

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MISIR-KOÇAN KARIŞIMININ TEMİZLENMESİNDE YATAY HAVA  
TÜNELİNİN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba KARAKÖSE

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

AĞUSTOS 2016  
SAMSUN





T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

MISIR-KOÇAN KARIŞIMININ TEMİZLENMESİNDE YATAY HAVA  
TÜNELİNİN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba KARAKÖSE  
(12210175)

Tezin Savuma Tarihi : 04 Ağustos 2016

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ali TEKGÜLER



**Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Tuğba Karaköse Tarafından Hazırlanan**

**MISIR-KOÇAN KARIŞIMININ TEMİZLENMESİNDE YATAY**  
**HAVATÜNELİNİN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 04/08/2016 tarihinde yapılan sınav ile**  
**YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.**

**Başkan :** **Prof. Dr. Mehmet Arif BEYHAN**  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Recai GÜRHAN**  
Ankara Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Ali TEKGÜLER**  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

**.../.../2016**

**Prof. Dr. Hüseyin DEMİR**  
Enstitü Müdürü



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca her türlü akademik konuda bilgi, görüş ve tecrübelerini benimle paylaşarak en iyi şekilde yetişebilmem için beni teşvik eden ve yol gösteren çok değerli akademik danışmanım Yrd.Doç.Dr. Ali TEKGÜLER'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Yüksek lisans dersi aldığım değerli hocalarıma bana olan katkı ve emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ağustos 2016

Tuğba Karaköse  
Ziraat Mühendisi





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR .....	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT .....	xvii
<b>1.GİRİŞ .....</b>	<b>19</b>
1.1 Taneli Ürünlerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılması.....	21
1.1.1 Taneli Ürünleri Temizleme ve Sınıflandırma Yöntemleri.....	21
1.1.1.1 Geometrik Özelliklerine Göre Temizleme ve Sınıflandırma .....	22
1.1.1.2 Aerodinamik Özelliklerine Göre Temizleme ve Sınıflandırma .....	23
<b>2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>27</b>
<b>3.MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>35</b>
3.1 Deney Düzenegi .....	35
3.2. Yöntem .....	37
<b>4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>41</b>
<b>5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>55</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>59</b>
EK A.....	61
EK B.....	63
EK C.....	65
EK D.....	67
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>



## ÇİZELGELER LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1. Ülkemizdeki yetiştirilen tahılların ekilen alan ve üretim miktarları.....	19
Çizelge 1.2. Ülkemizde mısırın üretim ve kullanım miktarları .....	21
Çizelge 3.1. Fanın özellikleri .....	36
Çizelge 3.2. Motorların özellikleri.....	36
Çizelge 4.1. Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği varyans analiz tablosu	41
Çizelge 4.2. İkinci toplama kutusu için temizleme etkinliği varyans analiz tablosu .	41
Çizelge 4.3. Birinci toplama kutusu için kayıp oranı varyans analiz tablosu .....	42
Çizelge 4.4. İkinci toplama kutusu için kayıp oranı varyans analiz tablosu.....	42
Çizelge 5.1. Birinci toplama kutusu TE–KO göre belirlenen en uygun uygulamalar	51
Çizelge 5.2. İkinci toplama kutusu TE –KO göre belirlenen en uygun uygulamalar	52
Çizelge A.1. Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.....	57
Çizelge B.1. İkinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.....	59
Çizelge C.1. Birinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri .....	61
Çizelge D.1. İkinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri .....	67



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Dünyada mısır üretimi ve tüketimi (milyon ton).....	20
Şekil 3.1. Deney düzeneği .....	35
Şekil 3.2. Deney düzeneğinde kullanılan fan.....	36
Şekil 3.3. Mısır ve koçan parçaları .....	37
Şekil 3.4. Çekiçli değirmen.....	37
Şekil 3.5. Besleme ağzı.....	38
Şekil 3.6. Frekans dönüştürücü.....	38
Şekil 3.7. Anemometre .....	39
Şekil 3.8. Hassas terazi .....	39
Şekil 4.1. Birinci toplama kutusu 45° fan açısında TE ve KO değişimi.....	44
Şekil 4.2. Birinci toplama kutusu, 30° fan açısında TE ve KO değişimi.....	45
Şekil 4.3. Birinci toplama kutusu, 15° fan açısında TE ve KO değişimi.....	45
Şekil 4.4. İkinci toplama kutusu, 45° fan açısında TE ve KO değişimi .....	47
Şekil 4.5. İkinci toplama kutusu 30° fan açısında TE ve KO değişimi .....	48
Şekil 4.6. İkinci toplama kutusu 15° fan açısında TE ve KO değişimi .....	48



## KISALTMALAR

<b>TE</b>	: Temizleme etkinliği
<b>KO</b>	: Kayıp oranı
<b>k.b.</b>	: kuru baz
<b>y.b.</b>	: yaş baz







## MISIR-KOÇAN KARIŞIMININ TEMİZLENMESİNDE YATAY HAVA TÜNELİNİN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

### ÖZET

Mısır (*Zea mays* L.) kullanım alanlarının genişlemesi ile önemi artan bir bitkidir. Tarımsal ürünlerin kullanılabilir hale getirilmesi için bir sıra işlemde geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemler; temizleme, sınıflandırma, kurutma, depolama vb. olarak ifade edilebilir. Taneli ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılması, farklı fiziko mekanik özelliklerine göre gerçekleştirilebilir. Bu özelliklerden birisi de aerodinamik özellikleridir. Aerodinamik özelliklere göre temizlemede, hava akımı içinde tanelerin farklı bağıl hızlarından yararlanır. Bu çalışmanın amacı, tane ve koçan parçalarından oluşan mısır karışımının ayrılmasını sağlayacak; fan açısı, materyal besleme oranı ve hava hızı gibi parametreleri belirlemektir. Bu çalışmada fan, ürün deposu, besleme ünitesi, hava kanalı ve ürün toplama kutularından oluşan deney düzeneği kullanılmıştır. Denemeler, 15°, 30° ve 45° fan açılarında, 240, 576, 822, 1152 ve 1600 kgh<sup>-1</sup> besleme oranı ve 15, 18, 21, 24 ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızlarında yürütülmüştür. Temizleme etkinliği %85-100 arasında değişmektedir. Temizleme etkinliği, fan açısı ve hava hızı arttıkça artmakta, besleme oranı arttıkça azalmaktadır. En yüksek temizleme etkinliğine (%99.65), 45° fan açısında, 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızında ulaşılmıştır. Kayıp oranı %0.13-93.01 arasında değişmektedir. Fan açısı ve hava hızı arttıkça kayıp oranı artmakta, besleme oranı arttıkça kayıp oranı azalmaktadır. En düşük kayıp oranı (%0.13) ise, 30° fan açısında, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında bulunmuştur.

En uygun kombinasyonun (%90.65 temizleme etkinliği ve %1.77 kayıp oranı) 30° fan açısında, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 18 ms<sup>-1</sup> hava hızındaki uygulama olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** mısır; yatay hava tüneli; temizleme etkinliği; kayıp oranı



## DETERMINATION OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF HORIZONTAL WIND TUNNEL TO CLEAN OF CORN-COB MIX

### ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is plant that increasing importance with expanding utilization areas. It must be passed through a sequence of operations for available of agricultural products. These operation can be said as cleaning, grading, drying, storage, etc. Clearing and classification of grain products may be realized according to different physico mechanical properties. One of these properties is the aerodynamics properties. At the cleaning process according to the aerodynamic properties are utilized in different relative velocity of the grains through the air stream. The purpose of this study is determined parameters such as fan angle, material feed rate and air velocity that is to ensure separation that mixture corn consisting of grain and husk fragments. In this study, the test arrangement were used consisting of fan, feed chamber, feeding unit, air tunnel and product collection box. Experiments 15°, 30° and 45° in fan angle, 240, 576, 822, 1152 and 1600 kgh<sup>-1</sup> in feed rate and 15, 18, 21, 24 and 27 ms<sup>-1</sup> in air velocity was conducted. Cleaning efficiency is rang from 85-100%. Cleaning efficiency were increased with increasing fan angle and air velocity and it were decreased with increasing feed rate. The highest cleaning efficiency (99.65%) reached 45° in fan angle, 576 kgh<sup>-1</sup> in feed rate and air speed in 21 ms<sup>-1</sup>. Loss rate ranged from 0.13-93.01%. Loss rate were increased with increasing fan angle and air velocity, and it were decreased with increasing the feed rate. The lowest loss rate (0.13%) was found in the fan angle of 30°, feed rate in 1152 kgh<sup>-1</sup> and in air velocity of 15 ms<sup>-1</sup>.

The most appropriate application of 30° fan angle, 1152 kgh<sup>-1</sup> feed rate and 18 ms<sup>-1</sup> air velocity (the cleaning efficiency of 90.65% and loss ratio of 1.77%) can be said.

**Key Words:** corn; horizontal air tunnel; cleaning efficiency; loss ration



## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için daha fazla üretim yapılması gerekir. Tarım alanların sınırlı olması nedeniyle, birim alandan alınan ürün veriminin artırılması gerekmektedir. Bunun için, tarım alanları etkin kullanılmalı, ileri tarım teknolojileri yaygınlaştırılmalı, kaliteli ve ıslah edilmiş tohumluk kullanılmalı, yeterli sulama ve gübreleme yapılmalıdır (Karaşin, 2014).

İnsanlar gıda ihtiyacının çoğunluğunu tahıllardan karşılamaktadır. Dünyada tahıl tarımında mısır, üretim alanları açısından buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada, üretim miktarında ise birinci sıradadır (URL-1). Ülkemizde ise, 2014 yılı verilerine göre, üretim alanı ve üretim miktarı açısından 3. sırada yer almaktadır (URL-2) (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1.** Ülkemizdeki yetiştirilen tahılların ekilen alan ve üretim miktarları

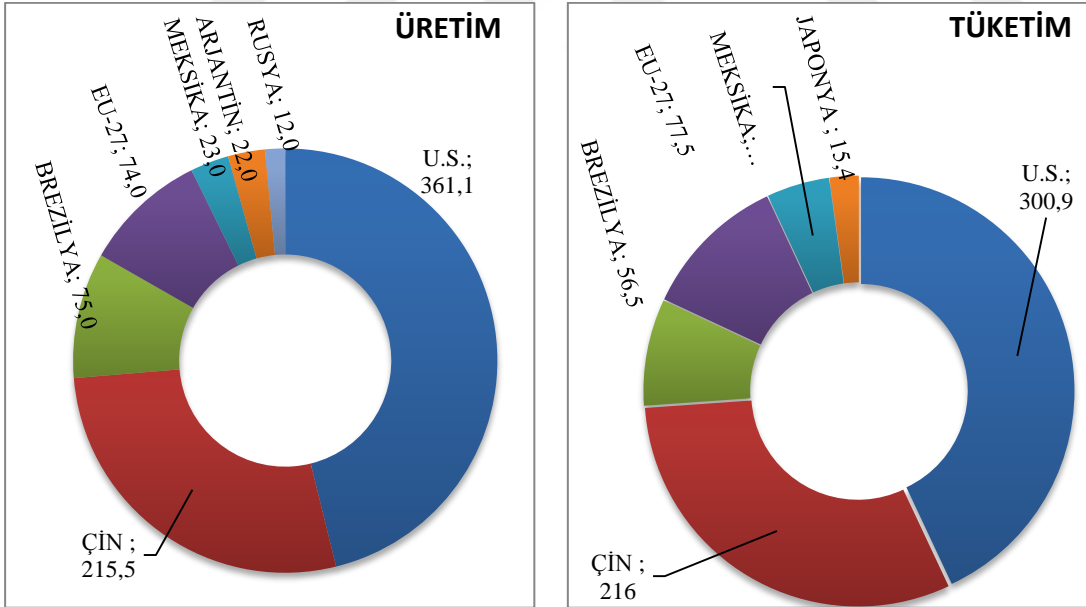
	Yıl	Buğday	Arpa	Mısır	Çeltik	Çavdar	Yulaf
Ekilen alan (da)	2010	81 034 000	30 400 000	5 940 000	990 000	1 410 000	883 900
	2011	80 960 000	28 688 331	5 890 000	994 000	1 276 530	858 626
	2012	75 296 394	27 487 664	6 226 094	1 197 247	1 432 216	893 267
	2013	77 726 000	27 205 100	6 599 980	1 105 924	1 381 656	925 490
	2014	79 192 084	27 872 973	6 586 450	1 108 844	1 150 800	938 621
Üretim (bin ton)	2010	19 674	7 250	4 310	860	365	203
	2011	21 800	7 600	4 200	900	365	218
	2012	20 100	7 100	4 600	880	370	210
	2013	22 050	7 900	5 900	900	365	235
	2014	19 000	6 300	5 950	830	300	210

Mısır (*Zea mays* L.) kullanım alanlarının artışıyla önemi günden güne artan bir bitkidir. Önceden insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan mısır tanesi, bileşiminde taşıdığı besin maddeleriyle; nişasta bazlı şeker, bitkisel yağ ve biyodizel yakıt üretiminde ham madde olarak kullanılır. Sonuç olarak mısırı sadece bir tahıl olarak değil, aynı zamanda endüstri bitkisi olarak düşünmemiz gerekir (Ete, 2015).

