



Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 35 (2020)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.616581

Prototip bir marul tohumu temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarımı ve imalatı

©Cengiz Özarslan^a, ©Ahmet Fatih Hacıyusufoğlu^b, ©Taner Akbaş^{b*}

^aAydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın

^bAydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu, Aydın

*Sorumlu yazar/corresponding author: taner@adu.edu.tr

Geliş/Received 06/09/2019

Kabul/Accepted 17/02/2020

ÖZET

Bu proje kapsamında marul tohumu temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarım ve imalatı yapılarak laboratuvar koşullarında denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Değiştirilebilir eleklerle sahip prototip makine ile 3 farklı elek açıklığında (0.94, 1.22 ve 1.34 mm) ve üç farklı eksantrik devir sayısında (300, 350 ve 400 rpm) gerçekleştirilen denemeler sonucunda, 0.94 mm açıklıktaki elek ve 400 rpm eksantrik devir sayısına sahip çalışma koşulu gerek eleme etkinliği gerekse safiyet yönünden en uygun değerlerde bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda ortaya konulan makina ile küçük işletmeler için kendi ihtiyaçlarını karşılayabilecek kapasiteye sahip, tohumun içerisindeki yabancı maddeleri ayıklayıp marul tohumlarını sınıflandırabilecek prototip bir makina ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Marul tohumu
Eleme
Sınıflandırma
Prototip makina

Design and manufacturing of a prototype lettuce seed cleaning and classification machine

ABSTRACT

In this project, a lettuce seed cleaning and classification machine was designed and manufactured and its experiments were carried out under laboratory conditions. The prototype machine with interchangeable sieves was tested in 3 different sieve apertures (0.94, 1.22 and 1.34 mm) and three different eccentric speeds (300, 350 and 400 rpm). As a result of the tests, the operating condition with 0.94 mm sieve apertures and 400 rpm eccentric speed were found to be the most suitable values both in terms of cleaning efficiency and purity. As a result of the study, a prototype machine which separates impurity in the lettuce seeds and with a capacity to meet their own needs for small enterprises was developed.

Keywords:
Lettuce seed
Cleaning
Classification
Prototype machine

© OMU ANAJAS 2020

Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir. Proje No: ZRF-17021

1. Giriş

Latince adı *Lactuca sativa* L. olan marul, yapraklı sebzeler grubunun en önemli sebzelerinden biri olarak kabul edilmekte ve dünya genelinde pek çok ülkede ticari olarak üretimi yapılmaktadır. Özellikle Asya, Avrupa, Kuzey ve Orta Amerika'da önemli bir ticari ürünüdür. Çin, ABD, İspanya, İtalya, Hindistan ve Japonya marul üretimi yapan başlıca ülkelerdendir (Kristkova vd., 2008).

Senelik bir kültür sebzesi olan marulun ülkemizde ise Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde ticari olarak üretimi yapılmaktadır. Açık tarla koşullarında üretim yapılabildiği gibi özellikle kış mevsimindeki yüksek fiyatlardan yararlanmak amacıyla sera ve alçak plastik tünellerde de marul üretimi yapılmaktadır. 2-3 ay gibi kısa bir üretim dönemine sahip olan marul, ülkemizde genellikle ikinci veya üçüncü ürün olarak ana sebze üretiminin ön veya arkasından yapılmaktadır.

Marul tohumları çeşit ve yetiştirme bölgelerine bağlı olarak çok az değişiklik göstermektedir (Şekil 1). Genelde yassı ve uzunluğuna oluklu, uç tarafı çıkıntılı olan marul tohumları 3-6 mm uzunluğunda 0.8-1.0 mm genişliğinde ve 0.3-0.6 mm kalınlığındadır. Tohum rengi ise kirli beyaz, sarı, krem, kahverengi ve siyaha yakın olabilmektedir. Tohumların bin dane ağırlığı 0.8-1.2 g'dır.

Marullarda tohum verimi, çeşit, sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri ile bakım koşullarına göre değişmektedir. Optimum bakım koşullarında bir dekar alandan 50-75 kg tohum elde edilmektedir (Anonim, 2011).



Şekil 1. Olgunlaşmış marul tohumları (Anonim, 2011)

Figure 1. Ripe lettuce seeds (Anonymous, 2011)

Hasat, taşıma veya nakliye sırasında yabancı maddeler esas ürün ile karışabilmektedir. Karışım içerisinde yer alan bu istenmeyen materyallerin önemli ölçüde azaltılması veya tamamen kaldırılması ürünün pazar değerinin artırılması için çok önemlidir (Okunola vd., 2015).

Marul tohumu üretiminde yabancı otlar ciddi bir zarara sebep olmaktadır. Çünkü yabancı ot tohumlarını

marul tohumlarından ayırabilmek oldukça güçtür ve bu durum ürünün pazarlanabilme özelliğini olumsuz etkilemektedir (Anonim, 2018).

