

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ISPARTA GÜLÜ AYIRMA - SINIFLANDIRMA VE KURUTMA
SİSTEMLERİNİN ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ**

Bekir ANSAR

**Danışman
Prof. Dr. Davut AKBOLAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



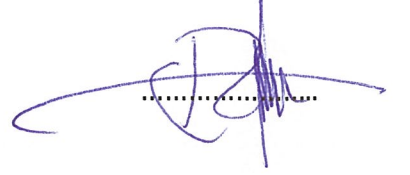
© 2018 [Bekir ANSAR]

TEZ ONAYI

Bekir ANSAR tarafından hazırlanan "Isparta Gülü Ayırma - Sınıflandırma ve Kurutma Sistemlerinin Enerji ve Maliyet Analizi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Davut AKBOLAT
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ali AYBEK
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Sevil KARAASLAN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Yasin TUNCER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.


Bekir ANSAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası	9
3.1.2. Eleme sistemi.....	9
3.1.3. Hava akımı ile ayırma sistemi	10
3.1.4. Isı pompalı kurutma sistemi.....	11
3.1.4.1. Kurutma sisteminde sıcaklık-nem kontrolü ve ölçüm noktaları. 14	
3.1.4.2. Kurutma sisteminde hava hızı kontrolü ve ölçüm noktaları	15
3.1.5. Ölçüm ekipmanları	17
3.1.5.1. Elektrik enerjisi izleme sistemi	17
3.1.5.2. Devir / frekans ölçer.....	20
3.1.5.3. Hava hızı ölçüm cihazı	20
3.1.5.4. Sıcaklık / bağıl nem ölçüm cihazı	21
3.1.5.5. Nem belirleme cihazı	22
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Eleme sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi	24
3.2.2. Hava akımı ile ayırma sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi.....	27
3.2.3. Kurutma sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi.....	30
3.2.4. Elektrik enerjisi izleme sisteminin kurulması.....	33
3.2.5. Motor devir sayısı ölçümünün gerçekleştirilmesi.....	36
3.2.6. Hava hızı ölçümünün gerçekleştirilmesi.....	38
3.2.7. Sıcaklık / nem ölçümünün gerçekleştirilmesi	39
3.2.8. Ürün nem tayinlerinin gerçekleştirilmesi	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	42
4.1. Elek İle Sınıflandırma Sistemi	42
4.1.1. Sınıflandırma öncesi nem tayin ölçüm değerleri.....	42
4.1.2. Motor devir sayısı ölçüm değerleri	42
4.1.3. Elek ile sınıflandırma sisteminin güç tüketim değerleri.....	43
4.1.4. Elek ile sınıflandırma sonrası ağırlık ölçüm değerleri.....	44
4.2. Hava Akımı İle Ayırma Sistemi	45
4.2.1. Hava hızı ölçüm değerleri	45
4.2.2. Motor devir sayısı ölçüm değerleri	47
4.2.3. Hava akımı ile ayırma sisteminin güç tüketim değerleri.....	48
4.2.4. Hava akımı sonrası ağırlık ölçüm değerleri	51
4.3. Isı Pompalı Kurutma Sistemi.....	56
4.3.1. Kurutma öncesi ve sonrası belirlenen nem değerleri.....	57
4.3.2. Hava hızı ölçüm değerleri	57
4.3.3. Motor devir sayısı ölçüm değerleri	58

4.3.4. Sıcaklık ölçüm değerleri.....	58
4.3.5. Kabin nem değerleri	59
4.3.6. Güç tüketim değerleri.....	60
4.3.7. Kurutma sonrası ağırlık değerleri	62
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	64
5.1. Elek ile Sınıflandırma Sisteminin Değerlendirilmesi	64
5.2. Hava Akımı İle Ayırma Sisteminin Değerlendirilmesi	66
5.3. Kurutma Sisteminin Değerlendirilmesi	70
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ.....	77



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ISPARTA GÜLÜ AYIRMA – SINIFLANDIRMA VE KURUTMA SİSTEMLERİNİN ENERJİ VE MALİYET ANALİZİ

Bekir ANSAR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Davut AKBOLAT

Isparta gülü, ülkemize dünyada bilinirlik sağlayan, sosyal ve kültürel yönleri ile turistik ve ekonomik katkılar sunan tarımsal bir üründür. Türkiye ve Bulgaristan, ekonomik getiri için gül üretimi yapan başlıca iki ülkedir. Isparta gülü, yağ üretimi yanında aromaterapi uygulamalarında da kullanılan tedavi edici hoş kokulu bir çiçektir.

Eleme, hava akımı ile ayırma ve kurutma sistemlerinin enerji ve maliyet analizinin denemeleri Isparta Merkez Yakaören köyünde kurulu bulunan Gülbirlik'e ait Yakaören Gül Yağı Fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Sistemlere kurulan enerji analizörleri aracılığıyla sistemlerin enerji tüketimleri ölçülüp maliyet hesapları çıkartılmıştır.

Eleme denemeleri sonunda % 69.60 ve % 74.99 nemli güller için sırasıyla iş kapasitesi; 371.50 ve 376.82 kg h⁻¹, özgül enerji tüketimi; 0.57 ve 0.56 kWh ton⁻¹ ve birim üretim maliyeti; 0.1170 ve 0.1149 TL ton⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Hava akımı ile ayırma denemeleri sonunda % 69.60 ve % 74.99 nemli güller için % 25 fan açıklık konumunda sırasıyla iş kapasitesi; 253.80 ve 327.21 kg h⁻¹, özgül enerji tüketimi; 12.05 ve 12.07 kWh ton⁻¹ ve birim üretim maliyeti; 2.4729 ve 2.4770 TL ton⁻¹ bulunmuştur. % 50 fan açıklık konumunda ise sırasıyla iş kapasitesi; 357.60 ve 340.12 kg h⁻¹, özgül enerji tüketimi; 10.71 ve 11.29 kWh ton⁻¹ ve birim üretim maliyeti; 2,1979 ve 2,3169 TL ton⁻¹ bulunmuştur. % 75 fan açıklık konumunda ise sırasıyla iş kapasitesi; 383.91 ve 384.41 kg h⁻¹, özgül enerji tüketimi; 10.86 ve 10.25 kWh ton⁻¹ ve birim üretim maliyeti; 2.2287 ve 2.1035 TL ton⁻¹ bulunmuştur. % 100 fan açıklık konumunda ise sırasıyla iş kapasitesi; 419.83 ve 326.09 kg h⁻¹, özgül enerji tüketimi; 9.72 ve 13.06 kWh ton⁻¹ ve birim üretim maliyeti; 1.9947 ve 2.6802 TL ton⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Kurutma sonunda; 45 ve 55 °C sıcaklıklar için sırasıyla iş kapasitesi; 0.32 ve 0.63 kg h⁻¹ olarak bulunmuştur. Aynı sıcaklıklar için özgül enerji tüketimi sırasıyla; 10.46 ve 5.13 kW h kg⁻¹ olarak belirlenirken, spesifik nem çekme oranı ise 45 ve 55 °C sıcaklıklar için sırasıyla 0.401 ve 0.736 kg kWh⁻¹ olarak bulunmuştur. Nem çekme oranı ise 45 ve 55 °C sıcaklıklar için sırasıyla 1.346 ve

2.372 kg h⁻¹ olarak bulunmuştur. Kurutma maliyeti ise her iki kurutma sıcaklığı olan 45 ve 55 °C için sırasıyla; 2.1466 ve 1.0528 TL kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Spesifik enerji tüketimi (SEC); 2.60 ve 1.36 kWh kg⁻¹, spesifik nem çekme oranı (SMER); 0.40 ve 0.74 kg kWh⁻¹, nem çekme oranı; 1.35 ve 2.37 kg h⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isparta Gülü, Kurutma, Ayırma-Sınıflandırma, Enerji analizi, Maliyet analizi,

2018, 77 sayfa



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ENERGY AND COST ANALYSIS OF SEPARATION - CLASSIFICATION AND DRYING SYSTEMS OF ISPARTA ROSE

Bekir ANSAR

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machineries and Technologies Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Davut AKBOLAT

Isparta Rose is an agricultural product that provides world-wide awareness to our country, offering touristic and economic contributions with social and cultural aspects. Turkey and Bulgaria are the two main countries that produce rose for economic return. Isparta rose is a therapeutic fragrant flower used in aromatherapy applications besides oil production.

Experiments on energy and cost analysis of screening, separation and drying systems by airflow were carried out at Yakaören Rose Oil Factory of Gülbirlik, established in Isparta Central Yakaören Village. Through the energy analyzers installed in the systems, the energy consumption of the systems was measured.

At the end of determined screening trials, work capacity for 69.60 % and 74.99 % moist roses were identified respectively; 371.50 and 376.82 kg h⁻¹, specific energy consumption; 0.57 and 0.56 kWh ton⁻¹ and unit production cost; 0.1170 and 0.1149 TL ton⁻¹.

At the end of the airflow separation experiments, the work capacity was found out, for the roses with 69.60 % and 74.99 % moisture content, with 25 % fan clearance, respectively. 253.80 and 327.21 kg h⁻¹, specific energy consumption; 12.05 and 12.07 kWh ton⁻¹ and unit production cost; 2.4729 and 2.4770 TL ton⁻¹. In the case of 50 % fan opening, the work capacity was found out, respectively; 357.60 and 340.12 kg h⁻¹, specific energy consumption; 10.71 and 11.29 kWh ton⁻¹ and unit production cost; 2.1979 and 2.3169 TL ton⁻¹. In the case of 75 % fan opening, the work capacity was found out, respectively; 383.91 and 384.41 kg h⁻¹, specific energy consumption; 10.86 and 10.25 kWh ton⁻¹ and unit production cost; 2.2287 and 2.1035 TL ton⁻¹. In the case of 100 % fan opening, the work capacity was found out, respectively; 419.83 and 326.09 kg h⁻¹, specific energy consumption; 9.72 and 13.06 kWh ton⁻¹ and unit production cost; 1.9947 and 2.6802 TL ton⁻¹.

At the end of drying; work capacity for temperatures of 45 and 55 °C was found out, respectively; 0.32 and 0.63 kg h⁻¹. While specific energy consumption for the same temperatures were respectively 10.46 and 5.13 kWh kg⁻¹, specific

desorption rates were found as 0.401 and 0.736 kg kWh⁻¹ for temperatures of 45 and 55 °C. The drying cost for both drying temperatures of 45 and 55 °C, was respectively determined as; 2.1466 and 1.0528 TL kg⁻¹. Specific energy consumption (SEC) was identified as 2.60 and 1.36 kWh kg⁻¹, specific drawing ratio (SMER) was identified as 0.40 and 0.74 kg kWh⁻¹, moisture draw ratio was identified as 1.35 and 2.37 kg h⁻¹.

Keywords: Rose of Isparta, Drying, Separation classification, Energy analysis, cost analysis

2018, 77 pages



TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, araştırmanın her aşamasında yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Davut AKBOLAT'a, teşekkür ederim.

Ayrıca, denemelerin yürütülmesinde emek, zaman ve sürekli desteklerini gördüğüm; Doç. Dr. Serkan BOYAR'a, Zir. Yük. Müh. Özgür KAYAALP'e ve Zir. Müh. İsmail BOYAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasında üniversite-sanayi iş birliği kapsamında GÜLBİRLİK'e ait Yakaören Gül Yağı Fabrikası'nda kurulu bulunan tesisi kullanımımıza sunan; materyal, personel ve bilgi desteği sağlayan Gülbirlik ile Rosense A.Ş. yönetimi ve personeline,

SDU BAP 4107-Sİ-14 No'lu Proje ile sanayi iş birliği tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Bekir ANSAR
ISPARTA, 2018

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Isparta gül.....	1
Şekil 1.2. Isparta gülü formları	3
Şekil 3.1. Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası.....	9
Şekil 3.2. Eleme sistemi	10
Şekil 3.3. Materyal besleme bandı.....	11
Şekil 3.4. Fan ve hava kanalı başlangıcı	11
Şekil 3.5. Kurutma raflarının bulunduğu kurutma kabini ve bölümleri.....	12
Şekil 3.6. Kurutma havası ısıtma - nem alma düzeneği ve kontrol bölümü.....	12
Şekil 3.7. Ek ısı üretme sistemi.....	13
Şekil 3.8. Raf yükleme - alma noktaları.....	14
Şekil 3.9. Sıcaklık / nem kayıt cihazı	14
Şekil 3.10. Kabin içi alt ve üst veri alım noktaları	15
Şekil 3.11. Kurutma sisteminde hava hızı ölçüm noktaları.....	15
Şekil 3.12. Kurutma sisteminde hava hızı ölçüm noktalarına bir örnek.....	16
Şekil 3.13. Hava debisinin ayar kelebeklerinin yerleri	16
Şekil 3.14. Hava debisinin ayarlandığı kelebeklerin yerleşimi için bir örnek.....	16
Şekil 3.15. “Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi” elemanları ve bağlantı şeması	17
Şekil 3.16. Enerji analizörlerinin özel kutusu içerisinde genel görünümü	18
Şekil 3.17. “Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi” veri aktarım elemanları.....	19
Şekil 3.18. Verilerin ölçüm sırasında izleme ekranı.....	19
Şekil 3.19. Testo 475 devir / frekans ölçüm cihazı.....	20
Şekil 3.20. Testo 435 hava hızı ölçüm cihazı.....	21
Şekil 3.21. Sıcaklık / bağıl nem ölçüm cihazı	22
Şekil 3.22. Nem belirleme cihazı.....	23
Şekil 3.23. Deneme iş paketleri (İP)	24
Şekil 3.24. Eleme sistemiyle sınıflandırma denemeleri.....	24
Şekil 3.25. Eleme işlemi sonrasında ürün ağırlıklarının tartılması.....	25
Şekil 3.26. Eleme sistemi çalışma sistematiği.....	25
Şekil 3.27. Eleme sisteminde denemenin yapılması ve örnek kapları	26
Şekil 3.28. Hava akımı sistemiyle ayırma denemeleri.....	27
Şekil 3.29. Hava çıkışına bölmelerin diziliminin üstten görünüşü.....	27
Şekil 3.30. Hava çıkışına bölmelerin dizilimi	28
Şekil 3.31. Hava akımı ile ayrılmış gül	28
Şekil 3.32. Hava ile ayırma sistemi çalışma sistematiği.....	29
Şekil 3.33. Kurutma denemeleri	30
Şekil 3.34. Kurutmaya hazırlanan gül ürünü	31
Şekil 3.35. Sistemlerin akım trafosu bağlantısı	34
Şekil 3.36. Enerji analizörü bağlantıları.....	34
Şekil 3.37. Enerji analizörü butonlarına ait kontroller	35
Şekil 3.38. Enerji analizörü ekran açıklamaları	35
Şekil 3.39. Elek sistemi titreşim motoru devir sayısının ölçümü.....	36
Şekil 3.40. Bant motoru devir sayısının ölçümü.....	37
Şekil 3.41. Hava akımı ile ayırma sistemi fan motoru devir sayısının ölçümü	37
Şekil 3.42. Kurutma sistemi fan motoru devir sayısının ölçümü	38
Şekil 3.43. Hava hızı ölçüm noktaları.....	38
Şekil 3.44. Hava hızı ölçümü.....	39

Şekil 3.45. Kurutma kabini hava hızı ölçümleri	39
Şekil 3.46. Sıcaklık/ nem ölçüm cihazları (HOB0 / entegre edilmiş sensör)	40
Şekil 3.47. Eleme ile ayırma öncesi nem tayini	41
Şekil 4.1. % 69,60 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi	51
Şekil 4.2. % 74,99 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi	52
Şekil 4.3. % 69,60 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi	52
Şekil 4.4. % 74,99 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi	53
Şekil 4.5. % 69,60 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi	54
Şekil 4.6. % 74,99 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi	54
Şekil 4.7. % 69,60 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi	55
Şekil 4.8. % 74,99 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi	56
Şekil 5.1. Elek sisteminin performansı	65
Şekil 5.2. Ayırma sisteminde çalışma verimi ve hava hızı arasındaki ilişki	68
Şekil 5.3. Birim enerji tüketimi ve hava hızı arasındaki ilişki	68
Şekil 5.4. Birim ayırma maliyeti ile hava hızı arasındaki ilişki	69
Şekil 5.5. Fan ortalama hava hızları.....	70
Şekil 5.6. Kabin girişindeki hava hızları.....	72
Şekil 5.7. Kabin çıkışındaki hava hızları.....	72
Şekil 5.8. 45 °C'de kabin içi sıcaklık ölçüm değerlerinin değişimi.....	73
Şekil 5.9. 55 °C'de kabin içi sıcaklık ölçüm değerlerinin değişimi.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. CASE Pa300 tipi enerji analizörüne ilişkin özellikler	18
Çizelge 3.2. Testo 475 model devir/frekans ölçüm cihazına ilişkin özellikler	20
Çizelge 3.3. Testo 435 model hava hızı ölçüm cihazına ilişkin özellikler	21
Çizelge 3.4. Sıcaklık / nem ölçüm cihazlarına ilişkin özellikler	22
Çizelge 3.5. AND MX-50 model nem belirleme cihazına ilişkin özellikler	23
Çizelge 3.6. Eleme sistemi denemelerinde alınan ölçümler	26
Çizelge 3.7. Hava akımı sistemi denemelerinde ölçüm ve hesaplamalar.....	29
Çizelge 3.8. Kurutma sistemi denemelerinde ölçüm ve hesaplamalar	31
Çizelge 3.9. Kömür özellikleri	32
Çizelge 3.10. Akım trafosu bağlanan motorların etiket bilgileri	33
Çizelge 3.11. Motorlara bağlanan akım trafoları	33
Çizelge 3.12. Motor devir sayısı ölçüm noktaları	36
Çizelge 3.13. Ürün nem düzeylerinin belirlenmesi	40
Çizelge 4.1. Farklı zamanda toplanan güllere ait nem ölçüm değerleri.....	42
Çizelge 4.2. Elek sistemi boşta iken güç tüketimleri	43
Çizelge 4.3. Elek sistemi yükte iken güç tüketimleri.....	43
Çizelge 4.4. Elek sistemi boşaltmada güç tüketimleri	44
Çizelge 4.5. % 74.99 nemli gülün sınıflandırma sonrası elek üstü ağırlıkları	44
Çizelge 4.6. % 69.60 nemli gülün sınıflandırma sonrası elek üstü ağırlıkları	45
Çizelge 4.7. % 25 açık konumdaki hava hızı değerleri	46
Çizelge 4.8. % 50 açık konumdaki hava hızı değerleri	46
Çizelge 4.9. % 75 açık konumdaki hava hızı değerleri	46
Çizelge 4.10. % 100 açık konumdaki hava hızı değerleri.....	46
Çizelge 4.11. Hava hızı değerleri.....	47
Çizelge 4.12. Bant, besleme düzenleyici ve fan motorunun devir sayıları	47
Çizelge 4.13. Bant sistemi boşta güç tüketim değerleri	48
Çizelge 4.14. Besleme düzenleyicisinin boşta güç tüketim değerleri.....	48
Çizelge 4.15. Fanın boşta güç tüketim değerleri.....	49
Çizelge 4.16. Fanın % 25 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri	50
Çizelge 4.17. Fanın % 50 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri	50
Çizelge 4.18. Fanın % 75 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri	50
Çizelge 4.19. Fanın % 100 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri.....	50
Çizelge 4.20. % 69.60 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	51
Çizelge 4.21. % 74.99 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	52
Çizelge 4.22. % 69.60 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	53
Çizelge 4.23. % 74.99 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	53
Çizelge 4.24. % 69.60 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	54
Çizelge 4.25. % 74.99 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	55
Çizelge 4.26. % 69.60 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	55

Çizelge 4.27. % 74.99 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları	56
Çizelge 4.28. Kurutma öncesi nem değerleri	57
Çizelge 4.29. Kurutma sonrası nem değerleri	57
Çizelge 4.30. Kabin girişi / çıkış hava hızı değerleri	58
Çizelge 4.31. Kurutma sistemindeki motor devir sayıları	58
Çizelge 4.32. Sıcaklığı 45 °C ayarlanan kurutma denemesi sıcaklık değerleri.....	59
Çizelge 4.33. Sıcaklığı 55 °C ayarlanan kurutma denemesi sıcaklık değerleri.....	59
Çizelge 4.34. 45 °C kurutma sıcaklığındaki Kabin nem değerleri	59
Çizelge 4.35. 55°C kurutma sıcaklığındaki kabin nem değerleri.....	60
Çizelge 4.36. 45 °C de sistemin boşa çalışırkenki güç tüketim değerleri	60
Çizelge 4.37. 55 °C de sistem boşa çalışırkenki güç tüketim değerleri	61
Çizelge 4.38. 45 °C de sistem yükte çalışırken güç tüketim değerleri.....	61
Çizelge 4.39. 55 °C de sistem yükte çalışırken güç tüketim değerleri.....	61
Çizelge 4.40. 45 °C de kurutulan gül kütleleri	62
Çizelge 4.41. 55 °C de kurutulan gül kütleleri	63
Çizelge 5.1. % 69.60 nemli gül için eleme sistemi üretim maliyetleri.....	64
Çizelge 5.2. % 74.99 nemli gül için eleme sistemi üretim maliyetleri.....	65
Çizelge 5.3. Hava akımı ile ayırma sınıflandırma sistemi üretim maliyetleri.....	66
Çizelge 5.4. Kurutma sistemi değerlendirme sonuçları.....	70
Çizelge 5.5. Sistemlerin enerji tüketimleri ve üretim maliyetleri.....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AYSK	Akışkan Yataklı Sürekli Kurutucu
g	Gram
h	Saat
IPK	Isı Pompalı Kurutucu
IGKAYSK	Isı Geri Kazanımlı Akışkan Yataklı Sürekli Kurutucu
kCal	Kilo kalori
kg	Kilogram
kr	Kuruş
kWh	Kilowatt saat
m	Metre
MER	Nem çekme oranı
mm	Milimetre
rpm	Dakikadaki devir sayısı
SDÜ	Süleyman Demirel Üniversitesi
SEC	Spesifik enerji tüketimi
SMER	Özgül nem çekme oranı
s	Saniye
TEYDEB	Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı

1. GİRİŞ

Isparta gülü, ülkemize dünyada bilinirlik sağlayan, sosyal ve kültürel yönleri ile turistik ve ekonomik katkılar sunan stratejik bir değerdir.