Mısır kullanım alanlarının günümüzde giderek artmasının yanında yetiştiriciliğinin kolay, kuraklığa dayanıklı, düşük karbondioksit oranlarında bile etkin fotosentez yapması, hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı, ışık şiddetini kullanma yeteneğinin yüksek ve su kullanım etkinliğinin fazla olması nedeniyle diğer tahıllardan daha fazla ön plana çıkmaktadır (URL-3).

Mısır, binlerce yıldan beri tarımı yapılan ender bitkilerden biridir. Yapılan arkeolojik kazılardan, mısır bitkisinin 8 000 ile 10 000 yıllık bir geçmişi olduğunu görülmektedir. Kolomb mısır bitkisini, 1493 yılında ilk defa İspanya'ya getirilmiştir. Buradan kısa sürede Portekiz, Fransa ve İtalya başta olmak üzere, Güneydoğu Avrupa ve Kuzey Afrika'nın geniş alanlarına yayılmıştır. Mısır bitkisinin yüksek verim potansiyeli bu yayılmayı hızlandırmıştır. Girdiği pek çok bölgede, mevcut bazı bitkilerin yerini almıştır. Bugün, Antartika haricinde, dünyanın her yerinde mısır yetişebilmektedir (URL-4).

Dünyada mısır üretim miktarı 2015 yılında 988 milyon tondur. Amerika Birleşik Devletleri üretimin çoğu gerçekleştirirken, bunu Çin, Brezilya, Avrupa Birliği, Meksika, Arjantin ve Rusya takip etmektedir (Şekil 1.1) (URL-5). Mısırın dünyadaki tüketim miktarı ise 971 milyon tondur.



Şekil 1.1. Dünyada mısır üretimi ve tüketimi (milyon ton)

Çizelge 1.2'de ülkemizde mısır üretim ve kullanım miktarları görülmektedir. Mısırın kullanım alanlarını gıda, yemlik, endüstriyel ve üretim materyali olarak

ayırabiliriz. 2013 yılı verilerine göre 5.9 milyon ton üretimimiz varken tüketimimiz 6.6 milyon tondur. Aradaki fark ithalatla karşılanmaktadır.

**Çizelge 1.2.** Ülkemizde mısırın üretim ve kullanım miktarları

Yıl	Üretim (Ton)	Üretim kayıpları (Ton)	Endüstriyel kullanım (Ton)	Yemlik kullanım (Ton)	Tohumluk kullanım (Ton)	Gıda (Ton)	Yurtiçi kullanım (Ton)
2010	4310000	129300	104080	3745907	14850	1263167	5253425
2011	4200000	126000	164020	3650304	14725	1217379	5112472
2012	4600000	138000	170170	3997952	15565	1439853	5757400
2013	5900000	177000	215697	5086000	16500	1160000	6649887

Ülkemizde hemen hemen her yerde yetiştirmekle birlikte, ticari amaçla Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yetiştirilir. Kuzey bölgelerimizde ana ürün, güney bölgelerimizde ise ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir. Mısır en uygun ekim dönemi nisan sonu ve mayıs ortasına kadar ki dönemdir. Hasat ise mısır tanelerindeki rutubet %20 ve altına düştüğü zaman yapılır (URL-6). Hasattan sonra, bozulma ve küflenmenin önlenmesi için nem değerinin %13-14 altında düşürülmesi gerekir (Korkmaz, 2005).

### **1.1 Taneli Ürünlerin Temizlenmesi ve Sınıflandırılması**

En modern hasat harman makinaları kullanılsa bile, taneli ürünleri elde edildikleri şekilde hemen değerlendirilememektedir. Çünkü yeni hasat edilmiş taneli ürün yığınının içerisinde ana bitki tohumlarından başka bitkisel atıklar, yabancı bitki parçalar ve taş-toprak gibi inorganik maddeler bulunabilir (Tekin,1995).

Tarımsal ürünlerin kullanılabilir hale getirilmesi için bir sıra işlem den geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemler; temizleme, sınıflandırma, kurutma, depolama vb. olarak sayılabilir. Yapılan bu işlemler ürünün besin ve ticari değerini korumaktadır (Yağcıoğlu, 2009). Temizleme, ürün içinde bulunan saman, kavuz, taş, toprak, yabancı tohum vb. materyallerin asıl üründen ayrılmasıdır.

#### **1.1.1 Taneli Ürünleri Temizleme ve Sınıflandırma Yöntemleri**

Taneli ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılması, farklı fiziko mekanik özelliklerine göre gerçekleştirilebilir. Bu özellikler şunlardır;

- Geometrik özellikleri

- Aerodinamik özellikleri
- Yüzey özellikleri
- Sürtünme katsayısı,
- Esneklik özellikleri,
- Mekanik direnç özellikleri
- Özgül ağırlıkları
- Elektriksel özellikler,
- Optik özellikler,

Genellikle tanelerin geometrik ve aerodinamik özellikleri öncelikle ele alınan fiziksel karakteristiklerdir. Bu nedenle temel ayırım özellikleri şeklinde tanımlanırlar. Diğer özellikler ise, temel özellikler ayırım için yeterli olmadığında başvuru olan yardımcı ayırım özellikleri olarak kabul edilir (Yağcıoğlu, 2009).

#### **1.1.1.1 Geometrik Özelliklerine Göre Temizleme ve Sınıflandırma**

Tanelerin boyut ve şekil gibi geometrik özellikleri, temizleme ve sınıflandırma işlemi sırasında en çok yararlanılan fiziksel özelliklerdir. Bitkisel ürün tanelerinin kalınlık, genişlik ve uzunluk olmak üzere üç temel boyutu vardır. Tanelerin kalınlıkları ya da genişlikleri arasındaki farktan yararlanarak ayırmak için elek düzeneklerinden yararlanır (Yağcıoğlu, 2009).

- ✓ Kalınlık farkına göre temizleme için dikdörtgen (oblong) delikli,
- ✓ Genişlik farkına göre ayırım için yuvarlak delikli elekler kullanılır.

Eleklerin iş verimlerini ve temizleme performanslarını olumsuz yönde etkileyen en önemli unsurlardan birisi tanelerin ve ürün içerisindeki yabancı maddelerin elek deliklerini tıkamasıdır.

Yatay yönde salınım yapan eleklerin kapasitesi çok yüksek değildir. Elek eğim açısının artmasıyla elek yüzeyi üzerinde taşınan malzemenin hızı artar. Dolayısıyla elek kapasitesi yükselir. Fakat eleğin ayırma randımanı düşer. Dikdörtgen tel elekler ile daha hassas temizleme yapılabilir. Ancak tel elekler saç elekler kadar dayanıklı değildir. Bu nedenle delik ölçüleri bozulur ve buda eleme hassasiyetini olumsuz yönde etkiler.

Eleme kapasitesini artırmak için elek boyutlarının oldukça büyük seçilmesi gerekir. Elek boyutlarının büyümesi bazı teknik ve maliyet sorunlarını doğmasına



neden olur. Döner tip eleklerde ise birim yüzeye düşen elenen materyal miktarının az olması maliyeti artırır.

Deliklerin titreşim hareket hızlarının uygun aralıklarda olması gerekir. Gereğinden fazla titreşim eleğin eleme hassasiyetini azaltır ve elekten sıçrama hareketine de neden olur. Daha yavaş titreşimde ise deliğe uygun boyutu ile gelme ihtimali azalır.

### **1.1.1.2 Aerodinamik Özelliklerine Göre Temizleme ve Sınıflandırma**

Aerodinamik özelliklere göre temizlemede, hava akımı içinde tanelerin farklı bağıl hızlarından yararlanır (Berber, 2007). Hava akımına maruz kalan taneler, ağırlıklarına göre farklı hızlarda hareket ederler. yüksek havanın kaldırma kuvveti sahip tanelerin hızı, hafif ve düşük havanın kaldırma kuvvetine sahip tanelerin hızından daha azdır. Buna farklı taşınma hızlarından yararlanılarak temizleme yapılır.

Havanın kaldırma kuvveti  $R$  olan  $G$  ağırlığındaki bir tanenin hava akımı içerisindeki üç hareketi vardır (Tekin, 1995). Bu hareket şekline göre:

$G > R$  ise tane hareket etmez.

$G = R$  ise tane asılı kalır.

$G < R$  ise tane taşınır.

Havanın kaldırma kuvveti ağırlığa eşit olması durumunda da tanelerin bağıl hızı, hava hızına eşit olup bu hıza aynı zamanda kritik hız da denir.

Kritik hızın değerini, tanenin hava akımına dik kesit alanı, kütlesi, yüzey pürüzlülüğü vb. unsurlara bağlı aerodinamik özellikleri belirler. Herhangi bir karışımı oluşturan materyallerin kritik hızları, birbirlerinden yeterli ölçüde değişik davranış göstermelerini sağlayacak kadar farklı ise, bu özelliklerden yararlanılarak temizleme yapılabilir. Örneğin sap parçacıklarının en yüksek kritik hızı, tahıl tanelerinin en küçük kritik hızından daha küçük olduğundan, sap parçacıkları yığın içerisinde hava akımı yardımıyla başarıyla temizlenebilir (Yağcıoğlu, 2009). Aerodinamik özellikler, bazı tarım makinalarının tasarımı için de gereklidir.

Ayrıca asıl ürüne ait taneler ile ayrılması istenilen yabancı maddelerin kritik hızları arasındaki farkın büyük olması, ayırma işleminin başarısını artırır. Kanal içindeki hava akım hızı değerinin, temizlenecek ürünündeki yabancı maddelerin kritik hız değerlerinden yüksek, asıl tanelerin kritik hızlarından ise düşük olması gerekir (Pasikatan ve Quick, 1995; Tabatabaefar ve diğ., 2003).

Hava akımı ile ürünlerin yabancı materyallerden temizlemesinde, hava akımlı ayırıcılar ya da diğer adıyla pnömatik temizleyiciler kullanılır.

Hava akımı yardımıyla yapılan temizleme işleminde havanın akış yönü yatayla  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  arasında bir açı yapabilir. Hava akımının dikey yönde ( $90^{\circ}$ ) olduğu pnömatik temizleyicilerde ana materyallerin hava akımı içinde askıda kalmasından yararlanılır. Hava akımının yatay yönde ( $0^{\circ}$ ) olduğu pnömatik temizleyicilerde ise, akıma dik doğrultuda havanın içine giren materyallerin, yatay yönde farklı yörüngeler çizerek uzağa sürüklenmelerinden yararlanılmaktadır.

Pnömatik temizleyiciler, temel olarak hava kanalı ve hava akımı üreticinden (fan) oluşur. Bu temizleyiciler havanın kanal içerisine emilmesi veya basılması esasına göre çalışırlar. Fanın hava kanalında önce yerleştirildiği sistemler basma sonra yerleştirildiği sistem ise emme esasına göre çalışırlar.

Teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre taneli ürün karışımlarının hava akımı yardımıyla temizlenmesinde etkili olan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Karışımı oluşturan materyallerin ağırlık, şekil, boyut vb. özellikleri,
- Esas ürün taneleri ile karışımda bulunan yabancı materyallerin kritik hızları arasındaki farklılık,
- Hava kanalının şekli ve boyutları,
- Hava kanalının birim alanına birim zamanda gelen karışım miktarı,
- Hava akımının kanal içindeki hızı ve hızın dağılışı tekdüzeliği,
- Karışımın hava kanalı içerisinde kalış süresidir.

Tohum temizleme esnasında ayırma etkinliğinin yüksek ve tohum kaybının düşük olması için hava kanalının enine ve uzunluğuna alınan her kesitindeki hava hızlarının birbirine eşit olması istenmektedir. Fakat, hava hızının kanal içindeki dağılımı aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı değişebilmektedir (Mutaf, 1961; Evcim, 1991; Yağcıoğlu, 1996).

- Hava kanalının enine kesit şekli,
- Hava kanalı malzemesinin pürüzlülüğü,
- Fanın tipi ve özellikleri,
- Havanın kanala giriş ve çıkış şartları,
- Hava akımının akış şartları.

Bu çalışmanın amacı, tane ve koçan parçalarından oluşan mısır karışımının ayrılmasını sağlayacak; fan açısı, materyal besleme oranı, hava hızı ve hava tüneli uzunluğu gibi parametreleri belirlemektir.





## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bilanski ve Lal (1965) yaptıkları çalışmada taneli ürünlerden; saman, kavuz, yabancı ot tohumu gibi maddelerin temizlenmesi işleminin, hava akımlı ve salınımlı mekanizmaların birlikte kullanılmasıyla, başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğini ifade etmişlerdir. Fakat, bu mekanizmaların temizleme performansına etki eden parametrelerinin uygun seviyede seçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu amaçla, buğdaya ait farklı uzunluktaki saman parçacıkları, kesmik, kavuz ve tanelerinin kritik hızlarını, sürüklenme ve hava akımına karşı gösterdiği direnç katsayılarını belirlemek amacıyla bir rüzgar tüneli dizayn etmişlerdir. Saman parçacıklarının kritik hızlarının, parçacık uzunluğu ve parçacıklarda bulunan düğümün konumuna bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır. Araştırma sonucunda, buğday çeşitlerinin kritik hızlarının 8.77 ile 9.875 ms<sup>-1</sup> arasında değiştiğini; hava akımı içindeki tane ve saman parçacıklarının, en uzun boyutlarının yatay duruma gelecek şekilde düşey eksenleri çevresinde döndüklerini ifade etmişlerdir.

