



T. C.

**ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LED TEKNOLOJİSİ İLE FINDIK KURUTMA

LEVENT KANDEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

LED TEKNOLOJİSİ İLE FINDIK KURUTMA

LEVENT KANDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

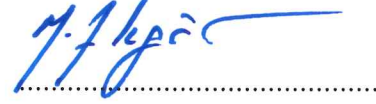
Levent KANDEMİR tarafından hazırlanan “LED TEKNOLOJİSİ İLE FINDIK KURUTMA” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 27.08.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

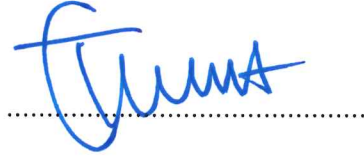
Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Mithat AKGÜN

Jüri Üyeleri

Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Mithat AKGÜN
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü,
TBMYO, Ordu Üniversitesi
Üye
Prof. Dr. Tahsin TONKAZ
Biyosistem Mühendisliği, Ziraat Fakültesi, Ordu
Üniversitesi
Üye
Doç. Dr. Ahmet AYGÜN
Biyoloji Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kocaeli
Üniversitesi

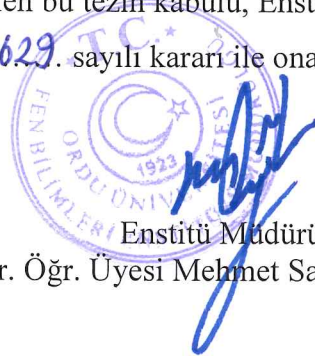
İmza







11 / 09 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 13 / 09 / 2019 tarih ve ... / 629 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



LEVENT KANDEMİR

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

LED TEKNOLOJİSİ İLE FINDIK KURUTMA

LEVENT KANDEMİR

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 68 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MİTHAT AKGÜN

Yaş meyve ve sebzeler sahip oldukları su oranlarından dolayı uzun süre muhafaza edilemezler. Bu nedenle ürünlerin depolama kabiliyetini artırmak ve enerji maliyeti olmaksızın uzun süreli saklanmasını sağlamak amacıyla ürünler kurutulmaktadır. Kurutma doğal yöntemlerle (açık havada, güneşte veya gölgede) uzun sürede antihijyenik koşullarda yapılabileceği gibi mekanik olarak kurutma makinalarında daha kısa sürede, gıda özelliklerini koruyarak ve hijyenik olarak yapılabilmektedir.

Gıda kurutma makina maliyetlerinin yüksek olması yanı sıra kurutma zamanının uzun ve enerji maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı mekanik kurutma gıda üreticileri tarafından tercih edilmemektedir.

Karadeniz bölgesinde yoğun olarak fındık tarımı yapılmaktadır. Fındık hasadının yapıldığı Ağustos-Eylül aylarında bölgenin oldukça yağışlı ve nemli olması, geleneksel yöntemlerle güneşte kurutulan fındığın kuruma süresini uzatmakta ve buna bağlı olarak kalite kayıpları ile aflatoksin oluşumuna sebep olmaktadır. Fındık tarımında farklı tip ve yöntemlere sahip mekanik kurutma makinaları var olsa da, bu makinalar hem üreticiler hem de işleme tesisleri tarafından kabul görememiştir.

Bu deneysel çalışmada kurutma süresini kısaltacak, enerji verimliliği yüksek, fındık gıda özelliğinin koruyacak hijyenik LED'li kurutma sistemi tasarlanarak imal edilmiştir. Enerji kaynağı olarak üç farklı LED sıcaklığına sahip LED'ler (3000 K, 4000 K ve 6500 K) kullanılmış ve ışınlama ısı transferinin kütle transferine etkileri ortaya koyulmuştur. Fındıkla LED'ler arasındaki mesafe artışının ve fındık boyutunun kuruma süresine etkisi belirlenmiştir. Kurutma şartlarının gıda özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca kurutma yöntemlerinin geleneksel yöntemle karşılaştırması için fındık güneşte de kurutulmuştur.

LED'li kurutma sistemi, konveksiyonel kurutma yöntemine (etüv) ve Güneşte kurutmaya göre daha kısa sürede fındığı %6 denge nemine düşürmüştür. LED'li fındık kurutma doğal taşımda gerçekleşecekse uygun sıcaklık aralığı açısından fındık ile LED arasındaki mesafe 15 cm olmalıdır. LED'li fındık kurutma zorlanmış taşımda gerçekleşecekse hem kuruma süresi hem de uygun sıcaklık aralığı açısından hava hızı 1,5 m/s ve fındık ile LED arasındaki mesafe 5 cm olmalıdır. Fındıkla LED arasındaki mesafe ve fındık boyutu arttıkça kuruma süresi de artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Meyve Kurutma, LED.

ABSTRACT

HAZELNUT DRYING WITH LED TECHNOLOGY

LEVENT KANDEMİR

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 68 PAGES

SUPERVISOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ MİTHAT AKGÜN

Fresh fruits and vegetables cannot be preserved for a long time due to their water content. Therefore, the products are dried to increase the storage capacity of the products and to ensure long-term storage without energy costs. Drying can be carried out by natural methods (outdoors, in the sun or the shade) in a long time under antihygienic conditions, as well as in mechanical drying machines in a shorter time, preserving food properties and hygienic.

Mechanical drying is not preferred by food manufacturers due to the high drying costs and long drying times and high energy costs.

In the Black Sea region, hazelnut cultivated intensively. In August-September, when the hazelnut harvest is carried out, the drying of the harvested hazelnut in the sun by traditional methods is prolonged because the region is quite rainy and humid, the drying time is prolonged, the quality losses and causes aflatoxin formation. Although there are mechanical drying machines of different types and methods in hazelnut farming, these machines have not been accepted by both producers and hazelnut processing plants.

In this experimental study, a hygienic LED drying system was designed and manufactured to reduce the drying time, to maintain energy efficiency and to maintain nut nutrient properties. LEDs (3000 K, 4000 K and 6500 K) with three different LED temperatures have been used as energy sources and the effects of radiation heat transfer on mass transfer have been demonstrated. The effect of an increase in distance between hazelnuts and LEDs and the size of hazelnuts on drying time were determined. The effect of drying conditions on food properties was investigated. Besides, hazelnuts were dried in the sun for comparison of drying methods with conventional methods.

LED drying system reduced the hazelnut to 6% equilibrium moisture in a more shorter time compared to the convection drying method (oven) and drying in the sun. If the hazelnut drying with LED is to be carried out in natural convection, the distance between the hazelnut and the LED should be 15 cm for the appropriate temperature range. If the LED hazelnut drying is to be carried out in forced convection, the air velocity should be 1.5 m / s and the distance between the hazelnut and the LED should be 5 cm in terms of drying time and suitable temperature range. As the distance between the hazelnut and the LED increased and the hazelnut size increased, the drying time also increased.

Keywords: Hazelnuts, Fruit Drying, LED.

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında göstermiş olduğu destek ve liderliğinden dolayı danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN'e teşekkür ederim.

Ayrıca tasarım ve üretimi yapılan kurutma sisteminin LED ile ilgili tasarım aşamalarında bilgi ve tecrübelerinden her zaman istifade ettiğim Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O Elektrik Programı Bölüm Başkanı Öğr. Gör. Özer ŞENYURT'a, çalışmalarım sırasında desteğini her zaman yanımda hissettiğim Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O müdür yardımcısı kardeşim Bülent KANDEMİR'e, imkanlarını esirgemeyen Aysan Fındık Ltd. Şti. Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Ömer Aydın'a, fındık yağ analizlerini yapan Altaş Yağ A.Ş'ye, kurutulmuş fındıkların gıda özellikleri ile ilgili analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Tezin incelenmesi ve savunma sırasındaki katkılarından dolayı jüri üyeleri sayın Prof. Dr. Tahsin TONKAZ ve sayın Doç. Dr. Ahmet AYGÜN'e ayrı ayrı teşekkür ederim.

Aynı zamanda, bu zorlu ve uzun süreçte göstermiş oldukları anlayış ve destekleri ile ideallerimi gerçekleştirmemi sağlayan anneme ve babama, onlara ayırmam gereken zaman dilimlerinde kendilerinden taviz vererek, bu tezin oluşmasında büyük sabır gösteren sevgili eşim Kıymet ve biricik oğlum Burak Utku'ya yürekten teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	X
EKLER LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1 Fındık	1
1.2 Fındık Çeşitleri.....	2
1.2.1 <i>Corylus Avellana</i> (Adi Fındık).....	2
1.2.2 <i>Corylus Colurna</i> (Türk Fındığı).....	2
1.2.3 <i>Corylus Maxima</i> (Lambert veya Kan fındığı).....	3
1.2.4 <i>Corylus Ferox</i>	3
1.2.5 <i>Corylus Chinensis</i> Franch	3
1.2.6 <i>Corylus Pontica</i>	3
1.2.7 <i>Corylus Heterophylla</i> Fisch	3
1.2.8 <i>Corylus Americana</i> Walt.....	3
1.2.9 <i>Corylus Mandschurica</i> Maxim	3
1.2.10 <i>Corylus Sieboldiana</i> Blume	3
1.2.11 <i>Corylus Rostata</i>	4
1.2.12 <i>Corylus Californica</i> Rose.....	4
1.3 Türkiye’de Yaygın Olarak Bilinen Önemli Türler.....	4
1.3.1 Yuvarlak Fındıklar	4
1.3.1.1 Tombul Fındık.....	4
1.3.2 Sivri Fındıklar	5
1.3.3 Badem Fındıklar.....	5
1.4 Fındığın Besin Değeri	5
1.5 Ticari Değeri	6
1.6 Fındık Meyvesinin Kullanım Alanları	7
1.7 Kaliteli İç Fındığın Özellikleri	9
1.8 İç Fındıkta Kalite Bozuklukları.....	9
1.9 Fındıkta Kalite Bozukluklarına Neden Olan Unsurlar.....	11
1.10 Harmanlama	11
1.11 Fındık Kurutma Makinaları.....	14
1.12 Işık.....	14
1.12.1 Genel Bilgi	14
1.12.2 Led	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	18
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
4.1 LED Kurutma Grafikleri	31
4.1.1 LED-3000 K Renk Sıcaklığı Grafikleri	31

4.1.2 LED-4000 K Renk Sıcaklığı Grafikleri	39
4.1.3 LED-6500 K Renk Sıcaklığı Grafikleri	43
4.2 Etüvde Kurutma Grafiği.....	47
4.3 Güneşte Kurutma Grafiği.....	47
4.4 LED Karşılaştırma Grafikleri.....	49
4.5 Mesafe karşılaştırma grafikleri	51
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	58
6. KAYNAKLAR	60
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Zuruflu Fındık.....	2
Şekil 1.2 Tombul Fındık (Balık ve ark., 2016)	5
Şekil 1.3 Türkiye Kabuklu Fındık Rekolte Tahmin Grafiği	6
Şekil 1.4 Türkiye Fındık İhracat Grafiği (İç Fındık)	7
Şekil 1.5 2018 Fındık Sezonu Dünya Fındık Rekolte Tahmin Grafiği.....	7
Şekil 1.6 Harmana Serilmiş Zuruflu Fındık.....	12
Şekil 1.7 Zurufundan Ayrılmış Kabuklu Fındıkların Kurutulması.....	13
Şekil 1.8 Işık Dalga Boyu (Anonim, 2014d)	14
Şekil 1.9 Görünür Işığın Elektromanyetik Tayftaki Yeri	15
Şekil 1.10 Led Ampul Yapısı (Anonim, 2014a)	16
Şekil 1.11 Sıcaklık Renk Skalası	17
Şekil 3.1 Mettler Toledo Nem Ölçüm Cihazı ve Vakumlanmış Fındık	23
Şekil 3.2 LED’li Tünel Tipli Kurutma Sisteminin Şematik Görünüşü.....	24
Şekil 3.3 Kurutma Kabininin Şematik Görünüşü	24
Şekil 3.4 LED Panel 6500 K.....	25
Şekil 3.5 Lüksmetre DT-1309	26
Şekil 3.6 Kabin ve Fındık İçi Sıcaklıklarının Termoelemanla Ölçümü.....	27
Şekil 3.7 Üç Farklı Boyuttaki Fındıkların Güneşte Kurutulması	27
Şekil 3.8 Üç Farklı Boyuttaki Fındıkların Etüv’de Kurutulması.....	28
Şekil 3.9 Fındık kurutma Deneyleri Tablosu (3000 K)	28
Şekil 3.10 Fındık kurutma Deneyleri Tablosu (4000 K)	29
Şekil 3.11 Fındık kurutma Deneyleri Tablosu (6500 K)	29
Şekil 3.12 Fındık kurutma Deneyleri Tablosu (Güneş - Etüv)	29
Şekil 3.13 Fındık kurutma Deneyleri Tablosu (Güneş - Etüv)	30
Şekil 4.1 3000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	31
Şekil 4.2 3000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	32
Şekil 4.3 3000 K LED İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	32
Şekil 4.4 3000 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	33
Şekil 4.5 3000 K LED ve 15 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	34
Şekil 4.6 3000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	34
Şekil 4.7 3000 K LED İçin Hava Hızına Bağlı % Nem Oranı-Zaman Değişimi	35
Şekil 4.8 3000 K LED İçin 1,5 m/s Hava Hızına Bağlı Kütle- Zaman Değişimi.....	36
Şekil 4.9 3000 K LED için Ø14-15 mm Fındık Boyutunda Hava Hızına Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	36
Şekil 4.10 3000 K LED için Ø16-17 mm Fındık Boyutunda Hava Hızına Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	37
Şekil 4.11 3000 K LED ile Kurutmada Hava Hızına Bağlı Olarak Kurutma Kabini Çıkış Sıcaklık-Zaman Değişimi	37

Şekil 4.12 3000 K LED ile Kurutmada Hava Hızına Bağlı Olarak Fındık İçi Sıcaklık-Zaman Değişimi	38
Şekil 4.13 4000 K LED ve L=5 cm İçin Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	39
Şekil 4.14 4000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	39
Şekil 4.15 4000 K LED ve L=10 için Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	40
Şekil 4.16 4000 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	41
Şekil 4.17 4000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi	41
Şekil 4.18 4000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	42
Şekil 4.19 6500 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	43
Şekil 4.20 6500 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	44
Şekil 4.21 6500 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	44
Şekil 4.22 6500 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	45
Şekil 4.23 6500 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	46
Şekil 4.24 6500 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi	46
Şekil 4.25 Etüvde Kurutulan Fındığın Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	47
Şekil 4.26 Güneşte Kurutulan Fındığın Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	48
Şekil 4.27 Güneşte Kurutulan Fındığın Yüzey Sıcaklığının Gün İçerisindeki Değişimi	48
Şekil 4.28 Farklı Kurutma Şartlarında L=5 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi	49
Şekil 4.29 Farklı Kurutma Şartlarında L=10 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi	50
Şekil 4.30 Farklı Kurutma Şartlarında L=15 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi	50
Şekil 4.31 Güneş, Etüv ve L=5 mm Mesafeki 3000K LED’li Değişken Hava Hızına Bağlı Fındığın Kütle-Zaman Değişimi	51
Şekil 4.32 3000 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	52
Şekil 4.33 4000 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	52
Şekil 4.34 6500 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi	53
Şekil 4.35 L=5 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman Değişimi	54
Şekil 4.36 L=10 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman ..	54
Şekil 4.37 L=15 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman Değişimi	55

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Fındığın Genel Kimyasal Bileşimi (Aktaş, 2007)	6
Çizelge 1.2 Fındık Kullanım Alanları (Anonim, 2018a)	8
Çizelge 3.1 Kullanılan LED'lerin Özellikleri	25
Çizelge 3.2 LED Plakaların Mesafeye Bağlı Aydınlatma Değerleri	26
Çizelge 4.1 Fındığın Kurutma Şartlarına Göre Ö-T, % N Değişimleri	56
Çizelge 4.2 Fındığın Kurutma Şartlarına Göre % Yağ Oranı ve FFA Değişimleri ...	56
Çizelge 4.3 Fındığın Kurutma Şartlarının Toplam Phenolik, Toplam Flavonoid ve Antiokidant Activitesine (DPPH And FRAP Assay) Etkileri	56

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Å	: Angstrom
CCT	: İlişkili Renk Sıcaklığı (Correlated Colour Temperature)
°C	: Santigrat Derece
FFA	: Serbest Yağ Asidi (Free Fatty Acids)
h	: Ransimat
IR	: İnfrared
K	: Kelvin
LED	: Light Emiting Diode
lm	: Lümen
lx	: Lüks
meqO₂/kg	: Peroksit
mA	: Miliamper
min	: Dakika
nm	: Nanometre
PID	: İletken Malzemeden Oluşan ve Işık Yayan LED Çipi (Proportional Integral Derivative)
TS	: Türk Standartları
UV	: Ultraviyole
V	: Hava akış hızı
V	: Volt
W	: Watt
Ø	: Çap

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1: Türk Fındığı Besin Değerleri Tablosu (Anonim, 2019).....	64
EK 2: Kabuklu Fındıkta Bazı Nitelik Değerleri (Demirtaş, 1996).....	65
EK 3: Tasarlanmış olan LED Paneller (3000 K, 4000 K ve 6500 K)	66
EK 4: Nem ve Sıcaklık Tespitinde Kullanılan Çihazlar	67

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışıyla birlikte sanayi ve şehirleşme oranının artışına bağlı olarak enerji ihtiyacı çok hızlı artmıştır. Bu enerji ihtiyacının fosil yakıtlardan karşılanması da çevre kirliliği ve iklim değişikliğine sebep olmuştur. Dünyanın geleceğini tehdit eden bu sıkıntıların aşılması için hem ülkemizde hem de dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji üzerine yapılan çalışmaların yanı sıra ülkeler daha az enerji ile daha verimli çalışan sistemlerin kullanımına yönelmişlerdir.

Gıdaların daha az enerji ile daha uzun süreli saklanması için yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Bu çalışmalarda ürünler ya dondurularak depolanmakta ya da kurutularak muhafaza edilmektedir. Her iki yöntemde de gıda özelliklerini korumanın yanı sıra enerji sarfiyatını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Karadeniz bölgesinin önemli tarım ürünü olan fındığın hasadından sonraki dönemde kurutulması ve depolanması süreci iklim değişikliklerinden dolayı büyük problem haline almıştır. Fındığın kuruma süresi uzamış, fındıkta kalite kayıpları oluşmuş ve üreticiler maddi kayba uğramıştır.

Bölgemizdeki üreticilerin fındık kurutma problemlerini çözecek, enerji ve işçilik maliyetini düşürmeye yönelik çalışmalara ülkemizde ve tüm dünyada ağırlık verilmiştir.

1.1 Fındık

Bitkisel literatürde, *Fagales* takımının *Betulaceae* familyası *Corylus* cinsi içinde yer alan fındık (Anonim, 2018b), yeryüzünde, 36°- 41° kuzey enlemleri arasında, kıyıda en fazla 30 km içeride, deniz seviyesinden ise maksimum 750-1000 metre kadar yükseklikte, kendine özgü iklim koşullarında yetişen (Anonim, 2018c), çalı formu olanların boyu 1-4 m, tek gövdeli ağaçların boyu maksimum 10 m (Anonim, 2018b), olan, zuruflu olarak yetişen meyveden hasat ve harman sonrası elde edilen kendine özgü şekli, büyüklüğü (uzunluk:10-25 mm ve çap:10-20 mm), tat ve aroması olan sert kabuklu bir yemiştir.



Şekil 1.1 Zurumlu Taze Fındık

Karadeniz'in antik çağdaki ismi "Pont Exinus" tan türetilen "pontik" kelimesinden adını alan fındığın anavatanı Anadolu kabul edilir. Fındık için, tarihçi Herodotos (M.Ö. 490-425) fındığın Karadeniz' in doğusunda yetiştirildiğini yazmıştır (Anonim, 2018d).

1.2 Fındık Çeşitleri

Yaklaşık %70 oranla, üretiminin büyük çoğunluğu ülkemizde yapılan fındık Amerika'dan Kore'ye, İtalya'dan Kanada'ya birçok ülkede değişik türler adı altında üretilmektedir. Bunlardan önemlileri;

1.2.1 *Corylus Avellana* (Adi Fındık)

Karadeniz bölgesi, Kafkas dağları ve Avrupa kıtasının tamamı olmak üzere geniş bir alana yayılmış türdür (Anonim, 2018b).

1.2.2 *Corylus Colurna* (Türk Fındığı)

Ana vatanı Karadeniz sahilleri, Trakya ve Makedonya olan bir fındık türüdür. 1582 yılında İstanbul'dan Avusturya'ya götürüldüğü için Türk fındığı olarak isimlendirilmiştir.

1.2.3 *Corylus Maxima* (Lambert veya Kan fıncığı)

Güney Asya'dan Balkan yarımadasının kuzeyine ve İtalya'ya kadar kültür türleri ile yabancı formlarına rastlanmaktadır.

1.2.4 *Corylus Ferox*

Çin'de ve yaygın olarak Himalaya'larda rastalanan bu tür 10 metreye kadar uzayan ağaç şeklindedir.

1.2.5 *Corylus Chinensis* Franch

Çin'de yaygın olan bu tür 40 metre'ye kadar uzayan ağaç şeklindedir.

1.2.6 *Corylus Pontica*

Gövdesi çalı formu olan bu türün, yaprakları kalp şeklinde yuvarlakımsı oval, meyveleri ise iri, geniş ve ovaldır. Genellikle Batı Asya'da yetiştirilmektedir.

1.2.7 *Corylus Heterophylla* Fisch

4 metreye kadar uzayabilen ağaç formu bu tür, Çin'in batısından Japonya'ya kadar yayılma göstermiştir.

1.2.8 *Corylus Americana* Walt

1-3 metre boya kadar uzayabilen çalı formu bu türe, Kanada'dan Florida'ya kadar olan bölgede yayılma göstermiştir.

1.2.9 *Corylus Mandschurica* Maxim

5 metre boya kadar uzayabilen çalı formu bu türe daha ziyade Kore ve Mançurya'da yaygın olarak rastlanmaktadır.

1.2.10 *Corylus Sieboldiana* Blume

5 metreye kadar uzayabilen bu tür, çalı formunda olup Japonya'da yaygın olarak bulunmaktadır.

1.2.11 *Corylus Rostata*

0.6-0.8 metre uzayabilen bu tür, çalı formulu olup, Kuzey Doğu Amerika'da yaygın olarak bulunmaktadır.

1.2.12 *Corylus Californica* Rose

Boyları 7 metreye kadar uzayabilen çalı formulu bir tür olup, Amerika Kıtasında, Kaliforniya'dan Washington'a kadar geniş bir alana yayılmıştır.

1.3 Türkiye'de Yaygın Olarak Bilinen Önemli Türler

Ülkemizde "*Corylus Avellana*" ile "*Corylus Maxima*" türlerinin ve bu iki türün melezi olup boyu 5-6 metreye kadar uzayabilen kültür fındıklarının üretimi yapılmaktadır.

Giresun ve Levant kalite olmak üzere Türk Fındığı ikiye ayrılır. Tadı ve içerdiği yağ oranı ile yeryüzünün en üstün özellikli fındığı olan Giresun kalite fındık, Giresun'da Trabzon'un Akçaabat, Çarşıbaşı, Beşikdüzü ve Vakfıkebir ilçelerinde yetiştirilmektedir.

Daha az yağ içeren Levant kalite fındık ise Trabzon bir bölümü ile Ordu, Samsun, Sakarya, Düzce, Zonguldak, Bartın ve Bolu illerinde yetiştirilmektedir (Karadeniz ve ark., 2008).

Kalite sınıflandırmasından sonra, ülkemizde yetiştirilen önemli fındık çeşitleri zuruftan çıkan meyvenin şekil ve özelliklerine göre de gruplandırılmıştır. Bunlar;

- Yuvarlak fındıklar
- Sivri fındıklar
- Badem fındıklar

Olmak üzere üç grupta incelenebilir.

1.3.1 Yuvarlak fındıklar

1.3.1.1 Tombul fındık

Ülkemizde yetişen en önemli fındık çeşidi, Giresun ili ve civarında yaygın olarak yetiştirilen tombul fındıktır. Meyve kalitesinden dolayı Türk fındığının dünya ülkelerince tercih edilmesini sağlayan önemli bir türdür.

Kabuklu tombul fındığın ortalama uzunluğu 17.58 mm ve genişliği 17.04 mm, ortalama kabuk kalınlığı 1.10 mm ve randımanı %48-52'dir. İç meyve kabuk şekline uyum

sağlamış, meyve eti beyaz, parlak ve gevrek olup göbek boşluğu küçük, yağ oranı %69-72'dir. Kilogramında 670 - 730 adet kabuklu fındık bulunan çeşidin zurufları meyve boyunun 2,5 katı büyüklükte ve çoğunlukla 3 veya 4'lü taneli olacak şekilde çotanak halindedir (Anonim 2018e). Şekil 1.2'de tombul fındığa ait fotoğraf görülmektedir.



Şekil 1.2 Tombul Fındık (Balık ve ark., 2016)

Yuvarlak fındık türlerinin diğer yaygın olanları; Palaz fındık, Çakıldak fındık, Kalıncara fındığı, Mincane fındığı, Kan fındığı, Kargalak fındık, Cavcava fındığı, Uzunmusa fındığı, Foşa fındığı, Kara fındık, Okay 28, ve Allahverdi'dir.

1.3.2 Sivri Fındıklar

Sivri Fındık

İncekara fındığı

Acı fındık

Kuş fındığı

1.3.3 Badem Fındıklar

Yuvarlak badem fındığı

Yassı badem fındığı

1.4 Fındığın Besin Değeri

%16,2 gibi bir oranda bitkisel kaynaklı protein içeren ve 100 gramında 639 kcal gibi yüksek oranda enerji bulunan fındık; zihin ve beden yorgunluğunu giderir, vücuda güç ve enerji verir, vücut ve kemik gelişimini destekler.

