmalık biberlerin 3 farklı gruba sınıflandırılabilceği belirlenmiştir. Sınıflandırma hassasiyeti,; ürünün ağırlığı, boyutu, izdüşüm alanı ve özgül ağırlığı dikkate alınarak belirlenmiştir.

Ürün ağırlığına göre sınıflandırma hassasiyeti incelenirken 1. grupta 40–70 g, 2. grupta 70–100 g ve 3. grupta 100–130 g ağırlık aralığına girecek şekilde gruplandırma yapılmış ve bu gruplandırmaya göre sınıflandırma hassasiyeti belirlenmiştir.

Ürün özgül ağırlığına göre sınıflandırma hassasiyeti incelenirken 1. grupta 0.350-0.550 g/cm³, 2. grupta 0.550-0.750 g/cm³ ve 3. grupta 0.750-1.000 g/cm³ aralığına girecek şekilde gruplandırılmış ve buna göre hassasiyet saptanmıştır.

Ürünün boyutlarına göre sınıflandırma hassasiyeti incelenirken geometrik çap baz alınmıştır. 1. grupta 40–55 mm, ikinci grupta 55–65 mm ve 3. grupta 65–80 mm geometrik çapa sahip ürünler gruplandırılmış ve hassasiyetler belirlenmiştir.

Son olarak ürün izdüşümü alanına göre sınıflandırma hassasiyeti belirlenirken ürünler, 11–18 cm², 18–25 cm² ve 25–33 cm² olarak gruplanmış ve bu gruplara göre hassasiyetleri saptanmıştır. Çizelge 4.23’de sınıflandırma hassasiyetine ilişkin yapılan deneme sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.23. Sınıflandırma hassasiyeti deneme sonuçları (üç grubun ortalamaları)

Kapak açıklığı (cm)	Besleme hızı	Ağırlığına göre.	Özgül ağırlığa göre	İzdüşümü alanına göre	Geometrik çapa göre
		Sınıflandırma hassasiyeti (%)			
12	0.2	85±0.35	83±0.18	75±0.35	85±0.65
	0.4	86±0.20	83±0.20	75±0.43	86±0.43
	0.7	86±0.33	83±0.25	76±0.26	87±0.38
	0.9	85±0.20	82±0.21	73±0.40	86±0.27
	1.2	84±0.23	80±0.28	70±0.35	85±0.30
15	0.2	87±0.45	84±0.15	83±0.33	87±0.37
	0.4	89±0.37	84±0.54	83±0.27	89±0.41
	0.7	90±0.40	87±0.40	83±0.40	90±0.30
	0.9	89±0.26	85±0.37	82±0.25	89±0.27
	1.2	88±0.27	84±0.43	80±0.32	88±0.25
20	0.2	94±0.15	90±0.54	85±0.38	91±0.10
	0.4	96±0.18	91±0.47	86±0.31	93±0.15
	0.7	98±0.27	91±0.55	87±0.26	96±0.17
	0.9	97±0.24	90±0.45	86±0.25	94±0.20
	1.2	95±0.20	89±0.40	85±0.25	92±0.15
30	0.2	89±0.35	85±0.52	76±0.21	85±0.62
	0.4	90±0.30	85±0.47	77±0.20	86±0.57
	0.7	91±0.33	85±0.33	77±0.20	89±0.43

40	0.9	90±0.38	83±0.35	74±0.30	88±0.47
	1.2	89±0.43	80±0.26	72±0.36	87±0.36
	0.2	85±0.17	75±0.35	70±0.41	80±0.35
	0.4	86±0.26	75±0.40	69±0.15	81±0.40
	0.7	87±0.43	76±0.25	69±0.24	81±0.38
	0.9	86±0.22	73±0.27	65±0.26	78±0.44
	1.2	85±0.18	70±0.33	64±0.31	73±0.50
Ort		89.0±0.29 ^a	82.92±0.36 ^b	76.88±0.30 ^c	86.64±0.36 ^a

Denemeler sonucunda, ürün çıkış ağız açıklığı ve besleme hızı ile sınıflandırma hassasiyeti arasında bir etkileşimin olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi 20 cm/12 cm kapak açıklığında ve 0,7 m/s besleme hızında en yüksek sınıflandırma hassasiyeti değeri elde edilmiştir. 12, 15, 30 ve 40 cm/12 cm kapak açıklıklarında ürünün sınıflandırma hassasiyeti düşmektedir. En düşük sınıflandırma hassasiyeti değeri 40 cm/12 cm kapak açıklığında ve 1.2 m/s besleme hızında saptanmıştır. TS 1205 taze biber standardında aynı sınıftaki biberler arasında %10 oranında bir tolerans tanınmıştır (TSE 2007). Sınıflandırma düzeneğinin hassasiyeti, bu tolerans değerine uygun sınıflandırma hassasiyetine sahiptir.