Garrett ve Brooker (1965), taneli ürünlerin aerodinamik sürüklenme katsayılarını, boyutlarını ve ürün kütleleri arasındaki hava akışı esnasında meydana gelen basınç kayıplarını belirlemişlerdir. Aerodinamik sürüklenme katsayısını belirlerken, ürün tanesinin hacmine eşdeğer hacimdeki kürenin çapının ve izdüşüm alanının kullanılabileceğini, fakat aerodinamik sürüklenme katsayısının doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için gerçek izdüşüm alanının bilinmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Mısır için kritik hızı 9.1 ms<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir.

Hawk ve diğ. (1966) bazı ürünlerin aerodinamik sürüklenme katsayılarını ve kritik hızlarını belirlemek için düşey kanalda çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında tarımsal ürün olarak buğday, soya fasülyesi, ve mısır kullanmışlardır. Mısır için kritik hızı 8.2-9.9 ms<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir.

Uhl ve Lamp (1966), buğday, yulaf, çavdar, mısır ve soya fasulyesinin hasattan sonra temizlenmeleri için gerekli hava hızını belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir.

Soya fasulyesini, 9-18 ms<sup>-1</sup> hava hızları arasında yabancı materyallerden tamamen temizlemişlerdir. Yulaf, buğday ve çavdar saplarını tane kaybı olmadan sırasıyla %80, %94, %98 oranında temizlemişlerdir. Mısırın temizlenmesinde 6-16 ms<sup>-1</sup> hava hızlarını kullanmışlardır. Ancak, mısırın koçan ve yaprak parçalarında hava akımı ile tamamen temizlenmesinin mümkün olmadığını görmüşlerdir.

Smith ve Strohline (1985), mısır koçanı, kabuk ve saplarının kritik hızlarını düşey hava kanallında belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 10 ms<sup>-1</sup>lik hava hızında hafif koçanın parçalarının ayrıldığını görülmüştür. Araştırmacılar koçanın pnömatik yöntemle tamamen temizlenmesinin imkansız olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü kabuğa bağlı bazı koçan parçalarının kritik hızı ile tanelerin kritik hızları çakışmaktadır. Harman makinasında alınan koçan parçalarının kritik hız 5.5-13.9 ms<sup>-1</sup> arasında değişmektedir.

Bilanski ve diğ. (1986), mısır silajından koçan ve taneyi ayırmak için bir ünite geliştirmişlerdir. Temizleme elek ve düşey hava kanalı kullanılarak yapılmıştır. Ünitenin hava hızı 8 ms<sup>-1</sup> olarak ayarlandığında temizleme etkinliği %82.3-%87.1 aralığında değişmiştir.

Bilanski ve diğ. (1989), yonca silajından sap ve yaprakları ayırmak için yatay hava tüneline bir çalışma yürütmüşlerdir. Ayırma etkinliğini, hava hızı, hava akım yüksekliği, nem ve besleme oranı etkilenmiştir. Hava hızı ayırma etkinliğine etki eden en önemli faktör olduğunu belirlemişlerdir. Hava hızı arttıkça kayıp oranı artma eğilimindedir. En iyi ayırma etkinliği 2.4 ms<sup>-1</sup>'de meydana gelmiştir. Ayırma etkinliği besleme oranının azalmasıyla artmıştır. Ancak bu etki düşük hızlara oranla yüksek hızda daha azdır.

Hurburgh ve diğ. (1989), mısırdaki çeşitli besleme oranlarında 6 farklı temizleme makinasının temizleme etkinliğini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Temizleme etkinliği besleme oranı arttıkça, 5 makinada azalmış, 1 makinada ise değişmemiştir. Yabancı materyal için, temizleme etkinliğinin %42-80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Song ve Litchfield (1991), yaptıkları çalışmada buğday, soya fasulyesi, mısır, yulaf ve arpanın kritik hızlarını ölçmüşlerdir. Ayrıca tanelerin gerçek kritik hızları ile hesaplanan kritik hız arasındaki ilişkiyi belirlemişlerdir. Mısır için kritik hızın 9.7-11.34 ms<sup>-1</sup> arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Teorik kritik hızlarını ise 12.62-16.12 ms<sup>-1</sup> arasında hesaplamışlardır.

Yıldız ve diğ. (1992) bazı tarımsal ürünlerde kritik hız ve dane boyut özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada kritik hız değerini, soya çeşitlerinde 11-14 ms<sup>-1</sup>, mısırın PX- 9646 çeşidinde 9-13 ms<sup>-1</sup>, Decalp XL72-AA çeşidinde 11-22 ms<sup>-1</sup>, Balcalı-85 buğday çeşidinde ise 7-9 ms<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Belirlenen değerlerin altındaki hava hızlarında, üründen daha hafif materyallerin temizlenmesi mümkün olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı sürtünme kayıpları dikkate alınarak seçilecek hava hızlarında ürünler pnömatik sistemlerle bir yerden başka bir yere taşınabileceğini ifade etmişlerdir. Ürün nem içeriğindeki değişime bağlı olarak kritik hızın belirli oranlarda değiştiği ifade etmişlerdir.

Beyhan ve Erol (1993), düşey borulu rüzgar tüneline bazı fındık çeşitlerine ait dane ve zuruflu meyvelerin aerodinamik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada; fındığın kritik hızlarının 7-14 ms<sup>-1</sup> arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Zuruflu fındıkların karakteristik boyutları ile aerodinamik özellikleri arasındaki ilişkiyi düşük bulunmuşlardır. Buna, zuruflu fındıkların şekil özelliklerinden kaynaklanan, eksenleri etrafında dönme, yuvarlanma, hava akımına karşı izdüşüm alanlarının değişmesi ve aynı örnek gruplarının özgül ağırlıklarındaki farklılığın neden olduğu ifade etmişlerdir.

Çarman (1996), mercimek tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin ürünün nem oranını bağlı olarak değişimini inceledikleri çalışmalarında, mercimek tanelerinin, iki dış bükey parçadan oluşan bir merceğe benzediğini, geometrik boyutlarının ise çap ve kalınlık ile ifade edilebileceğini belirtmişlerdir. Ürünün nem içeriğinin %6.5 (k.b.)’den %32.6 (k.b.)’e artırılması durumunda, kritik hızlarının ise 10.95 ms<sup>-1</sup>’den 12.06 ms<sup>-1</sup>’ye yükseldiğini saptamışlardır.

Pasikatan ve diğ. (1996), hava akımlı elek düzenine sahip bir tohum temizleme ve sınıflandırma makinesi tasarladıklarını bildirmişlerdir. Bu makinenin farklı besleme ağız kesit alanı, elek eğim açısı ve elek hızlarındaki kapasite (iş verimi), safiyet, ürün kaybı, özgül enerji tüketimi gibi performans göstergelerini belirlediklerini ifade etmişlerdir. Besleme ağız kesit alanı ve elek hızının performans göstergelerini önemli bir şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Ayırma etkinliğini artırmak ve tohum kaybının azaltılması için kullanılan fanın daha üniform hava akımı sağlayacak şekilde yeniden dizayn edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Tane kaybının %0.1-0.3 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Kural ve Çarman (1997), bazı taneli ürünlerin aerodinamik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmalarında; kritik hızın çavdarda 11.29-11.33 ms<sup>-1</sup>, aspirde 11.94-12.00

$ms^{-1}$ , nohutta 14.09-14.14  $ms^{-1}$ , mısırdaki 13.92-14.03  $ms^{-1}$  ve fasulyede 14.11-14.20  $ms^{-1}$  arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Kritik hızın, danenin ağırlığı, izdüşüm alanı ve küreselliğinden etkilendiğini tespit edilmiştir.

Dursun ve Güner (1997)'in portakal ve elmanın hava akımına gösterdiği direncin belirlenmesi üzerine yapıkları bir çalışmada ürün fiziksel özelliklerinin ve yığın özelliklerinin hava akımının karşılaşacağı direnç üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ürün çapının artmasıyla yığın hava akımına gösterdiği direncin azaldığını bildirmişlerdir. Bunun nedeni, ürün çapının artmasıyla yığın boşluk hacminin artması ve buna bağlı olarak hava akımına gösterilen direncin azalmasıdır. Ürün yükleme biçimiyle basınç düşmesi arasındaki ilişki ise, ürünün silo içerisine yüklenme biçimine bağlı olarak porozitesi ve hacim ağırlığı değişmektedir. Yığın hacim ağırlığının ve porozitesinin değişmesi ise hava akımına gösterilen direncin değişmesine neden olmaktadır. Ürün yükleme biçimi (rasgele yığma ve dizme) ile basınç düşmesi arasındaki ilişki hem portakal hem de elma çeşitlerinde ürünün, siloya dizilerek yüklenmesi durumunda hava akımına gösterilen direncin yığma seklindeki yüklemeye göre daha yüksek olduğu görülmüşlerdir. Hava hızına bağlı olarak yığma sekline göre silonun dizilerek doldurulması ile basınç düşmesi, portakalda %12.2 ile %18.7; Golden eşidi elmada %20.2 ile %25.8; Starking eşidi elmada ise %12.2 ile %12.9 arasında artmıştır. Denemeler 10 farklı hava hızında yapmışlardır (0.15-0.75  $ms^{-1}$ ).

Tabak ve Wolf (1998), pamuk tohumlarının aerodinamik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında pamuk tohumlarının kritik hızlarını ve sürüklenme katsayılarını belirlemişlerdir. Bu amaçla, tohumların hava akımındaki davranışlarının görülebilmesi için, Fiberglass'tan yapılan düşey bir rüzgar tüneli dizayn etmişlerdir. Pamuk tohumlarının nem ve besleme oranının artmasıyla kritik hızları 5.8-10  $ms^{-1}$  artmıştır.

Omubuwojo ve diğ. (1999), Afrika ekmekağacı tohumlarının boyut, şekil, yoğunluk, dinamik yığılma açısı, statik sürtünme katsayısı ve aerodinamik gibi özelliklerini belirledikleri çalışmalarında tane, saman ve kavuzun kritik hızlarını 8 cm çapında ve 25 cm uzunluğundaki şeffaf plastik düşey bir kanal içerisinde belirlemeye çalışmışlardır. Tohumlar için 8.02  $ms^{-1}$  ve soyulmuş tohumlar (ekirdeği) için 7.71  $ms^{-1}$  kritik hızları olarak belirlenmiştir.

Hauhouot-O'Hara ve diğ. (2000), buğday tohumlarından yabancı avdar tohumlarının ayrılmasında amacıyla kullanılabilen fiziksel ve aerodinamik



özellikleri belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Yabani çavdar ve buğday tanelerinin kritik hızlarını belirlemede plastik borudan yapılmış düşey hava kanalı, fan ve sıcak telli anemometreden (hava hızı ölçer) oluşan ölçme setini kullanmışlardır. Ölçme setindeki düşey boru içerisine bırakılan tohumların havada askıda kaldıkları andaki hızlarını sıcak telli anemometre ile ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, ortalama kritik hız ve aerodinamik sürüklenme katsayısını, yabani çavdar için  $3.14 \text{ ms}^{-1}$  ve  $1.05$ , buğdayda ise  $7.84 \text{ ms}^{-1}$  ve  $0.74$  olarak saptamışlardır. Buna göre, yabani çavdar ve buğday tohumlarının kritik hızları arasındaki farkın fazla olmasından dolayı hava akımıyla ayrılmalarının mümkün olacağını belirtmişlerdir.

Konak ve diğ. (2002), nohut tanelerinin nem içeriğine bağlı olarak fiziksel özelliklerindeki değişimi incelemişlerdir. Ürünün nem içeriğinin %5.2 (k.b.)'den %16.5 (k.b.)'e artırılması durumunda, kritik hızlarının ise  $8.3$ 'den  $9.8 \text{ ms}^{-1}$ 'ye yükseldiğini saptamışlardır. Buna karşın, nemin artışıyla ürünün hacim ağırlığı ve yoğunluğunda azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Tabatabaeefar ve diğ. (2003), nohut tohumunun içerisindeki yabancı materyalleri ayırmak amacıyla tohum temizleme ve sınıflandırma makinesini tasarladıklarını bildirmişlerdir. İran'da yaygın bir şekilde yetiştirilen beş nohut çeşidinin fiziksel ve aerodinamik özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, nohutların geometrik ortalama çaplarının  $6.7 \text{ mm}$  ile  $9.7 \text{ mm}$ , kritik hızlarının ise  $10 \text{ ms}^{-1}$  ile  $15 \text{ ms}^{-1}$  arasında değiştiğini saptamışlardır. Temizleme etkinliği %93 olarak elde edilmiştir.

Rajabipour (2004), ürünlerin kritik hızlarının iki farklı yöntemle (serbest düşme yöntemi ve hava kanalı içerisinde havada yüzdürme metodu) belirlenebileceğini bildirmiştir. Yaptığı çalışmada buğday ve pirinçin kritik hızının nem içeriklerinin artmasıyla doğrusal olarak arttığını ifade etmişlerdir. Kritik hızları buğday için  $6-6.9 \text{ ms}^{-1}$  ve pirinç için  $5.5-5.7 \text{ ms}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

Gupta ve diğ. (2005), ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) aerodinamik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada; üç farklı çeşide ait ayçiçeği tohumlarının (NSFH-36, PSF- 118 ve Hibrid SH-3322) %6 ve %14 nem içeriğinde kritik hızları sırasıyla  $2.93-3.28$ ,  $2.54-3.04$  ve  $2.98-3.53 \text{ ms}^{-1}$  olarak tespit etmişlerdir.

