



T. C.

**ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PERİYODİK KURUTMA ŞARTLARININ FİNİĞİN
KURUTMA DAVRANIŞINA ETKİSİ**

EMRULLAH KONTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

ORDU 2022

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

PERİYOTİK KURUTMA ŞARTLARININ FİNİDİĞİN
KURUTMA DAVRANIŞA ETKİSİ

EMRULLAH KONTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2022

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.

EMRULLAH KONTAŞ

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

PERİYOTİK KURUTMA ŞARTLARININ FINDIĞIN KURUTMA DAVRANIŞA ETKİSİ

EMRULLAH KONTAŞ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 57 SAYFA

TEZ DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN

Karadeniz bölgesinde yoğun olarak fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bölge ve ülkemiz açısından büyük ekonomik bir etkiye sahiptir. Fındık kurutulmuş olarak muhafaza edilen kabuklu bir meyve türüdür. Fındık hasadı Ağustos-Eylül aylarında olup bu aylarda bölge yağışlı ve nemli olması dolayısıyla fındığın kurutulması oldukça problemlidir. Hasat sezonunda bölge oldukça yağışlıdır. Bundan dolayı geleneksel olan yere serili güneşte fındığın kurutulması ya mümkün olmamakta ya da kurutma süresi oldukça uzamaktadır. Kurutma süresinin uzaması fındıkta kalite kayıplarına ve aflatoksin oluşumuna sebep olmaktadır. Fındık kurutma makina maliyetlerinin yüksek olması yanı sıra kurutma zamanının uzun ve enerji maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı mekanik kurutma fındık üreticileri tarafından tercih edilmemektedir. Fındık üretici ve sanayicinin kullanabileceği periyodik fındık kurutma modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Fındık kurutma çalışmasında zaman, maliyet ve enerji tasarrufunu amaçlayan periyodik kurutma modeli tarafımızca tasarlanmış ve konvansiyonel bir kurutucuda fındık kurutma deneyleri yapılmıştır.

Bu deneysel çalışmada Ø15-16 mm boyutundaki Tombul fındık kullanılmıştır. Dalından toplanan yaş fındık zurufundan ayıklanarak konveksiyonel kurutma sisteminde nem oranı %6 düşene kadar kurutulmuştur. Periyodik kurutmanın konvansiyonel kurutma sürelerine etkileri bu deneysel çalışmayla ortaya konulmuştur. Fındığın konvansiyonel kurutma fırınında kalma ve fırın dışarısında bekleme süresi ayarlanarak 16 farklı periyodik kurutma deneyleri yapılmıştır. Ayrıca karşılaştırma yapmak için sürekli kurutma ve güneşte kurutma deneyleri de yapılmıştır. Deneyler 3 farklı kurutucu hava hızında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) tekrarlanmış, Fındığın gıda özelliklerini koruyacak kurutma hava sıcaklığı 45 °C olarak seçilmiştir.

Kurutma için sürekli çalışmaya göre en az enerji sarfiyatı; 0.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında (0.5 m/s hava hızı) %62.5 kısılırken, kurutma için harcanan süre %83 artmıştır. Ancak kurutma makinasının optimum kullanılması şartını sağlayan periyodik kurutma 0.5 saat çalış 0.5 saat bekle olup, zamansal olarak sürekli çalışmaya göre harcanan enerji %61.1 azalırken, kurutma için kullanılan süre %19 artmıştır. Periyodik kurutma şartlarının tümünde sürekli kurutmaya göre % protein oranında

azalma (Max. %25.3) görülmüştür. Sürekli kurutmanın % yağ oranı periyodik kurutma değerlerine benzerdir.