Türkiye ve Bulgaristan, ekonomik getiri için gül üretimi yapan başlıca ülkelerdir. Türkiye'de gül yetiştiriciliği, toplam üretiminin % 90'luk bir paya sahip olduğu bilinerek Isparta'da yoğunlaşmıştır (Baydar vd., 2005). Isparta gülü (Şekil 1.1), rehabilite edici özellikleri ile aromaterapi uygulamalarında kullanılan tedavi edici hoş kokulu bir çiçektir. Dünyada Isparta gülü, Şam gülü veya pembe yağ gülü olarak tanınan bu türün taze çiçeklerinden su buharı distilasyonu ile gülyağı ve gülsuyu; solvent (genelde hekzan) ekstraksiyon tekniği ile katı gülyağı (konkret) ve konkretten de alkol (genelde etanol) ekstraksiyonu ile absolüt elde edilmektedir. Yağ gülü yılda bir kez çiçek vermekte ve genellikle 20 Mayıs - 20 Haziran arası hasat edilmektedir. Yağı çıkarılacak gül çiçeği çoğunlukla sabah 05.30 ile 10.00 saatleri arasında toplanmaktadır. Bu saatler arasında gül çiçeğindeki yağ oranı en yüksek düzeydedir (%02.7-3.3) (Demirözer, 2008).



Şekil 1.1. Isparta gül

Gülyağı ve türevleri ürünlerin yanısıra, reçel, lokum, macun vb. gıdaların hammaddesi ya da katkısı olarak taze gül çiçeği kullanılabilir.

Ülkemizde yağ gülünde ürün miktarının fazla olduğu yıllarda, pazar taleplerine bağlı olarak, belirli miktar taze gül çiçeği kurutularak değerlendirilmektedir. Bu amaçla, her yıl 1 tona yakın kuru gül çiçeği üretimi yapılmakta ve bu kuru güller başta Almanya ve Fransa olmak üzere bazı Avrupa ülkelerine ihraç edilmektedir (Baydar vd., 2008).

Mevcut uygulamalar incelendiğinde doğal ortamlarda gül çiçeklerinin daha çok serilerek kurutulduğu görülmektedir. Bu yöntem, ortam özelliklerine bağlı olarak hijyen ve ürün kalitesi açısından birçok sorunu beraberinde getirmektedir.

Günümüzde kontrollü kurutma yöntemlerine geçilmesiyle birlikte birçok kurutma sistemi geliştirilmiştir. Jeotermal ısı kaynaklı kurutucular, akışkan yataklı kurutucular ve ısı pompalı kurutucular gibi kurutma sistemleri yaygın olanlardır.

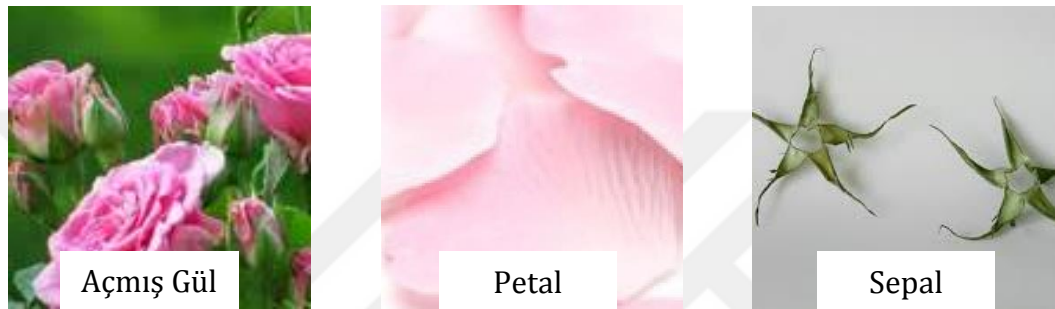
Isı pompalı kurutma teknolojisi, düşük enerji tüketimi nedeniyle enerji tasarruflu bir sistemdir, ayrıca atmosfere gaz ve duman emisyonu düşük olduğundan çevre dostu bir sistemdir. Isı pompalı yardımcı kurutma, düşük enerji tüketiminde daha iyi ürün kalitesi için kontrol edilebilir bir kurutma ortamı sağlamaktadır (Prasertsan ve Saensaby, 1998).

Isı pompalı kurutucuların doğal kurutma ve diğer kurutuculara göre en önemli üstünlüğü enerji verimliliğidir (Chua vd., 2002). Isı geri kazanımının iyileştirilmesi sonucu elde edilen yüksek enerji verimliliği ile uzaklaştırılan her birim su için daha az enerji tüketilmektedir (Kudra ve Mujumdar, 2002). Isı pompalı kurutucular sıcaklık, nem ve hava akış değerlerinin tam ve bağımsız kontrolüne olanak sağlarlar. Sürekli kontrol edilen kurutma koşulları ile ısıya duyarlı materyaller için fayda sağlarken daha iyi kalitede ürün elde edilmektedir.

Kurutma işlemi sonunda eşit kalitede ürün elde edilirken steril işlem koşulları sağlanabilmektedir (Kudra ve Mujumdar, 2002).

Enerji verimliliği yüksek olması, kurutma kontrolünün kolaylığı, kurutma sonunda aynı kalitede ürünlerin elde edilmesi ve kurutma sürecinde sterilizasyonun en iyi şekilde yapılabilmesi, ısı pompalı kurutucuların kullanımını artırmıştır.

Aynı zamanda aynı kalitede ürünlerin elde edilebilmesi için, hasat edilen güller sepal, petal, gonca gül ve açmış gül olarak gelmektedir (Şekil 1.2). Bu dört ayrı formu birbirinden ayırarak daha kaliteli kurumuş gül elde edilmektedir.



Şekil 1.2. Isparta gülü formları

Isparta gülünün sınıflandırılarak kurutulması konusunda ROSENSE A. Ş. tarafından yürütülen TEYDEB projesi kapsamında yapılan Ar-Ge faaliyetleri ilk çalışmalardan birisidir. Ar-Ge projesi kapsamında ayırma, sınıflandırma ve kurutma sürecinden oluşan prototip bir sistem GÜLBİRLİK'e ait Isparta Yakaören Gül Yağı Fabrikası'nda kurulmuş ve çalışır durumdadır.

Bu tez çalışması kapsamında, Isparta Gülü sınıflandırma ve kurutma sürecinde yer alan sistemler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Eleme ile sınıflandırma sistemi, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sisteminden oluşan tesisin iş başarısı, iş kapasitesi, enerji tüketimi ve birim enerji maliyeti farklı çalışma koşullarında belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatür taramalarında farklı kurutma sistemlerinin kuruttukları ürünler için harcadıkları enerjiler ve kurutma sonrası ortaya çıkan ürünlerin kaliteleri ortaya konulmuştur. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, günümüze kadar gülün eleme ile sınıflandırma, hava akımı ile ayırma ve kurutma sistemlerindeki enerji ölçümlerinin yapılmadığını göstermiştir.

Ceylan vd. (2005), ısı pompalı kurutma odası, elma kurutmada kullanılmıştır. 4 mm kalınlığında dilimlenmiş elmalar 40 °C sıcaklık ve % 20 bağıl nemde, 2.8 m s⁻¹ hava hızında 4.8 (g su g⁻¹ kuru madde)'den 0.18 (g su g⁻¹ kuru madde) su oranına kadar 3.5 saatte kurutulmuştur. Son kuru ağırlıktaki su aktivitesini 0.65 olarak bulunmuştur.

Ayhan (2005), bu çalışmada; havuç, elma ve maydanozun vakumla kurutulmasında kurutma parametrelerini belirlemiştir. Havuç, elma ve maydanoz üç vakum kademesinde (20, 50 ve 75 mmHg) ve üç sıcaklık değerinde (75, 65 ve 55 °C) vakum altında kurutulmuştur.

Havuc, elma ve maydanozun vakumla kurutulmasında, kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından 75 °C'de 20 mmHg vakum altında sırasıyla (100 dk, 0.3 kWh), (120 dk, 0.32 kWh), (20 dk, 0.06 kWh) yapılan kurutma en iyi sonuç elde edilmiştir. En yüksek nemi geri alma miktarı sırasıyla; havuç için 65 °C 20 mmHg'da, 2,33 g 4h⁻¹, elma için 65 °C 50 mmHg'da 3,95 g 4sa⁻¹, maydanoz için 75 °C 20 mmHg'da 2,48 g 4sa⁻¹ olarak bulunmuştur.

Her bir ürün için en uygun kurutma yöntemi 75 °C'de 20 mmHg'da yapılan kurutma olduğu saptanmıştır.

Kuzgunkaya (2006), toprak kaynaklı ısı pompalı bir kurutma kabini içinde defne yapraklarının tek katmanlı olarak kurutma işlemi gerçekleştirmiş ve sistem bileşenlerinin enerji ve ekserji analizini yapmıştır. Bu amaçla, defne yaprakları 40 ve 50 °C sıcaklık aralığının da % 16'dan % 19'a kadar değişen bağıl nemlerde

ve 0.5 m s^{-1} kurutma havası hızını kullanarak 9 saatlik sürede kurutmuştur. Sistem bazında özgül nem çekme oranını $0.122 \text{ kg kWh}^{-1}$ olarak bulmuştur.

Mirza (2006), ısı pompalı kurutucu tasarlayarak düşük sıcaklıkta ve bağıl nem şartlarında koyun derisi kurutma işlemi 5 tekerrür halinde deneysel olarak incelemiştir. Bu deneylerde ortalama olarak harcanan enerji miktarı 3.98 kWh , MER 0.84 kg h^{-1} ve SMER 0.50 kg kWh^{-1} bulunmuştur.

Ersöz ve Doğan (2009), Isı Geri Kazanımlı Akışkan Yataklı Sürekli Kurutucu (IGKAYSK) tasarımı yaparak imalatını gerçekleştirmişler ve tuzun, kurutulmasını işlemini deneysel olarak incelemiştir. IGKAYSK'da kurutma havasından kazanılan enerji, kurutma havası sıcaklığı yükseldikçe artmıştır. $94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ yapılan deneyde geri kazanılan enerji 0.37 kW , $126 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kurutma havası sıcaklığında 0.64 kW ve $171 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kurutma havası sıcaklığında 1.10 kW olarak tespit etmişlerdir. IGKAYSK' da ısı geri kazanım ünitesinin kurutma havasından geri kazanılan enerji miktarı $94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kurutma havası sıcaklığı için % 7, $126 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kurutma havası sıcaklığı için % 8 ve $171 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kurutma havası sıcaklığı için ise % 10 olmuştur. Sisteme kazandırılan enerji ile kurutma havası sıcaklığını yükselterek, tuzdan daha fazla nem atılmasını sağlamışlardır. Böylece aynı miktarda enerji kullanılarak daha kısa sürede ve daha kuru tuz elde etmişlerdir.

Aktaş vd. (2010), yaptıkları çalışmada, güneş enerjisi destekli ısı pompalı bir kurutucuda kırmızı biber kurutmuşlardır. Isı borulu güneş kolektörü ve havadan havaya ısı pompası sistemi kullanılarak kırmızı biberler, başlangıç nem miktarından ($10.81 \text{ g su g}^{-1}$ kuru madde) son nem miktarına (0.16 g su g^{-1} kuru madde) kadar kurutulmuştur. Kurutma sisteminde 24 saat kurutma periyodunu ısı pompası desteği ile sağlamışlardır. Kırmızıbiberler, $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kuru termometre sıcaklığında ve ortalama 0.4 m s^{-1} hava hızında 210 dakikada kurutulmuştur. Deney sonuçlarına göre, tüm sistem için ortalama ısıtma tesir katsayısı ($\text{COP}_{\text{sistem}}$) 2.24 ve özgül nem çekme oranı ($\text{SMER}_{\text{sistem}}$) 0.209 olarak hesaplanmıştır.

Abuşka ve Doğan (2010), yaptıkları ısı pompalı kurutma sisteminde, % 324.45_{kb} nem oranındaki ürünleri, 60,2 °C kurutma havası sıcaklığında, 52 saatte % 20.71_{kb} nem oranına kadar kurutmuşlardır. Açık havada beton üzeri bez sergide yaptıkları kurutma işleminde ise, % 330.81_{kb} nem oranındaki ürünleri, 199 saatte % 14.60_{kb} nem oranına kadar kurutmuşlardır. IPK'da kurutulan üzümler temizlik açısından tozsuz ve renk değeri olarak 10 numara değer elde etmişlerdir.

Açıkta kuruttukları üzümler ise tozlu ve renk değeri olarak 9 numaralı değer elde etmişlerdir. Sultaniye tipi çekirdeksiz üzümlerin kurutulmasında deneysel olarak analiz ettikleri kurutucunun, ürünün kurutulması sırasında ortalama ısıtma tesir katsayısı COP_{sistem}: 2.81, özgül nem alma verimi SMER_{sistem}: % 1.53, nem alma verimi MER: % 99.15 olarak bulmuşlardır.

Aktaş ve Kara (2013), güneş enerjili ve ısı pompalı bir kurutucu tasarlayarak, imal etmişler ve kivi kurutarak deneysel olarak incelemişlerdir. Dilimlenmiş kiviler, 6 g su g⁻¹ kuru madde başlangıç nem miktarından 35 °C sıcaklıkta, 0.53 g su g⁻¹ kuru madde, 40 °C sıcaklıkta ve 0.25 g su g⁻¹ kuru madde, 45 °C sıcaklıkta ve 0.14 g su g⁻¹ kuru madde ve 50 °C sıcaklıkta 0.15 g su g⁻¹ kuru madde nem miktarına kadar kurutulmuştur. Kiviler, 35, 40, 45 ve 50 °C kurutma havası sıcaklığında ve 0.1-1.0 m s⁻¹ hızlarında, sırasıyla 8.5 saat, 7.5 saat, 7.5 saat ve 6.5 saat sürelerde kurutulmuştur. Isı pompası performans katsayısı (COP) ve tüm sistemin ısı pompası performans katsayısı (COP_{ts}) bütün deneyler için ortalama olarak sırasıyla 2.90 ve 2.27 olarak hesaplanmıştır. Tüm deneyler için ortalama olarak dalgalı kanatçıklı havalı güneş kolektörü verimini % 56.7 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada en uygun kurutma havası sıcaklığını 50 °C olarak belirlemişlerdir.

Aktaş vd. (2014), ısı pompalı bir kurutucuda portakal kabuğu kurutmuşlardır. Bu amaçla, nem alma sistemi üfleme havası bağıl nemini % 7-14 arasında, deney kurutma havasını 45 °C sıcaklık ve 1 m s⁻¹ hava hızında kullanmışlardır. Performans katsayısını tüm sistem için 3,83 olarak hesaplamışlardır. Kurutma 8

saat 45 dakika sürmüş, nem oranı 3 g su g⁻¹ kuru maddeden 0.09 g su g⁻¹ kuru maddeye düşürmüşlerdir.

Şevik vd. (2014), bilgisayar kontrollü güneş enerjisi destekli bir kurutucu tasarlayarak mantar kurutmuşlardır. Çalışmada, dilimlenmiş mantarlar, ortalama 250 dakikada kurutularak nem içeriği (MC), nem oranı (MR) ve kurutma hızı (DR) değerleri hesaplanmıştır. Güneş kolektörü verimi % 45-55 aralığında hesaplanırken sistem performans kat sayısı (COP_{sistem}) değeri ise 2.2-3.1 arasında değişmiştir.

Baysal vd. (2015), yaptıkları çalışmada, tepsili kurutucu, ısı pompalı kurutucu, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma tekniklerinin elma dilimlerinin kalite özellikleri ve enerji verimliliği üzerine etkilerini saptamışlardır. Kuruma süreleri; tepsili, ısı pompalı, dondurarak ve mikrodalga yöntemlerinde sırasıyla 50, 90, 270 ve 20 dakika olarak gerçekleşmiştir. Kurutma yöntemlerinin enerji verimlilikleri; Özgül Nem Alma Hızı (SMER), Nem Alma Hızı (MER), Özgül Enerji Tüketimi (SEC), enerji tüketimi ve enerji maliyetleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Ürünün kalite özellikleri incelendiğinde, elma dilimlerinin kalite karakteristiklerinin mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinde, tepsili ve ısı pompalı kurutucuda kurutma işlemine göre daha iyi korunduğunu saptamışlardır. Bunun yanı sıra, en düşük enerji tüketimini ve en yüksek (SMER) ve (MER) değerlerini ısı pompalı kurutucuda elde etmişlerdir.

Gürlek vd. (2015), ısı pompalı kurutucuda azalan hız periyodunda gerçekleştirilen kurutma işlemi yapmışlardır. 1579.5 g kütleyle sahip yaş elma dilimlerinin nemi % 10'un altına düşene kadar kurutma gerçekleştirilmiş ve istenilen kurumanın, 90 dakikalık kuruma evresi sonunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Başlangıçta taze elmanın kuru madde oranı % 15 civarında değişirken, kurutma sonunda kuru madde oranının yaklaşık % 89.8 olduğu belirlenmiştir.

Isı pompalı kurucu performansları göz önüne alındığında, SMER 2.26 kgw kWh⁻¹, MER 0.54 kgw h⁻¹, SEC değeri 1.6 MJ kgw⁻¹ olarak bulunmuştur. 1 kg uzaklaşan

subaşına maliyet hesabı yapıldığında ısı pompalı kurutucuda maliyetin 0.1 TL olduğu belirlenmiştir.

Tunçkal vd. (2016), kapalı döngü bir ısı pompalı kurutma sistemi (IPK) yardımıyla, 40 °C kurutma havası koşullarında, 1 m s⁻¹ kurutma havası hızında, 5 mm kalınlığında, ön işleme tabi tutulmamış 4 farklı ürün kurutmuşlardır. Bu ürünlerin (kavun, kivi, elma ve muz) kurutma kinetikleri ve IPK sisteminin performansını incelemişlerdir.

IPK sistemiyle başlangıçta kurutma odasına sırasıyla 8.091, 5.667 ve 5.250 g su g⁻¹ kuru madde su oranında giren kavun, kivi ve elma, 0.453, 0.307 ve 0.22 g su g⁻¹ kuru madde su oranına kadar 6 saatte kurutulmuştur. Muz ise, 3.167 g su g⁻¹ kuru madde su oranından 0.201 g su g⁻¹ kuru madde su oranına kadar 7 saatte kurutulmuştur. Kurutma boyunca ortalama en yüksek özgül nem çekme oranı (ÖNÇO) değeri kavun için 0.332 kg kWh⁻¹ olarak elde edilirken, en düşük ÖNÇO değeri ise muz için 0.232 kg kWh⁻¹ olarak elde edilmiştir. Elma ve kivi için ÖNÇO değerleri sırasıyla 0.306 kg kWh⁻¹ ve 0.303 kg kWh⁻¹ olarak birbirine çok yakın değerler elde edilmiştir.

Coşkun vd. (2017), domates dilimlerini, üç farklı hava sıcaklığında (30, 40 ve 45 °C) 1 m s⁻¹ hava hızı kullanılarak kapalı devre ısı pompalı kurutucuda kurutmuşlardır. Domates dilimlerinin kurutma karakteristiklerini açıklamak için, 10 tane ince tabaka kurutma modeli uygulanmıştır.

Sonuçlara göre, aktivasyon enerjisi 43.12 kJ mol⁻¹ olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi sonunda en yüksek SMER ve performans sabiti sırasıyla 0.324 kg kWh⁻¹ ve 2.71 kg kWh⁻¹ olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmalara alternatif olarak TEYDEB projesi kapsamında kurulan eleme, hava akımı ile ayırma ve kurutma sistemlerinin enerji maliyetleri ve iş kapasitelerinin sonuçları günümüze işık tutması beklenmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası

“Isparta Gülü Ayırma - Sınıflandırma ve Kurutma Sistemlerinin Enerji ve Maliyet Analizi” konulu tez çalışmasının denemeleri Isparta Merkez Yakaören köyünde kurulu bulunan Gülbirlik’e ait Yakaören Gül Yağı Fabrikası’nda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası

Tez çalışmasının materyalini, “Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası’nda” kurulu bulunan ve denemelerin gerçekleştirildiği aşağıdaki sistemler oluşturmaktadır;

1. Eleme sistemi
2. Hava akımı ile ayırma sistemi
3. Isı pompalı kurutma sistemi

Bu sistemler birbirinden bağımsız olarak çalıştırılabilmektedir.

3.1.2. Eleme sistemi

Hasat edilen güllerin, kurutma öncesinde eleme sistemine tabi tutularak aynı çaptaki güllerin kurutulması planlanmıştır. Böylelikle büyük çaptaki güller

kuruyana kadar, küçük çaptaki güllerin aşırı kurutmadan dolayı zarar görmesi engellenmektedir. Diğer bir deyişle eşzamanlı bir kurutma sağlanması amaçlanmıştır. Kurutma sonrası elde edilen ürünlerin kaliteyi artırma açısından daha verimli olacağı düşünülmüştür.

Eleme sistemi, 10, 20 ve 30 mm delik çapına sahip üç elek ve 10 kademeli hız sürücüsüne sahip motor ile oluşturulan titreşim yardımıyla sınıflandırma ve temizleme işlemi yapmaktadır. Eleme sonunda gül çiçekleri, <10 mm (toz ve çiçek parçaları), 10 mm üstü (petal), 20 mm üstü (küçük gül çiçekleri), 30 mm üstü (büyük gül çiçekleri) olmak üzere 4 farklı gruba ayrılmaktadır.

Elenen materyal elekler üzerinden titreşim yardımıyla boşaltma çıkışına yönlendirilmektedir. Eleme sisteminden 10 mm'nin altında büyüklüğe sahip materyal ise alt bölümde yer alan boşaltma kanalından alınmaktadır (Şekil 3.2).