Çalışır ve diğ. (2005), aspir tohumunun fiziksel özelliklerini üç değişik nem içeriğinde (%5.61, %14.08 ve %23.32 için) incelemişler ve kritik hız değerlerini  $3.84 \text{ ms}^{-1}$  ve  $5.02 \text{ ms}^{-1}$  arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Özgüven ve Vursavuş (2006), çam fıstığının bazı fiziksel, mekanik ve aerodinamik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada; kritik hızları, çam fıstığında  $7.01-8.76 \text{ ms}^{-1}$ , iç fıstıkta  $6.21-8.10 \text{ ms}^{-1}$  ve kabukta  $3.18-4.40 \text{ ms}^{-1}$  arasında bulmuşlardır.

Güner (2006), bazı bitki tohumlarının pnömatik taşıma özellikleri belirlemek için yapmış olduğu çalışmasında pozitif alçak basınçlı bir pnömatik taşıyıcısı tasarlamıştır. Buğday, arpa, ayçiçeği ve mercimek tohumlarının pnömatik iletim sistemiyle taşınması için gerekli olan özellikler belirlenmiştir. Buğday, arpa, ayçiçeği ve mercimeğin minimum ve maksimum kritik hızları sırasıyla  $9.86-10.27 \text{ ms}^{-1}$ ,  $7.44-8.25 \text{ ms}^{-1}$ ,  $6.13-6.61 \text{ ms}^{-1}$  ve  $6.99-7.72 \text{ ms}^{-1}$ 'e değişkenlik göstermiştir.

Adewumi ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada, bürülceciğin çapraz akışlı temizleme ünitesindeki dağılımını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında, nem içeriğinin, fan hızının ve fan eğim açısının etkilerini incelemişlerdir. Temizleme ünitesinin en iyi performansını,  $105^{\circ}-120^{\circ}$  fan eğim açısı ve  $900-1500 \text{ min}^{-1}$  fan hızıyla elde etmişlerdir.

Srivastava ve diğ. (2006) biçerdöverde tahıl harmanlama süresi boyunca %70-90 oranında temizlendiğini ve tahıl kaybı ise %1-2 arasında olduğunu belirtmiştir.

Adewumi ve diğ. (2007) çapraz akışlı ayırıcı kullanılarak soya fasulyesinin sınıflandırılması için bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada aynı zamanda çapraz akışlı ayırıcı ile endüstriyel özgül ağırlık ayırıcısının performanslarını da karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri verilere göre,  $12 \text{ ms}^{-1}$  hava hızı ve  $22.5^{\circ}$  fan açısına sahip çapraz akışlı sınıflandırıcı ile kabul edilebilir bir başarı elde edilmişlerdir.

Berber (2007) yaptığı çalışmada, aspir tohumlarının kritik hız değerlerini, %6.5 nem içeriğinde  $9.18 \text{ ms}^{-1}$  ve %19.5 nem içeriğinde  $9.09 \text{ ms}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. Ancak, nem içeriğinin, kritik hız değerlerine etkisinin önemli olmadığını da tespit etmiştir.

Adewumi (2008) harmanlanmış ürünleri boyut ve yoğunluk derecelerine göre sınıflandıran geleneksel harmanlama ünitesini geliştirmek için bir çalışma yürütmüştür. Tanelerin yatay hava akımı içerisinde hareketini modellemek için aerodinamik prensipler kullanılmıştır. Bürülce kullanılarak elde edilen sonuçlar, tek bir makine ile ayırma, temizleme, ayıklama ve sınıflandırma işlemlerinin başarılı bir şekilde yapılabileceğini göstermiştir. Denemeleri, %12'nin altında nem içeriğinde,  $300 \text{ kg h}^{-1}$  üzerindeki besleme oranında,  $12-18 \text{ ms}^{-1}$  arasındaki hava hızlarında ve  $22.5-45^{\circ}$  arasındaki fan açısında yürütmüştür. Denemelerde elde edilen sonuçlar,

tanelerin sınıflandırılması için  $12 \text{ ms}^{-1}$  hava hızının ve  $22.5^\circ$  fan açısının en uygun olduğunu göstermiştir.

Panasiewicz ve diğ. (2008) biçerdöverden harman sonrası elde ettikleri buğday karışımını, dikey hava kanalında temizlenmesi için gerekli hava hızını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Elde edilen verilerden tane ayırma ve temizleme etkinliği büyük sınırlar arasında değiştiğini görmüşlerdir.  $12 \text{ ms}^{-1}$  hava hızında temizleme etkinliğini %60 olarak belirlemelerine rağmen, kayıp oranının bu hava hızında, diğerlerine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. En etkin ayırma,  $9-11 \text{ ms}^{-1}$  arasındaki hava hızlarında elde edilmiştir.

Simonyan ve Yiljep (2008) sorgumda harman sonrası tane dağılımı ve temizleme etkinliğini belirlemek amacıyla sabit harman makinası geliştirmişlerdir. Denemeler  $5-10 \text{ ms}^{-1}$  hava hızlarında yürütülmüştür. Temizleme kayıpları; besleme oranı ve hava hızının artması ile artmıştır. En yüksek harmanlama etkinliği %99.85 olarak bulunmuşlardır. Hava hızı arttıkça kayıp oranı da artmış ve farklı besleme miktarlarında %54'e kadar kayıp ürün olduğunu görmüşlerdir.

Kara (2010) yaptığı çalışmada, Hacihaliloğlu çeşidi kayısı çekirdeklerinin, şekilsel, gravimetrik ve aerodinamik özelliklerini üç farklı nem içeriğinde (%9.5, %16.5 ve %19) belirlenmiştir. Kayısı çekirdeklerinin kritik hız değerlerinin sırasıyla  $11.00 \text{ ms}^{-1}$ ,  $11.15 \text{ ms}^{-1}$  ve  $11.45 \text{ ms}^{-1}$  olduğunu belirlenmiştir. Bununla birlikte, nem içeriğinin kritik hız değerlerine etkisinin önemli olmadığını tespit edilmiştir.

Panasiewicz ve diğ. (2011) acı bakla tanelerinden oluşan karışımı hava akımıyla ayırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Denemeleri  $7.8$ ,  $10.5$  ve  $12.8 \text{ ms}^{-1}$  hava hızlarında yapmışlardır. Hava kanalda parçacıkların hareket parametrelerini belirlemek için matematiksel modeller geliştirmişlerdir.

Hava akış hızının artması ile temizleme etkinliği arttığını, ancak bu durumda kayıplar da artmıştır.  $7.8 \text{ ms}^{-1}$  hava hızı üzerindeki artış, temizleme etkinliğinin en yüksek değerlerine ulaşmasına neden olmuştur. Sarı acı bakla çeşidinde (Amulet lupine) en yüksek (%87.2) temizleme etkinliği değerine ulaşılmıştır.

Rouzegar ve diğ. (2013) harmanlayıcı, iç boş ve zarar görmüş tohumları tüm tohumlardan ayıran pnömatik bir temizleme makinasıdır. Mekanik bir sistemle karşılaştırıldığında bu makinenin ayırma etkinliğinin yüksek, kayıp oranının az ve güç tüketiminin düşük olması nedeniyle ekonomik olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma nem içeriği, besleme oranı ve fan devrine bağlı olarak çeltikte, temizleme etkinliği belirlenmesi için yapılmıştır.

Araştırma sonuçları, nem içeriği, fan devri ve besleme oranının etkilerinin önemli olduğunu göstermiştir. Maksimum temizleme etkinliğinin  $850 \text{ min}^{-1}$ 'de olduğunu bildirmişlerdir. Nem içeriğinin %12'den %18'e artmasıyla ayırma etkinliği önemli ölçüde arttığını, fan devrinin artmasıyla temizleme etkinliğinin azaldığını ifade etmişlerdir. Bunun nedeninin fan devri arttıkça kayıp oranının artmasına bağlamışlardır. Temizleme etkinliğinin, %18 nem içeriğinde  $850 \text{ min}^{-1}$ 'de ve  $32 \text{ kgh}^{-1}$  besleme oranında %99.72 olduğunu ifade etmişlerdir.

Oduma ve diğ. (2014) Güvercin bezelye çeşidinin aerodinamik özelliklerini belirlemek için düşey hava tüneli kullanmışlardır. Tane, kabuk ve sap kritik hızları sırasıyla  $1.31-1.71 \text{ ms}^{-1}$ ,  $0.29-0.34 \text{ ms}^{-1}$  ve  $0.39-0.50 \text{ ms}^{-1}$  arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

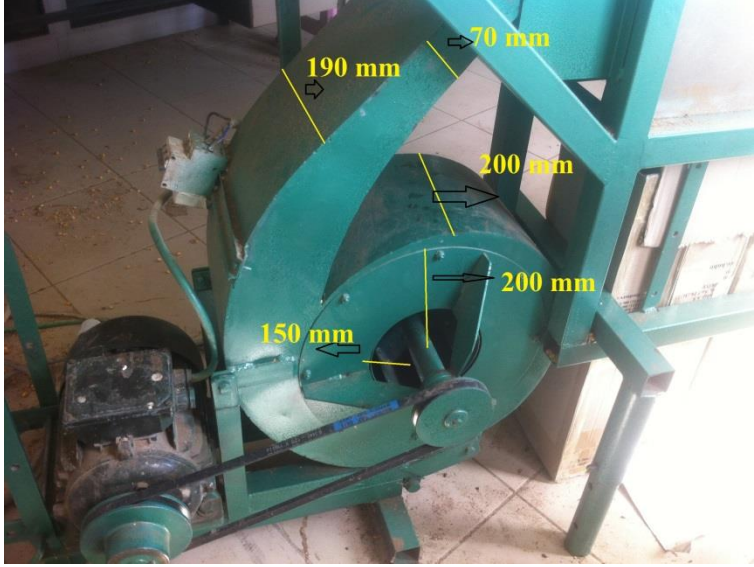
#### 3.1 Deney Düzeneği

Denemeler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü atölyesinde yürütölmüştür. Hava hızının, fan açısının ve besleme oranının ayarlanabildiği bir deney düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Bu düzenek, fan, ürün deposu, besleme ünitesi, hava kanalı ve toplama kutularından oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Deney düzeneği

Hava akımı elde etmek için kullanılan fan Şekil 3.2'de görölmektedir. Bu fanın özellikleri ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Deney düzeneğinde kullanılan fan

**Çizelge 3.1.** Fanın özellikleri

Özellik	Birim
Kanat sayısı (adet)	8
Hava çıkış ağzı (mm)	190x70
Fan iç çapı (mm)	150
Fan dış çapı (mm)	400
Genişlik (mm)	200
Devir ( $\text{min}^{-1}$ )	1100-1300-1500-1750-1950
Debi ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	0.1995-0.2394-0.2793-0.3192-0.3591

Fan ve besleme ünitelerine hareket veren elektrik motorlarının özellikleri ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Motorların özellikleri

	Gerilim (V)	Frekans (Hz)	Akım (A)	Güç (kW)	Devir ( $\text{min}^{-1}$ )	Güç faktörü ( $\cos \varphi$ )
Besleme ünitesi motoru	220-380	50	36-21	0.75	1370	0.87
Fan motoru	220-380	50	11.4-6.6	3	2800	0.75

Düzgün materyal akışı için besleme ünitesi kullanılmıştır. Besleme ünitesi hareketini elektrik motorundan zincir dişli ile almaktadır. Hava tüneli uzunluğu 800 mm'dir. 200 mm'lik 4 ayrı ürün toplama kutusu kullanılmıştır. Ancak sonuçlar, birinci toplama kutusu 400 mm'lik hava kanalı ve ikinci toplama kutusu ise hava kanalının tamamı (800 mm) olarak değerlendirilmiştir.

Denemeler bin dane ağırlığı 300-500 gr arasında olan *zea mays indendata* sturt. (at dişi mısır) mısır taneleri ve bunların koçanları ile yürütülmüştür (Şekil 3.3). Mısır koçanları, çekiçli değirmende öğütülerek boyutları küçültülmüştür (Şekil 3.4). Hazırlanan karışım %85 oranında mısır ve %15 oranında koçan olacak şekilde düzenlenmiştir. Denemeler süresince tane nemi %15-16 arasında değişmiştir.



Şekil 3.3. Mısır ve koçan parçaları



Şekil 3.4. Çekiçli değirmen

### 3.2. Yöntem

Besleme oranının ayarı için ön denemeler yapılmıştır. Çıkış ağız kesitleri ve depoya konulan materyal miktarları değiştirilerek uygun besleme miktarları oluşturulmuştur. Çıkış ağız kesitleri 25x30, 30x35, 45x40, 45x45 ve 55x50 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5). Ayrıca, depoya aşağıda verilen besleme miktarlarını sağlayabilmek için 8 kg'lık karışım doldurulması gerektiği tespit edilmiştir. Bu karışım miktarı tüm denemeler süresinde sabit tutulmuştur. Ağız açıklıkları ve depoya doldurulan karışım miktarına göre besleme oranı sırasıyla 240, 576, 822, 1152 ve 1600 kg<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır.