Karışım halindeki materyallerden esas ürün tohumunu elde edebilmek temizleme ve ayırma işlemlerini de kapsayan bir dizi teknolojik işlem ile mümkün olmaktadır. Ana ürün içerisindeki istenmeyen yabancı materyalin karışımından ayrılması özellikle tahıl ve yem endüstrilerinde uygulanan işlemlerden biridir. Temizleme ve ayırma işleminin verimliliği ürün kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Panasiewicz vd., 2008).

Hasat ve harman işlemleri sonucunda elde edilen ürün içerisinde yer alan yabancı materyallerin ayrılmasında ve esas ürün tanelerinin sınıflandırılmasında belirgin ayırıcı karakteristik özelliklerden yararlanılmaktadır. Her bir tanenin yüzey özellikleri, iç ve biyolojik yapısı diğer bir taneden farklı olabilmektedir ve bu farklılıkların fazla olması ayırma işleminin başarısını artırmaktadır.

Yabancı materyallerin esas üründen ayrılması ve sınıflandırılmasında genel olarak fiziksel özelliklerden yararlanılmakta ve temizleme işlemlerinde geometrik ve aerodinamik özellikler öncelikle tercih edilmektedir (Yağcıoğlu, 1996).

Tohum temizleme işlemlerinde, pnömatik ayırıcılar ve elek düzenleri kullanılmaktadır. Ticari anlamda birçok temizleme makinesi, bu temizleme yöntemlerinden birden fazlasını içermektedir. Bu yöntemleri en iyi şekilde kullanabilmek için hem esas ürün hem de yabancı materyalin geometrik ve aerodinamik özelliklerini bilmek faydalı olmaktadır (Hauhouot-O'Hara vd., 2000).

Harman işlemi sonucunda elde edilen marul tohumu içerisinde farklı fiziksel özelliklere sahip yabancı materyaller bulunmaktadır (Şekil 2). Marul yetiştiriciliğinde ekim ve bakım faaliyetleri açısından safiyeti yüksek tohumluğun kullanılması büyük önem taşımaktadır. Yüksek safiyette tohum kullanıldığında ekimin kalitesi artmaktadır. Hem mekanik hem de kimyasal mücadelesi oldukça zor olan yabancı otların ekim ile beraber yaygınlaşması önlenmekte ve bakım işlemleri kolaylaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı marul tohumunun istenmeyen her türlü yabancı maddeden temizlenmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 2. Marul tohumu ve yabancı madde karışımı

Figure 2. Mix of lettuce seeds and foreign materails

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada yabancı materyallerle karışım halinde bulunan marul tohumlarının bazı fiziksel özellikleri belirlenerek uygun bir eleme işleminin yapılabilmesi için gerekli olan elek düzeninin imalatının ve fonksiyonellik denemelerinin yapılması amaçlanmıştır.

2. Materyal

Çalışmada Duna (*Lactuca Sativa* L. Duna) çeşidi marul tohumu yerli bir tohum firmasından temin edilmiştir. Öncelikle tohumlar başlangıçtaki safiyetinin belirlenmesi için içerisindeki yabancı materyaller elle ayrılmıştır.

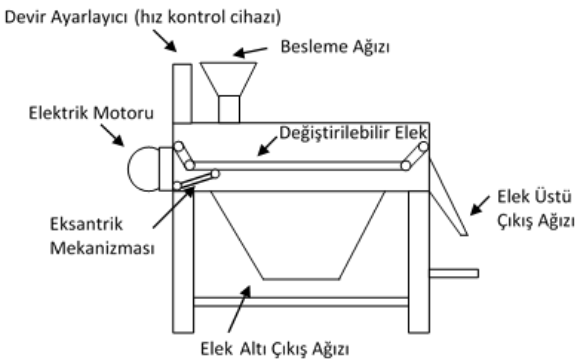
Marul tohumlarının nem içeriğinin belirlenmesi için temiz marul tohumundan hazırlanan 5 örnek 105 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler tekrar tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla kuru baza göre nem içeriği hesaplanmıştır:

$$Nem (\%) = \frac{W_0 - W}{W} * 100 \quad (1)$$

Eşitlikte W_0 yaş ürün ağırlığı (g) ve W kuru ürün ağırlığıdır (g).

Marul tohumlarının uzunluk, genişlik, projeksiyon alanı ve yuvarlaklığın belirlenebilmesi için karışım içerisinde rastgele seçilen 500 tane marul tohumunun 1 cm²'lik kalibrasyon yüzeyleriyle beraber fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonra bu görüntüler bilgisayara aktarılmış ve Image Tool 3.0 görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir (Saraçoğlu ve Özarslan, 2012). Marul tohumlarının kalınlıklarının ve yabancı materyallerin boyut ölçümleri manuel gerçekleştirilmiş olup ölçüm için 0.001 mm hassasiyete sahip dijital mikrometre kullanılmıştır.

Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen prototip makine; elektrik motoru, hız kontrol cihazı, eksantrik mekanizması, elek ve çatıdan oluşmaktadır (Şekil 3, Şekil 4).



Şekil 3. Prototip marul eleme makinası şematik gösterim

Figure 3. Schematic view of lettuce sieving machine



Şekil 4. Prototip makinanın genel görünüşü

Figure 4. General view of the prototype machine

Prototip makinada kullanılan elektrik motoruna (Şekil 5) ait teknik özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur.



Şekil 5. Elektrik motoru

Figure 5. Electric motor

Çizelge 1. Elektrik motoruna ait teknik özellikleri

Table 1. Technical features of electric motor

V	Hz	A	kW	Cos φ	min ⁻¹
220	50	1.6	0.25	0.70	1380
380	50	0.9	0.25	0.70	1380
460	50	0.9	0.30	0.67	1656

Elektrik motoru devir sayısının ayarlanmasında kullanılan hız kontrol cihazına (Şekil 6) ait teknik özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 6. Hız kontrol cihazı

Figure 6. Speed controller

Çizelge 2. Hız kontrol cihazına ait teknik özellikler

Table 2. Technical specifications of the speed controller

Boyutlar (mm)	160 × 145 × 79
Hız kontrol cihazı özellikleri	V/f kontrol
	0.40–1.5 kW güç aralığı (monofaze besleme)
	0.1–400 Hz çıkış frekansı
	5 dijit 7 segment led ekran
	Dâhili frenleme ünitesi
	DC frenleme özelliği
	Ayarlanabilir V/f eğrisi seçimi
	Motor koruma fonksiyonları
	Geniş gövde soğutma yüzeyi
	IP20 koruma sınıfı

Prototip makine üzerinde farklı özelliklere sahip üç adet tel örme elek kullanılmıştır. Kullanılan elekler için teknik özellikler Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan elekler için teknik özellikler

Table 3. Technical properties of sieves used in the study

Elek Numarası	Mesh	Açıklık (mm)	Tel Çapı (mm)
1	20	0.94	0.30
2	16	1.22	0.37
3	14	1.34	0.47

Denemelere başlamadan önce materyalden 100 g’lık üçer numune alınmış ve tane ile yabancı materyaller (taş, sap, yabancı ot tohumu) elle ayrılarak başlangıçtaki safiyet aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir (Sattar vd., 2015).

$$\eta_b = \frac{G_y}{G_o} * 100 \quad (2)$$

Eşitlikte η_b başlangıçtaki safiyet (%), G_y ayıklanan yabancı materyal ağırlığı (g) ve G_o toplam örnek ağırlığıdır (tane+yabancı materyal) (g).

Denemeler, her bir elek numarası için üç farklı eksantrik devrinde (300, 350 ve 400 rpm) üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Her denemede 1000 g deneme materyali kullanılmıştır. Elek üzerinde materyal bitene kadar makine çalıştırılmış ve süre ölçümü yapılmıştır. Deneme sonunda elek altı ve elek üstü çıkış ağzından çıkan materyaller toplanmış ve tartılmıştır. Ayrıca her bir tekerrürden numuneler alınarak tane ve yabancı materyaller elle ayrılmıştır. Ayrılan bu materyallerden eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı ile çimlenme oranı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlere uygulanan istatistiksel analizler varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Elek numarasının ve eksantrik devir sayısının, eleme etkinliği, safiyet ve eleme kapasitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma analizi yapılmıştır.

2.1. Denemelerde Kullanılan Ölçüm Araçları

Denemeler sırasında zaman ölçümlerini yapmak amacıyla dijital bir kronometre kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan materyalin tartılmasında maksimum kapasitesi 8100 g olan ve 0.1 g duyarlılıkta ölçüm yapabilen elektronik bir hassas terazi (Precisa BJ 8100D) kullanılmıştır. Marul tohumlarının ve yabancı materyalin boyut özelliklerinin belirlenmesinde 0-25 mm ölçüm aralığına sahip, 0.001 mm hassasiyete sahip, LCD ekranlı bir dijital mikrometre (Mitutoyo 293-230-30) kullanılmıştır.

2.2. Eleme Etkinliğinin Belirlenmesi

Eleğin eleme etkinliği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Sattar vd., 2015):

$$E_t = \frac{G_a}{G_b} * 100 \quad (3)$$

Eşitlikte E_t eleğin eleme etkinliği (%), G_a eleğin altından ayrılan materyal içindeki tane ağırlığı (g) ve G_b beslemedeki toplam tane ağırlığıdır (g).

2.3. Safiyetin Belirlenmesi

Elekten elde edilen temiz tanenin safiyeti aşağıdaki eşitlik yoluyla hesaplanmıştır (Simonyan, ve Yiljep, 2008):

$$\eta_s = \frac{G_a}{G_t} * 100 \quad (4)$$

Eşitlikte η_s eleğin safiyeti (%) ve G_t eleğin altından ayrılan toplam materyal ağırlığıdır (g).