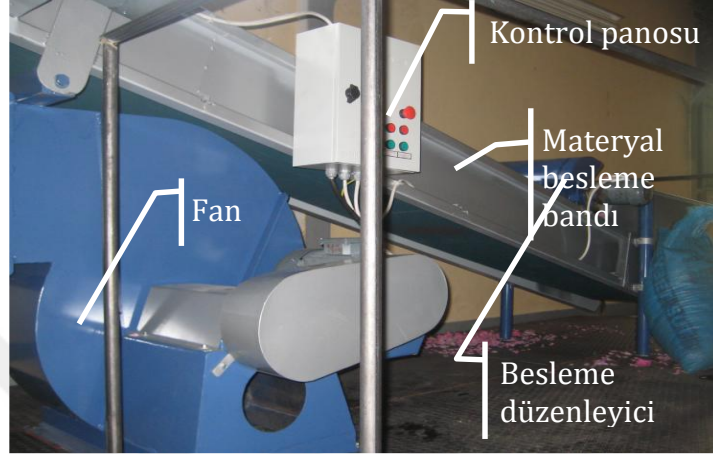


Şekil 3.2. Eleme sistemi

3.1.3. Hava akımı ile ayırma sistemi

Eleme sisteminden geçen aynı çaptaki güllerin kurutma öncesinde sepal, petal ve tam çiçek formlarına ayrılması planlanmıştır. Böylelikle aynı formdaki güller kurutulurken, kurutma sonrası elde edilen ürünlerin kaliteyi artırma açısından daha verimli olacağı düşünülmüştür.

Hava akımı ile ayırma sistemi; materyal besleme bandı (Şekil 3.3), fan ve hava kanalından (Şekil 3.4) oluşmaktadır. Ayrıca, bant sistemi üzerinde materyal düzenleyici bir mekanizma ile fan çıkışında yer alan hava kanalına sürekli ve eşit kalınlıkta materyal besleme yapılmaktadır.



Şekil 3.3. Materyal besleme bandı

Hava kanalının fan çıkışındaki açıklığı kontrol etmek ve hava akımını ayarlamak için bir ayar kolu bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Fan ve hava kanalı başlangıcı

3.1.4. Isı pompalı kurutma sistemi

Gülbirlik Yakaören Gül Yağı Fabrikası'nda Kurulu bulunan ve denemelerin gerçekleştirildiği ısı pompalı kurutma sistemi üç bölümden oluşmaktadır;

1. Kurutma raflarının bulunduğu kurutma kabini (Şekil 3.5)
2. Kurutma havası ısıtma - nem alma düzeneği ve kontrol bölümü (Şekil 3.6)
3. Ek ısı üretme sistemi (Şekil 3.7)

Kurutma kabini 3 ayrı raf bölümünden oluşmaktadır. Her bölümde üst üste yerleştirilen 5 adet (2x1m) 2 m² büyüklüğünde raflar yer almaktadır. Kurutma sisteminin üzerinde 7 ayrı noktadan sıcaklık ve nem kaydı alınabilmekte ve veri kayıt ekranından izlenebilmektedir.



Şekil 3.5. Kurutma raflarının bulunduğu kurutma kabini ve bölümleri



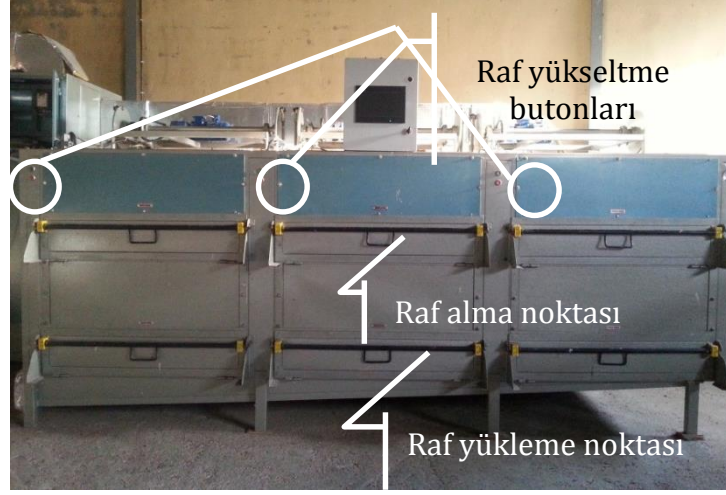
Şekil 3.6. Kurutma havası ısıtma - nem alma düzeneği ve kontrol bölümü



Şekil 3.7. Ek ısı üretme sistemi

Bu sistemde kurutma havası iki şekilde ısıtılmaktadır. Birincisi ısıtma - nem alma cihazının içerisinde bulunan ısı pompası sayesinde kurutma havası maksimum 52°C'ye kadar ısıtılabilir. İkincisi ise kurutma bölmelerinin içerisinde bulunan radyatörler sayesinde bir kat kalorifer kazanı ile sıcak su boru prensibiyle daha yüksek sıcaklıklarda ısıtılabilir.

Kurutma sistemine yaş ürünler dış ortamda raflara döküldükten sonra her kurutma bölümünün alt kısmındaki raf yükleme noktalarından, kurutma bölmesine yüklenmektedir. Her kurutma bölümü üzerinde bulunan kademeli kaldırma mekanizmasıyla alttaki raf bir üste yükseltilerek toplam 5 adet raf üst üste yerleştirilmektedir. Her bölmede bulunan rafı yükselten çalıştırma ve durdurma butonu sayesinde mekanizmaya hareket verilmektedir. Kurduğuna karar verilen en üst bölümde yer alan raftaki ürün (ilk yüklenen), raf alma noktasından alınarak boşaltılır. Mekanizma tekrar çalıştırılarak alttaki raflar birer kademe yükseltilerek, alınan rafın yerine yaş ürün doldurulmuş diğer raf yüklenebilir hale gelmektedir. Bu ürün akışıyla kurutma işleminde kısmi bir süreklilik sağlanmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Raf yükleme - alma noktaları

3.1.4.1. Kurutma sisteminde sıcaklık-nem kontrolü ve ölçüm noktaları

Kurutma makinasının belirli noktalarından alınan sıcaklık ve nem verileri, veri kaydediciler ve PLC programı sayesinde depolanmaktadır. Veriler sıcaklık ve nem kayıt cihazı ekranında izlenebilirken, istenildiğinde de taşınabilir aygıtlara USB üzerinden aktarılabilmektedir.

Dokunmatik kontrol paneli üzerinden kayıt sistemi çalıştırılabilmekte, veri kaydetme sıklığı ayarlanabilmekte ve veri kaydedicilerin anlık ölçümleri izlenebilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Sıcaklık / nem kayıt cihazı

Kayıt sistemi panosu üzerinde bulunan açma kapama düğmesiyle sistem çalıştırılmaktadır. Sistemin çalıştırılması ile birlikte veriler kaydedilmeye

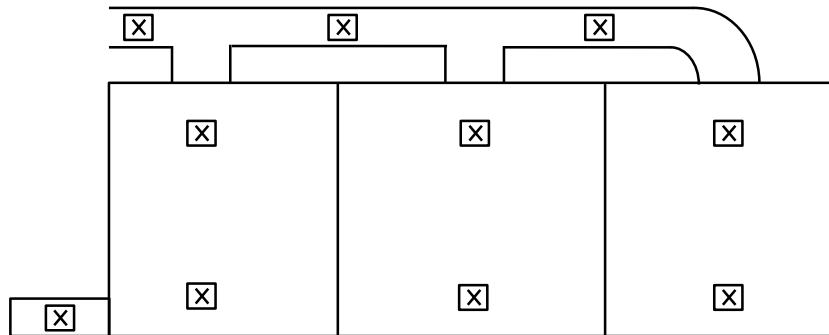
otomatik olarak başlamaktadır. Kayıt sistemine en fazla 16 adet veri kaydedici yerleştirilebilmektedir. Kayıt sistemine her bölmenin alt ve üst (Şekil 3.10) noktalarına konmak üzere toplam 6 adet, hava giriş kanalında ve çıkış kanalında 2 adet, kalan diğer 2 adet veri kaydedicisi de ısı pompası giriş ve çıkış noktalarında olmak üzere 10 noktadan veri akışı olmaktadır.



Şekil 3.10. Kabin içi alt ve üst veri alım noktaları

3.1.4.2. Kurutma sisteminde hava hızı kontrolü ve ölçüm noktaları

Kurutma sistemine giren ve çıkan hava hızlarının belirlenmesi için toplam 10 adet ölçüm noktası bırakılmıştır. Bu ölçüm noktalarının 3 tanesi kurutma havasının bölmelere ilk giriş noktalarında, 3 tanesi kurutma sistemindeki en üst rafların üzerinde, 3 tanesi kurutma sistemindeki en alt rafların altında ve 1 tanesi de nemli havanın çıktığı ana kanal üzerindedir. (Şekil 3.11). Kurutma sisteminde hava hızı ölçüm noktalarına bir örnek Şekil 3.12’de verilmiştir.

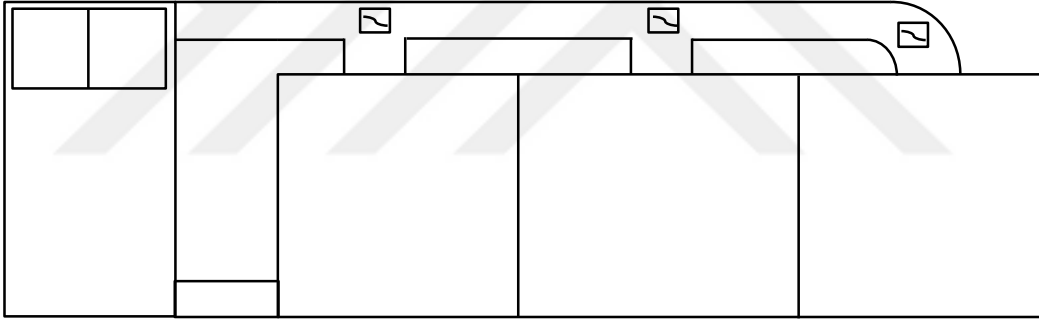


Şekil 3.11. Kurutma sisteminde hava hızı ölçüm noktaları



Şekil 3.12. Kurutma sisteminde hava hızı ölçüm noktalarına bir örnek

Isıtma sisteminden çıkan ve tek kanal üzerinden gelen kurutma havasının bölmelere döndürüldüğü noktalarda bulunan kelebekler sayesinde kurutma hava debisi ayarlanabilmektedir (Şekil 3.13). Hava debisinin ayarlandığı kelebeklerin yerlerine bir örnek Şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Hava debisinin ayar kelebeklerinin yerleri



Şekil 3.14. Hava debisinin ayarlandığı kelebeklerin yerleşimi için bir örnek

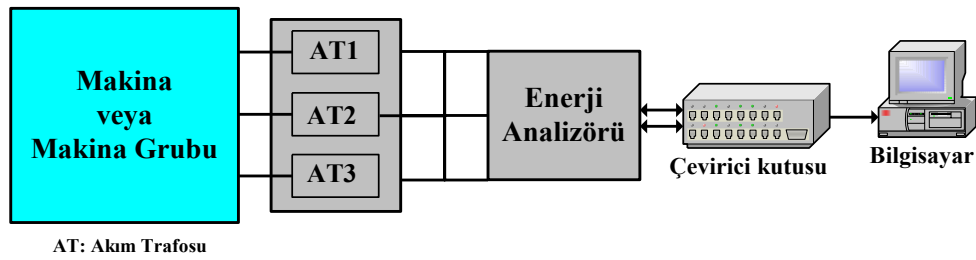
3.1.5. Ölçüm ekipmanları

Isparta gülü ayırma - sınıflandırma ve kurutma sistemleri deneme çalışmalarının yürütülmesi sırasında kullanılmış sistemler ve ekipmanlar aşağıda sıralanmıştır;

1. Elektrik enerjisi izleme sistemi
2. Devir / frekans ölçer
3. Hava hızı ölçer
4. Sıcaklık ve nem ölçerler
5. Nem tayin cihazı

3.1.5.1. Elektrik enerjisi izleme sistemi

“Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi”nde ölçüm yapılacak her bir elektrik motoru ya da motor grubuna ilişkin özellikler, Çizelge 3.1’de verilen 1 adet enerji analizörü ile her enerji analizörü için 3 adet akım trafosu (AT) kullanılmıştır (Şekil 3.15) (Boyar, 2006). “Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi”nde yer alan her enerji analizörü, veri aktarma elemanı seti yardımıyla verilerin kayıt edildiği bilgisayara bağlanmıştır.



Şekil 3.15. “Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi” elemanları ve bağlantı şeması

Enerji analizörleri taşıma ve muhafaza için özel kutulara yerleştirilmiştir (Şekil 3.16).



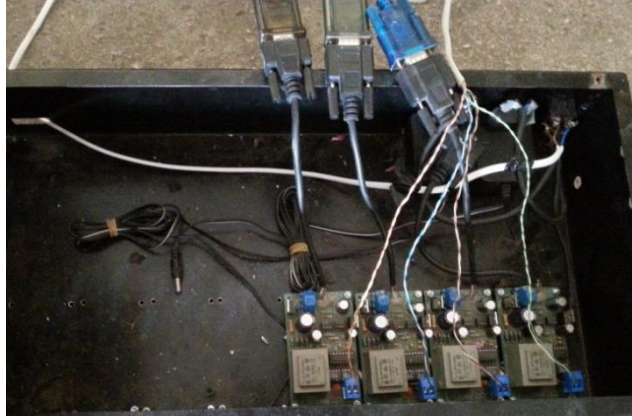
Şekil 3.16. Enerji analizörlerinin özel kutusu içerisinde genel görünümü

“Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi”nde “CASE Pa300” tipi enerji analizörleri kullanılmıştır. Enerji analizörü; her faz için gerilim, akım, güç faktörü, aktif güç, reaktif güç, görünen güç ve üç faz ortalaması olarak toplam aktif, reaktif, görünen güç, frekans ve ortalama güç faktörü değerlerini ölçebilmektedir. Enerji analizörüne ilişkin teknik özellikler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. CASE Pa300 tipi enerji analizörüne ilişkin özellikler

Ölçüm Özellikleri	CASE Pa300			
	Fazlar			Doğruluk
	1	2	3	
Gerilim (V)	+	+	+	% 1±1 basamak
Akım (A)	+	+	+	% 1±2 basamak
Güç faktörü (GF)	+	+	+	
Aktif güç (kW)	+	+	+	% 1.5±1 basamak
Reaktif güç (kVAr)	+	+	+	
Görünen güç (kVA)	+	+	+	
Toplam aktif güç (Σ kWh)		+		
Toplam reaktif indüktif güç (Σ kVAri)		+		
Toplam reaktif kapasitif güç (Σ kVArc)		+		
Toplam görünen güç (Σ kVA)		+		
Frekans (Hz)		+		% 0.1±1 basamak
Ortalama güç faktörü		+		% 1±2 basamak
Görünen güç sayacı (kVAh)				+
Aktif güç sayacı (kWh)				+
Reaktif indüktif güç sayacı (kVArhi)				+
Reaktif kapasitif güç sayacı (kVArc)				+
Çalışma ortam sıcaklığı				-10 - +50 °C
Çalışma ortamı nem oranı				<% 95
Minimum hafıza kayıt aralığı				1 s
Minimum ölçüm aralığı ayarlama				600 ms

Enerji analizörleri ve bilgisayar arasındaki veri iletimini sağlayan RS485/RS232, RS232/seri port, seri port/USB ara elemanlarından oluşmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. "Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi" veri aktarım elemanları

"Elektrik Enerjisi İzleme Sistemi"nin önemli elemanlarından biri veri izleme ve kayıt amacıyla kullanılan bilgisayar ve çeviricilerdir.

Belirlenen aralıklarla bilgisayara kaydedilen veriler özel yazılım programı ile cihazların kurulumu sırasında ve sonrasında ekrandan kontrol edilip izlenebilmektedir. Microsoft Access veri tabanı kullanılarak tüm enerji analizörlerinden gelen veriler ayrı dosyalarda kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca, bilgisayar ekranındaki enerji analizörü program penceresinde bilgisayarın ilgili enerji analizörüyle haberleşme durumu, ölçüm sıklığı, verilerin kayıt edilip edilmediği gibi bilgiler izlenebilmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Verilerin ölçüm sırasında izleme ekranı

3.1.5.2. Devir / frekans ölçer

Devir / frekans ölçüm cihazı, denemelerin gerçekleştirildiği kurutma sisteminin ve hava akımı ile ayırma sisteminin ve elek ile sınıflandırma sisteminin motor devir ölçümlerinde kullanılmıştır (Çizelge 3.2, Şekil 3.19).

Çizelge 3.2. Testo 475 model devir/frekans ölçüm cihazına ilişkin özellikler

Ölçüm Özellikler	Devir / Frekans Ölçüm Cihazı (Testo 475)	
Sensör tipi	Işık sensörlü / mekanik dokunmalı	
Ekran	2 satır 4 basamaklı	
Ölçüm aralığı	Devir	20 ile 20000 rpm
	Frekans	0.167 ile 333 Hz
Işık sensörlü ölçüm aralığı	Devir	100 ile 20000 rpm
	Frekans	1.67 ile 333 Hz
Mekanik dokunmalı ölçüm aralığı	Devir	20 ile 20000 rpm
	Frekans	0.33 ile 333 Hz



Şekil 3.19. Testo 475 devir / frekans ölçüm cihazı

3.1.5.3. Hava hızı ölçüm cihazı

Hava hızı ölçüm cihazı, denemelerin gerçekleştirildiği kurutma sistemi ile hava akımı ile ayırma sistemine ait hava hızlarının ölçümünde kullanılmıştır (Çizelge 3.3, Şekil 3.20).

Çizelge 3.3. Testo 435 model hava hızı ölçüm cihazına ilişkin özellikler

Ölçüm Özellikler	Hava Hızı Ölçüm Cihazı (Testo 435)
Sensör tipi	Pervane
Ölçüm aralığı	0.25 ile 40 m s ⁻¹
Hassasiyet ±1 digit	Prob verilerine bakılmalı
Çözünürlük	0.01 m s ⁻¹ (60 mm) 0.1 m s ⁻¹ (16 mm)
Çalışma sıcaklığı	-20 °C ile +50 °C
Saklama sıcaklığı	-30 °C ile +70 °C
Pil ömrü	200 saat
Ağırlık	428 g
Boyut	220 x 74 x 46 mm



Şekil 3.20. Testo 435 hava hızı ölçüm cihazı

3.1.5.4. Sıcaklık / bağıl nem ölçüm cihazı

Sıcaklık ve nem ölçüm cihazı, kurutma denemelerinin gerçekleştirildiği kabin içi sıcaklık ve bağıl nemin belirlenmesinde kullanılmıştır (Çizelge 3.4, Şekil 3.21).

Çizelge 3.4. Sıcaklık / nem ölçüm cihazlarına ilişkin özellikler

Ölçüm Özellikleri	Sıcaklık / Bağıl Nem Ölçüm Cihazı (HOBO)	
	Değerler	
Ölçüm aralığı	Sıcaklık	-20 °C / 70 °C
	Bağıl Nem	% 25 / % 95
Doğruluk	Sıcaklık	0 °C ile 50 °C arasında ± 0.53
	Bağıl Nem	15 ile 45 °C aralığında % 25'den % 85'e kadar ± 3.5 5 ile 55 °C aralığında % 25'den % 95'e kadar ± 5
Hassasiyet	Sıcaklık	25 °C'de 0.14 °C
	Bağıl Nem	25 °C'de ve % 30 Bağıl Nemde 0.07 %
Tepki süresi	Sıcaklık	10 dk'da % 90
	Bağıl Nem	6 dk'da % 90
Pil ömrü	Kullanımda	1 yıl
Ağırlık		26 g
Bellek		64 Kbayt



Şekil 3.21. Sıcaklık / bağıl nem ölçüm cihazı

Cihaz ile bilgisayar arasında ara yüz programı olarak Hoboware ve BoxCar kullanılmıştır. Aynı zamanda datalogger görevi gören cihaz, bu programlar aracılığıyla önceden bilgisayar üzerinden programlanarak istediğimiz sıklıkta veri almamızı sağlamaktadır.

3.1.5.5. Nem belirleme cihazı

Nem belirleme cihazı, çalışmada deneme materyali olarak kullanılan taze ve kuru formdaki Isparta gül çiçeklerinin denemelerin farklı aşamalarında nem düzeylerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (Çizelge 3.5, Şekil 3.22).

Çizelge 3.5. AND MX-50 model nem belirleme cihazına ilişkin özellikler

Ölçüm Özellikler	AND MX-50
Ölçüm yöntemi	SRA filtreli 400 W halojen lamba ile ısıtma ve SHS teknolojisi ile tartım
Maksimum numune kapasitesi	51
Nem hassasiyeti	% 0.01
Doğruluk	1 gr numunede % 10 5 gr numunede % 0.02
Isıtma teknolojisi	400 W, 5000 saat ömürlü halojen lamba
Sıcaklık aralığı	50-200 °C
Sıcaklık ayar aralığı	1 °C aralıklarla
Program hafızası	20 set
Ölçüm programları	Standart, otomatik, hızlı, timer, manuel
Ölçüm modları	Nem miktarı, kuru madde miktarı, oran, ağırlık
Isıtma modları	Standart, hızlı, basamaklı, ramp
Gösterge	VFD
Veri hafızası	100

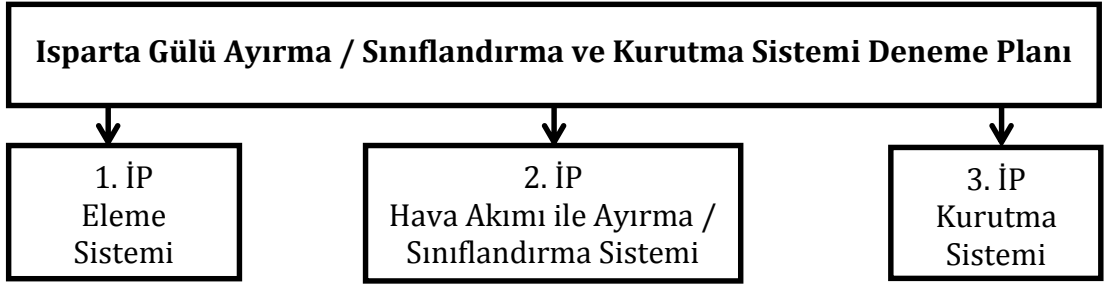
-Hassas terazi!



