



T.C

AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MARUL TOHUMUNUN GEOMETRİK VE
AERODİNAMİK ÖZELLİKLERE GÖRE
AYRILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

İpek ÇEKİM

**Danışman
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN**

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
2021-YL-014

**MARUL TOHUMUNUN GEOMETRİK VE
AERODİNAMİK ÖZELLİKLERE GÖRE
AYRILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

İpek ÇEKİM

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi İpek Çekim tarafından hazırlanan “Marul Tohumunun Geometrik ve Aerodinamik Özelliklere Göre Ayrılabilirliğinin Araştırılması” başlıklı tez, (18.01.2021) tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

| | Ünvanı, Adı Soyadı | Kurumu | İmzası |
|--------|--------------------------------|--------|--------|
| Başkan | : Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN | ADÜ | |
| Üye | : Doç. Dr. Yeşim Benal ÖZTEKİN | OMÜ | |
| Üye | : Doç. Dr. Türker SARAÇOĞLU | ADÜ | |

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla.....tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül Aydın
Enstitü Müdürü



T.C
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

18/01/2021

İmza
İpek ÇEKİM



ÖZET

MARUL TOHUMUNUN GEOMETRİK VE AERODİNAMİK ÖZELLİKLERE GÖRE AYRILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İpek ÇEKİM

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz Özarslan

2021, 79 sayfa

Bu çalışmada karışım halinde bulunan marul tohumları ve yabancı materyallerin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiş ve karışımın birbirinden ayrılabilmesi için bir elek düzeni ve aerodinamik düzen tasarlanmıştır. Eleme sistemi için 40 mm genlikte 150, 175 ve 200 min^{-1} devirde, 30 mm genlikte 200, 225 ve 250 min^{-1} devirde ve 20 mm genlikte 250, 275 ve 300 min^{-1} devirde; aerodinamik sistem için 1,00, 1,15 ve 1,30 m s^{-1} hava hızlarında denemeler gerçekleştirilmiştir. Elek sistemi için temizleme performans kriterleri, aerodinamik sistem için ise ayırma performans kriterleri belirlenmiştir.

Denemeler sonucunda elde edilen verilere göre elek sistemi için devir sayısındaki artış temizleme etkinliğinin azalmasına, temizleme kaybının artmasına neden olmuştur. Tohum safiyeti, devrin artmasından önemli derecede etkilenmemiştir. Aerodinamik sistem için, hava hızının artması ayırma etkinliğinin azalmasına ve ayırma kaybının artmasına neden olmuştur. Tohum safiyeti, hava akış hızının artmasına bağlı olarak önemli oranda artmıştır. Aerodinamik sistemde 1,00, 1,15 ve 1,30 m s^{-1} hava hızları için sırasıyla ayırma etkinliği %99,06, %97,13, %91,72, ayırma kaybı %0,94, %2,87, %8,28, tohum safiyeti %99,38, %99,53, %99,70 ve yabancı materyal ayırma etkinliği %67,76, %77,80, %86,23 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Marul tohumu, eleme sistemi, aerodinamik sistem, etkinlik



ABSTRACT

INVESTIGATION OF SEPARABILITY OF LETTUCE SEED BY GEOMETRIC AND AERODYNAMIC PROPERTIES

İpek ÇEKİM

Master of Science Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz Özarıslan

2021, 79 pages

In this study, some physical properties of lettuce seeds and foreign materials in a mixture were determined and a screening system and an aerodynamic system were designed to separate the mixture from each other. Tests were carried out for the aerodynamic system at 1,00, 1,15 and 1,30 m s⁻¹ air velocities; and for the screening system at different screen speeds; (150,175, 200 min⁻¹), (200, 225, 250 min⁻¹) and (250, 275, 300 min⁻¹) with amplitudes 40, 30 and 20 mm, respectively. Cleaning performance indications for the screening system and separation performance indications for the aerodynamic system were determined.

According to result of the experiments, the increase of the screen speed caused a decrease in cleaning efficiency and an increase in cleaning loss but seed purity was not affected much by the increase of the speed. For the aerodynamic system, the increase in air velocity caused a decrease in separation efficiency and an increase in separation loss. Seed purity increased considerably due to the increase of air velocity. Separation efficiency was 99,06%, 97,13%, 91,72%, separation loss was 0,94%, 2,87%, 8,28%, seed purity was 99,38%, 99,53%, 99,70% and foreign material separation efficiency was 67,76%, 77,80%, 86,23% for air velocities of 1,00, 1,15 and 1,30 m s⁻¹ in the aerodynamic system, respectively.

Key Words: Lettuce seed, screening system, aerodynamic system, efficiency



ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince, bu tezin oluşum ve yönetim aşamalarında yardımlarını ve desteğini benden esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve yol gösteren, çalışmalarım da her türlü olanağı sağlayan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım da her zaman desteğini hissettiğim değerli hocam Doç. Dr. Türker SARAÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Denemelerimde hem destekçim hem de yardımcım olan sevgili arkadaşlarıma, bu yoğun süreçte bana güvenip, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ve her zaman yanımda yer alan sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (BAP) (ZRF-19004) tarafından desteklenmiştir.

İpek ÇEKİM



İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| Kabul ve Onay Sayfası..... | iii |
| Bilimsel Etik Bildirim Sayfası | v |
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT | ix |
| ÖNSÖZ | xi |
| SİMGELER DİZİNİ..... | xv |
| KISALTMALAR DİZİNİ..... | xvii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xxi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ | 8 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM..... | 15 |
| 3.1. Materyal | 15 |
| 3.1.1. Marul Tohumu | 15 |
| 3.1.2. Temizleme Sistemi | 15 |
| 3.1.3. Ölçümlerde Kullanılan Alet ve Cihazlar | 17 |
| 3.1.3.1. Hassas terazi..... | 18 |
| 3.1.3.2. Etüv | 18 |
| 3.1.3.3. Dijital mikrometre..... | 19 |
| 3.1.3.4. Kritik hız ölçüm düzeneği ve kızgın telli anemometre | 19 |
| 3.1.3.5. Ölçekli kap | 20 |
| 3.1.3.6. Piknometre | 21 |
| 3.1.3.7. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği | 21 |
| 3.1.3.8. Statik yığılma açısı ölçüm düzeneği | 22 |
| 3.1.3.9. Dinamik yığılma açısı ölçüm düzeneği..... | 22 |
| 3.1.3.10. El penetrometresi | 23 |
| 3.1.3.11. Takometre | 23 |
| 3.2. Yöntem..... | 24 |
| 3.2.1. Nem İçeriğinin Belirlenmesi | 24 |
| 3.2.2. Marul Tohumlarının Başlangıçtaki Safiyetinin Belirlenmesi..... | 24 |

| | |
|---|----|
| 3.2.3. Geometrik Özelliklerin Belirlenmesi..... | 24 |
| 3.2.4. Gravimetrik Özelliklerin Belirlenmesi | 26 |
| 3.2.5. Aerodinamik Özelliklerin Belirlenmesi..... | 27 |
| 3.2.6. Sürtünme Özelliklerinin Belirlenmesi | 27 |
| 3.2.7. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi..... | 29 |
| 3.2.8. Elek Sistemi Seçim Kriterleri | 29 |
| 3.2.9. Aerodinamik Sistem Seçim Kriterleri | 32 |
| 3.2.10. Temizleme Sistemi Çalışma Prensibi | 32 |
| 3.2.11. Temizleme Sisteminin Performansı..... | 34 |
| 3.2.11.1. Çalışmada kullanılan veri analiz tekniği | 37 |
| 4. BULGULAR ve TARTIŞMA | 39 |
| 4.1. Nem İçeriğine İlişkin Sonuçlar..... | 39 |
| 4.2. Marul Tohumlarının Başlangıçtaki Safiyetine İlişkin Sonuçlar | 39 |
| 4.3. Geometrik Özelliklere İlişkin Sonuçlar | 39 |
| 4.4. Gravimetrik Özelliklere İlişkin Sonuçlar | 41 |
| 4.5. Aerodinamik Özelliklere İlişkin Sonuçlar | 42 |
| 4.6. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuçlar | 43 |
| 4.6.1. Statik Sürtünme Katsayısı | 43 |
| 4.6.2. Dinamik Yığılma Açısı..... | 45 |
| 4.6.3. Statik Yığılma Açısı | 46 |
| 4.7. Mekanik Özelliklere İlişkin Sonuçlar..... | 46 |
| 4.8. Temizleme Sisteminin Performansına İlişkin Sonuçlar | 46 |
| 4.8.1. Elek Sisteminin Temizleme Performansı | 46 |
| 4.8.2. Aerodinamik Sistemin Ayırma Performansı | 59 |
| 4.8.3. Temizleme Sisteminin Temizleme Performansı..... | 67 |
| 5. SONUÇ..... | 71 |
| KAYNAKLAR..... | 73 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 79 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|------------|---|
| D | : Koninin (platformun) çapı (mm) |
| D_o | : Geometrik ortalama çap (mm) |
| d_t | : Tolüen yoğunluğu ($g\ cm^{-3}$) |
| E_a | : Hava kanalının ayırma etkinliği (%) |
| E_{ay} | : Hava kanalının yabancı materyal ayırma etkinliği (%) |
| E_s | : Temizleme sisteminin etkinliği (%) |
| E_{sy} | : Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği (%) |
| E_t | : Oblong eleğin temizleme etkinliği (%) |
| E_{ty} | : Oblong eleğin yabancı materyal temizleme etkinliği (%) |
| G | : Toplam materyal (tane+yabancı materyal) ağırlığı (g) |
| G_a | : Oblong eleğin altından ayrılan materyal içindeki tane ağırlığı (g) |
| G_{ay} | : Oblong eleğin altından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g) |
| G_b | : Beslemedeki toplam tane ağırlığı (g) |
| G_{by} | : Beslemedeki toplam yabancı materyal ağırlığı (g) |
| G_m | : Ayıklanan marul tohumunun ağırlığı (g) |
| G_t | : Oblong eleğin altından ayrılan toplam materyal ağırlığı (g) |
| G_{t1} | : Hava kanalı 1. çıkışındaki toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g) |
| G_{t2} | : Hava kanalı 2. çıkışındaki toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g) |
| G_{top1} | : Hava kanalı 1. çıkışındaki toplam materyal ağırlığı (g) |
| G_{ty1} | : Hava kanalının 1. çıkışından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g) |
| G_{ty2} | : Hava kanalının 2. çıkışından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g) |
| $G_{ü}$ | : Oblong eleğin üstünden ayrılan toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g) |
| $G_{üy}$ | : Oblong eleğin üstünden ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g) |
| H | : Koninin yüksekliği (mm) |
| h_2-h_1 | : Düşey yöndeki mesafe (mm) |
| J | : Elek ivmesi ($m\ s^{-2}$) |
| K_a | : Hava kanalının ayırma kaybı (%) |
| K_s | : Temizleme sisteminin tohum kaybı (%) |
| K_t | : Oblong eleğin temizleme kaybı (%) |
| L | : Uzunluk (mm) |

| | |
|---------------|--|
| m | : Örnek ağırlığı (g) |
| m_t | : Tanelerle yer değiştiren tolüenin ağırlığı (g) |
| n | : Eksantrik devir sayısı (min^{-1}) |
| Q | : Hava kanalının besleme debisi (g s^{-1}) |
| r | : Eksantrik yarıçapı (m) |
| S_p | : Küresellik (%) |
| T | : Kalınlık (mm) |
| T_b | : Materyal besleme süresi (s) |
| V | : Tane hacmi (cm^3) |
| W | : Genişlik (mm) |
| W | : Kuru ürün ağırlığı (g) |
| W_0 | : Yaş ürün ağırlığı (g) |
| x_2-x_1 | : Yatay yöndeki mesafe (mm) |
| α | : Eğim açısı ($^\circ$) |
| ε | : Porozite (%) |
| η_a | : Hava kanalında elde edilen tohum safiyeti (%) |
| η_b | : Başlangıçtaki safiyet (%) |
| η_s | : Temizleme sisteminden elde edilen tohum safiyeti (%) |
| η_t | : Oblong elekten elde edilen safiyeti (%) |
| θ_d | : Dinamik yığılma açısı ($^\circ$) |
| μ | : Statik sürtünme katsayısı |
| ρ_t | : Tane hacim ağırlığı (g cm^{-3}) |
| ω | : Açılma hızı (s^{-1}) |

KISALTMALAR DİZİNİ

FAO : Food and Agriculture Organization

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu





ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Tarla koşullarında marul üretimi..... | 1 |
| Şekil 1.2. Türkiye’de marul tüketim miktarı..... | 3 |
| Şekil 1.3. 2008-2018 yılları arasında marul ihracat miktarı..... | 3 |
| Şekil 1.4. Olgunlaşmış marul tohumları | 4 |
| Şekil 1.5. Tohumun işlenmesi esnasında çıkarılan istenmeyen materyaller | 5 |
| Şekil 3.1. Marul tohumu ve yabancı materyal karışımı | 15 |
| Şekil 3.2. Elek sistemi | 16 |
| Şekil 3.3. Aerodinamik sistem | 17 |
| Şekil 3.4. Hassas terazi..... | 18 |
| Şekil 3.5. Etüv | 18 |
| Şekil 3.6. Dijital mikrometre..... | 19 |
| Şekil 3.7. Kritik hız ölçüm düzeneği..... | 19 |
| Şekil 3.8. Kızgın telli anemometre..... | 20 |
| Şekil 3.9. Ölçekli kap | 20 |
| Şekil 3.10. Piknometre | 21 |
| Şekil 3.11. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği | 21 |
| Şekil 3.12. Statik yığılma açısı ölçüm düzeneği | 22 |
| Şekil 3.13. Dinamik yığılma açısı ölçüm düzeneği..... | 22 |
| Şekil 3.14. El penetrometresi | 23 |
| Şekil 3.15. Takometre | 23 |
| Şekil 3.16. Marul tohumlarının görüntüleri | 25 |
| Şekil 3.17. Yabancı materyallerin görüntüleri | 25 |
| Şekil 3.18. Temizlenecek karışım içindeki yabancı materyal dağılımı..... | 30 |
| Şekil 3.19. Temizleme sistemi işlem akış şeması | 34 |
| Şekil 4.1. Marul tohumu ve yabancı materyalin kalınlığa göre frekans dağılımı .. | 41 |
| Şekil 4.2. Marul tohumu ve yabancı materyalin kritik hıza göre frekans dağılımı | 43 |
| Şekil 4.3. Statik sürtünme katsayısı değerleri | 44 |
| Şekil 4.4. Dinamik yığılma açısı değerleri..... | 45 |
| Şekil 4.5. Elek sisteminin temizleme etkinliği..... | 57 |
| Şekil 4.6. Elek sisteminin temizleme kaybı | 57 |
| Şekil 4.7. Elek sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği..... | 58 |
| Şekil 4.8. Tohum safiyeti | 58 |
| Şekil 4.9. Aerodinamik sisteminin ayırma etkinliği..... | 65 |
| Şekil 4.10. Aerodinamik sistemin ayırma kaybı | 65 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.11. Aerodinamik sistemin yabancı materyal ayırma etkinliği..... | 66 |
| Şekil 4.12. Tohum safiyeti..... | 66 |
| Şekil 4.13. Temizleme sisteminin temizleme etkinliği..... | 69 |
| Şekil 4.14. Temizleme sisteminin temizleme kaybı | 69 |
| Şekil 4.15. Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği | 70 |
| Şekil 4.16. Tohum safiyeti..... | 70 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 1.1. 2019 yılında Dünya'da marul üretim miktarı | 2 |
| Çizelge 1.2. Türkiye’de marul üretim miktarı..... | 2 |
| Çizelge 3.1. Elek sisteminin çalışma parametreleri | 33 |
| Çizelge 4.1. Marul tohumunun bazı geometrik özellikleri..... | 39 |
| Çizelge 4.2. Yabancı materyalin bazı geometrik özellikleri | 40 |
| Çizelge 4.3. Marul tohumunun gravimetrik özellikleri | 41 |
| Çizelge 4.4. Marul tohumu ve yabancı materyallerin kritik hız sonuçları | 42 |
| Çizelge 4.5. Elek sisteminin 40 mm genlikte çalışma performansı | 47 |
| Çizelge 4.6. 40 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları | 48 |
| Çizelge 4.7. 40 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları | 48 |
| Çizelge 4.8. 40 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları | 49 |
| Çizelge 4.9. 40 mm genlikte devir sayısı ve yabancı materyal temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları..... | 49 |
| Çizelge 4.10. Elek sisteminin 30 mm genlikte çalışma performansı | 50 |
| Çizelge 4.11. 30 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları | 51 |
| Çizelge 4.12. 30 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları | 51 |
| Çizelge 4.13. 30 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları | 52 |
| Çizelge 4.14. Elek sisteminin 20 mm genlikte çalışma performansı | 52 |
| Çizelge 4.15. 20 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları | 53 |
| Çizelge 4.16. 20 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları..... | 53 |
| Çizelge 4.17. 20 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları | 54 |
| Çizelge 4.18. 20 mm genlikte devir sayısı ve yabancı materyal temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları..... | 54 |
| Çizelge 4.19. Aerodinamik sistemin 1,00 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı | 59 |
| Çizelge 4.20. Aerodinamik sistemin 1,15 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı | 60 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 4.21. Aerodinamik sistemin 1,30 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı..... | 61 |
| Çizelge 4.22. Aerodinamik sistemde farklı hava hızlarına ilişkin varyans analizi sonuçları | 62 |
| Çizelge 4.23. Hava hızı ve ayırma etkinliği arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi..... | 62 |
| Çizelge 4.24. Hava hızı ve ayırma kaybı arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi..... | 63 |
| Çizelge 4.25. Hava hızı ve safiyet arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi..... | 63 |
| Çizelge 4.26. Hava hızı ve yabancı materyal ayırma etkinliği arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi..... | 63 |
| Çizelge 4.27. Temizleme sisteminin 1,00 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı..... | 67 |
| Çizelge 4.28. Temizleme sisteminin 1,15 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı..... | 68 |
| Çizelge 4.29. Temizleme sisteminin 1,30 m s ⁻¹ hava hızında çalışma performansı..... | 68 |

1. GİRİŞ

Latince adı *Lactuca sativa* L. ve *Asteraceae* familyasına ait olan marul, yapraklı sebzeler grubunun en önemli üyelerinden biri olarak kabul edilmektedir. A ve K vitaminlerini içeren, demir, magnezyum ve fosfor yönünden oldukça zengin olan marulun yaprakları salatalarda, sandviçlerde ve aperatif gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Araştırmacılar arasında değişik görüşler olsa da bitkinin ilk olarak eski Mısırlılar tarafından Yunanistan ve Roma'ya yayıldığı ve kısa sürede Avrupa'nın birçok yerinde yetiştirilmeye başlandığı söylenmektedir (Anonim, 2019a).

Tek yıllık bir kültür sebzesi olan marulun ülkemizde yoğunluklu olarak 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 üretilmektedir (Şekil 1.1). 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 (Anonim, 2011).



Şekil 1.1. Tarla koşullarında marul üretimi (Anonim, 2011)

Ekonomik olarak tarımı yapılabilen marul günümüzde pek çok ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir. Özellikle Asya, Avrupa, Kuzey ve Orta Amerika'da önemli bir ticari üründür. Çizelge 1.1'de 2019 yılına ait marul üretim miktarına ilişkin veriler yer almaktadır. Çin, marul üretiminde lider ülke konumundadır ve toplam üretimin yaklaşık %71'lik kısmını karşılamaktadır. Ülkemiz ise 499.766 tonluk üretim ile toplam üretimde %1,09'luk paya sahiptir.

Çizelge 1.1. 2019 yılında Dünya'da marul üretim miktarı (FAO, 2021)

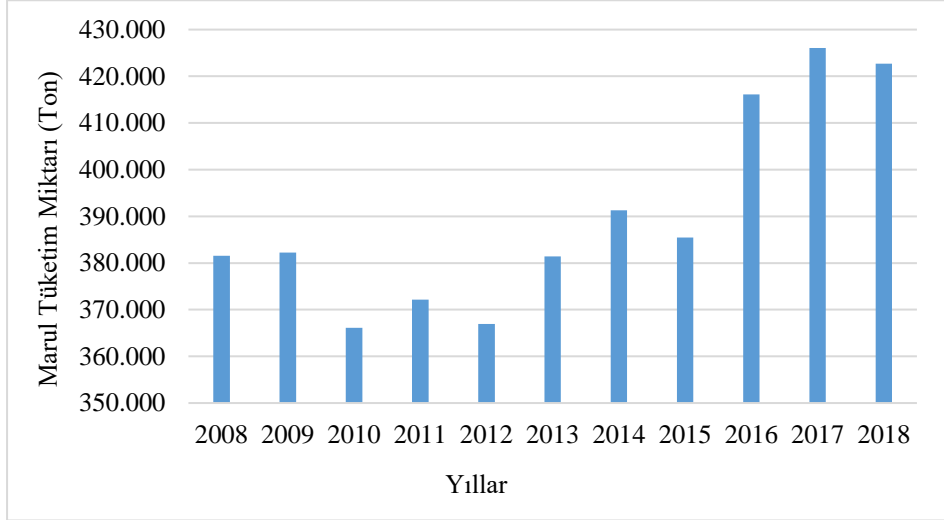
| Ülke | Üretim miktarı (ton) |
|----------------|----------------------|
| Çin | 32.628.998 |
| Amerika | 3.688.520 |
| Hindistan | 1.262.702 |
| İspanya | 1.009.810 |
| İtalya | 758.980 |
| Japonya | 582.416 |
| İran | 547.590 |
| Belçika | 527.250 |
| Meksika | 515.647 |
| Türkiye | 499.766 |
| Diğer | 3.427.473 |

Türkiye’de üretim miktarlarına ilişkin bilgiler Çizelge 1.2’de sunulmuştur. Çizelgede yer alan değerler kıvrıkcık, göbekli ve iceberg marul çeşitlerinin üretim miktarını kapsamaktadır. Marul üretim miktarında genel olarak bir artışın olduğu söylenebilmektedir. 2009-2019 yıllarını kapsayan üretim periyodu içerisinde ortalama üretim miktarı 452.686 tondur.

Çizelge 1.2. Türkiye’de marul üretim miktarı (TÜİK, 2021)

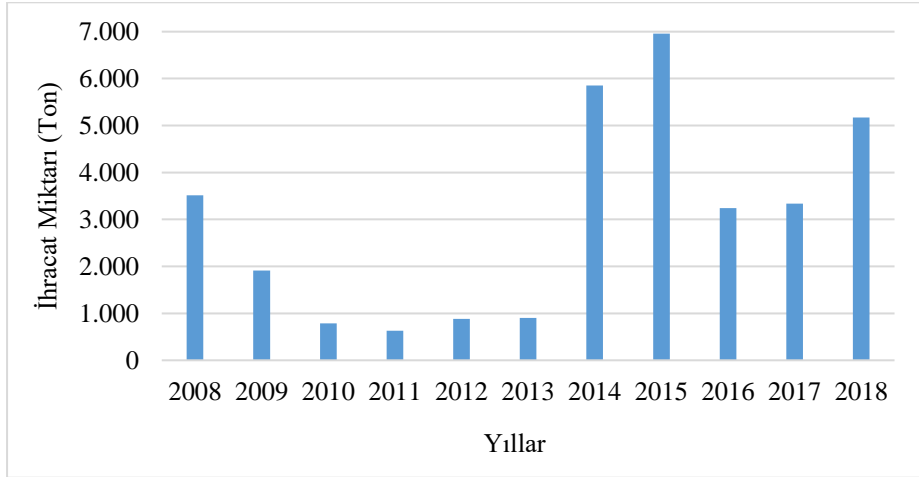
| Yıllar | Üretim miktarı (ton) |
|-----------------|----------------------|
| 2009 | 438.038 |
| 2010 | 419.298 |
| 2011 | 424.252 |
| 2012 | 419.066 |
| 2013 | 436.785 |
| 2014 | 451.485 |
| 2015 | 447.492 |
| 2016 | 478.442 |
| 2017 | 490.423 |
| 2018 | 487.543 |
| 2019 | 499.766 |
| Ortalama | 452.686 |

Şekil 1.2’de yıllara göre marul tüketim miktarına ilişkin veriler yer almaktadır. Marul tüketimi 2010 ve 2012 yıllarında en düşük değerde iken 2017 yılında ise 426.041 ton ile en yüksek tüketim miktarına ulaşmıştır.



Şekil 1.2. Türkiye’de marul tüketim miktarı (TÜİK, 2021)

Marul ihracatına ait veriler Şekil 1.3’te sunulmuştur. TÜİK verilerine göre 2010-2013 yılları arasında oldukça düşük seviyelerde olan ihracat miktarı 2014 yılında artış göstermeye başlamış ve 2015 yılında 6959 ton ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 1.3. 2008-2018 yılları arasında marul ihracat miktarı (TÜİK, 2021)

Marul üretimi ile tohum üretimi amacıyla yapılan yetiştirme birbiriyle farklılık göstermektedir. Ekim ve dikimden sonra uygulanacak bakım işlemlerinin ardından bitkilerden tohumluk elde edilmek isteniyorsa tohum oluşmadan önce tip dışı bitkilerin tarladan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bitki çiçeklenmeye başladıktan yaklaşık 3-4 hafta sonra tohumlar olgunlaşmaktadır. Olgunlaşan tohumların dökülmemesi için hasat işleminin dikkatle yapılması gerekmektedir. Makineli hasat büyük oranda tohum kaybına sebep olduğu için marul tohumu üretiminde elle hasat tercih edilmektedir. Hasadın ardından tohumlar bitkiden uzaklaştırılmakta ve daha sonra içerisinde bulunan yabancı materyallerin eleme ve savurma işlemleriyle temizlenmesi gerekmektedir. Marul tohumları çeşit ve yetiştirme bölgelerine bağlı olarak çok az değişiklik göstermektedir (Şekil 1.4). Optimum koşullarda marul tohumları (20 °C) 4-7 günde çimlenirken fidelik ve tarla koşullarında ise sıcaklık optimum 18-21 °C olmalıdır. 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 gramdır. 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).