**Şekil 3.5.** Besleme ağızı

Hava hızını belirlemek için literatür çalışması ve ön denemeler yapılmıştır. Ön denemelere göre en düşük hava hızının  $15 \text{ ms}^{-1}$  alınmasına karar verilmiştir. Bu tespitten sonra denemelerde 15, 18, 21, 24 ve  $27 \text{ ms}^{-1}$  hava hızlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Bu hızları elde edebilmek için test düzeneğindeki fana hareket veren elektrik motorunun devir sayılarının 1100, 1300, 1500, 1750 ve 1950 olması gerektiği denemelerle belirlenmiştir. Bu devir sayılarını elde edebilmek için frekans dönüştürücüden (Şekil 3.6) faydalanılmıştır. Frekans dönüştürücü şebeke geriliminin frekansını değiştirerek motor devrini ayarlamaktadır. Elektrik motorlarının devir sayısı :

$$n_s = \frac{60 f}{p} \quad (3.1)$$

eşitliği ile bulunmaktadır (Yavuzcan, 1978).

Burada;

f : şebeke frekansı (Hz)

p : faz başına düşen çift kutup sayısı



**Şekil 3.6.** Frekans dönüştürücü



Her bir fan devrinde fan çıkış ağzının 50 mm önünden 3 farklı noktadan hava hızı değerleri, anemometre (Şekil 3.7) ile ölçülerek ortalama hava hızı değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. Anemometre

Test düzeneğinde bulunan fanın konumu, yatayla 15°, 30° ve 45° açı yapacak şekilde ayarlanabilmektedir. Denemelerde bu açılar kullanılmıştır.

Denemeler süresince tane nemi belli aralıklarla belirlenmiştir. Bunun için alınan yaklaşık 10 g'lık 4 ayrı örneğin yaş ağırlıkları hassas terazide (Şekil 3.8) tartılmış, etüvde 24 h 104°C'de kurutulduktan sonra tekrar kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Ürün nemi aşağıdaki eşitlik yardımıyla kuru baza göre belirlenmiştir.

$$\%nem = \frac{W_1 - W_0}{W_0} * 100 \quad (3.2)$$

$W_1$  : Yaş ürün ağırlığı (g),

$W_0$  : Kuru ürün ağırlığı (g).



Şekil 3.8. Hassas terazi

Depodan hava kanalına düşen ve fanın sağladığı hava akımı ile karşılaşan mısır-koçan karışımı farklı mesafelere bulunan ürün toplam kutularına düşmektedir. Bu kutularda toplanan tane ve koçan ayrı ayrı hassas terazi ile tartılmıştır.

Tartım sonucu elde edilen tane-koçan miktarlarından ürünün temizleme etkinliği ve kayıp oranı (denklem 3.3-3.4), aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Simonyan ve Yiljep, 2008).

Temizleme etkinliği:

$$TE = \left( \frac{G_o}{G_1} \right) * 100 \quad (3.3)$$

Burada;

TE: Temizleme etkinliği (%)

Go: Çıkıştaki tane ağırlığı (kg)

G1: Çıkıştaki toplam karışım ağırlığı (kg)

Kayıp oranı:

$$KO = \frac{G_i}{G_w} * 100 \quad (3.4)$$

Burada;

KO : Temizleme ünitelerindeki tane kayıp oranı (%)

Gi : Hava tüneli dışına atılan tane ağırlığı (kg)

Gw : Besleme ünitesine doldurulan karışım içindeki tane ağırlığı (kg)

5 farklı besleme oranı, 5 farklı hava hızı ve 3 farklı fan açısında her bir uygulama 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Bu faktörlerin etkisini belirlemek için, elde edilen veriler JUMP 5.0.1 istatistik programında tesadüf bloklarında 3 faktörlü faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiştir. Sonuçlar LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Varyans analizine göre, fan açısı, besleme oranı ve hava hızının, her iki toplama kutusu için, temizleme etkinliğine (TE) birlikte etkileri önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.1.** Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği varyans analiz tablosu

KAYNAK	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Açı	2	3220.9934	14107.7600	<.00
Besleme	4	81.3110	178.0688	<.00
Hız	4	3411.7274	7471.5840	<.00
Tekerrür	3	0.0658	0.1922	0.90
Açı x Besleme	8	28.8216	31.5592	<.00
Açı x Hız	8	609.1139	666.9708	<.00
Besleme x Hız	16	49.0661	26.8633	<.00
Açı x Besleme x Hız	32	93.2651	25.5310	<.00

**Çizelge 4.2.** İkinci toplama kutusu için temizleme etkinliği varyans analiz tablosu

KAYNAK	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Açı	2	2832.7324	9109.9310	<.00
Besleme	4	95.3395	153.3037	<.00
Hız	4	3527.5096	5672.1510	<.00
Tekerrür	3	0.0800	0.1716	0.91
Açı x Besleme	8	45.9304	36.9275	<.00
Açı x Hız	8	479.2758	385.3320	<.00
Besleme x Hız	16	37.4566	15.0573	<.00
Açı x Besleme x Hız	32	86.8816	17.4629	<.00

Varyans analizine göre, fan açısı, besleme oranı ve hava hızının, her iki toplama kutusu için, kayıp oranına (KO) birlikte etkileri önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.3.** Birinci toplama kutusu için kayıp oranı varyans analiz tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Açı	2	90699.5300	13993.0600	<.00
Besleme	4	121.5700	9.3777	<.00
Hız	4	109375.8300	8437.2110	<.00
Tekerrür	3	14.2300	1.4632	0.22
Açı x Besleme	8	436.4700	16.8346	<.00
Açı x Hız	8	44717.1300	1724.7310	<.00
Besleme x Hız	16	765.4800	14.7622	<.00
Açı x Besleme x Hız	32	387.6100	3.7375	<.00

**Çizelge 4.4.** İkinci toplama kutusu için kayıp oranı varyans analiz tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Açı	2	34295.4300	3797.9770	<.00
Besleme	4	39.2400	2.1728	0.07
Hız	4	38306.2920	2121.0760	<.00
Tekerrür	3	16.7850	1.2392	0.29
Açı x Besleme	8	98.8970	2.7381	<0.0
Açı x Hız	8	28339.7980	784.6082	<.00
Besleme x Hız	16	423.0730	5.8565	<.00
Açı x Besleme x Hız	32	288.6390	1.9978	<.00

EK A'da görüldüğü gibi, birinci toplama kutusu için TE %85-100 arasında değişmektedir.

Birinci toplama kutusu için, fan açısı arttıkça TE artmaktadır. 45° fan açısında TE en üst seviyeye ulaşmıştır. Bu açıda koçan parçaları, hava tüneli içerisinde daha

uzak mesafeye sürüklendiği için TE arttığı gözlemlenmiştir. TE, açının değişmesiyle %89.62-97.60 arasında değişmektedir.

Birinci toplama kutusu için, besleme oranı arttıkça, TE azalmaktadır. 240 kgh<sup>-1</sup>'lık besleme oranında TE'nin en yüksek olduğu görülmektedir. Tünel içerisine giren karışım miktarının azalmasıyla hava hızının etkisine daha fazla maruz kalan ürünün TE artırmıştır. TE besleme oranının değişmesiyle %92.92-94.43 arasında değişmektedir.

Birinci toplama kutusu için, hava hızı arttıkça TE artmaktadır. 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında TE en yüksek olduğu görülmüştür. Hava hızının artması hava tüneli içindeki koçan parçalarının daha fazla sürüklenmesine sebep olduğu için TE'nin de yüksek olmasına neden olmuştur. TE hava hızının değişmesiyle %88.65-97.72 arasında, değişmektedir.

Daha önceki çalışmalarda temizleme etkinliği değerleri mısırdaki %42-80 (Hurburgh ve diğ. 1989), Yulaf, buğday ve çavdarda sırasıyla %80, %94, %98 (Uhl ve Lamp1966), Nohutta %93 (Tabatabaeefar ve diğ., 2003), Sorgum %99.85 (Simonyan.,Yiljep., 2008), Sarı acı bakla çeşidinde (Amulet lupine) %87.2 (Panasiewicz ve diğ. 2011) olarak tespit edilmiştir.

EK C'de görüldüğü gibi, birinci toplama kutusu için KO %0.24-93.01 arasında değişmektedir.

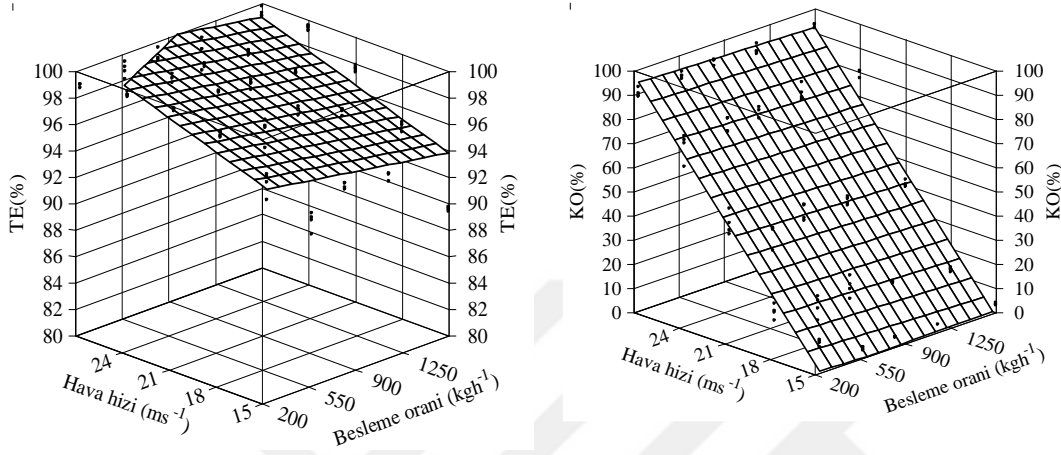
Birinci toplama kutusu için, fan açısı arttıkça KO artmaktadır. 45° fan açısında KO en üst seviyeye ulaşmıştır. Bu açıda, mısırında koçanla birlikte hava tüneli içerisinde daha uzak mesafeye sürüklenmesi KO'yu arttırmıştır. KO, fan açısının değişmesiyle %4.87-46.52 arasında değişmektedir.

Birinci toplama kutusu için besleme oranı arttıkça, KO azalmaktadır. 1600 kgh<sup>-1</sup>'lık besleme oranında, KO'nun en yüksek olduğu görülmektedir. Hava tüneli içerisine giren ürün miktarının azalmasıyla hava hızının etkisine daha fazla maruz kalan ürünün hava tüneli dışına sürüklenerek KO'nun artmasına sebep olmuştur. KO, besleme oranının değişmesiyle %24.05-22.85 arasında değişmektedir.

Birinci toplama kutusu için hava hızı arttıkça KO artmaktadır. 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında KO'nun en yüksek olduğu görülmüştür. Hava hızının artması hava tüneli

içindeki koçan parçaları ile birlikte mısırın daha fazla sürüklenmesine sebep olduğu için KO'nun yüksek olmasına neden olmuştur. KO hava hızının değişmesiyle %2.47-52.74 arasında değişmektedir.

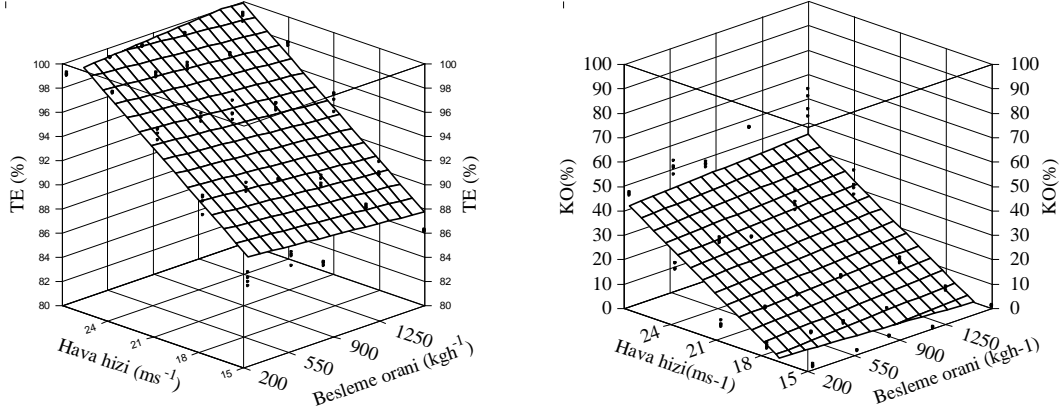
Şekil 4.1'de birinci toplama kutusu 45° fan açısında TE'nin ve KO'nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.1.** Birinci toplama kutusu 45° fan açısında TE ve KO değişimi

TE değerleri, %99.65-89.58 aralığında elde edilmiştir. En iyi TE değeri (%99.65) 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızında tespit edilmiştir. KO değerleri, %92.42-3.21 aralığında elde edilmiştir. En düşük KO değeri (%3.21) 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında tespit edilmiştir.