Şekil 3.22. Nem belirleme cihazı

3.2. Yöntem

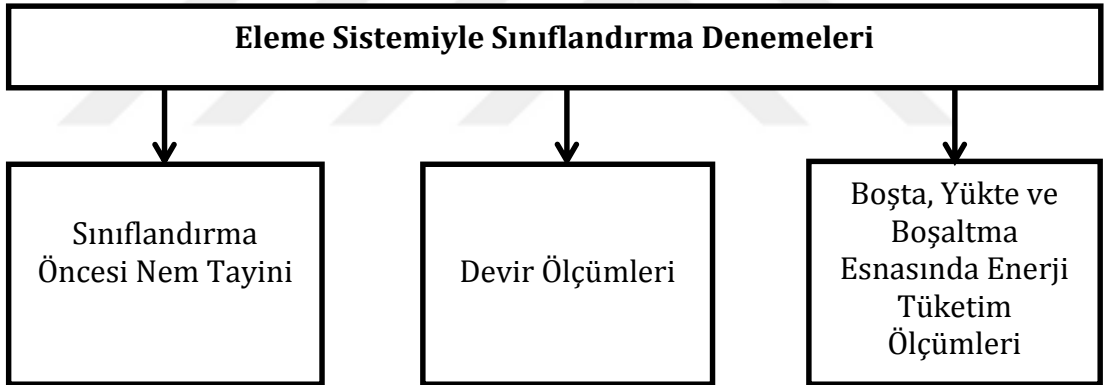
Denemelerin gerçekleştirilmesinde daha önceden planlanan faaliyetler 3 iş paketi altında toplanmıştır. Buna göre öncelikle Isparta gülü çiçekleri eleme sisteminde elenmiş ve 20 ile 30 mm elek üzerinde kalan gül çiçekleri hava akımı ile ayırma sisteminde materyal olarak kullanılmıştır. Kurutma denemeleri için ise günlük gül çiçeği temini ayrıca yapılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Deneme iş paketleri (İP)

3.2.1. Eleme sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi

Eleme sistemi ile sınıflandırma denemelerinde sistemin deneme öncesi boşa ve yükte enerji tüketimi ve devir ölçümleri yapılmıştır. Sistemin ön denemelerinde kademeli olarak elek titreşim düzeyi arttırılmış ve gül çiçeklerinin elekler üzerinde hareket ettiği tek hız kademesi olan 11. kademe denemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.24).



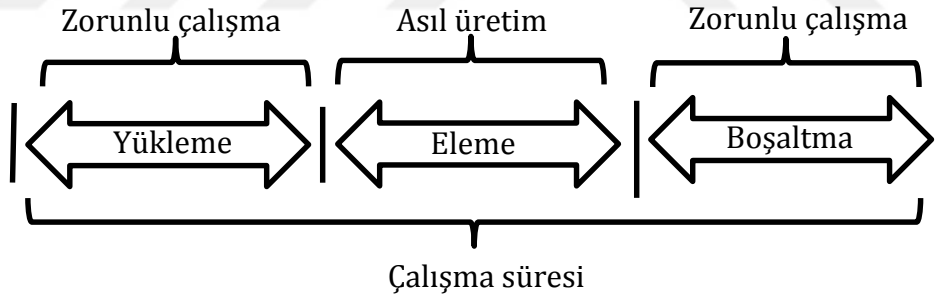
Şekil 3.24. Eleme sistemiyle sınıflandırma denemeleri

Eleme sisteminde ön çalışma sonrasında gerekli ayarlar yapılarak eleme işlemine geçilmiştir. Gül çiçeklerinin çuvaldan elekler üzerine standart bir şekilde beslenmesi yapılarak sistemin çalışma rejimine ulaşması beklenmiştir. Sistem tam kapasitede yüklü duruma gelmesi sonrasında elek çıkışlarına yerleştirilen örnek kapları değiştirilerek eşit sürelerde 5 örnek alınmıştır. Birbirini izleyen tekerrürlere ait örnek kabına dökülen gül çiçeklerinin ağırlıkları tartılarak sistemin iş kapasitesi hesaplanmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Eleme işlemi sonrasında ürün ağırlıklarının tartılması

Eleme sistemi çalışma sistematığı incelendiğinde, eleme ile üretimin gerçekleştirildiği “asıl üretim süresi” dışında ilk gülün yüklenmesinden ürünün elekler üzerinde hareket ederek elek çıkış noktalarından belirli bir akışa ulaşması “ilk yükleme süresi” ve eleme işleminin sonlandırılması için beslemenin bırakılarak elekler üzerindeki ürünün boşaltılması ve eleklerin temizlenmesi “boşaltma süresi” olarak değerlendirilmiş “zorunlu çalışma süreleri”dir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Eleme sistemi çalışma sistematığı

Eleme denemelerinde iki farklı tarihte temin edilen Isparta Gülü kullanılmıştır. Sisteme ait enerji tüketimleri deneme öncesi ve sürecinde 1 s (saniye) aralıklarla sürekli olarak alınmıştır. Kronometre kullanılarak tekerrürler birbirinden ayrılmış ve bilgisayar saati üzerinden enerji tüketimleri boşa, ilk yükleme, asıl üretim ve boşaltma olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ölçülen ve hesaplanan olmak üzere iki grup veri oluşturulmuştur (Çizelge 3.6). İşletmeye getirilen Isparta Gülü çiçeklerinden deneme öncesi alınan örnekler üzerinde nem tayini yapılmıştır.

Çizelge 3.6. Eleme sistemi denemelerinde alınan ölçümler

Ölçüm Zamanı	Ölçülen Veriler			
	Devir Sayısı (min ⁻¹)	Güç Tüketimi (kW)	Süre (s)	Gül Kütlesi (kg)*
Boşta	X	X	-	-
İlk Yükleme	-	X	X	-
Asıl üretim (Eleme)	X	X	X	X
Boşaltma	-	X	X	-
Hesaplanan Veriler				
İş kapasitesi (kg/h)				
Özgül enerji tüketimi (kWh/ton)				
Birim eleme maliyeti (TL/ton)				

*<10 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm elekler üzerinde kalan kütle ölçülmüştür.

Eleme sistemi denemesinde ürün çıkış noktalarına her bir tekerrür için beşer adet örnek kabı hazırlanmış ve 30 s'lik periyotlarda değiştirilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Eleme sisteminde denemenin yapılması ve örnek kapları

Isparta gülü eleme sistemine ait iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi ve birim eleme maliyeti değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Kuzgunkaya, 2006).

$$\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \left(\frac{\text{Elenen Ürün Kütlesi (kg)}}{\text{Eleme Süresi (s)}} \right) * 3600 \quad (3.1)$$

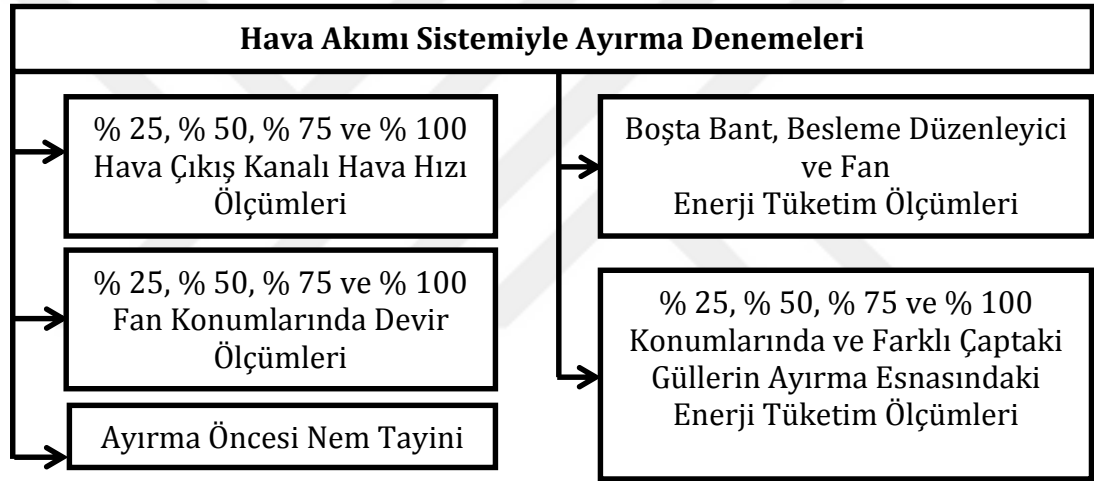
$$\text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{ton}} \right) = \left(\frac{\text{Güç Tüketimi (kW)}}{\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)} \right) * 1000 \quad (3.2)$$

Birim Ayırma Maliyeti $\left(\frac{TL}{ton}\right) =$

$$\text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{kWh}{ton}\right) \times \text{Birim Elektrik Enejisi Fiyatı} \left(\frac{TL}{kWh}\right) \quad (3.3)$$

3.2.2. Hava akımı ile ayırma sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi

Hava akımı ile ayırma denemelerinde sistemin deneme öncesi boшта ve yükte enerji tüketimi, devir ölçümleri ve hava hızı ölçümleri yapılmıştır. Eleme sisteminde sınıflandırılan 20 mm ve 30 mm elek üstü gül çiçekleri hava hızı ölçümlerinde baz alınan % 25, % 50, % 75 ve % 100 fan açıklık konumunda ayırma işlemi yapılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Hava akımı sistemiyle ayırma denemeleri

Yüklü haldeki hava akımı ile ayırma işlemleri esnasında hava çıkışından çıkan güller için doğal kurutmada kullanılan 100x100 mm ölçülerinde (Şekil 3.29) çerçeveli örgü telden imal edilmiş raflar, sistem ölçüm platformunun birer bölmesini oluşturacak şekilde yere döşenmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.29. Hava çıkışına bölmelerin diziliminin üstten görünüşü



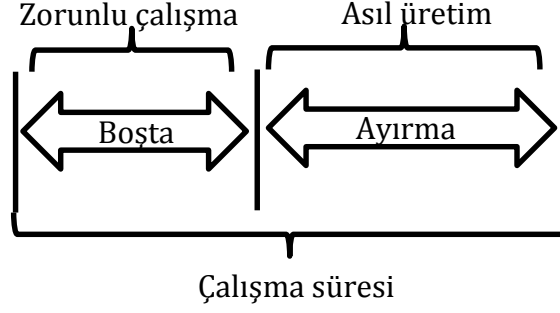
Şekil 3.30. Hava çıkışına bölmelerin dizilimi

Hava akımıyla ayırma sisteminde ön çalışma sonrasında gerekli ayarlar yapılarak ayırma işlemine geçilmiştir. Elek sisteminden alınan gül çiçeklerinin çuvaldan bant üzerine standart bir şekilde beslenmesi yapılarak sistemin çalışma rejimine ulaşması beklenmiştir. Sistem tam kapasitede yüklü duruma gelmesi sonrasında hava akımının çıkışına yerleştirilen örnek raflara ürün akışı sağlanmıştır. Birbirini izleyen tekerrürlere ait örnek raflara dökülen sepal, petal ve açılmış gül ağırlıkları tartılarak sistemin iş kapasitesi hesaplanmıştır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Hava akımı ile ayrılmış gül

Hava ile ayırma sistemi çalışma sistematığı incelendiğinde ayırma ile üretimin gerçekleştirildiği “asıl üretim süresi” dışında ilk gülün yüklenmesinden ürünün bant üzerinde hareket ederek fan çıkış noktasına ulaşması “boşta” olarak değerlendirilmiş “zorunlu çalışma süreleri”dir. Bu zorunlu çalışma sürelerinin önemsenmeyecek kadar kısa olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Hava ile ayırma sistemi çalışma sistematığı

Hava ile ayırma denemelerinde eleme sisteminden çıkan 20 mm ve 30 mm ebadında Isparta Gülü kullanılmıştır. Sisteme ait enerji tüketimleri deneme öncesi ve deneme sürecinde 1 s aralıklarla sürekli olarak kaydedilmiştir. Fanın % 25, % 50, % 75 ve % 100 açıklık konumlarında iken enerji tüketimleri boşta ve asıl üretim olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Fanın açıklık konumu % 25, % 50 ve % 75 ayarlanmış durumda iken elek sisteminde ayrılan 20 mm çaptaki ortalama % 69.60 ve % 74.99 oranında nemli gül ve fanın % 100 açık konumdayken 30 mm çaptaki ortalama % 69.60 ve % 74.99 oranında nemli gül hava akımı ile ayırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen ve hesaplanan olmak üzere iki grup veri oluşturulmuştur (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Hava akımı sistemi denemelerinde ölçüm ve hesaplamalar

Ölçüm Zamanı	Ölçülen Veriler				
	Devir Sayısı (min ⁻¹)	Hava Hızı (m s ⁻¹)	Güç Tüketimi (kW)	Süre (s)	Gül Kütlesi (kg)*
Boşta	X	X	X	-	-
Asıl üretim (Ayırma)	X	-	X	-	X
Hesaplanan veriler					
İş kapasitesi (kg h ⁻¹)					
Özgül enerji tüketimi (kWh ton ⁻¹)					
Birim eleme maliyeti (TL ton ⁻¹)					

*Sepal, petal ve açılmış gül kütlesi ölçülmüştür.

Isparta gülü hava ile ayırma sistemine ait iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi ve birim eleme maliyeti değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Kuzgunkaya, 2006; Ersöz ve Doğan, 2009).

$$\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \left(\frac{\text{Ayrılan Ürün Kütlesi (kg)}}{\text{Ayrırma Süresi (s)}} \right) * 3600 \quad (3.4)$$

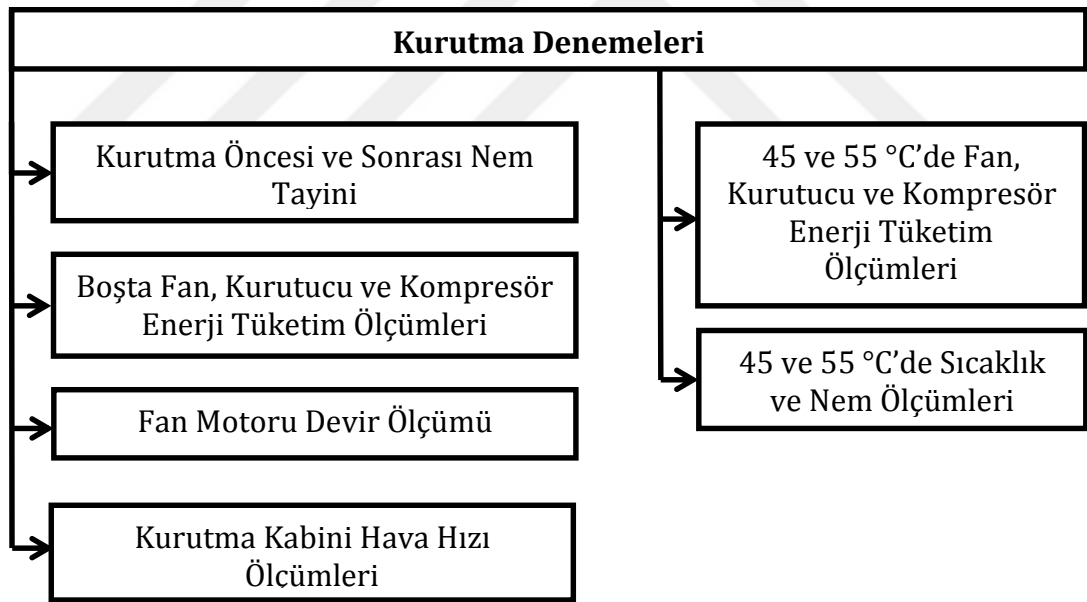
$$\text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{ton}} \right) = \left(\frac{\text{Güç Tüketimi (kW)}}{\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)} \right) * 1000 \quad (3.5)$$

$$\text{Birim Ayrırma Maliyeti} \left(\frac{\text{TL}}{\text{ton}} \right) =$$

$$\text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{ton}} \right) \times \text{Birim Elektrik Enejisi Fiyatı} \left(\frac{\text{TL}}{\text{kWh}} \right) \quad (3.6)$$

3.2.3. Kurutma sistemi denemelerinin gerçekleştirilmesi

Kurutma sistemi denemelerinde sistemin deneme öncesi boşa ve yükte enerji tüketimi, hava hızı, nem, sıcaklık ve devir ölçümleri yapılmıştır. Sistemin ön denemelerinde 45 ve 55 °C'de denemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Kurutma denemeleri

Kurutma sisteminde ön çalışma sonrasında gerekli ayarlar yapılarak kurutma işlemine geçilmiştir. Kabin içi sıcaklık istenilen değere geldikten sonra her rafa 2'şer kg ağırlığında gül konulmuş ve raflar içerisine eşit oranda dağıtılmıştır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Kurutmaya hazırlanan gül ürünü

Kurutma denemelerinde iki farklı tarihte temin edinilen Isparta Gülü kullanılmıştır. Sisteme ait enerji tüketimleri deneme öncesi ve sürecinde 1 s aralıklarla sürekli olarak alınmıştır. Enerji tüketimleri boşa ve asıl üretim olmak üzere ayrı ayrı belirlenmiştir. Ölçülen ve hesaplanan olmak üzere iki grup veri oluşturulmuştur (Çizelge 3.8). İşletmeye getirilen Isparta Gülü çiçeklerinden deneme öncesi ve sonrası alınan örneklerin nem tayini de yapılmıştır.

Çizelge 3.8. Kurutma sistemi denemelerinde ölçüm ve hesaplamalar

Ölçülen Veriler							
Ölçüm Zamanı	Devir Sayısı (min ⁻¹)	Hava Hızı (m s ⁻¹)	Nem Ölçümü *	Sıcaklık (°C)	Güç Tüketimi (kW)	Süre (s)	Gül Miktarı (kg)
Boşa	X	X	-	X	X	X	-
(Asıl üretim) Kurutma	X	-	X	X	X	X	X
Hesaplanan Veriler							
İş kapasitesi (kg h ⁻¹)							
Özgül enerji tüketimi (kWh kg ⁻¹)							
Birim eleme maliyeti (TL kg ⁻¹)							
SMER (kg kWh ⁻¹)							
MER (kg h ⁻¹)							
SEC (kWh kg ⁻¹)							

*Yaş ve kuru gül nem miktarları ölçülmüştür.

45 °C'de gül kurutulduktan sonra 55 °C kurutma işlemi için, ısıtma sistemine ek olarak kalorifer kullanılmıştır. Kaloriferde yakmak için Çizelge 3.9'da özellikleri verilen bir çuval kömür kullanılmıştır.

Çizelge 3.9. Kömür özellikleri

Özellikler	Değerler
Toplam nem	Maksimum %10
Uçucu madde	%12-28
Toplam kül	Maksimum %14
Kükürt	Maksimum %0.9
Şişme indeksi	Maksimum %1
Alt ısı değer	6200 kCal kg ⁻¹
Üst ısı değer	7200 kCal kg ⁻¹

Isparta gülü kurutma sistemine ait iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi, birim eleme maliyeti, spesifik nem çekme oranı, nem çekme oranı ve spesifik enerji tüketimi değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Kuzgunkaya, 2006).

$$\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \left(\frac{\text{Kuru Gül Kütlesi (kg)}}{\text{Kurutma Süresi (h)}} \right) \quad (3.7)$$

$$\text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right) = \left(\frac{\text{Güç Tüketimi (kW)}}{\text{İş Kapasitesi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right)} \right) \quad (3.8)$$

$$\text{Birim Kurutma Maliyeti} \left(\frac{\text{TL}}{\text{kg}} \right) = \text{Özgül Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right) \times \text{Birim Elektrik Enejisi Fiyatı} \left(\frac{\text{TL}}{\text{kWh}} \right) \quad (3.9)$$

$$\text{SMER} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right) = \left(\frac{\text{Kurutma Sırasında Çekilen Su Kütlesi (kg)}}{\text{Kurutma İçin Harcanan Toplam Enerji (kWh)}} \right) \quad (3.10)$$

$$\text{MER} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = \left(\frac{\text{Kurutma Sırasında Çekilen Su Kütlesi (kg)}}{\text{Kurutma Süresi (h)}} \right) \quad (3.11)$$

$$\text{SEC} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \right) = \left(\frac{\text{Kurutma İçin Harcanan Toplam Enerji (kWh)}}{\text{Kurutma Sırasında Çekilen Su Kütlesi (kg)}} \right) \quad (3.12)$$

3.2.4. Elektrik enerjisi izleme sisteminin kurulması

Elektrik enerjisi izleme sistemi, elek ile sınıflandırma sistemi, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sistemi için ayrı ayrı kurulmuştur.

Enerji izleme sistemi ile izlenen elektrik motorları ve ait oldukları sistemler ile elektrik motor etiket bilgileri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.10); (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.10. Akım trafosu bağlanan motorların etiket bilgileri

Sistem	Motorlar	Gerilim (V)	Frekans (Hz)	Akım (A)	Güç (kW)	Güç Faktörü (Cosφ)
Elek ile Sınıflandırma Sistemi	Eleme Motoru	Δ 220 Y 380	----- 50	12 6.9	----- 3	----- 0.84
	Fan Motoru	Δ 380 Y -----	50 -----	8.6 -----	4 -----	0.83 -----
Hava Akımı ile Ayırma Sistemi	Besleme Düzenleyici Motoru	Δ ----- Y 500	----- 50	----- 0.46	----- 0.18	----- 0.75
	Bant Motoru	Δ 220 Y 380	----- 50	4.7 2.7	----- 1.1	----- 0.80
Isı Pompalı Kurutma Sistemi	Kurutma Fan Motoru	Δ 220 Y 380	----- 50	6.2 3.6	----- 1.5	----- 0.80
	Kompresör Motoru	Δ 220 Y 380	----- 50	3.63 2.10	----- 0.75	----- 0.76

Çizelge 3.11. Motorlara bağlanan akım trafoları

	Akım Trafosu	
	30/5	50/5
Eleme sistemi	X	
Hava ile ayırma sistemi	X	
Isı pompalı kurutma sistemi	Kompresör	X
	Fan Motoru	X
Isıtma sistemi		X

Çevrim oranları, 30/5 akım trafolarında 3000, 50/5 akım trafolarında ise 5000'e ayarlanıp sistemlerin R, S ve T fazlarına bağlanmıştır (Şekil 3.35).