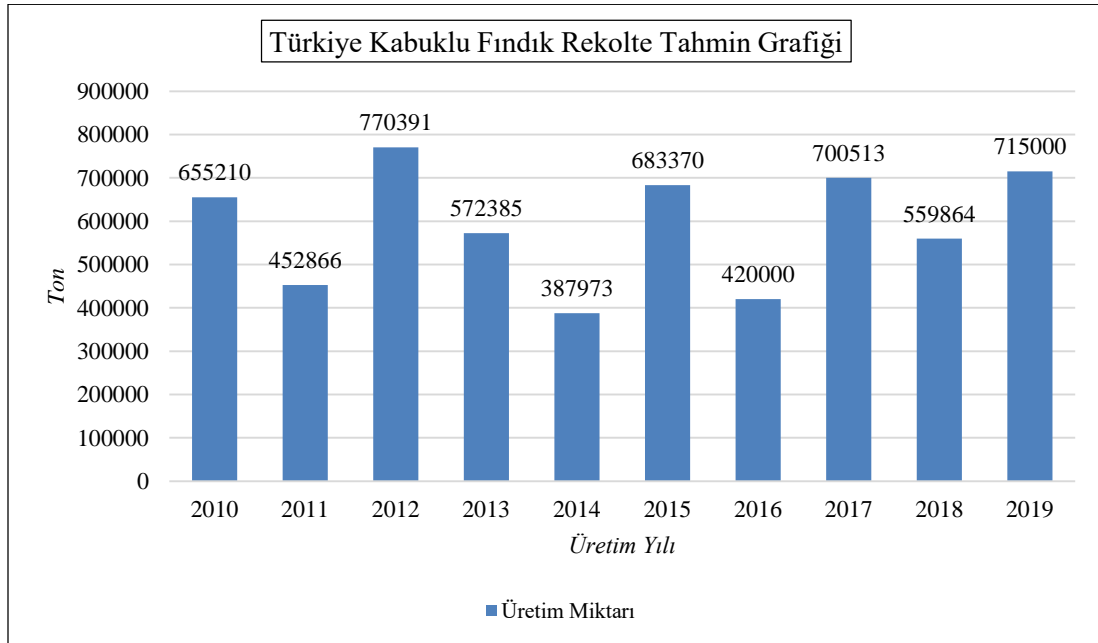
TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Merkezi Gıda ve Soğutma Teknolojileri Araştırma Bölümünce incelenen fındık ve fındık yağı örneklerinin ortalama vitamin içerikleri çizelge 1.1'de verilmiştir (Aktaş, 2007).

Çizelge 1.1 Fındığın Genel Kimyasal Bileşimi (Aktaş, 2007)

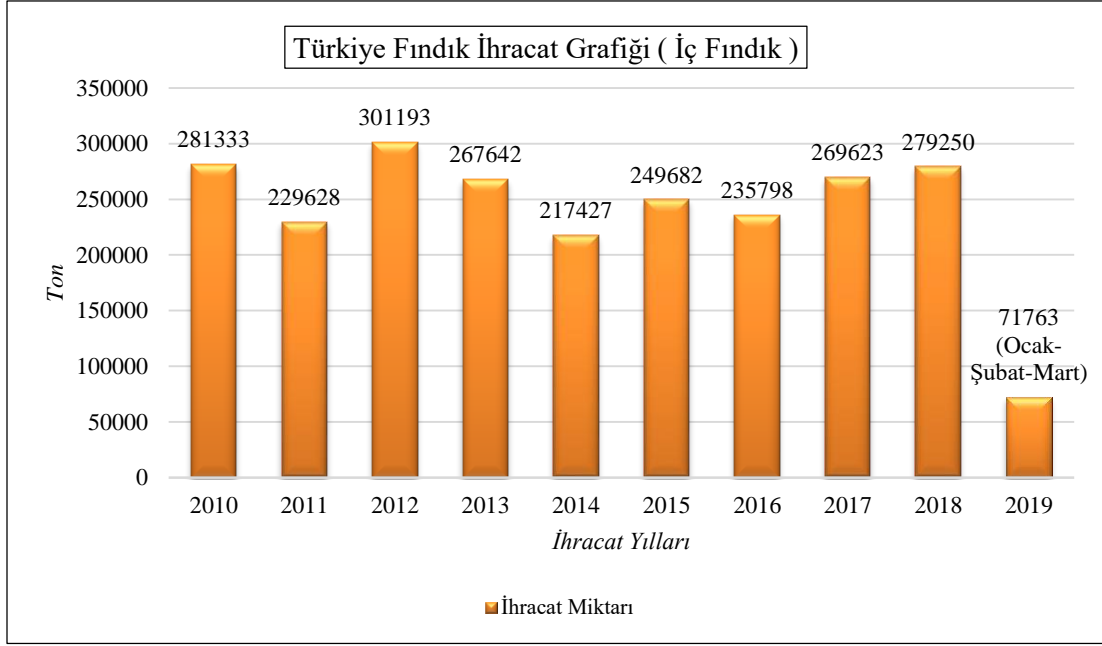
Kimyasal Bileşimi (g/100g)	İçerisindeki Vitaminler (mg/100g)	İçerisindeki Mineraller (mg/100g)	
Nem	4.6	B1 Vitamini 0.33	Demir 5.8
Yağ	62.7	B2 Vitamini 0.12	Potasyum 655.3
Karbonhidrat	11.6	B6 Vitamini 0.24	Bakır 1.3
Protein	16.2	E Vitamini 31.4	Kalsiyum 160.0
Selüloz	2.7	Niasin 1.75	Sodyum 2.1
Kül	2.2		Manganez 5.1
			Çinko 2.2
			Mağnezyum 16.2

1.5 Ticari Değeri

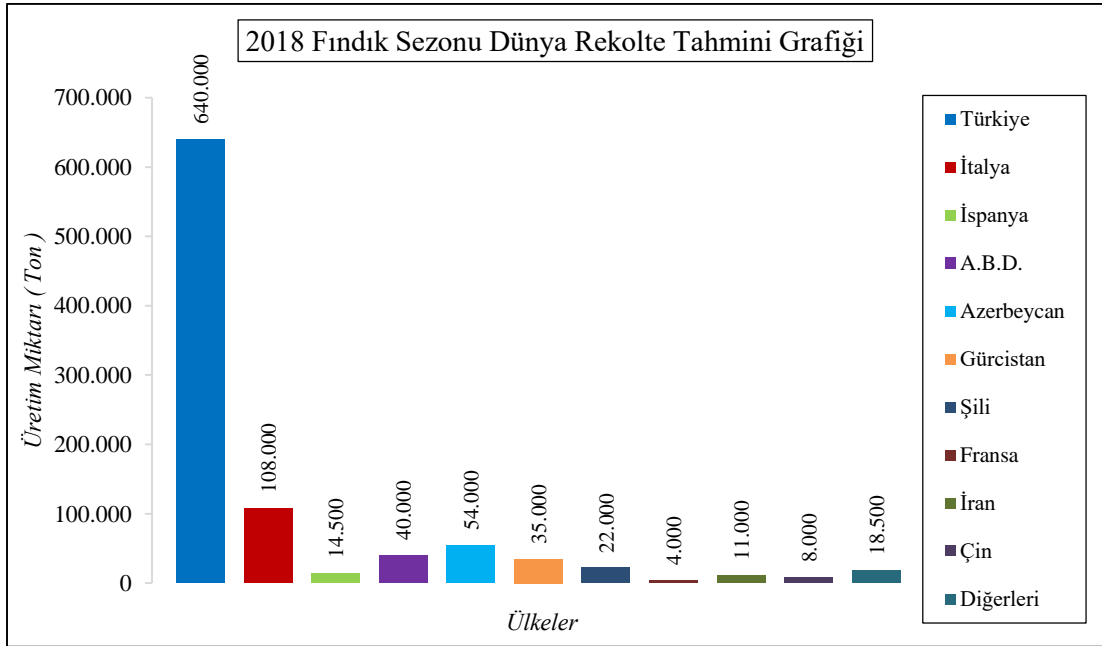
Yıllık ortalama 500.000 – 550.000 ton ile dünya fındık üretiminin yaklaşık 2/3’si ülkemizde gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.3). Karadeniz sahil kuşağında, yaklaşık 400 bin çiftçi ailesi tarafından üretimi gerçekleştirilen, direkt ve dolaylı olarak 4 milyon insanımıza geçim kaynağı olan fındık, önemli tarımsal sanayi ürünlerinden bir tanesidir.



Şekil 1.3 Türkiye Kabuklu Fındık Rekolte Tahmin Grafiği



Şekil 1.4 Türkiye Fındık İhracat Grafiği (İç Fındık)



Şekil 1.5 2018 Fındık Sezonu Dünya Fındık Rekolte Tahmin Grafiği

1.6 Fındık Meyvesinin Kullanım Alanları

Fındık meyvesinin %80'ni çikolata sanayinde ve %10-12'si pastacılık, bisküvi ve unlu mamuller sektörlerinde dilinmiş, kıyılmış ve öğütülmüş olarak kullanılırken %3-4'ü çerez olarak, kalanı da yağ sanayinde kullanılmaktadır.

Tüketime sunulan fındık mamullerinin detaylı kullanımı Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Fındık Kullanım Alanları (Anonim, 2018a)

İç Fındık	Elde Edilmesi	Kullanıldığı Yerler
Standart 1 (13-15 mm)		İşlenecek ve ileri derecede işlenecek fındıkların hammaddesi.
Standart 2 (11-13 mm)	Yenilen kısmın sert meyve kabuğundan çıkarılması.	
Standart 3 (9-11 mm)		
Beyazlatılmış İç Fındık	İç fındığın zarının attırılarak beyazlatılması ve kısmen beyazlatılmış tanelerinden ayrılması.	Çikolata sanayi ve kuruyemiş olarak tuzlu fındık imalatı.
Kavrulmuş İç Fındık	İç fındığın isteğe bağlı olarak (hafif, orta veya çok) kavrulması.	Çikolata sanayinde ve kuruyemiş olarak.
Kıyılmış İç Fındık	Naturel veya kavrulmuş iç fındığın tekniğine uygun olarak milimetrik boylarda (2-4 mm, 3-5 mm vs.) parçalar halinde kesilmesi suretiyle.	Dondurma, bisküvi, çikolata sanayinde ve pastacılık sektöründe.
Dilinmiş İç Fındık	İç fındığın tekniğine uygun olarak kesilerek yaprak haline getirilmesi.	Pastacılıkta.
Öğütülmüş / Toz Fındık (Fındık Unu)	Naturel veya kavrulmuş iç fındığın tekniğine uygun olarak öğütülmesi.	Pastacılık, bisküvi, dondurmacılıkta
Pirinç fındık	Fındık içinin kalın öğütülmesi.	Fındıklı sos ve tatlılar.
Fındık Ezmesi	Kavrulmuş veya kısmen kavrulmuş iç fındığın tiplerine göre gereken teknoloji uygulanarak içine muhtelif lezzet ve çeşni verici maddelerle, gerektiğinde katkı maddelerinden bir veya birkaçının katılması ile oluşan homojen karışımın küçük parçacıklar halinde ezilmesi .	Doğrudan tüketim, çikolata sanayi ve pastacılık sektörleri.
Fındık Füresi	Kavrulmuş iç fındığın (hafif, orta veya çok kavrulmuş) tekniğine uygun olarak ezilmesi.	Fındık ezmesi, çikolata vb. ürünlerin imalatı,dondurmacılık sektörü.
Yağda Kavrulmuş-Tuzlanmış Bütün Fındıklar	İç fındığın tuza bulanarak kavrulması veya yemeklik yağlarda kızartılması.	Kuruyemiş.
Kavrulmuş Kabuklu Fındık	Kabuklu fındıkların çitlatılarak sade yada tuzlu kavrulması.	Kuruyemiş.
Fındık Likörü	Kavrulmuş fındık aromasının çeşitli renk ve/veya koku verici diğer alkolde çözünebilen aromalarla tekniğine uygun olarak karıştırılması.	
Fındık Yağı	Fındık meyvesinden fiziksel işlemler ve ekstraksiyonla.	Yemeklik yağdan gres yağına ilaç ve kozmetik alanından tıbbi aparatların sterilizasyonuna daha bir çok alanda.
Fındık Sosu	Fındık yağından	
Nuga	Fındık füresinin şeker, süttozu, nebati yağ, doğala özdeş aroma (vanilin) ve emülgatör (lesitin) ile karıştırılması.	Çikolata sanayi.

1.7 Kaliteli İç Fındığın Özellikleri

İç fındıkların sahip olması gereken özellikler TS 3075'te standardize edilmiştir (Anonim, 2001). Bu özellikler;

- İç fındık bütün olmalıdır. İç fındık zarının (tegüment) bir kısmını kaybetmiş iç fındıklarla, çapı 3 mm'den, derinliği ise 1,5 mm'den küçük yaraları bulunan iç fındıklar kusurlu sayılmaz.

- Kuru olmalı, aşırı dış rutubet taşımamalı, rutubet muhtevası %6'dan fazla olmamalıdır.

- Temiz ve özellikle gözle görülebilir yabancı maddeden ari olmalıdır.

- Sağlam olmalıdır. Çürüme veya bozulma nedeniyle, tüketime uygun olmayan bir hale gelmiş olan iç fındıklar sağlam iç fındık olarak kabul edilmez.

- Yeterince gelişmiş olmalıdır. Haşlak ve buruşuk iç fındıklar tam gelişmiş iç fındık olarak kabul edilemez.

- Acılaşmış olmamalıdır.

- Ürünü tüketime uygunsuz hale getiren kusurlar bulunmamalıdır.

- Gelişmenin hangi döneminde olursa olsun canlı böcek ve kemiricilerden ari olmalıdır.

- Böceklerin, kemiricilerin ya da diğer parazitlerin gözle görülebilir her türlü zararından ari olmalıdır.

- Küften ari olmalıdır.

- Yabancı koku ve tat bulunmamalıdır.

1.8 İç Fındıkta Kalite Bozuklukları

Fındıkta kalite bozukluğu olarak isimlendirilen unsurlar ve kısa açıklamaları TS 3075'te ifade edilmiştir (Anonim, 2001).

Yabancı Madde

İç fındıkta, fındıktan veya iç fındık parçalarından farklı olarak bulunabilen her türlü madde.

Böcek Zararlı İç Fındık

İç fındıkta böceklerin veya her türlü hayvansal parazitlerin sebep olduğu çıplak gözle görülebilir zararlar veya ölü böceklerle, böcek kalıntılarının bulunduğu iç fındık.

Küflü İç Fındık

Daneleri üzerinde veya dane içlerinde çıplak gözle görülebilir küf lifleri bulunan iç fındık.

Parçalar

İç fındık danesinin 1/3'den daha fazla kısmının kaybolması ve 5 mm çapında yuvarlak delikli elek üstünde kalan dane parçaları.

Acılık

İç fındıkta yağ veya serbest yağ asitlerinin okside olması ile ortaya çıkan, arzu edilmeyen tat oluşumu.

Çürük

İç fındıkta mikroorganizmaların faaliyeti nedeniyle kimyasal yapının bozulması.

Buruşuk

Genellikle ürünün bol olduğu yıllarda veya kuraklık ve beslenme yetersizliği gibi etkenler nedeniyle veyahut kalıtsal olarak meydana gelen ve bir meyvenin dış yüzeyinin %50'sinden fazla bir kısmının buruşuk olması.

Haşlak

Döllenmeden sonraki iç'in hızlı büyümesi sırasında aşırı derecede yüksek hava sıcaklığı nedeniyle gelişmemiş sert meyve oluşumu.

Lekeler ve Fizyolojik Değişmeler

Kurutma veya depolama sırasında arzu edilmeyen koşullarda aşırı sıcak nedeniyle oluşan, renk ve tat değişimleri (Kotiledonların hafif açılarak göbek boşluğunun kahverengi veya koyu kahverengi renk alması tat ve kokuyu etkilemez ve bu şekildeki fındıkların bulunuşu kusur olarak kabul edilmez).

İkiz

Aynı kabuklu fındık danesi içinde iki adet iç'in gelişmesinin bir sonucu olarak oluşan karakteristik şekildir.

Limonlaşma

Yumuşama olmuş veya yumuşama olmadan ve/veya koku veya tatda hafif değişmeler ile birlikte kesim yerlerinde koyu sarı renk oluşması.

Urlu

Üzerinde haşere (findık kokarcası“*Palomena prasina* L.”) zararını kapatmak üzere oluşmuş sert yumru veya yumru izleri bulunması ile aynı haşerenin meyve eti içinde oluşturduğu beyaz renkli sertleşmiş dokulu oluşum (urlu dokunun, çapı 2 mm’den küçük olanlar urlu sayılmaz).

Gizli Çürük

İç’inin çürüğü dışına vurmamış iç findık.

Gizli Küflü

Göbek boşluğunda küf belirtisi olan ve bu belirti dışı vurmamış bulunan iç findık.

Ekşi Limonlu

Yağının oksitlenmesi nedeniyle tadı, rengi ve kokusu bozulmuş olan ve yenildiğinde hafif ekşi bir tat veren, ağızı yakan iç findık.

Vurgun

Kabuklu findığın kırılması sırasında üzerinde çapı 3 mm’den ve derinliği 1,5 mm’den fazla yara oluşması hali.

Ezik

Basınç veya diğer nedenlerle şeklin bozulması.

1.9 Fındıkta Kalite Bozukluklarına Neden Olan Unsurlar

Yıllık rekolte kayıplarına yol açabilen; dikim yanlışlıkları, hatalı budama, yanlış gübreleme, havaların aşırı soğuk veya sıcak gitmesi gibi olumsuzlukların yanı sıra, hasat ve harman teknolojilerindeki eksik uygulamalar, hasat ve harman zamanında özellikle yüksek kesimlerde havanın yağışlı olması ile depolama şartlarındaki olumsuzluklar üründe verim ve kalite düşmelerine neden olabilen unsurlardan bazılarıdır.

1.10 Harmanlama

Hasadı yapılmış olan zuruflu fındıkların zuruflarını soldurmak, zurufundan ayrılmış olan tanelerin de kurutulmak üzere serildiği toprak veya beton zeminden kaynaklanan kalite bozuklukları.



Şekil 1.6 Harmana Serilmiş Zurumlu Fındık

Bahçenin deniz seviyesinden yüksekliği ve fındık türüne bağlı olarak fındık hasadı Ağustos veya Eylül aylarında gerçekleştirilir. Fındık hasadı, zurumlu fındıkların yerden veya dallardan toplanmasıyla yapılır. Hasat sonrası zurumlu fındıklar Şekil 1.6 'da görüldüğü gibi 15-20 cm kalınlıkta harmana serilirler.

Nem oranı yüksek olan zuruftan tane fındıkları kolayca ayırabilmek için Güneş altında 3-5 gün ön kurutma (soldurma) işlemi olarak zurumlu fındıklarda tabir edilen soldurma işlemi ile zurumlu fındıkların kurutulması gerekmektedir. Aksi takdirde zurufundan fındığı ayırma çok güçleşmektedir.

Soldurma işleminden sonra zurumlu fındıklar patoza verilmek sureti ile zurufundan ayrılmaktadır.

Zurularından ayrılan fındıklar, Şekil 1.7'de görüleceği üzere bez veya beton zemin üzerine 5-10 cm kalınlığında serilerek kurutulur. Hava şartlarına göre ön kurutma dahil 15-20 günde güneşte kurutulan fındıkların nem oranının iç fındıkta %6'yı geçmemesi önemlidir.



Şekil 1.7 Zurufundan Ayrılmış Kabuklu Fındıkların Kurutulması

Fındık kurutma; fındık meyvesinin tat, aroma ve besin değerleri gibi özellikleri korunarak, doğal (Güneşte) ya da mekanik olarak iç fındıkta %6 denge nem oranlarının altına düşürülmesi işlemidir.

Fındığın Güneşte kurutulması sırasında uzun süreli yağmur yağması dolayısıyla fındığın kurutma süresinin uzamasına, işçiliğin ve maliyetin artmasına sebep olmakta, yere serili fındığın toprak ile teması ve dış etkilere açık olması (toz, toprak, kuş pisliği) nedeniyle patojen, mikroorganizma ve mikrobiyal bozulmalar, mikrobiyal toksin kaynaklı hastalıklar dolayısıyla kalite kayıplarına ve hijyen problemine sebep olmaktadır.

Mekanik kurutma sırasında fındığın kimyasal ve biyolojik yapısı bozulmamalı, kurutma süresi kısa ve enerji maliyeti az olmalıdır. Ayrıca mekanik kurutucuların ilk yatırım maliyeti az olmalı ve yılda bir ay kullanılacağı içinde depoda yer işgal etmemelidir. Bu kurutucular fındık üreticileri ve fındık işleyen tesislerce tercih edilebilir olmalıdır.

Mekanik kurutucularda, kurutma havasının sıcaklığı, hızı ve bağıl nemi uygun değerlerde seçilmezse fındıkta istenmeyen bozulmalar olabilir. Bu bozulmalar geleneksel yöntemde fındık kurutmada olduğu gibi kalite kayıplarına sebep olabilir.

Uygun olmayan üründen dolayı hem üretici, hem de fındık işleyen firmalar zarar ederken, milli ekonomi için de önemli bir kayıp olur.

1.11 Fındık Kurutma Makinaları

Fındığın hem harman şartlarından doğan bozulmalarını önlemek, hem de daha kısa sürede ve ekonomik olarak gıda özelliklerini sağlayacak şekilde kurutulmasını sağlamak için literatürde çok farklı kurutma çalışmaları yapılmış ve buna bağlı olarak farklı kurutma makinaları geliştirilmiştir. Bu kurutma makinalarında enerji kaynağı olarak Güneş, fındık artıkları veya odunu, fueloil veya elektrik kullanılmış. Kütle transfer akışkanı olarak kullanılan havanın sıcaklık, hız ve bağıl nemi değiştirilerek çalışan makinalar imal edilmiş. Kurutma makinalarında genelde fındık sabit kalırken şartlandırılmış hava fındığın üzerinden hareket ettirilmekte iken bazı makinalarda ise her ikisi de hareketli olarak fındık kurutulmuştur.

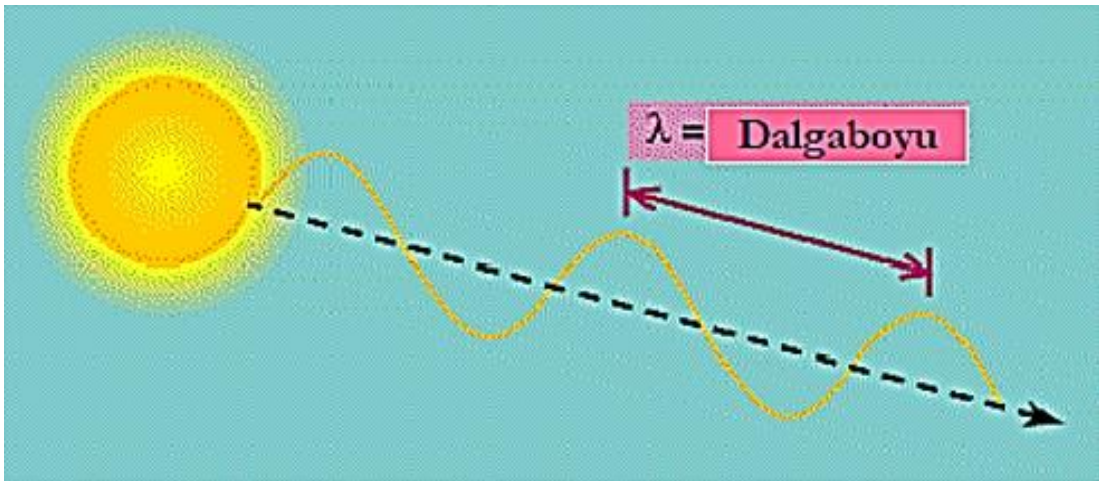
1.12 Işık

1.12.1 Genel Bilgi

Işık; bir ışımının ışık kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarparak veya direkt olarak yansması sonucu canlıların görmesini sağlayan olgudur.

Görünür ışık (yaygın kullanımı ışık); insan gözü tarafından algılanabilen ve görülen elektromanyetik dalgadır. Sinüs dalga'sı ve parçacık (foton) şeklinde yol alır (Anonim, 2014e).

Dalga boyu, bir ışımında arka arkaya gelen iki dalga arasındaki maksimum uzaklıktır. Metre (m), nanometre (nm) veya Angstrom (Å) olarak ölçülür.

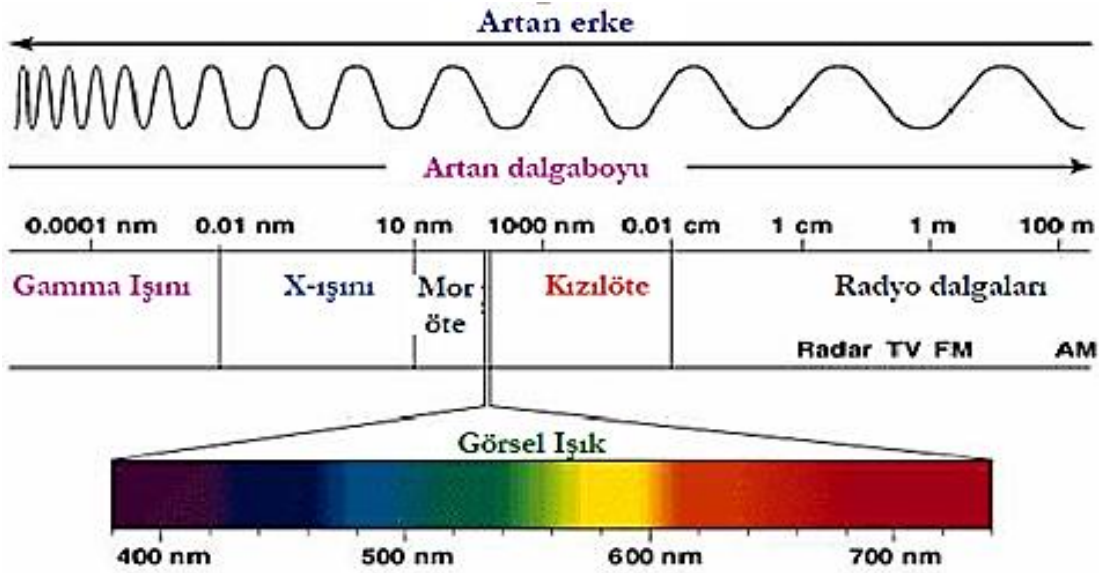


Şekil 1.8 Işık Dalga Boyu (Anonim, 2014d)

Görünür ışığın dalga boyu 400 nm ile 700 nm arasındadır. Bu aralık elektromanyetik tayfta, kızılötesi ile morötesi arasına denk gelir (Anonim, 2014e).

Dalga boylarına göre ışık;

- Radyo Dalgaları (Radio waves),
- Mikrodalga (Microwaves),
- Kızılötesi (Infrared),
- Görünür Işık (Visible Light),
- Morötesi (Ultraviolet),
- X-ışınları (X-rays),
- Gamma ışınları (Gamma rays) adlarını alır.