Ürün kapak açıklıklarının sınıflandırma hassasiyeti üzerine etkisi %1 önem seviyesinde ve besleme hızının ise %5 önem seviyesinde önemli olduğu saptanmıştır. Ürünlerin fiziksel özellikleri dikkate alındığında en yüksek sınıflandırma hassasiyeti, ürün ağırlığına göre tespit edilmiştir. Ürün özelliklerinin sınıflandırma hassasiyeti üzerine etkisi istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde etkili bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ürün özelliklerinden olan ürünün ağırlığı ve geometrik çapı sınıflandırma etkinliği üzerinde farklılık göstermiştir.

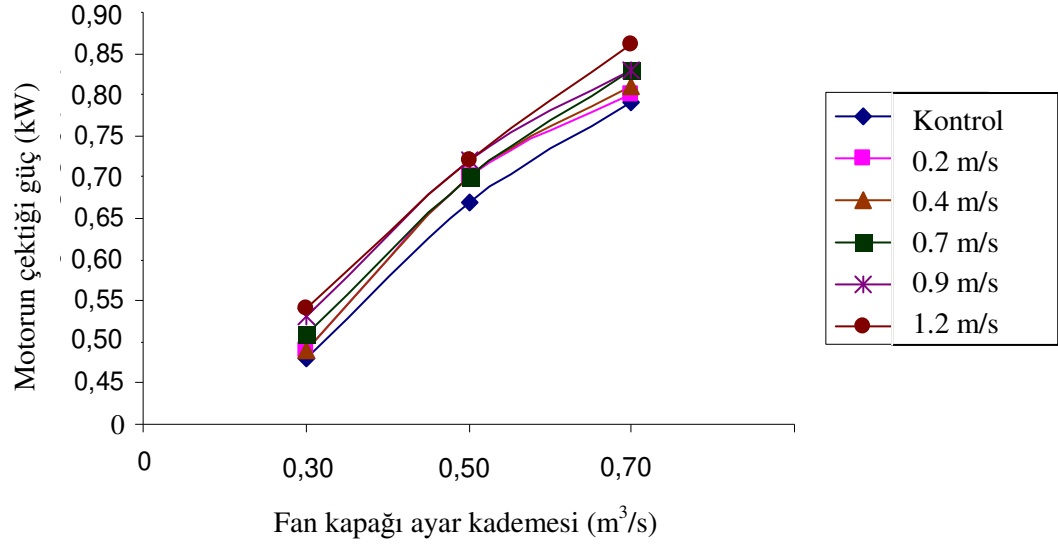
4.4.4. Ürün zedelenme oranı ile ilgili sonuçlar

Ürünlerin zedelenme oranları, ürün besleme, ürün çıkış ağız yükseklikleri ve zedelenme eşiği yüksekliğine göre belirlenmiş ve sabit tutulmuştur. Bu sabitlere göre farklı besleme hızlarında ve farklı ürün çıkış ağız açıklıklarında zedelenme oranları %2.0’ın altında gerçekleşmiş ve istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

4.4.5. Makinanın güç tüketiminin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Optimum çalışma koşullarında (en yüksek sınıflandırma hassasiyetinin elde edildiği, 20 cm/12 cm ürün çıkış ağız açıklığı ve 0.7 m/s bant hızında) ayırma düzeni ve besleme bandına hareket veren 2 elektrik motorunda yapılan ölçümlere göre makinanın toplam güç tüketimi 0.89 kW olarak hesaplanmıştır. Makine boşta çalışırken, farklı

besleme hızlarında ve fan ayar kademelerinde fan motorunun harcadığı güç Şekil 4.8’de verilmiştir.