Kurutucu hava hızının artması beklenildiği gibi kuruma süresini kısaltmaktadır. En belirgin olarak 2 saat çalış şartlarında 1.5 m/s hava hızına göre kurutma süresi 1 m/s 'de %18.5 ve 0.5 m/s'de %34.1 artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Konvansiyonel Kurutma, Periyodik Kurutma

ABSTRACT

EFFECT OF PERIODIC DRYING CONDITIONS ON DRYING BEHAVIOUR OF HAZELNUT

EMRULLAH KONTAŞ

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

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 57 PAGES

SUPERVISOR: Assist. Prof. Dr Mithat AKGÜN

Hazelnut cultivation is carried out intensively in the Black Sea region. It has a great economic impact in terms of the region and our country. Hazelnut, a shell fruit species, is stored by drying. Since hazelnuts are harvested during the months of August and September in which the region is rainy and humid, hazelnut drying is quite problematic. The region is quite rainy during the harvest season. Therefore, it is not possible to use traditional open-sun drying on the ground or drying time considerably becomes longer. Prolonged drying time results in quality losses and the formation of aflatoxins. Mechanical drying is not preferred by hazelnut growers because long drying time and high energy costs as well as high costs of hazelnut drying machines. There is a need for a periodic nut drying model that can be used by hazelnut growers and industrialists. In the present study, a periodic drying model aimed at saving time, cost and energy was designed and hazelnut drying experiments were carried out in a conventional dryer.

In this experimental study, Tombul hazelnuts with a size of Ø15-16 mm were used. The hazelnuts picked from the branches were extracted from the husks and dried in a conventional drying system until the humidity decreases to 6%. The effects of periodic drying on the times of conventional drying were presented by this experimental study. Sixteen different periodic drying experiments were carried out by setting the times of keeping hazelnut both inside and outside of a conventional drying. In addition, continuous drying and sun drying experiments were also carried out to make comparisons. The experiments were repeated at 3 different drying air speeds (0.5 m/s, 1 m/s and 1.5 m/s) and the drying air temperature was arranged as 45°C to preserve the food properties of hazelnut.

As compared to continuous operation, in 0.5 h working and 2 h waiting drying condition (0.5 m/s air velocity, the minimum energy consumption decreased by 62.5%, while the drying time increased by 83%. However, periodic drying which ensures the condition of optimal use of the dryer is 0.5 h work and 0.5 h wait, and the energy spent

compared to continuous operation decreased by 61.1%, while the time used for drying increased by 19%. Reduction in protein % compared to continuous drying in all periodic drying conditions (Max. 25.3%) were observed. The oil percent of continuous drying is similar to the values of periodic drying. As expected, the increase in dryer air velocity shortens the drying time. Most notably, the drying time increased by 18.5% at 1 m/s and 34.1% at 0.5 m/s in comparison to the air velocity of 1.5 m/s under 2-hour operating conditions.

Keywords: Hazelnuts, Conventional Drying, Periodic Drying

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.