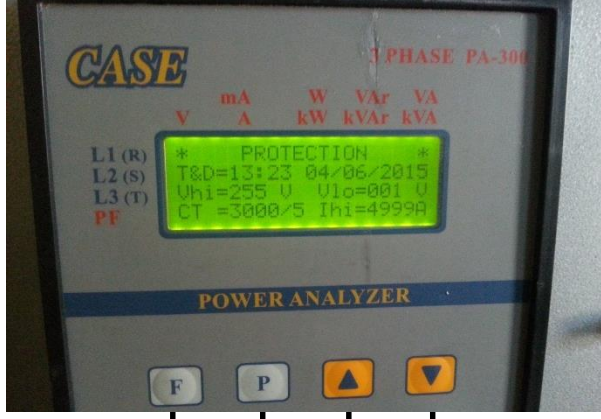
Şekil 3.35. Sistemlerin akım trafosu bağlantısı

Her bir akım trafosundan çıkan 2 adet kablo enerji analizörünün 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu girişlerine bağlanmıştır. Bu girişler akım girişi ve akım çıkışı olarak isimlendirilmektedir. 1, 2 ve 3 nolu girişler R, S ve T girişleri olup panoda bağlı olan kontaktör üzerindeki R, S ve T uçlarından paralel kablo bağlantısı çekerek enerji analizörünün 1, 2 ve 3 nolu girişlerine bağlanmıştır. Enerji analizörünün 4 nolu girişine ise panodan paralel alınan nötr kablo bağlantısı yapılmıştır. 11 ve 12 nolu girişler enerji analizörünün çalışması için ihtiyaç olan besleme uçlarıdır. Bu uçlardan 11 nolu girişe besleme nötürü, 12 nolu girişe ise besleme fazı bağlanmıştır. Bilgisayara veri transferi için kullanılan, çevirici setin bağlantısı ise 19 ve 20 nolu girişlere yapılmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Enerji analizörü bağlantıları

Çeviriciden alınan RS 232 çıkışı USB çevirici kullanılarak bilgisayar bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Bilgisayara bağlanan enerji izleme sisteminin akım trafosu üzerinde ayarlamalar (Şekil 3.37, Şekil 3.38) ve bilgisayar arayüz programında COM ayarı, veri alma sıklığı ve kayıt yeri ayarlamaları yapıldıktan sonra her bir deneme için ayrı ayrı enerji tüketim verileri kayıt altına alınmıştır.



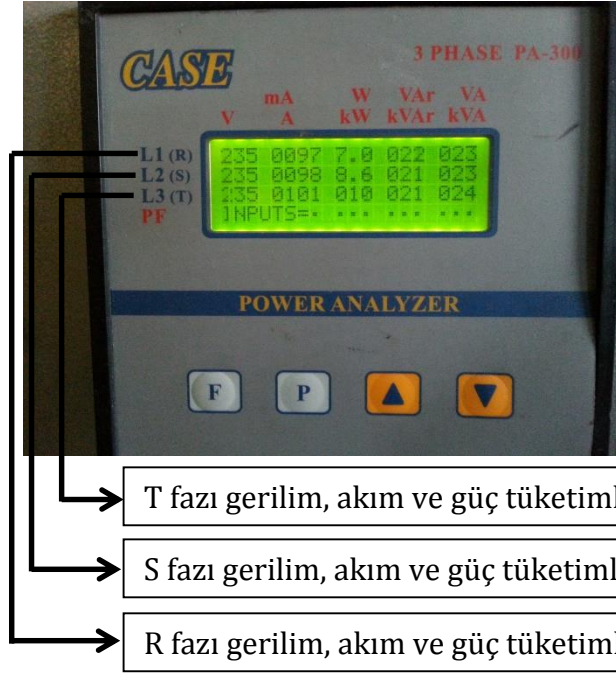
Ayarlarda azaltım ve sayaç ayarlarında hanelerin seçimi için kullanılır.

Ana menünün alt satır değişimi ve ayarlarda arttırım için kullanılır.

Ayar menüsü, alarm gecikmeleri ve sayaçların ayar menüleri izlenmesi için kullanılır.

Ana menünün, toplam güçlerin ve sayaçların izlenmesi için kullanılır.

Şekil 3.37. Enerji analizörü butonlarına ait kontrollere



T fazı gerilim, akım ve güç tüketimleri

S fazı gerilim, akım ve güç tüketimleri

R fazı gerilim, akım ve güç tüketimleri

Şekil 3.38. Enerji analizörü ekran açıklamaları

3.2.5. Motor devir sayısı ölçümünün gerçekleştirilmesi

Motor devir sayısı ölçümü, elek ile sınıflandırma sistemi, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sistemine ait motorların her biri “Testo 475” cihazı kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Motor devir sayısı ölçüm noktaları

	Elek ile Sınıflandırma Sistemi	Hava Akımı ile Ayırma Sistemi	Isı Pompalı Kurutma Sistemi
Titreşim Motoru	X		
Fan Motoru		X	X
Besleme Düzenleyici		X	
Bant Motoru		X	

Elek sisteminin titreşimi üç fazlı asenkron motor ile gerçekleştirilmiştir. Bu motorun hızı arttıkça doğrusal olarak elek sisteminin de titreşim hızı artmaktadır. Bu artış sistem panosunun üzerinde bulunan 11 kademeli ayar konsolu ile gerçekleştirilmiştir.

Ön denemeler sonucunda en üst kademe olan 11. kademede, titreşimin daha fazla olmasından dolayı zorunlu çalışma süresi (ilk yükleme) kısa sürerek asıl üretim olan eleme işlemine geçildiğinden ve asıl üretim esnasında ürün akışının daha fazla olmasından dolayı sadece bu kademede flaşörlü ölçüm aparatı yardımıyla devir sayısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Elek sistemi titreşim motoru devir sayısının ölçümü

Hava akımı ile ayırma sisteminde bant sistemi, besleme düzenleyici ve fan motorunun devir sayısı ölçülmüştür.

Bant sistemini ve besleme düzenleyicisini çalıştıran motorun kademesi olmadığından her koşulda aynı devirde dönmektedir. Bu motorların devir sayısı ölçümü devir ölçer cihazına flaşörlü ölçüm aparatı takılarak yapılmıştır (Şekil 3.40).



Şekil 3.40. Bant motoru devir sayısının ölçümü

Hava akımını oluşturan fana ait motorun farklı hız kademeleri olduğundan dolayı kendi belirlediğimiz kademelerde ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler % 25, % 50, % 75 ve % 100 açıkken gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümleri gerçekleştirirken devir sayısı ölçüm cihazının ucuna mekanik temaslı ölçüm aparatı takılarak ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Hava akımı ile ayırma sistemi fan motoru devir sayısının ölçümü

Kurutma sisteminde bulunan fan motorunun kontrol edildiği kademe konsolu bulunmaktadır. Bu konsol 10 ayrı kademededen oluşmaktadır. Her çift (2, 4, 6 ve 8) kademe motorun devir sayısı ölçümü flaşör aparatı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.42).

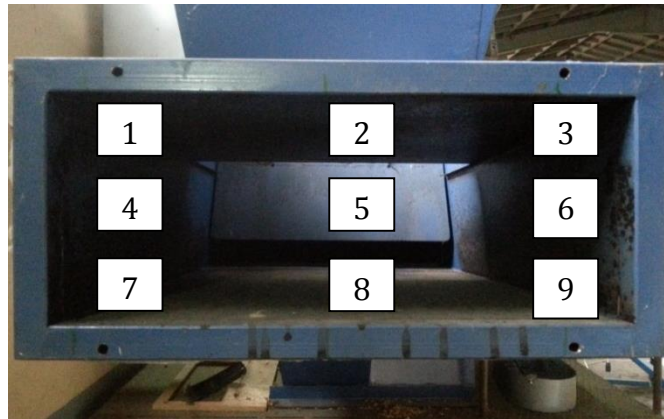


Şekil 3.42. Kurutma sistemi fan motoru devir sayısının ölçümü

3.2.6. Hava hızı ölçümünün gerçekleştirilmesi

Hava hızı ölçümü, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sistemine ait ölçüm noktalarında “Testo 435” cihazı ile yapılmıştır.

Hava akımı ile ayırma sisteminde hava hızı ölçümleri hava çıkış noktası üzerinden 9 ayrı nokta belirlenmiş olup bu noktalar üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.43).



Şekil 3.43. Hava hızı ölçüm noktaları

Hava motoru kademeli olduğundan % 25, % 50, % 75 ve % 100 kademeleri için ayrı ayrı ölçümler $m s^{-1}$ olarak yapılmış ve bu ölçümler her biri ayrı ayrı kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Hava hızı ölçümü

Birbirinden bağımsız 3 kabinden oluşturulmuş kurutma sisteminin her bir kabin için kabin girişinde ve çıkışında hava hızı ölçüm yerleri bulunmaktadır. Bu hava hızı ölçüm yerlerinden kurutma havasının hava hızı ölçümleri yapılmış olup, kayıtlar $m s^{-1}$ cinsinden kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.45).



Şekil 3.45. Kurutma kabini hava hızı ölçümleri

3.2.7. Sıcaklık / nem ölçümünün gerçekleştirilmesi

Kurutma sıcaklığı ve nemi ölçebilmek için iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sisteme entegre edilmiş olan PLC üzerinden kayıt alan

sensörler diğeri ise dışarıdan yerleştirilmiş olan “Sıcaklık ve nem” sensörleridir. (Şekil 3.46) .



Şekil 3.46. Sıcaklık/ nem ölçüm cihazları (HOBO / entegre edilmiş sensör)

Sıcaklık / nem ölçüm cihazları kurutma işlemine başlamadan önce bilgisayar üzerinden “Box Car” arayüz programı ile hangi verileri alacağı (nem, sıcaklık, vb) ve hangi sıklıkla veri alacağına dair kurulma işlemi yapılmıştır. Kurulan cihazlar kurutma kabini içinde raf bölmelerinin üst ve altına monte edilmiştir.

Hoboların iki farklı noktaya yerleştirilmesinin amacı, üst taraftan giren kurutma havasının alt taraftan çıkarken sıcaklık ve nem değişimini alabilmektir.

3.2.8. Ürün nem tayinlerinin gerçekleştirilmesi

Isparta Gülü örneklerinin nem tayini, eleme ile sınıflandırma, hava akımı ile ayırma ve ısı pompalı kurutma sistemi denemelerinden “AND MX-50” nem tayin cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13. Ürün nem düzeylerinin belirlenmesi

	Elek ile Sınıflandırma Öncesi	Hava akımı ile Ayırma Öncesi	Kurutma Öncesi ve Sonrası
Nem Tayini	X	X	X

Eleme sistemi ve hava akımı ile ayırma sisteminin denemelerinde kullanılan güller aynı olduğundan dolayı tek seferde nem tayin ölçümleri yapılmıştır. Isı pompalı kurutma sistemi denemelerinde ise farklı güller kullanılmasından dolayı iki ayrı sistem için farklı gl yığını içinden alınan güllerin 100 °C'de nem tayinleri yapılmıştır (şekil 3.47).



şekil 3.47. Eleme ile ayırma öncesi nem tayini

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Elek İle Sınıflandırma Sistemi

Eleme yolu ile sınıflandırma sisteminde yapılan ölçümler sonucunda nem analiz ölçümleri, motor devir sayısı ölçümleri, enerji ölçümleri ve sınıflandırma sonrası ağırlıklara ait veriler ortaya konulmuştur.

4.1.1. Sınıflandırma öncesi nem tayin ölçüm değerleri

Eleme işleminden önce iki farklı zamanda toplanan güllerin "AND MX-50" cihazı ile nem analizleri yapılmış ve verileri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı zamanda toplanan güllere ait nem ölçüm değerleri

	I. Deneme	II. Deneme
	Yaş Baz	Yaş Baz
	(%)	(%)
Ortalama	74.99	69.60
Std. Sapma	0.46	2.21
Maksimum	75.32	72.13
Minimum	74.47	68.06

Nem analiz ölçümleri sonucunda farklı zamanda toplanan iki grup gülden birincisinin ortalama % 74.99, diğerinin ise % 69.60 oranında neme sahip olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Motor devir sayısı ölçüm değerleri

Titreşim hareketi veren motorun sıfır (0) kademesinde motorun dönmediği ve eleme işleminin gerçekleşmediği görülmüştür. Bundan dolayı eleme işlemi 11. kademe gerçekleştirilmiş olduğundan motor devir sayısı ölçümü bu kademe gerçekleştirilmiş ve 992 d/d ölçülmüştür.

4.1.3. Elek ile sınıflandırma sisteminin güç tüketim değerleri

Titreşim hareketi veren motor 11. kademedeki çalışırken elektrik enerjisi izleme sisteminden alınmış olan veriler; elek ile sınıflandırma sistemi boşta çalışırkenki veriler (Çizelge 4.2), ortalama % 74.99 ve % 69.60 nemli gülü eleme esnasında (Çizelge 4.3) ve boşaltma esnasında ki (Çizelge 4.4) veriler alınmıştır.

Çizelge 4.2. Elek sistemi boşta iken güç tüketimleri

Boşta Çalışırken				
	Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Ortalama	411.93	0.46	0.61	0.21
Std. Sap.	0.754	0.010	0.128	0.017
Maksimum	412.81	0.51	0.77	0.25
Minimum	411.07	0.45	0.22	0.18

Çizelge 4.3’de ki veriler elek sisteminin boşta çalışırken fazlara düşen gerilim, fazların çekmiş olduğu akım, güç faktörleri ve güç verileridir. Sistem boşta çalışırken anlık harcadığı ortalama enerji 0.21 kWh olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Elek sistemi yükte iken güç tüketimleri

Yükte Çalışırken					
		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	412.68	0.47	0.59	0.21
	Std. Sap.	0.410	0.008	0.130	0.019
	Maksimum	412.81	0.49	0.76	0.26
	Minimum	411.07	0.46	0.22	0.17
% 69.60 nemli gül	Ortalama	412.59	0.47	0.61	0.21
	Std. Sap.	0.488	0.006	0.088	0.012
	Maksimum	412.81	0.49	0.75	0.25
	Minimum	411.07	0.46	0.22	0.17

% 74.99 nemli gülü ayırma esnasında sistemin anlık harcadığı ortalama enerji 0.21 kWh, % 69.60 iken, nemli gülü ayırma sırasında sistemin anlık harcadığı ortalama enerji ise 0.21 kWh olarak bulunmuştur. Eleme işlemi esnasında gülün

sisteme karşı bir zorlaması olmadığından dolayı nem hangi oranda olursa olsun enerji tüketimi açısından herhangi bir fark oluşturmadığı görülmüştür.

Sistemde 4 elekten biri bittikten sonra sistem içerisindeki diğer üç elekte kalan gül boşaltılıncaya kadar harcanan enerji ölçülmüştür (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Elek sistemi boşaltmada güç tüketimleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	410.96	0.46	0.64	0.21
	Std. Sap.	0.331	0.014	0.039	0.015
% 69.60 nemli gül	Maksimum	411.07	0.56	0.76	0.26
	Minimum	409.34	0.45	0.50	0.16
% 74.99 nemli gül	Ortalama	410.51	0.51	0.65	0.21
	Std. Sap.	0.540	0.011	0.054	0.019
% 69.60 nemli gül	Maksimum	411.07	0.54	0.77	0.26
	Minimum	409.34	0.49	0.60	0.19

% 74.99 nemli gülü sistemden boşaltma esnasında sistemin anlık harcadığı ortalama enerji 0.21 kWh, % 69.60 nemli gülü sistemden boşaltma esnasında sistemin harcadığı ortalama enerji 0.21 kWh olarak bulunmuştur.

4.1.4. Elek ile sınıflandırma sonrası ağırlık ölçüm değerleri

Eleme işlemi gerçekleştirildikten sonra kolilerin darası alınarak ortalama % 74.99 (Çizelge 4.5) ve % 69.60 (Çizelge 4.6) neme sahip güllerin ağırlıkları ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. % 74.99 nemli gülün sınıflandırma sonrası elek üstü ağırlıkları

Tekerrürler	Elekler Üzerinde Kalan Ürün Miktarı (g)				Toplam
	30 mm	20 mm	10 mm	<10 mm	
1	884	759	780	132	2555
2	973	1329	748	122	3172
3	915	1784	785	116	3600
4	829	1769	778	90	3466
5	967	1137	732	72	2908
Ortalama	913.60	1355.60	764.60	106.40	
Toplam	4568	6778	3823	532	

Çizelge 4.6. % 69.60 nemli gülün sınıflandırma sonrası elek üstü ağırlıkları

Tekerrürler	Elekler Üzerinde Kalan Ürün Miktarı (g)				
	30 mm	20 mm	10 mm	<10 mm	Toplam
1	208	2198	543	150	3099
2	424	2285	736	132	3577
3	688	1695	690	164	3237
4	505	1726	518	107	2856
5	235	1814	526	135	2710
Ortalama	412.00	1943.60	602.60	137.60	
Toplam	2060	9718	3013	688	

Ortalama % 74.99 nemli gül 30 saniyelik 5 tekerrür halinde eleme işlemine tabi tutulduktan sonra ki ortalama ağırlıkları 30 mm elek için 913.60 g, 20 mm elek için 1355.60 g, 10 mm elek için 764.60 g ve <10 mm elek için 106.40 g olarak ölçülmüştür.

Ortalama % 69.60 nemli gül ise ortalama ağırlıkları 30 mm elek için 412 g, 20 mm elek için 1943.60 g, 10 mm elek için 602.60 g ve <10 mm elek için 137.60 g olarak ölçülmüştür. Eleme sistemine gelen güller eleme öncesi bir işleme tabi tutulmadığı, farklı zamanda, farklı tarladan toplanması ve nem oranlarının farkından dolayı tekerrür sonuçları farklı ölçülmüştür.

4.2. Hava Akımı İle Ayırma Sistemi

Hava akımı ile ayırma sisteminde yapılan ölçümler sonucunda nem analiz ölçümleri, hava hızı ölçümleri, motor devir sayısı ölçümleri, enerji ölçümleri ve ayırma sonrası ağırlıklara ait veriler ortaya konulmuştur.

4.2.1. Hava hızı ölçüm değerleri

Ayırma işlemlerini gerçekleştiren havanın % 25 (Çizelge 4.7), % 50 (Çizelge 4.8), % 75 (Çizelge 4.9) ve % 100 (Çizelge 4.10) açıklık konumuna göre hava hızı değerleri ölçülmüştür.

Çizelge 4.7. % 25 açık konumdaki hava hızı değerleri

	1. Nokta (m s ⁻¹)	2. Nokta (m s ⁻¹)	3. Nokta (m s ⁻¹)	4. Nokta (m s ⁻¹)	5. Nokta (m s ⁻¹)	6. Nokta (m s ⁻¹)	7. Nokta (m s ⁻¹)	8. Nokta (m s ⁻¹)	9. Nokta (m s ⁻¹)
Ortalama	4.5	2.6	9.0	6.5	4.8	9.8	10.3	8.4	8.8
Std. Sapma	0.6	0.3	0.7	1.1	0.7	0.6	0.7	1.2	0.6
Maksimum	5.5	3.1	10.0	7.7	6.4	11.2	11.2	10.2	9.6
Minimum	3.6	2.0	8.0	4.1	3.9	9.1	8.7	7.1	7.8

Çizelge 4.8. % 50 açık konumdaki hava hızı değerleri

	1. Nokta (m s ⁻¹)	2. Nokta (m s ⁻¹)	3. Nokta (m s ⁻¹)	4. Nokta (m s ⁻¹)	5. Nokta (m s ⁻¹)	6. Nokta (m s ⁻¹)	7. Nokta (m s ⁻¹)	8. Nokta (m s ⁻¹)	9. Nokta (m s ⁻¹)
Ortalama	5.5	2.0	13.3	10.2	6.4	14.0	16.6	13.5	17.2
Std. Sapma	0.6	0.6	2.7	0.8	1.0	1.1	1.2	0.8	1.2
Maksimum	6.2	3.2	17.2	11.8	8.1	15.5	17.8	14.6	19.2
Minimum	4.6	1.1	8.4	9.3	5.0	12.2	14.2	12.2	15.6

Çizelge 4.9. % 75 açık konumdaki hava hızı değerleri

	1. Nokta (m s ⁻¹)	2. Nokta (m s ⁻¹)	3. Nokta (m s ⁻¹)	4. Nokta (m s ⁻¹)	5. Nokta (m s ⁻¹)	6. Nokta (m s ⁻¹)	7. Nokta (m s ⁻¹)	8. Nokta (m s ⁻¹)	9. Nokta (m s ⁻¹)
Ortalama	9.3	1.4	9.5	18.9	8.5	16.0	28.5	22.6	28.4
Std. Sapma	0.9	0.5	1.4	0.8	1.8	1.2	1.3	2.3	1.3
Maksimum	10.5	2.2	11.4	19.8	11.2	17.6	30.2	25.6	29.9
Minimum	7.5	0.7	6.8	17.6	6.2	14.5	26.1	18.2	25.3

Çizelge 4.10. % 100 açık konumdaki hava hızı değerleri

	1. Nokta (m s ⁻¹)	2. Nokta (m s ⁻¹)	3. Nokta (m s ⁻¹)	4. Nokta (m s ⁻¹)	5. Nokta (m s ⁻¹)	6. Nokta (m s ⁻¹)	7. Nokta (m s ⁻¹)	8. Nokta (m s ⁻¹)	9. Nokta (m s ⁻¹)
Ortalama	8.6	1.9	8.6	21.3	10.5	18.3	36.1	28.1	30.5
Std. Sapma	0.7	0.8	0.6	1.4	1.3	1.2	1.1	3.6	1.3
Maksimum	9.9	3.2	9.7	23.5	12.0	19.5	37.7	31.2	33.1
Minimum	7.6	0.9	7.8	19.3	7.6	16.4	34.4	18.6	28.7

Çizelgelerde görülen % 25, % 50, % 75 ve % 100 açıklık konumlarındaki ortalama hava hızı ölçümleri 10'ar tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir.

Fanın % 100 açık konumdan % 25 açık konuma gelinceye kadar hava hızının doğru orantılı olarak düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Hava hızı değerleri

Ölçüm noktası	% 100	% 75	% 50	% 25	Ortalama	Std. Sapma
1	8.6	9.3	5.5	4.5	6.98	2.33
2	1.9	1.4	2.0	2.6	1.98	0.49
3	8.6	9.5	13.3	9.0	10.10	2.16
4	21.3	18.9	10.2	6.5	14.23	7.02
5	10.5	8.5	6.4	4.8	7.55	2.48
6	18.3	16.0	14.0	9.8	14.53	3.61
7	36.1	28.5	16.6	10.3	22.88	11.61
8	28.1	22.6	13.5	8.4	18.15	8.86
9	30.5	28.4	17.2	8.8	21.23	10.13
Ortalama	18.21	15.90	10.97	7.19		
Std. Sapma	11.67	9.48	5.28	2.70		
Maksimum	36.10	28.50	17.20	10.30		
Minimum	1.90	1.40	2.00	2.60		

4.2.2. Motor devir sayısı ölçüm değerleri

Hava akımı ile ayırma sisteminde bant motorunun, besleme düzenleyici motorunun ve fan motorunun devir sayısı ölçümleri elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Bant, besleme düzenleyici ve fan motorunun devir sayıları

Devir Sayısı (d/d)		
Bant motoru	956	
Besleme düzenleyici	962	
Fan motoru konumları	%100	1450
	%75	1452
	%50	1457
	%25	1461

Fan motorunun her açıklık konumlarında bant motoru ve besleme düzenleyici motorun devir sayıları değişmemiştir. Bant motorunun devir sayısı 956 d/d ve besleme düzenleyicisinin devir sayısı 962 d/d olarak ölçülmüştür.