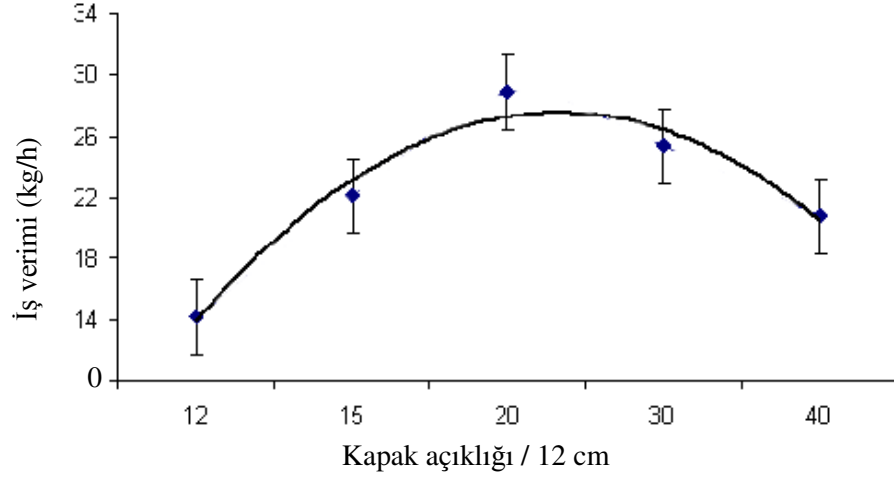


Şekil 4.8. Fan kademesi ile motorun çektiği güç arasındaki ilişki

Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, güç tüketiminde doğrusal bir artış bulunmuştur. En yüksek güç tüketimi 1.2 m/s lik besleme hızında 0.86 kW, en düşük güç tüketimi ise 0.2 m/s’lik besleme hızında 0.49 kW olarak ölçülmüştür.

4.4.6. Makinanın iş verimin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar

Sınıflandırma düzeneğinin iş verimi, kapak açıklığı ve besleme hızı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Kapak açıklığı ve iş verimi arasındaki ilişki Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Ürün çıkış ağızı açıklığı ile iş verimi arasındaki ilişki

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, iş verimi 20 cm/12 cm’lik kapak açıklığına kadar artmakta ve daha sonra bir düşüş göstermektedir. Ürün çıkış ağızı sabit olarak alındığında, besleme hızı arttıkça iş verimi de artmaktadır. Düzeneğin iş verimi 14.23 kg/h ile 28.91 kg/h arasında değişmiştir. En düşük iş verimi 14,23 kg/h ile 12 cm/12 cm’lik kapak açıklığında elde edilmiştir. En yüksek iş verimi ise 28.91 kg/h ile 20 cm/12 cm’lik kapak açıklığında ölçülmüştür. İstatistiksel olarak, ürün çıkış ağızı açıklığı ve besleme hızının iş verimi üzerine etkisi %1 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu araştırma 2007-2009 yılları arasında yürütülmüştür. Denemelerde Ekim, Şubat ve Haziran ayları olmak üzere 3 farklı hasat dönemi dikkate alınmıştır. Materyal olarak “Balo” tipi dolmalık biber kullanılmıştır. Çalışmada “Balo” tipi dolmalık biberin aerodinamik olarak sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle materyalin fiziko mekanik özellikleri belirlenmiş ve bu değerlere göre prototip bir sınıflandırma düzeneği imal edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve bazı öneriler aşağıda verilmiştir.

- Ürün uzunluğu 58.06-97.57 mm, genişliği 55.14-78.41 mm ve kalınlığı ise 36.60-74.64 mm arasında değişmiştir. Maksimum uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri Ekim, minimum uzunluk Şubat, minimum genişlik Ekim ve minimum kalınlık değeri ise Haziran ayındaki hasat döneminde saptanmıştır. Hasat dönemine göre ürün genişliği %1 ve ürün uzunluğu %5 önem derecesinde önemli bulunmuştur. Kalınlık değeri ise istatistiksel olarak etkilenmemiştir.
- Geometrik çap Ekim ayında ortalama 65.53 mm, Şubat ayında 65.70 mm ve haziran ayında ise 68.27 mm, küresellik ise aynı hasat dönemlerinde sırasıyla 0.84, 0.86 ve 0.91 olarak belirlenmiştir. Hasat dönemlerine göre geometrik çap ve küresellik değerleri arasında %5 önem seviyesinde farklılık saptanmıştır.
- Yığın hacim ağırlığı ve boşluk oranları arasında, hasat zamanına bağlı olarak istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır. Ürünlerin yüzey alanı, ağırlık, özgül ağırlık ve izdüşüm alanları arasında hasat zamanına bağlı olarak %1 önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Ürünlerin hava akımı içerisinde gösterdikleri davranış izdüşüm alanları ile doğrudan etkilidir. İzdüşüm alanları da %1 önem seviyesinde farklılık göstermiştir. Ağırlık, geometrik çap ve özgül ağırlığın artması ile izdüşüm alanlarının da arttığı saptanmıştır. x ve y düzleminde saptanan izdüşüm alanları, özgül ağırlığa, ağırlığa ve geometrik çapa bağlı olarak doğrusal olarak değişim göstermektedir.