Fındık yağ analizlerini yapan Altaş Yağ A.Ş' ye, kurutulmuş fındıkların gıda özellikleri ile ilgili analizlerin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Araştırma Görevlisi Mehmet AKGÜN'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen fedakar babam ve anneme canı gönülden teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ	X
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XI
EKLER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1 Fındık Tarımı.....	1
1.1.1 Fındıkta Ekonomi.....	1
1.1.2 Fındıkta Yetiştirme Bölgeleri.....	3
1.1.3 Fındıkta Tüketim Şekli.....	4
1.2 Fındık Türleri.....	6
1.3 Fındık Hasadı.....	8
1.4 Fındık Gıda Özellikleri.....	10
1.5 Fındık Kurutma Yöntemleri.....	13
1.5.1 Güneş ile Fındık Kurutma.....	13
1.5.2 Konvensiyonel Kurutma.....	14
1.6 Fındıkta Isı Transferi.....	17
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1 Fındık Kurutma Şekli.....	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	27
4.1 Kütle Zaman Grafikleri.....	27
4.2 Hız Zaman Grafikleri.....	35
4.3 Karşılaştırma Grafikleri.....	43
4.4 Gıda Analizleri.....	48
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	50
6. KAYNAKLAR	52
EKLER	56
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Fındık Üretim Alanı.....	3
Şekil 1.2 Fındık Üretim	4
Şekil 1.3 Tombul Fındık Çotanaklı	7
Şekil 1.4 Yaş Tombul İç ve Dış Kabuklu Fındık.....	8
Şekil 1.5 Tombul Fındık	9
Şekil 1.6 Harmana Serilmiş Zurumlu Fındık.....	10
Şekil 1.7 Güneş ile Fındıkların Kurutulması	14
Şekil 1.8 Slo Tipi Kurutma Makinesi	15
Şekil 1.9 Kurutma Makinesi İç kısmı	15
Şekil 1.10 Fındık Kurutma Makinesi Teknik Özellik.....	16
Şekil 1.11 İnfrared Isıtmalı Fındık Kurutma Makinası Tasarımı	16
Şekil 1.12 Fındık İçerisindeki Nemin Kabuk Yüzeyine Aktarılması	17
Şekil 1.13 İç Fındıktaki Nemin Havaya Olan Kütle Transferinin Gösterimi	18
Şekil 3.1 Konveksiyonel kurutma fırını.....	23
Şekil 3.2 Kurutmaya Hazır Fındıklar (100g).....	24
Şekil 3.3 Ø 15-16 mm Fındık İç ve Dış görünümü	25
Şekil 3.4 Ortam sıcaklığı ve fındıkların 100 g ayarlanması	25
Şekil 4.1 Fındığın fırınında 0.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=0.5$ m/s).....	28
Şekil 4.2 Fındığın fırınında 0.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.0$ m/s).....	28
Şekil 4.3 Fındığın fırınında 0.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s).....	29
Şekil 4.4 Fındığın fırınında 1 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=0.5$ m/s).....	29
Şekil 4.5 Fındığın fırınında 1 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.0$ m/s).....	30
Şekil 4.6 Fındığın fırınında 1 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s).....	30
Şekil 4.7 Fındığın fırınında 1.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=0.5$ m/s).....	31
Şekil 4.8 Fındığın fırınında 1.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.0$ m/s).....	31
Şekil 4.9 Fındığın fırınında 1.5 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s).....	32
Şekil 4.10 Fındığın fırınında 2 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=0.5$ m/s).....	33
Şekil 4.11 Fındığın fırınında 2 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.0$ m/s).....	33
Şekil 4.12 Fındığın fırınında 2 saat kurutulmasında farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s).....	34
Şekil 4.13 Güneş ile Kurutma.....	34
Şekil 4.14 Fırının 0.5 saat çalış, 0.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında fındığın kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	35

Şekil 4.15 Fırının 0.5 saat çalış, 1 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	35
Şekil 4.16 Fırının 0.5 saat çalış, 1.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	36
Şekil 4.17 Fırının 0.5 saat çalış, 2 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	36
Şekil 4.18 Fırının 1 saat çalış, 0.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	37
Şekil 4.19 Fırının 1 saat çalış, 1 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	37
Şekil 4.20 Fırının 1 saat çalış, 1.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	38
Şekil 4.21 Fırının 1 saat çalış, 2 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	38
Şekil 4.22 Fırının 1.5 saat çalış, 0.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	39
Şekil 4.23 Fırının 1.5 saat çalış, 1 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	39
Şekil 4.24 Fırının 1.5 saat çalış, 1.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	40
Şekil 4.25 Fırının 1.5 saat çalış, 2 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	40
Şekil 4.26 Fırının 2 saat çalış, 0.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması	41
Şekil 4.27 Fırının 2 saat çalış, 1 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	42
Şekil 4.28 Fırının 2 saat çalış, 1.5 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	42
Şekil 4.29 Fırının 2 saat çalış, 2 saat dinlendirme şartlarında farklı hava hızlarında bulunduğu kütle kaybı zaman karşılaştırması.....	43
Şekil 4.30 Periyodik kurutma son zaman karşılaştırma tablolarının kullanım şekli..	45
Şekil 4.31 Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 2 saat çalış şartında boşa bekleme sürelerine bağlı olarak bulunduğu kuruma süreleri	46
Şekil 4.32 Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 1.5 saat çalış şartında boşa bekleme sürelerine bağlı olarak bulunduğu kuruma süreleri	46
Şekil 4.33 Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 1 saat çalış şartında boşa bekleme sürelerine bağlı olarak bulunduğu kuruma süreleri	47
Şekil 4.34 Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 0.5 saat çalış şartında boşa bekleme sürelerine bağlı olarak bulunduğu kuruma süreleri	48