2.4. Temizleme Kaybının Belirlenmesi

Eleğin temizleme kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Simonyan, ve Yiljep, 2008):

$$K_t = \frac{G_{\bar{u}}}{G_b} * 100 \quad (5)$$

Eşitlikte K_t eleğin temizleme kaybı (%) ve $G_{\bar{u}}$ eleğin üstünden ayrılan materyal içindeki tane ağırlığıdır (g).

2.5. Çimlenme Oranının Belirlenmesi

Çimlenme testi için 100'er adet tohum üç tekerrürlü olarak, önceden ıslatılmış çimlenme kağıdına konularak 25 °C'de bir çimlendirme kabinine yerleştirilmiştir. 7 gün sonra normal olarak filizlenen tohumların sayısı belirlenmiştir. Çimlenme oranı (ÇO) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Kumar vd., 2012).

$$\text{ÇO} = \frac{\text{Toplam çimlenen tohum sayısı}}{\text{Çimlenmede kullanılan toplam tohum sayısı}} \cdot 100 \quad (6)$$

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Marul tohumlarının kuru baza göre ortalama nem içeriği %8.09, başlangıçtaki safiyet %90.16 ve çimlenme oranı değeri %70.5 olarak elde edilmiştir. Tohum ve yabancı materyallere ait yapılan boyut ölçüm sonuçları Çizelge 4-5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Marul tohumlarına ait boyut özellikleri (ort±SS)

Table 4. Dimension properties of lettuce seeds (mean±SD)

Tohumlar	Ortalama
Uzunluk (mm)	2.84±0.28
Genişlik (mm)	1.05±0.11
Kalınlık (mm)	0.34±0.05
Projeksiyon Alanı (mm ²)	2.24±0.32
Yuvarlaklık	0.61±0.07

Çizelge 5. Yabancı materyallere ait ortalama boyut özellikleri

Table 5. Mean dimensions of foreign materials

Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
4.26	1.28	0.86

3.1. Laboratuvar Koşullarında Yapılan Denemelere İlişkin Bulgular

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen denemeler sonucunda eksantrik devir sayısına bağlı olarak eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı değerleri Şekil 7-9'da sunulmuştur.

Şekil 7 incelendiğinde, 300 rpm eksantrik devir sayısı için en yüksek safiyet değerine (%98.00) 3 numaralı ekte ulaşılrken en yüksek eleme etkinliği (%79.51) 2 numaralı ekte gerçekleşmiştir. Benzer şekilde en düşük temizleme kaybı değeri de (%20.49) 2 numaralı ekte olmuştur.

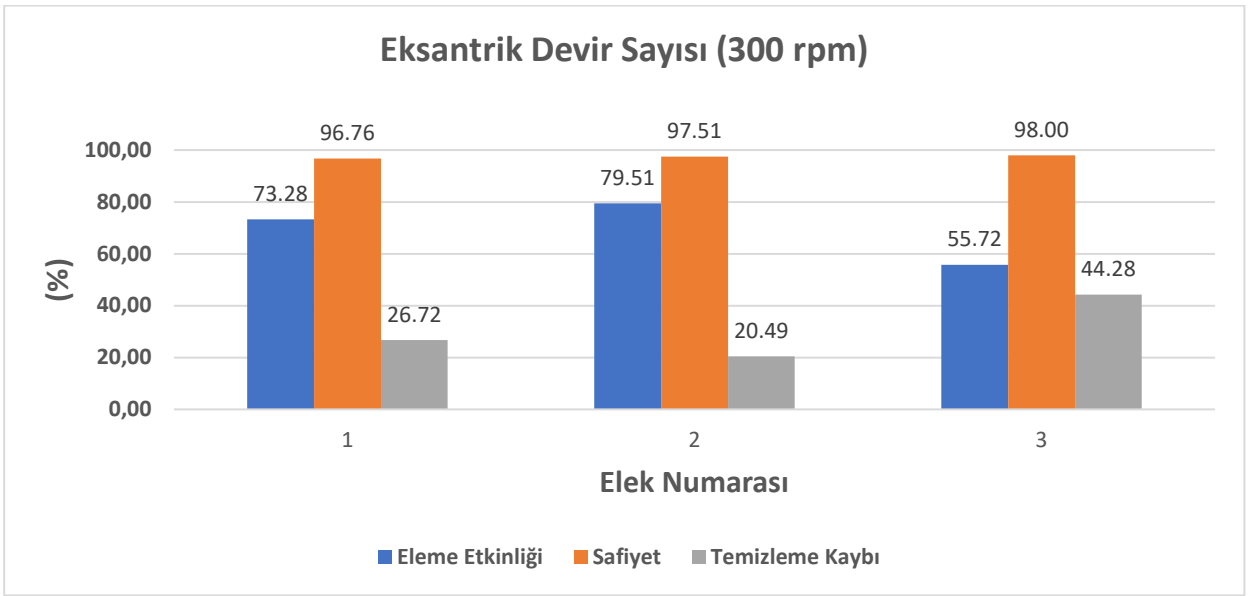
Şekil 8 incelendiğinde, 350 rpm eksantrik devir sayısı için en yüksek safiyet (%98.77) ve eleme etkinliği (%84.98) değerine 2 numaralı ekte ulaşıldığı görülmektedir. Aynı şekilde en düşük temizleme kaybı değeri de (%15.02) 2 numaralı ekte gerçekleşmiştir.