4.2.3. Hava akımı ile ayırma sisteminin güç tüketim değerleri

Elektrik enerjisi izleme sisteminden alınmış olan veriler; hava akımı ile ayırma sisteminin boşa çalışırken ki bant sisteminin, besleme düzenleyicisinin ve fanın enerji ölçümleri yapılmıştır.

Fan hangi konumda olursa olsun bant sisteminde (Çizelge 4.13) ve besleme düzenleyicisinde (Çizelge 4.14) güç tüketiminde bir fark görülmemiştir.

Çizelge 4.13. Bant sistemi boşa güç tüketim değerleri

	Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Ortalama	401.83	1.47	0.65	0.67
Std. Sap.	0.444	0.003	0.004	0.005
Maksimum	402.41	1.48	0.66	0.68
Minimum	401.26	1.47	0.65	0.67

Çizelge 4.14. Besleme düzenleyicisinin boşa güç tüketim değerleri

	Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Ortalama	402.64	0.01	0.66	0.01
Std. Sap.	0.283	0.001	0.014	0.000
Maksimum	402.99	0.02	0.67	0.01
Minimum	402.41	0.01	0.59	0.01

Bant ve besleme düzenleyici sisteminin boşa çalışırken harcamış oldukları anlık ortalama güç verileridir. Sistem çalıştığı süre ile çarpılarak toplam enerji tüketimi bulunabilmektedir. Bant sisteminin boşa çalışırken bir saatte harcadığı ortalama enerji 0.67 kWh, besleme düzenleyici sisteminin ise bir saatte ortalama harcadığı enerji 0.01 kWh olarak bulunmuştur.

Fan sisteminin ise 4 farklı konumda boшта çalışırken ne kadar güç tükettiğine ait verileri alınmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Fanın boшта güç tüketim değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 25	Ortalama	399.60	5.48	0.61	2.31
	Std. Sap.	0.197	0.048	0.012	0.050
	Maksimum	400.10	5.59	0.62	2.43
	Minimum	399.53	5.39	0.58	2.20
% 50	Ortalama	397.81	5.45	0.60	2.28
	Std. Sap.	0.145	0.033	0.014	0.053
	Maksimum	398.95	5.54	0.63	2.38
	Minimum	397.79	5.39	0.57	2.15
% 75	Ortalama	405.16	5.85	0.61	2.51
	Std. Sap.	0.277	0.030	0.013	0.054
	Maksimum	405.88	5.95	0.64	2.64
	Minimum	404.72	5.79	0.58	2.40
% 100	Ortalama	405.56	6.32	0.59	2.64
	Std. Sap.	0.399	0.110	0.012	0.055
	Maksimum	405.88	6.75	0.61	2.76
	Minimum	404.72	6.23	0.57	2.53

Fan sisteminin % 25 açık konumdayken harcadığı bir saatteki ortalama enerji 2.31 kWh. % 50 açık konumdayken harcadığı bir saatteki ortalama enerji 2.28 kWh. % 75 açık konumdayken harcadığı bir saatteki ortalama enerji 2.51 kWh ve % 100 açık konumdayken harcadığı bir saatteki ortalama enerji ise 2.64 kWh olarak bulunmuştur.

Fan sisteminin % 25 (Çizelge 4.16), % 50 (Çizelge 4.17), % 75 (Çizelge 4.18) ve % 100 (Çizelge 4.19) açıklık konumlarında % 74.99 ve % 69.60 nemli gülü ayırma işleminde çalışırken ne kadar güç tükettiğine ait verileri alınmıştır.

Çizelge 4.16. Fanın % 25 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	401.62	7.36	0.64	3.27
	Std. Sap.	0.282	0.048	0.009	0.054
	Maksimum	401.84	7.44	0.65	3.38
	Minimum	401.26	7.28	0.62	3.20
% 69.60 nemli gül	Ortalama	399.82	6.98	0.63	3.06
	Std. Sap.	0.363	0.615	0.014	0.322
	Maksimum	400.68	7.32	0.67	3.40
	Minimum	399.53	5.62	0.59	2.32

Çizelge 4.17. Fanın % 50 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	397.79	7.20	0.63	3.16
	Std. Sap.	0.000	0.023	0.006	0.030
	Maksimum	397.79	7.25	0.64	3.21
	Minimum	397.79	7.17	0.62	3.10
% 69.60 nemli gül	Ortalama	397.79	7.20	0.63	3.15
	Std. Sap.	0.000	0.028	0.007	0.035
	Maksimum	397.79	7.31	0.64	3.24
	Minimum	397.79	7.17	0.62	3.10

Çizelge 4.18. Fanın % 75 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	396.20	7.52	0.63	3.26
	Std. Sap.	0.379	0.053	0.005	0.025
	Maksimum	397.22	7.63	0.63	3.29
	Minimum	396.06	7.46	0.62	3.20
% 69.60 nemli gül	Ortalama	406.45	7.79	0.63	3.49
	Std. Sap.	0.000	0.036	0.007	0.031
	Maksimum	406.45	7.86	0.64	3.56
	Minimum	406.45	7.73	0.62	3.43

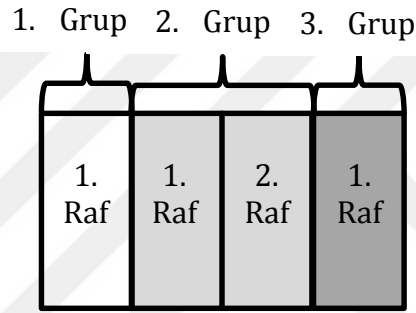
Çizelge 4.19. Fanın % 100 konumundayken ayırma işlemi güç değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
% 74.99 nemli gül	Ortalama	405.27	8.08	0.63	3.58
	Std. Sap.	0.139	0.022	0.009	0.059
	Maksimum	405.30	8.11	0.64	3.67
	Minimum	404.72	8.02	0.61	3.48
% 69.60 nemli gül	Ortalama	404.76	7.66	0.63	3.40
	Std. Sap.	0.608	1.359	0.014	0.581
	Maksimum	406.45	8.60	0.67	3.76
	Minimum	402.99	2.81	0.61	1.33

4.2.4. Hava akımı sonrası ağırlık ölçüm değerleri

Hava akımı ile % 25, % 50, % 75 ve % 100 fanın açık konumuna göre yapılan ayırma işeminde oluşan sepal, petal ve açmış gül şeklindeki formların ağırlıkları alınmıştır.

Ortalama % 69.60 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işeminde oluşan raflar 3 gruba ayrılmış 1. ve 3. grupta 1 adet raf, 2. grupta ise 2 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.1). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.20).



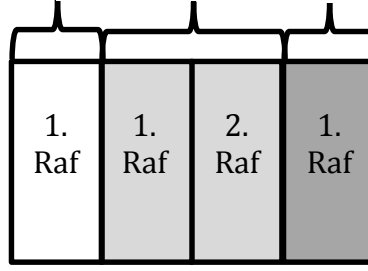
Şekil 4.1. % 69,60 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.20. % 69.60 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	426	28
	Petal	266	957	350
	Tam Çiçek	0	316	25
2. Raf	Sepal	-	432	-
	Petal	-	969	-
	Tam Çiçek	-	320	-

Ortalama % 74.99 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işeminde oluşan raflar 3 gruba ayrılmış 1. ve 3. grupta 1 adet raf, 2. grupta ise 2 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.2). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.21).

1. Grup 2. Grup 3. Grup



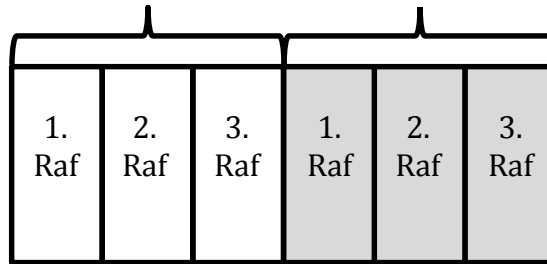
Şekil 4.2. % 74.99 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.21. % 74.99 nemli gülün % 25 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	465	29
	Petal	260	919	458
	Tam Çiçek	0	364	56
2. Raf	Sepal	-	458	-
	Petal	-	905	-
	Tam Çiçek	-	358	-

Ortalama % 69.60 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 2 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.3). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.22).

1. Grup 2. Grup

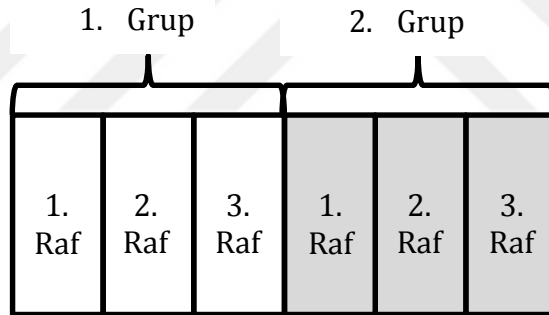


Şekil 4.3. % 69.60 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.22. % 69.60 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	412
	Petal	86	532
	Tam Çiçek	2	238
2. Raf	Sepal	3	446
	Petal	376	577
	Tam Çiçek	5	258
3. Raf	Sepal	5	311
	Petal	628	403
	Tam Çiçek	8	180

Ortalama % 74.99 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 2 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.4). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.23).

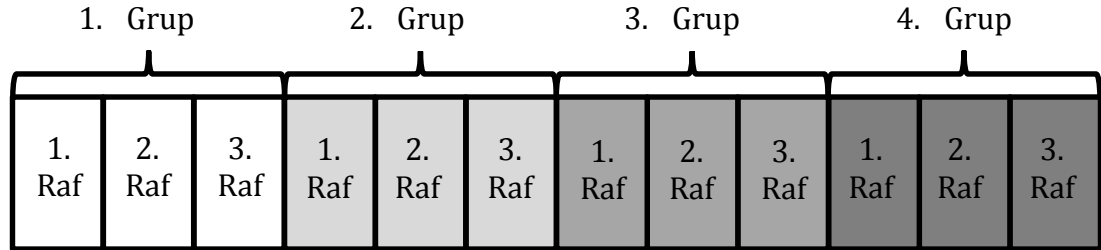


Şekil 4.4. % 74.99 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.23. % 74.99 nemli gülün % 50 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)
1. Raf	Sepal	3	262
	Petal	126	665
	Tam Çiçek	3	392
2. Raf	Sepal	8	227
	Petal	383	576
	Tam Çiçek	8	339
3. Raf	Sepal	16	109
	Petal	776	275
	Tam Çiçek	16	162

Ortalama % 69.60 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 4 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.5). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.24).

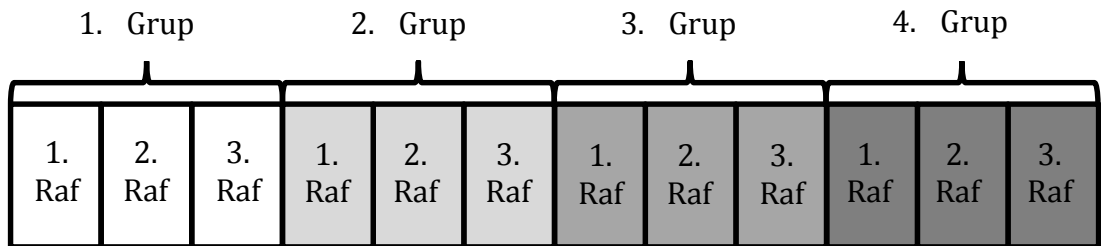


Şekil 4.5. % 69.60 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.24. % 69.60 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)	4. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	22	334	90
	Petal	38	256	475	444
	Tam Çiçek	0	14	175	9
2. Raf	Sepal	0	41	399	51
	Petal	227	468	568	253
	Tam Çiçek	0	25	209	5
3. Raf	Sepal	0	51	242	24
	Petal	353	579	344	115
	Tam Çiçek	0	31	127	3

Ortalama % 74.99 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 4 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.6). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.25).

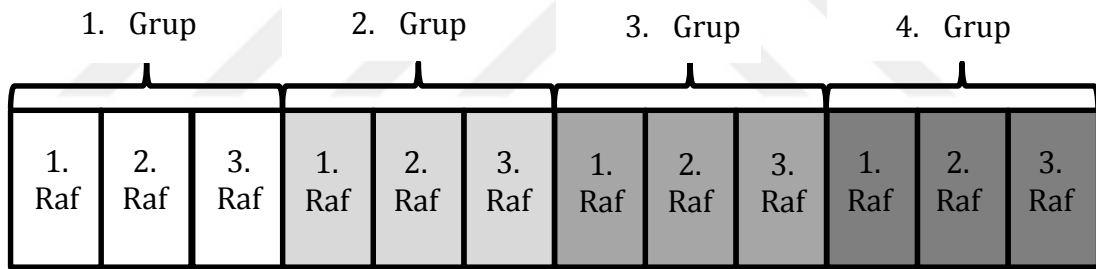


Şekil 4.6. % 74.99 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.25. % 74.99 nemli gülün % 75 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)	4. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	12	214	19
	Petal	30	193	398	374
	Tam Çiçek	0	29	358	13
2. Raf	Sepal	0	28	235	12
	Petal	200	453	438	232
	Tam Çiçek	0	69	393	8
3. Raf	Sepal	0	33	132	4
	Petal	302	527	247	81
	Tam Çiçek	0	80	222	3

Ortalama % 69.60 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 4 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.7). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.26).

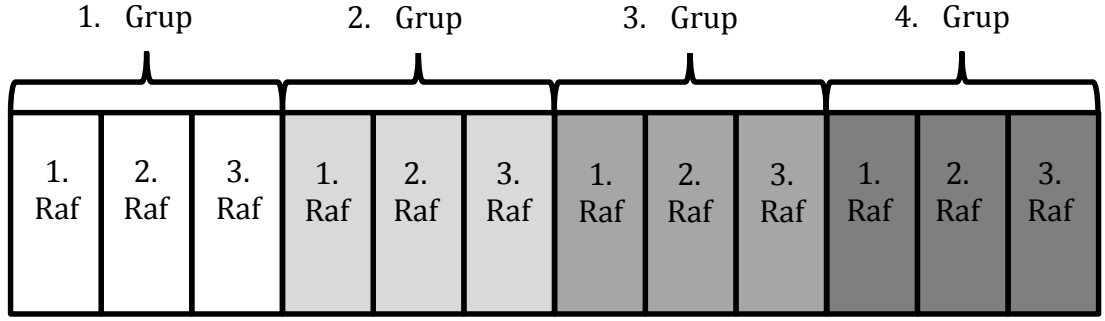


Şekil 4.7. % 69.60 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.26. % 69.60 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)	4. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	11	156	269
	Petal	105	214	289	484
	Tam Çiçek	0	17	137	118
2. Raf	Sepal	0	17	223	205
	Petal	163	344	412	368
	Tam Çiçek	0	27	196	90
3. Raf	Sepal	0	17	276	93
	Petal	264	346	511	168
	Tam Çiçek	0	27	243	41

Ortalama % 74.99 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işleminde oluşan raflar 4 gruba ayrılmış ve her grupta 3 adet raf oluşmuştur (Şekil 4.8). Her rafta oluşan sepal, petal ve açmış gül formlarının ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.27).



Şekil 4.8. % 74.99 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi

Çizelge 4.27. % 74.99 nemli gülün % 100 açıklık konumunda ayırma işlemi ağırlıkları

		1. Grup (g)	2. Grup (g)	3. Grup (g)	4. Grup (g)
1. Raf	Sepal	0	2	81	192
	Petal	5	32	200	421
	Tam Çiçek	0	4	199	295
2. Raf	Sepal	0	10	122	123
	Petal	56	205	299	269
	Tam Çiçek	0	25	298	189
3. Raf	Sepal	0	12	146	45
	Petal	140	247	358	99
	Tam Çiçek	0	30	356	69

4.3. Isı Pompalı Kurutma Sistemi

Isı pompalı kurutma sisteminde yapılan çalışmalar sonucunda; kurutma öncesi ve sonrası nem değerleri, kabin giriş ve çıkış hava hızı değerleri, motor devir sayısı, sıcaklık, nem, enerji ve kurutma sonrası ağırlık ölçümlerine ait veriler ortaya konulmuştur.

4.3.1. Kurutma öncesi ve sonrası belirlenen nem değerleri

Kurutma işleminden önce iki farklı zamanda toplanan güllerin “AND MX-50” cihazı ile nem analizleri yapılmış ve verileri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Kurutma öncesi nem değerleri

	45 °C’de Nem (%)	55 °C’de Nem (%)
Ortalama	79.34	79.93
Std. Sapma	1.31	0.70
Maksimum	80.67	80.65
Minimum	78.06	79.25

Nem analiz ölçümleri sonucunda farklı zamanda toplanan iki grup gülden 45 °C’de kurutma öncesinde kullanılan gülün ortalama % 79.34, 55 °C’de kurutma öncesi kullanılan gülün ise % 79.93 oranında neme sahip olduğu görülmüştür. 45 °C ve 55 °C’de kurutma işleminden sonra ise gülün bünyesinde bulunan nem oranları Çizelge 4.29’de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Kurutma sonrası nem değerleri

	45 °C’de Kuru baz (%)	55 °C’de Kuru baz (%)
Ortalama	12.79	8.77
Std. Sapma	2.08	1.16
Maksimum	14.88	10.03
Minimum	10.73	7.74

Ölçüm sonuçlarında görüldüğü gibi 45 °C’de kurutma sonrası gülün ortalama % 12.79 oranında neme, 55 °C’de kurutma sonrası gülün ise % 8.77 oranında neme sahip olduğu saptanmıştır.

4.3.2. Hava hızı ölçüm değerleri

Kurutma işlemlerini gerçekleştiren sıcak havanın kabin girişlerinde ve kabin çıkışlarındaki hava hızı ölçümleri sonucunda “Testo 435” cihazından alınan veriler kayıt edilmiştir. Kabin girişinde ve çıkışında ölçülen hava hızının birimi $m s^{-1}$ cinsinden ölçülmüştür (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Kabin girişi / çıkış hava hızı değerleri

		A kabini (m s⁻¹)	B kabini (m s⁻¹)	C kabini (m s⁻¹)
Ortalama	Giriş	2.7	3.3	2.4
	Çıkış	1.1	0.9	0.8
Std. Sapma	Giriş	0.3	0.2	0.1
	Çıkış	0.2	0.2	0.2
Maksimum	Giriş	3.1	3.6	2.6
	Çıkış	1.3	1.2	1.0
Minimum	Giriş	2.2	2.8	2.2
	Çıkış	0.8	0.6	0.6

4.3.3. Motor devir sayısı ölçüm değerleri

Kurutma sisteminde sıcak hava fan motorunun ve fan motoruna bağlı elektrik motorun çift kademedeki devir sayısı ölçümleri sonucunda “Testo 475” cihazından alınan veriler kayıt edilmiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Kurutma sistemindeki motor devir sayıları

	Fan Motoru Devir Sayısı (d/d)
2. Kademe	1068
4. Kademe	1273
6. Kademe	1358
8. Kademe	1441
10. Kademe	1498

Her kademe konumlarında fan motorunun devri değişmiştir. Gerçekleştirilen kurutma işleminde kullanılan kademe 10. kademe olarak ayarlanmıştır. Bu kademe fan motorunun devir sayısı 1498 d/d olarak ölçülmüştür.

4.3.4. Sıcaklık ölçüm değerleri

Kurutma sisteminde kabin içinde alt ve üst kısımlara yerleştirilen “Hobo sensörler” ile veriler alınmıştır. İki farklı sıcaklıkta yapılan kurutma denemelerinin set ayarları yapıldıktan sonra kabin içi sıcaklıklar Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Sıcaklığı 45 °C ayarlanan kurutma denemesi sıcaklık değerleri

	A kabini		B kabini		C kabini	
	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)
Ortalama	41.57	36.99	41.39	36.31	40.70	34.61
Std. Sapma	0.72	2.97	0.93	3.09	1.42	2.28
Maksimum	42.00	38.90	42.00	38.50	41.60	36.20
Minimum	37.10	28.30	36.50	27.30	35.30	26.80

Çizelge 4.33. Sıcaklığı 55 °C ayarlanan kurutma denemesi sıcaklık değerleri

	A kabini		B kabini		C kabini	
	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)	üst kısım (°C)	alt kısım (°C)
Ortalama	51.12	44.57	51.41	43.72	52.36	41.16
Std. Sapma	1.11	2.17	1.13	2.55	1.31	1.93
Maksimum	53.80	46.70	53.90	46.70	55.30	43.30
Minimum	48.60	38.50	48.50	37.20	49.30	35.80

İki farklı kurutma denemesinde üst kısımdan kabin içine giren kurutma havasının alt kısımdan çıkarken sıcaklığın 5 °C ile 10 °C arasında düştüğünü ve ayarlanan set değerinin altında bir sıcaklık kabin içine girdiği görülmüştür.