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Türkiye Fındık Verileri (bin ton)	2
Çizelge 2.2 Dünya Fındık Verileri (bin ton)	3
Çizelge 3.3 İç Fındık Kullanım Alanları	5
Çizelge 4.4 Fındık meyvesinin kimyasal yapısı (100 g yenen kısımda)	11
Çizelge 3.1 Uygulama Süreleri	27
Çizelge 4.1 Periyodik kurutmaların 1.5 m/s kurutucu hava hızına (V_{firin}) bağlı olarak son zamanların karşılaştırılması	44
Çizelge 4.2 Periyodik kurutmaların 1.0 m/s kurutucu hava hızına (V_{firin}) bağlı olarak son zamanların karşılaştırılması	44
Çizelge 4.3 Periyodik kurutmaların 0.5 m/s kurutucu hava hızına (V_{firin}) bağlı olarak son zamanların karşılaştırılması	45
Çizelge 4.4 Kuruma periyodlarına bağlı fındığın %yağ oranları	48
Çizelge 4.5 Kurutma şartlarına bağlı olarak fındığın protein miktarı	49

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
da	: Dekar
Fe	: Demir
K	: Potasyum
Kg	: Kilogram
Mn	: Manganez
P	: Fosfor
T	: Sıcaklık
Zn	: Çinko

EKLER LİSTESİ

	Sayfa
EK 1: Nem ve Sıcaklık Tespitinde Kullanılan Cihazlar	57

1. GİRİŞ

Dünyada fındığın en iyi yetişme koşullarının bulunduğu yerlerden biri de Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesidir. Türkiye, dünya fındık üretiminde birincidir ve Dünya fındık üretiminin yaklaşık %70 kadarını Türkiye tek başına karşılar. Türkiye'deki fındıkların %80'i Karadeniz Bölgesi'nden sağlanır. Başta Giresun, Ordu, Trabzon, Sakarya, Bartın ve Zonguldak fındık yetiştiriciliğinde önemli illerdir. Türkiye'nin en önemli tarımsal ihracat ürünü fındıktır. Türkiye de Dünya'nın en kaliteli ve lezzetli fındıklarını yetiştirir. Fındık beden ve zihin yorgunluğunu gideren, vücuda güç veren enerji kaynaklarından biridir. Fındık, kolesterolü düşürmesi kalp ritmini ayarlamaya yardımcı olması nedeniyle kalp ve damar sağlığı için çok faydalıdır. En önemli özelliği ise kansızlığa çok iyi gelmesidir Anonim (2020a).

1.1 Fındık Tarımı

Ülkemizdeki fındık tarımının geleneksel yöntemlerle yapılması ve uzun yıllar boyu tarımın gelişimi için bölgede modern tarım yöntemlerinin kullanılmaması hem ürün kalitesinde hem de rekoltede düşmelere sebep olmaktadır. Bölge şartlarına (iklim, rakım ve toprak yapısı) uygun fındık çeşit seçimi yanında bakım, gübreleme, budama, sulama, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi faaliyetlerin bilimsel veriler ışığında yapılması bölge tarımının geleceği için oldukça önemlidir. Fındık, bölge için geleneksel ihracat ürünlerinden en önemlisidir. Yaklaşık 450.000 çiftçi ailesi geçimini bu sektörden sağlamaktadır (Anonim, 2010). Son yıllarda fındık rekolte düşüklüğünün en önemli sebebi fındık bahçelerinin yaşlı oluşu yanında bölgenin sanayileşmesi ve köyden şehire göçlerden dolayı fındık tarımının ikinci iş konumuna düşmesidir.