Şekil 9 incelendiğinde, 400 rpm eksantrik devir sayısı için en yüksek safiyet değerine (%98.33) 2 numaralı ekte ulaşılrken en yüksek eleme etkinliği (%93.26) 1 numaralı ekte gerçekleşmiştir. Benzer şekilde en düşük temizleme kaybı değeri de (%6.74) 1 numaralı ekte olmuştur.

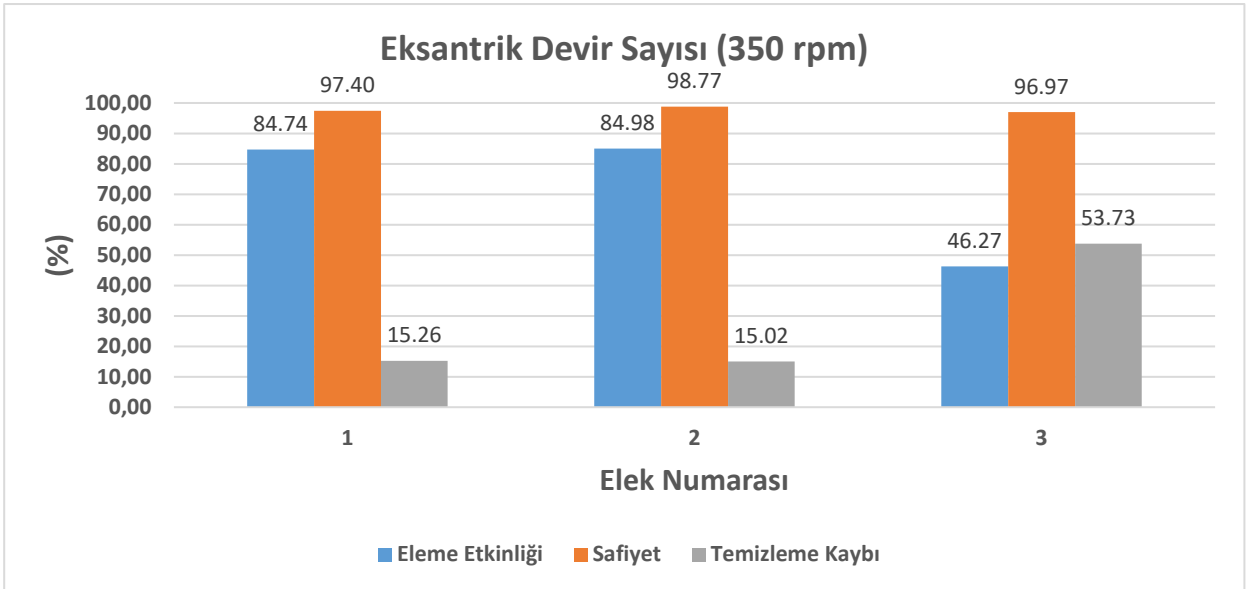
Denemeler sonucunda eksantrik devir sayısı ve elek numarasına bağlı olarak eleme kapasitesi değerleri Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 10 incelendiğinde, en yüksek eleme kapasitesi değerlerine 3 numaralı elek (69.37 ve 63.95 kg h⁻¹) ile 400 ve 350 rpm eksantrik devir sayılarında ulaşılrken bunu 400 rpm eksantrik devir sayısı ile 2 numaralı elek takip etmiştir (%62.78). 400 rpm devir sayısında 1 numaralı elek de bunlara yakın performans sergilemiştir (%62.22).