- Ürünün lineer boyutları (uzunluk, genişlik, kalınlık ve geometrik ortalama çap) sınıflandırma makinesinin boyutlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda dolmalık biberin en küçük boyutu 52.23 mm, en büyük boyutu ise 97.57 mm olarak saptanmıştır. Bu ölçülen değerlere göre ürünün sınıflandırılacağı hava kanalının en küçük çapı ve ürün çıkış ağzı genişliği 120 mm olarak belirlenmiştir. Sistemde sınıflandırma için kullanılacak diğer iki borunun çapı ise, ürünün belirlenen kritik hız gruplarına göre farklı hava hızları sağlayacak şekilde 180 ve 220 mm olarak seçilmiştir.
- En yüksek kopma kuvveti, kopma dayanımı, kopma enerjisi sırasıyla 40.11 N, 0.80 MPa ve 478.70 Nmm ile Şubat ayındaki hasatta elde edilmiştir. En düşük kopma kuvveti, kopma dayanımı ve enerjisi ise sırasıyla 10.20 N, 0.20 MPa ve 84.33 Nmm ile Ekim ayında hasat edilen biberlerde ölçülmüştür. En yüksek akma kuvveti, akma dayanımı ve akma enerjisi ise sırasıyla 35.17 N, 0.71 MPa ve 226.54 Nmm ile yine aynı şekilde Şubat ayında hasat edilen biberlerde saptanmıştır. En düşük akma kuvveti ve akma enerjisi sırasıyla 5.53 N ve 9.93 Nmm ile Ekim ayında, en düşük akma dayanımı ise 0.10 MPa ile Haziran ayındaki hasat edilen biberlerde ölçülmüştür.
- Ürüne ait kopma uzaması, deformasyon, kopma enerjisi, akma uzaması, sağlamlık ve poisson oranı değerlerinin hasat dönemlerinden istatistiksel olarak etkilenmediği saptanmıştır. Maksimum kopma kuvveti, kopma dayanımı, maksimum akma kuvveti, akma enerjisi ve minimum zedelenme yüksekliği hasat dönemlerine bağlı olarak %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Akma dayanımı, elastikiyet modülü, dayanıklılık, dinamik ve statik sürtünme katsayıları hasat dönemlerine göre %5 önem düzeyinde farklılık göstermiştir.
- Balo tipi dolmalık biberde kritik hız 17,24 m/s ile 31,22 m/s arasında ölçülmüştür. Ürünler 16-19, 20-23, 24-27 ve 28-32 m/s kritik hız aralıklarında 4 farklı grupta yoğunlaşmıştır. Denemeye alınan ürünlerin %28'si 16-19 m/s'lik grupta, %25'i 20-23 m/s'lik grupta, %23'ü 24-27 m/s'lik grupta ve %24' ü ise

28-32 m/s'lik grupta yer almıştır. Ürünler homojen bir şekilde 4 farklı grupta kritik hız dağılımı göstermiştir. Ölçülen kritik hız değerlerine göre sınıflandırma düzeneği sistemi, 3 farklı çapta imal edilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde, hasat dönemlerinin kritik hız, sürüklenme katsayısı ve kuvveti üzerinde %1 önem seviyesinde etkili, Reynold sayısı üzerinde ise %5 önem seviyesinde etkili olduğu saptanmıştır.