1.1.1 Fındıkta Ekonomi

Karadeniz bölgesi Türkiye için fındık, mısır ve çay gibi tarımsal ürünlerin rahatlıkla yetiştirilebildiği tarımsal ekonomik potansiyel ile ihracatın itici güçlerindedir. Türkiye, 2021 yılında 344 370 ton fındık dünyaya ihracat ederek 2 milyar 260 milyon dolar gelir elde etmiştir. Türkiye'nin dünyanın en büyük onuncu tarımsal ülkesi olması ise fındık gibi ürünleri daha değerli hale getirmektedir. 2021 yılında toplam 29 milyar 737.6 milyon dolarlık tarımsal ihracat yapmıştır (Anonim, 2021a).

Fındık tarımının yanında fındık işleme tesislerinin bölgedeki varlığı bölge ekonomisi ve sanayisi için önemlidir. Fındığa dayalı mekanizasyon ve makine imalat sektörü gelişmiştir. Fındığa katma değer katan çikolata ve fındık yan ürünleri imalatı bölgede gelişmektedir. Fındığın yıllara göre üretim tüketim ihracat rakamları çizelge 1.1 de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Türkiye Fındık verileri (bin ton) (Anonim,2020b)

	2014/1	2015/1	2016/1	2017/1	2018/20	Değişim
	5	6	7	8	19	(%)
Alan (1000 da)	7.011	7.026	7.054	7.067	7.284	3.1
Verim (kg/da)	50	102	51	103	52	-49.3
Üretim	450	646	420	675	515	-23.7
Tüketim	83	106	98	129	111	-14.1
İthalat	7	10	11	15	15	0.0
İhracat	493	534	519	629	595	-5.4
Stok değişimi (ton)	-125	7	-193	-78	-184	135.8

Fındık yetiştiriciliğinin geleneksel olarak yapıldığı Ordu, Giresun ve Trabzon illerinde özellikle meyilli alanlarda fındık alanlarının marjinal sınırına ulaşılmıştır. Diğer taraftan, bu bölgedeki işletmelerin alternatif olmayan fındık yetiştiriciliği yapmaları nedeniyle gelirleri de önemli ölçüde fındığa bağlıdır. Bu anlamda, özellikle meyilli alanlarda faaliyette bulunan işletmelerin gelirlerini artırabilmeleri için kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmaları kaçınılmazdır (Aktaş ve Hatirli, 2011).

Fındığın tarımı dünyada yoğun olarak Türkiye, İtalya, ABD, Azerbaycan, İspanya, Gürcistan başta olmak üzere birçok ülkede yapılmaktadır. Bu ülkeler uluslararası ticaret ölçeğinde fındık üretirler. Diğer üretici ülkeler dünya fındık pazarlarını etkileyebilecek bir üretim seviyesinde değildir. FAO verilerine göre, Dünya fındık üretimi 2019 yılında, bir önceki yıla göre yaklaşık %28 oranında artarak 1,1 milyon tona yükselmiştir. Dünya fındık verimi ortalamada 113 kg/da olup, verimde bir önceki yıla göre %24 oranında artış meydana geldiği raporda belirtilmiştir. Dış ticarete son iki yılın değişimi incelendiğinde, ihracatta yaklaşık %15'lik, ithalatta ise yaklaşık %9'luk artış gerçekleşmiştir (Anonim, 2021b).