3.2. İstatistiksel Analiz Sonuçları

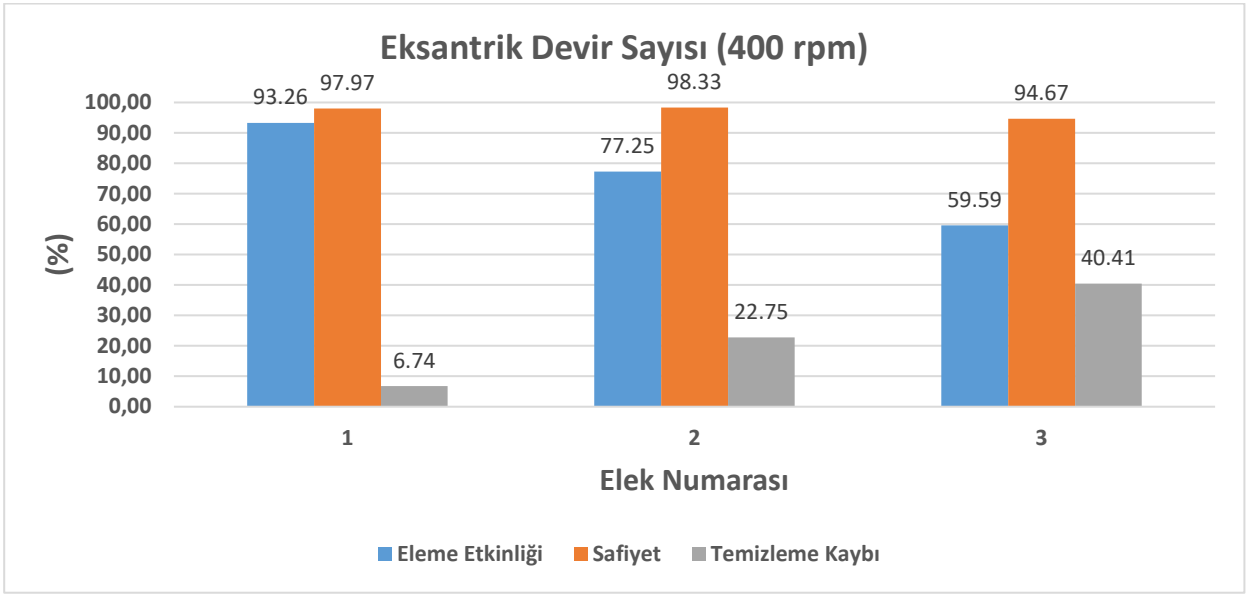
İstatistiksel analizlerde kullanılan bağımsız değişkenler ve seviyeleri Çizelge 6'da verilmiştir.



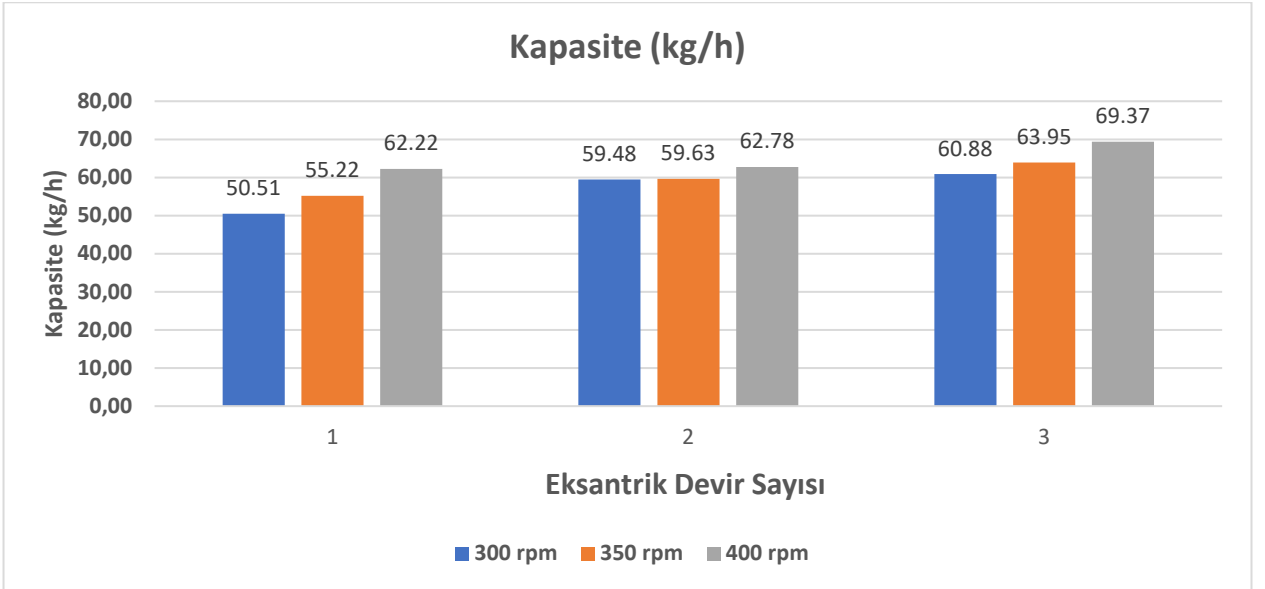
Şekil 7. 300 rpm eksantrik devir sayısı için eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı değerleri
 Figure 7. Sieving efficiency, purity and sieving loss values for 300 rpm eccentric speed



Şekil 8. 350 rpm eksantrik devir sayısı için eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı değerleri
 Figure 8. Sieving efficiency, purity and sieving loss values for 350 rpm eccentric speed