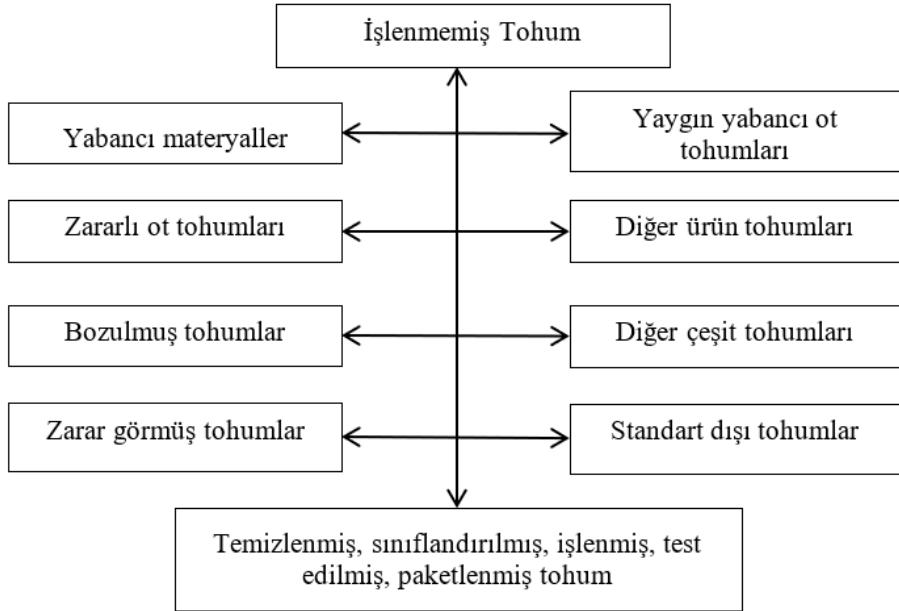


Şekil 1.4. Olgunlaşmış marul tohumları (Anonim, 2011)

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, 2019b). İstenmeyen materyallerin önemli ölçüde azaltılması veya tamamen kaldırılması ürünün pazar değerinin artırılması için çok önemlidir (Okunola vd., 2015).

Şehirli (2002)'ye atfen Gürsoy (2005), tohumluk içine karışmış olan yabancı ot tohumlarının, esas tohumların tarladaki yaşam alanlarını kısıtladığını ve bitki besin elementlerine ortak olarak ana bitkinin gelişmesine engel olduğunu ifade etmektedir. Tohumluk içerisinde yer alan ve hastalık ve zararlıların artmasına neden olan bu istenmeyen materyallerin temizlenmediği takdirde yıllar içerisinde miktarını artırarak ürünün saflık derecesine, verimine ve kalitesine zarar vereceğini belirtmektedir.

Binlerce yıldır insan yiyecek ürünlerinin tohumlarını harmanlayarak temizlemiştir. Bu hala önemli bir süreçtir ancak çiftçinin ihtiyaç duyduğu tohum türünü tedarik etmek için artık yeterli değildir. Tohum işleme, hızla büyüyen dünya nüfusunun beslenmesi için geliştirilen tohum üretiminin hayati bir parçasıdır. Birçok tohum grubu yabancı ot, ürün tohumu ve yabancı materyal içerdiği için işlenmeden satışa sunulmamaktadır. Tohum işleme, tohum endüstrisinin tohumun ekim koşullarının iyileştirilmesi ve tohumlara kimyasal koruma maddelerinin uygulanmasından sorumlu olan kısmıdır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Tohumun işlenmesi esnasında çıkarılan istenmeyen materyaller (Anonim, 2019c)

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 karışımdan 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 olabilmekte 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. Tohumları boyut ve şekil gibi geometrik özelliklere göre ayırmak için çeşitli delik ölçülerine sahip elekler kullanılmaktadır. Elekler, demir sac levhalara belirli şekil ve ölçülerde delikler açılarak ya da demir veya plastik tellerden örülerek imal edilmektedirler. Elekleri aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür:

1. Tel elekler

- Dokuma elekler
- Örme elekler

2. Sac elekler

- Kare delikli elekler
- Yuvarlak delikli elekler
- Üçgen delikli elekler
- Oblong veya dikdörtgen delikli elekler (Yağcıoğlu, 1996).

Hava akımlı ayırıcılar ya da pnömatik ayırıcılar, hasat sonrası elde edilen karışım halindeki materyalin ayrıştırılması için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Basit bir tasarıma sahip olan hava akımlı ayırıcılar karışımı oluşturan taneciklerin aerodinamik özelliklerine bağlı olarak taneleri hafif ve ağır olmak üzere iki ana gruba ayırarak temizleme işlemini gerçekleştirmektedir (Stepanenko, 2017).

Saygılı (1974)'ya atfen Kabaş (2010), bir cismin hava akımı içerisinde gösterdiği davranışın, cismin aerodinamik özellikleri ile belirlendiğini ifade etmiştir. Aerodinamik özelliklere bağlı olarak tohumların temizlenebilmesi için ise kritik hız, havanın direnç katsayısı ve aerodinamik sürüklenme katsayısı gibi parametrelere ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir.

Tarımsal ürünlerin aerodinamik özellikleri iki grupta incelenmektedir:

1. Yığın halindeki ürünlerin hava akımına gösterdiği direnç
2. Tarımsal ürünlerin kritik hız değerleri

Gerçek atmosferik hava şartlarında serbest düşme yapan bir cismin ivmesi hava direnci sebebiyle bir süre sonra durmakta ve cisim sabit bir hızla düşmeye devam etmektedir. Düşen cismin eriştiği maksimum hıza kritik hız (son hız) denilmektedir. Tarımsal ürünlerin birbirlerinden veya başka yabancı cisimlerden (taş parçasığı, toz, sap, kavuz, saman, vb.) ayrılmasında kullanılacak makinelerin tasarımında ve pnömatik iletim sistemlerinin tasarımında kritik hız özelliklerinden yararlanılmaktadır (Berber, 2007).

Harman işlemi sonucunda elde edilen marul tohumu içerisinde farklı fiziksel özelliklere sahip yabancı materyaller bulunmaktadır. 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 materyalden temizlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada karışım halinde bulunan marul tohumları ve yabancı materyallerin bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Karışım içerisinde bulunan yabancı materyalleri uzaklaştırmak amacıyla uygun bir elek düzeni ve aerodinamik bir ayırma düzeni imal edilmiştir. Gerçekleştirilen denemelerle, bu düzeneklerin marul tohumu için temizleme ve ayırma performansının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tarımda üretimi artıracak ve endüstri için tek tip hammadde sağlayacak yüksek kaliteli tohum elde etmek için verimli tohum temizleme uygulamaları gerekmektedir. Yabancı materyallerle karışım halinde olan ana ürün tohumlarının elde edilmesinde, işlenmesinde ve ayrılmasında etkinliği artırmak için yöntemler ve ekipmanlar geliştirilerek tohum kayıplarını azaltmaya yönelik yöntemler geliştirilmiştir. Tohum ayırma işlemlerinde boyut, şekil, yoğunluk, yüzey, renk ve elektriksel özellikler gibi temel özelliklerden yararlanılmaktadır (Harmond vd., 1961).

Hasattan sonra insanlar ve hayvanlar için temel gıda maddelerinin sürekliliğini sağlamak adına yetiştirilen ürünlerin temizlenmesi, depolanması ve korunması, tarım ile uğraşan her üreticinin ilgilenmek zorunda olduğu bir süreçtir. Bu sürecin en uygun şekilde yönetilebilmesi için tohum işleme esnasında tohumların bütünlüğünü korumak amacıyla, tohumun iç yapısındaki fizyolojik işlemler ve mikro-organik faaliyetler, tohumların fiziko-mekanik özellikleri ve kullanılacak makinenin kinematik rejimi hakkında kapsamlı bir çalışma yapmak gerekmektedir. Temizleme ve sınıflandırma işlemleri için kullanılan ekipmanlarda genellikle tohumların boyut, ağırlık, şekil ve aerodinamik özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır (Barbos ve Moldovan, 2014).

Dash vd. (2008) fiziksel özelliklerin genellikle hasat sonrası işlemlerde kullanılacak olan ekipmanların geliştirilmesi için gerekli olduğunu belirtmektedir. Nem içeriğinin kurutma işlemleri için önem arz ettiğini, boyut (uzunluk, genişlik, kalınlık, aritmetik ve geometrik ortalama çap gibi) ve şekil özelliklerinin ayırma, toplama, boyutlandırma ve öğütme makinelerinin tasarımı için bilinmesi gerektiğini ifade etmiştir. Yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve bin dane ağırlığı depolama yapılarının boyutlarının belirlenmesinde kullanıldığını ve ayrıca bu özelliklerin yapısal yükleri etkilediğini vurgulamaktadır. Yığılma açısının depolama ve taşıma araçlarının tasarlanmasında önemli bir kriter olduğunu belirtmiştir. Porozite ve yüzey alanının yığın halindeki materyalin hava akımına karşı direncini etkilediğini ve bu özelliklerin bilinmesinin kurutma işlemleri için de gerekli olduğunu bildirmiştir.

Razavi ve Milani (2006) üç farklı çeşitteki karpuz tohumlarının boyut, hacim, küresellik, yüzey alanı, gerçek ve yığın hacim ağırlığı, porozite, yığılma açısı ve statik sürtünme katsayısı gibi bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Makine tasarımında mühendisler için kullanışlı veriler sağlayacak olan bu fiziksel özelliklerin her bir karpuz tohumu çeşidi için istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini ve bu farklılıkların çeşitlerin bireysel özelliklerinden, çevresel etkenlerden ve yetiştirme koşullarından kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Dursun vd. (2007) şeker pancarı tohumunun bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada nem içeriğinin artmasıyla beraber eksenel boyutların ve ortalama çapın artış gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca tohumların bin dane ağırlığı, projeksiyon alanı, yığılma açısı ve statik sürtünme katsayısında artış gözlenirken; küresellik, yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve porozitesinde azalma olduğunu ifade etmiştir.

Yalçın vd. (2009) soğan tohumunun neme bağlı bazı fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Denemeler sonucunda nem içeriğindeki artışa bağlı olarak tohumların boyut, bin dane ağırlığı, küresellik, projeksiyon alanı, statik sürtünme katsayısı ve porozitesinde artış gözlemlenirken; yığın hacim ağırlığı ve gerçek hacim ağırlığında azalma gözlemlenmiştir.

Yılar ve Altuntaş (2017) tek yıllık ve çok yıllık adaçayı tohumunun bazı fiziksel özelliklerini belirlemişler ve bu iki adaçayı çeşidini karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre geometrik ortalama çap ve küresellik değeri tek yıllık adaçayı tohumunda daha düşük bulunmuştur. Çok yıllık adaçayı tohumlarının tek yıllık adaçayı tohumlarına göre daha büyük değerlerde olduğunu ve daha küresel şekle sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Tek yıllık adaçayı tohumlarının yığın hacminin ve gerçek tane hacminin diğer çeşide göre daha yüksek çıktığı bildirilmiştir.

Hauhouot-O'Hara vd. (2000) tohum temizleme işlemlerinde, pnömatik ayırıcıların ve elek düzenlerinin kullanıldığını ve ticari anlamda birçok temizleme makinesinin, bu temizleme yöntemlerinden birden fazlasını içerdiğini belirtmişlerdir. Bu yöntemleri en iyi şekilde kullanabilmek için de hem esas ürün hem de yabancı materyalin geometrik ve aerodinamik özelliklerini bilmenin faydalı olacağını ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada karışım halindeki buğday ile çavdar bromu tohumunun bazı fiziksel ve aerodinamik özelliklere göre ayrılabilirliğini incelemişlerdir. Yapılan ölçümler sonucunda buğday ile çavdar bromu tohumu

arasında çok fazla uzunluk farkı olmadığı ancak kalınlık, genişlik ve yığın hacim ağırlığı açısından farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Ayrıca tohumların kritik hızları arasında da önemli bir farkın olduğu ve aerodinamik özelliklere göre ayırım yapılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Rajabipour vd. (2006) yerçekimi ivmesi ve akışkanın akışına bağlı olan sürüklenme katsayısının ve kritik hızın, hidrodinamik ve aerodinamik davranışlar için temel kriterler olduğunu ve kritik hızın esas ürünün yabancı materyallerden ayrılmasını sağlayan en önemli parametrelerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Her bir tarımsal ürünün kritik hızının, ayırma ve taşıma işlemleri için çok büyük önem arz ettiğini ayrıca makine ve sistem tasarımında etkili bir rol oynadığını ifade etmişlerdir.

Özarıslan (2002) çalışmasında farklı nem içeriklerine sahip pamuk tohumunun bazı fiziksel özelliklerini (boyut özellikleri, küresellik, bin dane kütlesi, projeksiyon alanı, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı, hacim, porozite, kritik hız, statik sürtünme katsayısı ve kabuk kırılma direnci) belirlemeyi amaçlamıştır. Tohumların kritik hızlarını ölçmek için silindirik bir hava kanalı kullanılmıştır. Her bir tohum hava kanalının üst kısmından sütun içerisine bırakılmış ve tohumun hava akışı içerisinde askıda kaldığı noktada kızgın telli anemometre ile kritik hız ölçümü yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda nem içeriğinin artmasıyla kritik hızın da arttığı gözlemlenmiştir.

Khoshtaghaza ve Mehdizadeh (2006) yaptıkları çalışmada buğday tanesinin kütle ve nem içeriğindeki artışın kritik hızı nasıl etkileyeceğini bulmayı amaçlamışlar. Buğday tanelerindeki kütle artışıyla beraber kritik hızın da artış gösterdiği belirlenmiştir. Nem içeriğinin artması ise kütleyi artırmış ve dolayısıyla kritik hızın artışına sebep olmuştur. Buğday tanelerinin minimum kritik hızını $7,04 \text{ m s}^{-1}$ ve samanın maksimum kritik hızını $4,85 \text{ m s}^{-1}$ olarak belirlemişler ve buğday ile samanın hava ile birbirinden ayrılabilmesi için hava akış hızının $4,85$ ile $7,04 \text{ m s}^{-1}$ arasında olması gerektiğini vurgulamışlardır.

Polat vd. (2007) Siirt çeşidi antepfıstığının aerodinamik özellikleri hakkında yaptıkları çalışmada farklı nem düzeyleri için antepfıstıklarının kritik hız değerlerini ölçmüşlerdir ve hem kabuklu Siirt çeşidi antepfıstığı için hem de iç meyvesi için nem düzeyinin artmasıyla kritik hızın da arttığını belirtmişlerdir.

Shahbazi vd. (2014) çalışmalarında makhobeli, tritikale ve buğday tohumlarının aerodinamik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan denemeler sonucunda nem içeriğinin artışıyla beraber makhobeli tohumun kritik hızının $4,52 \text{ m s}^{-1}$ 'den $5,07 \text{ m s}^{-1}$ 'e, tritikale tohumun kritik hızının $5,37 \text{ m s}^{-1}$ 'den $6,42 \text{ m s}^{-1}$ 'e ve buğday tohumunun kritik hızının $6,31 \text{ m s}^{-1}$ 'den $8,02 \text{ m s}^{-1}$ 'e yükseldiğini ölçmüşlerdir. Ayrıca ortalama sürüklenme katsayısının ise makhobeli tohumu için 1,12, tritikale tohumu için 0,92 ve buğday tohumu için 0,85 olduğunu belirtmişlerdir. Tohumların nem almasıyla beraber kütlelerinde artışın meydana geldiğini ve kütledeki bu artışın tohumların kritik hızlarını da arttırdığını vurgulamışlardır. Kritik hızdaki artışın diğer bir nedeni ise tohumların nem içeriğinin artmasının sürüklenme kuvvetini etkilediği yönündedir. Kritik hızlar ve sürüklenme katsayıları arasındaki bu farklar neticesinde makhobeli tohumunun, tritikale ve buğday tohumundan aerodinamik olarak ayrılabilmesi sonucuna varmışlardır. Ayırma işlemi için hava hızının, makhobeli tohumunun kritik hız değerine göre ayarlanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Jekayinfa (2006) keçiboynuzu tohumunun hava akımına karşı gösterdiği direnci belirlemek için farklı nem içeriğine sahip tohumların, farklı hava debilerindeki basınç düşüşlerini belirlemeye çalışmıştır. Yapılan deneyler sonucunda hava akımına karşı gösterilen direncin yüksekliğin ve hava debisinin artmasıyla artış gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca nem içeriğinin düşmesiyle de hava akımına karşı gösterilen direncin arttığını vurgulamıştır.

Berber (2007) aspir tohumlarının aerodinamik özelliklerinin belirlenmesi adlı çalışmasında tohumların gravimetrik özelliklerini, şekil özelliklerini ve aerodinamik özelliklerini incelemiştir. Aspir tohumu yığınlarının hava akımına karşı gösterdiği direnci ve aspir tohumlarının hava ortamındaki kritik hız değerini ölçmüştür. Çalışmasında aspir tohumlarının, boyutsal ve gravimetrik özelliklerinin ve hava akımına karşı gösterdiği direncin nem içeriğine bağlı olarak farklı değerler aldığı ayrıca aspir tohumları ile yabancı materyaller arasındaki kritik hız farkından dolayı aerodinamik olarak ayırma işleminin yapılabileceğini ortaya koymuştur. Buna ek olarak aerodinamik özellik belirleme deneylerinde çevre havasının ve diğer fiziksel özelliklerin de makalelerde yer alması gerektiğini savunmaktadır.

Shahbazi ve Rajabipour (2007) patatesin hava akımına karşı göstermiş olduğu direnci belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca patates boyutunun ve yığın yüksekliği özelliklerinin bu direnci nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Çalışmalarında patatesin

boyut özellikleri, yığın hacim ağırlığı, porozite gibi fiziksel özelliklerini belirlemişler ve hava akımına karşı gösterilen direncin ölçülebilmesi için ise bir düzenek kullanmışlardır. Çalışma sonucunda küçük patateslerin büyük patateslerden 1,6 kat daha fazla hava akım direncine sahip olduğunu ve yığın yüksekliğinin artmasıyla direncin de arttığını belirtmişlerdir.

Polyák ve Csizmazia (2016) tohumların boyut, boyut dağılımı, şekil, kütle, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı, sürtünme katsayısı ve aerodinamik özelliklerinin bilinmesinin tasarımcı ve operatörler için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında taneli materyallerin akış hızlarının belirlenebilmesi için yeni bir metot geliştirmeyi amaçladıklarından dolayı bu fiziksel özellikler içerisinde tohumun hava içerisindeki hareketini tanımlayabilmek için aerodinamik özelliklerin daha büyük bir önem taşıdığını vurgulamışlardır. Denemelerde düzgün bir şekle sahip olmayan mısır tohumu kullanılmıştır. Akış içerisine bırakılan bir tohumun termal bir algılayıcı yardımıyla hava hızı ölçülmüş ayrıca dijital bir kamera yardımıyla görüntüleri alınmıştır. Elde edilen görüntüler bir görüntü işleme programı yardımıyla analiz edilerek tanelerin akış içerisindeki hava hızları belirlenmiştir. Bu görüntü işleme metodu ile taneli materyalin hava kanalı içerisinde askıda kalmasına gerek duyulmadan akış hızlarının ölçülebileceğini vurgulamışlardır.

Obi (2016) farklı nem içeriklerine sahip üç çeşit karpuz tohumunun aerodinamik özelliklerini belirlemiş ve modellemiştir. Kritik hızın ve Reynold sayısının nemin artmasıyla beraber arttığını ancak sürüklenme katsayısının ise azaldığını belirlemiştir. Yapılan varyans analizi nemin, tohumların aerodinamik özelliklerini önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak farklı çeşitteki karpuz tohumlarının aerodinamik özelliklerini tahmin etmek için yüksek tespit katsayısına sahip matematiksel model geliştirmiştir.

Akyol ve İnce (2010) çalışmalarında, adi fiğ ve buğday karışımının birbirinden ayrılabilme olanaklarını ortaya koyabilmek için tohumların bazı fiziksel özelliklerini, aerodinamik ve optik özelliklerini incelemişlerdir. Tohumların boyut ve kritik hız değerleri arasında belirgin farklılıkların olduğu ve bu ürünlerin ayrılmasında değişik şekil ve ölçülere sahip elek kombinasyonlarıyla beraber hava akımının da kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Gregg ve Billups (2010) tohum temizleme işlemlerinde en yüksek temizleme ve ayırma etkinliğini elde etmenin kullanılan ekipmanlar üzerinde gerekli ayarlamaların yapılmasıyla mümkün olacağını bildirmiştir. Buna göre hem elek hem de hava akımı kullanıldığı takdirde temizleme ve ayırma etkinliğini artırabilmek için eleğin uygun bir titreşim, genlik ve eğimde çalışması ayrıca tohum ve yabancı materyalin birbirinden ayrılması için de uygun hava hızının belirlenmesi gerekmektedir.

Panasiewicz vd. (2008) çalışmalarında karışım halinde bulunan buğday, arpa ve çavdar tohumlarının temizleme ve ayırma işlemlerinde düşey hava akımı ile çalışan bir seperatöre uygulanan hava debisi parametrelerinin etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bir fan yardımıyla hava akışının sağlandığı hava kanalı içerisine karışım halindeki materyal gönderilmiş ve farklı debilerde bu materyallerin ayrı çıkışlardan alınması sağlanmıştır. Hava akış yoğunluğunun ve karışım oranının ayırma etkinliğini etkileyen önemli parametreler olduğunu vurgulamışlardır. Hava akış hızının hassas bir şekilde ve geniş bir aralıkta ayarlanabilmesi (6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 m s⁻¹) karışımın daha iyi temizlenmesini ve ayrılmasını sağladığını belirtmişlerdir.

Aderinlewo vd. (2016) çalışmalarında börtülce tohumunun temizlenmesinde tambur elek kullanarak, hava ve elek dönü hızının temizleme etkinliğini nasıl etkilediğini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Kullanılan temizleme düzeneği temel olarak besleme ünitesi, santrifüj fan ve tambur elekten meydana gelmekte hem hava akımı ile hem de eleme sistemi ile temizleme işlemi kombine olarak gerçekleşmektedir. İki çeşit börtülce tohumu için 5 farklı hava hızı (0,3 – 1,3 – 2,2 – 2,7 – 3,5 m s⁻¹) ve 5 farklı elek dönü hızında (115, 145, 200, 280 ve 315 min⁻¹) denemeler yapılmıştır. Denemeler sonucunda temiz börtülce tohumlarının ayırma etkinliği, yabancı materyalin ayırma etkinliği, toplam temizleme etkinliği ve safiyet belirlenmiştir. Hava ve elek dönü hızının artmasıyla beraber temiz tanelerin ayırma etkinliğinin azaldığını ancak yabancı materyalin temizleme etkinliği, toplam temizleme etkinliği ve safiyetin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Adekanye vd. (2016) bir soya fasulyesi harman makinesi tasarlayıp imal ederek makinenin harmanlama etkinliği, temizleme etkinliği, tane kaybı ve kapasitesi gibi performans kriterlerini ortaya koymaya çalışmışlardır. 3 farklı nem içeriğinde (kuru baza göre %10, %16 ve %22) ve 4 farklı tambur devrinde 600'er gramlık soya fasulyesi tohumlarıyla denemeler yapılmıştır. Soya fasulyesi harman makinesinin verimliliğinin özellikle silindir dönü hızından ve nem içeriğinden önemli ölçüde

etkilendiği vurgulanmıştır. Denemeler sonucunda harmanlama etkinliğinin, nem içeriğinin azalması ve tambur donu hızının artmasıyla artış gösterdiği belirtilmiştir. Temizleme etkinliğindeki artışın ise nem içeriğinin artmasına ve silindir hızının azalmasına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca dşuk silindir hızının ve yüksek nem miktarının tohum kaybını ve tohumların zarar görme oranını azalttığını ortaya koymuşlardır. Makine kapasitesinin ise hızın artmasıyla beraber artış gösterdiği belirtilmiştir.

Awgichew (2017) yaptığı çalışmada tef tohumu ile samanı birbirinden ayırmak ve temizlemek için kullanılan makinenin performansını belirleyebilmek için 3 farklı elek eğiminde (0° , 5° , 10°), 4 farklı elek frekansında (5, 10, 15, 20 Hz) ve 4 farklı besleme debisinde ($3, 6, 9, 12 \text{ kg min}^{-1}$) denemeler yaparak makinenin ayırma ve temizleme etkinliği ile ayırma ve temizleme kayıplarını ortaya koymuştur. 3 farklı elek eğiminde de besleme debisi ve elek frekansı arttığa ayırma ve temizleme kayıpları artış gösterirken, ayırma ve temizleme etkinliğinde ise azalma meydana gelmiştir. Her bir elek titreşimi ve besleme debisi için, kaybın en az ve etkinliğin en fazla olduğu eğim 5° olarak belirlenmiştir. Yüksek besleme debisi ve elek frekansının etkinlik ve kayıp üzerinde tatmin edici ve kabul edilebilir sonuçlar vermediğini ifade etmiştir.