- Sürtünme, sürüklenme katsayıları ve sistemdeki basınç düşmeleri sınıflandırma sisteminin uzunluğunun belirlenmesinde kullanılmış ve sistemin uzunluğu 4000 mm olarak projelendirilmiştir. İz düşüm alanı, özgül ağırlık, yüzey alanı boşluk oranı ve kürsellik değerleri, ürünün aerodinamik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Aerodinamik özelliklerinin ve sistemin uzunluğunun belirlenmesiyle sistemde kullanılacak fan ve fana hareket verecek elektrik motorunun seçimi yapılmıştır. Sistemdeki havanın ve ürünlerin hareket ettirebilmesi için radyal bir fan seçilmiştir. Seçilen fanın çapı 660 mm ve genişliği 240 mm'dir. Fan içinde boyutları 300x200 mm olan 6 adet kanat bulunmaktadır.
- Kritik hız değerleri ve sürüklenme katsayıları değerleri, geniş sınırlar içerisinde değişim göstermiştir. Kritik hız ile ağırlık ve geometrik çap arasında artan doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. Kritik hız ile x ve y düzleminde ölçülen izdüşüm alanı ve kritik hızla basınç düşmesi arasında azalan yönde doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.
- Özgül ağırlık ile kritik hız, sürüklenme katsayısı ve sürüklenme kuvveti arasında artan bir ilişki bulunmuştur. Özgül ağırlıkla Reynold sayısı arasında ise bunların tam tersi olarak azalan bir ilişki belirlenmiştir. Özgül ağırlık ile sürüklenme katsayısı ve kuvveti arasındaki artış doğrusal, özgül ağırlık ile kritik hız ve Reynold sayısı arasındaki artış ise polinomial olarak saptanmıştır.
- Ürünlerin toplu olarak hava akımına karşı gösterdikleri sonuçlara bakıldığında, her hava hızında yığın derinliği arttıkça basınç düşmesinde doğrusal bir artış

belirlenmiştir. Ürün çapının artması ile yığının hava akımına gösterdiği direnç azalmıştır. Yükleme biçimine göre boşluk oranı değişmektedir.

- En yüksek sınıflandırma etkinliği değeri 20 cm /12 cm ürün çıkış ağzı açıklığında ve 1.2 m/s bant hızında %96.71 olarak tespit edilmiştir. En düşük sınıflandırma etkinliği ise 40 cm /12 cm ürün çıkış ağzı açıklığında ve 0.2 m/s bant hızında %77.21 olarak belirlenmiştir.
- Kapak açıklığının 20 cm /12 cm olduğu ve 0,7 m/s besleme hızında en yüksek sınıflandırma hassasiyeti %96 olarak elde edilmiştir. 12, 15, 30 ve 40 cm /12 cm kapak açıklıklarında ürünün sınıflandırma hassasiyeti düşmektedir. En düşük sınıflandırma hassasiyeti değeri 40 cm /12 cm kapak açıklığında ve 1,2 m/s besleme hızında %73 olarak saptanmıştır.
- Fan kapağı ayar kademesi ile güç tüketimi arasında doğrusal bir artış bulunmuştur. En yüksek güç tüketimi 1.2 m/s lik besleme hızında, en düşük güç tüketimi ise 0.2 m/s'lik besleme hızında ölçülmüştür. Optimum çalışma koşullarında (20 cm /12 cm ürün çıkış ağzı açıklığı ve 0.7 m/s) ayırma düzeni ve besleme bandına hareket veren 2 elektrik motorunda yapılan ölçümlere göre makinanın toplam güç tüketimi 0.89 kW olarak hesaplanmıştır.
- Düzenegin iş verimi 14.23 kg/h ile 28.91 kg/h arasında değişim göstermiştir. En düşük iş verimi 14.23 kg/h ile 12 cm /12 cm'lik kapak açıklığında elde edilmiştir. En yüksek iş verimi ise 28.91 kg/h ile 20 cm /12 cm'lik kapak açıklığında ölçülmüştür.
- Balo tipi dolmalık biberin kritik hızı, geniş sınırlar arasında değişim göstermiştir. Bu değişimin ise, yapılan tekerrürlü denemeler sonucunda homojen bir dağılım gösterdiği saptanmıştır. Ürünler kritik hızlarına göre 4 farklı gruba ayrılmıştır. Bu saptanan değerlerden yararlanılarak balo tipi dolmalık biberlerin aerodinamik özelliğine göre 3 farklı sınıfta tasnif yapabilen laboratuvar şartlarına uygun sabit prototip bir makine geliştirilmiştir.

Araştırma kapsamında geliştirilen sınıflandırma makinesi, daha çok araştırma amaçlı olup laboratuvar şartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Daha sonraki çalışmalar ile prototip olarak imal edilen bu makine, sanayi tipi şeklinde daha yüksek kapasiteli olarak geliştirilebilir. Tasarlanan sınıflandırma düzeneği sadece biber için değil, başka ürünler için de kullanılarak geliştirilebilir. Prototip makine daha sonraki çalışmalarda geliştirilerek kapak açıklıkları hidrolik olarak kontrol edilebilir şekilde yapılabilir. Yeni teknolojilerin kullanımına olanak sağlanarak, sınıflandırma işlemleri en uygun süre içerisinde tamamlanarak, gecikmeden doğan ürün kaybını önlenebilir.