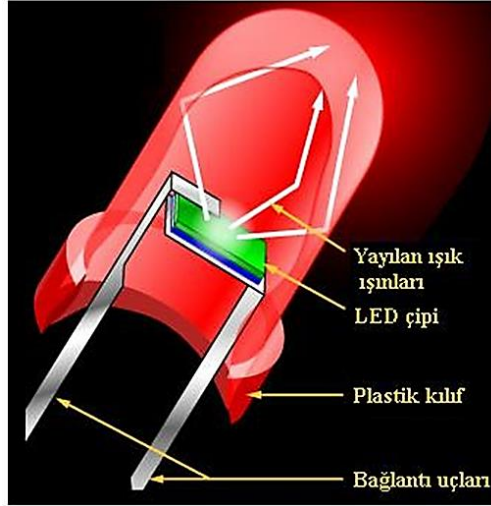


Şekil 1.9 Görünür Işığın Elektromanyetik Tayftaki Yeri

1.12.2 Led

Işık yayan diyot (Light Emitting Diode) kısaltılmış ve yaygın kullanım ismi LED olup, LED'lerin önemli kısmı yarı iletken malzemeden oluşan ve ışık yayan LED çipidir. LED çipi noktasal bir ışık kaynağıdır ve kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı eleman sayesinde ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlar.

LED'lerin ortama yaydığı ışığın frekansı, spektrumun görünür ışık bölgesine denk düşer. Bununla birlikte gözle görülemeyen frekansta ışık yayan, kızılötesi (infrared, IR) veya morötesi (ultraviöle, UV) LED'ler de vardır.



Şekil 1.10 Led Ampul Yapısı (Anonim, 2014a)

Günümüzde, teknolojik gelişmelere bağlı olarak 1.000.000 saat ömrü olan LED'ler üretilmiştir. Led 'lerin ömürleri, verdikleri ışığın %50 oranında düşmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2014c).

Rengin sıcaklığı Kelvin ile ölçülen. LED'ler, 2000 K - 10.000 K arası değişim gösteren ilişkili renk sıcaklıklarında (CCT) üretilmektedir (Anonim, 2014b).

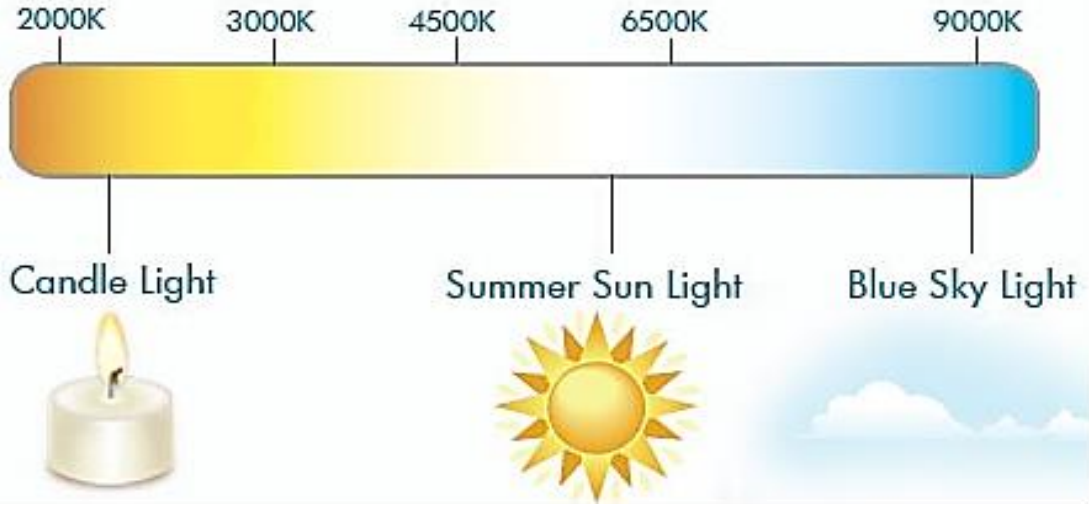
Işığı oluşturan bütün renklerin renk sıcaklıkları üç ana grupta toplanır.

1-Sıcak beyaz 3300 K ve altı,

2-Doğal beyaz 3300-5000 K,

3-Gün ışığı beyazı 5000 K ve üzeri.

Rakam azaldıkça, renk kırmızıya, arttıkça maviye yaklaşır.



Şekil 1.11 Sıcaklık Renk Skalası

LED teknolojisi gün geçtikçe gelişmekte, birim güç başına daha fazla ışık vermektedir.

Watt (W) bir ampulün ışık sağlamak için kullandığı güç miktarını gösterir.

Işık akısı, bir aydınlatma elemanının her yönde yaydığı toplam ışık miktarını yani ışık gücünü ifade eder. Birimi lümen'dir. Fizikteki sembolü lm'dir. Elektrik enerjisinin, ışık enerjisine dönüşen kısmıdır.

Lümen ne kadar yüksek ise ışık o kadar parlak görünür.

$$1 \text{ lümen} = 0.00146 \text{ W}$$

Ampul veya aydınlatma armatürü seçimi yaparken enerji tüketim değeri olan watt değerine değil, ışık akısı değeri olan lümen değerine bakılmalıdır. Bir ampulün watt gücü sadece ne kadar güç tükettiğini anlatır.

Aydınlanma birimi lüks (lux) tür ve kısaca (lx) ile gösterilir. Lüks, düzgün dağılmış olarak, üzerine bir lümen ışık akısı düşen 1 metre karelik yüzeydeki aydınlanmasıdır. SI birimi ise birim alan başına ışık akısı olarak tanımlanır. Aynı zamanda metre kare başına lümene eşittir.

Işık akısı (lümen) sabit tutulduğunda, aydınlatma (lux) alanla ters orantılıdır.

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$$

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bıçakçı, (1989) Yaptığı yüksek lisans çalışmasında havalı güneş kollektörü destekli, fındık kurutma makinesi prototipi geliştirmiş olup, yaptığı çalışmalar neticesinde Ağustos ve Eylül ayları için Trabzon ve civarına en uygun kollektör eğim açısını 30 derece olarak belirlemiştir. Ayrıca, havadaki bağıl nemin kollektör öncesi düşürülmesi neticesinde, kurutma süresini kısılacağını, dolayısıyla daha fazla ürün kurutulmasının mümkün olabileceğini ifade etmiştir.

Karabay, (1991) Fındık kurutma adlı yüksek lisans tezinde, dalından koparılmış, yüksek nem oranlı fındığı yapay sistemle kurutmaya çalışmış. Yaptığı çalışmalarda; kurutma havasının sıcaklığı, hızı, nemi, birim alana yerleştirilen ürün miktarı ve yerleştirme şeklinin, fındığın kurumasına olan etkilerini incelemiştir. Araştırmacı başlangıç nemine bağlı olmakla beraber, fındıkların yaklaşık 2-3 gün de kurutulabildiğini, ayrıca kuruma şartlarına göre değişmekle beraber yeşil fındığın yapay kurutulması sonunda tadında istenmeyen bozulmalar olduğunu, bu sıkıntının kademeli ısıtma ile giderilebileceğini tespit etmiştir.

Çetin, (1994) Nem oranı yüksek olan fındık numunelerini dönel silindirli deney düzeneğinde 40 – 50 °C’de kurutarak yaptığı deneylerde; sıcaklıkların 10 – 15 °C daha yüksek tutulması halinde kurutma süresinin kısaldığını tespit ederken, fındığın tat ve yapısında ise herhangi bir bozulma olmadığını ifade etmiştir.

Demirtaş, (1996) Fındık kurutma şartlarının belirlenmesi isimli doktora çalışması için laboratuvar şartlarında kurduğu deney düzeneğinde; ağırlıklı olarak 25, 30, 35, 40 ve 45 °C olmak üzere beş farklı sıcaklık, 0.2, 0.3, 0.6 m/s olmak üzere üç farklı hava hızlarında ve kurutma havasının 0.45, 0.55, 0.60 ve 0.70 olmak üzere dört farklı bağıl neminde fındık kurutma deneyleri yapmıştır. Yaptığı çalışmalar neticesinde en iyi kurutma havası sıcaklığının 35-40 °C ve hızının ise 0.3 m/s olduğunu tespit etmiştir.

Demirbaş, (2000) Ordu yöresi iklim şartlarını dikkate alarak Tombul, Palaz, Kalınkara ve Sivri fındık çeşitlerini hazırlamış olduğu sera içerisinde ve sera dışında ayrı ayrı kurutarak sonuçları karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışmaları 3.gün sonu itibarıyla değerlendirmiş ve ağırlık kayıpları ile nem oranlarının Çizelge 2.1’deki gibi

Çizelge 2.1 Sera İçi ve Dışı Kurutma Sonuçları

Fındık Çeşidi	Ağırlık Kaybı			Nem Oranı		
	Sera İçi (%)	Sera Dışı (%)	Fark	Sera İçi (%)	Sera Dışı (%)	Fark
Tombul	13.4	13.9	0.5	4.12	3.34	0.78
Palaz	14.7	14.5	0.2	5.19	3.83	1.36
Kalınkara	14.6	15	0.4	4.12	2.95	1.17
Sivri	13.7	14.5	0.5	5.13	3.56	1.57

olduğunu tespit etmiş olup, gerek ağırlık kayıpları gerekse nem oranları arasında farkların birbirine yakın olması, hasat mevsiminin ortalarından itibaren bölgede iklimin her an yağmura dönüşme ihtimalinin yüksek olması nedeniyle sera dışındaki kurutma süresinin uzamasına ve kurutulan ürünün kalitesini olumsuz etkilemesine neden olabileceği, oysa sera içerisinde kurutmanın kontrollü bir kurutma olması, ayrıca sera içerisine raflı bir düzen kurulması halinde birim alanda daha fazla ürün kurutmanın mümkün olabileceği kanaatine varmıştır.

Olgun ve Rzayev, (2000) Fındığın güneş enerjisi ile kurutulmasını farklı üç sistemde incelemiştir. Dalından yeni toplanarak, zurufundan ayrılmış nem oranı yüksek fındıkları; çadır, dolap ve kabinet tipi olmak üzere üç farklı güneş enerjili kurutma sisteminde kurutmuşlardır. Çalışma sonuçlarını açık havada yapılan doğal kurutma sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmalarda açık havada doğal şartlarda 82 saatte, kabinet tipli kurutucuda yaklaşık 50 saatte, ek ısıtıcı kullanılması durumunda 28 saatte, çadır tipi kurutucu ile 73 saatte ve ek ısıtıcı kullanılmamış olan dolap tipi kurutucu ile 72-76 saat arasında kurutmuşlardır.

Özdemir ve ark., (2002) Mekanik kurutmanın Tombul fındık kalitesi üzerinde etkisini araştırdığı çalışmada, en uygun kurutma sıcaklığını belirlemeye çalışmışlardır. Fındıkları 35, 40, 45 ve 50 °C gibi farklı sıcaklıklarda kurutarak; fındıktaki toplam yağ, yağ kompozisyonu, serbest yağ asitliği, iyot sayısı, doymamışlık derecesi ve ransimat değerlerinde meydana gelen değişiklikleri inceleyerek yaptıkları değerlendirmede; 35 °C ile 40 °C deki kurutma sıcaklıklarının serbest yağ asitliği üzerindeki etkileri ile, 40 - 45 °C'deki kurutma sıcaklıklarının ransimat değeri üzerindeki etkileri arasında istatistiksel bir fark olmadığını, ancak kurutma sıcaklığı arttıkça ransimat değerinin azaldığını, bunun yanı

sıra 45 °C'nin altındaki kurutma sıcaklığının Tombul Fındık çeşidinde acılaşmaya yol açmadığını belirtmişlerdir.

Topuz, (2002) Akışkan yatakta fındık kurutma prosesi isimli çalışmasında ısı ve kütle geçişini incelemiştir. Kurutma havası sıcaklığının artırılmasının kurutmayı hızlandırdığının bir gerçek olduğunu ifade eden araştırmacı, ürünün kimyasal bozulmaya uğramadan kurutulabilmesi için sıcaklığın belirli değerlerde sabit tutulması gerektiğini de ayrıca belirtmiştir. Ayrıca, kurutma havasının hızının akışkan yatakta kurutmayı fazla etkilemediği sonucundan hareket eden araştırmacı, gerekli hava hızı sağlandıktan sonra, hava hızını artırmanın kurumaya fayda sağlamayacağını, aksine kurutmayı yavaşlatabileceğini ifade etmiştir.

Özdemir, (2003) Araştırmacı, fındıkta küflenme ve kalite kayıplarına yol açan hasat, kurutma ve depolamadaki uygun olmayan yöntem ve koşullar ile acılaşmaya yol açan enzimatik faaliyetlerin önemine dikkat çeken çalışmasında. İyi kalitede fındık ve fındık ürünleri üretebilmek için, fındık işlemeye yönelik işlemlerin bir bütün olarak düşünülmesi gerektiğini ve bu işlemlerin; zamanında, doğru ve eksiksiz olarak uygulanması halinde kalıcı olabileceğini ifade etmiştir. Bu kapsamda, kritik kontrol noktalarında tehlike analizinin, hasat ve hasat sonrası işlemleri için etkin olarak uygulanması halinde, sorunların oluşmadan önlenebileceğini belirtmiştir.

Topuz ve ark., (2004) Laboratuvar ortamında tasarlamış ve üretmiş oldukları akışkan yatak modelinde fındığı kurutmuşlar ve deneysel olarak elde ettikleri sonuçları Hacidavalloo ve Hamdullahpur tarafından önerilen matematiksel model ile karşılaştırmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmanın sonucunda, sayısal ve deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğunu gözlemlemişlerdir.

Aktaş ve ark., (2004) Tarımsal ihraç ürünlerimiz arasında önemli bir yeri olan fındık ürünümüzün standartlara uygun olarak kurutulamamasının, dünya fındık piyasasında pazar payımızı azalttığını ifade eden araştırmacılar, yapmış oldukları çalışmada fındık kurutmaya yönelik çalışmaları ve verileri incelemişler, bu veriler ışığında; güneş enerjisi destekli, sıcaklık, ağırlık ve nem kontrollü bir fındık kurutma fırınının tasarımını yapmışlardır.

Aktaş ve ark., (2005) Sıcaklık, nem ve ağırlık kontrolü ve de nem yoğunlaştırması (kondenzasyonu) gibi kurutma hızı ve kalitesini etkileyen üç unsuru kontrol altına aldıkları

tasarımlarında; güneşli günlerde daha az enerji sarfıyatı için güneş enerjisinden faydalanılan, diğer günlerde ise kurutma işleminin devamlılığı için ısı pompası yardımı ile çalışan bir kurutma fırınının tasarımını yapmışlardır.

Aktaş, (2007) Ülkemizin önemli ihraç ürünlerinden birisi olan fındığın uluslararası standartlarda kurutulmamasının pazar payı kayıplarına yol açtığını belirten araştırmacı, çalışmasında ısı pompası destekli PID kontrollü bir kurutucunun tasarım ve imalatını yapmış. İmal ettiği ısı pompalı kurutucuda, kurutma havası sıcaklık ve hızlarını 50 °C için 0,25 m/s, 45 °C için 0,32 m/s ve 40 °C için 0,38 m/s olarak fındıkları sırasıyla 24, 27 ve 30 saatte kurutarak test ve enerji analizlerini yapmıştır.

Özçakmak ve Dervişoğlu, (2007) Yaptıkları çalışmalarında, tarım ürünleri arasında ülkemize en fazla döviz getiren fındığın hasat, kurutma ve depolama şartları nedeniyle oluşan küf gelişimi ve aflatoxin oluşumuna etki eden faktörler, alınması gereken önlemler, dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye’de aflatoxin limitleri ve gelişmeleri incelemiştir.

Ceylan ve Aktaş, (2008) Nem oranı %35 olan fındıkları, sıcaklığı 40 °C ve hava akım hızı 0,38 m/s olan ısı pompası destekli kurutma fırınında, nem oranı %5 oluncaya kadar 30 saatte kurutmuştur. Sonra deneysel (nem oranındaki değişim kütle ölçüm metodu ile) ve duyuşal (görüntü ve tat analizi) olarak inceledikleri fındıklarda herhangi bir bozulmaya rastlamadıklarından, kurutma sonrası fındığın kalitesini artırmaya yönelik olarak tasarlanan bu sistemin yatırım maliyetinin ve enerji sarfıyatının düşük olma özellikleri ile üreticilerin ihtiyacına cevap vereceğini belirtmişlerdir.

Turan ve İslam, (2016) 2013-2015 yılları arasında Çakıldak fındık çeşidi üzerinde yaptığı araştırmada; beton harman, çimen harman ve kurutma makinesinde olmak üzere üç farklı ortamda kuruttukları çakıldak fındık örneklerini, 18 ay adi depo şartlarında muhafaza ederek değişimleri tespit etmeye çalışmışlardır. Bu süreçte; yağ, protein, serbest yağ asitliği ve nem oranı yüzdelerindeki değişim ile peroksit sayısı (meqO₂/kg), ransimat (h), ve su aktivitesi özelliklerindeki değişimleri her üç ayda bir incelemiştir. Kurutma makinesinde kurutulduktan sonra depoladıkları fındıkların en düşük serbest yağ asitliği değeri ve en yüksek ransimat değerinin sahip olduğunu tespit eden araştırmacılar hiçbir ortam ve zamanda aflatoxin B1 ve toplam aflatoxin tespit etmediklerini ve son olarak da meyve kalitesi ve muhafazası üzerine kurutma makinesinin daha etkili olduğu ifade etmişlerdir.

Akgün ve ark., (2017) Yaptıkları deneysel çalışmada, daha az enerji ile kısa sürede ve gıda özelliklerini koruyacak şekilde fındığın mekanik kurutulmasını sağlamak için sıcak beyaz (sarı) 3000K renk sıcaklığına sahip LED 'li bir tünel tipli kurutma sisteminin tasarım imalatını yaparak kullanmışlardır. Kurulan sistem içerisinde fındık iki farklı boyut (14-15 mm, 16-17 mm) ve dört farklı hava hızında ($v=0$ m/s, $v=0,5$ m/s, $v=1$ m/s ve $v=1.5$ m/s) kurutulmuştur. Ayrıca karşılaştırma yapabilmek için fındıkları, fırın ve güneşte de kurutmuşlardır.

Malekjani ve ark., (2017) Mikrodalga ile konvektif kurutmanın etkin bir kurutma yöntemi olarak, fındıkların kurutma kinetiği üzerine etkilerini incelemişlerdir. 40 °C, 50 °C ve 60 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık ve 0, 450 ve 900 W güç seviyelerinde yapmış oldukları deneylerde nem oranı ve fındıkların sıcaklıklarını kaydetmişlerdir. Yapılan deneyler; kurutma havası sıcaklığına oranla, mikrodalga gücünün daha baskın olduğunu göstermiştir. Ayrıca kurutma işlemi sırasında nem değişikliklerini tahmin etmek için matematiksel modelleme yapmışlardır.

Giraud ve ark., (2018) tasarladıkları kurutucu ile laboratuvar ortamında, farklı kurutma havası koşullarında (sıcaklıklar: 20 °C, 35 °C ve 50 °C, nispi nemlilik: %20, %40, %60; hava akımı: 0.5 m/s) 6 farklı fındık türünün bazı özelliklerindeki (çap, hacim, ağırlık, yoğunluk, kabuk kalınlığı, şekil indeksi, boş hacimsel çekirdek ve kabuk) değişimleri matematiksel incelemişlerdir. Çalışma sonunda fındıkların ele alınan özelliklerinin endüstriyel alanda sonuca ulaşmak için yeterli olmadığı sonucuna varmışlardır. Çalışmalarını benzer çalışmalar için ön çalışma olarak nitelemişlerdir.

Turan, (2018) Tombul, Palaz ve Levant kalite Ordu fındığını 45 °C ve 50 °C'de kurutma makinesi ile, açık havada ise beton ve çim zeminde güneşte kurutmak suretiyle, kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri tespit etmeye çalışmıştır. Kurutulmuş fındıkların protein, lipid ve nem içeriği, su aktivitesi, serbest yağ asidi (FFA), peroksit değeri (PV), rancimat değeri (RV) ve yağ asidi bileşimlerine yönelik analizlerinde beklediği üzere, tekli doymamış yağ asidinin (MUFA) ana yağ asidi grubu olduğunu gözlemlemiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu deneysel çalışmada Karadeniz Bölgesinde yetişen tombul (Giresun yağlısı) fındık "*Corylus Avellana L.*" kullanılmış olup taze fındıklar Giresun ili Piraziz ilçesi Şerefli köyü Kuzeren mevkiinden hasat edilmiştir. Dalından toplanmış taze fındıklar zaman kaybetmeden zuruflarından ayrıldıktan sonra elek yardımıyla üç farklı çap aralığında ($\text{Ø}14\text{-}15\text{ mm}$, $\text{Ø} 16\text{-}17\text{ mm}$, $\text{Ø} 18\text{ mm}$ ve üstü) boyutlandırılmış ve fındıkların başlangıç nemi Mettler Toledo marka nem ölçüm cihazıyla (Şekil 3.1) ölçülerek yaş fındığın ortalama nem oranı %33 olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda bu nem oranında sabit tutabilmek amacıyla, fındıklar boyutlarına göre vakumlanarak etiketlenmiş ve zaman kaybetmeden soğuk hava deposunda koruma altına alınmıştır.

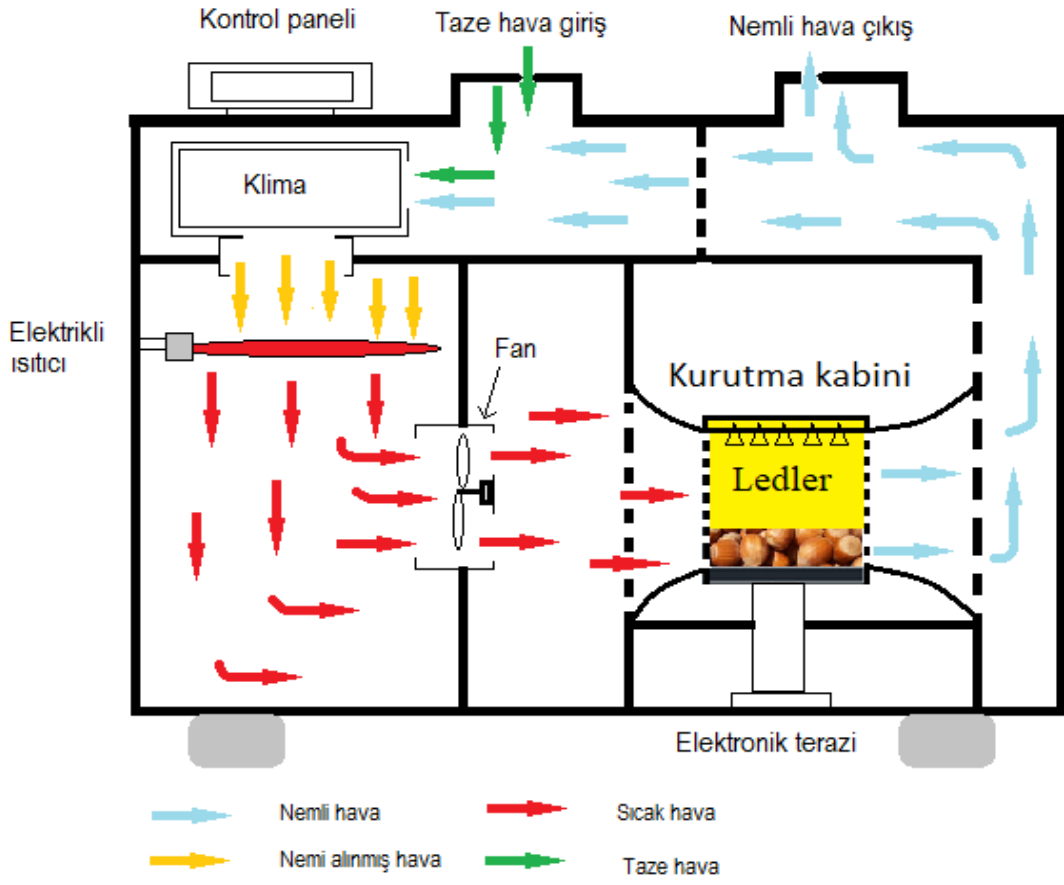


Şekil 3.1 Mettler Toledo Nem Ölçüm Cihazı ve Vakumlanmış Fındık

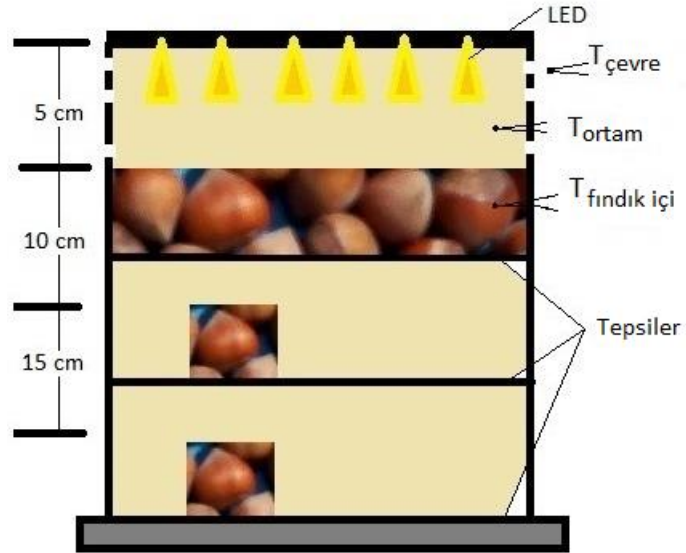
Tombul fındık, üç farklı kurutma ortamında (Güneşte, Etüv’de ve üç farklı renk sıcaklığına sahip LED’li kurutma sistemi) kurutulmuştur. Ayrıca 3000 K renk sıcaklığına sahip LED’li kurutucuda dört farklı hava akış hızında ($V=0\text{ m/s}$, $V=0,5\text{ m/s}$, $V=1\text{ m/s}$, $V=1,5\text{ m/s}$) fındıktan havaya kütle transferi gerçekleştirilmiştir.

Daha az enerji ile kısa sürede ve gıda özelliklerini koruyacak şekilde fındığın mekanik kurutulmasını sağlamak için LED’li tünel tipli kurutma sistemi tasarlanarak (Şekil 3.2), imalatı gerçekleştirilmiştir.