Djokovic vd. (2017) eleme etkinliğinin nem, karışımı oluşturan parçacıkların şekli, elek açıklığının büyüklüğü ve şekli, eleğin eğimi, frekansı ve genliği gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunu ve tüm bu unsurların eleme işlemine ve eleğin kapasitesine doğrudan etki ettiğini bildirmiştir. Yaptıkları araştırmaya dayanarak genlik ve eleme yüzeyinin uzunluğunun artmasıyla eleme etkinliğinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Marul Tohumu

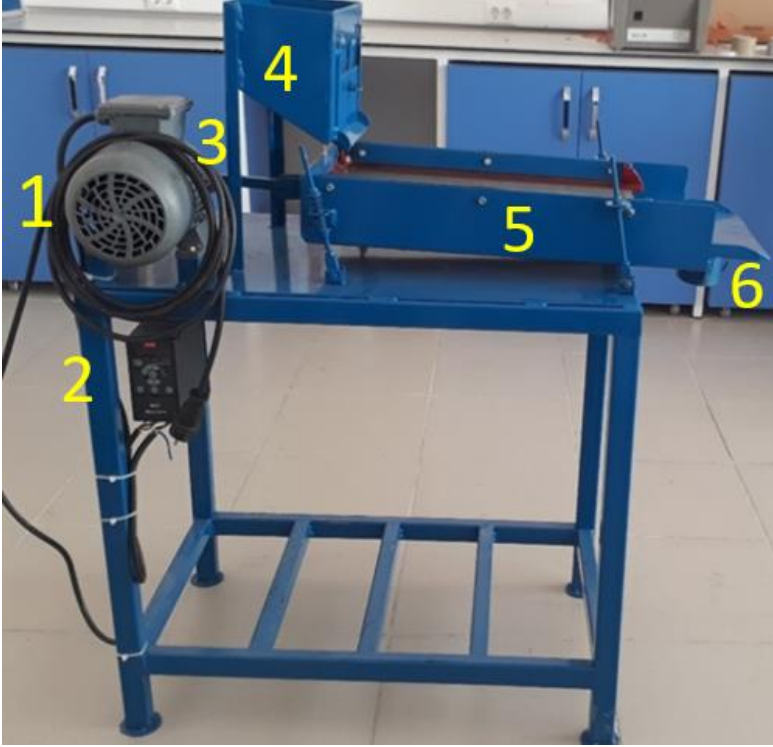
Denemelerde serbest piyasadan tedarik edilen temizlenmemiş marul tohumu kullanılmıştır. Bu materyalin içeriğinde Duna ve Maritima olmak üzere iki çeşit marul tohumu ve yabancı materyaller bulunmaktadır (Şekil 3.1). Ölçümler Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Marul tohumu ve yabancı materyal karışımı

3.1.2. Temizleme Sistemi

Temizleme sistemi iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; elek sistemi ve aerodinamik (hava kanalı) sistemdir. Elek sistemi elektrik motoru (1), hız kontrol cihazı (2), eksantrik mekanizması (3), besleme haznesi (4), elek (5) ve tohum çıkış kanalından (6) meydana gelmektedir (Şekil 3.2).

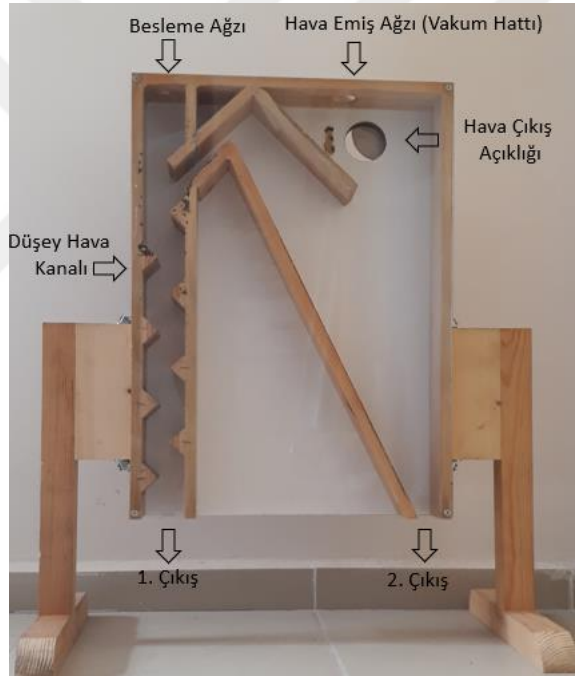


Şekil 3.2. Elek sistemi

Kullanılan elek tipi oblong elek olup 300 mm genişlik ve 500 mm uzunluğa sahiptir. Oblong eleğin delik ölçüleri 0,66x5,00 mm olarak imal edilmiştir. Elek 0,55 kW güce sahip bir elektrik motoru tarafından eksantrik düzen yardımıyla tahrik edilmektedir. Eleğe verilen titreşim bir elektronik hız kontrol cihazı üzerinden elektrik motoru çalışma frekansı değiştirilerek ayarlanabilmektedir. Eksantrik mekanizması üzerinde yer alan üç farklı eksantrik çapa sahip bağlantı noktaları yardımıyla eleğin genliği ayarlanabilmektedir. Elek, üzerine besleme haznesinden dökülen tohumların kolaylıkla akabilmesi için 2,5°'de konumlandırılmıştır. Besleme haznesi çıkışında tohum akış miktarını değiştirmeye yardımcı olan ayarlanabilir bir sürgü bulunmaktadır. Eleme işlemi sırasında büyük boyutlu materyaller elek üzerinden, küçük boyutlu olanlar ise elek altında yer alan tohum çıkış kanalından ayrılmaktadır.

Aerodinamik sistem, elek sisteminde ön temizlemeden geçen materyalin içindeki hafif taneleri ayırmaya yarayan düzendir. Sistemde düşey bir hava kanalı, düzeneğe hava çıkışını sağlayan ayarlanabilir bir açıklık, hava emiş ağzı, besleme ağzı ile hafif ve ağır tanelerin birbirinden ayrıldığı iki farklı çıkış bulunmaktadır (Şekil 3.3). 1.

çıkıştan ağır taneler, 2. çıkıştan ise hafif taneler ayrılmaktadır. Hava emiş ağzına bağlanan 2 kW emiş gücüne sahip bir elektrikli süpürge tarafından düşey hava kanalında vakum etkisi oluşturulmaktadır. Düzeneğin arka kısmında yer alan hava çıkış açıklığı yardımıyla hava giriş miktarı ayarlanabilmektedir. Hava kanalı girişindeki hava akış hızı kızgın telli anemometre yardımıyla ölçülebilmektedir. Ayrıca vakum hattında elektrikli süpürgeye hava emiş hattına yerleştirilen bir filtre yardımıyla vakum hattına materyalin geçip geçmediği ve toz çıkış miktarı belirlenebilmektedir (Anonim, 2020).



Şekil 3.3. Aerodinamik sistem

3.1.3. Ölçümlerde Kullanılan Alet ve Cihazlar

Denemelerde kullanılan materyalin geometrik özellikleri (uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik, projeksiyon alanı), gravimetrik özellikleri (bin dane kütlesi, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı, hacim, porozite), aerodinamik özellikleri (kritik hız), sürtünme özellikleri (statik sürtünme katsayısı, statik ve dinamik yığılma açısı) ve mekanik özellikleri (kabuk kırılma direnci) belirlenmiştir. Ölçümler esnasında kullanılan alet ve cihazlar aşağıda yer almaktadır.

3.1.3.1. Hassas terazi

Denemelerde materyal kütlesinin belirlenebilmesi için 120 g kapasiteli ve 0,001 g ölçüm hassasiyetine sahip Denver Instrument marka elektronik terazi ile 200 g kapasiteli ve 0,0001 g ölçüm hassasiyetine sahip Chyo Balance Corporation (JL 200) marka elektronik terazi kullanılmıştır (Şekil 3.4).



(a)



(b)

Şekil 3.4. Hassas terazi (Denver Instrument (a); Chyo Balance Corporation (b))

3.1.3.2. Etüv

Denemelerde marul tohumlarının nem içeriğinin belirlenmesinde Memmert marka etüv cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Etüv

3.1.3.3. Dijital mikrometre

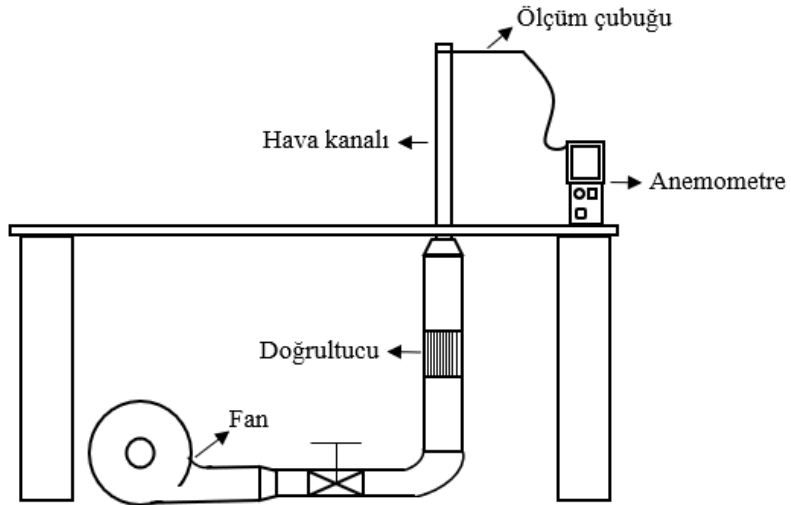
Marul tohumlarının ve yabancı materyalin kalınlıklarının ölçülmesinde Mitutoyo marka 0,001 mm hassasiyete sahip dijital mikrometre kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Dijital mikrometre

3.1.3.4. Kritik hız ölçüm düzeneği ve kızgın telli anemometre

Marul tohumu ve yabancı materyalin kritik hızlarının belirlenmesinde düşey hava kanallı ölçüm düzeneğinden (Şekil 3.7) yararlanılmıştır.



Şekil 3.7. Kritik hız ölçüm düzeneği (Saraçoğlu ve Özarslan, 2012)

Tohumların kritik hız değerleri ise VelociCalc marka $0,01 \text{ m s}^{-1}$ ölçüm hassasiyetine sahip kızgın telli anemometre ile ölçülmüştür (Şekil 3.8). Cihazın hız ölçüm aralığı $0-30 \text{ m s}^{-1}$ 'dir.



Şekil 3.8. Kızgın telli anemometre

3.1.3.5. Ölçekli kap

Marul tohumunun yığın hacim ağırlığının belirlenmesinde 100 ml hacmindeki silindirik ölçekli kap kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Ölçekli kap

3.1.3.6. Píknometre

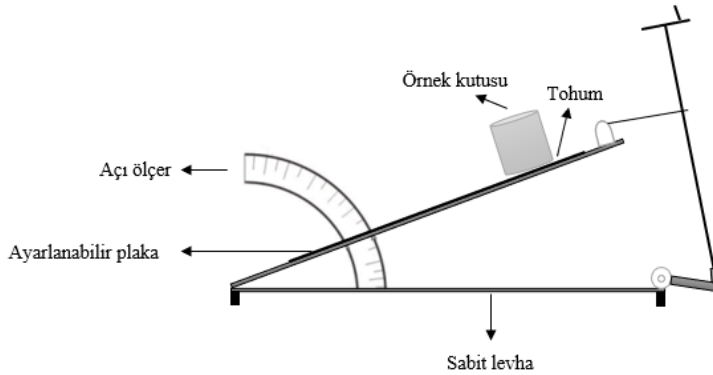
Marul tohumunun gerçek hacim ağırlığının belirlenmesinde Şekil 3.10'da sunulan 25 ml hacme sahip Boot tipi piknometreden yararlanılmıştır.



Şekil 3.10. Píknometre

3.1.3.7. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği

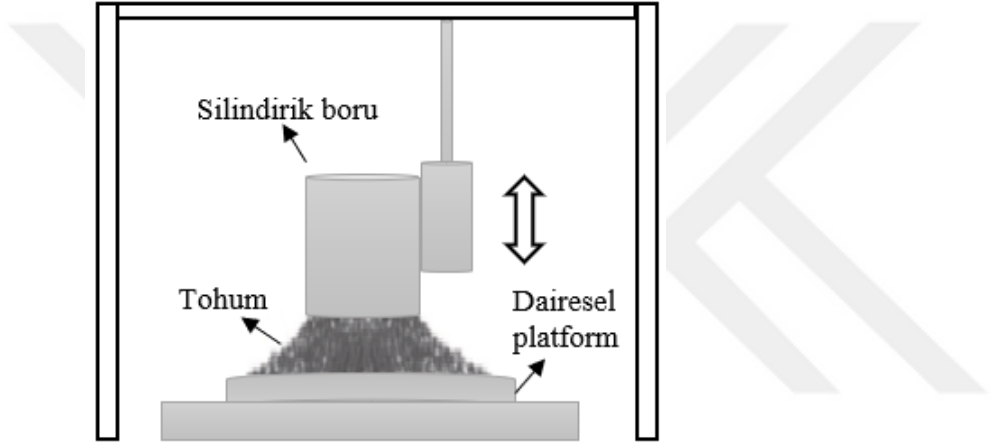
Statik sürtünme katsayısının belirlenebilmesi için Şekil 3.11'de görülen eğimi ayarlanabilen bir düzener kullanılmıştır. Düzener; farklı sürtünme yüzeylerinin kullanımına olanak sağlayan bir plaka, açıölçer, 40 mm çap ile 51 mm uzunluğa sahip altı ve üstü açık silindirik bir örnek kutusu ve eğimi ayarlamaya yardımcı bir vidadan meydana gelmektedir.



Şekil 3.11. Statik sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği (Saraçoğlu ve Özarslan, 2012)

3.1.3.8. Statik yığılma açısı ölçüm düzeneği

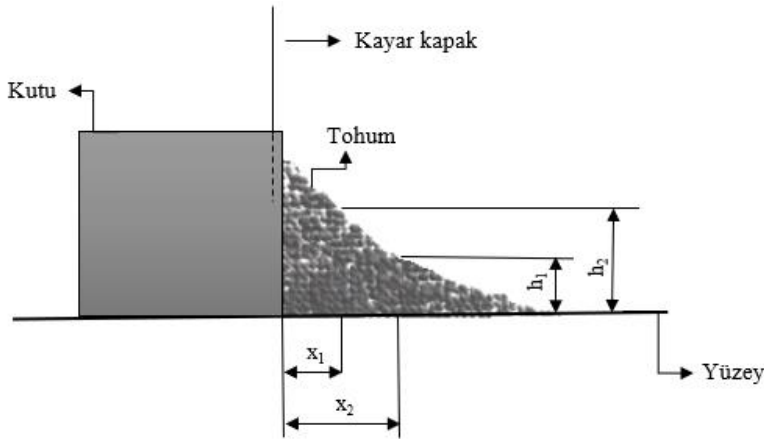
Tohumların statik yığılma açısının belirlenmesinde Şekil 3.12’de görülen düzeneden yararlanılmıştır. Düzeneç; 120 mm çapa sahip dairesel bir platform ve 63 mm çap ve 90 mm uzunluğa sahip silindirik bir boru parçasından meydana gelmektedir.



Şekil 3.12. Statik yığılma açısı ölçüm düzeneği

3.1.3.9. Dinamik yığılma açısı ölçüm düzeneği

Marul tohumunun dinamik yığılma açısının ölçülmesinde 60 mm genişliğe ve 70 mm uzunluğa sahip üstü açık kayar kapaklı bir düzeneç kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Dinamik yığılma açısı ölçüm düzeneği (Saraçoğlu ve Özarslan, 2012)

3.1.3.10. El penetrometresi

Marul tohumlarının kabuk kırılma dirençlerinin ölçülmesinde 2 kg kapasiteli ve 0,01 kg hassasiyete sahip Shimpo Instruments marka el penetrometresinden yararlanılmıştır (Şekil 3.14). Cihaz farklı aparat uçlarla hem basma hem çekme işlemlerinde kullanılabilir. Marul tohumlarının kırılma kuvvetlerinin belirlenmesi için konik uç ile basma işlemi uygulanmış ve tohumların kırılma anındaki kuvvet değerleri ölçülmüştür (Özarıan, 2002).



Şekil 3.14. El penetrometresi

3.1.3.11. Takometre

Elek devrini ölçmek için Extech Instruments marka $0,1 \text{ min}^{-1}$ ölçüm hassasiyetine sahip takometre kullanılmıştır (Şekil 3.15). Cihazın ölçüm aralığı $0,5-20000 \text{ min}^{-1}$ 'dir.



Şekil 3.15. Takometre

3.2. Yöntem

3.2.1. Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Marul tohumlarının nem içeriğinin belirlenmesi için temiz marul tohumdan hazırlanan 3 g'lık 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:

$$Nem(\%) = \frac{W_0 - W}{W} \cdot 100$$

W_0 : Yaş ürün ağırlığı (g),

W : Kuru ürün ağırlığı (g).

3.2.2. Marul Tohumlarının Başlangıçtaki Safiyetinin Belirlenmesi

Denemelere başlamadan önce materyalden 75 g'lık üçer numune alınmış ve marul tohumu ile yabancı materyaller (taş, sap, yaprak, yabancı ot tohumu) elle ayrılarak başlangıçtaki safiyet aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir (Sattar vd., 2015).

$$\eta_b = \frac{G_m}{G} \cdot 100$$

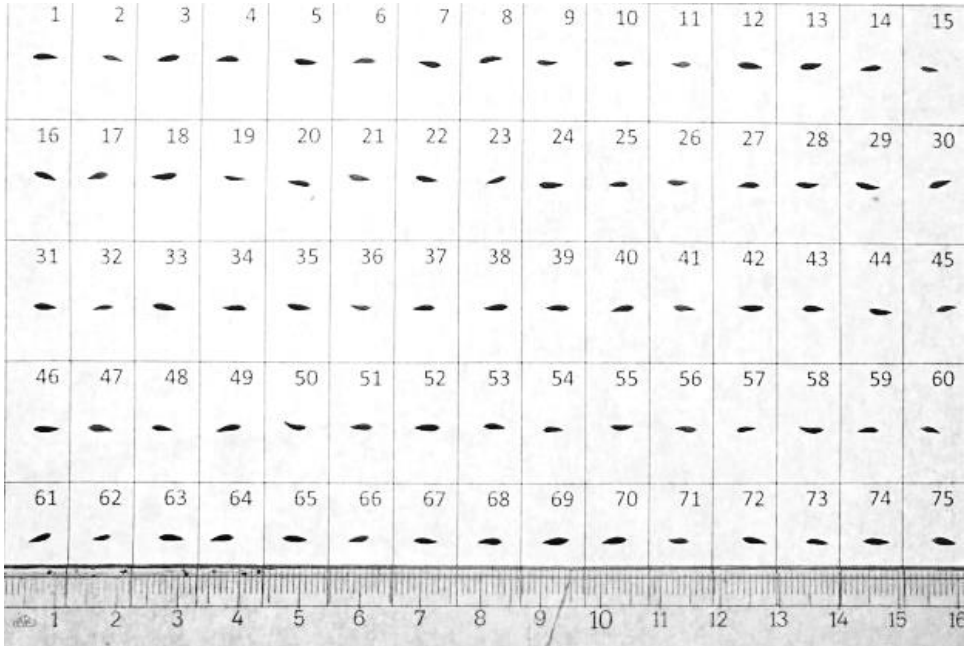
η_b : Başlangıçtaki safiyet (%),

G_m : Ayıklanan marul tohumunun ağırlığı (g),

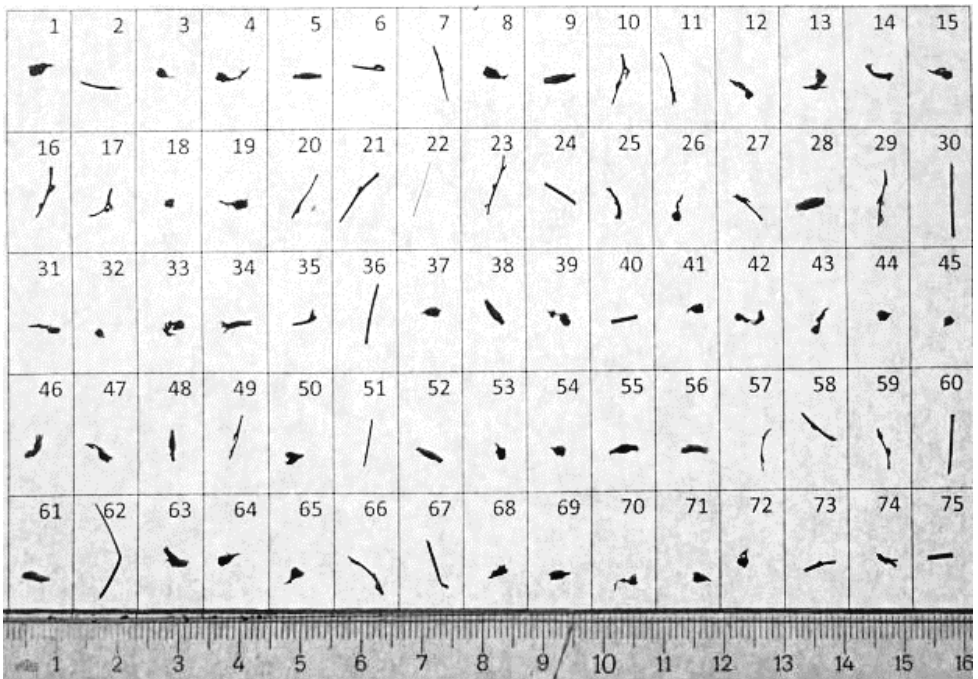
G : Toplam materyal (tane+yabancı materyal) ağırlığı (g).

3.2.3. Geometrik Özelliklerin Belirlenmesi

Marul tohumlarının ve yabancı materyallerin uzunluk, genişlik ve projeksiyon alanının belirlenebilmesi için rastgele seçilen 500 adet marul tohumunun ve 500 adet yabancı materyalin, kalibrasyon amacıyla cetvelle beraber fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 3.16, Şekil 3.17). Daha sonra bu görüntüler bilgisayara aktarılmış ve Image Tool 3.0 görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir (Saraçoğlu ve Özarslan, 2012). Marul tohumlarının ve yabancı materyallerin kalınlıklarının ölçümü manuel gerçekleştirilmiş olup ölçüm için dijital mikrometre kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Marul tohumlarının görüntüleri



Şekil 3.17. Yabancı materyallerin görüntüleri

Elde edilen verilerden yararlanarak tohumların geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Alayunt, 2000):

$$D_o = (L \cdot W \cdot T)^{1/3}$$

$$S_p = \frac{D_o}{L}$$

D_o : Geometrik ortalama çap (mm),

L : Uzunluk (mm),

W : Genişlik (mm),

T : Kalınlık (mm),

S_p : Küresellik (%).

3.2.4. Gravimetrik zelliklerin Belirlenmesi

Marul tohumunun bin dane kütlesini belirleyebilmek için rastgele seçilen 100 adet tohumun kütlesi hassas terazi yardımıyla ölçülmüş ve bu işlem 5 kez tekrarlanmıştır. Bulunan değerler 10 ile çarpılarak bin dane kütlesi elde edilmiştir.

Yığın hacim ağırlığının belirlenmesi için hassas terazide tartılan 30 g'lık marul tohumu rneği 150 mm yükseklikten ölçekli kap içerisine dökülmüş ve kap içerisindeki yığının hacmi belirlenmiştir. Bu işlem 10'ar kez tekrarlanmış ve marul tohumunun kütlesinin hacmine oranlanmasıyla yığın hacim ağırlığı (ρ_b) belirlenmiştir (zarslan, 2002). Gerçek hacim ağırlığının belirlenmesi için ise piknometre yöntemi kullanılmıştır. Sıvı olarak yoğunluğu sudan daha düşük olan tolüen tercih edilmiştir. Öncelikli olarak piknometrenin boş ağırlığı tartılmış ve sonrasında içerisine saf su eklenerek suyla beraber ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra piknometre içerisine su yerine tolüen konularak piknometre ve tolüenin ağırlığı tartılmıştır. Bu işlemin ardından piknometre içerisindeki tolüenin üzerine bir miktar marul tohumu bırakılarak piknometre, tolüen ve tohumun ağırlığı llmştir. Ölçümler 3 kez tekrarlanarak aşağıdaki formül ile tolüen yoğunluğu ve tanelerin gerçek hacim ağırlığı hesaplanmıştır (Alayunt, 2000):

$$d_t = \frac{\text{Toluen ağırlığı}}{\text{Suyun ağırlığı}}$$

d_t : Toluen yoğunluğu ($g \text{ cm}^{-3}$)

$$\rho_t = \frac{m \cdot d_t}{m_t}$$

ρ_t : Tane hacim ağırlığı (g cm⁻³),

m : Örnek ağırlığı (g),

m_t : Tanelerle yer değiştiren tolüenin ağırlığı (g).