Dünya fındık üretim, tüketim, ithalat ve ihracat yıllara göre değişimi çizelge 1.2 de verilmiştir. Yıllara göre rekorteler değişmekte olup son beş yılın rekoru 2019

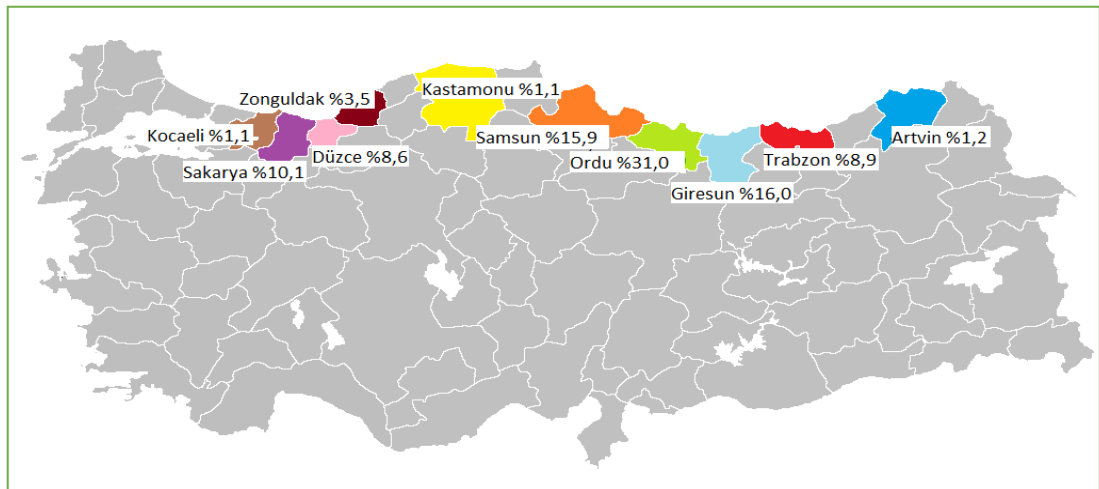
yılında 1125 milyonton olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 1.2 Dünya Fındık Verileri (bin ton) (Anonim, 2021c)

	2015	2016	2017	2018	2019	Değişim (%)
Alan (bin ha)	662	928	936	970	1.000	3.1
Verim (ton/ha)	1.41	0.80	1.08	0.91	1.12	23.8
Üretim	936	749	1008	881	1.125	27.7
Tüketim¹	436	424	467	520	509	-2.1
İthalat²	238	236	246	275	299	8.9
İhracat²	264	260	287	282	324	15.3
İhracat Fiyatı (\$/ton)³	1287	816	683	583	662	13.6