6. KAYNAKLAR

- AKDEMİR, B. 1990. Arpacıktan Kurusoğan Üretiminde Dikim Ve Hasat Mekanizasyonu ve Bitkinin Mekanizasyonuna Yönelik Özelliklerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Trakya üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı (Doktora Tezi).
- AKINCI, İ., ÖZDEMİR, F., TOPUZ, A., KABAS, O. and ÇANAKCI, M. 2004. Some Physical and Nutritional Properties of Juniperus Drupacea Fruits. *Journal of Food Engineering*. 65 (3), 325-331.
- AKTAŞ, T. 2000. Soğan Arpacığının Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasında Kullanılacak Akışkan Yatak Ortamlı Bir Makine Prototipinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Anabilimdalı, Doktora Tezi.
- AYATA, M., YALÇIN, M. ve KİRİŞCİ, V. 1997. Toprak-alet ilişkilerinin görüntü işleme sistemi ile incelenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Say: 267-274, Tokat.
- AYDIN, C. 1989. Amasya Elma Çeşidinin Tarım Tekniği Yönünden Önemli Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon ABD, Konya.
- AYDIN, C. ve ÖĞÜT, H. 1992. Bazı biyolojik materyallerde deformasyon oluşumu ve deformasyon deformasyon enerjisinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s.254-264, Samsun.
- AYDIN, C. ve ÇARMAN, K. 1998. Elmalar arasında çarpışma enerjisine bağlı olarak zedelenmenin saptanması. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s.773-778, Tekirdağ.
- AYDIN, C. 2002. Physical properties of hazel nuts. *Biosystem Engineering*, 82(3), 297–303.
- BAJEMA, R. W. and HYDE, G. M. 1995. Packing line bruise evaluation for “Walla Walla” summer sweet Onions. *Transaction of the ASAE*, 38(4):1167-1171.
- BERNALTE, M.J., SABIO, E., HERNANDEZ, M.T. and GERVASINI, C. 2003. Influence of storage delay on quality of “Van” sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28 (2), 303-312.

- BEYHAN, M. A. 1992. Ülkemiz Koşullarına Uygun Aspiratörlü Bir Fındık Hasat Makinasının Tasarım ve İmalatı. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- CHEN, P., RUIZ, M., LU, F. and KADER, A.A. 1987 Study of impact and compression damage on Asian pears. *Transaction of the ASAE*, 30 (4):1193-1197.
- CHUNG J.H. and VERMA L.R. 1989. Determination of friction coefficients of beans and peanuts. *Transactions of the ASAE*, 32(2), 745-750.
- DEMİR, F., DOĞAN, H., OZCAN, M., and HACİSEFEROGULLARI, H. 2002. Nutritional and physical properties of hackberry (*Celtis australis* L.). *Journal of Food Engineering*, 54, 241–247.
- DUARTE, M.E., MATA, M.E.R., TORRES, H.L.H. and JÚNIOR, V.S. 2004. The shape effect of the fall tunnel on aerodynamic parameters of soy grains, Drying 2004 – Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004) vol. B, pp. 1496-1501, São Paulo, Brazil,
- ELFVERSON, C. 1999. Analysis of Physical and Chemical Properties of Fractioned Grains and Seed With an Emphasis on Barley. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala (Doctoral Thesis).
- FINNEY, E. E. JR. and HALL, C. W. 1967. Elastic properties of potatoes. *Transaction of the ASAE*, 10(1): 4-9
- GARCIA, J. L., RUIZ-ALTISENT, M. and BARREIRO, P. 1995. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. *J. Agric. Eng. Res.* 61:11-17.
- GEZER, İ., GÜNER, M. ve DURSUN, E. 2000. Bazı sebze ve meyvelerin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Ekin Dergisi* Yıl:4, Sayı:13, s.70-75, Ankara.
- GONZALEZ, J.J. 1997. Internal structural changes of tomatoes in compression monitored via magnetic resonance imaging (MRI). IFT Conferance, June, Orlanda, FL.
- GUPTA, R.K. and DAS, S.K. 1998. Friction coefficients of sunflower seed and kernel on various structural surfaces. *J. agric. Engng Res.*, 71, 175-180.
- GÜNER, M. ve DURSUN, E. (1997). Portakal ve elmanın hava akımına gösterdiği direncin belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, s.673-682, Tokat.