Tane hacim ağırlığı belirlendikten sonra tane hacmi ve porozite aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Özarslan, 2002):

$$V = \frac{m}{\rho_t}$$

V : Tane hacmi (cm³)

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \cdot 100$$

ε : Porozite (%)

3.2.5. Aerodinamik Özelliklerin Belirlenmesi

Tohumların kritik hızlarının ölçümünde silindirik bir hava kanalı kullanılmıştır. Hava kanalının üst kısmından bir tohum, akış içerisine bırakılmıştır. Silindirik kanalın üst kısmında yer alan delikten kızgın telli anemometrenin ölçüm çubuğu geçirilmiştir. Tohum akış içerisinde askıda kalana kadar hava debisi artırılmış ve tohumun askıda kaldığı noktada anemometre yardımıyla kritik hız değeri ölçülmüştür (Yalçın ve Özarslan, 2004). Bu işlem 50 farklı marul tohumu için tekrarlanmıştır. Aynı ölçüm işlemleri 50 farklı yabancı materyal için de gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Sürtünme Özelliklerinin Belirlenmesi

Statik sürtünme katsayısının belirlenmesinde eğimi ayarlanabilen bir ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Düzeneğin yüzeyine altı ve üstü açık bir örnek kutusu yerleştirilmiş ve kutunun içi marul tohumlarıyla doldurulmuştur. Sadece tohumun yüzeye temas etmesini sağlayabilmek için örnek kutusu yukarı doğru çok az kaldırılmıştır. Vidalı bir sistem yardımıyla bu eğimli yüzey örnek kutusu, üzerinden kaymaya başlayana kadar yavaşça yükseltilmiştir. Kaymanın başladığı andaki açı değeri açölçerden okunmuş ve statik sürtünme katsayısı aşağıdaki eşitlikten

hesaplanmıştır (Özarıslan, 2002). Denemeler paslanmaz elik, alüminyum, kontrplak ve kauçuk olmak üzere dört farklı yüzey üzerinde gerçekleştirilmiş olup ölçüm işlemi her bir yüzeyde 10 kez tekrarlanmıştır.

$$\mu = \tan\alpha$$

μ : Statik sürtünme katsayısı

α : Eğim açısı (°)

Statik yığılma açısı belirlenirken 120 mm çapında dairesel bir platform kullanılmıştır. Bu platformun merkezine gelecek şekilde 63 mm çapında ve 90 mm uzunluğunda bir silindirik boru parçası yerleştirilerek içerisi marul tohumuyla doldurulmuştur. Daha sonra boru parçası yavaşça yukarı doğru kaldırılarak platform üzerinde koni şeklinde bir yığın oluşması sağlanmıştır. Koninin yüksekliği ölçülerek statik yığılma açısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Özgüven ve Vursavuş, 2005). Bu ölçüm 20 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\theta = \tan^{-1} \cdot \left(\frac{2H}{D} \right)$$

H : Koninin yüksekliği (mm)

D : Koninin (platformun) apı (mm)

Dinamik yığılma açısı belirlenirken ölçüm düzeninde üstü açık bir kutu kullanılmıştır ve bu kutunun ön yüzü yukarı aşağı kayar özelliğe sahiptir. Kutu marul tohumu ile doldurulduktan sonra kayar kapak hızlıca yukarı doğru kaydırılmıştır ve tohum yüzeye bir yığın halinde boşalmıştır. Denemeler paslanmaz elik, alüminyum, kontrplak ve kauçuk olmak üzere dört farklı yüzey üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yığın üzerinde belirlenen iki noktanın düşey (h_1 ve h_2) ve yatay yöndeki (x_1 ve x_2) mesafeleri ölçülerek aşağıdaki eşitlik yardımıyla dinamik yığılma açısı belirlenmiştir (Bart-Plange ve Baryeh, 2003). Ölçüm işlemi 20 kez tekrarlanmıştır.

$$\theta_d = \tan^{-1} \cdot \left(\frac{h_2 - h_1}{x_2 - x_1} \right)$$

θ_d Dinamik yığılma açısı (°),

h_2-h_1 : Düşey yöndeki mesafe (mm),

x_2-x_1 : Yatay yöndeki mesafe (mm).

3.2.7. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

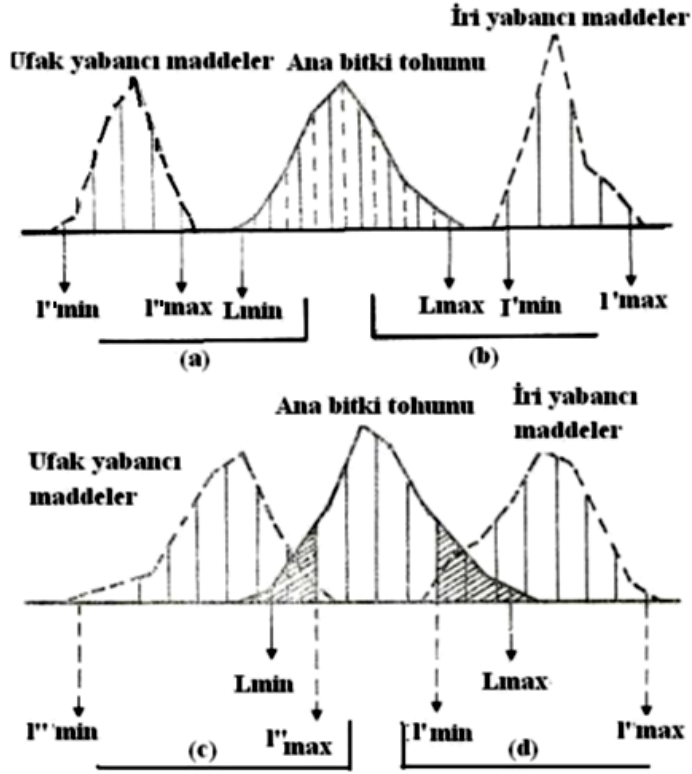
Marul tohumlarının kabuk kırılma dirençlerinin belirlenmesinde el penetrometresi kullanılmıştır. 60 farklı tohuma konik uç ile basma işlemi uygulanmış ve tohumların kırılma anındaki kuvvet değeri ölçülmüştür.

3.2.8. Elek Sistemi Seçim Kriterleri

Elekler tohumları boyut özelliğine göre ayırmak için kullanılan çeşitli delik ölçülerine sahip düzenlerdir. Yuvarlak delikli ya da oblong delikli yapıya sahip elekler büyük boyutlu taneciklerin küçük olanlardan ayrılmasını sağlamaktadırlar. Marul tohumlarının yabancı ot tohumlarından ayrılmasında oblong delikli eleklerden yararlanılmaktadır (Anonim, 2019d).

Kaliteli tohum elde edebilmek için uygun özelliklere sahip elek seçimi yapmak gerekmektedir. Elek seçimi yapılırken kullanılacak eleğin deliklerinin şekil ve büyüklüğü iki önemli parametreye göre belirlenmektedir. Bunlardan ilki elenecek tohum karışımının karakteridir ve ikincisi eleme işleminden sonra elde edilmesi istenen son ürünün safiyet derecesidir. Elek delik tipine ve büyüklüğüne karar vermek için karışımı oluşturan materyalin boyut özellikleri bilinmelidir. Ana bitki tohumları ile yabancı materyallerin boyut ölçüleri karşılaştırıldığında birbirine yakın sonuçlar görülebilir ve bu nedenle belirli bir kayıp vermeden tohumluğun tüm yabancı materyallerden ayrılması söz konusu değildir. Ancak elek seçimi yapılırken en az kayıp ve en yüksek safiyet derecesini sağlayacak delik ölçüleri seçilmelidir. Elenecek tohumluk içerisindeki yabancı materyalleri aşağıdaki şekilde gruplandırmak mümkündür (Yağcıoğlu, 1996):

1. Ana bitkinin en ufak danelerinden daha ufak olan kısımlar veya yabancı tohumlar (Şekil 3.18a)
2. Ana bitkinin en iri danelerinden daha iri olan kısımlar veya yabancı tohumlar (Şekil 3.18b)
3. Ana bitkinin en ufak danelerinden irice olup, boyutları ufak danelerin boyut ölçüsünde olan kısımlar veya yabancı tohumlar (Şekil 3.18c)
4. Ana bitkinin en iri danelerinden daha ufak olup, boyutları iri danelerin boyut ölçüsünde olan kısımlar veya yabancı tohumlar (Şekil 3.18d).



Şekil 3.18. Temizlenecek karışım içindeki yabancı materyal dağılımı (Eker, 1983)

Birinci gruptaki yabancı materyaller için delik boyutu l''_{max} ile L_{min} arasında bulunur (Şekil 3.17a). Genişliklerine göre ayırmada yuvarlak deliklerin çapı (D), kalınlıklarına göre ayırmada oblong delik genişlikleri (B) ise, $l''_{max} \leq D(B) \leq L_{min}$ olmalıdır. İkinci gruptaki yabancı materyaller için uygun gelecek elekler ilk grup ile aynı şekilde seçilir ve delik boyutu ise $L_{max} \leq D(B) \leq l''_{min}$ koşullarına uygun olmalıdır (Şekil 3.17b). Diğer gruplar için seçilecek olan eleklerin delik boyutunu saptamak çok daha güçtür. Çünkü bu durumlarda ana bitki tohumlarında belirli bir fire kabul etmek, aynı zamanda yabancı materyalden de belli bir kısmın tohumluk içinde kalacağını hesaba katmak gerekir. Yabancı materyallerden tamamen temizlenmiş bir tohumluk elde edebilmek için iri yabancı materyalleri ayıracak eleğin boyutu l'_{min} , ufak yabancı materyalleri ayıracak olan eleğin boyutu ise l'_{max} kadar olmalıdır. Fakat $l'_{min} < L_{max}$ ve $l'_{max} > L_{min}$ olduğundan l'_{min} ile L_{max} ve L_{min} ile l'_{max} arasında bulunan en iri ve en ufak danelerde fire olarak yabancı materyallerle beraber tohumluktan ayrılmış olurlar. Yalnız bu daneler pratikte delik boyutunun oluşturduğu sınır üzerinden tam olarak ayrılmadığı için yabancı materyallerle karışacak olan dane miktarını tayin etmek oldukça zordur. Bu

sebeplerden dolayı elek delik boyutunun seçimi kritik bir öneme sahiptir. En az kayıp ve en yüksek safiyette tohum elde etmek amacıyla bu çalışmada elek delik boyutuna karar verebilmek için tanelerin boyut özellikleri dikkate alınmıştır. Marul tohumu ve yabancı materyallerin şekil özellikleri göz önüne alındığında kalınlık ölçüsüne göre ayırma işleminin gerçekleştirilmesi daha etkili olacaktır. Bu çalışmada kalınlığa göre ayırım yapabilen oblong delikli elek tercih edilmiştir.

Karışım halindeki materyalin elenebilmesi için karışımdaki tanelerin elek yüzeyinde hareket etmesi gerekmektedir. Tanelerin elek üzerinde eleğe göre hareketleri elek eğimi nedeniyle yerçekimi kuvvetine ve elek titreşimine bağlıdır. Eleklerle ayırma işleminin kalitesi en uygun kinematik rejimde çalışıldığı takdirde maksimum düzeye ulaşabilir. Bu kinematik rejim için de elek titreşim hareketinin ivmesi çok büyük öneme sahiptir. Çeşitli tohumların temizlenmesi sırasında en iyi sonucu veren en büyük ivme değerleri bilindiği takdirde bazı eşitlikler yardımıyla krank devir sayısı veya belli bir devir sayısı için krank yarıçapı belirlenebilmektedir. İri ve orta tohumlar (tahıl, baklagiller vb.) için $16-18 \text{ m s}^{-2}$, ufak tohumlar için $10-13 \text{ m s}^{-2}$ değerleri eleklerle bazı tohumların ayrılabilmesi için gereken en yüksek ivme değerleri olarak belirtilmektedir. Krankın dakikadaki devir sayısına bağlı olarak en büyük ivme değeri ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenebilir (Yağcıoğlu, 1996):

$$J = \omega^2 \cdot r = \left(\frac{\pi \cdot n}{30}\right)^2 \cdot r$$

J : Elek ivmesi (m s^{-2}),

ω : Açısal hız (s^{-1}),

r : Eksantrik yarıçapı (m),

n : Eksantrik devir sayısı (min^{-1}).

Kanafojski ve Karwowski (1976) bazı biçerdöverlerde kullanılan alt ve üst eleklerin genliklerinin birbirinden farklı olduğunu belirtmiştir. Üst eleğe alt elekten daha fazla materyal geldiğini ve temizleme etkinliğini artırabilmek için üst eleğin genliğinin alt eleğin genliğinden daha fazla olması gerektiğini vurgulamıştır. Genel olarak üst elek genliğinin 60 mm ve alt elek genliğinin 30-40 mm olması gerektiğini ayrıca eksantrik devrinin ise 200 ile 300 min^{-1} olması gerektiğini ifade etmiştir.

Literatürde yer alan bu bilgilere göre bu çalışmada marul tohumu için en büyük ivme değeri 10 m s^{-2} olarak kabul edilmiştir. 20 mm, 30 mm ve 40 mm genliklerle

150, 175, 200, 225, 250, 275 ve 300 min^{-1} devirlerinde tohum eleme işlemi yapılmıştır.

3.2.9. Aerodinamik Sistem Seçim Kriterleri

Cisimler bir hava akımının etkisinde kaldıklarında aerodinamik özelliklerine göre farklı davranışlar göstermektedir. Bir karışımı oluşturan tanelerin hava içindeki davranışlarındaki farklılığın fazla olması tanelerin aerodinamik özelliklere göre ayrılmalarına olanak sağlamaktadır. Ayırma işleminin yapılabilmesi için karışımı oluşturan tanelerin kritik hızı önem kazanmaktadır. Esas bitki tohumlarının kritik hızları ile yabancı materyallerin kritik hızları arasındaki farkın büyük olması ayırma işleminin başarısının artmasına neden olmaktadır. Düşey hava kanallı ayırma sistemlerinde hava akış hızı, tüketim amacıyla kullanılacak tahıllar için kritik hızın (0,4-0,8) katı ve tohumluk amacıyla kullanılacak tahıllar için kritik hızın (0,8-0,9) katı olacak şekilde seçilebilmektedir. Konuyla ilgili yapılmış çalışmalardan elde edilen bu teorik değerler alt ve üst sınır değerlerin tahmini için kullanılabilir ancak hava kanalı içerisindeki hava akış hızı için en uygun değer, temizleme işlemi esnasında yapılacak ön denemelerle belirlenmelidir (Yağcıoğlu, 1996).

Bu bilgiler doğrultusunda marul tohumlarının ve yabancı materyallerin kritik hızları ölçülmüş ve düşey hava kanalı içerisindeki en uygun hava akış hızının belirlenebilmesi için ön denemeler yapılmıştır. Ön denemeler sonucunda marul tohumu ve yabancı materyalin birbirinden ayrılması için hava kanalı girişindeki uygun hava akış hızları $1,00 \text{ m s}^{-1}$, $1,15 \text{ m s}^{-1}$ ve $1,30 \text{ m s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

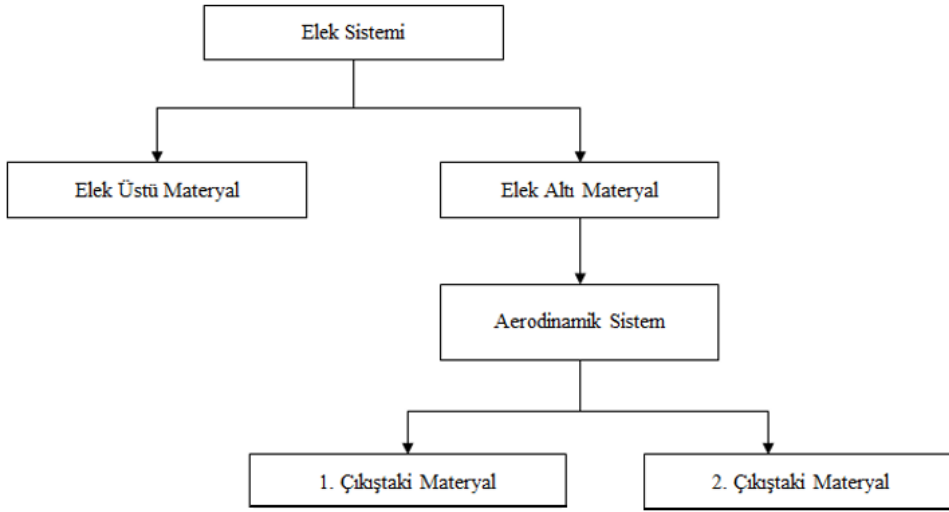
3.2.10. Temizleme Sistemi Çalışma Prensibi

Marul tohumunun yabancı materyallerden ayrılabilmesi için öncelikle elek sistemi üzerinde genlik ve devir ayarlamaları yapılmıştır. Daha sonra besleme haznesi çıkışında bulunan sürgü ayarlanarak karışım halindeki materyal bu hazneye doldurulmuştur. Eleğe verilen titreşim sayesinde tohumlar ayarlanan açıklıktan elek üzerine dökülmeye başladığı anda eleme işlemi gerçekleşmektedir. Büyük boyutlara sahip materyal elek üzerinden, küçük boyutlara sahip materyal ise tohum çıkış kanalından ayrılarak farklı plastik poşetlerde toplanmıştır. Bu işlemler farklı genlik ve farklı devir sayılarında 9 işlemde ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Elek sisteminin çalışma parametreleri

| İşlem No | Eksantrik Devir | | Genlik (mm) | İvme (m s ⁻²) |
|----------|--------------------------------|--|----------------|------------------------------|
| | Sayısı (min ⁻¹) | | | |
| 1 | 150 | | 40 | 4,93 |
| 2 | 175 | | 40 | 6,71 |
| 3 | 200 | | 40 | 8,76 |
| 4 | 200 | | 30 | 6,57 |
| 5 | 225 | | 30 | 8,32 |
| 6 | 250 | | 30 | 10,27 |
| 7 | 250 | | 20 | 6,85 |
| 8 | 275 | | 20 | 8,28 |
| 9 | 300 | | 20 | 9,86 |

Elek sisteminin performansının (temizleme etkinliği, temizleme kaybı tohum safiyeti ve yabancı materyal temizleme etkinliği) belirlenmesi amacıyla elek altına inen materyal içerisinde bulunan marul tohumu ve yabancı materyaller elle ayıklanmış ve tartılmıştır. Aynı işlemler elek üstünden ayrılan materyal için de gerçekleştirilmiştir. Elek altı ve elek üstü marul tohumu ve yabancı materyal miktarları belirlendikten sonra elek altına inen materyaller, aerodinamik sistemin performansının belirlenmesi amacıyla tekrar birleştirilmiştir (Şekil 3.19). Böylece aerodinamik sistem denemeleri için 27 farklı örnek oluşturulmuştur. Aerodinamik sistemde öncelikli olarak hava akış hızı ayarlanmıştır. Daha sonra temizleme ve ayırma işleminin yapılabilmesi için materyal düzenekte yer alan besleme ağzından hava kanalı içerisine dökülmüştür. Aerodinamik sistemin besleme debisinin hesaplanabilmesi için besleme işlemi sırasında süre de ölçülmüştür. Hava kanalında oluşturulan vakumun etkisiyle düşey hava kanalına dökülen materyal içindeki hafif taneler 2. çıkışa yönelirken daha ağır taneler 1. çıkışa doğru yönelerek ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler 3 farklı hava akış hızında (1,00 m s⁻¹, 1,15 m s⁻¹ ve 1,30 m s⁻¹) gerçekleştirilmiştir. 1. ve 2. çıkıştan elde edilen materyal içerisindeki marul tohumu ve yabancı materyaller elle ayıklanarak tartılmış ve vakum hattına kaçan materyal olup olmadığını belirleyebilmek için elektrikli süpürgeci hava emiş hattına yerleştirilen filtrede biriken materyal/toz miktarı ölçülmüştür.



Şekil 3.19. Temizleme sistemi işlem akış şeması

3.2.11. Temizleme Sisteminin Performansı

Temizleme sisteminin performansını ortaya koyabilmek için elek sisteminde temizleme etkinliği, temizleme kaybı ve elde edilen tohumların safiyet değerleri; aerodinamik sistemde ayırma etkinliği, ayırma kaybı ve elde edilen tohumların safiyet değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Literatürde etkinlik kavramı, tohum ve yabancı materyal esaslı olarak iki şekilde ifade edilmektedir. Yani tohumun veya yabancı materyalin ayrılabilirliği belirlenmektedir. Bu çalışmada tohumun ayrılabilirliğini ifade etmek için “temizleme/ayırma etkinliği” ve yabancı materyal için ise “yabancı materyal temizleme/ayırma etkinliği” formülüne edilerek kullanılmıştır.

Eleme işleminin ardından elek altı ve elek üstü marul tohumu ve yabancı materyal miktarları belirlenmiş olup elek sistemi için temizleme etkinliği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Sattar vd., 2015):

$$E_t = \frac{G_a}{G_b} \cdot 100$$

E_t : Oblong eleğin temizleme etkinliği (%),

G_a : Oblong eleğin altından ayrılan materyal içindeki tane ağırlığı (g),

G_b : Beslemedeki toplam tane ağırlığı (g).

Oblong eleğin temizleme kaybı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Simonyan ve Yiljep, 2008):

$$K_t = \frac{G_{\ddot{u}}}{G_b} \cdot 100$$

K_t : Oblong eleğin temizleme kaybı (%),

$G_{\ddot{u}}$: Oblong eleğin üstünden ayrılan toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g).

Oblong elekten elde edilen temiz tanenin safiyeti aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Aderinlewo vd., 2016):

$$\eta_t = \frac{G_a}{G_t} \cdot 100$$

η_t : Oblong elekte elde edilen tohum safiyeti (%),

G_t : Oblong eleğin altından ayrılan toplam materyal ağırlığı (g).

Eleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliğinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E_{ty} = \frac{G_{\ddot{u}y}}{G_{ay} + G_{\ddot{u}y}} \cdot 100$$

E_{ty} : Oblong eleğin yabancı materyal temizleme etkinliği (%),

$G_{\ddot{u}y}$: Oblong eleğin üstünden ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g),

G_{ay} : Oblong eleğin altından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g).

$$G_{ay} = G_t - G_a$$

Eleme sisteminde ön temizlemeden geçen materyal aerodinamik sistemde ise ayırma işlemine tabii tutulmuştur. 1. ve 2. çıkıştan alınan marul tohumu ve yabancı materyallerin kütleleri tartılmış olup hava kanalının ayırma etkinliği aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir:

$$E_a = \frac{G_{t1}}{G_a} \cdot 100$$

E_a : Hava kanalının ayırma etkinliği (%),

G_{t1} : Hava kanalı 1. çıkışındaki toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g).

Hava kanalının ayırma kaybı ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$K_a = \frac{G_{t2}}{G_a} \cdot 100$$

K_a : Hava kanalının ayırma kaybı (%),

G_{t2} : Hava kanalı 2. çıkışındaki toplam materyal içindeki tane ağırlığı (g).

Hava kanalından elde edilen temiz tanenin safiyeti aşağıdaki eşitlik yoluyla hesaplanmıştır:

$$\eta_a = \frac{G_{t1}}{G_{top1}} \cdot 100$$

η_a : Hava kanalında elde edilen tohum safiyeti (%),

G_{top1} : Hava kanalı 1. çıkışındaki toplam materyal ağırlığı (g).

Hava kanalının yabancı materyal ayırma etkinliğinin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır:

$$E_{ay} = \frac{G_{ty2}}{G_{ty1} + G_{ty2}} \cdot 100$$

E_{ay} : Hava kanalının yabancı materyal ayırma etkinliği (%),

G_{ty2} : Hava kanalının 2. çıkışından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g),

G_{ty1} : Hava kanalının 1. çıkışından ayrılan toplam materyal içindeki yabancı materyal ağırlığı (g).

$$G_{ty1} = G_{top1} - G_{t1}$$

Hava kanalındaki besleme debisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde edilmiştir:

$$Q = \frac{G_t}{G_s}$$

Q : Hava kanalının besleme debisi ($g \text{ s}^{-1}$),

T_b : Materyal besleme süresi (s).

Elek sistemi ve aerodinamik sistemden oluşan temizleme sisteminin temizleme etkinliği aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$E_s = \frac{G_{t1}}{G_b} \cdot 100$$

E_s : Temizleme sisteminin etkinliği (%).

Temizleme sisteminin temizleme kaybı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$K_s = K_t + K_a$$

K_s : Temizleme sisteminin tohum kaybı (%).

Temizleme sisteminin safiyeti sistemin son elemanı olan hava kanalından elde edilen tohum safiyetine eşittir ($\eta_s = \eta_a$).

Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$E_{sy} = \frac{G_{üy} + G_{ty2}}{G_{by}} \cdot 100$$

E_{sy} : Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği (%),

G_{by} : Beslemedeki toplam yabancı materyal ağırlığı (g).

3.2.11.1. Çalışmada kullanılan veri analiz tekniği

Elek sisteminde genlik ve devirdeki değişime bağlı olarak temizleme etkinliği, temizleme kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal temizleme etkinliği arasında ve aerodinamik sistemde hava hızındaki değişime bağlı olarak ayırma etkinliği, ayırma kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal ayırma etkinliği arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirleyebilmek için ANOVA (Analysis of Variance) testlerinden yararlanılmıştır. Büyüköztürk vd. (2012)'ne atfen Yüce (2014) ANOVA modellerinin, bağımsız değişkene işaret eden örneklemelerin, bağımlı değişken açısından karşılaştırılması üzerine kurulu olduğunu ifade etmiştir.

ANOVA testleri yardımıyla genlik, devir sayısı ve hava hızındaki değişiklik ile etkinlik, kayıp ve safiyet arasındaki ilişki ortaya konmaya çalışılmıştır.