LED’li kurutma sisteminde LED ile fındık arasındaki mesafe 5 cm, 10 cm ve 15 cm olup, 33x33 cm tepsi alanına sahip kurutma kabinin şematik görünüşü Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.2 LED’li Tünel Tipi Kurutma Sisteminin Şematik Görünüşü



Şekil 3.3 Kurutma Kabininin Şematik Görünüşü

Fındık kurutma için güneşin öğle saatlerinde yaydığı ışık şiddetine eşdeğer bir aydınlatmaya ihtiyacımız olduğunu kabul ederek, çalışmalarımızda LED renk sıcaklığını gün ışığı beyazı civarındaki renk sıcaklığına sahip LED'ler (3000 K, 4000 K ve 6500 K) seçilmiştir. Bu LED'lerin özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kullanılan LED'lerin Özellikleri

İlişkili Renk Sıcaklığı (CCT)	LED Kodu	Işık Akısı (lm)	Gerilim (V)	Güç (W)
3000 K	KL-HPL-LH351A-V0-12	11520	12	96
4000 K	KL-L281B-WAT0S0-35XL	11529	24	94.5
6500 K	KL-HPL-LH351A-P0-12	11760	12	84

10.000 lümen değerini sağlayacak şekilde, 4 mm kalınlığındaki alüminyum plaka üzerine dizilen çubuk LED barlardan oluşturduğumuz, kendi tasarımız LED panel (Şekil 3.4) ve (EK 3), kurutucu kabının üzerine monte edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.4 LED Panel 6500 K

LED'lerin mesafeye bağlı aydınlatma (lüx) değerleri Cem marka DT-1309 tip lüxmetre (Şekil 3.5) ölçülmüş ve mesafeye bağlı olarak bulunmuş olan değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Lüksmetre DT-1309

Çizelge 3.2 LED Plakaların Mesafeye Bağlı Aydınlatma Değerleri

Mesafe	İlişkili Renk Sıcaklığı (CCT)		
	3000 K (klüx)	4000 K (klüx)	6500 K (klüx)
5 cm	89.5	85	78.8
10 cm	70	73.9	68.6
15 cm	68.1	62.6	63

LED’li kurutma sisteminde havanın kurutma bölgesine giriş sıcaklığı bölgenin gündüz sıcaklık ortalaması 30 °C olarak sabitlenmiştir. Kurutma kabini hava giriş-çıkış sıcaklığı ve fındık iç sıcaklığı termoelemanla (Omega marka, T tipi, teflon izalasyonlu, 0.010 inc çapında bakır-konstantan) ölçülmüş, data kart ile de zamana bağlı olarak sıcaklıklar kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.6). LED’in yaydığı ışınımın fındık iç sıcaklığına etkisini belirlemek için yaş fındık 2 mm çapında delinerek termoeleman çifti fındığın ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu fındığın kütle kaybı ölçülmemiş sadece sıcaklık değişimleri ölçülmüştür.



Şekil 3.6 Kabin ve Fındık İçi Sıcaklıklarının Termoelemanla Ölçümü

Sistemde dolaşan havanın hızı CEM marka Hot Wire Anemometer ile ölçülmüştür.

Karşılaştırma yapabilmek için fındık, güneş ve etüvde de ayrıca kurutulmuştur (Şekil 3.7) ve (Şekil 3.8). Güneş ışınımının güneşe serili fındık sıcaklığına etkisini belirlemek için çevre sıcaklığı ile birlikte fındık yüzey sıcaklığı infraret termometre ile ölçülmüştür. Ayrıca zamana bağlı olarak fındığın kütle kaybı, ölçme skalası 0.01 g olan hassas terazi ile ölçülmüştür.

Güneşte kurutma esnasında, numunelere kuşlar tarafından zarar verilmemesi için tel kafes kullanılmıştır.



Şekil 3.7 Üç Farklı Boyuttaki Fındıkların Güneşte Kurutulması



Şekil 3.8 Üç Farklı Boyuttaki Fındıkların Etüv’de Kurutulması

Üç farklı kurutma yönteminin fındığın kuruma karakteristikleri (kütle -zaman değişimi) etkileri incelenmiştir. Kuruma işlemi fındığın nem değeri %6 ya düşene kadar sürdürülmüştür.

Yapılan deneylerle ilgili tablolar Şekil 3.9,ve Şekil 3.13 arasında verilmiştir.

Sıra	Kurutma Tipi	Fındık Boyutu cm	Mesafe	Hava Hızı m/s	Karşılaştırma
1	3000 K LED	14-15	5	0	
2		16-17			
3		18-			
4		14-15	10		
5		16-17			
6		18-			
7		14-15	15		
8		16-17			
9		18-			
10	3000 K LED	14-15	5	0,5	
11		16-17			
13	3000 K LED	14-15	5	1	
14		16-17			
16	3000 K LED	14-15	5	1,5	
17		16-17			

Şekil 3.9 Fındık Kurutma Deneyleri Tablosu (3000 K)

Sıra	Kurutma Tipi	Fındık Boyutu cm	Mesafe cm	Hava Hızı m/s	Karşılaştırma
1	4000 K LED	14-15	5	0	
2		16-17			
3		18-			
4		14-15	10		
5		16-17			
6		18-			
7		14-15	15		
8		16-17			
9		18-			

Şekil 3.10 Fındık Kurutma Deneyleri Tablosu (4000 K)

Sıra	Kurutma Tipi	Fındık Boyutu cm	Mesafe cm	Hava Hızı m/s	Karşılaştırma
1	6500 K LED	14-15	5	0	
2		16-17			
3		18-			
4		14-15	10		
5		16-17			
6		18-			
7		14-15	15		
8		16-17			
9		18-			

Şekil 3.11 Fındık Kurutma Deneyleri Tablosu (6500 K)

Sıra	Kurutma Tipi	Fındık Boyutu cm	Hava Hızı m/s	Karşılaştırma
1	Güneşte Kurutma	14-15	Doğal şartlar	
2		16-17		
3		18-		

Şekil 3.12 Fındık Kurutma Deneyleri Tablosu (Güneş)

Sıra	Kurutma Tipi	Fındık Boyutu cm	Hava Hızı m/s	Karşılaştırma
1	Etüvde Kurutma	14-15	0	
2		16-17		
3		18-		

Şekil 3.13 Fındık Kurutma Deneyleri Tablosu (Etüv)

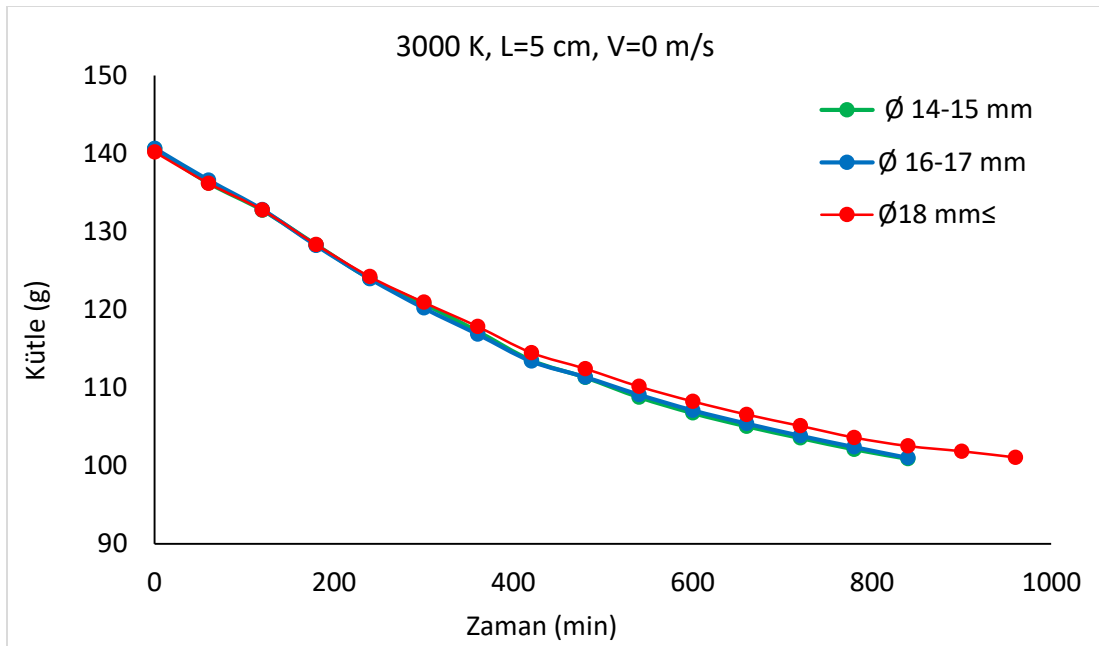
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmalara dayanarak üç farklı kurutma ortamında üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kütle kayıpları elde edilmiştir. Ayrıca LED'li kurutma sisteminde hem LED'le fındık arasındaki mesafe artışının hem de renk sıcaklığına bağlı olarak ışıınımdan dolayı oluşan zamana bağlı sıcaklık değişim grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.24 arasında, etüvde kurutma grafiği 4.25'te, Güneşte kurutma grafikleri 4.26 ve 4.27, LED karşılaştırma grafikleri 4.28 - 4.31 arasında, mesafe karşılaştırma grafikleri ise 4.32 - 4.37 arasındaki grafiklerde verilmiştir.

4.1 LED Kurutma Grafikleri

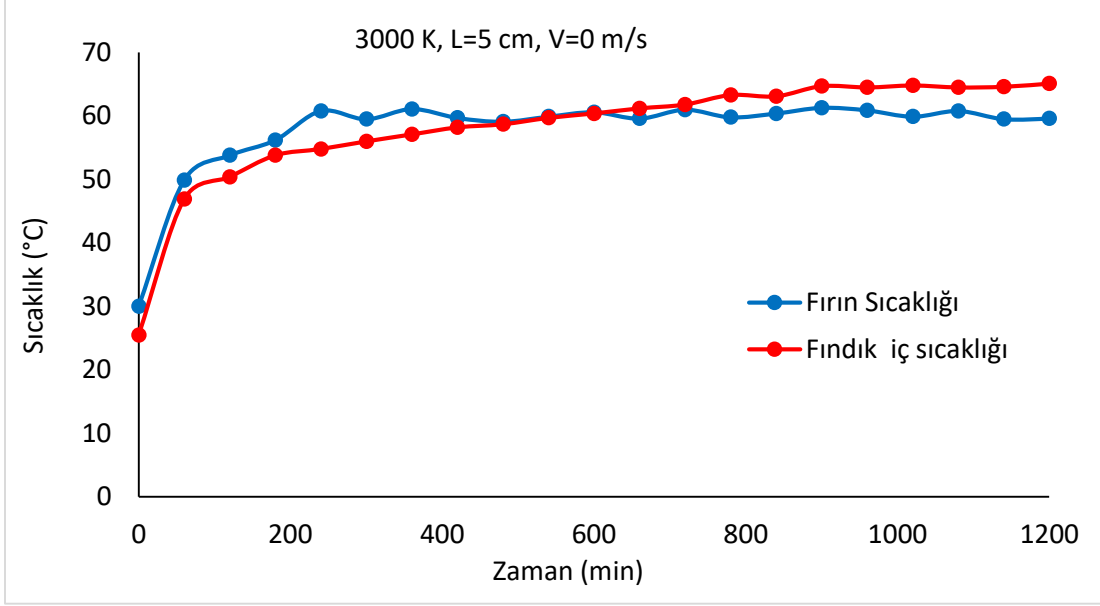
4.1.1 LED-3000 K Renk Sıcaklığı Grafikleri

L= 5 cm Grafikleri



Şekil 4.1 3000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

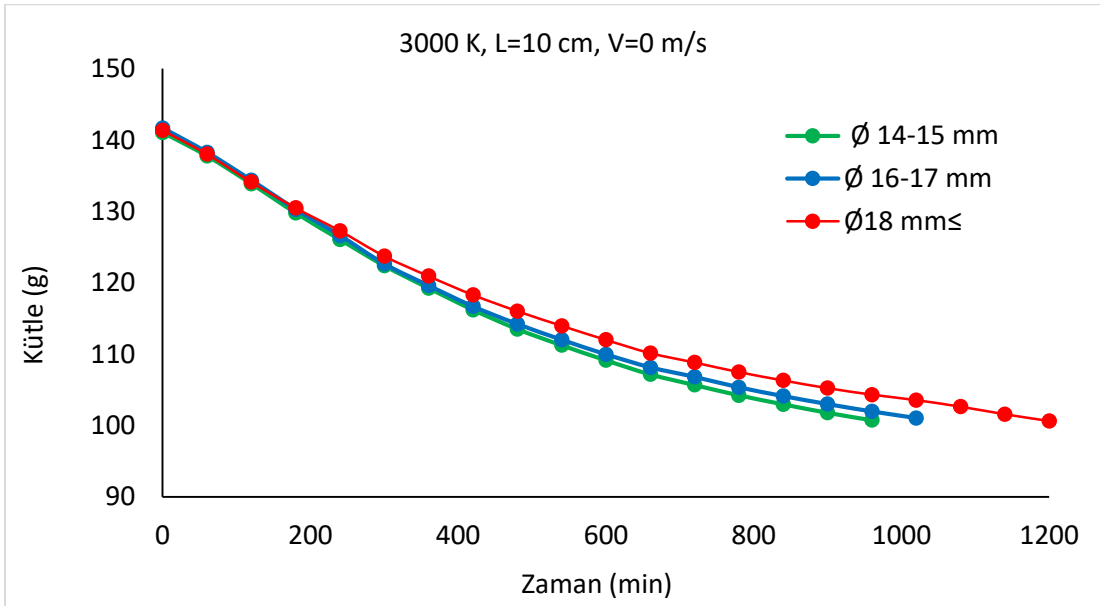
Şekil 4.1'de üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşılacağı gibi 14-15 mm ve 16-17 mm boyutundaki fındıklar yaklaşık aynı sürede kütlelerini kaybederken 18 mm ve üstü çaptaki fındık 2 saat daha geç kurumaktadır. En kısa kuruma süresi 840 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.2 3000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınım Sıcaklık-Zaman Değişimi

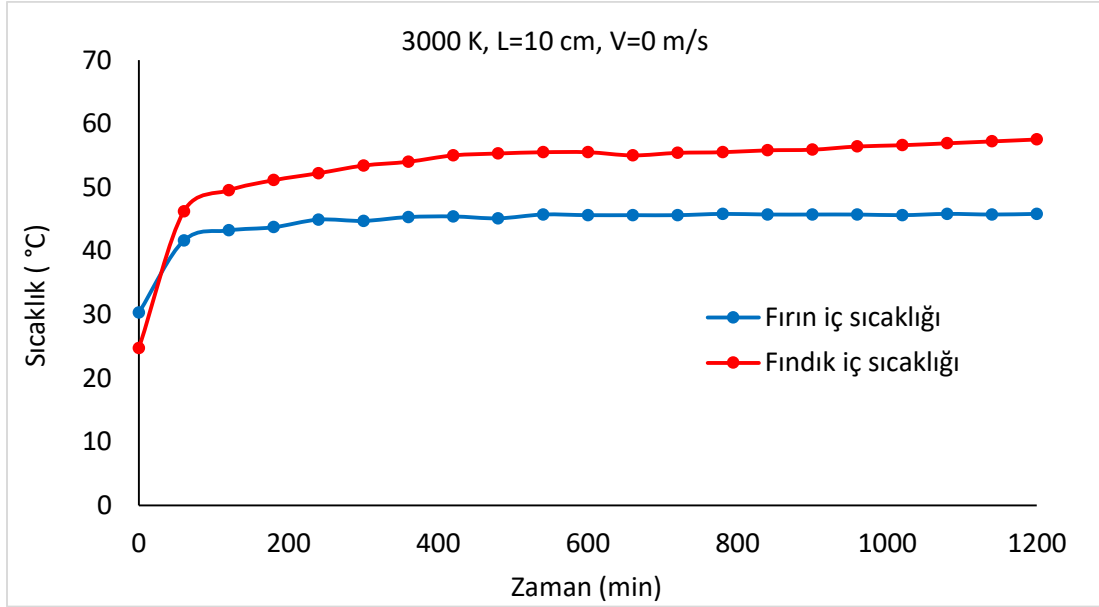
Şekil 4.2’de 3000 K renk sıcaklığındaki LED’le yapılan ısıtma işleminde ortam sıcaklığı 30 °C ‘den 60,8 °C ‘ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı 25 °C’den 65.1 °C’ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı zamanla fırın sıcaklığını geçmiştir. Bu artışın sebebi ısı taşınımının zayıf olması ve ışınım ile ısı transferinin etkin bir ısı transfer mekanizma oluşundandır.

L= 10 cm Grafikleri



Şekil 4.3 3000 K LED İçin Doğal Taşınım Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

Şekil 4.3’de Fındık ile LED arasındaki mesafe 10 cm için doğal taşınımında üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşılacağı gibi küçük boyutlu fındık daha kısa sürede kurumaktadır. En kısa kuruma süresi 960 dakika olarak gerçekleşmiştir.

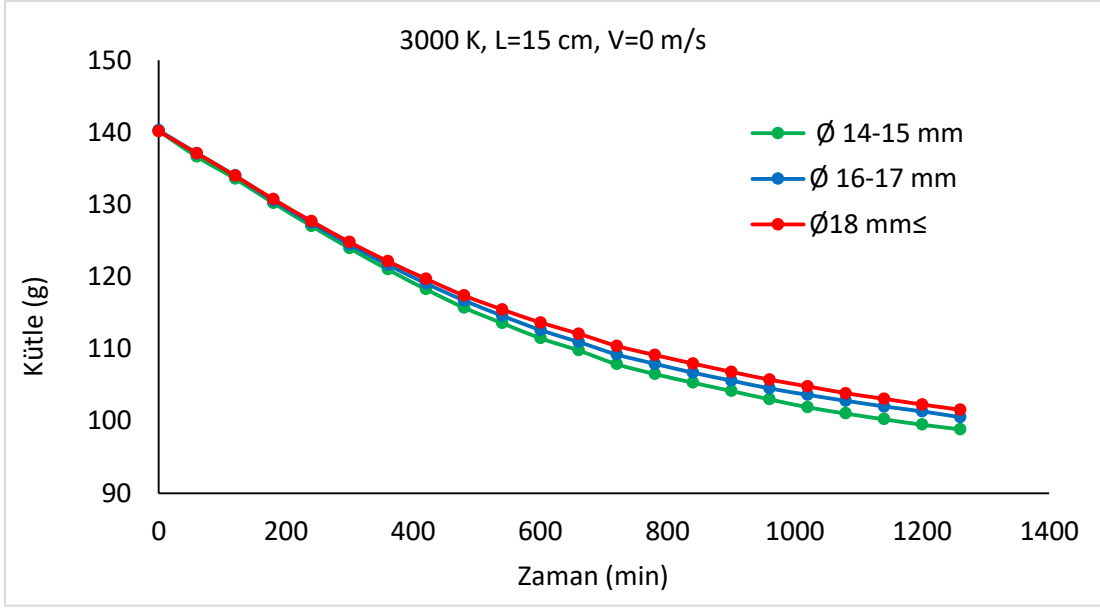


Şekil 4.4 3000 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

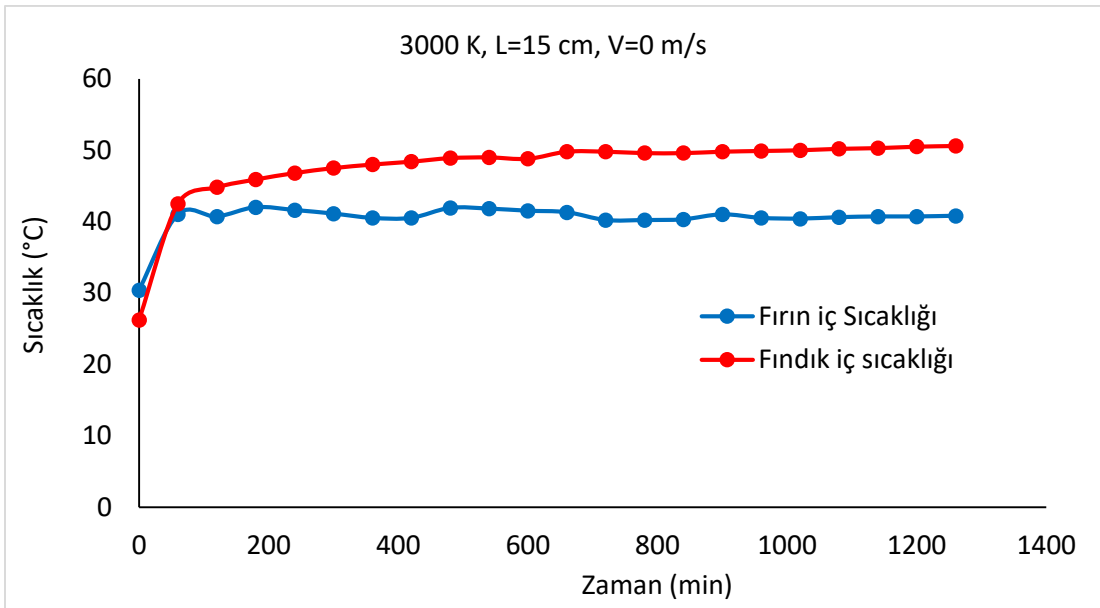
Şekil 4.4’de 3000 K renk sıcaklığındaki LED’le 10 cm yapılan ısıtma işleminde ortam sıcaklığı 30 °C ‘den maksimum 45.8 °C ‘ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı 25 °C’den zamanla 57.5 °C’ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı kısa sürede fırın sıcaklığını geçmiş aradaki sıcaklık farkı 11.7 °C’dir. Bu artışın sebebi ısı taşınımının ok zayıf olması ve ışınım ile ısı transferinin etkin bir ısı transfer mekanizma oluşundandır.

L= 15 cm Grafikleri

Aşağıda Şekil 4.5’de fındık ile LED arasındaki mesafe 15 cm için doğal taşınımında üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden görüldüğü gibi deneyler en kısa sürede kuryan Ø14-15 mm boyutundaki fındık kurduğunda sonlandırılmıştır. En kısa kuruma süresi 1260 dakika olarak gerçekleşmiştir. Fındık boyutu arttığında kuruma süresi de artmıştır.



Şekil 4.5 3000 K LED ve 15 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi



Şekil 4.6 3000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

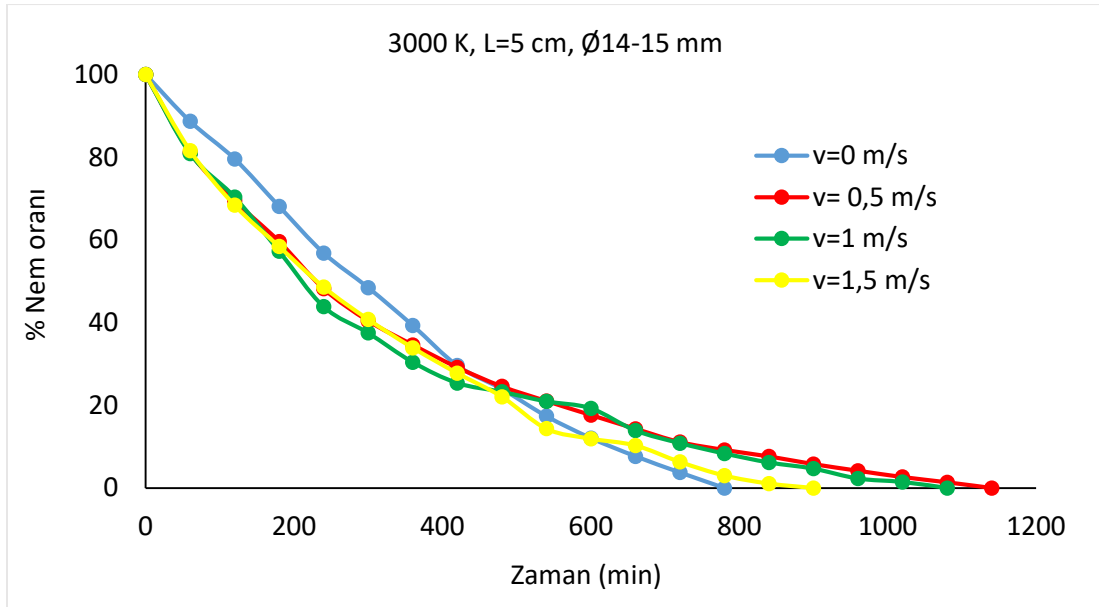
Şekil 4.6'da 3000 K renk sıcaklığındaki LED'le 15 cm yapılan ısıtma işleminde fırın sıcaklığı 30 °C 'den maksimum 42 °C 'ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı 25 °C'den zamanla 50.6 °C'ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı kısa sürede fırın sıcaklığını geçmiş aradaki sıcaklık farkı 8.6 °C'dir. Bu artışın sebebi mesafenin atmasına bağlı olarak ısı taşınımının çok zayıf olması ve ışınım ile ısı transferinin etkin bir ısı transfer mekanizma oluşundandır.

3000 K renk sıcaklığındaki LED’li sistemde, kuruma esnasında fındıktan havaya olan kütle transferi sırasında fındığın % nem oranı (%NO) farklı kurutma hava hızı için aşağıdaki denklemine göre hesaplanarak Şekil 4.7 ‘de verilmiştir.

$$\% \text{ Nem Oranı } (\% NO) = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} * 100 \quad (1)$$

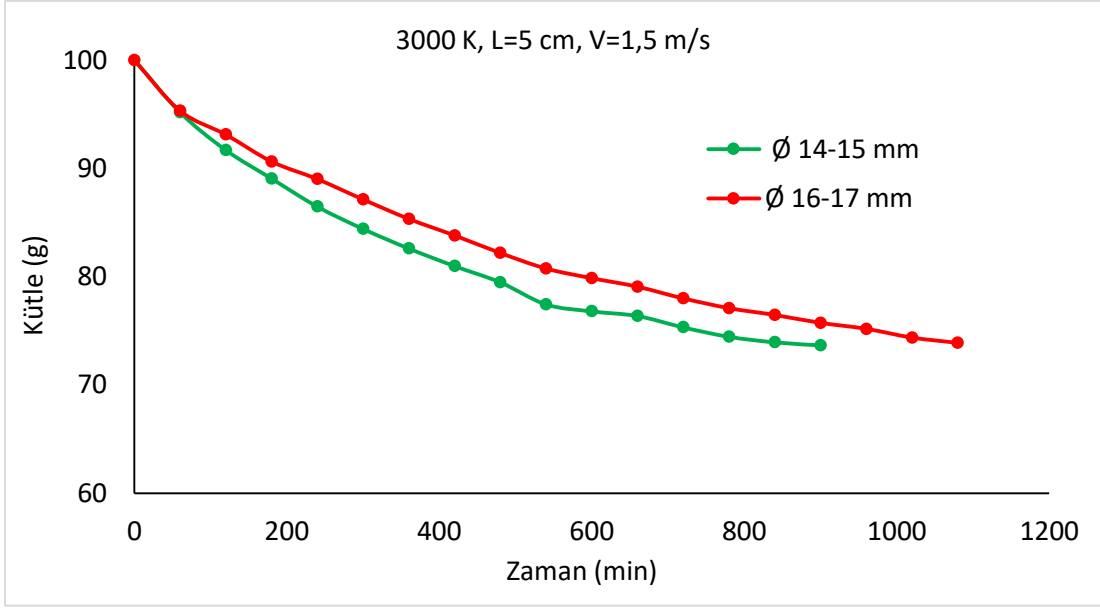
Burada; m_t : t anındaki kütle (g), m_e = denge anındaki kütle (g), m_0 = ilk kütle (g), olarak tanımlanmaktadır.