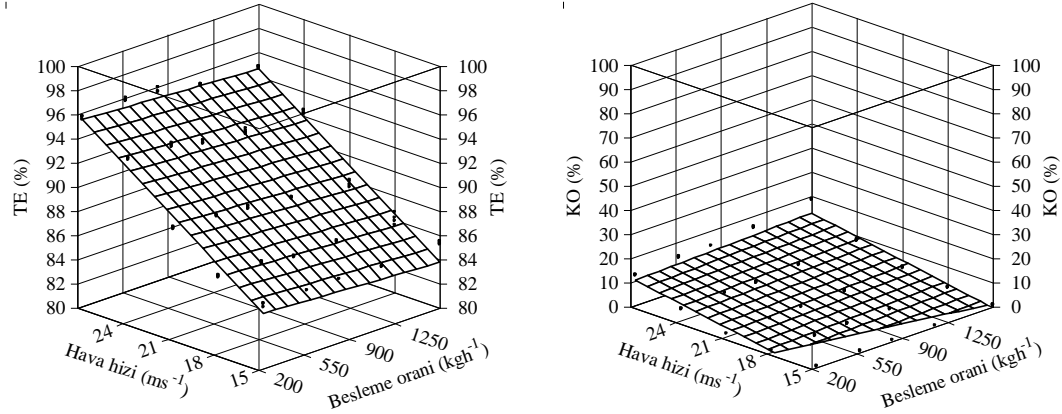
Şekil 4.2'de birinci kutuda 30° fan açısında TE'nin ve KO'nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.2.** Birinci toplama kutusu, 30° fan açısında TE ve KO değişimi

TE değerlerinin %99.16-87.17 arasında olduğu görülmüştür. En yüksek TE değeri (%99.16) 822 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında saptanmıştır. KO değerleri ise %50.70-0.24 aralığında belirlenmiştir. En düşük KO (%0.24) 1152 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında ölçülmüştür.

Şekil 4.3’de birinci kutuda 15° fan açısında TE’nin ve KO’nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.3.** Birinci toplama kutusu, 15° fan açısında TE ve KO değişimi

15° fan açısında ise TE değerleri %95.86-85.06 aralığında belirlenmiştir. En yüksek TE değeri (%95.87), 576 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında ölçülmüştür. KO değerleri %18.73-0.39 arasında olduğu görülmüştür. En düşük KO (%0.39) 240 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında saptanmıştır.

EK B'de görüldüğü gibi, ikinci toplama kutusu için TE %85-100 arasında değişmektedir.

İkinci toplama kutusu için, fan açısı arttıkça TE artmaktadır. 45° fan açısında TE en üst seviyeye ulaşmıştır. Bu açıda koçan parçaları, hava tüneli içerisinde daha uzak mesafeye sürüklendiği için TE arttığı gözlemlenmiştir. TE, fan açısının değişimiyle %87.37-94.89 arasında değişmektedir.

İkinci toplama kutusu için, besleme oranı arttıkça, TE azalmaktadır. 240 kgh<sup>-1</sup>'lık besleme oranında TE'nin en yüksek olduğu görülmektedir. Tünel içerisine giren karışım miktarının azalmasıyla hava hızının etkisine daha fazla maruz kalan ürünün TE artırmıştır. TE besleme oranının değişimiyle %90.03-91.69 arasında değişmektedir. EK A ve EK B'de görüldüğü gibi, birinci toplama kutusunda elde edilen en düşük TE değeri (%92.92) bile, ikinci toplama kutusundaki en yüksek TE değerinden (%91.69) daha büyük olmuştur.

İkinci toplama kutusu için, hava hızı arttıkça TE artmaktadır. 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında TE en yüksek olduğu görülmüştür. Hava hızının artması hava tüneli içindeki koçan parçalarının daha fazla sürüklenmesine sebep olduğu için TE'nin de yüksek olmasına neden olmuştur. TE hava hızının değişimiyle %86.41-95.64 arasında, değişmektedir.

EK D'de görüldüğü gibi, birinci toplama kutusu için KO %0.13-70 arasında değişmektedir.

İkinci toplama kutusu için, fan açısı arttıkça KO artmaktadır. 45° fan açısında da KO en üst seviyeye ulaşmıştır. Bu açıda, mısırında koçanla birlikte hava tüneli içerisinde daha uzak mesafeye sürüklenmesi KO'yu arttırmıştır. KO, fan açısının değişimiyle %1.69-26.58 arasında değişmektedir.

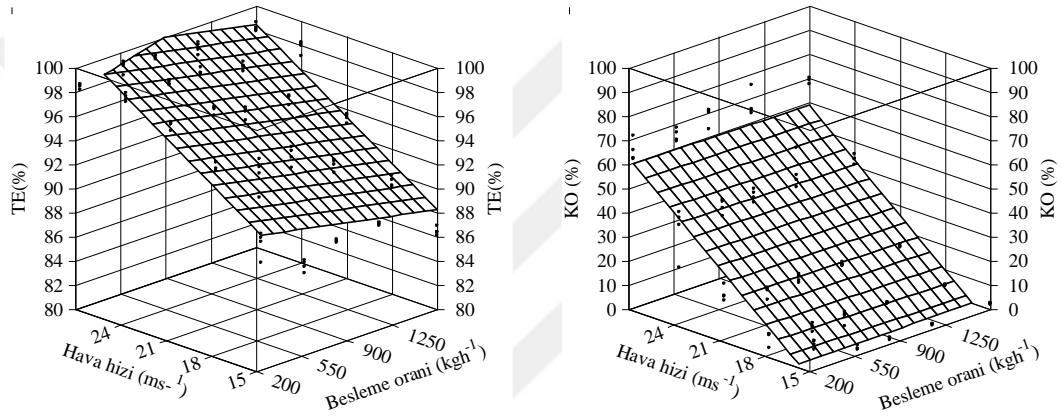
İkinci toplama kutusu için besleme oranı arttıkça, KO azalmaktadır. 1600 kgh<sup>-1</sup>'lık besleme oranında, KO'nun en yüksek olduğu görülmektedir. Hava tüneli içerisine giren ürün miktarının azalmasıyla hava hızının etkisine daha fazla maruz kalan ürünün hava tüneli dışına sürüklenerek KO'nun artmasına sebep olmuştur. KO, besleme oranının değişimiyle %12.12-11.64 arasında değişmektedir. Birinci toplama kutusunda elde edilen en düşük KO değeri (%22.85), ikinci toplama kutusundaki en yüksek KO değerinden (%12.12) büyük olmuştur. Ayrıca, birinci toplama



kutusundaki kayıplar, ikinci toplama kutusundaki kayıpların yaklaşık iki katı olduğu görülmüştür.

İkinci toplama kutusu için hava hızı arttıkça KO artmaktadır. 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında KO'nun en yüksek olduğu görülmüştür. Hava hızının artması hava tüneli içindeki koçan parçaları ile birlikte mısırın daha fazla sürüklenmesine sebep olduğu için KO'nun yüksek olmasına neden olmuştur. KO birinci toplama kutusunda %1.83-31.18 arasında değişmektedir.

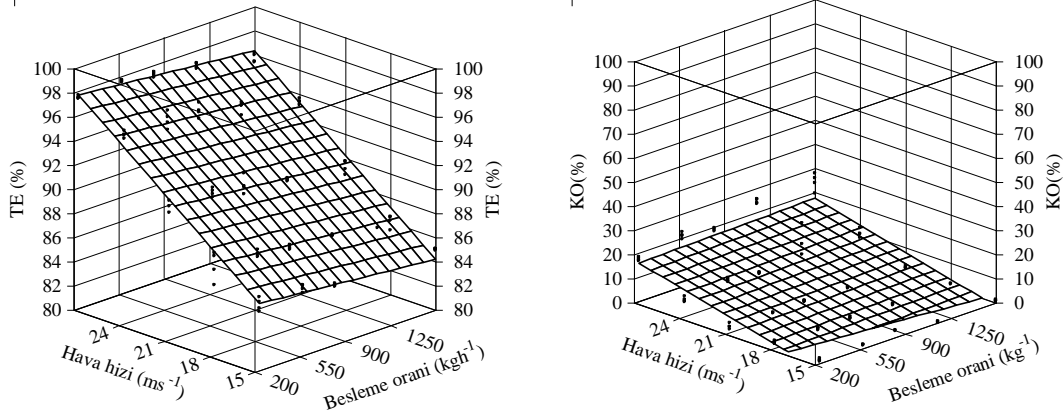
Şekil 4.4'de ikinci kutuda 45° fan açısında TE'nin ve KO'nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.4.** İkinci toplama kutusu, 45° fan açısında TE ve KO değişimi

TE değerleri %98.73-86.45 aralığında elde edilmiştir. En yüksek TE değeri (%98.74) 576 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızında ölçülmüştür. KO değerleri, %69.17-1.85 aralığında elde edilmiştir. En düşük KO değeri (%1.85) 1152 kg h<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında tespit edilmiştir.

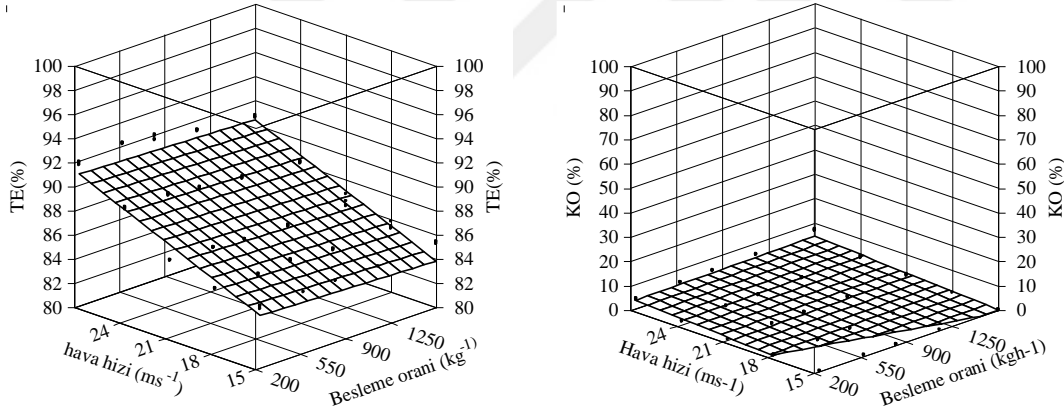
Şekil 4.5'de ikinci kutuda 30° fan açısında TE'nin ve KO'nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.5.** İkinci toplama kutusu 30° fan açısında TE ve KO değişimi

TE değerleri %97.58-85.01 arasında olduğu görülmüştür. En yüksek TE (%98.59) 576 kg<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında saptanmıştır. KO değerleri, %24.50-0.13 arasında olduğu görülmüştür. Bu açıda ise en düşük KO (%0.13) 1152 kg<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında ölçülmüştür.

Şekil 4.6'de ikinci kutuda 15° fan açısında TE'nin ve KO'nun, besleme oranı ve hava hızına göre değişimi görülmektedir.



**Şekil 4.6.** İkinci toplama kutusu 15° fan açısında TE ve KO değişimi

TE değerleri %92.21-85.00 olarak bulunmuştur. En yüksek TE (%92.21) 576 kg<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında tespit edilmiştir. KO değerleri %7.22- 0.15 arasında olduğu görülmüştür. En düşük KO (%0.15) 240 kg<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında saptanmıştır.

Birinci kutudaki TE değerleri, ikinci kutuya göre daha yüksek, KO değerleri ise, daha düşüktür.

EK A'da, birinci toplama kutusu için, en yüksek TE değeri (%99.65) 45° fan açısı, 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızında, en düşük TE değeri (%85.07) ise, 15° fan açısı, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında görülmektedir. TE'de genel ortalama %93.89 olarak belirlenmiştir.

EK B'de ikinci toplama kutusu için, en yüksek TE değeri (%98.74) 45° fan açısı, 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında, en düşük TE değeri (%85.01) ise, 15° fan açısı, 240 ve 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında görülmektedir. TE'de genel ortalama %91.09 olarak belirlenmiştir.

EK C'den görüleceği üzere birinci toplama kutusu için, en yüksek KO değeri (%93.01) 45° fan açısı, 1600 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında en düşük KO değeri (%0.24) ise, 30° fan açısı, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında görülmüştür. KO'da genel ortalama %23.13 olarak belirlenmiştir. Sorgumda %54'e kadar kayıp ürün olduğunu tespit edilmiştir (Simonyan ve Yiljep, 2008). Uhl ve Lamp (1966) mısır da tane kaybı olmadan temizleme yapmak pek mümkün olmayacağını belirtmişlerdir.

EK D'den görüleceği üzere ikinci toplama kutusu için, en yüksek KO değeri (%69.17) 45° fan açısı, 1600 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 27 ms<sup>-1</sup> hava hızında, en düşük KO değeri (%0.13) ise, 30° fan açısı, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında görülmüştür. KO'da genel ortalama %11.78 olarak belirlenmiştir. Besleme çıkış ağzından itibaren temizlenmiş ürünlerin alındığı hava tünelinin uzunluğunun artması ürün kaybını azalttığı görülmüştür.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yatay hava tüneline mısırın ayrılmasında için yapılan çalışmada TE ve KO değerleri, hava tüneline uzunluğuna, hava hızına, besleme oranına ve fan açısına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

En yüksek TE (%99.65), birinci toplama kutusunda, 45° fan açısında, 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızında belirlenmiştir. En az KO (%0.13) ise, ikinci toplama kutusunda 30° fan açısında, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 15 ms<sup>-1</sup> hava hızında bulunmuştur.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre KO %2'nin altında kalan birinci kutuda 19 uygulama ve ikinci kutuda 30 uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalarda TE %85'in üzerindedir (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2).