Kalaycı (2010)'ya atfen Yüce (2014) yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arasında farklılık bulunması halinde, bu farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirleyebilmek için ise Post Hoc Testlerinin (Çoklu Karşılaştırma Testleri) yapılması gerektiğini bildirmiştir. Buna bağlı olarak yapılan varyans analizinden (ANOVA) sonra Çoklu Karşılaştırma Testlerinden biri olan Duncan testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Nem İçeriğine İlişkin Sonuçlar

Marul tohumlarının kuru baza göre ortalama nem içeriği $8,09 \pm 0,19$ olarak belirlenmiştir.

4.2. Marul Tohumlarının Başlangıçtaki Safiyetine İlişkin Sonuçlar

Marul tohumlarının başlangıç safiyeti $95,96 \pm 0,08$ olarak belirlenmiştir.

4.3. Geometrik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Marul tohumlarının geometrik özelliklerine (uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik ve projeksiyon alanı) ilişkin veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgeye göre marul tohumunun uzunluk değerinin genişlik değerinden 4 kat ve genişliğin ise kalınlık değerinden yaklaşık 1,5 kat daha büyük olduğu söylenebilir. Bu durumda tohumun uzun ve yassı bir şekle sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak tohumların küresellik değeri de ortalama %34 olarak belirlenmiştir.

Zare vd. (2013) kimyon tohumlarının küreselliklerini %36 olarak belirlemişlerdir. Tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlıkları arasında büyük farklılıkların olmasından dolayı küreselliğin düşük çıktığı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1. Marul tohumunun bazı geometrik özellikleri

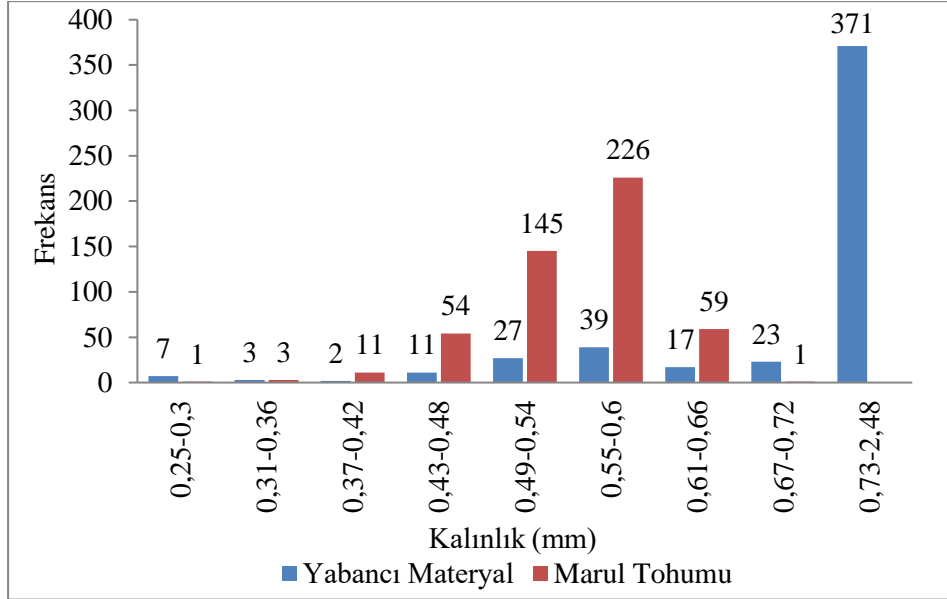
| Özellik | En Büyük Değer | En Küçük Değer | Ortalama \pm SS |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Uzunluk (mm) | 4,26 | 2,06 | 3,36 \pm 0,36 |
| Genişlik (mm) | 1,25 | 0,40 | 0,84 \pm 0,14 |
| Kalınlık (mm) | 0,72 | 0,25 | 0,54 \pm 0,06 |
| Geometrik ortalama çap (mm) | 1,40 | 0,63 | 1,15 \pm 0,11 |
| Küresellik (%) | 44 | 25 | 34 \pm 0,02 |
| Projeksiyon alanı (mm ²) | 4,00 | 1,19 | 2,79 \pm 0,51 |

Yabancı materyale ait boyut özellikleri Çizelge 4.2’de yer almaktadır. Yabancı materyal boyutları, marul tohumlarının boyutlarına göre çok daha fazla değişkenlik göstermektedir. Özellikle yabancı materyal uzunluklarının birbirinden çok farklı olması standart sapmasının büyük çıkmasına sebep olmuştur. Geometrik özelliklere bağlı bir faktör olan projeksiyon alanı için de aynı durum söz konusudur. Bu durum karışımın içerisinde yer alan yabancı materyal çeşitliliğinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Yabancı materyalin küresellik değeri %9 ile %90 değerleri arasında değişkenlik göstermiş olup ortalama %37 olarak belirlenmiştir. Küresellik değeri yabancı materyal ile marul tohumu için yakın değerlerde elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Yabancı materyalin bazı geometrik özellikleri

| Özellik | En Büyük Değer | En Küçük Değer | Ortalama±SS |
|--------------------------------------|----------------|----------------|-------------|
| Uzunluk (mm) | 23,42 | 0,56 | 6,73±3,44 |
| Genişlik (mm) | 4,10 | 0,25 | 1,44±0,59 |
| Kalınlık (mm) | 2,48 | 0,25 | 1,10±0,47 |
| Geometrik ortalama çap (mm) | 5,10 | 0,36 | 2,08±0,65 |
| Küresellik (%) | 90,00 | 9,00 | 37±0,17 |
| Projeksiyon alanı (mm ²) | 23,62 | 0,25 | 6,20±3,20 |

Şekil 4.1’de rastgele seçilen 500’er tane marul tohumunun ve yabancı materyalin kalınlık özelliklerine göre frekans dağılımı verilmiştir. Marul tohumlarının %99,8’i 0,25-0,66 mm kalınlığa sahip iken yabancı materyalin %78,8’i bu aralık dışında yer almaktadır. Bu durumda yabancı materyaller ile marul tohumlarının ayrılmasında 0,66 mm genişliğe sahip oblong elek, en az tohum kaybı ve en yüksek safiyet değerlerinin elde edilmesinde sınır değer olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Marul tohumu ve yabancı materyalin kalınlığa göre frekans dağılımı

4.4. Gravimetrik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Marul tohumunun gravimetrik özelliklerine ilişkin ortalama veriler Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Marul tohumlarının tane hacmi $0,00095 \text{ cm}^3$ olarak hesaplanmış ve marul tohumlarının bin dane ağırlığı 1,09 g olarak belirlenmiştir. Boşluk oranı olarak ifade edilen porozite değeri hem yığın hacim ağırlığına hem de gerçek hacim ağırlığına bağlıdır ve marul tohumlarının yığın hacim ağırlığının düşük olması porozitenin yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.3. Marul tohumunun gravimetrik özellikleri

| Yığın Hacim Ağırlığı (g cm^{-3}) | Gerçek Hacim Ağırlığı (g cm^{-3}) | Tane Hacmi (cm^3) | Bin Dane Ağırlığı (g) | Porozite (%) |
|--|---|---------------------------------|--------------------------|--------------|
| 0,463 | 1,153 | 0,00095 | 1,09 | 59,84 |

Yağcıoğlu (1999)'na atfen Berber (2007), yığın hacim ağırlığının tohumlar arasında hava boşlukları bulunması nedeniyle gerçek hacim ağırlığından daha düşük olduğunu ifade etmiştir. Çizelge 4.3 incelendiğinde aynı durumun marul tohumları için de geçerli olduğu görülmektedir.

Öztürk ve Esen (2008) kuru baza göre %10 neme sahip arpanın nem içeriğinin %14'e çıkmasıyla yığın hacim ağırlığının $0,647 \text{ g cm}^{-3}$ 'ten $0,623 \text{ g cm}^{-3}$ 'e düştüğünü ifade etmişlerdir. Yığın hacim ağırlığında meydana gelen bu değişim, tohumların nem almasıyla beraber fizyolojik yapılarında meydana gelen değişim sonucunda, tohumlar arasında bulunan hava boşluklarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca tohumların bünyesine su alarak şişmesi gerçek hacim ağırlığının $0,984 \text{ g cm}^{-3}$ 'ten $1,013 \text{ g cm}^{-3}$ 'e çıkmasına neden olmuştur. Yığın hacim ağırlığının azalması ve gerçek hacim ağırlığının artış göstermesi porozite değerinin artmasına sebep olmuştur.

Sacilik (2004) yaptığı çalışmada kuru baza göre %6,21-%18,37 nem içeriğine sahip haşhaş tohumlarının yığın hacim ağırlığının $0,5927\text{-}0,5583 \text{ g cm}^{-3}$, gerçek hacim ağırlığının $1,1829\text{-}1,141 \text{ g cm}^{-3}$, bin dane ağırlığının $0,36\text{-}0,43 \text{ g}$ ve porozite değerinin %49,9-%51,1 arasında değiştiğini belirtmiştir.

4.5. Aerodinamik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Marul tohumu ve yabancı materyallerin kritik hız değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Marul tohumlarının ortalama kritik hız değeri $3,46 \text{ m s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

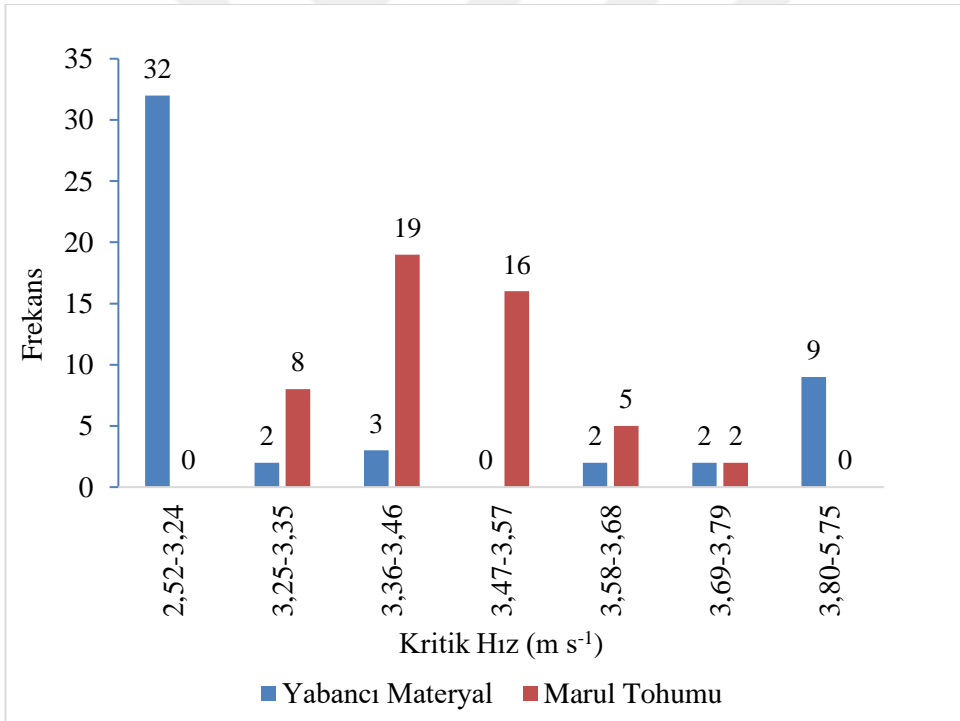
Nalbandi vd. (2010) buğday içerisinde sıkça yetişen bir yabancı ot olan geniş yapraklı pıtrak tohumlarının ve buğdayın aerodinamik özelliklerini belirledikleri çalışmada nemin artmasıyla beraber geniş yapraklı pıtrak tohumunun kritik hızının $6,775 \text{ m s}^{-1}$ 'den $6,877 \text{ m s}^{-1}$ 'ye ve buğday tohumlarının kritik hızının $9,25 \text{ m s}^{-1}$ 'den $9,587 \text{ m s}^{-1}$ 'ye çıktığını belirtmiştir.

Gürhan vd. (2009) nohudun neme bağlı fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmada nemin kuru baza göre %9,29'dan %16,82'ye çıkmasıyla beraber kritik hızın da $2,078 \text{ m s}^{-1}$ 'den $2,135 \text{ m s}^{-1}$ 'e yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.4. Marul tohumu ve yabancı materyallerin kritik hız sonuçları (Ortalama \pm SS)

| Ürün | Kritik Hız (m s^{-1}) |
|------------------|----------------------------------|
| Marul Tohumu | $3,46\pm 0,11$ |
| Yabancı Materyal | $3,31\pm 0,59$ |

Şekil 4.2’de rastgele seçilen 50’şer tane marul tohumunun ve yabancı materyalin kritik hızlarına göre frekans dağılımı verilmiştir. Yabancı materyalin ortalama kritik hız değeri $3,31 \text{ m s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir ancak ölçümler esnasında en büyük kritik hız değeri $5,75 \text{ m s}^{-1}$, en küçük kritik hız değeri $2,52 \text{ m s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Kritik hız değerlerindeki bu büyük farklılık yabancı materyalin çeşitliliğinden ve şekilsel özelliklerinden (yuvarlaklık, küresellik, projeksiyon alanı vb.) kaynaklanmaktadır. Yabancı materyalin %18’i, marul tohumlarının ise tamamı $3,25 \text{ m s}^{-1}$ ile $3,79 \text{ m s}^{-1}$ aralığında yer almaktadır. Tohum kaybı olmaksızın yabancı materyalin %64’lük bölümünü ayırabilmek için $3,25 \text{ m s}^{-1}$ değerinden daha düşük kritik hız ile çalışılmalıdır.

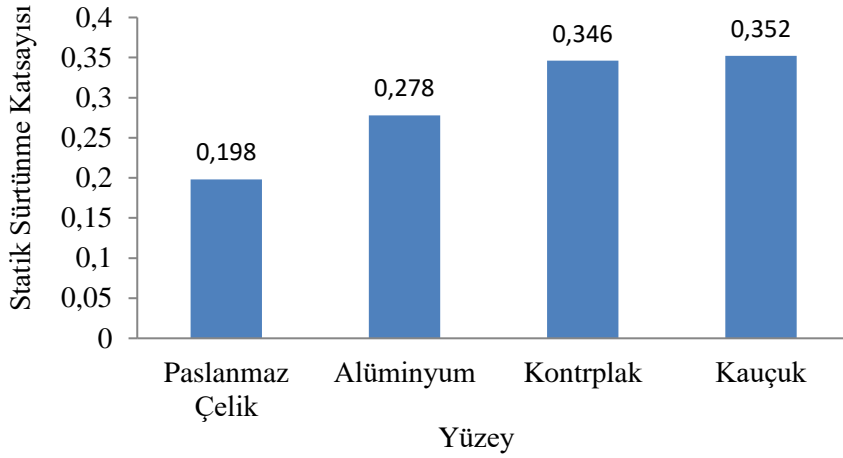


Şekil 4.2. Marul tohumu ve yabancı materyalin kritik hızla göre frekans dağılımı

4.6. Sürtünme Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

4.6.1. Statik Sürtünme Katsayısı

Statik sürtünme katsayısı ile ilgili sonuçlar Şekil 4.3’te görülmektedir. Marul tohumunun statik sürtünme katsayısı 0,198 ile en düşük paslanmaz çelik yüzeyde, 0,352 ile en yüksek kauçuk yüzeyde elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Statik sürtünme katsayısı değerleri

Çetin vd. (2010) turp tohumunun farklı nem içeriklerine göre fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmada statik sürtünme katsayısı için dört farklı yüzeyde (paslanmaz çelik, alüminyum, kauçuk ve galvanize sac) denemeler yapmışlardır. Nem içeriğinin artışıyla beraber her bir yüzeyde statik sürtünme katsayısının da arttığını belirtmişlerdir. Kuru baza göre %6,95-%19,08 nem artışıyla beraber statik sürtünme katsayısı paslanmaz çelikte 0,245-0,30, alüminyumda 0,295-0,346 galvanize sacda 0,308-0,368 ve kauçukta 0,354-0,410 olarak bulunmuştur. Ayrıca tüm nem içeriklerinde en düşük statik sürtünme katsayısı değerinin paslanmaz çelikte olduğunu vurgulamışlardır. Bunun sebebinin ise paslanmaz çeliğin kullanılan diğer yüzeylere göre daha pürüzsüz ve parlatılmış bir yüzeye sahip olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

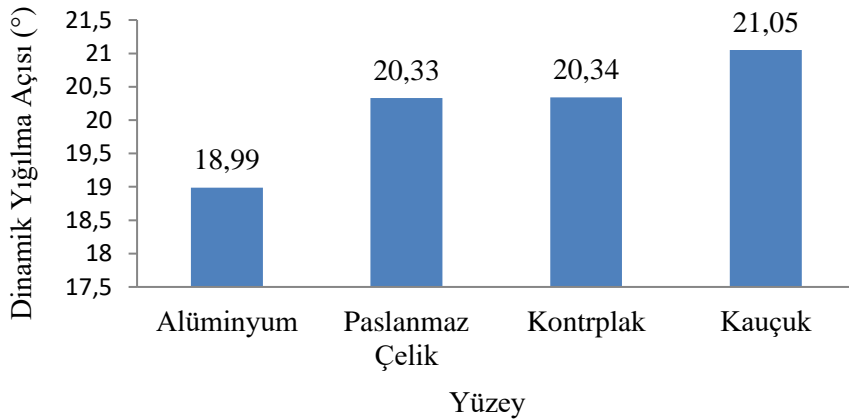
Dursun vd. (2007) şeker pancarı tohumunun bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada yine 4 farklı yüzeyde (alüminyum, galvanize sac, kontrplak ve kauçuk) statik sürtünme katsayısını incelemişlerdir. Kuru baza göre %8,4-%14,0 nem artışı ile birlikte statik sürtünme katsayısının en fazla kauçuk (0,687-0,790) daha sonra kontrplak (0,480-0,608), galvanize sac (0,392-0,434) ve en düşük alüminyum yüzeyde (0,279-0,388) olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer sonuçlar antepfıstığı, karpuz tohumu ve keten tohumu için ifade edilmiştir (Polat vd., 2007; Razavi ve Milani 2006 ve Pradhan vd., 2010).

Yurtlu vd. (2011) dört patates çeşidinin beş farklı yüzey üzerinde (galvanize sac, kort bezi, paslanmaz çelik, lastik ve sac) statik ve dinamik sürtünme katsayılarını

belirlemişlerdir. alışmalarında statik ve dinamik sürtünme katsayıları bağımlı değişken, çeşit ve sürtünme yüzeyleri ise bağımsız değişken olarak ele alınarak istatistiksel analiz yapılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda bağımsız değişkenlerin, statik ve dinamik sürtünme katsayıları üzerinde istatistiksel olarak önemli etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.6.2. Dinamik Yığılma Açısı

Marul tohumunun dinamik yığılma açısına ait veriler Şekil 4.4'te sunulmuştur. Paslanmaz elik ve kontrplak yüzeyler için bulunan değerler birbirine oldukça yakındır.



Şekil 4.4. Dinamik yığılma açısı değerleri

Joshi vd. (1993) kuru baza göre %4,5 neme sahip balkabağı tohumlarının dinamik yığılma açısının 30° olduğunu ve nemin %23,5'e yükselmesiyle aı değerinin 52°'ye çıktığını bildirmişlerdir. Balkabağı tohumlarının yüzeyinin sert olmasından dolayı tohumların birbiri üzerinden kayamadığını ve bunun sonucu olarak da dinamik yığılma açısının artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Saraçoğlu ve Özarıslan (2012) lahana tohumunun dinamik yığılma açısını belirleyebilmek için kauçuk, alüminyum, plastik ve paslanmaz elik yüzeylerde ölçümler yapmıştır. Kuru baza göre %6,86 nem değerinde dinamik yığılma açısı kauçukta 12,41°, alüminyumda 12,31°, plastikte 12,40° ve paslanmaz çelikte 11,12° olarak elde edilmiştir. Marul tohumlarına kıyasla yuvarlak Şekle sahip ve küreselliği yüksek olan lahana tohumlarının dinamik yığılma açısı değerleri daha düşük elde edilmiştir.

4.6.3. Statik Yığılma Açısı

Marul tohumlarının ortalama statik yığılma açısı $22,55^{\circ} \pm 1,98$ olarak ölçülmüştür.

Yeşiloğlu ve Pınar (2006) nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak mahlep tohumunun fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Mahlep tohumunun %9,5 nem içeriğinde statik yığılma açısı $24,22^{\circ}$ iken nem içeriğinin %23,5'e çıkmasıyla açının değeri $27,02^{\circ}$ 'ye yükseldiği belirtilmiştir.

4.7. Mekanik Özelliklere İlişkin Sonuçlar

Marul tohumlarının ortalama kabuk kırılma dirençleri $1,29 \pm 0,29$ kgf olarak belirlenmiştir.

Işık ve İzli (2015) sarı mercimek tohumlarının fiziksel özelliklerini belirledikleri çalışmada tohumların kırılma kuvvetini de ölçmüşlerdir. Tohumların kırılma kuvvetinin kuru baza göre %15,6 nem içeriğinde 22,5 N, %22,5 nem içeriğinde 16,2 N olduğunu belirtmişlerdir. Nem içeriğinin sarı mercimek tohumlarının kırılma kuvveti üzerine negatif bir etki ettiği söylenebilir.

Özarlan (2002) pamuk tohumunun kırılma direncini kuru baza göre %8,33 nem içeriğinde 65 N %13,78 nem içeriğinde ise 50,2 N olarak ölçmüştür. Nem artışının pamuk tohumlarının yüzey sertliğini azalttığını ve buna bağlı olarak kırılma direncinin azaldığını vurgulamıştır.

4.8. Temizleme Sisteminin Performansına İlişkin Sonuçlar

4.8.1. Elek Sisteminin Temizleme Performansı

Elek sisteminin 40 mm genlikte 150, 175 ve 200 min^{-1} devirlerde çalışma performansına ait veriler Çizelge 4.5'te yer almaktadır. Çizelgeye göre aynı genlik değerinde devir sayısı arttıkça temizleme etkinliğinde azalma meydana gelirken temizleme kaybında ve yabancı materyal temizleme etkinliğinde artış gözlemlenmektedir. 40 mm genlik ve 200 min^{-1} devirde temizleme etkinliği en düşük değere, temizleme kaybı ise en yüksek değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.5. Elek sisteminin 40 mm genlikte çalışma performansı

| Genlik (mm) | Devir Sayısı (min ⁻¹) | Tekerrür | Temizleme Etkinliği (E _t) (%) | Temizleme Kaybı (K _t) (%) | Tohum Safiyeti (η _t) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E _{ty}) (%) |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 40 | 150 | 1 | 94,01 | 5,99 | 97,74 | 46,97 |
| | | 2 | 97,14 | 2,86 | 98,01 | 48,66 |
| | | 3 | 94,22 | 5,78 | 97,72 | 44,21 |
| | Ortalama | | 95,12 | 4,88 | 97,82 | 46,61 |
| | Standart Sapma | | 1,43 | 1,43 | 0,13 | 1,84 |
| | 175 | 1 | 88,61 | 11,39 | 98,14 | 60,10 |
| | | 2 | 90,02 | 9,98 | 97,76 | 54,17 |
| | | 3 | 90,52 | 9,48 | 97,83 | 52,45 |
| | Ortalama | | 89,71 | 10,29 | 97,91 | 55,57 |
| | Standart Sapma | | 0,81 | 0,81 | 0,17 | 3,28 |
| | 200 | 1 | 58,34 | 41,66 | 98,06 | 70,37 |
| | | 2 | 58,56 | 41,44 | 97,58 | 67,89 |
| | | 3 | 60,54 | 39,46 | 97,59 | 69,10 |
| | Ortalama | | 59,15 | 40,85 | 97,74 | 69,12 |
| Standart Sapma | | 0,99 | 0,99 | 0,22 | 1,01 | |

Yapılan varyans analizi sonucu (Çizelge 4.6) da bu durumu destekler niteliktedir. Çizelge 4.6'ya göre 40 mm genlikte devir sayısındaki artış ile birlikte temizleme etkinliği, temizleme kaybı ve yabancı materyal temizleme etkinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuşken ($p < 0,05$), safiyet açısından anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p > 0,05$). Yani devir sayısındaki artışın temizleme etkinliği, temizleme kaybı ve yabancı materyal temizleme etkinliği üzerine etkisi bulunurken, safiyet üzerine etkisi bulunmamaktadır. Çünkü genlik ve devir sayısının fazla olması elek ivmesini artırmakta ve elek üzerindeki materyalin eleği daha çabuk terk etmesine neden olmaktadır. Bu durum ise kayıp tohum oranını artırmaktadır.

Çizelge 4.6. 40 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları

| | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | Anlamlılık Değeri (p) |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| Temizleme Etkinliği | 2258,077 | 2 | 1129,039 | 614,677 | 0,000 |
| Temizleme Kaybı | 2258,077 | 2 | 1129,039 | 614,677 | 0,000 |
| Tohum Safiyeti | 0,042 | 2 | 0,021 | 0,439 | 0,664 |
| Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği | 770,344 | 2 | 385,172 | 50,923 | 0,000 |

40 mm genlik için devir sayısına bağlı olarak temizleme etkinliği, temizleme kaybı ve yabancı materyal temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da yer almaktadır. Çizelge 4.7 devir sayısının temizleme etkinliği üzerindeki ilişkisini göstermektedir. Test sonucuna göre, her 3 farklı devir sayısı için temizleme etkinliği değişkenlik göstermektedir ($p < 0,05$). Temizleme etkinliği değeri her devir için ayrı gruplarda yer almaktadır.