Hava Hızı Değişim Grafikleri



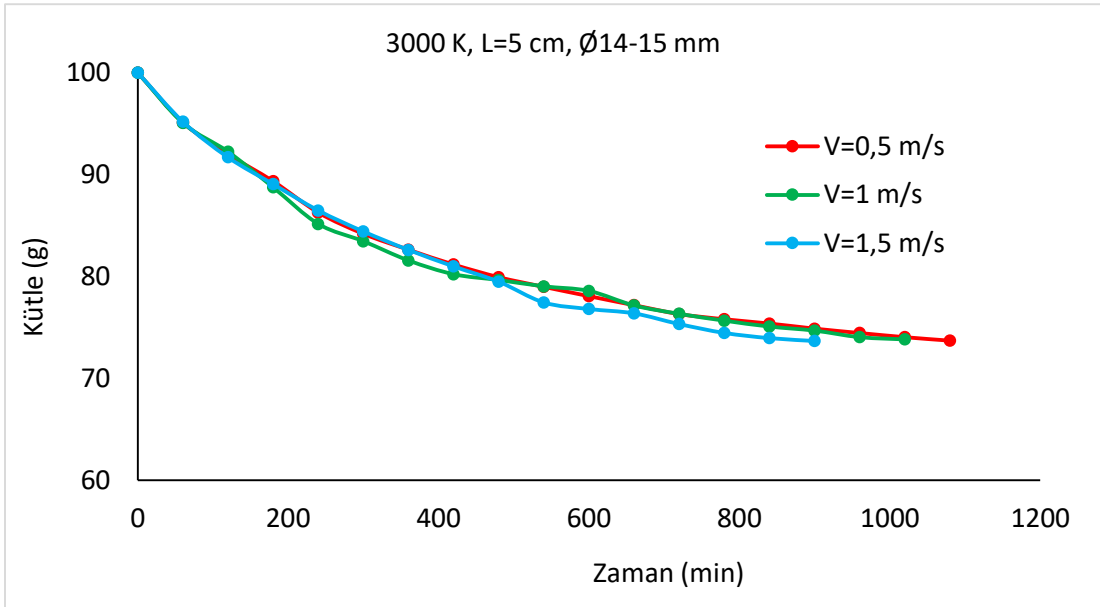
Şekil 4.7 3000 K LED İçin Hava Hızına Bağlı % Nem Oranı-Zaman Değişimi

Şekil 4.7’de 3000 K LED için 5 cm mesafede tünel tipi kurutucuda fındığın üzerinden akan hava hızına bağlı olarak % nem oranı - zaman değişimi verilmiştir. En kısa sürede kuruma 780 dakika (13 saat) ile doğal dolaşımli hava akışında ($v=0$ m/s kabulü) gerçekleşmiştir. Bunun sebebi Şekil 4.1’de görüleceği gibi ortam sıcaklığı yaklaşık 60 °C ve fındık iç sıcaklığının 63 °C gibi yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.7’de ayrıca hava hızı arttıkça kuruma süresi en fazla %21 azalmıştır.

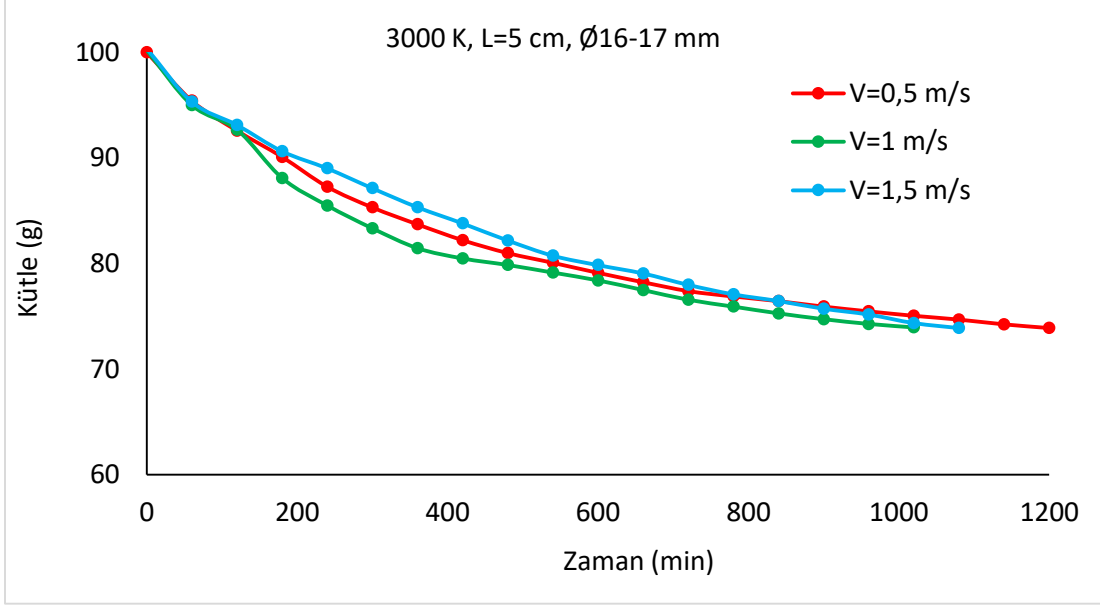


Şekil 4.8 3000 K LED İçin 1,5 m/s Hava Hızına Bağlı Kütle- Zaman Değişimi

Şekil 4.8’de en kısa sürede kurumayı sağlayan 1,5 m/s hava için fındık boyutununa bağlı kütle kaybı – zaman grafiği verilmiştir. Burada fındık boyutu azaldığında kuruma süresi %17 azalmıştır.

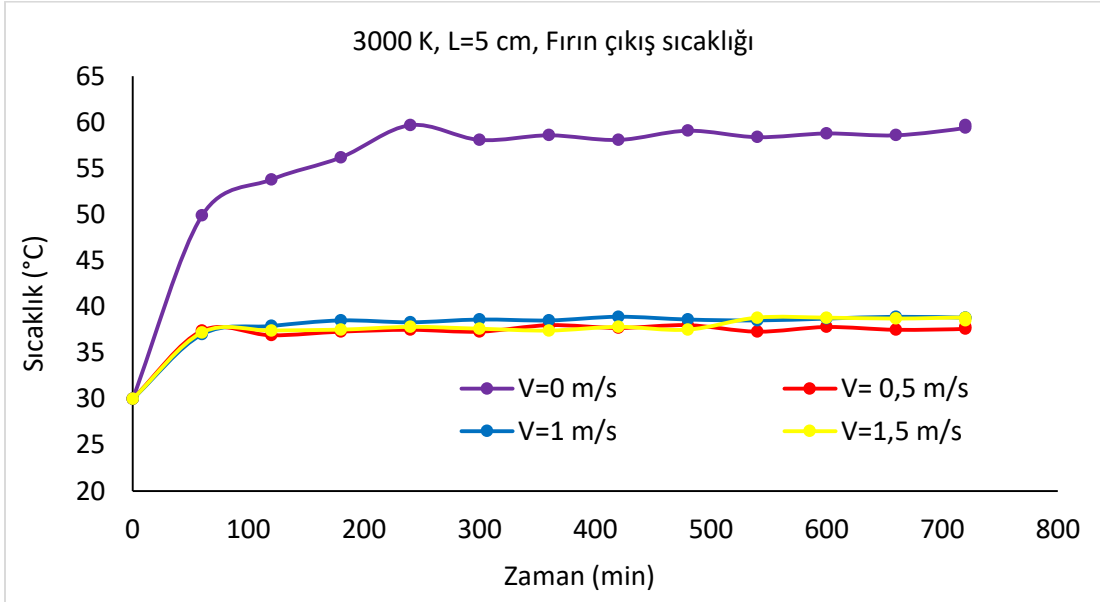


Şekil 4.9 3000 K LED için Ø14-15 mm Fındık Boyutunda Hava Hızına Bağlı Kütle- Zaman Değişimi



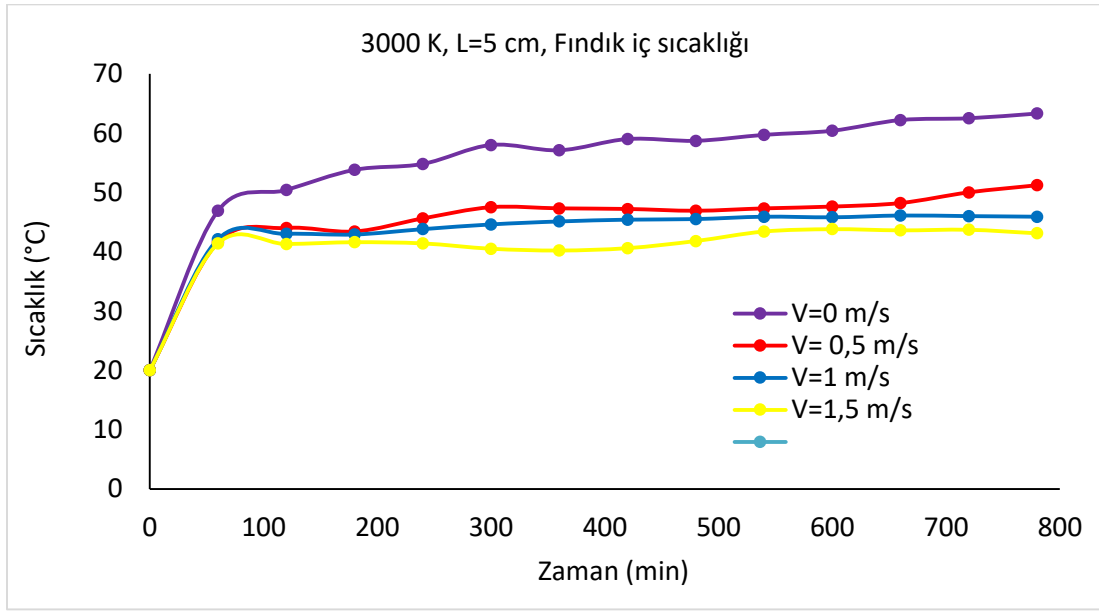
Şekil 4.10 3000 K LED için Ø16-17 mm Fındık Boyutunda Hava Hızına Bağlı Kütle - Zaman Değişimi

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da 3000 K LED için Ø14-15 ve Ø16-17 mm fındık boyutlarında hava hızının kuruma süresine etkisi görülmektedir. Her iki boyut içinde hava hızı artığında kuruma süreleri benzer şekilde azalmaktadır.



Şekil 4.11 3000 K LED ile Kurutmada Hava Hızına Bağlı Olarak Kurutma Kabini Çıkış Sıcaklık-Zaman Değişimi

Şekil 4.11 'de 3000 K renk sıcaklığına sahip LED ile 5 cm mesafede hava hızın değişimine bağlı olarak kurutma kabini çıkış sıcaklığının zamanla değişimi derilmiştir. Hava hızı $V=0$ m/s (doğal taşım için kabul edilmiştir) için fırın sıcaklığı 30 °C'den yaklaşık 60 °C'ye çıkmış bu sıcaklıkta yaklaşık sabit kalmıştır. Ancak zorlanmış taşınımında fırın çıkış sıcaklıkları farklı hava hızına rağmen yaklaşık aynı olup 38 °C'dir. Giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark 8 °C'dir. Fırın sıcaklığı zorlanmış taşınımında kurutma için uygun bir sıcaklık değeridir.



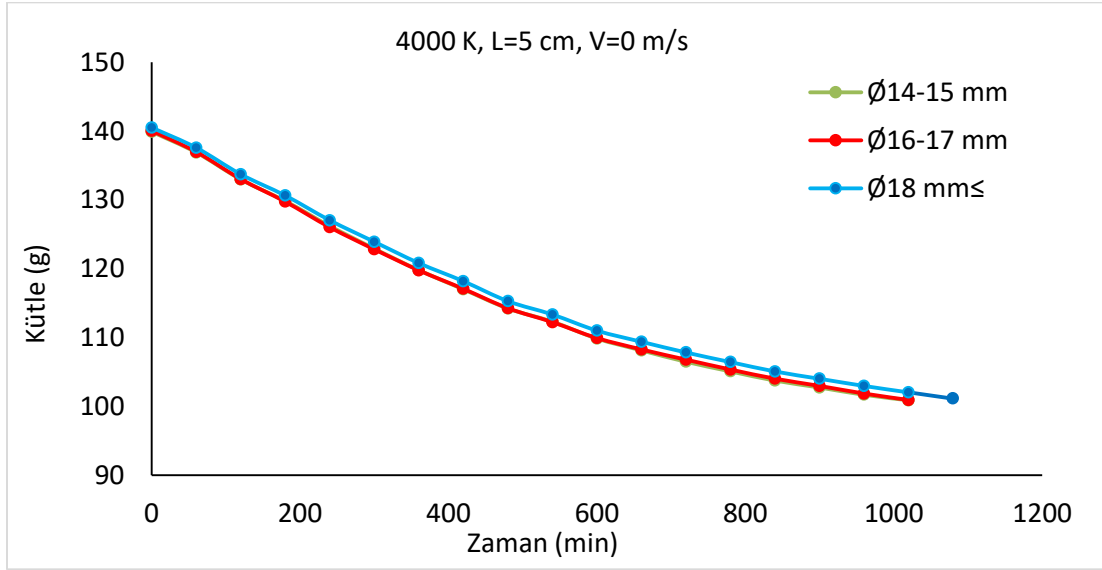
Şekil 4.12 3000 K LED ile Kurutmada Hava Hızına Bağlı Olarak Fındık İçi Sıcaklık-Zaman Değişimi

Şekil 4.12'de farklı hava hızları için fındık iç sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi fındık üzerinden akan hava hızı sıfır olduğunda fındık iç sıcaklığı 62 °C ' ye çıkmakta bu fındık için iyi bir kurutma hızı ve kurutma sıcaklığı değildir. Bununla birlikte fındık üzerinden akan hava hızı artırıldığında fındık iç sıcaklığı da düşmektedir. 3000K'lik LED için 5 cm mesafede fındık iç sıcaklığı artan hava hızına (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bağlı olarak düşmektedir. Bu düşüş maksimum %32 civarındadır.

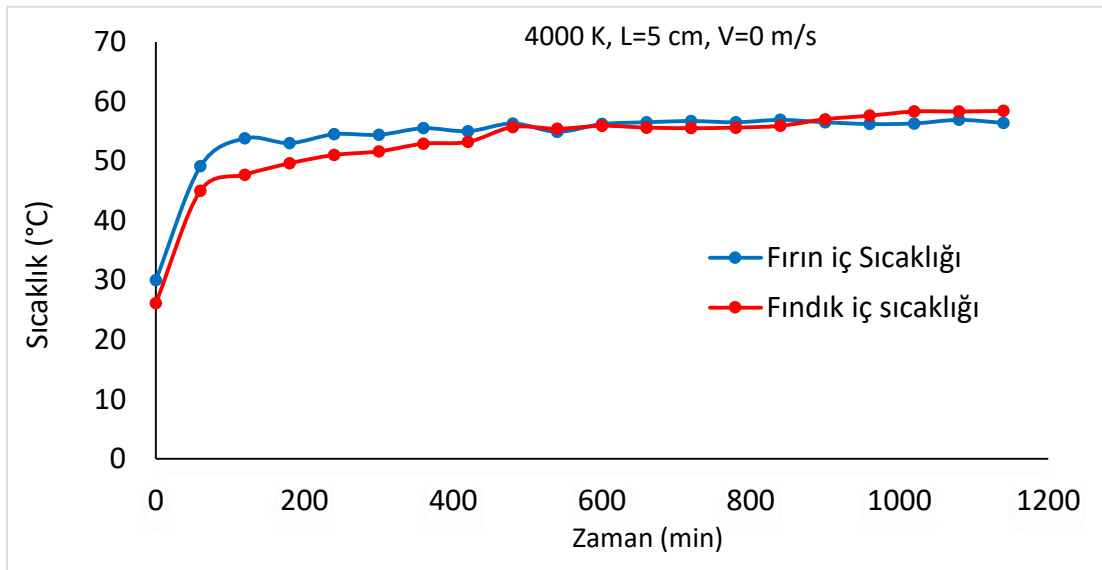
4.1.2 LED-4000 K Renk Sıcaklığı Grafikleri

L= 5 cm Grafikleri

Şekil 4.13’de üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri 4000 K ve 5 cm mesafe değeri için verilmiştir. Eğrilerden anlaşılacağı gibi 14-15 mm ve 16-17 mm boyutundaki fındıklar yaklaşık aynı sürede ve aynı kütle kaybı eğrisi ile kütlelerini kaybederken 18 mm ve üstü çaptaki fındık 1 saat daha geç kurumaktadır. En kısa kuruma süresi 1020 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.13 4000 K LED ve L=5 cm İçin Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

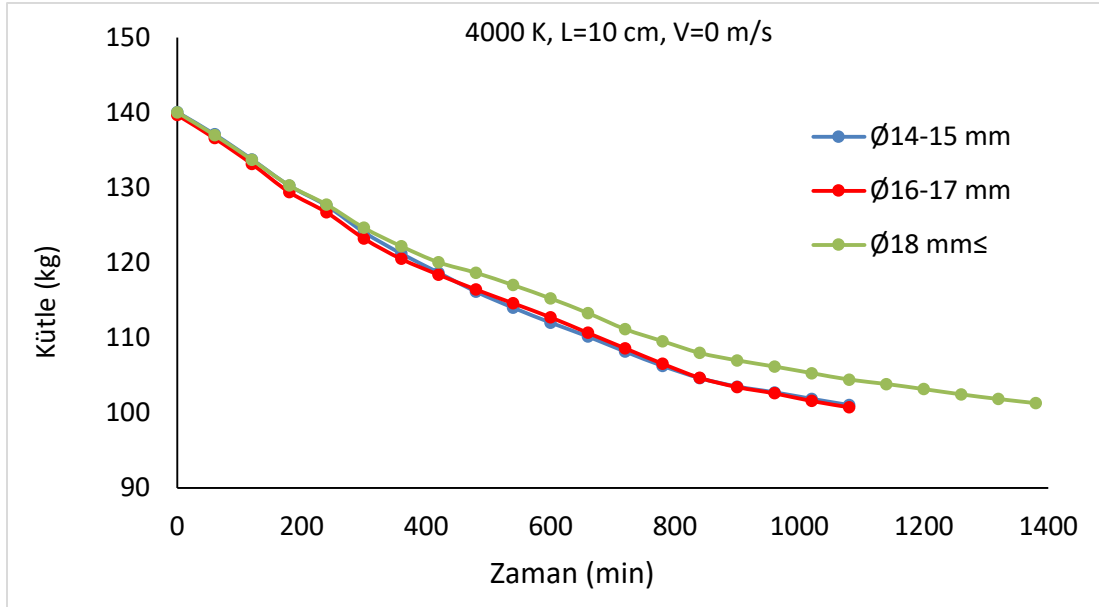


Şekil 4.14 4000 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

Şekil 4.14’de 4000 K renk sıcaklığındaki LED’le yapılan ısıtma işleminde ortam sıcaklığı 30 °C ‘den 60,8 °C ‘ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı 25 °C’den 65,1 °C’ye çıkmıştır. Fındık iç sıcaklığı zamanla fırın sıcaklığını geçmiştir. Bu artışın sebebi ısı taşınımının zayıf olması ve ışınım ile ısı transferinin etkin bir ısı transfer mekanizma oluşundandır.

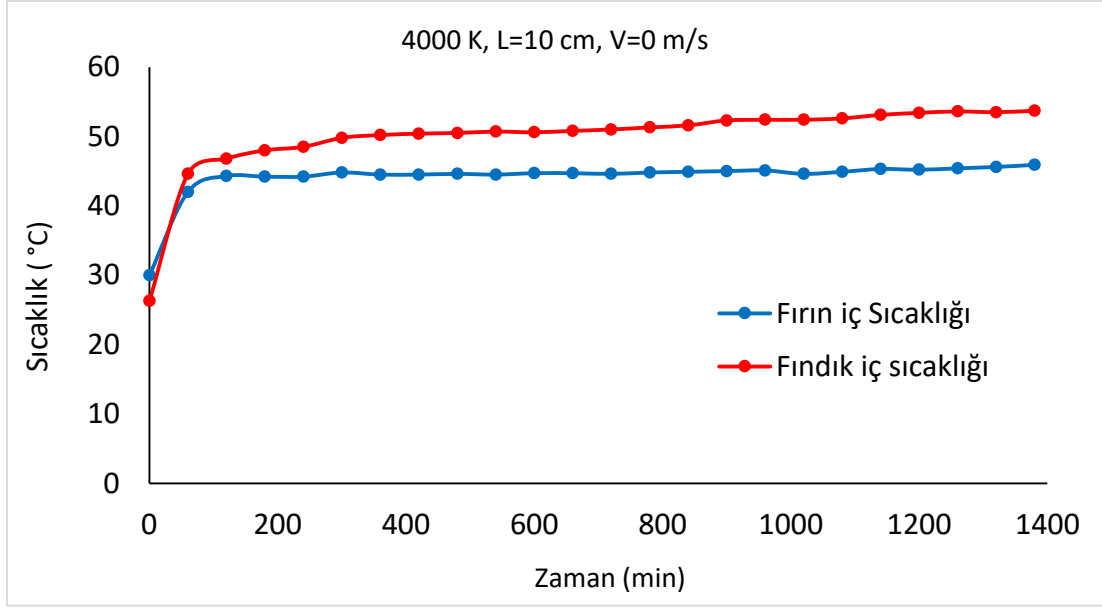
L= 10 cm Grafikleri

Şekil 4.15’de üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri 4000 K ve 10 cm mesafe değeri için verilmiştir. Beklenildiği gibi Ø14-15 mm ve Ø16-17 mm boyutundaki fındıklar yaklaşık aynı sürede ve aynı kütle kaybı eğrisi ile kütlelerini kaybederken Ø18 mm ve üstü çaptaki fındık 5 saat daha geç kurumaktadır. En kısa kuruma süresi 1080 dakika olarak gerçekleşmiştir.



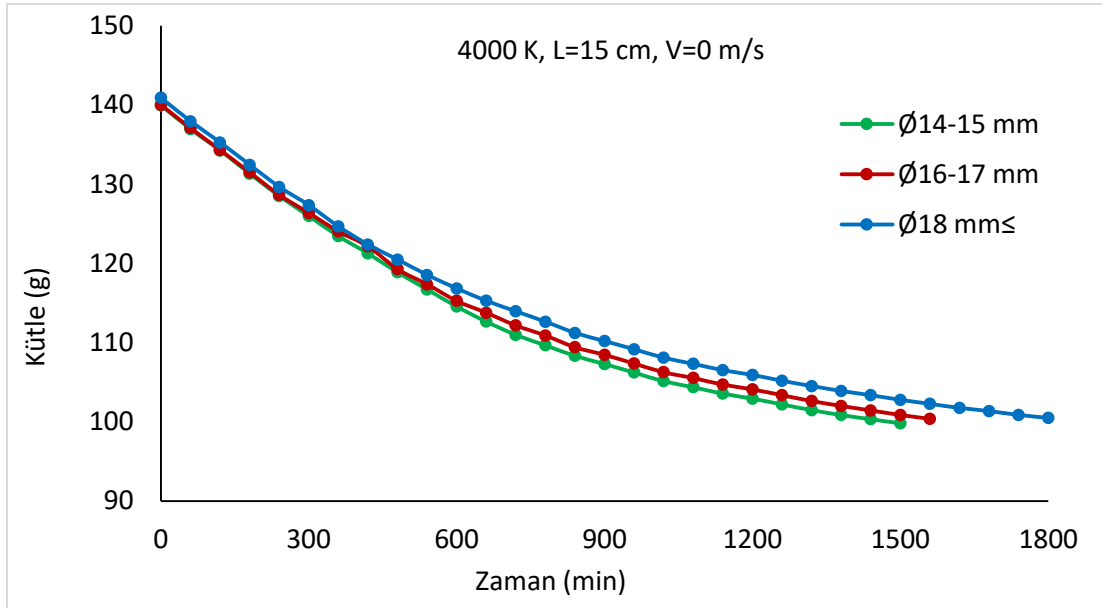
Şekil 4.15 4000 K LED ve L=10 cm için Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi

Şekil 4.16 ‘de doğal dolaşımda 4000 K’li LED ve 10 cm için fırın sıcaklığı ve fındık içi sıcaklıklarının değişimleri verilmiştir. Kurutucu hacminin artmasından dolayı ışınımın etkinliği görülmektedir. Fındık iç sıcaklığı ile fırın iç sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı bariz olarak gözükmekte ve bu değer 7.8 °C’ye çıkmıştırgeçmiştir. Fırın iç sıcaklığı 45 °C’de yaklaşık sabit iken fındık iç sıcaklığı artmaktadır.



Şekil 4.16 4000 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınım Sıcaklık-Zaman Değişimi

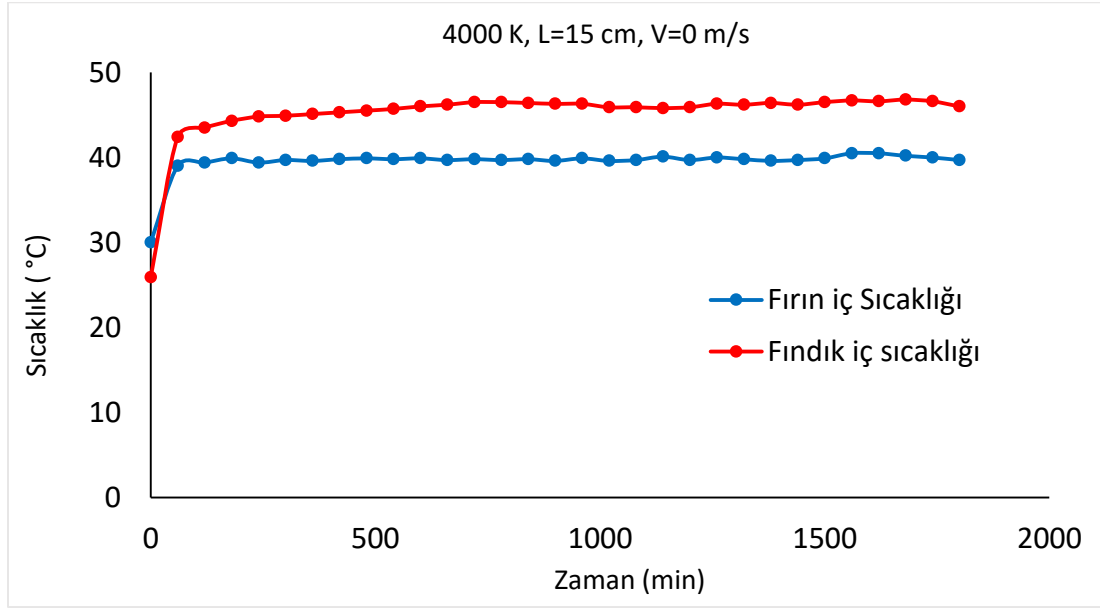
L= 15 cm Grafikleri



Şekil 4.17 4000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınım Fındık Boyutuna Bağlı Kütle- Zaman Değişimi

Şekil 4.17’de üç farklı boyuttaki fındığın zamana bağlı kuruma eğrileri 4000 K ve 15 cm mesafe değeri için verilmiştir. Fındık boyutunun artması ile bariz bir şekilde kuruma süresi artmaktadır. Bunun sebebi hacmin artmasıyla ısı transferinin ışınım ile gerçekleşmesidir. Ø14-15 mm fındık boyutu için en kısa kurutma süresi 1440 dakikadır.