Şekil 9. 400 rpm eksantrik devir sayısı için eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı değerleri
 Figure 9. Sieving efficiency, purity and sieving loss values for 400 rpm eccentric speed



Şekil 10. Eksantrik devir sayısı ve elek numarasına bağlı olarak eleme kapasitesi (kg h^{-1})
 Figure 10. Sieving capacity depending on eccentric speed and sieve number (kg h^{-1})

Çizelge 6. Denemelerde yer alan bağımsız değişkenler ve seviyeleri

Table 6. Independent variables and their levels in experiments

Bağımsız Değişkenler	Seviyeler
Elek Numarası	1
	2
	3
Eksantrik Devir Sayısı (rpm)	300
	350
	400

Çizelge 7'deki varyans analizi sonuçlarına bakıldığında bağımlı değişken olan eleme etkinliği değerleri için yapılan varyans analizinde elek numarası

ile eksantrik devir sayısının eleme etkinliği üzerindeki etkilerinin ve elek numarası * eksantrik devir sayısı interaksyonunun önemli olduğu görülmektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 7. Eleme etkinliğinin varyans analizi sonuçları

Table 7. Variance analysis results of sieving efficiency

Varyasyon Katsayıları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Elek Numarası	4951.031	2	2475.515	139.477	0.000
Eksantrik Devir Sayısı	248.474	2	124.237	7.000	0.005
Elek Numarası * Eksantrik Devir Sayısı	783.715	4	195.929	11.039	0.000
Error	337.223	19	17.749		

$R^2 = 0.945$ (Düzeltilmiş $R^2 = 0.922$)

Çizelge 8 incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre bağımlı değişken olan safiyet için yapılan varyans analizinde elek numarasının ve

elek numarası * eksantrik devir sayısı interaksyonunun safiyet üzerindeki etkisinin önemli, eksantrik devir sayısının ise önemsiz olduğu görülmektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 8. Safiyetin varyans analizi sonuçları

Table 8. Variance analysis results of purity

Varyasyon Katsayıları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Elek Numarası	12.334	2	6.167	4.552	0.024
Eksantrik Devir Sayısı	2.414	2	1.207	.891	0.427
Elek Numarası * Eksantrik Devir Sayısı	20.134	4	5.034	3.715	0.021
Error	25.740	19	1.355		

$R^2 = 0.575$ (Düzeltilmiş $R^2 = 0.397$)

Çizelge 9'daki varyans analizi sonuçlarına göre bağımlı değişken olan eleme kapasitesi değerleri için yapılan varyans analizinde elek numarası ile eksantrik devir

sayısının eleme kapasitesi üzerindeki etkilerinin önemli, elek numarası * eksantrik devir sayısı interaksyonunun ise önemsiz olduğu görülmektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 9. Eleme kapasitesinin varyans analizi sonuçları

Çizelge 9. Elek kapasitesinin varyans analizi sonuçları

Table 9. Variance analysis results of sieving capacity

Varyasyon Katsayıları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Elek Numarası	360.638	2	180.319	25.462	0.000
Eksantrik Devir Sayısı	295.483	2	147.741	20.862	0.000
Elek Numarası * Eksantrik Devir Sayısı	57.504	4	14.376	2.030	0.131
Error	134.554	19	7.082		

$R^2 = 0.853$ (Düzeltilmiş $R^2 = 0.791$)

Çizelge 10 incelendiğinde eleme etkinliği değeri 1 ve 2 numaralı elekte benzer şekilde en yüksek (%83.76 ve %80.58), 3 numaralı elekte ise en düşük (%53.86) olarak belirlenmiştir. 400 rpm eksantrik devir sayısı değeri en yüksek eleme etkinliğini (%76.70) vermişken, 300 ve 350 rpm eksantrik devir sayısı değerleri benzer şekilde en düşük etkinlik değerlerine (%69.88 ve %72.00) sahiptir.

Eleme işlemi sonucundaki safiyet 2 numaralı elekte çalışmada en yüksek değere (%98.20) sahipken, en düşük değere (%96.55) 3 numaralı elekte ulaşılmıştır.

1 numaralı eleğe ait safiyet değerleri ise bu iki eleğe benzer ve bunların arasındadır. Safiyet değeri üzerine eksantrik devir sayıları incelendiğinde her üç değerinde benzer olduğu görülmektedir.

Sistemin eleme kapasitesi değerleri incelendiğinde en yüksek değerlere 3 numaralı elekte (64.73 kg h^{-1}) ve 400 rpm eksantrik devir sayısında (64.79 kg h^{-1}) ulaşılmışken, en düşük değerler ise 1 numaralı elekte (55.98 kg h^{-1}) ve 300 rpm eksantrik devir sayısında (56.31 kg h^{-1}) elde edilmiştir.