Çizelge 4.7. 40 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min^{-1}) | N | Alt Grup | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 150,00 | 3 | | | 95,1233 |
| 175,00 | 3 | | 89,7167 | |
| 200,00 | 3 | 59,1467 | | |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.8’de devir sayısı ve temizleme kaybı arasındaki ilişki yer almaktadır ($p < 0,05$). Devir sayısındaki artış ile beraber tohum kayıp oranı da artış göstermektedir. En düşük tohum kaybı 150 min^{-1} devirde, en yüksek tohum kaybı ise 200 min^{-1} devirde elde edilmiştir. Yani devir sayısındaki artış tohum kaybını büyük ölçüde etkilemektedir.

Çizelge 4.8. 40 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min^{-1}) | N | Alt Grup | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 150,00 | 3 | 4,8767 | | |
| 175,00 | 3 | | 10,2833 | |
| 200,00 | 3 | | | 40,8533 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.9’da devir sayısı ve yabancı materyal temizleme etkinliği arasındaki ilişki yer almaktadır. 40 mm genlik için devir sayısındaki artışın yabancı materyal temizleme etkinliği üzerine etkili olduğu söylenebilmektedir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.9. 40 mm genlikte devir sayısı ve yabancı materyal temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min^{-1}) | N | Alt Grup | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 150,00 | 3 | 46,6133 | | |
| 175,00 | 3 | | 55,5733 | |
| 200,00 | 3 | | | 69,1200 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.10’da elek sisteminin 30 mm genlikte 200, 225 ve 250 min^{-1} devirdeki çalışma performansına ait veriler sunulmuştur. Temizleme etkinliği, devir sayısındaki artışa bağlı olarak azalırken temizleme kaybı artış göstermektedir. Aynı genlik değerinde devir sayısındaki artışın safiyeti önemli derecede etkilemediği söylenebilmektedir.

Çizelge 4.10. Elek sisteminin 30 mm genlikte çalışma performansı

| Genlik (mm) | Devir Sayısı (min ⁻¹) | Tekerrür | Temizleme Etkinliği (E _t) (%) | Temizleme Kaybı (K _t) (%) | Tohum Safiyeti (η _t) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E _{ty}) (%) |
|-------------|-----------------------------------|----------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 30 | 200 | 1 | 94,92 | 5,08 | 98,35 | 60,31 |
| | | 2 | 94,07 | 5,93 | 98,18 | 62,50 |
| | | 3 | 93,81 | 6,19 | 98,11 | 59,72 |
| | Ortalama | | 94,26 | 5,74 | 98,21 | 60,84 |
| | Standart Sapma | | 0,47 | 0,47 | 0,10 | 1,20 |
| | 225 | 1 | 89,42 | 10,58 | 98,17 | 62,62 |
| | | 2 | 89,27 | 10,73 | 98,03 | 59,05 |
| | | 3 | 89,13 | 10,87 | 98,05 | 61,01 |
| | Ortalama | | 89,27 | 10,73 | 98,08 | 60,89 |
| | Standart Sapma | | 0,12 | 0,12 | 0,06 | 1,46 |
| | 250 | 1 | 78,46 | 21,54 | 97,95 | 59,90 |
| | | 2 | 79,46 | 20,54 | 97,94 | 63,80 |
| | | 3 | 77,3 | 22,67 | 98,21 | 64,77 |
| | Ortalama | | 78,42 | 21,58 | 98,03 | 62,82 |
| | Standart Sapma | | 0,87 | 0,87 | 0,12 | 2,10 |

Elek sisteminin 30 mm genlikte 200, 225 ve 250 min⁻¹ devirleri için yapılan ANOVA testi sonucuna göre (Çizelge 4.11) devir sayısındaki değişim ile temizleme etkinliği ve temizleme kaybı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunurken tohum safiyeti ve yabancı materyal temizleme etkinliği açısından anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 4.11. 30 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları

| | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | Anlamlılık Değeri (p) |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| Temizleme Etkinliği | 394,023 | 2 | 197,012 | 395,685 | 0,000 |
| Temizleme Kaybı | 394,023 | 2 | 197,012 | 395,685 | 0,000 |
| Tohum Safiyeti | 0,052 | 2 | 0,026 | 1,750 | 0,252 |
| Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği | 7,648 | 2 | 3,824 | 0,957 | 0,436 |

Çizelge 4.12 30 mm genlikte farklı devir sayılarının temizleme etkinliği üzerindeki ilişkisini göstermektedir. Duncan test sonucuna göre, devrin artmasıyla beraber temizleme etkinliğinde azalma meydana gelmektedir. Devrin artışı ile tohumlar elek üzerinden elenmeden uzaklaşmakta bu da temizleme etkinliğinin azalmasına yol açmaktadır.

Çizelge 4.12. 30 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min^{-1}) | N | Alt Grup | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 200,00 | 3 | | | 94,2667 |
| 225,00 | 3 | | 89,2733 | |
| 250,00 | 3 | 78,4167 | | |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.13'te devir sayısı ve temizleme kaybı arasındaki ilişki yer almaktadır. Devir arttıkça tohumlar elek üzerinde daha kısa süre kalmakta ve elenmeden elek üzerinden atıldığı için temizleme kaybı da artmaktadır. En düşük temizleme kaybının 200 min^{-1} devirde en fazla temizleme kaybının ise 250 min^{-1} devirde elde edildiği söylenebilmektedir.

Çizelge 4.13. 30 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min^{-1}) | N | Alt Grup | | |
|-----------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 200,00 | 3 | 5,7333 | 10,7267 | 21,5833 |
| 225,00 | 3 | | | |
| 250,00 | 3 | | | |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Elek sisteminin 20 mm genlikte 250, 275 ve 300 min^{-1} devirde çalışma performansına ait veriler Çizelge 4.14'te sunulmuştur. Temizleme etkinliği, devir sayısındaki artışa bağlı olarak azalırken temizleme kaybı artış göstermektedir. Aynı genlik değerinde devir sayısındaki artışın safiyeti önemli derecede etkilemediği söylenebilmektedir.

Çizelge 4.14. Elek sisteminin 20 mm genlikte çalışma performansı

| Genlik (mm) | Devir Sayısı (min^{-1}) | Tekerrür | Temizleme Etkinliği (E_t) (%) | Temizleme Kaybı (K_t) (%) | Tohum Safiyeti (η_t) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E_{ty}) (%) |
|-----------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| 20 | 250 | 1 | 97,70 | 2,30 | 98,15 | 52,15 |
| | | 2 | 96,63 | 3,37 | 98,18 | 59,43 |
| | | 3 | 98,04 | 1,96 | 97,86 | 51,18 |
| | Ortalama | | 97,46 | 2,54 | 98,06 | 54,26 |
| | Standart Sapma | | 0,60 | 0,60 | 0,15 | 3,68 |
| | 275 | 1 | 87,24 | 12,76 | 98,19 | 61,50 |
| | | 2 | 90,69 | 9,31 | 98,40 | 65,53 |
| | | 3 | 89,70 | 10,30 | 98,52 | 64,09 |
| | Ortalama | | 89,21 | 10,79 | 98,37 | 63,71 |
| | Standart Sapma | | 1,45 | 1,45 | 0,14 | 1,67 |
| | 300 | 1 | 89,83 | 10,17 | 98,12 | 57,87 |
| | | 2 | 85,86 | 14,14 | 97,93 | 57,97 |
| | | 3 | 88,78 | 11,22 | 98,14 | 59,70 |
| | Ortalama | | 88,16 | 11,84 | 98,06 | 58,51 |
| Standart Sapma | | 1,68 | 1,68 | 0,10 | 0,84 | |

Yapılan ANOVA testi de benzer sonuçları vermektedir (Çizelge 4.15). Temizleme etkinliği ve temizleme kaybı ile devir sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur fakat safiyet ile devir sayısı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 4.15. 20 mm genliğe ilişkin varyans analizi sonuçları

| | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | Anlamlılık Değeri (p) |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------|-----------------------|
| Temizleme Etkinliği | 155,607 | 2 | 77,804 | 29,438 | 0,001 |
| Temizleme Kaybı | 155,607 | 2 | 77,804 | 29,438 | 0,001 |
| Tohum Safiyeti | 0,188 | 2 | 0,094 | 3,888 | 0,083 |
| Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği | 134,484 | 2 | 67,242 | 7,891 | 0,021 |

20 mm genlik için devir sayısı ve temizleme etkinliği arasındaki ilişki Çizelge 4.16'da verilmiştir. 300 ve 275 min⁻¹ devir sayıları aynı grupta yer alırken 250 min⁻¹ devir sayısı farklı bir grupta yer almaktadır. Temizleme etkinliği değeri 300 ve 275 min⁻¹ devir sayıları için aynı grupta yer almıştır. 250 min⁻¹ devir sayısında ise temizleme etkinliği en yüksek değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.16. 20 mm genlikte devir sayısı ve temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min ⁻¹) | N | Alt Grup | |
|----------------------------|---|----------|---------|
| | | 1 | 2 |
| 250,00 | 3 | | 97,4567 |
| 275,00 | 3 | 89,2100 | |
| 300,00 | 3 | 88,1567 | |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 0,458 | 1,000 |

Çizelge 4.17 farklı devir sayıları ve temizleme kaybı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. 275 ve 300 min⁻¹ devirleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı görülmektedir çünkü her iki devir sayısı da aynı grupta yer almaktadır. Ancak 250 min⁻¹ farklı bir grupta yer almakta ve tohum kaybı oldukça düşük

değerdedir. Temizleme kaybı değerinin 275 ve 300 min⁻¹ devirlerinde aynı grupta yer alması, 275 min⁻¹ devir sayısının üst sınır olarak kabul edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4.17. 20 mm genlikte devir sayısı ve temizleme kaybına ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min ⁻¹) | N | Alt Grup | |
|----------------------------|---|----------|---------|
| | | 1 | 2 |
| 250,00 | 3 | 2,5433 | |
| 275,00 | 3 | | 10,7900 |
| 300,00 | 3 | | 11,8433 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 0,458 |

Çizelge 4.18’de devir sayısı ile yabancı materyal temizleme etkinliği arasındaki ilişki yer almaktadır. 20 mm genlik için yabancı materyal temizleme etkinliği 250 min⁻¹ devirde en düşük, 275 min⁻¹ devirde ise en yüksek bulunmuştur. 300 min⁻¹ devirde ise orta değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. 20 mm genlikte devir sayısı ve yabancı materyal temizleme etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları

| Devir (min ⁻¹) | N | Alt Grup | |
|----------------------------|---|----------|---------|
| | | 1 | 2 |
| 250,00 | 3 | 54,2533 | |
| 275,00 | 3 | | 63,7067 |
| 300,00 | 3 | 58,5133 | 58,5133 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 0,124 | 0,072 |

Simonyan ve Yiljep (2008) sabit bir harman makinesi geliştirmişler ve hem elek hem de yatay hava kanalından oluşan temizleme ünitesinin temizleme etkinliğini incelemişlerdir. Besleme oranı, hava hızı ve elek frekansının temizleme etkinliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre elek frekansının ve besleme oranının artması temizleme etkinliğinin azalmasına sebep olmuştur. Tohum kaybı ise elek frekansı, besleme oranı ve hava hızının artmasıyla beraber artış göstermiştir. Benzer sonuçlar bu çalışmada yapılan deneme/ölçüm sonuçları için de geçerlidir. Eksantrik devir (frekans) sayısındaki artış temizleme etkinliğinin azalmasına tohum kaybı oranının ise artmasına sebep olmuştur.

Okunola vd. (2015) taneli materyaller ile yabancı materyallerin birbirinden ayrılmasını sağlayan taşınabilir bir tahıl temizleme makinesi geliştirmişlerdir.

Temizleme düzeneği iki tane oblong elek (alt ve üst elek) ve hava akımı oluşturarak hafif materyallerin uçmasını sağlayan bir fandan oluşmaktadır. Temizleme etkinliğinin ve tohum safiyetinin belirlenebilmesi için 3° ile 8° arasındaki elek eğim açısında ve 240 min^{-1} fan dönü sayısında denemeler yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre elek eğim açısının artması temizleme etkinliğinin azalmasına neden olmuştur. Çünkü açının artması tohumların elenmeden elek üzerinden kaymasına sebep olmakta ve tohum kayıp oranını artırmaktadır. Tohum safiyeti ise açı değerindeki artışa bağlı olarak yükselmiştir. Mevcut çalışmada temizleme etkinliği devrin artırılması ile azalmaktadır. Bunun sebebi ise yine tohumların elek üzerinden elenmeden kaymasıyla ilgilidir. Yani elek eğiminin artırılması ya da devrin artırılması temizleme etkinliği üzerinde benzer bir etkiye sebep olmaktadır.

Rıdwan (2012) börülce tohumlarının yabancı materyalden ayrılmasını sağlayabilmek için tambur elekli bir temizleyici geliştirmiştir. Düzenekte besleme haznesi, fan, tambur elek ve tohum ve yabancı materyal için iki farklı çıkış yer almaktadır. Düzeneğin elek açıklığı 6 mm ve eğimi 10° olarak ayarlanmış; temizleme etkinliği 280 ve 635 min^{-1} devir sayılarında test edilmiştir. 280 min^{-1} devirde temizleme etkinliği %91,13, yabancı materyal temizleme etkinliği %71,50 ve tohum safiyeti %96,96 olarak belirlenmiştir. 635 min^{-1} devirde ise temizleme etkinliği, yabancı materyal temizleme etkinliği ve tohum safiyeti sırasıyla %75,86, %73,62, ve %94,42 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre düşük elek dönü hızında (280 min^{-1}) çalışıldığında etkinlik değerinin daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Mevcut çalışma sonuçları elde edilen sonuçlar ile uygunluk göstermektedir.

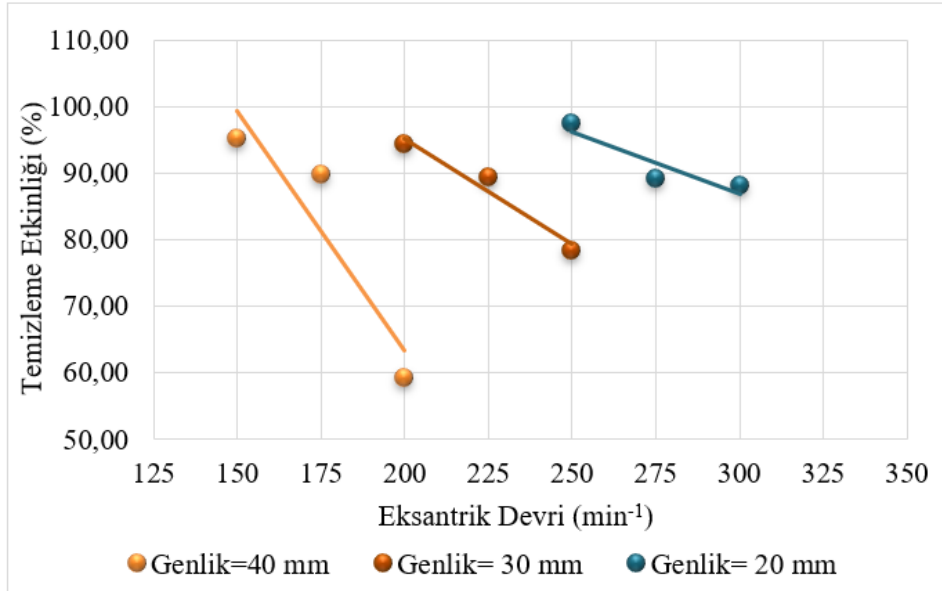
Shankar vd. (2013) parmak darı (*Eleusine coracana* L. Gaertn.) işleme endüstrinde kullanılan hava akımlı temizleyicinin performansını değerlendirebilmek için 3 farklı elek açıklığında (1,20, 1,40 ve 1,60 mm) ve 3 farklı besleme debisinde (300, 350 ve 400 kg h^{-1}) denemeler yapmışlardır. Deneme sonuçlarına göre besleme oranı 400 kg h^{-1} 'den 300 kg h^{-1} 'e düştüğünde, 1,20 mm elek açıklığında temizleme etkinliğinin %93,03'ten %94,75'e ve 1,60 mm elek açıklığında ise %96,47'den %98,19'a yükseldiğini ifade etmişlerdir. Buna göre elek açıklığının artması ve besleme oranının azalması hava akımlı temizleyicinin temizleme etkinliğinin artmasına neden olmuştur. Çünkü birim zamanda elek üzerine düşen tohum miktarının azalması ve elek delik boyutunun artırılması, elenen tohum miktarını artırarak etkinliğin de artmasına sebep olmaktadır.

Pasikatan vd. (1996) tasarladıkları çeltik temizleyicinin performansını ortaya koyabilmek için kapasite, tohum safiyeti, tohum kaybı ve özgül enerji gibi parametreleri incelemişler ve bu parametreler üzerinde besleme açıklığının (10, 15, 20 ve 25 mm), elek eğiminin (0-8°) ve eksantrik dönü hızının (360, 485, 606, 716 min⁻¹) etkisini değerlendirmişlerdir. Yapılan denemeler sonucunda 25 mm elek açıklığında, 485 ve 606 min⁻¹ devirleri için en yüksek kapasite (2,0-2,7 t h⁻¹), en az tohum kaybı (%0,1-%0,3) ve en düşük özgül enerji tüketim değerine (0,25-0,34 kW-h t⁻¹) ulaştıklarını belirtmişlerdir. Tohum safiyetinin ise %97-98 olduğunu bildirmişlerdir. Besleme açıklığının ve eksantrik dönü sayısının, performans kriterlerini önemli derecede etkilediğini ancak elek eğimindeki artışın performans üzerine büyük bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

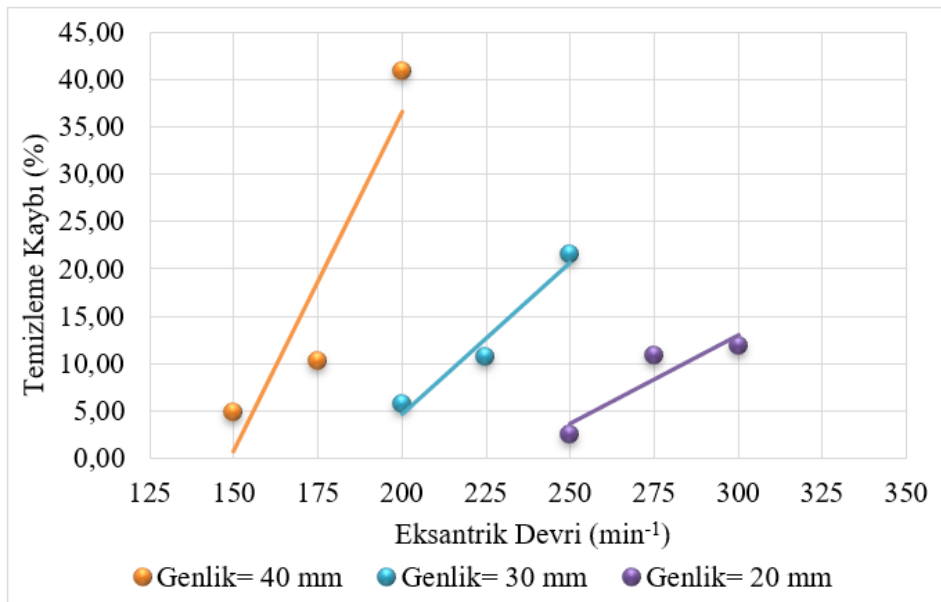
Adekanye vd. (2013) motorlu ve pedallı börülce harman makinelerinin performansını karşılaştırdıkları çalışmada makinelerin harmanlama etkinliğini, kapasitesini, temizleme etkinliğini, mekanik hasarını ve tohum kaybını araştırmışlardır. Denemeler hem motorlu hem de pedallı harman makineleri için üç farklı nem içeriği ve tohum çeşidinde, üç farklı silindir açıklığında (11, 12 ve 13 mm), ve üç farklı tambur dönü hızında (405, 456, 504 ve 610 min⁻¹) gerçekleştirilmiştir. Motorlu harman makinesi için temizleme etkinliğinin silindir dönü hızının artmasına bağlı olarak düştüğünü ifade etmişlerdir. Pedallı börülce harman makinesi için ise temizleme etkinliğinin üç farklı nem içeriğinde ve besleme oranlarında oldukça düşük değerde olduğunu vurgulamışlardır.

Ajav ve Adejumo (2005) yaptıkları çalışmada bamya harman makinesinin prototipini geliştirerek performansını test etmişlerdir. Üç farklı nem içeriği (%12,5, %14,0 ve %17,0) ve silindir açıklığında (10, 20 ve 30 mm), iki farklı silindir dönü hızında (580 ve 600 min⁻¹) ve 10 kg h⁻¹ besleme oranında denemeler gerçekleştirmişlerdir. Makinenin harmanlama etkinliği, temizleme etkinliği ve toplam tohum kaybı gibi performans kriterlerini ortaya koymuşlardır. Yapılan denemeler sonucunda nem içeriğinin %12,5'ten %17,0'ye ve silindir açıklığının 10 mm'den 30 mm'ye çıkmasıyla temizleme etkinliğinin %91,1'den %97,7'ye yükseldiğini, temizleme etkinliğinin ise silindir dönü hızının artmasıyla artış gösterdiğini vurgulamıştır. Bu artış üzerinde silindir açıklığının fazla olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak bu çalışmada sabit elek açıklığında, devir sayısının artışı temizleme etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır.

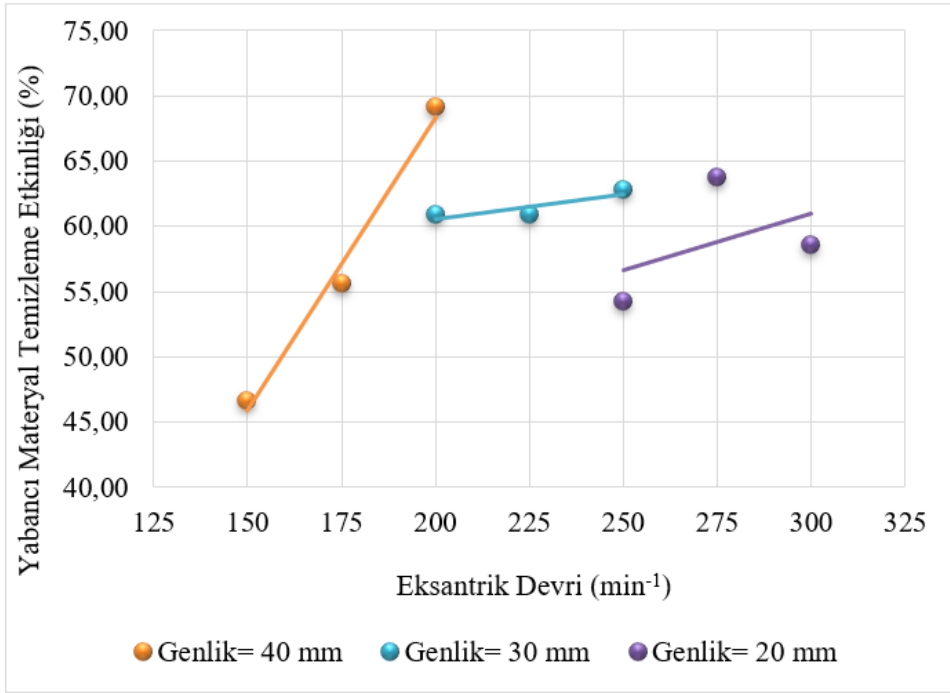
Elek sisteminin temizleme etkinliği, temizleme kaybı, yabancı materyal temizleme etkinliği ve tohum safiyeti değerlerindeki değişim sırasıyla Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sunulmuştur.