Şekil 4.18 'de doğal dolaşımda 4000 K'li LED ve 15 cm için fırın sıcaklığı ve fındık içi sıcaklıklarının değişimleri verilmiştir. Kurutucu hacmi ve mesafenin artmasından dolayı ışınımın etkinliği görülmektedir. Fındık iç sıcaklığı ile fırın iç sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı 6.7 °C'ye çıkmıştır. Fırın iç sıcaklığı 40 °C'de yaklaşık sabit iken fındık iç sıcaklığı 46.6 °C'ye kadar çıkmaktadır.

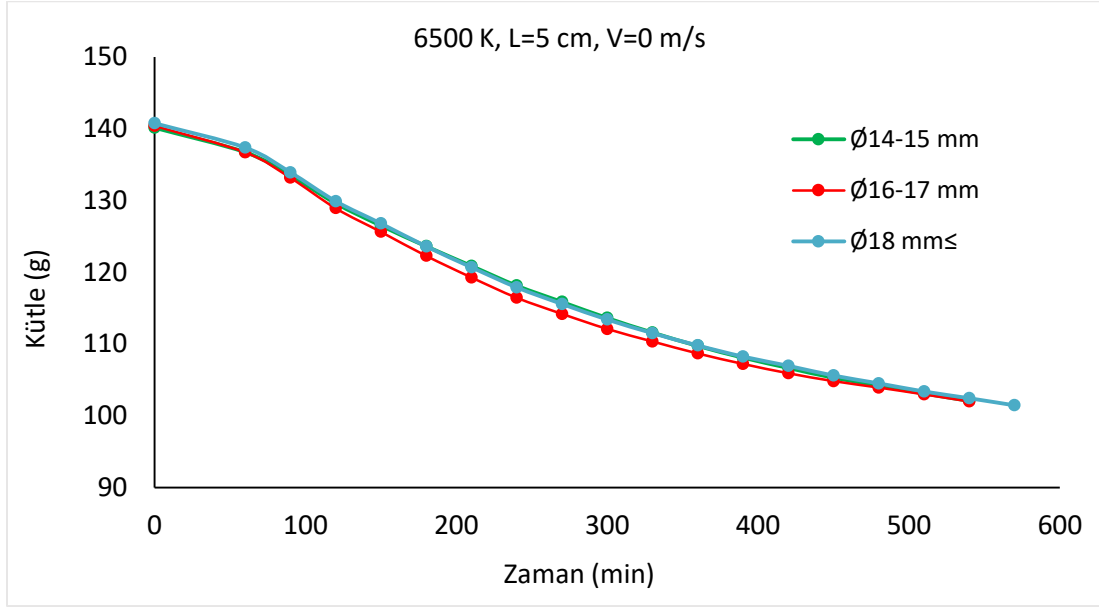


Şekil 4.18 4000 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

4.1.3 LED-6500 K Renk Sıcaklığı Grafikleri

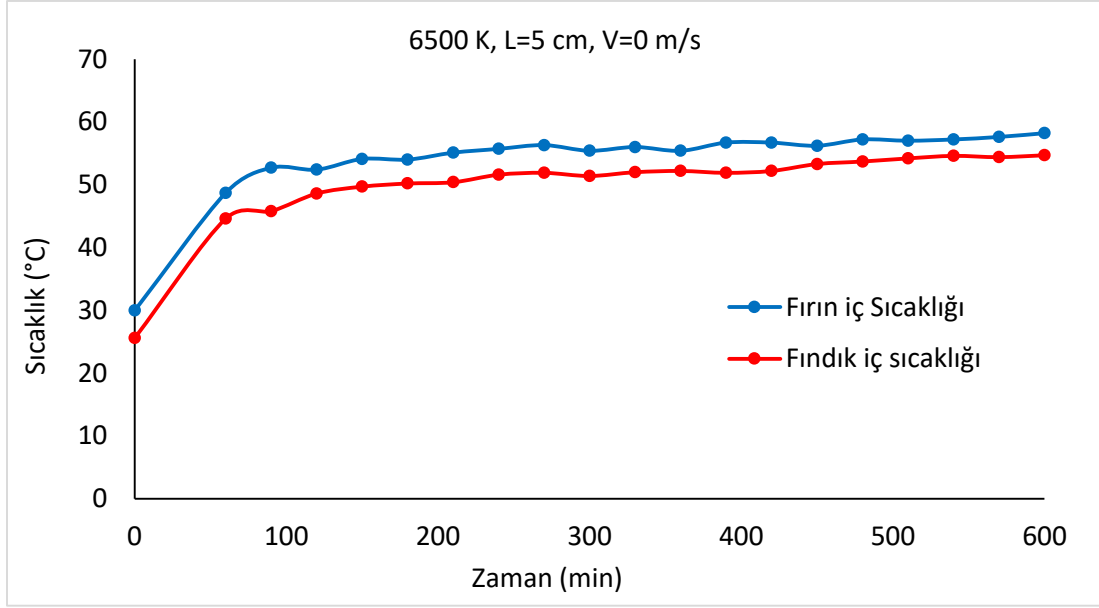
L= 5 cm Grafikleri

Şekil 4.19’da 6500 K LED ve L=5 cm mesafe için doğal taşınımında fındık boyutuna bağlı kütle- zaman değişim grafiği verilmiştir. Zaman bağlı kütle kaybı eğrileri neredeyse paralel olan grafikte üç farklı boyuttaki fındık numunelerinin de yaklaşık olarak aynı zamanda kurumuş olduğu görülmektedir.



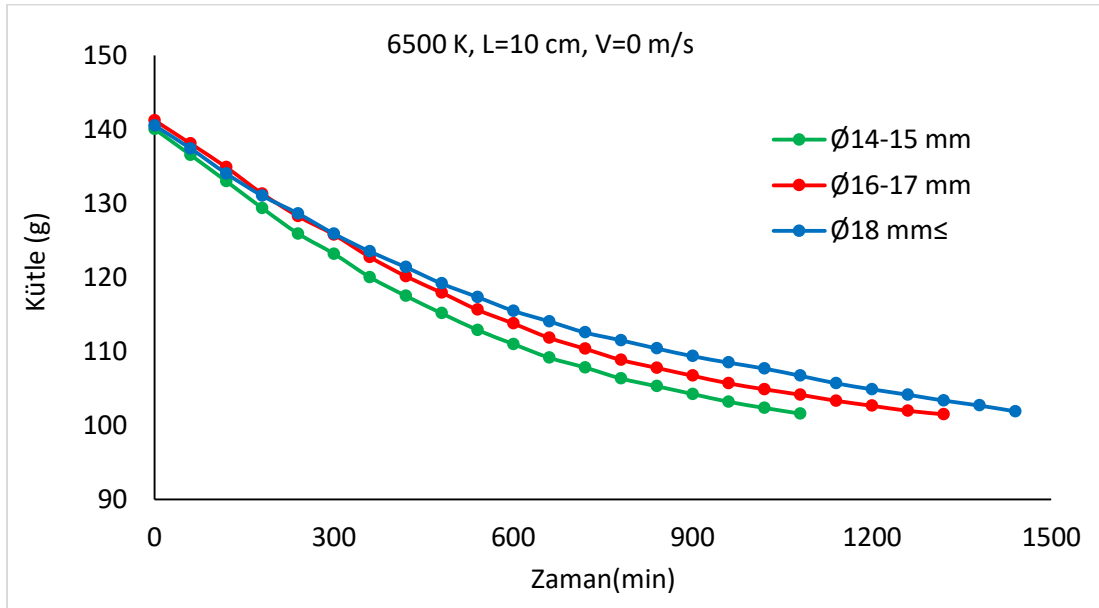
Şekil 4.19 6500 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

Şekil 4.20 ‘de doğal dolaşımında 6500 K’li LED ve 5 cm için fırın sıcaklığı ve fındık içi sıcaklıklarının değişimler zamana bağlı olarak verilmiş olan grafik görülmektedir. Kurutucu hacminin ve mesafenin az olması ve 6500 K renk sıcaklığının yaydığı ışının etkisinin düşük olması dolayısıyla taşınım ile ısı transferi daha etkin olduğu için sadece bu renk sıcaklığında fırın sıcaklığı fındık iç sıcaklığının üzerindedir. Fırın iç sıcaklığı maksimum 58.2 °C iken fındık iç sıcaklığı 54.7 °C’ye çıkabilmiştir.



Şekil 4.20 6500 K LED ve L=5 cm İçin Doğal Taşınımda Sıcaklık-Zaman Değişimi

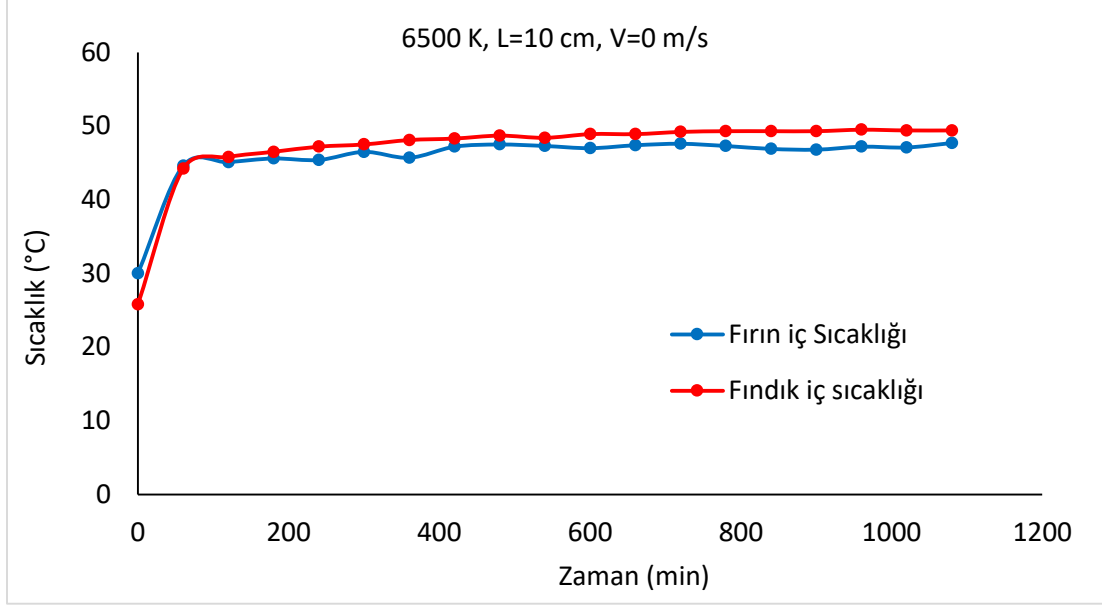
L= 10 cm Grafikleri



Şekil 4.21 6500 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımda Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

Şekil 4.21’de Renk sıcaklığı 6500 K olan LED’in L=10 cm mesafe için doğal taşınımında fındık boyutuna bağlı kütle- zaman değişimi grafiğini verilmiştir. Beklenildiği gibi fındık boyutu arttıkça kuruma süreside artmaktadır. En kısa kurutma süresi 1080

dakika ile \emptyset 14-15 mm boyutlu findıkta gerçekleşirken, en uzun süre 1440 dakika ile \emptyset 18 mm boyutlu findıkta gerçekleşmiştir.

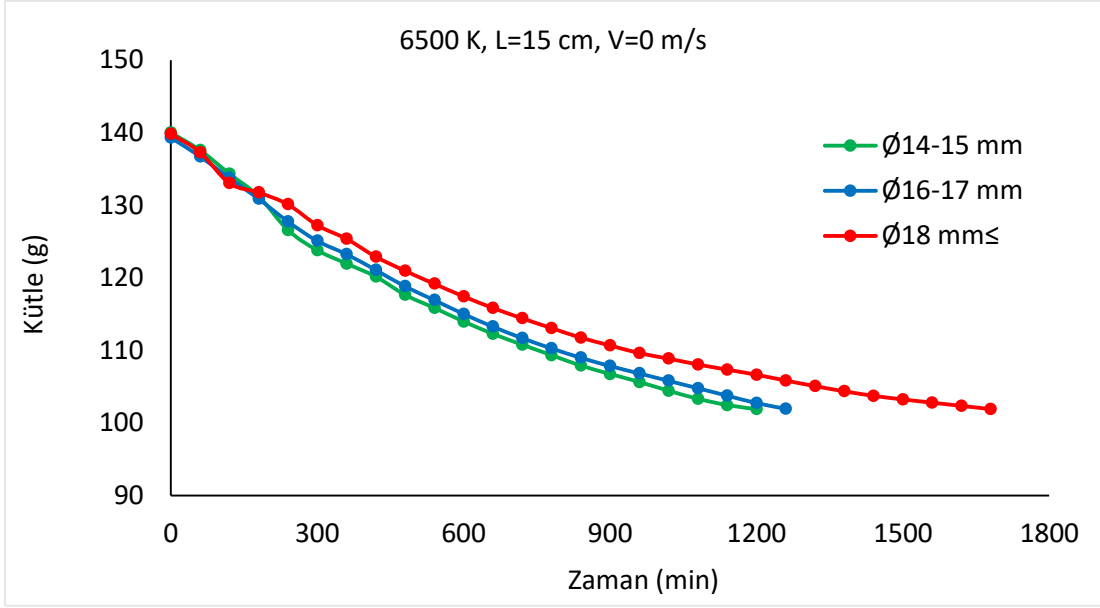


Şekil 4.22 6500 K LED ve L=10 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

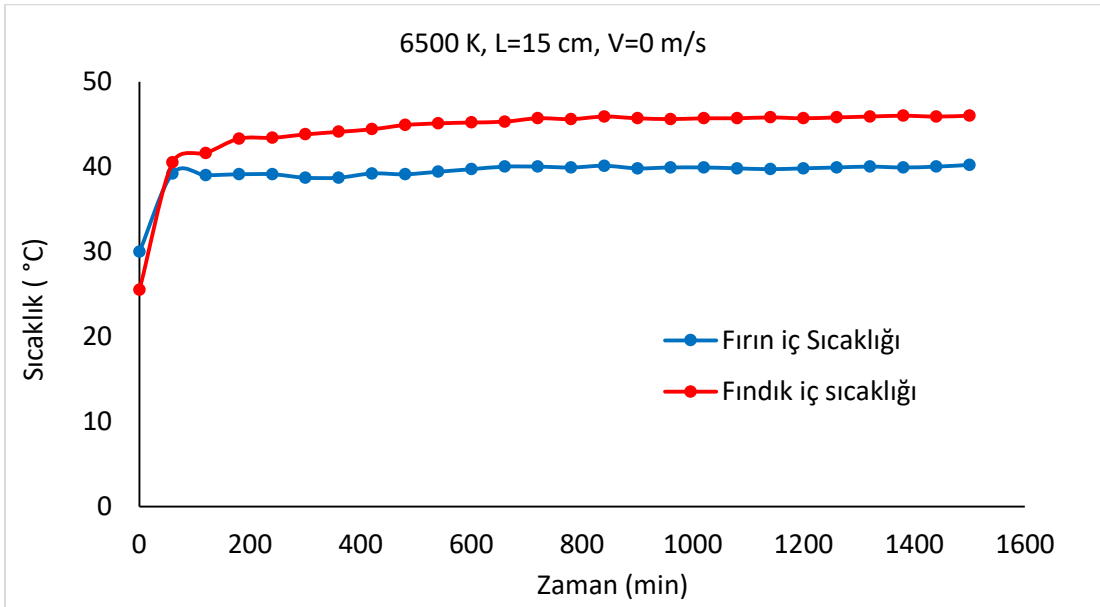
Şekil 4.22’de 6500 K LED ve L=10 cm için doğal taşınımında sıcaklık - zaman değişimi grafiği verilmiştir. Mesafe artmış olmasına rağmen, ışıınının tesiri ile findık içi sıcaklığı fırın sıcaklığını küçük bir farkla da olsa geçmiştir.

L= 15 cm Grafikleri

Şekil 4.23’de 6500 K LED ve L=15 cm için doğal taşınımında findık boyutuna bağlı kütle - zaman değişimi grafiği verilmiş olup, beklenildiği gibi findık boyutu arttıkça kuruma süresi de artmıştır. Ancak bu artış 15 cm mesafe için oldukça belirgin olup %25 oranında artmıştır.



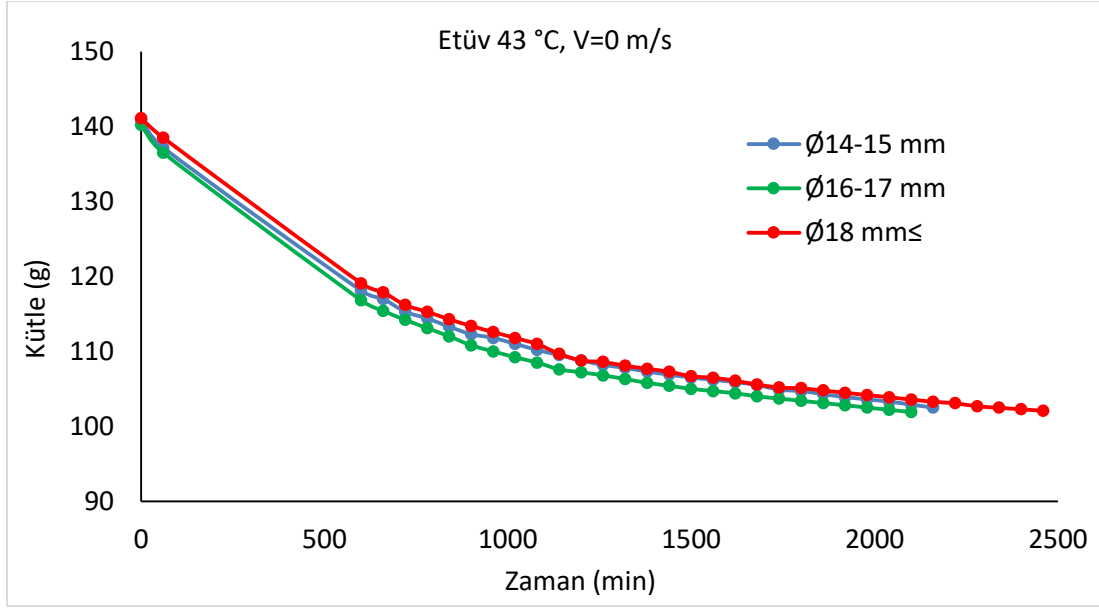
Şekil 4.23 6500 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Fındık Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi



Şekil 4.24 6500 K LED ve L=15 cm İçin Doğal Taşınımında Sıcaklık-Zaman Değişimi

Şekil 4.24’de 6500 K LED ve L=15 cm için doğal taşınımında sıcaklık - zaman değişimi verilmiştir. Fındık iç sıcaklığı fırın içi sıcaklığını çok kısa sürede geçmiş ve aralarındaki sıcaklık farkı 5.8 °C’ye çıkmıştır. Maksimum fındık içi sıcaklığı 45.9 °C’dir.

4.2 Etüvde Kurutma Grafiği

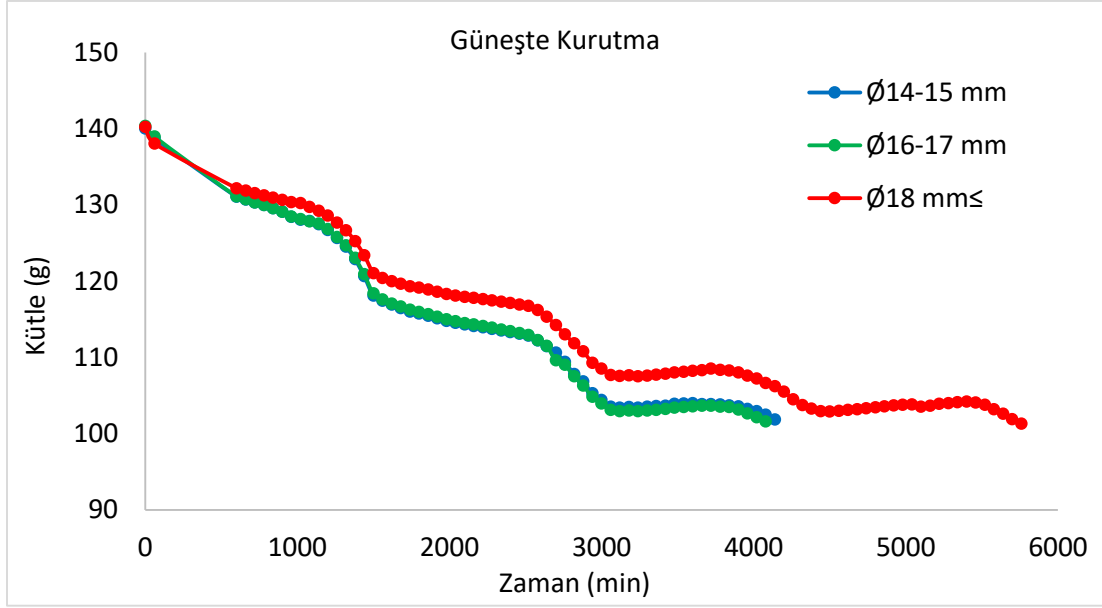


Şekil 4.25 Etüvde Kurutulan Fındığın Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

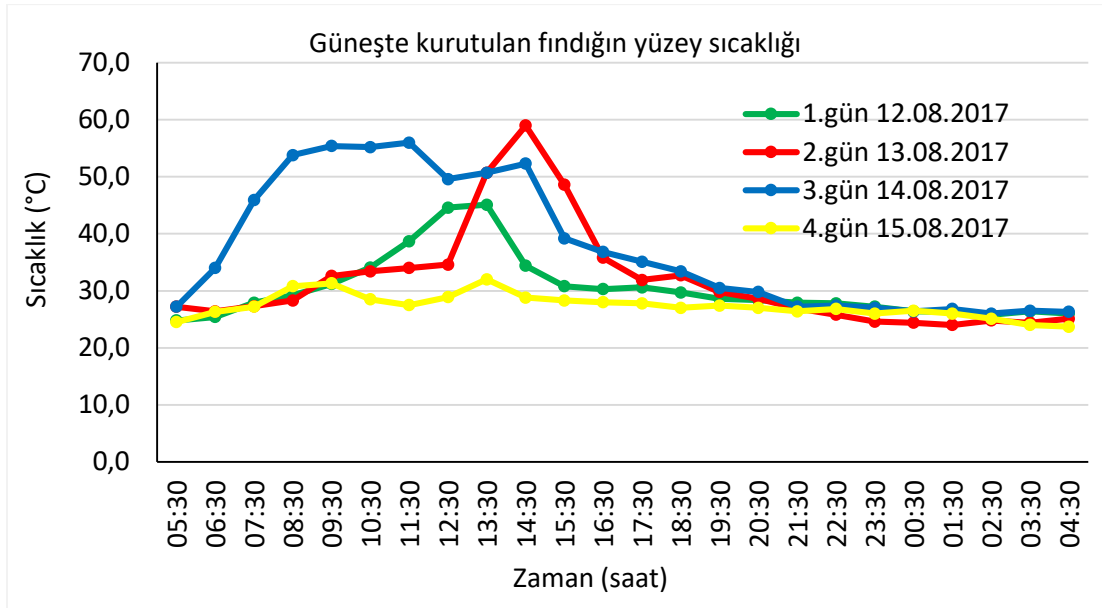
Etüvümüz 43 °C'ye ayarlanmış ve etüv içi hava hızı sıfır kabul edilmiştir. Etüvde kurutulan fındığın boyutuna bağlı kütle - zaman değişimi grafiği Şekil 4.25'de verilmiştir. Etüv sıcaklığının 43 °C seçilmesinin sebebi LED'li kurutma ile karşılaştırmanın daha doğru olarak yapılmasını sağlama içindir. Şekilde görüldüğü gibi Ø14-15 mm boyutundaki fındık ile Ø16-17 mm boyutundaki fındığın kuruma süreleri birbirine yakın olup 2160 dakikadır. Ø18 mm ve üstü boyutundaki fındığın kuruma süresinin %14 daha uzun olduğu görülmüştür.

4.3 Güneşte Kurutma Grafiği

Bölgede fındık Güneş altında harmana serili olarak kurutulduğundan, yapılan çalışmanın karşılaştırmasını yapabilmek adına bu deneysel çalışmada üç farklı boyuttaki fındık Güneş'te kurutulmuş ve Şekil 4.26'da fındığın boyutuna bağlı kütle - zaman değişimi verilmiştir. Beklenildiği üzere Ø14-15 mm boyutundaki fındık ile Ø16-17 mm boyutundaki fındıklar 4080 dakika gibi bir zamanda kurumakta iken, Ø18 mm ve üstü boyuttaki fındık 5760 dakikada kurumuştur. Grafiklerde eğrilerin eğimin arttığı bölgeler, gündüz saatleri olup, eğimin azaldığı bölgeler ise gece saatlerini ifade eder. Gece saatlerinde havanın neminden etkilenen fındığın geriye nem aldığı eğrilerden anlaşılmaktadır.