4.3.5. Kabin nem değerleri

Kurutma sisteminde kabin içinde alt ve üst kısımlara entegre edilmiş nem sensörleri ile veriler alınmıştır. İki farklı sıcaklıkta yapılan kurutma denemelerinin set ayarları yapıldıktan sonra kabin içi nem ölçümleri Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. 45 °C kurutma sıcaklığındaki Kabin nem değerleri

	A kabini		B kabini		C kabini	
	üst kısım (%)	alt kısım (%)	üst kısım (%)	alt kısım (%)	üst kısım (%)	alt kısım (%)
Ortalama	17.35	24.96	17.91	25.76	18.29	26.11
Std. Sapma	4.29	13.72	4.84	14.14	5.71	11.63
Maksimum	32.00	70.00	36.00	71.00	38.00	63.00
Minimum	14.00	16.00	14.00	16.00	14.00	18.00

Çizelge 4.35. 55°C kurutma sıcaklığındaki kabin nem değerleri

	A kabini		B kabini		C kabini	
	üst kısım (%)	alt kısım (%)	üst kısım (%)	alt kısım (%)	üst kısım (%)	alt kısım (%)
Ortalama	13.86	21.32	14.07	22.59	13.01	23.53
Std. Sapma	3.04	9.00	3.18	10.14	3.07	9.10
Maksimum	21.00	48.00	22.00	51.00	20.00	49.00
Minimum	10.00	13.00	10.00	13.00	9.00	15.00

İki farklı kurutma denemesinde nem ile ağırlaşan havanın üst kısımdan alt kısma doğru arttığı görülmüştür. Kabin girişinde ve çıkışında ölçülen nemin zamana göre azaldığı belirlenmiştir.

4.3.6. Güç tüketim değerleri

45 °C ve 55 °C sıcaklık değerine ayarlanan kurutma sisteminin boşa ve yüklü halde çalışırkenki kompresör, fan ve ısıtma sisteminin güç tüketim değerleri ölçülmüştür. Kurutma sistemi 45 °C değerinde boşa ve yüklü çalışırken ki güç verileri Çizelge 4.36 ve Çizelge 4.37, 55 °C set değerinde boşa ve yüklü çalışırken ki güç verileri ise Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. 45 °C de sistemin boşa çalışırkenki güç tüketim değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Kompresör	Ortalama	398.38	3.63	0.93	2.35
	Std. Sapma	0.821	0.073	0.006	0.035
	Maksimum	401.26	3.84	0.94	2.44
	Minimum	397.79	3.57	0.91	2.32
Fan	Ortalama	402.36	1.02	0.31	0.22
	Std. Sapma	1.471	0.01	0.066	0.048
	Maksimum	406.45	1.04	0.40	0.29
	Minimum	400.68	1.02	0.21	0.15
Kurutma sistemi	Ortalama	394.89	2.93	0.31	0.63
	Std. Sapma	0.143	0.009	0.056	0.112
	Maksimum	395.48	2.94	0.61	1.23
	Minimum	394.33	2.91	0.27	0.55

Çizelge 4.37. 55 °C de sistem boşa çalışırkenki güç tüketim değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Kompresör	Ortalama	407.22	3.84	0.92	2.50
	Std. Sapma	1.520	0.057	0.006	0.030
	Maksimum	408.76	3.95	0.94	2.56
	Minimum	399.53	3.61	0.89	2.38
Fan	Ortalama	408.83	1.00	0.31	0.22
	Std. Sapma	1.620	0.018	0.053	0.038
	Maksimum	410.50	1.03	0.39	0.29
	Minimum	405.88	0.97	0.22	0.16
Kurutma sistemi	Ortalama	407.94	2.97	0.31	0.65
	Std. Sapma	1.694	0.012	0.052	0.109
	Maksimum	410.50	2.99	0.62	1.33
	Minimum	405.88	2.85	0.14	0.30

Çizelge 4.38. 45 °C de sistem yükte çalışırken güç tüketim değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Kompresör	Ortalama	401.61	3.81	0.92	2.46
	Std. Sapma	3.929	0.123	0.012	0.079
	Maksimum	405.30	3.96	0.95	2.56
	Minimum	394.33	3.45	0.90	2.22
Fan	Ortalama	404.02	0.98	0.30	0.21
	Std. Sapma	4.072	0.014	0.053	0.038
	Maksimum	407.61	1.00	0.38	0.27
	Minimum	396.64	0.95	0.20	0.14
Kurutma sistemi	Ortalama	403.78	2.98	0.32	0.68
	Std. Sapma	3.977	0.060	0.069	0.151
	Maksimum	407.61	3.02	0.68	1.53
	Minimum	396.64	2.40	0.10	0.23

Çizelge 4.39. 55 °C de sistem yükte çalışırken güç tüketim değerleri

		Gerilim (V)	Akım (A)	Güç Faktörü	Güç Tüketimi (kW)
Kompresör	Ortalama	398.89	3.73	0.91	2.36
	Std. Sapma	2.260	0.131	0.013	0.067
	Maksimum	403.57	4.01	0.94	2.54
	Minimum	394.91	3.52	0.87	2.24
Fan	Ortalama	402.50	0.96	0.29	0.20
	Std. Sapma	2.324	0.009	0.053	0.037
	Maksimum	406.45	0.98	0.39	0.27
	Minimum	397.79	0.94	0.20	0.13
Kurutma sistemi	Ortalama	401.98	2.99	0.31	0.66
	Std. Sapma	2.227	0.035	0.066	0.140
	Maksimum	405.88	3.03	0.69	1.46
	Minimum	397.79	2.88	0.06	0.13

Kompresör ve fanın enerji tüketimlerinin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni bu iki sistemin sürekli çalışmamasından kaynaklanmıştır. Sistemler yaklaşık 30 s. çalışıp 60 s. durmaktadır. Isıtma sisteminde değerlerin düzensiz çıkmasının nedeni ise hız sürücüsünden kaynaklanmıştır.

Kurutma sisteminde her iki sıcaklıkta da rejim sıcaklığına gelene kadar boşa çalışma süresi 2 saat sürmüştür. Bu iki saatlik dilimlerin enerji ölçümleri ve maliyetleri hesaplanmıştır. 55 °C set değerindeki kurutma işleminde ek ısıtma sistemi devreye sokulduğu için ısıtma sisteminin enerji tüketimi düşmüştür. Sistem kurutma esnasında 45 °C set değerinde çalışırken 18 saatlik enerji tüketimi 55 °C set değerinde çalışırken ise 10 saatlik enerji tüketimi ölçülmüştür.

4.3.7. Kurutma sonrası ağırlık değerleri

Kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra kuru gül paketleme poşetlerinin darası alınarak 45 °C (Çizelge 4.40) ve 55 °C (Çizelge 4.41) set değerinde kurutulan güllerin ağırlıkları ölçülmüştür.

Çizelge 4.40. 45 °C de kurutulan gül kütleleri

	A kabini	B kabini	C kabini
	(g)	(g)	(g)
1. Raf	360	387	373
2. Raf	375	386	392
3. Raf	377	374	380
4. Raf	399	406	389
5. Raf	380	382	403

2 kg halinde raflara konulan ve 45 set değerinde kurutma işlemine tabi tutulan güllerin, A kabininde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları 378 g., B kabininde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları 387 g. ve C kabininde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları ise 387 g. olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.41. 55 °C de kurutulan gül kütleleri

	A kabini (g)	B kabini (g)	C kabini (g)
1. Raf	398	377	373
2. Raf	375	394	392
3. Raf	402	403	397
4. Raf	439	417	483
5. Raf	534	419	474

55 °C set değerinde kurutma işlemine tabi tutulan güllerin ise A kabiniinde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları 430 g., B kabiniinde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları 402 g. ve C kabiniinde raflardaki güllerin ortalama ağırlıkları ise 424 g. olarak ölçülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez kapsamında denemeleri yapılan çalışmada, elek ile sınıflandırma sistemi, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sisteminin iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi ve birim maliyeti saptanmıştır. Bu kapsamda, denemeleri yapılan sistemlerin mevcut durumu belirlenerek sistemlerin geliştirilmesine yönelik gerekli çalışmalar yapan kurum ve kuruluşlara kaynak oluşturan sonuçlar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

5.1. Elek ile Sınıflandırma Sisteminin Değerlendirilmesi

Elek ile sınıflandırma sisteminin iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi ve birim üretim maliyeti hesaplamaları % 69.60 nemli gül için (Çizelge 5.1) ve % 74.99 nemli gül için (Çizelge 5.2) yapılmıştır.

Çizelge 5.1. % 69.60 nemli gül için eleme sistemi üretim maliyetleri

Tekerrür	İş Kapasitesi (kg h ⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh ton ⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL ton ⁻¹)
1	371.88	0.56	0.1149
2	429.24	0.49	0.1006
3	388.44	0.54	0.1108
4	342.72	0.61	0.1252
5	325.2	0.65	0.1334
Ortalama	371.50	0.57	0.1170

Eleme sistemi motor kademesi 11'de ve devri 992 d/d iken % 69.60 nemli gülü saatte 371.50 kg eleyebilmekte, bir ton gülü elemek için tükettiği ortalama enerji 0.57 kWh, maliyeti ise 0.1170 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. % 74.99 nemli gül için eleme sistemi üretim maliyetleri

Tekerrür	İş Kapasitesi (kg h⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh ton⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL ton⁻¹)
1	306.60	0.68	0.1395
2	380.64	0.55	0.1129
3	432.00	0.49	0.1006
4	415.92	0.50	0.1026
5	348.96	0.60	0.1231
Ortalama	376.82	0.56	0.1149

Eleme sistemi % 74.99 nemli gülü saatte 376.82 kg eleyebilmekte, bir ton gülü elemek için tükettiği ortalama enerji miktarı 0.56 kWh, maliyeti ise 0.1149 TL olarak hesaplanmıştır.

Elek sisteminde titreşimi sağlayan motorun etiket bilgilerine bakıldığında yük altında çekebildiği maksimum güç 3 kW olarak belirtilmiştir. Sistem tam yükte çalışırkenki ölçülen güç ise 0.21 kW olarak ölçülmüş olup sistem performansı güç tüketimi açısından verimli çalıştığı görülmüştür. Ayrıca eleme sisteminde kullanılan gülün nem içeriğinin, sistemin boşa ya da yükte çalışması sistemin enerji tüketimi üzerine etkili olmadığı gözlemlenmiştir.

Elek sisteminin performansı (Şekil 5.1) incelendiğinde, elek üzerinde kenar bölgelerde yığılmaların olduğu saptanmıştır. Bu bölgelerde kalan gülün sistemin boşaltılması esnasında dahi kaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle tasarım olarak verime sahip olmadığı görülmüştür. Elek kısmının kavisli olması sistem performansının artması beklenmektedir.



Şekil 5.1. Elek sisteminin performansı

Güllerin hasat edildiği esnada farklı ebatlarda olması, kurutma esnasında büyük ebattaki güllerin daha geç kuruyarak küçük ebattaki güllerin gereğinden fazla kurumaması, kurutma verimini düşürdüğü görülmüştür. Bu nedenle kurutma öncesi eleme sisteminde güllerin elemeye tabi tutulması kurutma işleminin daha verimli gerçekleşmesini sağlamaktadır. Enerji giderine bakıldığında ise kurutma giderini etkilemediği görülmüştür.

5.2. Hava Akımı İle Ayırma Sisteminin Değerlendirilmesi

Elek sisteminde ayrılan 30 mm çapındaki % 74.99 ve % 69.60 nemli güller % 100 açıklık konumdaki fanda ayırma sınıflandırma yapılmıştır. Sistemde. 20 mm çapındaki % 74.99 ve % 69.60 nemli güller için ise % 75, % 50 ve % 25 açıklıktaki fanda ayırma işleminde elde edilen iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi ve birim üretim maliyeti hesaplamaları Çizelge 5.3 'te verilmiştir.

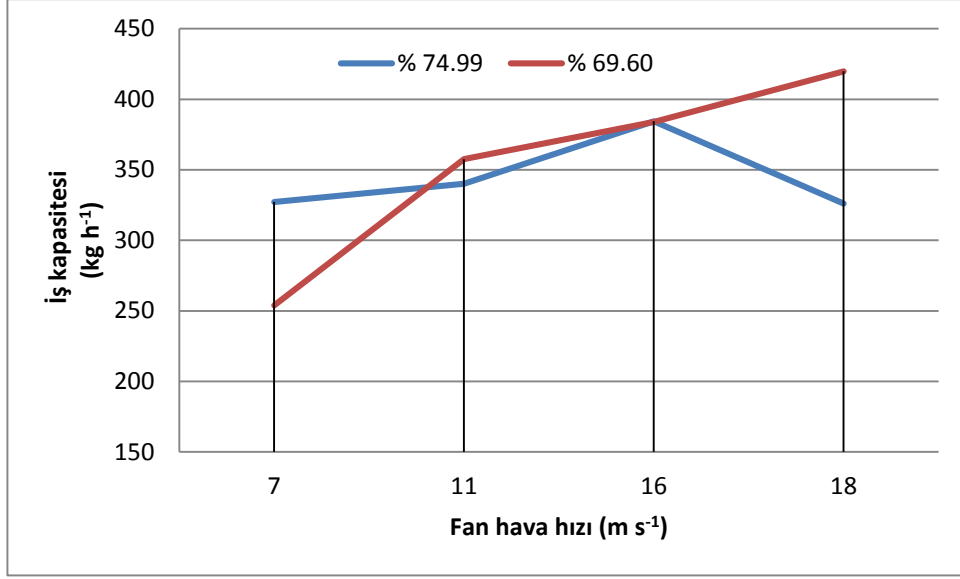
Çizelge 5.3. Hava akımı ile ayırma sınıflandırma sistemi üretim maliyetleri

Fanın Açıklık Konumu	Nem Oranı	İş Kapasitesi (kg h ⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh ton ⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL ton ⁻¹)
% 25	% 74.99	327.21	12.07	2.4770
	% 69.60	253.80	12.05	2.4729
% 50	% 74.99	340.12	11.29	2.3169
	% 69.60	357.60	10.71	2.1979
% 75	% 74.99	384.41	10.25	2.1035
	% 69.60	383.91	10.86	2.2287
% 100	% 74.99	326.09	13.06	2.6802
	% 69.60	419.83	9.72	1.9947

Hava akımı ile ayırma sisteminde fanın farklı orandaki açıklık konumu bant sistemine ve besleme düzenleyicisine etkisi olmadığından her konumda enerji tüketimleri aynı olduğu saptanmıştır. Fakat fanın harcadığı enerji değiştiğinden dolayı sistemin toplam maliyeti değişmektedir. Fanın % 25 açıklık konumunda % 74.99 oranında nemli gülü saatte 327.21 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir. 1 ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 12.07 kWh, maliyeti ise 2.4770 TL. % 69.60 oranında nemli gülü saatte 253.80 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir, 1 ton gülü ayırabilmek için tüketilen

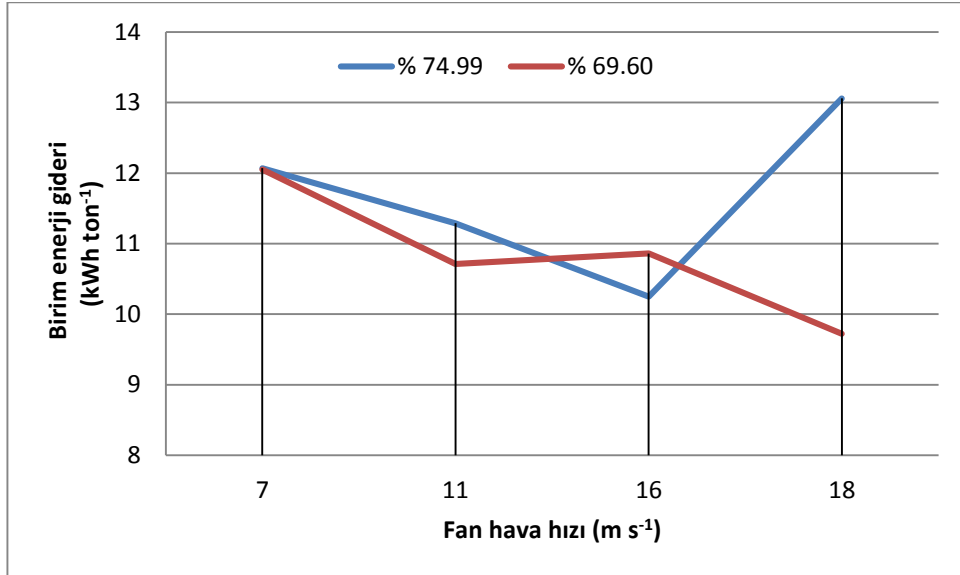
enerji 12.05 kWh, maliyeti ise 2.4729 TL 'dir. Fanın % 50 açıklık konumunda % 74.99 oranında nemli gülü saatte 340.12 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir. Sistemin 1 ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 11.29 kWh, maliyeti ise 2.3169 TL 'dir. Ayırma sistemi, % 69.60 oranında nemli gülü saatte 357.60 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir. 1 ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 10.71 kWh, maliyeti ise 2.1979 TL 'dir. Fanın % 75 açıklık konumunda %74.99 oranında nemli gülü saatte 384.41 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir, bir ton gülü ayırabilmek için sistemin tükettiği enerji 10.25 kWh, maliyeti ise 2.1035 TL 'dir. % 69.60 oranında nemli gülü saatte 383.91 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir, bir ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 10.86 kWh maliyeti ise 2.2287 TL. Fanın % 100 açıklık konumunda % 74.99 oranında nemli gülü saatte 326.09 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir, bir ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 13.06 kWh maliyeti ise 2.6802 TL. % 69.60 oranında nemli gülü saatte 419.83 kg sepal, petal ve tam çiçek olarak ayırabilmektedir, bir ton gülü ayırabilmek için tükettiği enerji 9.72 kWh maliyeti ise 1.9947 TL olarak hesaplanmıştır.

Hava akımı ile ayırma sisteminin fan, besleme düzenleyici ve bant motorlarının etiket bilgilerine bakıldığında yük anında çekebildiği maksimum güç sırasıyla 4.018 ve 1.1 kW olarak belirtilmiştir. Sistem tam yükte çalışırkenki ölçülen güç ölçümlerine bakıldığında ise iki farklı nem oranlarındaki ayırma işlemlerinde fan motorları 4 kW bulmamıştır. Dolayısıyla sistem performansı güç tüketimi açısından verimli çalıştığı görülmüştür.



Şekil 5.2. Ayırma sisteminde çalışma verimi ve hava hızı arasındaki ilişki

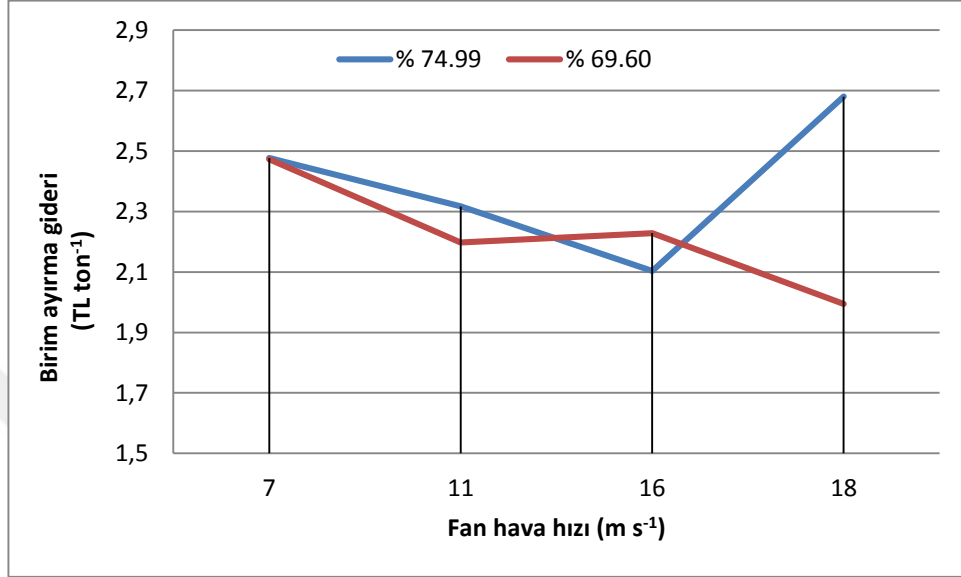
Şekil 5.2’de görüleceği üzere ayırma sisteminde kullanılan fanın üfleme hızı arttığında iş kapasitesi artmaktadır. Ürünün nem oranı ile iş kapasitesi arasında herhangi bir bağlantı kurmak olanaklı değildir. Ancak düşük nem içeren gül ürünündeki iş kapasitesi diğerine göre yaklaşık % 2.7 daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 5.3. Birim enerji tüketimi ve hava hızı arasındaki ilişki

Ayırma düzeninde bulunan fanın hava hızını artırması ile Şekil 5.3’te görüleceği üzere birim enerji gideri azalmaktadır. Ancak ürün nem oranları ile birim enerji

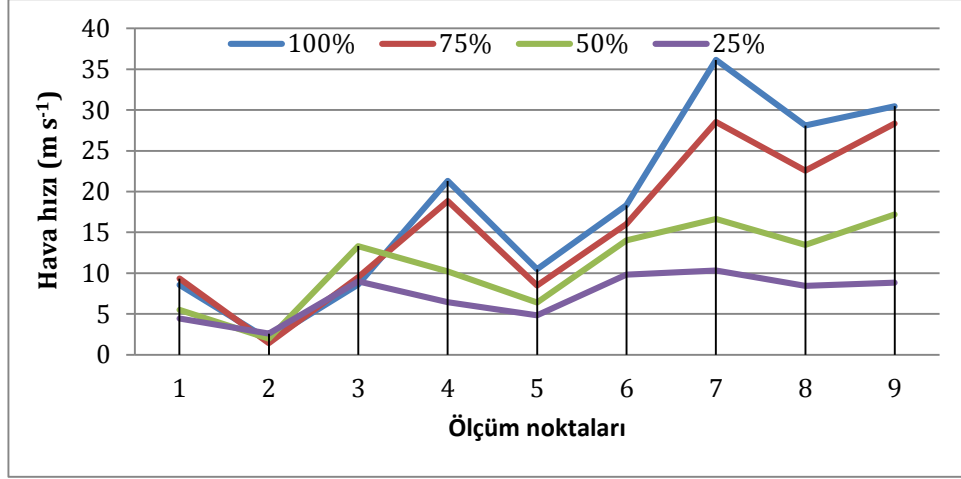
gideri arasında bir ilişki kurmak olası değildir. % 74.99 nemli gül ürününde yaklaşık % 8 daha fazla enerji gideri bulunmaktadır. Enerji giderini azaltmak için ayırma işleminde yüksek hava hızlarında fanın çalıştırılması uygun görülmektedir.