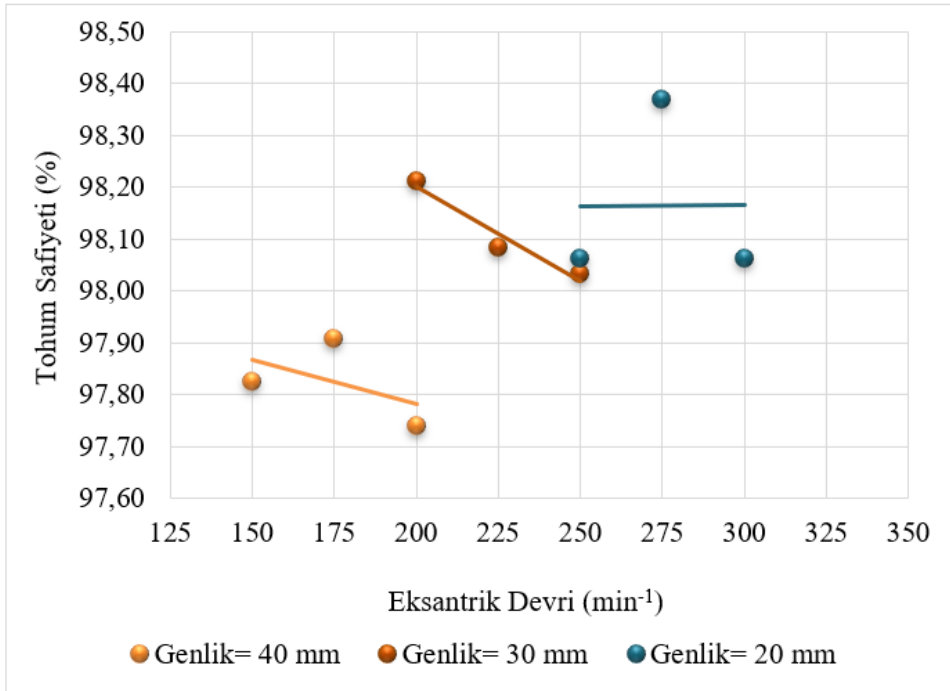
Şekil 4.5. Elek sisteminin temizleme etkinliği



Şekil 4.6. Elek sisteminin temizleme kaybı



Şekil 4.7. Elek sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği



Şekil 4.8. Tohum safiyeti

4.8.2. Aerodinamik Sistemin Ayırma Performansı

Aerodinamik sistemin $1,00 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında çalışma performansına ait veriler Çizelge 4.19’da yer almaktadır. Dokuz tekrardan elde edilen sonuçlara göre aerodinamik sistemin $1,00 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında ortalama ayırma etkinliği %99,06, ayırma kaybı ise %0,94 olarak hesaplanmıştır. Elek sisteminde maksimum %98,37 değerine ulaşan tohum safiyeti aerodinamik sistemde daha da artış göstererek %99,38 değerine yükselmiştir. Yabancı materyal ayırma etkinliği ise değişkenlik göstermekle birlikte ortalama %67,76 değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.19. Aerodinamik sistemin $1,00 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s^{-1}) | Devir-Genlik ($\text{min}^{-1}\text{-mm}$) | Ayırma Etkinliği (E_a) (%) | Ayırma Kaybı (K_a) (%) | Tohum Safiyeti (η_a) (%) | Yabancı Materyal Ayırma Etkinliği (E_{ay}) (%) |
|---------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| 1,00 | 150-40 | 99,27 | 0,73 | 99,27 | 65,98 |
| | 175-40 | 99,01 | 0,99 | 99,43 | 69,23 |
| | 200-40 | 98,97 | 1,03 | 99,43 | 71,43 |
| | 200-30 | 98,88 | 1,12 | 99,49 | 70,13 |
| | 225-30 | 98,62 | 1,38 | 99,41 | 68,35 |
| | 250-30 | 99,06 | 0,94 | 99,33 | 67,11 |
| | 250-20 | 99,25 | 0,75 | 99,29 | 63,33 |
| | 275-20 | 99,18 | 0,82 | 99,42 | 69,23 |
| | 300-20 | 99,26 | 0,74 | 99,33 | 65,06 |
| Ortalama | | 99,06 | 0,94 | 99,38 | 67,76 |
| Standart Sapma | | 0,20 | 0,20 | 0,07 | 2,45 |

Aerodinamik sistemin $1,15 \text{ m s}^{-1}$ hızdaki ayırma performansı ile ilgili veriler Çizelge 4.20'de sunulmuştur. Ayırma etkinliği %97,13, ayırma kaybı %2,87, safiyet %99,53 ve yabancı materyal ayırma etkinliği %77,80 olarak belirlenmiştir. Hava akış hızının artmasıyla beraber ayırma etkinliği azalırken ayırma kaybı, yabancı materyal ayırma etkinliği ve safiyet artış göstermektedir.

Çizelge 4.20. Aerodinamik sistemin $1,15 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s^{-1}) | Devir-Genlik ($\text{min}^{-1}\text{-mm}$) | Ayırma Etkinliği (E_a) (%) | Ayırma Kaybı (K_a) (%) | Tohum Safiyeti (η_a) (%) | Yabancı Materyal Ayırma Etkinliği (E_{ay}) (%) |
|---------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| 1,15 | 150-40 | 96,93 | 3,07 | 99,58 | 78,65 |
| | 175-40 | 95,92 | 4,08 | 99,49 | 79,41 |
| | 200-40 | 97,27 | 2,73 | 99,45 | 78,57 |
| | 200-30 | 96,77 | 3,23 | 99,59 | 78,82 |
| | 225-30 | 97,20 | 2,80 | 99,54 | 78,65 |
| | 250-30 | 97,06 | 2,94 | 99,56 | 80,25 |
| | 250-20 | 98,09 | 1,91 | 99,49 | 73,86 |
| | 275-20 | 97,83 | 2,17 | 99,60 | 76,06 |
| | 300-20 | 97,14 | 2,86 | 99,50 | 75,90 |
| Ortalama | | 97,13 | 2,87 | 99,53 | 77,80 |
| Standart Sapma | | 0,58 | 0,58 | 0,05 | 1,94 |

Çizelge 4.21'de aerodinamik sistemin $1,30 \text{ m s}^{-1}$ hava hızındaki çalışma performans değerleri yer almaktadır. Hava hızındaki artışa bağlı olarak tohum kayıp oranı giderek artış göstermiş ve %8,28 değerine ulaşmıştır. Tohum ve yabancı materyalin

birbirinden ayrılabilmesi için yüksek hava hızında çalışılmış fakat bu durum tohum kayıp oranının artmasına sebep olmuştur. Ancak diğer yandan tohum safiyeti oldukça artış göstermiştir. 1,00 m s⁻¹ hava hızında %99,38 değerinde olan tohum safiyeti 1,30 m s⁻¹ hava hızında %99,70'e ulaşmıştır. Hava hızının artırılması aynı zamanda yabancı materyal ayırma etkinliğini de olumlu yönde etkilemiştir.

Çizelge 4.21. Aerodinamik sistemin 1,30 m s⁻¹ hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | Devir-Genlik (min ⁻¹ -mm) | Ayırma Etkinliği (E _a) (%) | Ayırma Kaybı (K _a) (%) | Tohum Safiyeti (η _a) (%) | Yabancı Materyal Ayırma Etkinliği (E _{ay}) (%) |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1,30 | 150-40 | 92,91 | 7,09 | 99,64 | 85,00 |
| | 175-40 | 91,70 | 8,30 | 99,65 | 85,42 |
| | 200-40 | 89,00 | 11,00 | 99,69 | 88,57 |
| | 200-30 | 91,22 | 8,78 | 99,71 | 86,05 |
| | 225-30 | 91,10 | 8,90 | 99,71 | 87,21 |
| | 250-30 | 89,35 | 10,65 | 99,79 | 89,86 |
| | 250-20 | 92,44 | 7,56 | 99,65 | 85,98 |
| | 275-20 | 93,91 | 6,09 | 99,73 | 83,82 |
| | 300-20 | 93,84 | 6,16 | 99,70 | 84,21 |
| Ortalama | | 91,72 | 8,28 | 99,70 | 86,23 |
| Standart Sapma | | 1,66 | 1,66 | 0,04 | 1,88 |

Hava hızındaki değişikliğin ayırma etkinliği, ayırma kaybı, safiyet ve yabancı materyal ayırma etkinliği üzerindeki etkisini görebilmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.22'de sunulmuştur. 1,00, 1,15 ve 1,30 m s⁻¹ hava hızı ile ayırma etkinliği, ayırma kaybı, safiyet ve yabancı materyal ayırma etkinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (p<0,05).

Çizelge 4.22. Aerodinamik sistemde farklı hava hızlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

| | Kareler Toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler Ortalaması | F | Anlamlılık Değeri (p) |
|-----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| Ayırma Etkinliği | 260,537 | 2 | 130,268 | 110,394 | 0,000 |
| Ayırma Kaybı | 260,537 | 2 | 130,268 | 110,394 | 0,000 |
| Tohum Safiyeti | 0,458 | 2 | 0,229 | 64,650 | 0,000 |
| Yabancı Materyal Ayırma Etkinliği | 1539,697 | 2 | 769,848 | 154,149 | 0,000 |

Hava hızına bağlı olarak ayırma etkinliği, ayırma kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal ayırma etkinliğine ilişkin Duncan Testi sonuçları Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da yer almaktadır. Çizelge 4.23 hava hızı ile ayırma etkinliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Hava hızındaki değişim ile ayırma etkinliği arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Hızın artması aerodinamik sistemde 2. çıkışa giden marul tohumlarının artmasına, 1. çıkıştaki marul tohumlarının ise azalmasına yol açmaktadır. Bu sebeple hava hızının artmasıyla beraber ayırma etkinliği azalmaktadır.

Çizelge 4.23. Hava hızı ve ayırma etkinliği arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | N | Alt Grup | | |
|--------------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1,00 | 9 | | | 99,0556 |
| 1,15 | 9 | | 97,1344 | |
| 1,30 | 9 | 91,7189 | | |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.24 hava hızı ile ayırma kaybı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Hızın artmasıyla birlikte tohum kaybı giderek artış göstermektedir. Çünkü hızdaki artış 2. çıkışa yönelen marul tohumu miktarının artmasına sebep olarak ayırma etkinliğinin azalmasına, ayırma kaybının ise artmasına neden olmaktadır.

Çizelge 4.24. Hava hızı ve ayırma kaybı arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | N | Alt Grup | | |
|--------------------------------|---|----------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1,00 | 9 | 0,9444 | | |
| 1,15 | 9 | | 2,8656 | |
| 1,30 | 9 | | | 8,2811 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge 4.25'te hava hızı ile tohum safiyeti arasındaki ilişki sunulmuştur. Hava hızının artması safiyeti olumlu yönde etkilemekte ve artmasına sebep olmaktadır. Çünkü hızdaki artış marul tohumu ve yabancı materyalin birbirinden ayrılmasına daha iyi olanak sağlamakta ve 2. çıkışa yönelen yabancı materyal miktarının artmasına neden olmaktadır. Böylelikle 1. çıkışta toplanan materyal içerisinde daha az yabancı materyal bulunduğu için safiyet değeri artmaktadır.

Çizelge 4.25. Hava hızı ve safiyet arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | N | Alt Grup | | |
|--------------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1,00 | 9 | 99,3778 | | |
| 1,15 | 9 | | 99,5333 | |
| 1,30 | 9 | | | 99,6967 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Hava hızı ve yabancı materyal ayırma etkinliği arasındaki ilişki Çizelge 4.26'da yer almaktadır. Farklı hava hızları ile yabancı materyal ayırma etkinliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p < 0,05$). Hava hızındaki artış 2. çıkışa yönelen yabancı materyal miktarını artırdığı için buna bağlı olarak yabancı materyal ayırma etkinliği de artış göstermektedir.

Çizelge 4.26. Hava hızı ve yabancı materyal ayırma etkinliği arasındaki ilişkinin Duncan Testi ile incelenmesi

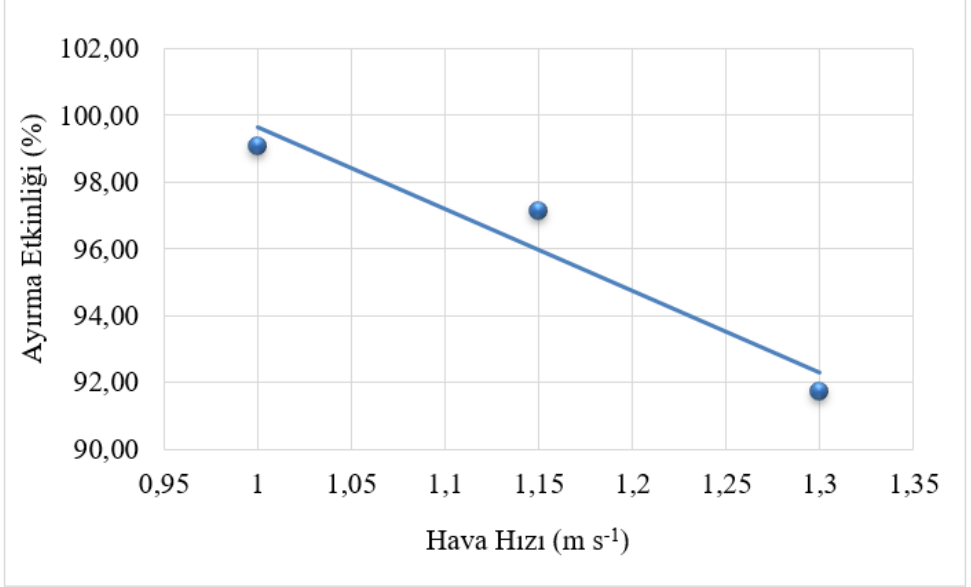
| Hava Hızı (m s ⁻¹) | N | Alt Grup | | |
|--------------------------------|---|----------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1,00 | 9 | 67,7611 | | |
| 1,15 | 9 | | 77,7967 | |
| 1,30 | 9 | | | 86,2356 |
| Anlamlılık Değeri (p) | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Arafa (2013) yaptığı çalışmada bir harman makinesinin ayçiçeği başlarının harmanlanması için performansını test etmiştir. Harman makinesinin performansını değerlendirmek için harmanlama etkinliği, harmanlanmamış tohum yüzdesi, tohum safiyeti ve toplam tohum kaybı (fan kayıpları+elek arkası tohum kayıpları) gibi parametreleri incelemiştir. Harman tambur hızı 300, 400, 500 ve 600 min^{-1} , materyal besleme hızı 300, 450, 600 ve 750 kg h^{-1} , hava hızı 3,5, 4,5 ve 5,5 m s^{-1} ve 2, 5 ve 8°'lik eğimlerde denemeler yapmıştır. Tohum safiyetinin hava hızının ve eğim açısının artmasıyla artış gösterdiğini belirlemiştir. 2, 5 ve 8° elek eğiminde hava hızının 3,5 m s^{-1} 'den 5,5 m s^{-1} 'e yükselmesiyle tohum safiyetinin sırasıyla %90'dan %93,5'e, %94,1'den %98,7'ye ve %95'ten 98,9'a yükseldiğini ifade etmiştir. Daha yüksek hava hızında ve elek eğim açısının fazla olması durumunda yabancı materyallerin tohumdan uzaklaştırılma şansının arttığını ve bunun da tohum safiyetinin artırdığını vurgulamıştır. Tohum kaybının da tohum safiyetinde olduğu gibi hem eğimin artışına hem de hava hızına bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Deneme sonuçları ve bu çalışmada elde edilen sonuçların benzerlik gösterdiği söylenebilmektedir.

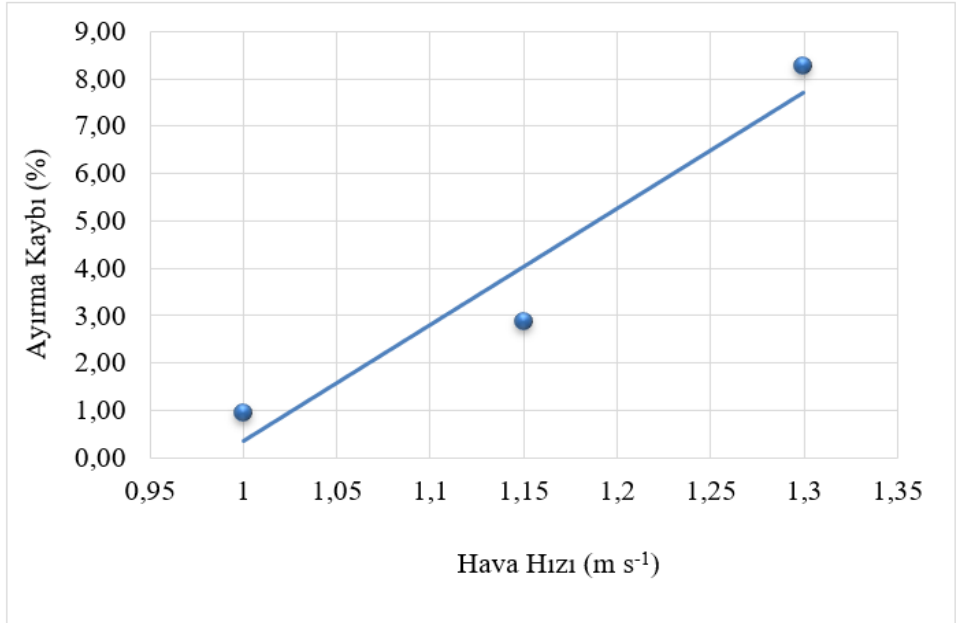
Simonyan ve Dunmade (2010) geleneksel bir sorgum harman makinesi için tasarlanmış iki harmanlama silindirin performansını belirlemişlerdir. Çalışmada harmanlama etkinliği, ayırma etkinliği ve ayırma kaybı parametrelerini göz önünde bulundurarak hangi harmanlama silindirin verimli olduğunu ortaya koymuşlardır. Her iki silindir çeşidi için de 2,1 ve 4,6 m s^{-1} hava hızı aralığında denemeler yapmışlardır. Hava hızındaki artışa bağlı olarak her iki harmanlama silindiri için ayırma etkinliğinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Eissa (2009) yaptığı çalışmada keten tohumunun bazı fiziksel özelliklerini incelemiş ve aerodinamik bir ayırma düzeni ile en az kayıp ve en yüksek yabancı materyal ayırma etkinliğini veren optimum çalışma koşullarını belirlemeye çalışmıştır. Farklı hava hızı, besleme oranı ve nem içeriğinde denemeler yaparak yabancı materyal ayırma etkinliğini ve tohum kaybını belirlemiştir. Deneme sonuçlarına göre hava hızındaki artışa bağlı olarak yabancı materyal ayırma etkinliğinde ve tohum kaybında artış meydana geldiğini bildirmiştir. Ayrıca hava akış hızının ayırma etkinliği ve tohum kaybını etkileyen en önemli faktör olduğunu ifade etmiştir. Çünkü hava hızındaki artış daha fazla tohumun ve yabancı materyalin ortamdaki uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu da hem tohum kayıp oranını hem de yabancı materyal ayırma etkinliğinin artmasına sebep olmaktadır. Benzer sonuçlar bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile örtüşmektedir.

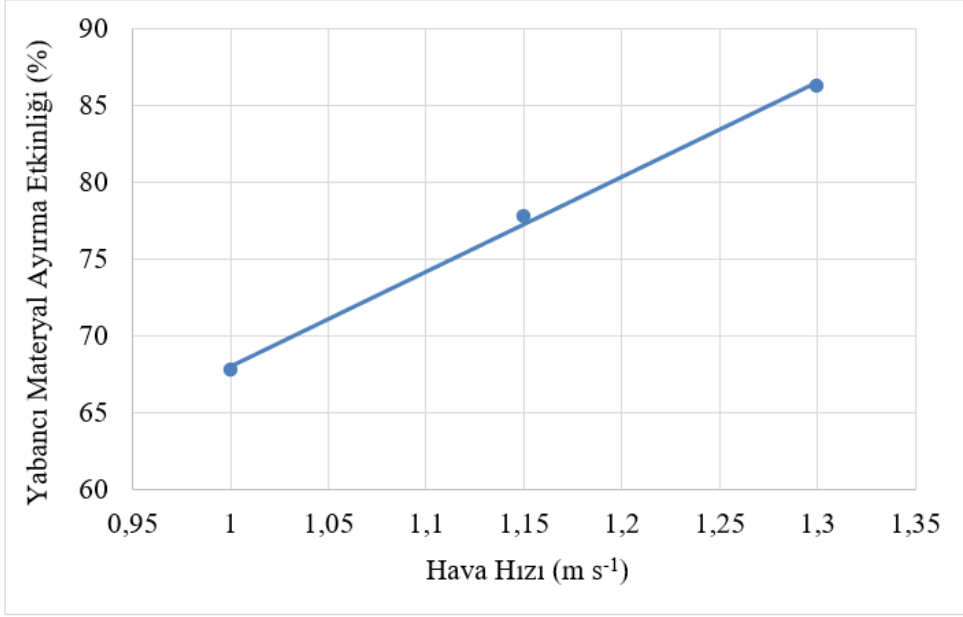
Aerodinamik sisteminin ayırma etkinliği, ayırma kaybı, yabancı materyal ayırma etkinliği ve tohum safiyeti değerlerindeki değişim sırasıyla Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de sunulmuştur.



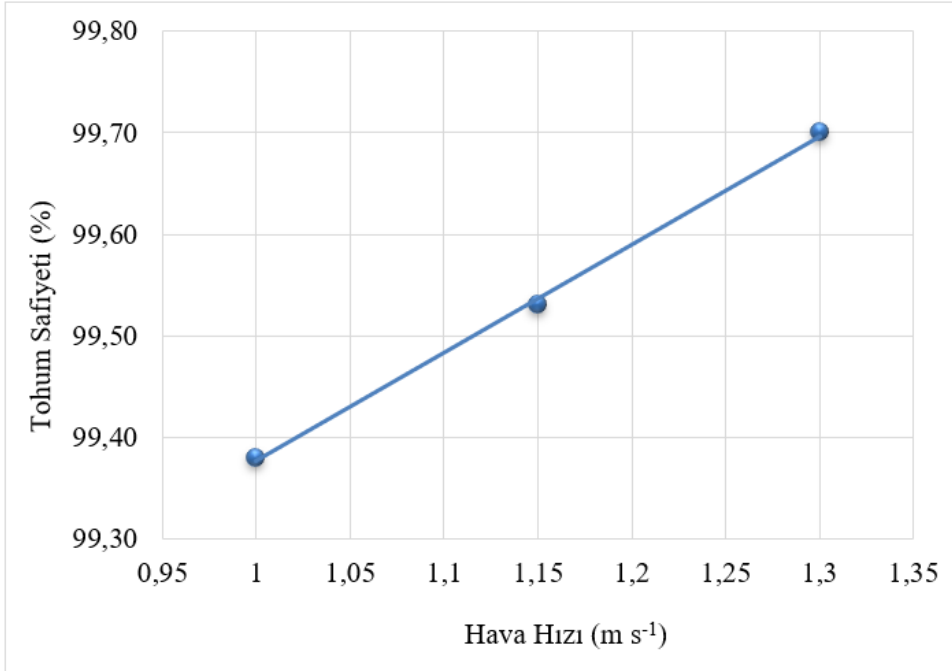
Şekil 4.9. Aerodinamik sisteminin ayırma etkinliği



Şekil 4.10. Aerodinamik sistemin ayırma kaybı



Şekil 4.11. Aerodinamik sistemin yabancı materyal ayırma etkinliği



Şekil 4.12. Tohum safiyeti

Aerodinamik sistemde besleme debisi ve toz çıkış miktarları belirlenmiştir. Her üç hava akış hızı için ortalama besleme debisi $0,16 \text{ g s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Vakum hattında herhangi bir materyal çıkışı gözlemlenmemiş yalnızca 1,00, 1,15 ve 1,30 m s^{-1} hava hızları için ortalama toz çıkış miktarı sırasıyla 0,0004, 0,0004 ve 0,0013 g olarak ölçülmüştür.