Şekil 4.26 Güneşte Kurutulan Fındığın Boyutuna Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

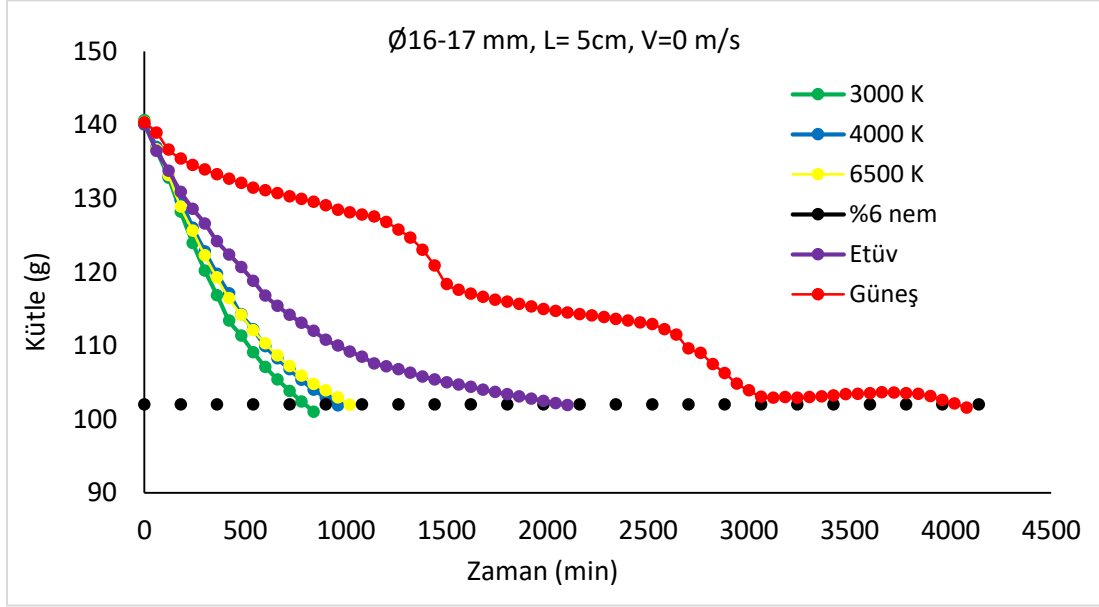


Şekil 4.27 Güneşte Kurutulan Fındığın Yüzey Sıcaklığının Gün İçerisindeki Değişimi

Güneşin fındık kurutmadaki ışınım etkisini ortaya koyabilmek için, Güneş altındaki fındığın yüzey sıcaklığı infrared termometre ile zamana bağlı olarak ölçülmüş ve sıcaklıktaki bu değişimler Şekil 4.27’de verilmiştir. Dört gün boyunca sıcaklığın birbirine benzer olmayan şekilde değişim göstermekte, bazı günler güneşli iken, bazı günler kapalı olması dolayısıyla fındığın kuruma süresini uzatmaktadır. Fındık yüzey sıcaklığı 2.gün saat

14:30'da 59 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama gece sıcaklığı 25 °C'dir. Bu grafikler göstermektedir ki bölge güneşte fındık kurutmaya uygun değildir.

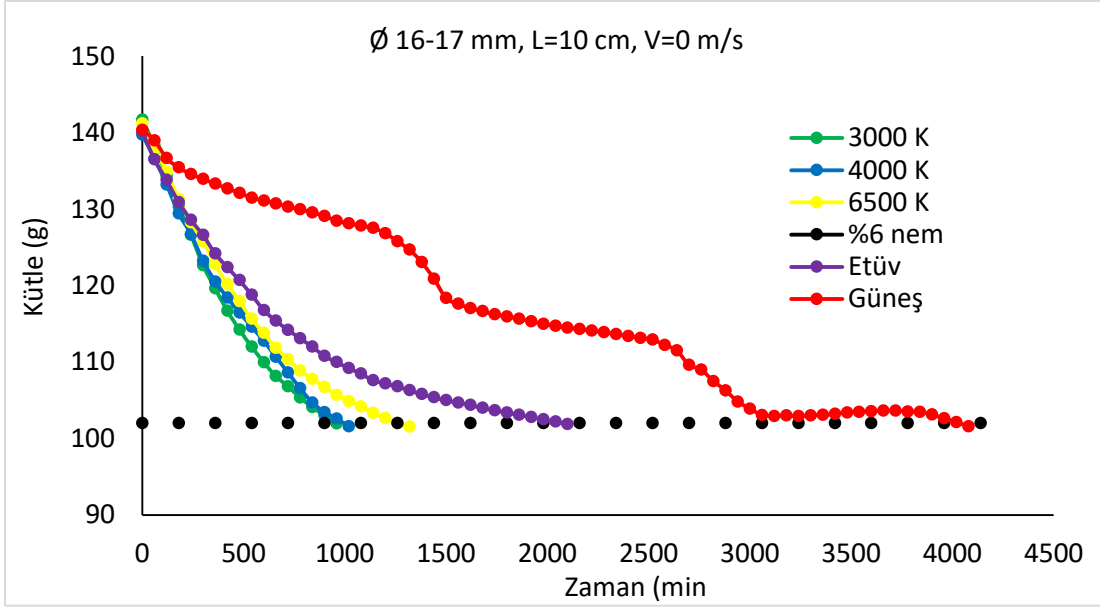
4.4 LED Karşılaştırma Grafikleri



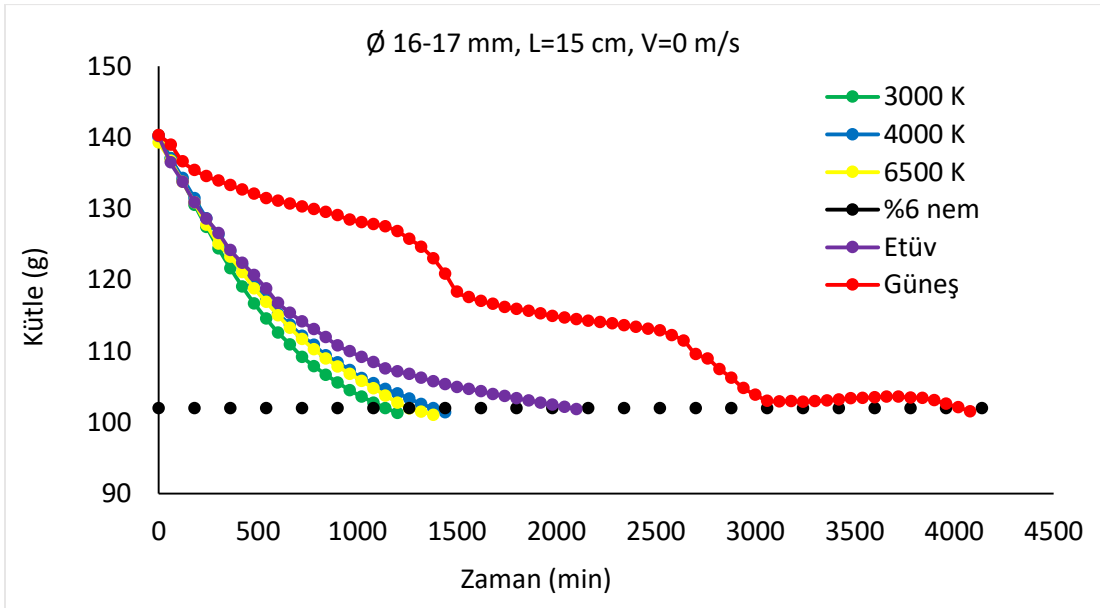
Şekil 4.28 Farklı Kurutma Şartlarında L=5 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi

Farklı kurutma şartları ve L=5 mm mesafesindeki LED'li kurutma için kütle-zaman değişimi Şekil 4.28'de verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın Güneşte kurutma ile etüv, 6500 K, 4000K, 3000 K'de kurutma karşılaştırıldığında sırasıyla %49, %74, %75 ve %88 daha kısa sürede kurumaktadır.

Şekil 4.29'da farklı kurutma şartları ve L=10 mm mesafesindeki LED'li kurutma için kütle - zaman değişimi grafiği verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın Güneşte kurutma ile etüv, 6500 K, 4000K, 3000 K'de kurutma karşılaştırıldığında sırasıyla %49, %69, %75 ve %76.5 daha kısa sürede kurumaktadır.

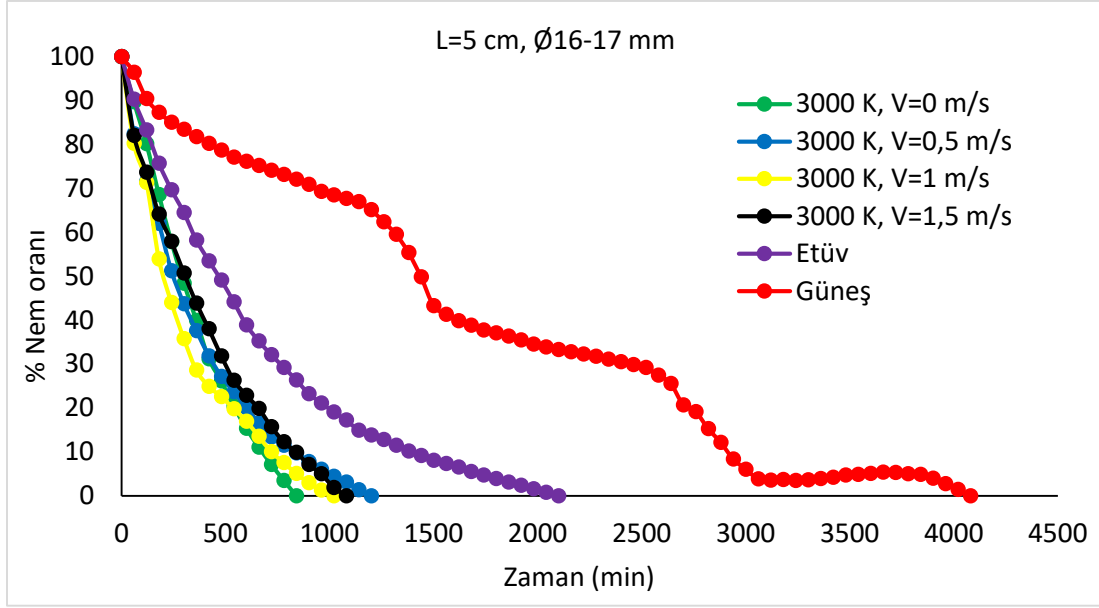


Şekil 4.29 Farklı Kurutma Şartlarında L=10 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi



Şekil 4.30 Farklı Kurutma Şartlarında L=15 mm Mesafe İçin Kütle-Zaman Değişimi

Farklı kurutma şartları ve L=15 mm mesafesindeki LED'li kurutma için kütle-zaman değişimi Şekil 4.30'da verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın Güneşte kurutma ile etüv, 6500 K, 4000K, 3000 K'de kurutma karşılaştırıldığında sırasıyla %49, %66, %65 ve %71 daha kısa sürede kurumaktadır.



Şekil 4.31 Güneş, Etüv ve L=5 mm Mesafeli 3000K LED'li Değişken Hava Hızına Bağlı Fındığın Kütle-Zaman Değişimi

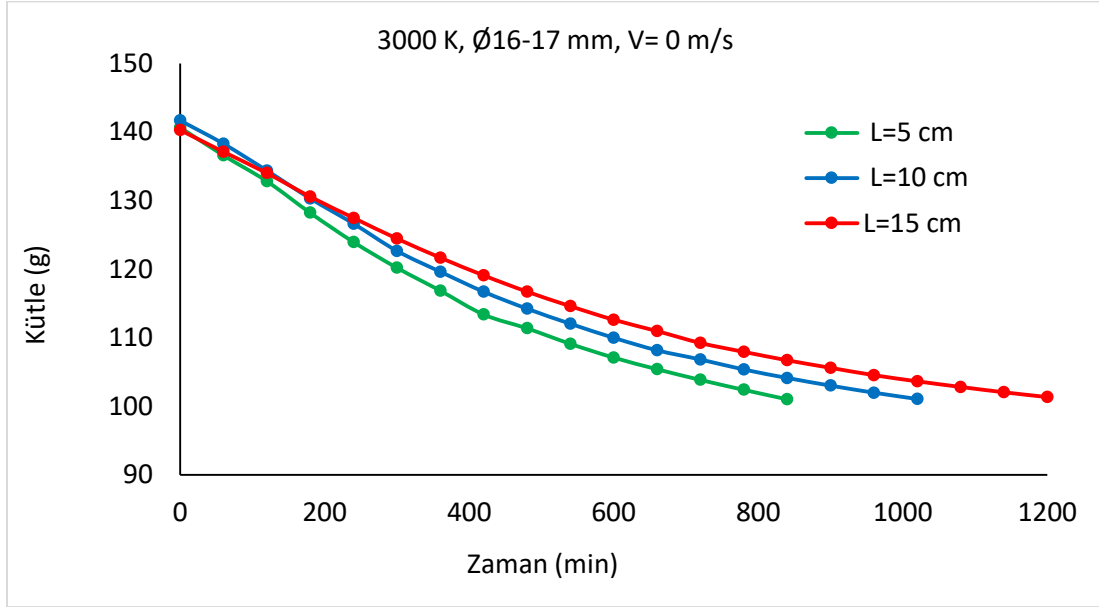
Güneş, etüv ve L=5 mm mesafeli 3000 K LED'li değişken hava hızına bağlı Ø16-17 mm boyutundaki fındığın kütle - zaman değişimi Şekil 4.31'de verilmiştir. Etüvde kurutma ve 0 m/s, 0,5 m/s, 1,0 m/s ve 1,5 m/s hava kurutma hızlarındaki LED'li kurutma, güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında kurutma işlemi sırasıyla %48.5. %79.4. %70.5. %75 ve %73.5 daha kısa sürede gerçekleşmiştir.

4.5 Mesafe karşılaştırma grafikleri

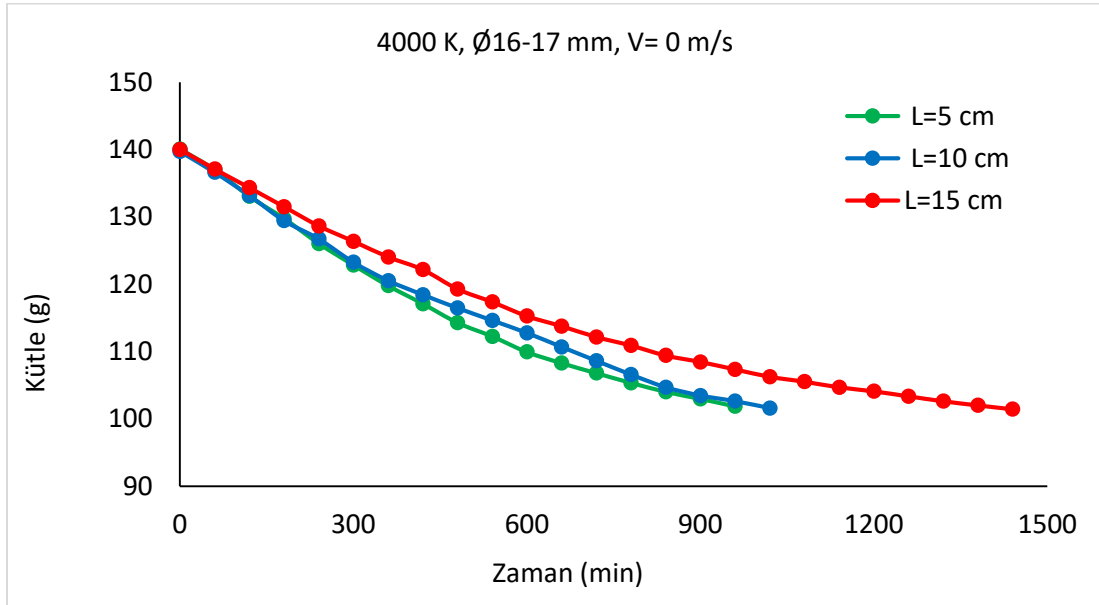
Bu bölümde verilen grafikler Ø16-17 mm boyutundaki fındığın zamana bağlı kütle kaybı ile ilgilidir. Üç farklı boyutta deneyler yapılmasına rağmen sadece Ø16-17 mm boyutun grafiklerinin verilme sebebi hasat sırasında en fazla ürün bu boyut aralığında olmasıdır. Ürünün (tombul fındık) yaklaşık %47'si bu boyutta iken %33'ü Ø14-15 mm ve %15'i Ø18 mm ve üstü'dür. %5'de diğer boyutlardaki fındıklardır. Bu değerler çalışma yaptığımız bahçenin ürünlerini içermektedir.

Şekil 4.32'de 3000 K renk sıcaklığındaki LED'li fındık kurutmada, mesafeye bağlı kütle-zaman değişim grafiği verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın 3000 K için 5 cm, 10 cm ve 15 cm mesafelerdeki kütle kayıpları 15 cm mesafeyle karşılaştırıldığında sırasıyla %30 ve %15 daha kısa sürede kurumaktadır. Mesafe arttıkça taşınım ve ışınımın

etkisi azalmakta ve ortam sıcaklığı düşmektedir. Bu nedenle kuruma süresi de bu etkilere bağlı olarak artmaktadır.



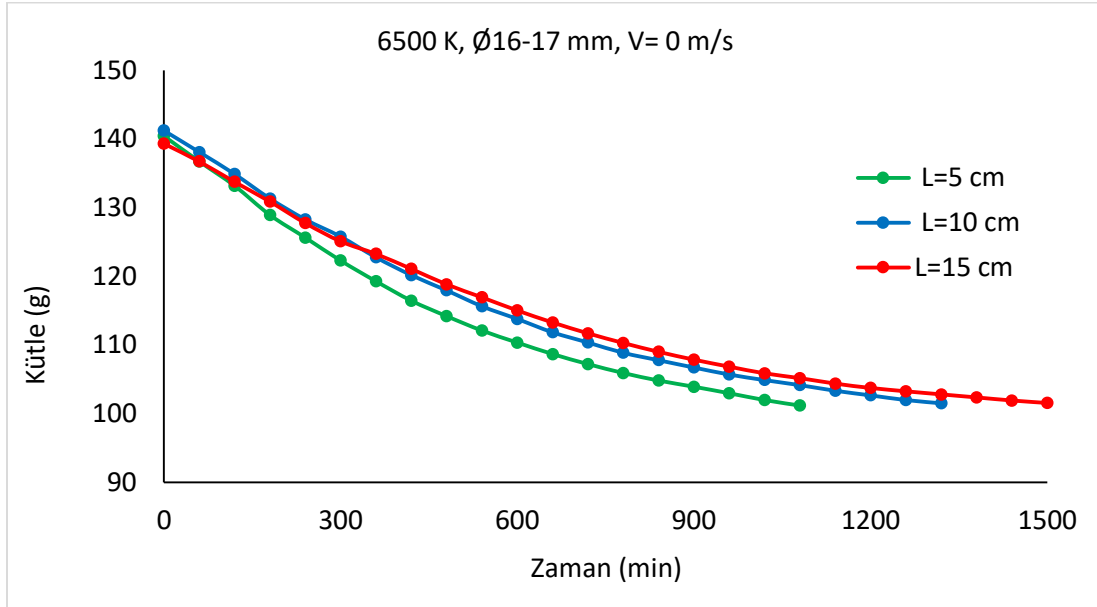
Şekil 4.32 3000 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi



Şekil 4.33 4000 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

4000 K renk sıcaklığındaki LED'li fındık kurutmada mesafeye bağlı kütle-zaman değişim grafiği Şekil 4.33'de verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın 4000 K için 5 cm, 10 cm ve 15 cm mesafelerdeki kütle kayıpları 15 cm mesafeyle karşılaştırıldığında sırasıyla %33 ve %29 daha kısa sürede kurumaktadır. Mesafe arttıkça taşınım ve ışınımın

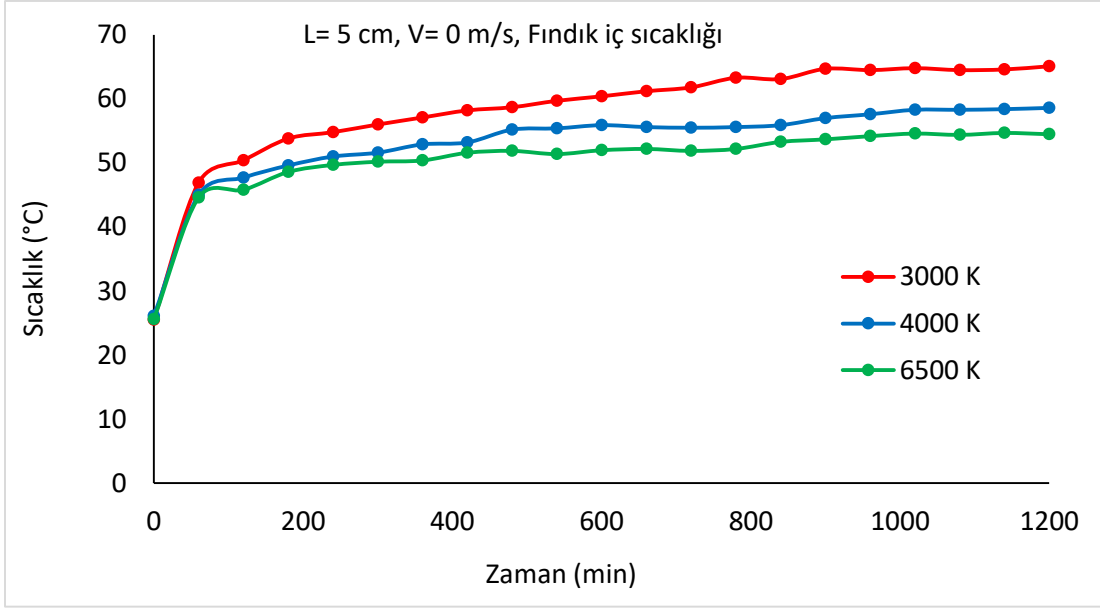
etkisi 4000 K renk sıcaklığından dolayı daha da azalmakta ve ortam sıcaklığı düşmektedir. Bu nedenle kuruma süresi de bu etkilere bağlı olarak artmaktadır.



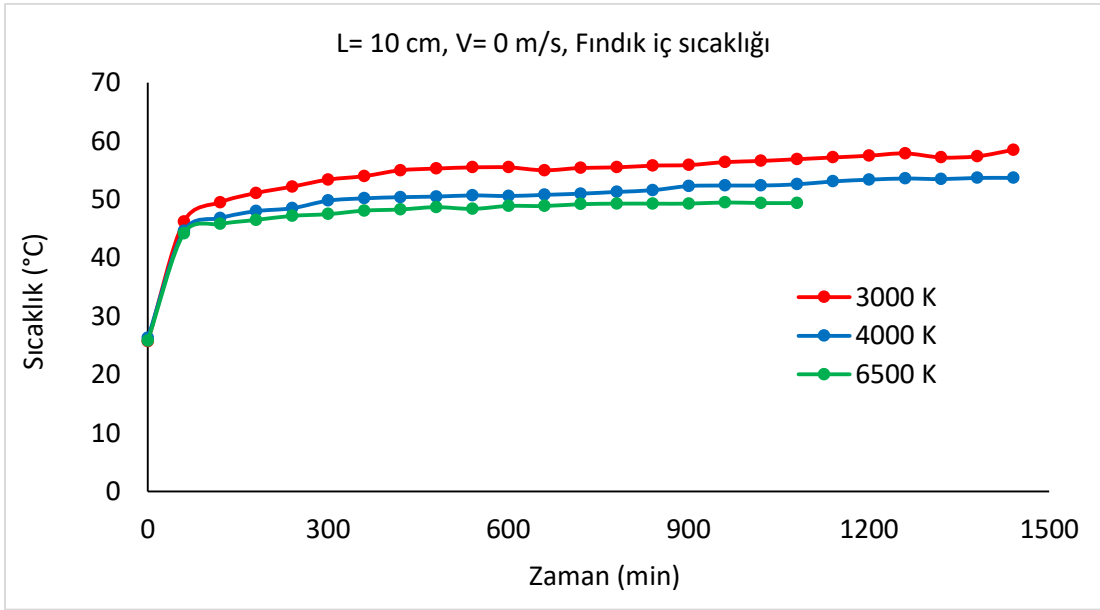
Şekil 4.34 6500 K LED İçin Mesafeye Bağlı Kütle-Zaman Değişimi

6500 K renk sıcaklığındaki LED’li fındık kurutmada mesafeye bağlı kütle-zaman değişim grafiği Şekil 4.34’de verilmiştir. Ø16-17 mm boyutundaki fındığın 6500 K için 5 cm, 10 cm ve 15 cm mesafelerdeki kütle kayıpları 15 cm mesafeyle karşılaştırıldığında sırasıyla %28 ve %12 daha kısa sürede kurumaktadır. Mesafe arttıkça taşınım ve ışınımın etkisi 6500 K renk sıcaklığından dolayı daha da azalmakta ve ortam sıcaklığı düşmektedir. Bu nedenle kuruma süresi de bu etkilere bağlı olarak artmaktadır.

Şekil 4.35’de 5 cm mesafe için doğal taşınımında üç farklı renk sıcaklığında yapılan kurutma işlemi sırasında fındık içinin sıcaklık - zaman değişimi verilmiştir. Fındık iç sıcaklığı maksimum olarak 3000 K’de 65.1 °C, 4000 K’de 58.6 °C ve 6500 K’de 54.5 °C olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri gıda kurutma açısından yüksektir. Ancak güneşte kurutmada da kısa süreli olarak bu sıcaklık değerlerine ulaşıldığı Şekil 4.28’de görülmektedir.



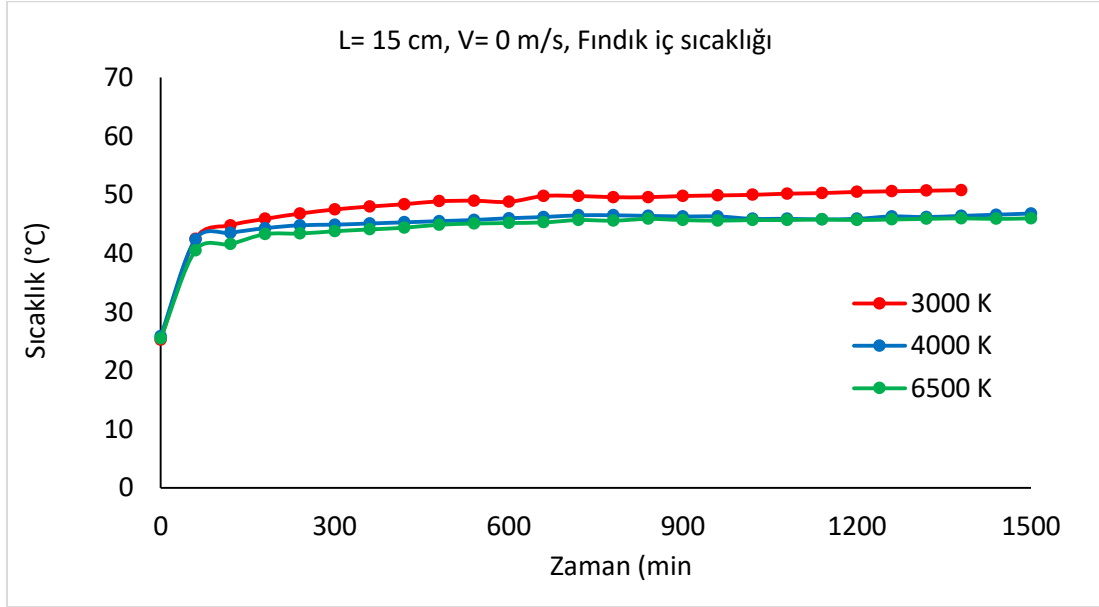
Şekil 4.35 L=5 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman Değişimi



Şekil 4.36 L=10 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman Değişimi

Şekil 4.36'de 10 cm mesafe için doğal taşınımında üç farklı renk sıcaklığında yapılan kurutma işlemi sırasında fındık içinin sıcaklık - zaman değişimi verilmiştir. Fındık iç sıcaklığı maksimum olarak 3000 K'de 57.9 °C, 4000 K'de 53.6 °C ve 6500 K'de 49.6°C olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri gıda kurutma açısından uygun sıcaklığın az

üzerindedir. Ancak bu mesafe için de güneşte kurutmada da kısa süreli olarak bu sıcaklık değerlerine ulaşıldığı Şekil 4.28’de görülmektedir.