Çizelge 10. Elek numarası ve eksantrik devir sayısına dayalı eleme etkinliği, safiyet ve eleme kapasitesinin Duncan gruplandırması

Table 10. Duncan grouping of sieving efficiency, purity and sieving capacity based on sieve number and eccentric speed

		Eleme Etkinliği (%)	Safiyet (%)	Eleme Kapasitesi (kg h^{-1})
Elek Numarası	1	83.76 ^a	97.38 ^{ab}	55.98 ^a
	2	80.58 ^a	98.20 ^b	60.63 ^c
	3	53.86 ^b	96.55 ^a	64.73 ^b
Eksantrik Devir Sayısı (rpm)	300	69.88 ^a	97.36 ^a	56.31 ^a
	350	72.00 ^a	97.72 ^a	59.60 ^b
	400	76.70 ^b	96.99 ^a	64.79 ^c

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, tasarım ve imalatı yapılan marul tohumu temizleme ve sınıflandırma makinası prototipinin laboratuvar performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Makinanın laboratuvar performansının tespitinde, eksantrik devir sayısı ve elek numarasına bağlı olarak eleme etkinliği, safiyet ve temizleme kaybı değerleri belirlenerek, bu değerlerin istatistiki olarak önem dereceleri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, 1 numaralı elek ve 400 rpm eksantrik devir sayısı (1-400) ile çalışma koşulunda, eleme etkinliğinin en yüksek değere (%93.26) ulaştığı görülmektedir. 2 numaralı elek ve 350 rpm eksantrik devir sayısı (2-350) ile çalışma koşulunda ise safiyet en büyük değere (%98.77) ulaşılmıştır. Ancak 2-

350 çalışma koşulunda tohum kaybı %15.02'lik yüksek bir değere sahiptir. Ayrıca 1-400 koşulunda elde edilen safiyet değeri (%97.97) 2-350 koşulunda elde edilen değere (%98.77) oldukça yakındır. Bu değer, çalışmada kullanılan materyalin başlangıçtaki safiyet değerine (%90.16) göre %8.7 oranında daha yüksek olmuştur.

Eleme sisteminin birim zamanda işlediği materyal olan kapasite yönünden sonuçlar irdelendiğinde; elek açıklığı en büyük olan 3 numaralı elek (1.34 mm) ve en yüksek eksantrik devir sayısına sahip (400 rpm) çalışma koşullarında en büyük kapasiteye (69.37 kg h^{-1}) ulaşılmıştır.

Dolayısıyla, 1 numaralı elek ve 400 rpm eksantrik devir sayısına (1-400) sahip çalışma koşulu gerek eleme etkinliği gerekse safiyet yönünden optimum sonuçlara sahiptir. Bu çalışma koşulunda elde edilen kapasite

değeri de (62.22 kg h⁻¹) en yüksek kapasite değerine (69.37 kg h⁻¹) yakın bulunmuştur.

Teşekkür

ZRF-17021 nolu Bilimsel Araştırma Projesine destek veren Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim, 2011. Bileşik çiçekli sebzeler yetiştiriciliği. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim 2018. https://cals.arizona.edu/fps/sites/cals.arizona.edu/fps/files/cotw/Lettuce_Seed.pdf. (Erişim Tarihi: 18.07.2018).
- Hauhout-O'Hara, M., Criner B.R., Brusewitz 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*, 2: 1-14.
- Kristkova, E., Dolezalova, I., Lebeda, A., Vinter, V., Novotna, A. 2008. Description of Morphological Characters of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Genetic Resources. *Horticultural Science (Prague)*, 35: 113-129.
- Kumar, B., Verma, S.K., Ram, G., Singh, H.P., 2012. Temperature Relations for Seed Germination Potential and Seedling Vigor in Palmarosa (*Cymbopogon martinii*), *Journal of Crop Improvement*, 26:791–801.
- Okunola, A.A., Igbeka, J.C., Arisoyin, A.G. 2015. Development And Evaluation Of A Cereal Cleaner. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2: 1587-1592.
- Panasiewicz, M., Zawislak, K., Kusinska, E., Sobczak, P. 2008. Purification and Separation of Loose Materials in a Pneumatic System with Vertical Air Stream. *Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 8: 171-176.
- Saraçoğlu, T., Özarlan, C. 2012. Moisture-Dependent Geometric, Frictional and Mechanical Properties of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) Seeds. *Philippine Agricultural Scientist*, 95(1): 53-63.
- Sattar, M., Din, M., Ali, M., Ali, L., Waqar, M.Q., Ali, M.A., Khalid, L. 2015. Grain Losses of Wheat as Affected by Different Harvesting and Threshing Techniques, *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 2 (6):20-26
- Simonyan, K.J. and Yiljep, Y.D. 2008. Investigating Grain Separation and Cleaning Efficiency Distribution of a Conventional Stationary Rasp-bar Sorghum Thresher, *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 10:1-13
- Yağcıoğlu, A. 1996. Ürün işleme tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.