**Çizelge 5.1** Birinci toplama kutusu temizleme etkinliği ve kayıp oranına göre belirlenen en uygun uygulamalar

TE (%)	KO (%)	Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )
90.65069	1.77313	30	1152	18
89.83315	1.93063	30	1600	18
89.79465	0.24173	30	1152	15
89.04019	1.03901	15	240	21
88.82388	1.27118	15	576	21
88.62339	1.37173	15	822	21
87.74986	1.58724	30	576	15
87.12383	1.49051	30	240	15
86.33599	0.53313	15	240	18
86.23009	0.59268	15	576	18
86.17640	1.05393	30	1600	15
86.06075	1.74173	15	1600	18
85.86218	0.89735	15	1152	18
85.84654	0.98743	15	822	18
85.39345	0.82482	15	1600	15
85.26317	0.39235	15	240	15
85.23333	0.58316	15	822	15
85.23089	0.49364	15	576	15
85.06529	0.58882	15	1152	15

Çizelgeden de görüldüğü gibi, en uygun uygulamanın 30° fan açısında, 1152 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 18 ms<sup>-1</sup> hava hızındaki (%90.65 temizleme etkinliği ve %1.77 kayıp oranı) uygulama olduğu söylenebilir.

**Çizelge 5.2.** İkinci toplama kutusu temizleme etkinliği ve kayıp oranına göre belirlenen en uygun uygulamalar

TE (%)	KO (%)	Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )
90.90028	1.862574	30	576	21
89.86155	1.645993	30	1152	21
89.37219	1.291176	15	240	24
89.29806	1.884081	30	1600	21
89.26181	1.345331	15	576	24
88.88696	1.461801	15	822	24
88.72068	1.854743	45	1152	15
88.44057	0.133346	30	1152	15
87.12503	1.663199	30	576	18
86.79698	1.621949	30	822	18
86.53642	1.070551	30	1152	18
86.33037	0.321544	15	240	21
86.20519	1.619559	15	1600	21
86.13854	0.474118	15	576	21
86.06727	1.355184	30	1600	18
85.90985	0.593897	15	822	21
85.87101	0.897757	15	1152	21
85.55316	1.297647	30	576	15
85.47261	0.477831	15	822	18
85.46033	0.752426	15	1600	18
85.43026	1.144706	30	240	15
85.34271	0.163272	15	1600	15
85.25477	0.251066	15	240	18
85.20473	0.312463	15	576	18
85.15956	0.460000	15	1152	18
85.03558	0.277059	15	822	15
85.01886	0.94739	30	1600	15
85.01676	0.236213	15	1152	15
85.00896	0.381287	15	576	15
85.00894	0.146544	15	240	15

Çizelgeden de görüldüğü gibi, en uygun uygulamanın 30° fan açısında, 576 kgh<sup>-1</sup> besleme oranında ve 21 ms<sup>-1</sup> hava hızındaki (%90.90 temizleme etkinliği ve %1.86 kayıp oranı) uygulama olduğu söylenebilir.

Araştırmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucunda önerileri şu şekilde sıralayabiliriz:

- ✓ Yatay hava tüneline mısır koçan karışımının birbirinden ayrılması için 15-21 ms<sup>-1</sup> hava hızı uygun görülmüştür. Bunun üzerindeki hızlarda KO yükselmektedir.
- ✓ 45° fan açısında TE değerleri daha yüksektir. Çünkü daha dik açıyla hava kanalına giren hava ürünü daha etkili temizlenmesine sebep olmaktadır. Ancak bu açıda KO değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür.
- ✓ Besleme oranı 240 kgh<sup>-1</sup> (2.5x2.5 cm) olan ağız açıklığında tıkanmalar görülmüştür. Bu durum akış düzgünlüğünü etkilemektedir. Bu yüzden daha geniş besleme ağız açıklığı kullanılmalıdır.
- ✓ Toplama kutuları arasında TE ve KO açısından farklılıklar oluşmuştur. Birinci kutuda TE artarken, ikinci kutuda KO azaltılmaktadır. Kayıp olarak değerlendirilen ürün tekrar depoya geri döndürülebilirse, TE yüksek olduğu birinci kutu (40 cm) tercih edilmelidir.
- ✓ Elekli temizleme makinası, hava akımlı ayırıcı ve hem elek hem hava akımı kullanılan makinaların iş verimleri, ekonomiklik ve TE-KO açısından karşılaştırılmalı.
- ✓ Kullandığımız makinada, kayıp olmadan temizleme etkinliğinin en yüksek değerde olması için, kayıp olarak kabul edilen ürünlerin depoya geri dönüşünün sağlandığı bir sistem geliştirilebilir.
- ✓ Otomasyon ile daha etkin temizleme düzenekleri geliştirilebilir.





## KAYNAKLAR

- Adewumi B. A., 2008. 2D Modeling of grain transport and separation in the horizontal air stream, ASABE Publication Number 701p0508cd.
- Adewumi B. A., Sathyendra Rao B.V., Kiran Kumar N.L., Pratape V.M., Srinivas A., 2007. Grain classification using aerodynamic principles, African Crop Science Conference Proceedings, Vol.8.p.1799-1801.
- Adewumi B., Ademosun O., Ogunlowo A., 2006. Preliminary investigation on the distribution and spread pattern of cowpea in a cross flow grain separator. Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal. Manuscript FP 06 020, Vol. VIII,1-12.
- Akyol A., 2010. Buğday ve adi fiğ tohumlarının karışımının ayrılabilirliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Berber S., 2007. Aspir (*Carthamus Tinctorious. L.*) Tohumlarının aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Beyhan M. A. ve Erol M. A., 1993. Bazı fındık çeşitlerinde dane ve zuruflu meyvelerin aerodinamik özellikleri, Proceedings Of 5th Int. Cong. On Mechanization And Energy in Agriculture, Kuşadası/Türkiye. S. 472-483
- Bilanski W. K., Lal R., 1965. Behavior of threshed materials in a vertical wind tunnel, Transactions of The ASAE, 8 (3), 411-416.
- Bilanski W. K., Jones D. K., Mowat D. N., 1986. Mechanical and aerodynamic separation of whole-plant corn silage into grain and stover, Transactions of The ASAE, Vol. 29(5), 1188-1192.
- Bilanski W. K., Graham W.D., Mkomwa S.S., Mowat D. N., 1989. Separation of alfalfa silaje into stem leaf fractions in a horizontal airstream, Transactions of The ASAE, Vol. 32(5), 1684-1690.
- Çalışır S., Marakoğlu T., Öztürk Ö. ve Öğüt H., 2005. Some physical properties of safflower seed, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi:19 (36) 87-92.
- Çarman K., 1996. Some physical properties of lentil seeds, J. Agric. Engng Res. 63,87-92.
- Dursun E. ve Güner M., 1997. Portakal ve elmanın hava akımına gösterdiği direncin belirlenmesi, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı. S. 673- 682. Tokat. Türkiye.

- Elfverson C., Regnér S., 2000. Comparative precision of grain sieving and pneumatic classification on a single kernel level, Transactions of The ASAE. Vol. 16(5), 537-541.
- Evcim Ü., 1991. Ürün temizleme ve sınıflandırma tekniği, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Matbaası, İzmir. 110s.
- Ete Ö., 2015. Yerel mısır (*zea mays* l.) genotiplerinin çinko kullanım etkinliğinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ordu.
- Garrett R. E., Brooker D. B., 1965. Aerodynamic drag of farm grains, Transactions of The ASAE, 8 (1), 9-52.
- Gupta R. K., Arora G., Sharma R., 2005. Aerodynamic properties of sunflower seed, Journal of Food Engineering, 79 (2007) 899–904.
- Güner M., 2006. Pneumatic conveying characteristics of some agriculture seed, Journal of Food Engineering, 80 (2007) , 904–913.
- Hauhout-O'hara M., Criner B. R., Bruswitz G. H., Solie J. B., 2000. Selected physical characteristics and aerodynamic properties of cheat seed for separation from wheat, Agricultural Engineering International: The CIGR Journal Of Scientific Research And Development, Vol.II, 1-14.
- Hawk A. L., Brooker D. B., Cassidy J. J., 1966. Aerodynamic characteristics of selected farm grains, Transactions of The ASAE, 9 (1), 48-51.
- Hurburgh C.R., Bern C.J., Brumm T.J., 1989. Efficiency of rotary grain cleaners in dry corn, Transactions of The ASAE, 32 (6),2073-2077.
- Kara Y., 2010. Kayısı (*Prunus Armeniaca*) çekirdeğinin aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Karaşin M., 2014. Bitkisel üretimde azot alım etkinliği ve reaktif azotun çevre üzerine olumsuz etkileri, APJES II-III (2014),15-21. Doi:10.5505/apjes.2014.38247.
- Kasap A. ve Özer Z., 2001. Hububat tohumluklarının tohum temizleme ve sınıflandırma makinesinde temizleme etkinliklerinin belirlenmesi, Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi. Şanlıurfa.13-15 Eylül.
- Konak M., Çarman K. ve Aydın C., 2002. Physical properties of chickpea seeds, Biosystems Engineering, 82 (1), 73-78.
- Korkmaz C., 2005. Mısırın kuruma davranışının deneysel olarak belirlenmesi ve değişik modellerle simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Edirne.
- Kural H. ve Çarman K., 1997. Bazı taneli ürünlerin aerodinamik özellikleri, Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi. Tokat.
- Oduma O., Igboke M.E., Ali F. U., 2014. Physical and aerodynamic characteristics of pigeon pea kernel, hull and stalk materials, International Journal Of Agricultural Science And Bioresource Engineering Research, Vol. 3 (1&2), Pp. 1-13.

- Omubuwojo T.O., Akande E.A., Senni L.A., 1999. Selected physical, mechanical and aerodynamic properties of african breadfruit seeds, *Journal Of Food Engineering*, 40 (4), 241-244.
- Panasiewicz M., Zawiślak K., Kusińska E., Sobczak P., 2008. Purification and separation of loose materials in a pneumatic system with vertical air stream, *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. –OL PAN*, vol:8, 171–176.
- Panasiewicz M., Sobczak P., Mazur J., Zawisłak K., Andrejko D., 2011. The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials, *Journal of Food Engineering*, 109 (2012) 603–608.
- Pasikatan M. C., Quick G. R., 1995. A review of oscillating screen- blower cleaners for grains, *Philippine Engineering Journal XVI (2):77-97*.
- Pasikatan. M. C., Quick. G. R., Barredo I. R., Lantin. R. M., 1996. A Compact tripple airstream. triple-screen rice seed cleaner, *Philipp J. Crop Sci.*, 21 (3), 53-60.
- Rajabipour A., 2004. Moisture-dependent terminal velocity of wheat and rice varieties, 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting. Ottawa. Ontario, Canada, paper number: 046008.
- Rouzegar M. R., Asli-Ardeh E. A., Abbaspour-Gilandeh Y., Khalifeh A. A., 2013. Study effects of moisture content. feed rate and fan revolution on separation efficiency in a paddy laboratory winnower, *Intl. J. Agri. Crop Sci.*, Vol. 5 (21), 2576-2578.
- Simonyan K. J., Yiljep Y. D., 2008. Investigating grain separation and cleaning efficiency distribution of a conventional stationary rasp- bar sorghum thresher, *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal Manuscript PM 07 028*. Vol. X, 1-13.
- Smith R. D., Strohshine R. L., 1985. Aerodynamic separation of cobs from corn harvest residues, *Transactions of The ASAE*, 28(3), 893-897.
- Song. H., Litchfield. J. B., 1991. Predicting method of terminal velocity for grains, *Transactions of The ASAE*, 34(1), 225-231.
- Srivastava A. J., Carroll E. G., Roper P. R., Dennis R., 2006. Grain harvesting, Chapter 12 in *engineering principles of agricultural machines*, 2nd ed., 403-436.
- Tabak. S., Wolf. D., 1998. Aerodynamic properties of cottonseeds, *J. Agric. Engng Res.*, 70: 257-265.
- Tabatabaefar A., Aghagoolzadeh H., Moblı H., 2003. Design and development of an auxiliary chickpea second sieving and grading machine, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal Of Scientific Research And Development*. Manuscript FP 03 005, Vol.V, 1-8.
- Tekin Y., 1995. Ürünlerin temizlenmesi ve sınıflandırılması, Özdaş K., *Tarım Alet ve Makinaları*, 4. Baskı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 297-318.
- Uhl J. B., Lamp. B.J., 1966. Pneumatic separation of grain and straw mixtures. *Transactions Of The ASAE*, 9 , 244-246.
- URL-1 <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hububat/hububat%20raporu.pdf>  
(ZiyaretTarihi:02 .06.2 016/ 10.04)

URL-2 <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.9do?metod=temelist> (ZiyaretTarihi:02.06.2016/ 10.11)

URL-3 [www.mku.edu.tr/getblogfile.php?keyid=162](http://www.mku.edu.tr/getblogfile.php?keyid=162) (ZiyaretTarihi:02.06.2016/ 10.06)

URL-4 <http://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=89>  
(ZiyaretTarihi:02 .06.2016/ 10.08)

URL-5 <http://www.ncga.com/news-and-resources/publications> (ZiyaretTarihi:02 .06.2016/ 10.20)

URL-6 <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-99.pdf> (Ziyaret Tarihi:02.06.2016/ 10.31)

Yağcıoğlu A. K., 2009. Hasat sonrası işlemler teknolojisi, Editör:Prof.Dr.Güneş G., Tarım makinaları, 1. Baskı, Nobel yayın ve dağıtım, Ankara, 488-491.