Şekil 4.37 L=15 cm İçin LED Renk Sıcaklığına Bağlı Fındık İç Sıcaklığı-Zaman Değişimi

Şekil 4.37’de 15 cm mesafe için doğal taşınımında üç farklı renk sıcaklığında yapılan kurutma işlemi sırasında fındık içinin sıcaklık - zaman değişimi verilmiştir. Fındık iç sıcaklığı maksimum olarak 3000 K’de 50.8 °C, 4000 K’de 46.8 °C ve 6500 K’de 45.9 °C olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri gıda kurutma açısından uygun sıcaklıktır. Burada bu sıcaklık aralığı uygun olsada bu mesafe için hem kuruma süresi hem de gıda özelliklerinin değişimine göre bir optimum mesafe ve renk sıcaklığı belirlenmelidir.

Çizelge 4.1 Fındığın Kurutma Şartlarına Göre Ö-T, % N Değişimleri

Deneyler (Ø16-17 mm fındık için)	Ö-T	% N	% P
3000 K, 5 cm	4.42	3.1391	19.6194
3000 K, 10 cm	4.92	3.4942	21.8387
3000 K, 15 cm	5.28	3.74987	23.4367
4000 K, 5 cm	4.32	3.06808	19.1755
4000 K, 10 cm	4.91	3.4871	21.7944
4000 K, 15 cm	5.2	3.69306	23.0816
6500 K, 5 cm	5	3.55102	22.1939
6500 K, 10 cm	4.64	3.29534	20.5959
6500 K, 15 cm	4.55	3.23142	20.1964
Etüvde Kurutma (43 °C)	4.53	3.21722	20.1076
Güneşte Kurutma	4.97	3.52971	22.0607

Çizelge 4.2 Fındığın Kurutma Şartlarına Göre % Yağ Oranı ve FFA Değişimleri

Deneyler (Ø 14-15 mm fındık için)	Yağ Oranı %	FFA
3000 K, 5 cm	59.16	0.46
4000 K, 5 cm	59.98	0.6
4000 K, 10 cm	57.84	0.48
4000 K, 15 cm	59.64	0.51
6500 K, 5 cm	58.89	0.46
Etüvde Kurutma (43 °C)	59.51	0.47
Güneşte Kurutma	60.12	0.36

Çizelge 4.3 Fındığın Kurutma Şartlarının Toplam Phenolik, Toplam Flavonoid ve Antioksidant Aktivitesine (DPPH And FRAP Assay) Etkileri

Deneyler	Bioaktiv Bileşenler		
	Toplam Phenolics (g GAE kg ⁻¹ dw)	Toplam Flavonoid (g QE kg ⁻¹ dw)	Antioksidan Aktivitesi DPPH FRAP
Güneşte Kurutma	12.16	2.98	5.11 40.95
Etüvde Kurutma	12.14	1.42	6.06 21.11
3000 K, 5 cm	4.32	0.87	4.42 11.57
4000 K, 5cm	5.18	0.66	5.90 14.05
4000 K, 10 cm	4.02	0.75	4.81 14.05
4000 K, 15 cm	6.22	0.76	6.13 15.76
6500 K, 5 cm	13.04	1.85	6.05 30.70

Çizelge 4.3’de verilen tabloya göre; Güneş, etüv ve 6500 K-5 cm uygulamalarında total phenolics and total flavonoids daha iyi muhafaza edilmiştir. Benzer şekilde FRAP

testinde, aynı uygulamalardan daha yüksek antioksidant aktivite ölçülmüştür. Uygulamaların yağ oranları nispeten benzer düzeyde saptanmıştır. En yüksek yağ oranı güneşte kurutma uygulamasından elde edilmiştir. Aynı zamanda acılaştırmanın belirtisi olarak kabul edilen serbest yağ asitleri (FFA, free fatty acids) güneşte kurutmada daha düşük bulunmuştur. En yüksek FFA ise 4000 K-5 cm uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek azot içeriği etüvde, en yüksek fosfor içeriğide 4000 K-15 cm uygulamasından elde edilmiştir.

Bu sonuçlar ışığında bioaktiv içeriğin (phenolics, flavonoids and antioxidant activity) güneş, etüv ve 6500 K-5 cm uygulamalarında daha iyi korunduğu belirlenmiştir. FFA bakımından güneşte kurutmanın daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Nitekim acılaştırmaya neden olan oksidasyonu önleyen antioksidanlar (FRAP testine göre) güneşte kurutulan fındıklarda daha yüksek ölçülmüştür. Benzer şekilde 6500 K-5 cm uygulamasında antioksidant aktivitesi daha yüksek belirlenmiştir.

Üç farklı renk sıcaklığında yapılan LED'li kurutmada fındık içerisinde aflatoksin (B1, B2, G1, G2) değerlerine raslanmamıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Fındığın farklı ortamlarda kurutulmasına bağlı olarak elde edilen; kütle kaybı eğrileri, sıcaklık değişimleri ve gıda analizlerinden elde edilen veriler neticesinde;

1. Kurutma kaynağı olarak LED kullanılacaksa, doğal taşınımında 6500 K renk sıcaklığı ve L=5 cm mesafe uygulaması gıda özellikleri açısından en uygun olup; Ø16-17 mm boyutundaki fındığın 6500 K renk sıcaklığında kurutması (840 dakika) ile Güneşte kurutma (4080 dk) ile etüvde kurutma (2010 dk) karşılaştırıldığında sırasıyla, %79.5 ve %59.3 daha kısa sürede gerçekleşmiştir.

2. Doğal taşınımında L=5 mm ve Ø16-17 mm boyutundaki fındığın Güneşte kurutma (4080 dk) ile etüv, 6500 K, 4000K, 3000 K'de kurutma karşılaştırıldığında fındık, sırasıyla %50,8 (2010 dk), %73,5 (1080 dk), %77,9 (900 dk) ve %82,4 (720 dk) daha kısa sürede kurumaktadır. Bu da kurutma süresine bağlı işçilik ve enerji maliyetini yaklaşık aynı oranda düşürmüştür.

3. Doğal taşınımında fındıkla LED arasındaki mesafenin artışının etkisi en belirgin 4000 K renk sıcaklığına sahip kurutma sisteminde gerçekleşmiş olup; 5 cm, 10 cm ve 15 cm mesafelerdeki kütle kayıpları 15 cm mesafeyle karşılaştırıldığında sırasıyla %33 ve %29 daha kısa sürede fındık kurumaktadır. Üç farklı LED renk sıcaklığı için de LED ile fındık arasındaki mesafe arttıkça kuruma süresi de artmıştır.

4. Doğal taşınımında fındık boyutuna bağlı en kısa kurutma süresi (uygun sıcaklık aralığında) 3000 K renk sıcaklığı ve L=10 cm için 1080 dakika ile Ø14-15 mm boyutlu fındıkta gerçekleşirken, en uzun kuruma süresi 6500 K renk sıcaklığı ve L=15 cm mesafe için Ø18 mm ve üstü boyutlu fındıkta 1680 dk olarak gerçekleşmiştir. Üç farklı LED renk sıcaklığı için fındık boyutu arttıkça kuruma süresi de artmıştır.

5. LED'li (3000 K ve L= 5 cm için) fındık kurutma zorlanmış taşınımında gerçekleşecekse; 0,5 m/s, 1,0 m/s ve 1,5 m/s hava kurutma hızlarındaki LED'li kurutma, güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında kurutma işlemi sırasıyla %70,5, %75 ve %73,5 daha kısa sürede gerçekleşmiştir.

6. LED'le kurutmada fındıkta aflatoxin oluşumuna rastlanmamıştır.

7. Projelendirilip imal edilen kurutma LED’li sistemi ile fındıktan başka ürünlerinde kurutulabiliyor olması, bölge ekonomisi açısından önemlidir.

8. LED’li sistemler 12 volt veya 24 volt ile beslendikleri için enerji verimliliği ve iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından caziptir.

9. LED’lerin ömrünün uzun ve sistemde çalışan karmaşık parçaların olmaması sistemin kullanım ömrünü artırmakta ve bakım onarım maliyetlerini de düşürmektedir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında bir başka çalışma için önerilerimiz;

1. Çalışmalar bölge ortam şartlarında yapılmış olup farklı şartlandırılmış hava nemlerinde çalışılması fabrikasyon kurutmaları için uygun olacaktır.

2. Sistem güneş enerjisi destekli (güneş paneli ve havalı güneş kolektörü) olarak imal edilirse enerji maliyetinin düşürülmesi mümkündür.

3. Sisteme, serili fındık kalınlıkları artırılarak kurutma çalışmaları yapılmak suretiyle uygulamaya dönük fındık sergi kalınlığı bulunmalıdır.

4. Çalışma üretici şartlarına uygun boyutta tasarlanarak imal edilmeli ve üretilecek prototipi çiftçilerde denenmelidir

5. Bu sistemde farklı meyve ve sebze kurutulması yaygınlaştırılmalı ve bölgenin gıda ürünleri kurutularak değerlendirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (2001). TS 3075. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Yayın No: ICS 67.080.10, Ankara.
- Anonim, (2014a). LED nedir. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/led.htm> (Erişim tarihi: 22.05.2014).
- Anonim, (2014b). Led Akademi. <http://www.odakled.com.tr/ledakademi.asp?islem=detay&ID=14>-(Erişim tarihi: 02.06.2014).
- Anonim, (2014c). Led (Opto Elektronik). <http://www.silisyum.net/html/optoelektronik/led.htm>-(Erişim tarihi: 05.06.2014).
- Anonim, (2014d). Evren dersler pratik astronomi ısı ve tayf. <https://astronomy.ege.edu.tr> (Erişim tarihi: 07.06.2014).
- Anonim, (2014e). Vikipedi, özgür ansiklopedi/Işık. <http://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k>-(Erişim tarihi: 08.06.2014).
- Anonim, (2018a). Gıda olarak fındığın değeri. Fındık araştırma enstitüsü müdürlüğü. <https://arastirma.tarim.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=29>-(Erişim tarihi: 21.01.2018).
- Anonim, (2018b). Fındığın anatomisi. Fındıkta verim ve kaliteyi artırma projesi. http://www.kalitelifindik.org/index.php?sayfa=findigin_anatomisi.17&d=tr-(Erişim tarihi: 29.01.2018).
- Anonim, (2018c). Fındığın anatomisi. Fiskobirlik. <http://www.fiskobirlik.org.tr/findigin-anatomisi/>-(Erişim tarihi: 29.01.2018).
- Anonim, (2018d). Fındık ve fındık ticaretinin tarihi. Giresun ticaret borsası. <http://www.giresuntb.org.tr/FindikTicaretTarihi> -(Erişim tarihi: 29.01.2018).
- Anonim, (2018e). Fındık çeşitlerimiz. Fındık araştırma enstitüsü müdürlüğü. <https://arastirma.tarim.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=4>-(Erişim tarihi: 31.01.2018).
- Anonim, (2019). Türk Fındığının Besin Değerleri. Giresun Ticaret Borsası. <http://www.giresuntb.org.tr/findik.php?findik=besin>-(Erişim tarihi:21/07/2019)
- Akgün, M., Şenyurt, Ö., & Kandemir, L. (2017). sıcak beyaz (sarı) renkli led ile kurutmanın fındığın (*Corylus avellana* l.) kuruma karakteristiklerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 266-274.
- Aktas, M., Ceylan, İ., Dogan, H. (2004). Günes enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, *Teknoloji Dergisi*, 7(4), 557-564.
- Aktaş, M., Ceylan, İ., Dogan, H. (2005). Isı pompalı endüstriyel fındık kurutma fırınının modellenmesi. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, *Politeknik Dergisi*, 8(4), 329-336.
- Aktaş, M. (2007). Isı pompası destekli fındık kurutma fırınının tasarımı, imalatı ve deneysel incelemesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.

- Balık., H.İ., Kayalak Balık, S., Beyhan, N., Erdoğan, V. (2016). Fındık çeşitleri. *Klasmat matbaacılık*, 978-605-137-559-5, Ankara, 34-83.
- Bıçakçı, M. 1989. Doğu Karadeniz bölgesinde havalı güneş kolektörleri ile prototip fındık kurutma tesisatı tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ceylan, İ., Aktaş, M. (2008). Isı pompası destekli bir kurutucuda fındık kurutulması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 215-222.
- Çetin, M. 1994. Fındığın dönel silindirde kurutulmasının teorik ve deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Demirbaş, M. (2000). Fındıkta Kurutma Sistemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Demirtaş, C. (1996). Fındık Kurutma Şartlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Giraud, A., Valentini, N., Venturello, A., Savorani, F., Bertone, E., Bonazzola, G., ... & Geobaldo, F. (2018). Kinetic modeling of hazelnut drying: Effects of different cultivars and drying parameters. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), e12632.
- Karabay, H. (1991). Fındık kurutma. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karadeniz, T., Bostan, S.Z., Tuncer, C., & Tarakçıoğlu, C. (2008). Fındık Yetiştiriciliği. https://www.researchgate.net/profile/Celal_Tuncer/publication/287331865Fındık_Yetiştiriciliği/links/5675a9cf08ae502c99ce0922/Fındık-Yetiştiriciliği.pdf-(Erişim tarihi: 31.01.2018).
- Malekjani, N., Emam-Djomeh, Z., Hashemabadi, S. H., & Askari, G. R. (2017). Modeling thin layer drying kinetics, moisture diffusivity and activation energy of hazelnuts during microwave-convective drying. *International Journal of Food Engineering*, 14(2).
- Olgun, H., Rzayev, P. (2000). Fındığın üç farklı sistemde güneş enerjisi ile kurutulması *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*. 24, 1-14.
- Özçakmak, S., Dervişoğlu, M. (2007). Fındıkta aflatoxin oluşumuna etkili faktörler, Avrupa Birliğinin limit değerlerle ilgili düzenlemeleri ve Türk fındığı ihracatına etkileri. *Gıda Dergisi*, 32(1), 33-40.
- Özdemir, M., Yıldız M., ve Gürcaan S., T.(2002). Mekanik kurutmada hava sıcaklığının önemli türk fındık çeşitlerinden tombul'un kalitesine etkisi. *Gıda Dergisi*, 35-39.
- Özdemir, M. (2003). Fındık hasatı ve hasat sonrası işlemleri ile fındık işleminde kritik kontrol noktaları analizi. *Gıda Dergisi*, 5-12.
- Topuz, A. (2002). Akışkan yatakta fındık kurutma prosesinde ısı ve kütle geçişinin incelenmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Topuz, A., Gür, M., Gül, M., Z. (2004). An experimental and numerical study of fluidized bed drying of hazelnuts. *Applied Thermal Engineering*, 24, 1535-1547.

Turan, A., İslam, A. (2016). Çakıldak Fındık Çeşidinde Kurutma Ortamları ve Muhafaza Süresine Bağlı Olarak Meydana Gelen Değişimler. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 272-285.

Turan, A. (2018). Effect of drying methods on nut quality of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Journal of food science and technology*, 55(11), 4554-4565.

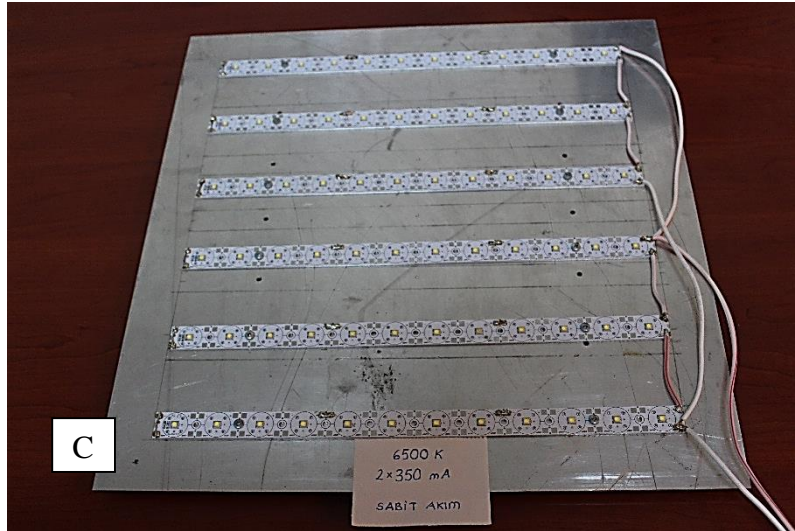
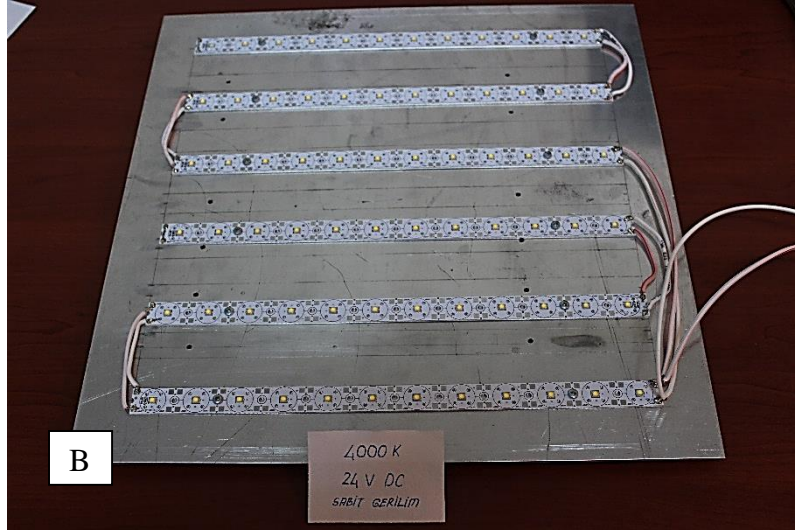
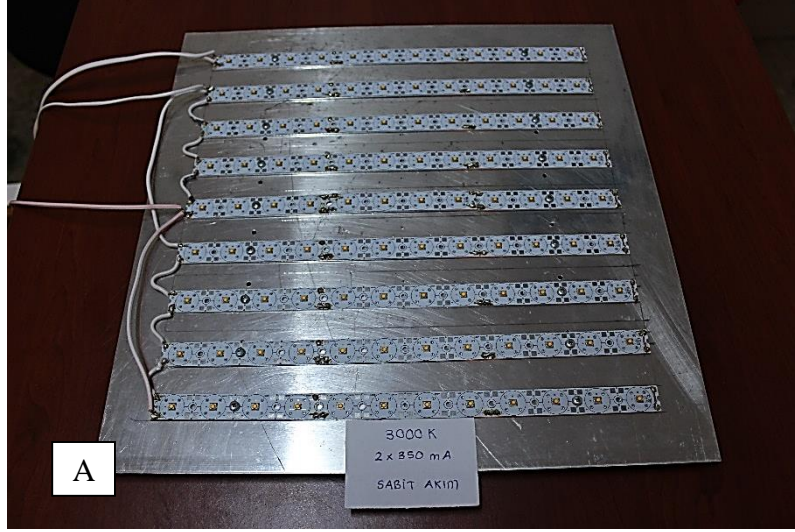
EKLER

EK 1: Türk Fındığı Besin Değerleri Tablosu (Anonim, 2019)

Kimyasal Bileşimi	%	Yağ Asitleri Bileşimi	%	Total Amino Asit Bileşimi	g/100g	Mineral Bileşimi	(mg/100g)
Kimyasal Bileşimi	15.98	Myristic (C14:0)	0.03	lysine	0.47	Alüminyum (Al)	5.023
Yağ	60.51	Pentadecanoic (C15:0)	0.02	Histidine	0.74	Kadmium (Cd)	0.011
Doymuş	4.76	Palmitic (C16:0)	4.86	Arginine	1.69	Kalsiyum (Ca)	193.4
Tekli doymamış	50.32	Margaric (C17:0)	0.04	Aspartic asit	1.58	Krom (Cr)	0.003
Çoklu doymamış	5.43	Heptadecenoic (C17:1)	0.07	Threonine	0.46	Kobalt (Co)	0.220
Su	4.45	Stearic (C18:0)	2.74	Serine	0.58	Bakır (Cu)	1.603
Kül	2.23	Oleic (C18:1w 9)	82.72	Glutamic asit	3.72	Demir (Fe)	4.967
Karbonhidrat	16.83	Linoleic (C18:2w 6)	8.89	Proline	0.59	Kurşun (Pb)	0.030
Şeker	3.58	Linolenic (C18:3w 3)	0.10	Glycine	0.97	Manganez (Mn)	3.293
Enerji (kcal)	672	Arachidic (C20:0)	0.14	Alanina	0.67	Magnezyum (Mg)	176.5
Organik Asit Bileşimi	g/100g	Gadoleic (C20:1w 9)	0.16	Cysteine	0.45	Nikel (Ni)	1.247
Oksalik	0.06	Behenic (C22:0)	0.03	Valine	0.67	Fosfor (P)	355.7
Sitrik	0.70	Erucic (C22:1w9)	0.03	Methionine	-	Potasyum (K)	761.0
Malik	3.86	Lignoceric (C24:0)	0.01	Isoleucine	0.59	Gümüş (Ag)	0.005
Laktik	0.43	Nervonic (C24:1w 9)	0.02	Leucine	0.99	Sodyum (Na)	3.133
Asetik	0.12	palmitoleic (C16:1)	0.16	Tyrosine	0.43	Vanadyum (V)	0.077
Askorbik	0.00	Fitosterol	mg/100g Yağ	Phenylalanine	0.79	Çinko (Zn)	1.940
Toplam	5.17	Bileşimi		Asparagine	-	Vitaminler	(mg/100g)
Şeker Bileşimi	g/100g	Cholesterol	0.00	Glutamine	-	Vitamin C	7.2
Fruktoz	0.142	Campesterol	7.15	Tryptophan	0.03	Vitamin E	33.9
Glukoz	0.111	Stigmasterol	0.89			Thiamin (B1)	0.3
Sakaroz	2.667	b-Sitosterol	105.48			Riboflavin (B2)	0.1
Rafinoz	0.135	Toplam	113.52			Pyridoxine(B6)	0.3
Stachyose	0.481					Niacin	1.8
Toplam	3.576					Pantothenic Acid	1.1
						Choline	52.4
						Betaine	0.5

EK 2: Kabuklu Fındıkta Bazı Nitelik Değerleri (Demirtaş, 1996)

ÇEŞİTLER	Şekil Değeri ve Biçimi	Meyve İriliği (%)	Çotanaktaki Meyve Sayısı	Çıtlak Kabuklu Meyve Oranı (%)	Sağlam İç Oranı (%)	Buruşuk İç Oranı (%)	İkiz İç Oranı (%)	Boş Meyve Oranı (%)	Randıman (%)	Çürük Meyve Oranı (%)
Tombul	1.11	1.46	3.8 (3-4)	1.13	74.58	13.79	0.82	7.91	51.7	0.80
Palaz	0.98	1.62	3.2 (3-4)	0.91	73.5	15.26	1.67	8.82	49.8	2.75
Foşa	1.06	1.86	2.2 (2-3)	0.5	74.49	18.51	2.26	4.96	48.7	0.67
Mincane	1.15	1.55	2.7 (2-3)	1.69	75.65	17.71	1.36	5.81	48.2	0.99
Kalnkara	1.18	1.72	3.4 (3-4)	1.25	65.93	24.69	15.92	5.14	49.6	0.88
Uzunmusa	1.15	1.42	4.7 (4-5)	2.75	71.33	14.53	1.05	14.18	56.7	0.95
Karafındık	1.18	1.42	4.8 (4-5)	2.14	60.81	36.31	4.61	7.77	49.2	1.13
Çakıldak	1.17	1.60	1.7 (1-2)	0	51.73	41.72	0.58	6.03	48.7	0.73
Cavcava	1.02	1.06	3.4 (3-4)	1.5	74.46	15.33	2.27	6.22	52	1.77
Kargalak	0.82	1.82	1.1 (Tekli)	0	-	-	0.0	-	35	-
Kan fındığı	1.16	1.59	3.2 (3-4)	2	49.43	40.04	0.9	9.65	52.3	0.38
Sivri	1.36	1.70	3.6 (3-4)	0.17	69.55	19.0	0.37	10.40	48.9	0.86
İncekara	1.29	1.40	2.5 (2-3)	0	42.63	41.09	9.32	11.93	51.9	0.96
Yuvarlak Badem	1.68	1.76	2.2 (2-3)	0	30.07	55.05	0.67	14.22	46.1	0
Yassı Badem	1.63	0.94	1.4 (1-2)	2	54.29	36.59	1.3	8.2	46.1	0.35



EK 3: Tasarlanmış olan LED Paneller (A: 3000 K, B: 4000 K ve C: 6500 K)



EK 4: Nem ve Sıcaklık Tespitinde Kullanılan Cihazlar

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Levent KANDEMİR
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	10.01.1970
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0 530 228 25 99
E-Posta Adresi	Leventkandemir52@gmail.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Marmara Üniversitesi
Fakülte	Teknik Eğitim Fakültesi
Bölümü	Makine Eğitimi
Mezuniyet Yılı	17.06.1991
Yayımlar	
<p>Akgün, M., Şenyurt, Ö., & Kandemir, L., “Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile Kurutmanın Fındığın (<i>Corylus avellana</i> L.) Kuruma Karakteristiklerine Etkisi”, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 266-274, (2017).</p> <p>Akgün M., Kandemir L., Öztürk B. “Effect of Led Drying on Drying Behavior of Prunus domestica L. Fruit”, Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research, 52 (4) 115-118, (2018).</p> <p>Akgün M. and Kandemir L., “Effect of LED Position on Mass Transfer of Hazelnut (<i>Corylus Avellana</i> L.)”, ICENS International Conference on Engineering and Natural Science, 2-6 May 2018, Kiev, Ukraine.</p> <p>Akgün, M., Şenyurt, Ö., & Kandemir, L., “Effect Of Led Temperatures On Drying Time Of Hazelnut (<i>Corylus Avellana</i> L.) At Natural Circulation Drying Systems”, 3rd International Energy & Engineering Congress Proceedings Book 18-19 October 2018, Gaziantep University, Turkey</p>	