4.8.3. Temizleme Sisteminin Temizleme Performansı

Elek sistemi ile ön temizlemeden geçen karışım daha sonra aerodinamik sistemde ayırma işlemine tabii tutulmuştur. Elek sistemi ve aerodinamik sistemden oluşan temizleme sisteminin performans göstergeleri ise 1,00, 1,15 ve 1,30 m s^{-1} hava hızlarında sırasıyla Çizelge 4.27, Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da yer almaktadır. Hava hızının artmasıyla birlikte temizleme etkinliği azalırken, temizleme kaybı artış göstermektedir. Temizleme sisteminin tohum safiyeti, aynı zamanda aerodinamik sistemden elde edilen tohum safiyetine eşit olmaktadır. Bu yüzden çizelgelerde temizleme sistemi için belirtilen safiyet değeri, aerodinamik sistem için elde edilen veriler ile aynıdır. Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği ise hava hızındaki artışa bağlı olarak %93,94 değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.27. Temizleme sisteminin 1,00 m s^{-1} hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s^{-1}) | Devir-Genlik ($\text{min}^{-1}\text{-mm}$) | Temizleme Etkinliği (E_s) (%) | Temizleme Kaybı (K_s) (%) | Tohum Safiyeti (η_s) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E_{sy}) (%) |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| 1,00 | 150-40 | 92,54 | 6,67 | 99,27 | 79,29 |
| | 175-40 | 87,18 | 12,26 | 99,43 | 86,70 |
| | 200-40 | 57,31 | 42,26 | 99,43 | 91,53 |
| | 200-30 | 92,93 | 6,14 | 99,49 | 88,14 |
| | 225-30 | 87,57 | 11,81 | 99,41 | 87,85 |
| | 250-30 | 76,88 | 22,26 | 99,33 | 85,79 |
| | 250-20 | 95,77 | 3,03 | 99,29 | 82,80 |
| | 275-20 | 86,30 | 13,47 | 99,42 | 88,50 |
| | 300-20 | 88,55 | 10,83 | 99,33 | 85,28 |
| Ortalama | | 85,00 | 14,30 | 99,38 | 86,21 |
| Standart Sapma | | 11,03 | 11,16 | 0,07 | 3,35 |

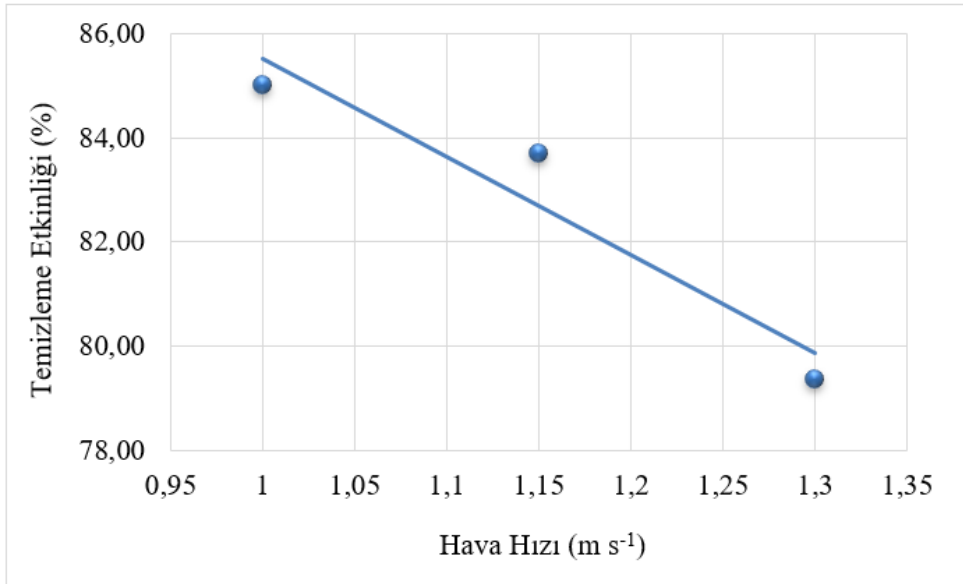
Çizelge 4.28. Temizleme sisteminin 1,15 m s⁻¹ hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | Devir-Genlik (min ⁻¹ -mm) | Temizleme Etkinliği (E _s) (%) | Temizleme Kaybı (K _s) (%) | Tohum Safiyeti (η _s) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E _{sy}) (%) |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1,15 | 150-40 | 92,90 | 5,80 | 99,58 | 86,10 |
| | 175-40 | 85,88 | 13,63 | 99,49 | 91,67 |
| | 200-40 | 56,27 | 43,02 | 99,45 | 93,12 |
| | 200-30 | 90,30 | 8,95 | 99,59 | 92,41 |
| | 225-30 | 86,00 | 13,21 | 99,54 | 92,38 |
| | 250-30 | 76,58 | 22,86 | 99,56 | 93,21 |
| | 250-20 | 94,11 | 5,21 | 99,49 | 90,09 |
| | 275-20 | 88,07 | 11,26 | 99,60 | 91,75 |
| | 300-20 | 82,98 | 16,58 | 99,50 | 88,41 |
| Ortalama | | 83,68 | 15,61 | 99,53 | 91,01 |
| Standart Sapma | | 10,90 | 10,97 | 0,05 | 2,26 |

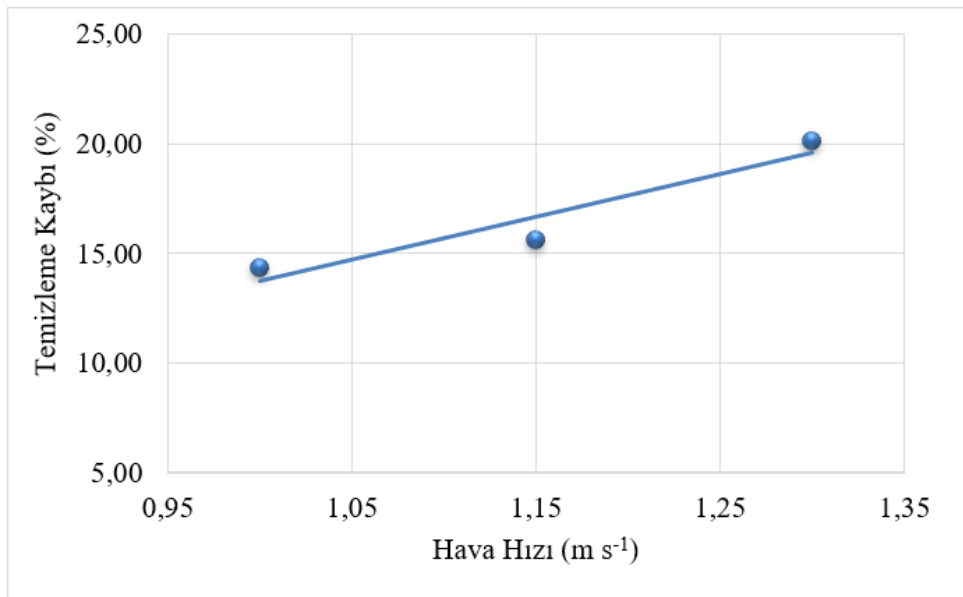
Çizelge 4.29. Temizleme sisteminin 1,30 m s⁻¹ hava hızında çalışma performansı

| Hava Hızı (m s ⁻¹) | Devir-Genlik (min ⁻¹ -mm) | Temizleme Etkinliği (E _s) (%) | Temizleme Kaybı (K _s) (%) | Tohum Safiyeti (η _s) (%) | Yabancı Materyal Temizleme Etkinliği (E _{sy}) (%) |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1,30 | 150-40 | 86,81 | 12,40 | 99,64 | 88,95 |
| | 175-40 | 82,38 | 16,94 | 99,65 | 92,65 |
| | 200-40 | 53,35 | 46,05 | 99,69 | 95,71 |
| | 200-30 | 84,87 | 14,36 | 99,71 | 93,98 |
| | 225-30 | 80,48 | 18,73 | 99,71 | 95,41 |
| | 250-30 | 68,76 | 30,86 | 99,79 | 96,89 |
| | 250-20 | 89,99 | 9,32 | 99,65 | 94,79 |
| | 275-20 | 84,37 | 15,78 | 99,73 | 95,58 |
| | 300-20 | 83,31 | 16,70 | 99,70 | 91,54 |
| Ortalama | | 79,37 | 20,13 | 99,70 | 93,94 |
| Standart Sapma | | 10,74 | 10,75 | 0,04 | 2,35 |

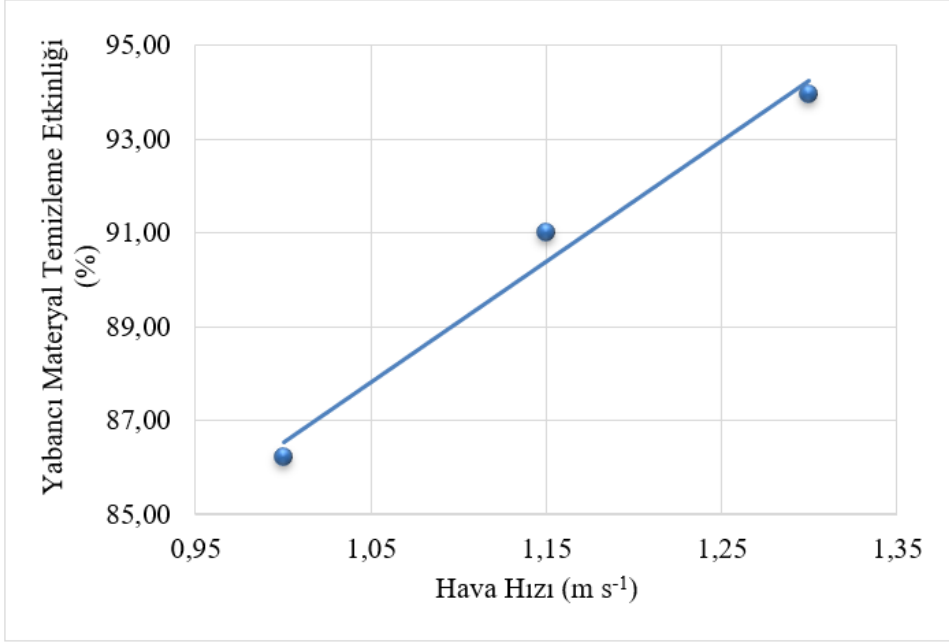
Temizleme sisteminin temizleme etkinliği, temizleme kaybı, yabancı materyal temizleme etkinliği ve tohum safiyet değerlerindeki değişim sırasıyla Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da sunulmuştur.



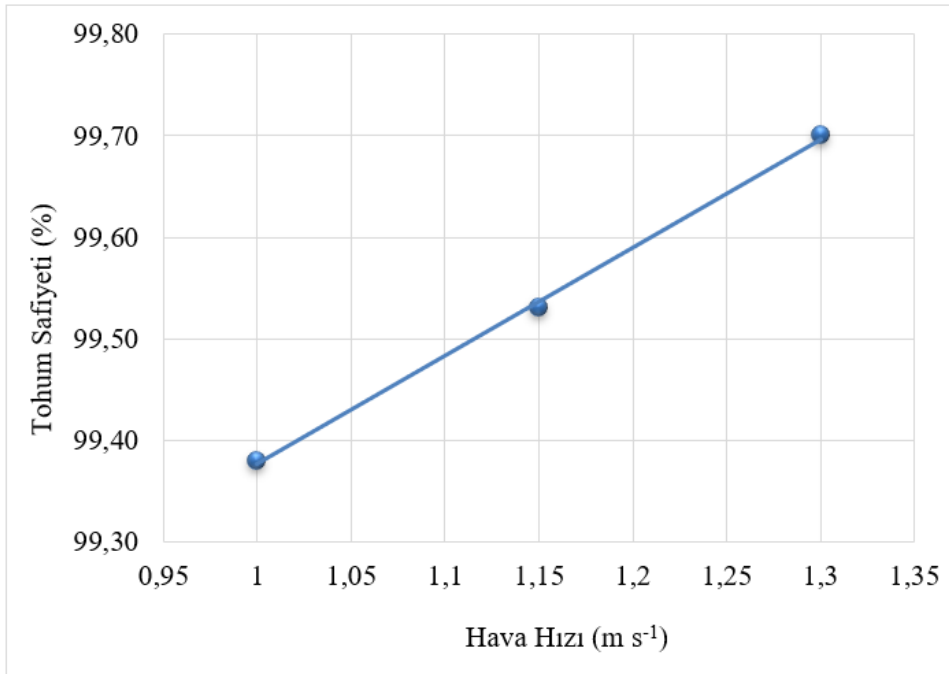
Şekil 4.13. Temizleme sisteminin temizleme etkinliği



Şekil 4.14. Temizleme sisteminin temizleme kaybı



Şekil 4.15. Temizleme sisteminin yabancı materyal temizleme etkinliği



Şekil 4.16. Tohum safiyeti

5. SONUÇ

Bu çalışmada, hasat ve harman işleminden sonra elde edilen marul tohumunun yabancı materyalden ayrılması, bu işlem sırasında da tohum safiyet değerinin artırılması ve tohum kaybının olabildiğince azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, imal edilen düzenekler kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiş ve bu düzeneklerin marul tohumu için temizleme ve ayırma performansı kriterleri ortaya konmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır:

Elek sisteminin temizleme performans parametrelerinin belirlenebilmesi için farklı elek genliği ve devir sayılarında denemeler gerçekleştirilmiştir. Her bir genlik değeri için devir sayısındaki artış temizleme etkinliğinin azalmasına ve temizleme kaybının artmasına neden olmuştur. Tohum safiyeti ise devrin artmasından önemli derecede etkilenmemiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre devir artışının, temizleme etkinliği ve temizleme kaybı üzerine etkili olduğu ancak tohum safiyeti üzerine etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Aerodinamik sistemin ayırma performans parametrelerinin belirlenebilmesi için düşey hava kanalında farklı hava hızlarında denemeler yapılmıştır. Denemeler sonucunda hava akış hızına bağlı olarak ayırma etkinliği azalırken, ayırma kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal ayırma etkinliği artış göstermiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre hava hızındaki artışın ayırma etkinliği, ayırma kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal ayırma etkinliği üzerinde oldukça etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Temizleme sisteminde hava hızındaki artış ile beraber temizleme etkinliği azalırken, temizleme kaybı, tohum safiyeti ve yabancı materyal temizleme etkinliği artış göstermiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar esas alınarak aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

Elek sistemi için üç farklı genlik değerinde, çeşitli devir sayılarında çalışılmıştır. Yüksek devir sayılarında çalışmak elek sisteminin temizleme performansı açısından olumlu bir etki yaratmamış hem temizleme etkinliğinin azalmasına hem de tohum kayıp oranının artmasına neden olmuştur. Tohum safiyeti ise yüksek devir sayısından olumlu ya da olumsuz yönde etkilenmemiştir. Bu sebeple çalışma koşullarında hem tohum kaybının düşük hem de temizleme etkinliğinin yüksek

olduğu bir devir ve genlik değerinde yani 250 min^{-1} devir sayısında ve 20 mm genlikte çalışılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Tohum temizleme işlemlerinde devir, genlik, besleme miktarı, besleme süresi, eğim gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Bu çalışmada devir ve genlik ele alınmıştır. Ancak diğer çalışmalara ışık tutacak sonuçlar elde ettiğimiz çalışma ilerde çeşitli elek ve elek açıklıkları, devir ve genlik kombinasyonlarıyla zenginleştirilebilir, farklı besleme oranları ya da eğim açıları denemeler yapılarak daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilir. Elekte meydana gelen tıkanmaları önleyebilmek adına ise ticari amaçlı üretilen temizleme düzenlerinde olduğu gibi temizleme fırçasının kullanılması tohum safiyetinin ve aynı zamanda temizleme etkinliğinin artmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Ön denemeler esnasında daha yüksek devir sayılarında ve daha düşük genlik değerlerinde çalışılmış ancak devir artışı ile beraber tohum kaybının çok arttığı, temizleme etkinliğinin oldukça azaldığı gözlemlenmiştir. Daha düşük genlik değerinde ise temizleme etkinliği artmış ancak bu sefer de temizleme işleminin oldukça uzun sürdüğü gözlemlenmiştir. Diğer bir ifadeyle temizleme işleminin uzun sürmesi sistem kapasitenin düşmesine, enerji tüketiminin ise artmasına neden olacaktır. İleriye dönük bir çalışmada tasarlanacak olan bir temizleme düzeneğinin makine kapasitesi ve enerji tüketim miktarı da göz önünde bulundurularak optimum çalışma koşullarının belirlenmesi gerekmektedir.

Aerodinamik sistemde elde edilen sonuçlarda hem tohum safiyetinin yüksek olması hem de tohum kaybının az olması amaçlanıyorsa öncelikle yüksek bir hava hızında çalışılabilir. Sonrasında ise 2. çıkışa giden toplam materyal ile ilk hız değerine göre daha düşük bir hızda çalışılarak ikinci ya da üçüncü tekerrürlerle tohum kaybı en aza indirilebilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanarak ilk olarak $1,30 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında çalışılarak tohum safiyetinin artırılması, daha sonra 2. çıkışa giden toplam materyal ile $1,15 \text{ m s}^{-1}$ hava hızında çalışılarak tohum kaybının en aza indirilmesi sağlanabilir. Ayrıca hem elek sisteminin hem de aerodinamik sistemin bir arada bulunduğu bir temizleme düzeneğinin geliştirilmesi, temizleme işleminin kesintiye uğramadan daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Adekanye, T. A., Olaoye, J.O. 2013. Performance Evaluation of Motorized and Treadle Cowpea Threshers. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, Vol 15 (4): 300-306.
- Adekanye, T. A., Osakpamwan, A. B., Osaivbie, I. E. 2016. Evaluation of a Soybean Threshing Machine for Small Scale Farmers. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 18(2): 426-434.
- Aderinlewo, A. A., Ayokambi, S. A., Adetunji, L. R., Olakunle, E. O. 2016. Influence of Screen Speed and Air Velocity on the Cleaning Efficiency of a Cowpea Rotary Screen Cleaner. **Journal of Experimental Research**, 4(1): 38-42.
- Ajav, E. A., Adejumo, B. A. 2005. Performance Evaluation of an Okra Thresher. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, 7: 1-8.
- Akyol, A., İnce A. 2010. Buğday ve Adi Fiğ Karışımının Ayrılabilirlik Olanaklarının Belirlenmesi. **26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi**, (22-23 Eylül 2010), 340-345, Hatay.
- Alayunt, F. N. 2000. Biyolojik Malzeme Bilgisi. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları** No: 541. 132 s. Bornova, İzmir.
- Anaonim, 2020. <https://www.realseeds.co.uk/seedcleaner.html>. Erişim Tarihi: 23.01.2020.
- Anonim, 2019a. <https://www.worldatlas.com/articles/world-leaders-in-lettuce-production.html>. Erişim Tarihi: 03.05.2019.
- Anonim, 2019b. https://cals.arizona.edu/fps/sites/cals.arizona.edu/fps/files/cotw/Lettuce_Seed.pdf. Erişim Tarihi: 10.05.2019.
- Anonim, 2019d. <http://articles.extension.org/pages/18350/organic-seed-processing:-threshing-cleaning-and-storage>. Erişim Tarihi: 21.05.2019.
- Anonim, 2011. Bileşik Çiçekli Sebzeler Yetiştiriciliği. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2019c. Seed Infrastructure and Processing Units. (<http://horticulture.ap.nic.in/SEED%20PROCESSING%20UNIT.pdf>), Erişim Tarihi: 19.04.2019.
- Arafa, G. K. 2013. Modification of a Local Machine Threshing Unit for Threshing Sun Flower. **Misr Journal of Agricultural Engineering**, 30(4): 1007-1022.

- Awgichew, A. 2017. Performance Evaluation of Tef Grain and Chaff Separation and Cleaning Machine. **International Journal of Scientific and Research Publication**, 7(7): 379-389.
- Barbos, A., Moldovan, Gr. 2014. The Influence of the Conditioning System on Seed Quality. **Agriculture-Science and Practice**, 1(2): 5-15.
- Bart-Plange A, Baryeh Ea. 2003. The Physical Properties of Category B Cocoa Beans. **Journal of Food Engineering**, 60: 219– 227.
- Berber, S. 2007. Aspir (*Carthamus Tinctorious, L.*) Tohumlarının Aerodinamik Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Çetin, M., Şimşek, E., Akbaş, T., Özarslan, C. 2010. Physical Properties of Radish (*Raphanus sativus L.*) Seed as a Function of Moisture Content. **Philippine Agricultural Scientist**, 93(3): 306-313.
- Dash, A.K., Pradhan, R.C., Das, L.M., Naik, S. N. 2008. Some Physical Properties of Simarouba Fruit and Kernel. **International Agrophysics**. 22: 111-116.
- Djokovic, J. M., Tanikic, D. I., Nikolic, R. R., Kalinovic, S. M. 2017. Screening Efficiency Analysis of Vibrosieves with the Circular Vibrations. **Civil and Environmental Engineering**, 13(1): 77-83.
- Dursun, İ., Tuğrul, K. M., Dursun, E. 2007. Some Physical Properties of Sugarbeet Seed. **Journal of Stored Products Research**, 43: 149–155.
- Eissa, A. H. A. 2009. Aerodynamic and Solid Flow Properties for Flaxseeds for Pneumatic Separation by Using Air Stream. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 2(4): 31-45.
- Eker, B. 1983. Tohum Hazırlama Makinaları. **Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları**, Ankara.
- Gregg, B., Billups, G. 2010. Seed Conditioning Volume 2 Technology Part A. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, UK.
- Gürhan, R., Özarslan, C., Topuz, N., Akbaş, T., Şimşek, E. 2009. Effects of Moisture Content on Physical Properties of Black Kabuli Chickpea (*Cicer Arietinum L.*) Seed. **Asian Journal of Chemistry**. 21 (4): 3270-3278.
- Gürsoy, S. 2005. Türkiye’de Kullanılan Selektörlerin İşlevsel Özellikleri ve Aerodinamik Esaslı Ayırmanın Temel Parametreleri Üzerine Bir Çalışma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

- Harmond, J. E., Klein, L. M., Brandenburg, R. 1961. Seed Cleaning and Handling. **Agricultural Research Service United States Department of Agriculture**, No:179, 38 s.
- 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**, 2: 1-14.
- Işık, E., İzli, N. 2015 Effects of Moisture Content on Some Physical Properties of the Yellow Lentil. **Journal of Agricultural Sciences**, 22: 307-316.
- Jekayinfa, S. O. 2006. Effect of Airflow Rate, Moisture Content and Pressure Drop on the Airflow Resistance of Locust Bean Seed. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, 8: 1-9.
- Joshi, D. C., Das, S. K., Mukherjee, R. K. 1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 54: 219-229.
- Kabaş, Ö. 2010. 'Balo' Dolmalık Biber Çeşidinin Aerodinamik Sınıflandırılma Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antalya.
- Khoshtaghaza M. H., Mehdizadeh, R. 2006. Aerodynamic Properties of Wheat Kernel and Straw Materials. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, 8: 1-9.
- 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(3): 113-129.
- Nalbandi, H., Seiedlou, S., Ghassemzadeh H. R. 2010. Aerodynamic Properties of Turgenia Latifolia Seeds and Wheat Kernels. **International Agrophysics**, 24: 57-61.
- Obi, O. F. 2016. Evaluation and Modeling of the Aerodynamic Characteristics of Watermelon Seed of Different Varieties. **International Journal of Food Properties**, 19: 2165-2174.
- Okunola, A.A., Igbeka, J.C., Arısoyın, A.G. 2015. Development and Evaluation of a Cereal Cleaner. **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology**, 2: 1587-1592.
- Özarlan, C. 2002. Physical Properties of Cotton Seed. **Biosystems Engineering**, 83: 169-174.

- Özgülven F, Vursavuş K. 2005. Some Physical, Mechanical and Aerodynamic Properties of Pine (*Pinus pinea*) Nuts. **Journal of Food Engineering**, 68: 191–196.
- Özlu, R.R., Güner, M., 2016. Farklı Nem Düzeylerinde Kanola Tohumlarının Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 33: 10-24.
- Öztürk, T., Esen, B. 2008. Physical and Mechanical Properties of Barley. **Agricultura Tropica Et Subtropica**, 41(3): 117-121.
- 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.
- Pasikatan, M. C., Quick, G. R., Barredo, I. R., Lantin, R. M. 1996. A Compact Triple-Airstream, Triple-Screen Rice Ceed Cleaner. **Philippine Journal of Crop Science**, 21(3): 53-60.
- Polat, R., Aydın, C., Ak, B. E., 2007. Some Physical and Mechanical Properties of Pistachio Nut. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**. 13: 237-246.
- Polat, R., Ülger, P., Aktaş, T., Atay, Ü. 2007. Siirt Çeşidi Antepfıstıklarının Aerodinamik Özelliklere Göre Ayrılması. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 3(3): 189-194.
- Polyák, N.I., Csizmazia, Z., 2016. New Methodology for Measuring the Floating Velocity of Grain Particles. **Journal of Agricultural Informatics**, 7(2): 49-59.
- Pradhan, R.C., Meda, v., Naik, S.N., Tabil, L. 2010. Physical Properties of Canadian Grown Flaxseed in Relation to its Processing. **International Journal of Food Properties**, 13: 732–743.
- Rajabipour, A., Tabatabaeefar, A., Farahani, M. 2006. Effect of Moisture on Terminal Velocity of Wheat Varieties. **International Journal of Agriculture and Biology**, 8: 10-13.
- Razavi, S.M.A., Milani, E., 2006. Some Physical Properties of the Watermelon Seeds. **African Journal of Agricultural Research**, 1(3): 065-069.
- Rıdwan, A. L. 2012. Development of a Rotary-Screen Cleaner for Cowpea. The Department of Agricultural Engineering College of Engineering, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

- Sacilik, K., 2004. Resistance of Bulk Poppy Seeds to Airflow. **Biosystems Engineering**, 89(4): 435–443.
- Saraçoğlu, T., Özarslan, C. 2012. Moisture-Dependent Geometric, Frictional and Mechanical Properties of Cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*) Seeds. **Philippine Agricultural Scientist**, 95(1): 53-63.
- Sattar, M., Mueenuddin, G., 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.
- Shahbazi, F., Valizadeh, S., Dowlatshah, A. 2014. Aerodynamic Properties of Makhobeli, Triticale and Wheat Seeds. **International Agrophysics**, 28: 389-394.
- Shankar, M., Chowde, G. M., Maikandan, R., Ravindra, U., Honabyraiah. 2013. Performance Evaluation of Air Screen Cleaner used in the Finger Millet Processing Industries. **International Journal of Applied Environmental Sciences**, 8(19): 2373-2377.
- Simonyan, K. J., Dunmade, I. S. 2010. Comparative Analysis of The Threshing Cylinders Performance on Sorghum. **XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering**, (13-17 Haziran 2010) Quebec City, Kanada.
- 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**, 10: 1-13.
- Stepanenko, S. 2017. Research Pneumatic Gravity Separation Grain Materials. **Scientific Proceedings V International Scientific-Technical Conference "Agricultural Machinery"**, pp.143-145.
- Yağcıoğlu, A. 1996. Ürün İşleme Tekniği. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları**, No: 517. 264 s. İzmir.
- Yalçın, İ., Çetin, M., Özarslan, C., 2009. Moisture-Dependent Physical Properties of Onion (*Allium cepa* L.) Seed. **Asian Journal of Chemistry**, 21(2): 1341-1349.
- Yalçın, İ., Özarslan, C. 2004. Physical Properties of Vetch Seed. **Biosystems Engineering**, 88(4): 507-512.

- Yeşiloğlu, E., Pınar, Y. 2006. Mahlep Tohumunun (*Prunus mahaleb* L.) Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. **Tarım Makinaları Bilimi Dergisi**, 2(3): 255-261.
- Yılar, M., Altuntaş, E. 2017. Tek Yıllık ve Çok Yıllık Adaçayı (*Salvia viridis* L., *Salvia cryptantha* Montbret et Aucher) Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi. **Mediterranean Agricultural Sciences**, 30(2): 137-141.
- Yurtlu, Y. B., Yeşiloğlu, E., Vursavuş K. K., Saçılık, K. 2011. Coefficient of Friction of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers in Different Surfaces. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 8(2): 35-40.
- Yüce, H. 2014. İnşaat Firmalarında İş Güvenliği Kültürünün İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Zare, D., Bakhshipour, A., Chen, G. 2013. Physical Properties of Cumin and Caraway Seeds. **International Agrophysics**, 27: 491-494.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İpek ÇEKİM

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLER

a) Makaleler

Çekim, İ., Özarslan, C. 2020. Marul Tohumunun Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 8(1): 89-97.

İLETİŞİM

Tarih : 18.01.2021