- GÜNER, M. 2007. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds, *Journal of Food Engineering*, 80 (2007) 904–913.
- GÜZEL, E. and SINN, H. 1990. Force-deformation behavior of W. Navel oranges. 4 th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, p. 426-439, Adana
- GÜZEL, E., ÜLGER, P. ve KAYIŞOĞLU, B. 1996. Ürün İşleme ve Değerlendirme Tekniği, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:145, Ders Kitapları Yayın No:47, ADANA.
- HACISEFEROĞULLARI, H., OZCAN M., DEMİR, F. and CALISIR, S. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 68:463–469
- HOLT, J.E. and SCHOORL, D. 1977. Bruising and energy dissipation in apples. *J. Texture Studies*, 7:421-432.
- HORSFIELD, B. C., FRIDLEY R. B. and CLAYPOOL. L. L. 1972. Application of Theory of Elasticity to the Design of Fruit Harvesting and Handling Equipment for Minimum Bruising. *Trans. of the ASAE*, 15(4):746-750.
- HYDE, G.M., ZHAO, K., PITTS, M.J., THORNTON R.E. and ROBERSON J.A. 1989. Cut potato seed Piece Separation. *Transaction of the ASAE*, 32(1):250-255.
- IRVINE, D.A., JAYAS D.S. and MAZZA G. 1993. Resistance to Airflow Through Clean and Soiled Potatoes. *Transaction of the ASAE*, 36(5):1405-1410.
- İLLEZ, S.A. 2001. Ambalajın ticari hayata etkileri. Antalya Ticaret ve Sanayi Odası Yayınları, No:162, 6-9.
- JEKAYINFA. S. 2006. Effect of airflow rate, moisture content and pressure drop on the airflow resistance of locust bean seed. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript FP 06 010. Vol. VIII.
- JHA, S. N., MATSUOKA, T. and MIYAUCHI, K. 2002. Surface gloss and weight of eggplant during storage. *Biosystem Engineering*, 81 (4), 407-412.
- JHA, S. N. and MATSUOKA, T. 2002. Surface stiffness and density of eggplant during storage. *Journal of Food Engineering*, 54 (1), 23-26.
- JHA, S. N. and MATSUOKA, T. 2004. Changes in electrical resistance of eggplant with gloss, weight and storage period. *Biosystem Engineering*, 87 (1), 119-123.

- JHA, S. N., KINGSLY, A.R.P., and CHOPRA, S. 2006. Physical and mechanical properties of mango growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering*, 72 (1), 73–76.
- KABAŞ, Ö. 2002. Antalya İlinde Bulunan Bazı Meyve Sebze Paketleme ve Sınıflandırma Tesislerinin Yapısal ve Karakteristik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- KABAŞ, Ö., ÖZMERZİ, A., and AKINCI, İ. 2006. Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey, *Journal of Food Engineering*, 73(2): 198–202.
- KABAŞ, Ö., YILMAZ, E., ÖZMERZİ, A. and AKINCI, İ., 2007. Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.). *Journal of Food Engineering*, 79(4): 1405-1409.
- KABAŞ, Ö., ÇELİK, H.K., ÖZMERZİ A. and AKINCI, İ. 2008. Drop test simulation of a sample tomato with finite element method. *J Sci Food Agric*, 88:1537–1541
- KARA, M. ve TURGUT, N. 1988. Erzurum yöresinde yetiştirilen patates çeşitlerinin önemli bazı mekanik özelliklerinin saptanması üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, s.302-313, Erzurum.
- MASOUMİ, A. RAJABİPOUR, A. TABİL, L. and AKRAM, A. 2003. Terminal velocity and frictional properties of garlic (*Allium sativum* L.) The canadian society for engineering in agricultural, food and biological systems, CSAE/SCGR, Meeting, Paper no. 03-330, Montreal, Québec.
- MAW, B.W., HUNG, Y.C., TOLLNER, E.W., SMITTLE, D.A., MULLINIX, B.G. 1996. Physical and mechanical Properties of fresh and stored sweet onions. *Transaction of the ASAE*, 39(2):633-637
- MAW, B.W., WILLIAMS, E. J. and MULLINIX B. G. 2002. Resistance of sweet onions to airflow. *Transactions of the ASAE*, Vol. 45(1): 39–45.
- MOHSENIN, N.N. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach science Publisher, NewYork, London, Paris.
- MOHSENİN, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, 2nd edition. Gordon and Breach Science Publishers.