Yavuzcan G., 1978. Tarımsal elektrifikasyon, 2 Baskı, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 133s.

Yıldız Y., Tunçer İ. K., Özcan M. T. ve Başçetinçelik A., 1992. Bazı tarımsal ürünlerde kritik hız ve dane boyut özellikleri, Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, Samsun, S.274-27.

## **EKLER**

**EK A:** Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.

**EK B:** İkinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.

**EK C:** Birinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri.

**EK D:** İkinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri.





**EK A**

**Çizelge A.1.** Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kg <sup>h</sup> <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
45°	240	98.73 gh	99.36 a-d	99.54 ab	98.95 d-h	96.51 m	98.62 a	97.59 a
	576	98.75 f-h	99.36 a-d	<b>99.65</b> a	98.01 jk	92.41 tu	97.64 c	
	822	98.85 e-h	99.49 ab	99.33 a-d	98.61 hi	94.20 r	98.09 b	
	1152	98.20 ij	99.21 a-f	99.00 c-h	97.32 l	93.71 s	97.49 c	
	1600	99.27 a-e	99.45 a-c	97.63 qr	94.50 qr	89.59 w	96.09 d	
Hız x açı		98.76 c	99.37 a	99.03 b	97.48 d	93.29 g		
30	240	98.96 d-h	98.74 gh	96.67 m	92.22 u	87.12 aa	94.74 f	94.46 b
	576	99.11 b-g	98.97 d-h	96.72 m	92.23 u	87.75 z	94.96 e	
	822	99.16 b-g	98.79 f-h	96.27 mn	91.97 u	86.31 bbcc	94.50 g	
	1152	98.92 d-h	98.60 hi	95.54 o	90.65 v	89.79 w	94.70 fg	
	1600	98.76 f-h	97.80 jk	94.45 kl	89.83 w	86.18 bbcc	93.40 h	
Hız x açı		98.98 b	98.58 c	95.93 e	91.38 i	87.43 k		
15°	240	95.63 o	93.47 s	89.04 x	86.34 bb	85.26 ee	89.95 i	89.62 c
	576	95.87 no	93.44 s	88.82 x	86.23 bbcc	85.23 ee	89.92 i	
	822	95.79 o	92.75 t	88.62 xy	85.85 ccdd	85.23 ee	89.65 j	
	1152	94.99 p	92.41 tu	88.22 y	85.86 ccdd	<b>85.07</b> ee	89.31 k	
	1600	94.81 pq	92.38 tu	87.74 z	86.06 bbcc	85.39 ddee	89.28 k	
Hız x açı		95.42 f	92.89 h	88.49 j	86.07 l	85.24 m		

**Çizelge A.1. ( devam) Birinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.**

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
	Hız	97.72 a	96.95 b	94.48 c	91.64 d	88.65 e	Besleme oranı(kgh <sup>-1</sup> )	
Besleme x hız	240	97.77 ab	97.19 de	95.08 h	92.50 l	89.63 p	94.44 a	
	576	97.91 a	97.26 de	95.07 h	92.16 m	88.46 q	94.17 b	
	822	97.93 a	97.01 ef	94.74 i	92.15 m	88.58 q	94.08 b	
	1152	97.37 cd	96.74 fg	94.25 j	91.28 n	89.52 p	93.83 c	
	1600	97.61 bc	96.54 g	93.27 k	90.13 o	87.05 r	92.92 d	

\*:aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki istatistik fark önemli değildir (p<.01).



## EK B

Çizelge B.1. İkinci toplama kutusu için temizleme etkinliği değerleri.

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
45°	240	98.35 a-c	98.68 ab	97.71 d-f	95.57 i	90.41 pq	96.14 a	94.90 a
	576	<b>98.74</b> a	98.69 ab	97.73 d-f	93.67 k	87.36 w	95.24 b	
	822	98.61 ab	98.70 a	96.61 h	94.30 j	88.53 uv	95.35 b	
	1152	98.15 b-d	97.93 c-e	96.53 h	92.37 l	88.72 t-v	94.74 c	
	1600	98.21 a-d	97.88 c-e	93.31 k	89.28 s	86.45 y-aa	93.03 d	
	Hız x açı	98.41 a	98.38 a	96.38 c	93.04 e	88.30 ı		
30	240	97.47 ef	95.64 i	91.01 no	87.34 wx	85.43 dd-gg	91.38 e	94.46 b
	576	97.59 ef	95.67 i	90.90 np	87.13 wx	85.55 cc-ff	91.37 e	
	822	97.23 fg	95.50 i	90.62 op	86.80 xy	85.91 ff	91.21 f	
	1152	96.76 gh	94.61 j	89.86 qr	86.54 yz	88.44 uv	91.24 ef	
	1600	95.78 i	93.42 k	89.30 s	86.07 z-cc	85.02 ffgg	89.92 f	
	Hız x açı	98.98 b	98.58 c	95.93 e	91.38 i	87.43 k		
15°	240	91.84 lm	89.37 rs	86.33 y-bb	85.25 ffgg	<b>85.01</b> ffgg	87.56 h	87.33 c
	576	92.21 lm	89.26 st	86.14 z-bb	85.20 ffgg	85.01 ffgg	87.57 h	
	822	91.81 m	88.89 s-u	84.91 aa-dd	85.47 dd-ff	85.04 ffgg	87.22 h	
	1152	91.19 n	88.52 uv	85.87 bb-ee	85.16 ffgg	85.02 ffgg	87.15 i	
	1600	90.68 np	88.18 v	86.21 z-bb	85.46 dd-ff	85.34 ee-gg	87.17 i	
	Hız x açı	91.55 f	88.85 h	85.89 k	85.31 l	85.08 l		

**Çizelge B.1.(devam)** İkinci toplama kutusu için Temizleme etkinliği değerleri.

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı (°)
		27	24	21	18	15		
	Hız	95.64 a	94.06 b	90.87 c	88.37 d	86.48 e	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	
Besleme x hız	240	95.88 a	94.56 d	91.68 g	89.39 i	86.95 m	91.69 a	
	576	96.18 a	94.54 d	91.59 g	88.67 j	85.98 n	91.39 b	
	822	95.88 a	94.36 d	90.71 h	88.86 j	86.49 n	91.26 b	
	1152	95.37 b	93.69 e	90.75 h	88.02 k	87.39 l	91.04 c	
	1600	94.89 c	93.16 f	89.61 i	86.94 m	85.60 o	90.04 d	

\*:aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki istatistik fark önemli değildir (p<.01).

**EK C**

**Çizelge C.1.** Birinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kg <sup>h</sup> <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
45°	240	90.02 b	74.39 e	48.74 gh	18.83 o	12.34 qr	48.87 a	46.52 a
	576	91.04 ab	77.03 d	38.32 k	14.74 pq	3.70 v-z	44.97 c	
	822	92.42 ab	78.14 cd	42.87 j	18.46 o	4.03 u-y	47.19 b	
	1152	91.16 ab	79.81 c	41.48 j	14.26 pq	3.21 v-bb	45.98 c	
	1600	<b>93.01 a</b>	79.75 c	40.44 jk	11.34 r	3.49 v-aa	45.60 c	
	Hız x açı	91.53 a	77.82 b	42.37 d	15.53 f	5.35 h		
30	240	45.94 i	22.95 n	5.61 t-v	3.11 v-bb	1.49 z-dd	15.82 f	18.01 b
	576	50.74 g	27.34 m	6.23 s-u	2.45 x-dd	1.59 y-dd	17.67 e	
	822	47.40 hi	24.20 n	7.10 st	2.20 y-dd	2.96 w-cc	16.77 ef	
	1152	56.54 f	32.57 l	8.39 s	1.77 y-dd	<b>0.24 dd</b>	19.90 d	
	1600	58.43 f	31.30 l	6.65 st	1.93 y-dd	1.05 aa-dd	19.87 d	
	Hız x açı	51.81 c	27.67 e	6.80 gh	2.29 i	1.47 ik		
15°	240	12.58 qr	4.83 t-x	1.04 aa-dd	0.53 ccdd	0.39 dd	3.88 i	4.86 c
	576	13.64 pr	5.25 t-w	1.27 z-dd	0.59 y-dd	0.49 ccdd	4.25 hi	
	822	13.91 pq	5.18 t-w	1.37 z-dd	0.99 aa-dd	0.58 ccdd	4.41 hi	
	1152	15.47 p	6.51 s-u	2.08 y-dd	0.90 bb-dd	0.59 ccdd	5.11 h	
	1600	18.73 o	8.41 s	3.70 v-z	1.74 y-dd	0.82 bb-dd	6.68 g	
	Hız x açı	14.87 f	6.04 gh	1.89 ij	0.95 jk	0.58 k		

**Çizelge C.1. (devam)** Birinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kg <sup>h</sup> <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
	Hız	52.74 a	37.18 b	17.02 c	6.26 d	2.47 e	Besleme oranı(kg <sup>h</sup> <sup>-1</sup> )	
Besleme x hız	240	49.52 d	34.06 g	18.46 h	7.49 k	4.74 m	22.85	b
	576	51.81 c	36.54 f	15.27 j	5.93 lm	1.93 n	22.30	b
	822	51.24 c	35.84 f	17.12 hi	7.22 kl	2.53 n	22.79	b
	1152	54.39 b	39.63 e	17.32 hi	5.64 m	1.35 n	23.66	a
	1600	56.73 a	39.82 e	16.93 i	5.00 m	1.79 n	24.05	a

\*:aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki istatistik fark önemli değildir (p<.01).

**EK D**

**Çizelge D.1.** İkinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kg <sup>h</sup> <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı
		27	24	21	18	15		
45°	240	64.96 b	38.36 e	18.53 gh	6.70 l-o	10.47 jk	27.80 a	26.58 a
	576	65.23 b	42.23 d	13.20 ij	4.90 mq	3.04 p-w	25.72 b	
	822	68.89 a	42.26 d	14.28 i	4.61 m-r	2.21 q-w	26.45 b	
	1152	67.49 ab	45.76 c	14.03 i	4.32 n-t	1.85 r-w	26.69 ab	
	1600	<b>69.17</b> a	42.91 cd	13.15 ij	3.64 p-v	2.35 q-w	26.24 b	
	Hız x açı	67.15 a	42.30 b	14.64 d	4.84 f	3.98 f		
30	240	17.30 h	6.96 l-n	2.22 q-w	2.00 q-w	1.14 u-w	5.93 e	7.08 b
	576	21.05 g	8.86 kl	1.86 r-w	1.66 r-w	1.30 u-w	6.95 de	
	822	18.89 gh	7.38 lm	2.07 q-w	1.62 s-w	2.87 pw	6.57 de	
	1152	24.51 f	14.32 i	1.65 s-w	1.07 u-w	<b>0.13</b> w	8.33 c	
	1600	24.44 f	9.54 kl	1.88 r-w	1.36 u-w	0.95 u-w	7.63 cd	
	Hız x açı	21.24 c	9.41 e	1.94 g	1.54 gh	1.28 gh		
15°	240	3.90 o-u	1.29 u-w	0.32 w	0.25 w	0.15 w	1.18 f	1.69 c
	576	4.44 m-s	1.35 u-w	0.47 w	0.31 w	0.38 w	1.39 f	
	822	4.86 m-q	1.46 t-w	0.59 w	0.48 w	0.28 w	1.53 f	
	1152	5.39 m-p	2.31 q-w	0.90 vw	0.46 w	0.24 w	1.86 f	
	1600	7.22 l-n	2.69 p-w	1.62 s-w	0.75 vw	0.16 w	2.49 f	
	Hız x açı	5.16 f	1.82 g	0.78 gh	0.45 h	0.24 h		

**Çizelge D.1. (devam)** İkinci toplama kutusu için kayıp oranı değerleri

Fan açısı (°)	Besleme oranı (kgh <sup>-1</sup> )	Hava hızı (ms <sup>-1</sup> )					Açı x Besleme	Açı Besleme oranı(kgh <sup>-1</sup> )
		27	24	21	18	15		
	Hız	31.18 a	17.84 b	5.79 c	2.28 d	1.83 d		
Besleme x hız	240	28.72 d	15.54 g	7.02 h	2.99 kl	3.92 jk	11.64 ac	
	576	30.24 cd	17.48 f	5.18 ij	2.29 k-m	1.57 lm	11.35 c	
	822	30.88 bc	17.03 fg	5.65 hi	2.24 k-m	1.79 lm	11.52 bc	
	1152	32.46 ab	20.79 e	5.52 h-j	1.95 lm	0.74 m	12.29 a	
	1600	33.61 a	18.38 f	5.55 h-j	1.92 lm	1.15 m	12.12 ab	

\*:aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki istatistik fark önemli değildir (p<.01).

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Adı Soyadı :** Tuğba KARAKÖSE

**Doğum Yeri ve Tarihi :** Ereğli/1989

**Adres :** Türbe mah. Saray sokak no:17/3 Ereğli/KONYA

**E-Posta :** tugba.89@gmail.com

**Lisans :** Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü (2008-2012)