Şekil 5.4. Birim ayırma maliyeti ile hava hızı arasındaki ilişki

Maliyeti artıran unsurlar içinde yer alan nem oranı belli ölçülerde etkili olmuştur. Yapılan hesaplamalardan % 74.99 nemli ürünün ayırma maliyetinin % 69.60 nemli üründen yaklaşık % 7.6 daha yüksek olduğu saptanmıştır. Her iki ürün nemi düzeyinde, hava hızı arttıkça birim ayırma maliyeti azalmıştır. Bu nedenle maliyeti düşürmek için en yüksek hava hızı seçilmelidir.

Hava hızı ölçüm sonuçlarına göre sistemin hava çıkışı noktasında özellikle üst çıkışta türbülans olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.5). Türbülans dolayısı ile hava akımı ile ayırma işleminde sepal, petal ve tam çiçek tam olarak birbirinden ayrılmadığı görülmüştür. Bu nedenle sistemin çalışma performansının yüksek başarıya sahip olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.5. Fan ortalama hava hızları

Güllerin hasat edilme anında ya da taşınma esnasında açmış gül çiçekleri sepal ve petal formlarını alabilmektedir. Kurutma esnasında petaller daha çabuk kururken sepal ve açmış gül daha geç kurumaması kurutma verimini düşürdüğü görülmüştür. Bu yüzden kurutma öncesi eleme sisteminden çıkan güller hava akımı ile ayırma sistemine tabi tutularak kurutma işleminin daha verimli gerçekleşmesini sağlamaktadır.

5.3. Kurutma Sisteminin Değerlendirilmesi

Kurutma sıcaklığı 45 ve 55 °C’de yapılan kurutma işlemlerinde, sistemin gül kurutmadaki iş kapasitesi, özgül enerji tüketimi, spesifik nem çekme oranı, nem çekme oranı, spesifik enerji tüketimi ve birim üretim maliyeti hesaplamaları aşağıda verilmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. Kurutma sistemi değerlendirme sonuçları

Sıcaklık (°C)	İş Kapasitesi (kg h ⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh kg ⁻¹)	Spesifik Enerji Tüketimi (SEC) (kWh kg ⁻¹)	Spesifik Nem Çekme Oranı (SMER) (Kg kWh ⁻¹)	Nem Çekme Oranı (MER) (Kg h ⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL kg ⁻¹)
45	0.32	10.46	2.60	0.40	1.35	2.1466
55	0.63	5.13	1.36	0.74	2.37	1.0528

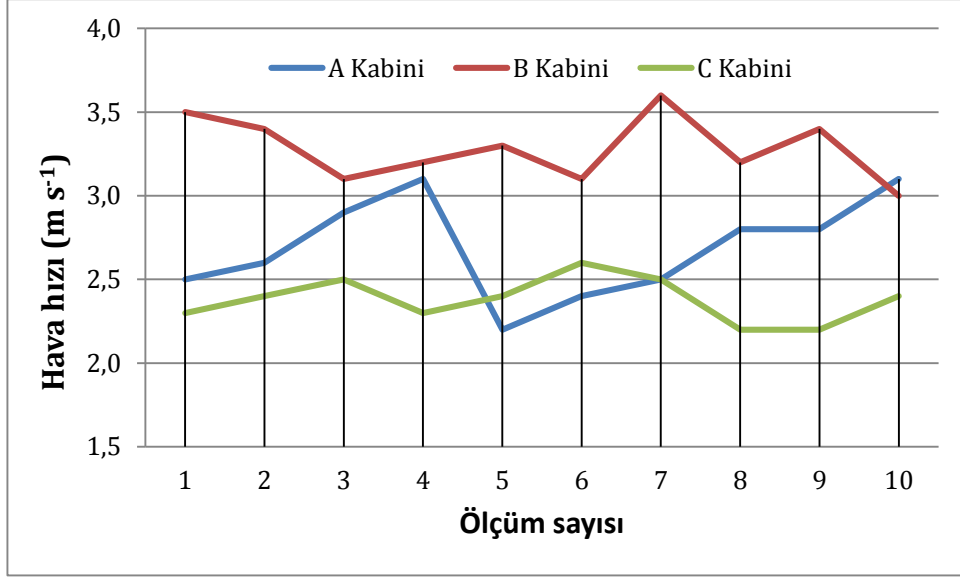
(45) °C deęerindeki kurutma iřleminde sıcaklık dūřuk olduęundan dolayı kurutma sūresi uzamıř ve buna baęlı olarak ōzgūl enerji tūketimi ve maliyetinin arttıęı belirlenmiřtir. Kurutma sıcaklıęı 45 °C' de % 79.34 nemli gūlū % 12.79'a dūřūrūnceye kadarki birim ūretim maliyeti 2.1466 TL kg⁻¹, saatte ise 0.32 kg kuru gūl ūrūnū elde edilmektedir. Kurutma sıcaklıęı 55 °C'de % 79.93 nemli gūlū % 8.77 nem ięerięine dūřūrūnceye kadarki birim ūretim maliyeti 1.0528 TL kg⁻¹, saatteki iř kapasitesi ise 0.63 kg'dır.

Kurutma sistemine ait motorların etiket bilgilerine bakıldıęında yūk anında fan motorunun ēekebildięi maksimum gūē 1.5 kW ve kompresōr 0.75 kW olarak belirtilmiřtir. Sistem tam yūkte ēalıřırkenki ōlēūlen gūē ise fan motoru iēin 0.22 kW, kompresōr iēin 2.50 kW ve kurutma sistemi iēin ise 0.68 olarak ōlēūlmūř olup sistem performansı gūē tūketimi aēısında kompresōr hariē verimli ēalıřtıęı gōrūlmūřtir. Kompresōrūn ise zorlandıęı gōrūlmūřtir. Sistemin bořta ya da yūkte ēalıřması enerji tūketimi ūzerine etkili olduęu gōzlemlenmiřtir.

55 °C'de ısı arttığı iēin enerji tūketimi artması beklenir fakat kōmūr ile ēalıřan ek ısıtma sistemi kullanıldığından dolayı kurutma sistemindeki enerji tūketimi değişmemiştir. Ancak ek ısıtma sistemi ayarlanan set değerine ulaşıncaya kadar ısı pompalı kurutma sisteminin fazla enerji tūkettięi gōzlemlenmiřtir. Ek ısıtma sisteminin ēalıřması iēin bir ēuval kōmūr kullanılmıştır.

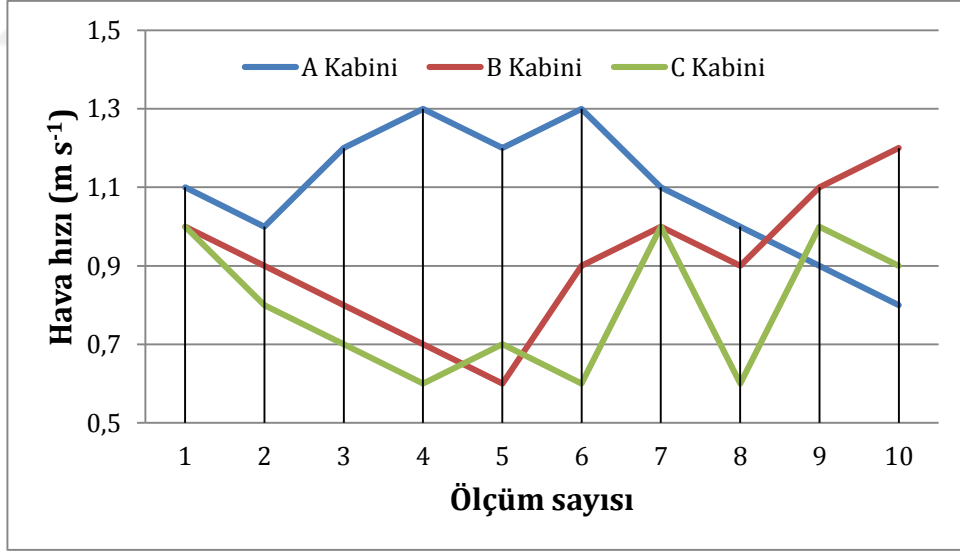
Kuzgunkaya (2006) defne yaprağı kurutmada SMER' değerini 3.63 kg kWh⁻¹ olarak bulmuştur. Sōz konusu değer, bu araştırmada her iki sıcaklık iēin bulunan değerden daha fazladır. Prasertsan ve Saen-saby (1998) mantar kurutma iēin SMER ve MER değerlerini 0.540 kg kWh⁻¹ ve 2.71 kg h⁻¹ bulmuşlardır. Cořkun ve ark.. (2017) dilimlenerek domates kurutmada ortalama SMER değerini 0.324 kg kWh⁻¹ bulmuşlardır. Genel olarak kurutulan ūrūnlerin, ōzelliklerinden kaynaklanan kurutma enerjisinde farklılık bulunmaktadır.

Hava hızı ōlēūm sonuēlarına gōre "A" kabininin giriřinde tūrbūlans olduęu gōrūlmūř ve en sondaki "C" kabininin giriřinde ise hava hızında dūřūř belirlenmiřtir. Kabin giriři hava hızı deęerleri Őekil 5.6 'da verilmiřtir.



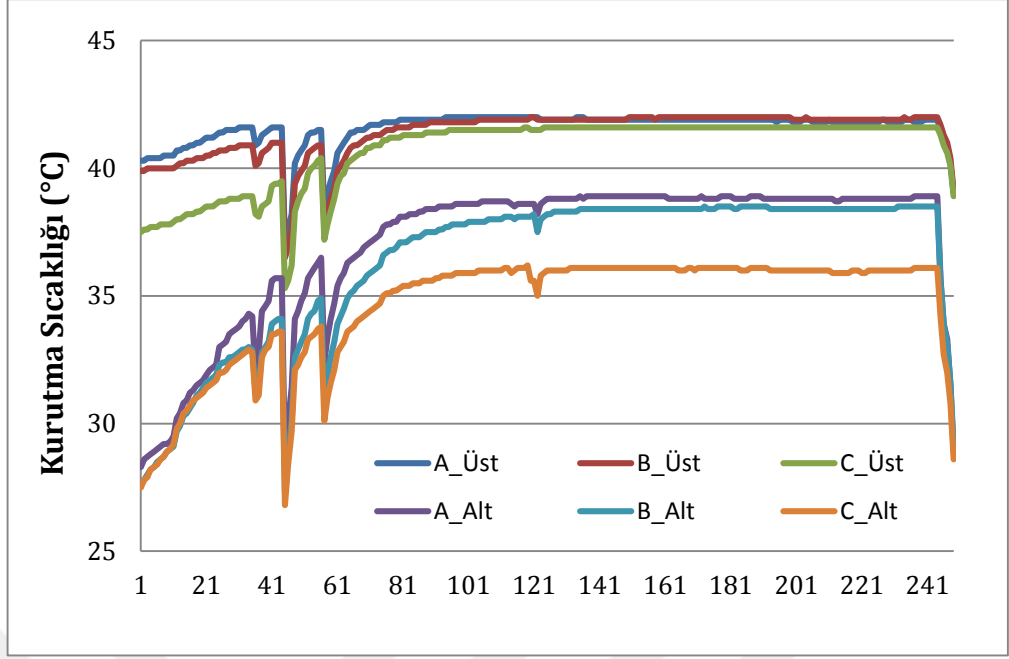
Şekil 5.6. Kabin girişindeki hava hızları

Kabinler içinde raflarda bulunan güllerden dolayı sıcak havanın alt raflara doğru geçerken hızlarının yavaşladığı ve düzensizlik oluşmuştur. Bu durumun raf sayısının fazla olmasından ileri geldiği anlaşılmıştır (Şekil 5.7).

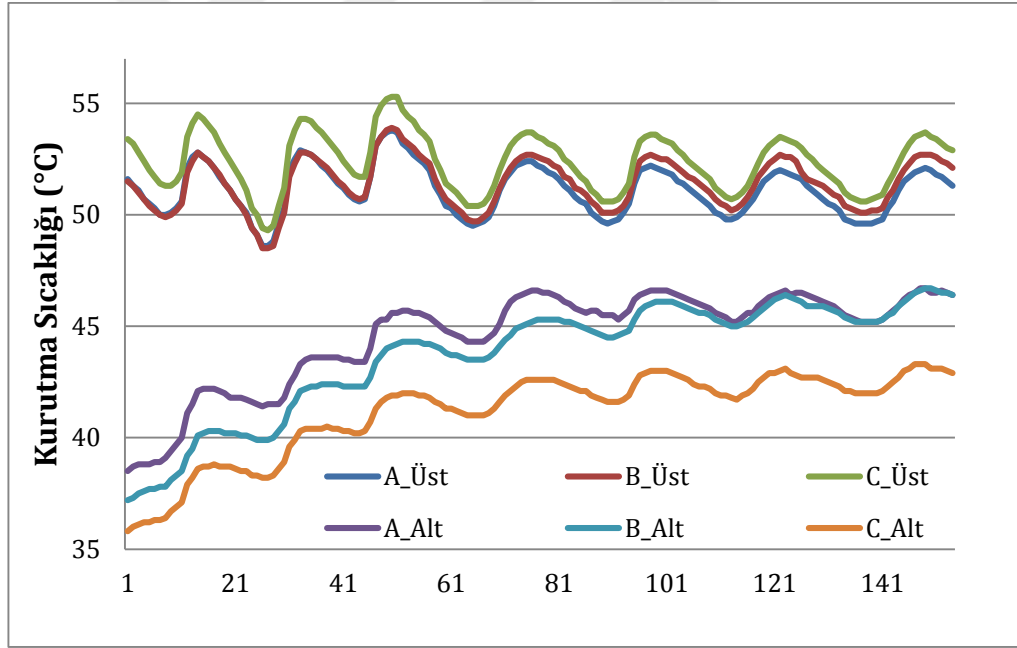


Şekil 5.7. Kabin çıkışındaki hava hızları

Üretilen ısının kabin girişine gelinceye kadar sıcaklığın yaklaşık 5 °C düştüğü ve bu düşüşün kabin çıkışında yaklaşık 10 °C 'ye ulaştığı saptanmıştır (Şekil 5.8 ve Şekil 5.9).



Şekil 5.8. 45 °C'de kabin içi sıcaklık ölçüm değerlerinin değişimi



Şekil 5.9. 55 °C'de kabin içi sıcaklık ölçüm değerlerinin değişimi

Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da görüldüğü gibi kabin girişinde ve çıkışında ısı düşüşleri meydana gelmiştir. Sıcak hava kabin girişine gelinceye kadar ısısının bir kısmını hat üzerinde kaybetmiştir. Güle temas eden sıcak hava güle bulunan nemden dolayı kabin çıkışında sıcaklığın daha da düştüğü görülmüştür.

Gül tomurcuğu, sıcak hava ile karşılaştığında, ürün sıcaklığı da yükselmekte ve üründen nem alma kapasitesi daha yüksek olan havaya nem transferi başlamaktadır. Gülde kuruma öncesi taç ve çanak yapraklardan başlamaktadır. Tomurcukta taç yaprakları henüz açılmamış olduğundan hem kendileri yavaş kurumakta, hemde ovaryumda buharlaşan nemin dışarı çıkmasına engel olmaktadır. Böylece haşlama başlar. Haşlama sonucunda doğal yapısını kaybederek, rengi açılmaktadır. Gülde ovaryumdaki nemin tamamının dışarı atılması gerekmektedir. Aksi halde nem transferi gerçekleşmeyecek ve kızışma olacaktır. Açılmış gülde bu olumsuzluklar görülmemektedir.

Sonuç olarak eleme sistemi, hava akımı ile ayırma sistemi ve ısı pompalı kurutma sisteminde yapılan incelemeler ve ölçümler sonucunda, sistemlerin iş kapasiteleri, özgül enerji tüketimleri ve birim üretim maliyetleri hesaplanarak ortaya konulmaya çalışılmıştır (Çizelge 5.5). Bu çalışmadaki veriler sistemlerin daha yüksek performansda çalışmasına ışık tutması beklenmektedir.

Çizelge 5.5. Sistemlerin enerji tüketimleri ve üretim maliyetleri

	Nem Oranı	İş Kapasitesi (kg h ⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh ton ⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL ton ⁻¹)		
Eleme İle Sınıflandırma Sistemi						
Ortalama	% 74.99	376.82	0.56	0.1035		
	% 69.60	371.50	0.57	0.1044		
Hava Akımı İle Ayırma Sistemi						
% 25	% 74.99	327.21	12.07	2.2063		
	% 69.60	253.80	12.05	2.2027		
% 50	% 74.99	340.12	11.29	2.0638		
	% 69.60	357.60	10.71	1.9578		
% 75	% 74.99	384.41	10.25	1.8737		
	% 69.60	383.91	10.86	1.9852		
% 100	% 74.99	326.09	13.06	2.3874		
	% 69.60	419.83	9.72	1.7768		
Sıcaklık (°C)	İş Kapasitesi (kg h ⁻¹)	Özgül Enerji Tüketimi (kWh kg ⁻¹)	Spesifik Enerji Tüketimi (SEC) (kWh kg ⁻¹)	Spesifik Nem Çekme Oranı (SMER) (Kg kWh ⁻¹)	Nem Çekme Oranı (MER) (Kg h ⁻¹)	Birim Üretim Maliyeti (TL kg ⁻¹)
Kurutma Sistemi						
45	0.32	10.46	2.60	0.40	1.35	2.1466
55	0.63	5.13	1.36	0.74	2.37	1.0528

KAYNAKLAR

- Abuşka, M., Doğan, H., 2010. Endüstriyel Tip Isı Pompalı Kurutucuda Çekirdeksiz Üzümün Kurutulması. *Politeknik Dergisi*, 13(4).
- Aktaş, M., Ceylan, İ., Doğan, H., Aktekeli, Z., 2010. Güneş Enerjisi Destekli, Isı Pompalı Kırmızıbiber Kurutucusunun Tasarımı, İmalatı Ve Performans Deneyle. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 30, 1, 111-120.
- Aktaş, M., Kara, M. Ç., 2013. Güneş Enerjisi Ve Isı Pompalı Kurutucuda Dilimlenmiş Kivi Kurutulması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4).
- Aktaş, M., Menlik, T., Boran, K., Aktekeli, B., Aktekeli, Z., 2014. Isı Pompalı Bir Kurutucuda Portakal Kabuğu Kurutulması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 2(2), 229-238.
- Ayhan, A., 2005. Çeşitli Tarımsal Ürünlerin Vakumla Kurutulmasında Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 138s, Bursa.
- Baydar, H., Baydar N. G., Debener, 2005. Analysis Of Genetic Relationships Among Rose Damascene T., Plants Grown In Turkey By Using AFLP And Microsatellite Markers. *Turkey VI. Field Crops Congress, 5-9 September 2005, Antalya (Research Presentation Volume II, Page1123-1126)*. (in Turkish).
- Baydar, H., Kazaz, S., Erbaş, S., Örucü, Ö. K. 2008. Soğukta Muhafaza Ve Kurutmanın Yağ Güllü Çiçeklerinin Uçucu Yağ İçeriği Ve Bileşimine Etkileri. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 42-48.
- Baysal, T., Ozbalta, N., Gokbulut, S., Capar, B., Tastan, O., Gurlek, G., 2015. Investigation of Effects of Various Drying Methods on the Quality Characteristics of Apple Slices and Energy Efficiency. *Journal of Thermal Science and Technology*, 35(1), 135-144.
- Boyar, S., 2006. Karma Yem Sanayinde Enerji Verimliliğinin Belirlenmesi Ve İyileştirilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma (İki Fabrika Örneğinde). *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 414s, İzmir.
- Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H., 2005. Isı Pompalı Kurutma Odasında Elma Kurutulması. *Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi*. 25(2), 9-14.
- Chua, K.J., Chou, S.K., Ho, J.C., Hawlader, M.N.A., 2002, *Heat Pump Drying: Recent Developments And Future Trends, Drying Technology, Volume 20*.

- Coşkun, S., Doymaz, İ., Tunçkal, C., Erdoğan, S. (2017). Investigal of drying kinetics of domato slices dried by using a closed loop heat pump dryer. *Heat and Mass Transfer*, 53(6), 1863-1871.
- Demirözer, O. 2008, Isparta İli Yağ Gülü (*Rosa Damascena* Miller) Üretim Alanlarında Bulunan Zararlılar, Yayılışları, Doğal Düşmanları Ve Önemlilerinin Populasyon Değişimleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 151s, Isparta.
- Ersöz, M. A., Doğan, H., 2009, Isı Geri Kazanımlı Akışkan Yataklı Sürekli Kurutucunun Enerji Analizi, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Teknolojik Araştırma Bildirisi, İzmir.
- Gürlek, G., Akdemir, Ö., Güngör, A., 2015. Gıda Kurutulmasında Isı Pompalı Kurutucuların Kullanımı ve Elma Kurutmada Uygulanması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21(9), 398-403.
- Kudra, T., Mujumdar, A.S., 2002. *Advanced Drying Technologies*, Marcel Dekker, 249s. New York.
- Kuzgunkaya, E., 2006. Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı (Jeotermal) Isı Pompalı Bir Kurutucunun Enerji ve Ekserji Analizi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 147s, İzmir.
- Mirza, M., 2006. Isı Pompalı Kurutucunun Isıl Tasarımı. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 246s, İzmir.
- Prasertsan, S., Saen-Saby, P., 1998. Heat Pump Drying Of Agricultural Materials. *Drying Technology*, 16(1-2), 235-250.
- Şevik, S., Aktaş, M., Özdemir, M., Doğan, H. 2014. Güneş Destekli Isı Pompalı Bir Kurutucuda Mantarın Kuruma Davranışlarının Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Modellenmesi. *Journal of Agri Cultural Sciences*, 20, 187-202.
- Tunçkal, C., Coşkun, S., Erdoğan, S., 2016. Kapalı Döngü Bir Isı Pompalı Kurutma Sisteminin Performans Analizi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 36, 161-172.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bekir ANSAR

Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1989

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ansar_bekir@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Konya Adil Karaağaç Anadolu Meslek Lisesi, 2008

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Mekatronik Öğretmenliği, 2012

Staj Deneyim

Konya Matlı Yem Fabrikası 2008 (Yaz dönemi)

Isparta Dirlik Plastik 2010-2011(Yaz dönemlerinde)

İş Deneyimi

Karaman Temizel Ünlü Mesleki ve Teknik And. Lis. (Öğretmen) 2014-(Devam)

Yayınlar

Ansar, B. ve Akbolat, D., 2017. "Energy and Cost Analysis of Rose Rosa damascena Dried by Heat Pump Drying Systems". XXIV. Scientific Infrastructure and Environment Conference, Polonya, 1291-1300.