- MOHSER, E. 1984. Verfahrenstechnik Intensivkulturen. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- NEALE, A. and MESSER, H.J.M. 1976. Resistance of root and bulb vegetables to airflow. *J. agric. Engng Res.*, (21):221-231.
- OLORUNDA, A.O. and TUNG, M.A. 1985. Simulated transit studies on tomatoes; effect of compressive load, container, vibration and maturity on mechanical damage. *Journal of Food Technology*, 20:669-678.
- PUCHALSKI, C., BRUSEWITZ, G.H., DOBRZAŃSKI, B. and RYBCZYŃSKI, R. 2002. Relative humidity and wetting affect friction between apple and flat surfaces. *Int. Agrophysics*, 2002, 16, 67-71.
- RAZAVI, M. A., RAFE A. and AKBARI R. 2007. Terminal velocity of pistachio nut and its kernel as affected by moisture content and variety. *African Journal of Agricultural Research*, 2 (12), pp. 663-666.
- SAYGILI, İ. 1974. Küresel Cisimlerin ve Buğday Tanelerinin Serbest Düşmelerinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Doçentlik tezi.
- SCHAPER, A. L. and YAEGER, E.C. 1992. Coefficients of friction of Irish potatoes. *Transactions of the ASEA*, 35(5): 1647-1651.
- SCHOORL, D. and HOLT, J.E. 1978. The effects of storage time and temperature on the bruising of Jonathan, Delicious and Granny Smith apples. *J. Texture Studies* 8:409-416
- SCHOORL, D. and HOLT, J.E. 1980. Bruise resistance measurements in apples. *J. Texture Studies*, 11:389-394.
- SMITH, R.D. and STROSHINE, R.K. 1985. Aerodynamic Separation of Cobs from Corn Harvest Residues. *Transaction of ASAE*, 28(3):893-902.
- SINN, H. ve ÖZGÜVEN F. 1987. Biyolojik Malzemenin Teknin Özellikleri 1. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No:27, Adana.
- SITKEI, G. 1986. Mechanic of Agricultural materials. Akademia Kiado, 487 p., Budapest, Hungary.
- SONG, H. and LITCHFIELD, J.B. 1991. Predicting methods of terminal velocity for grains. *Transaction of ASAE*, 34(1):225-230.
- TABAK, S. AND WOLF, D. 1998. Aerodynamic properties of cottonseeds. *J. Agric. Engng Res.* 70: 257-265.

- TIMESHENIKO, S. 1972. Elastisite Teorisi, (Çeviri: E. Suhubi). İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul.
- TOPUZ, A., TOPAKÇI, M., ÇANAKCI, M., AKINCI, İ. and ÖZDEMİR, F. (2005). Physical and nutritional properties of four orange varieties. *Journal of Food Engineering*, 66 (4), 519-523.
- TROOEN, T. P. and HEERMANN, D. F. 1992. Measurement and simulation of potato leaf area using image processing I, II, III. *Transactions of the ASAE*, 35(5), 1709–1722.
- TSE STANDARDI. 2007. TS 1205 Taze Biber Standartları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TUNALIGİL, B. G., 1993. Biyolojik Malzemelerin Teknik Özellikleri. A.Ü, Ziraat Fakültesi Yayınları:1305, Ders Kitabı:379, Ankara.
- ÜLGER, P. 1985. Ürün İşleme İlkeleri ve Makinaları. TZDK Mesleki yayınları:37, Ankara.
- VURSAVUŞ, K. and ÖZGÜVEN, F. 1999. Determination of the some mechanical properties and susceptibility to bruising damage of apples. 7 th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, p.570-575, Adana.
- YAĞCIOĞLU, A. 1996. Ürün İşleme Tekniği, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:517, Bornova, İzmir.
- ZALTZMAN, A. and SCHMILOWITCH, Z. 1988. Fluized bed medium stream potato seperation. *American Society of Agriculture Engineers*, No:88-6083

ÖZGEÇMİŞ

Önder KABAŞ, 1976 yılında Balıkesir, Bandırma’da doğdu. İlkokul öğrenimini Kütahya, orta ve lise öğrenimini Mersin Anamur’da tamamladı. 1993 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü’nden 1997 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Şubat 2000 tarihinden itibaren Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve Eylül 2002 tarihinde Ziraat Yüksek Mühendisi unvanını aldı. Şubat 2003 tarihinde aynı anabilim dalında doktora öğrenimine başladı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak çalışmaktadır.