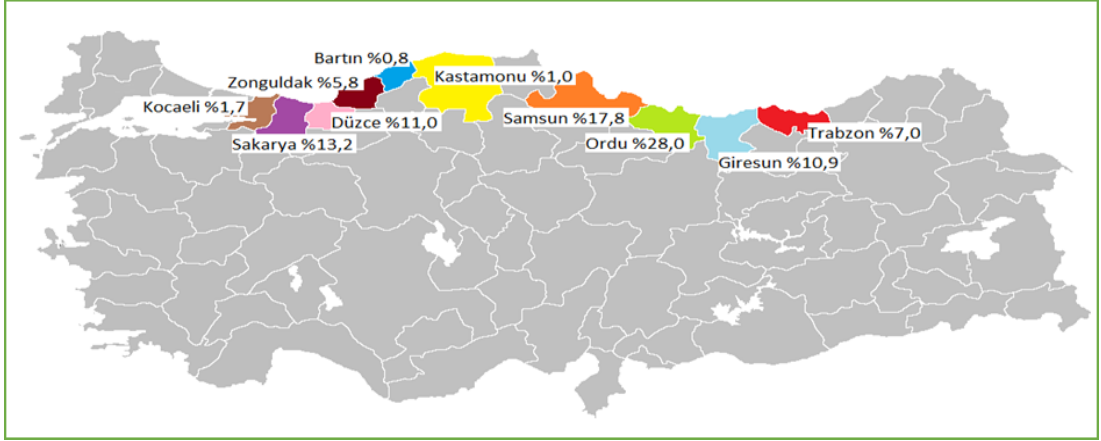
1.1.2 Fındık Yetiştirme Bölgeleri

Türkiye’de fındık tarımı yapılan bölgeler 1, 2. ve 3. Standart üç bölgeye ayrılmıştır. Birinci Standart Bölge; Ordu, Giresun, Rize, Trabzon ve Artvin illerinin bulunduğu Doğu Karadeniz bölgesidir. Türkiye’de 2019 yılında fındık üretim alanı 7.3 milyon dekadır. En fazla fındık üretim alanına sahip il 2.3 milyon dekar ile Ordu’dur. 1.2 milyon dekar ile ikinci sırayı Giresun almakta ve üçüncü sırayı Samsun takip etmektedir (Anonim,2021d). Şekil 1.1 de fındık üretim alanlarının illere göre yüzdelik dağılımları verilmiştir.



Şekil 1.1 Fındık Üretim Alanı (Anonim, 2021e)

Türkiye’de 2019 yılı itibariyle fındık üretim miktarı 776 bin ton Türkiye’de fındık üretiminde Ordu 217 bin ton ile ilk sırada yer almaktadır. Ordu’yu 138 bin ton ile Samsun ve 102 bin ton ile Sakarya takip etmektedir. Üreticilerin işletme büyüklükleri ve verim düzeylerinin daha yüksek olması nedeniyle Sakarya ve Düzce illerindeki fındık alanları genişlemiştir (Anonim, 2021f). Fındık üretim miktarının illere göre yüzdelik değeri şekil 1.2’ de verilmiştir.



Şekil 1.2 Fındık Üretim (Anonim, 2021g)

1.1.3 Fındık Tüketim Şekli

Dünyada ve Türkiye fındık genel olarak çerez olarak da tüketilmektedir. Fındığın %90'a yakın kısmı kavrulmuş, kıyılmış, dilinmiş, un ve püre halinde tüketilmektedir. Bunun yanı sıra çikolata, bisküvi, şekerleme sanayinde, tatlı, pasta ve dondurma yapımında da önemli ölçüde kullanılmaktadır. Fındık, kabuğu ülkemizde özellikle fındık üretilen bölgelerde çok değerli ve yüksek kalorili bir yakacak olarak kullanılmaktadır. Fındığın Bazı türleri park ve bahçelerde süs bitkisi olarak yetiştirilir. Fındık yaprağı ile meyve zurufları da, gübre olarak kullanılmaktadır. Fındık yağ oranı ortalama %62 gibi yüksek bir değere sahiptir. Fındık fiyatının uygun olması veya üretim fazlası olması durumunda fındık yağı olarak tüketilmektedir. Fındığın yağdan kalan kısımları fındık küspesi ise yem sanayinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2018a). İç fındığın kullanım alanları çizelge 1.3 de verilmiştir.

Çizelge 5.3 İç Fındık Kullanım Alanları (Anonim, 2018b)

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 atılarak 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 çıtlatılarak sade ya da tuzlu kavrulması.	Kuruyemiş.

Çizelge 6.3 İç Fındık Kullanım Alanları (Anonim, 2018b)(devamı)

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. Yemelik yağdan gres yağına ilaç ve kozmetik alanından tıbbi aparatların sterilizasyonuna daha birçok alanda.
Fındık Sosu	Fındık yağından
Nuga	Fındık füresinin şeker, süttozu, nebati yağ, doğala özdeş aroma (vanilin) ve emülgatör (lesitin) ile karıştırılması. Çikolata sanayi.

1.2 Fındık Türleri

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. Farklı tadı ve yağ oranı ile 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 yuvarlak fındık, tombul fındık, sivri fındıklar ve badem fındıklar olmak üzere dört türe ayrılmıştır.

Yuvarlak fındık türlerinin diğer yaygın olanları; Tombul fındık, Palaz fındık, Çakıldak fındık, Kalıncara fındığı, Mincane fındığı, Kan fındığı, Kargalak fındık, Cavcava fındığı, Uzun Musa fındığı, Foşa fındığı, Kara fındık, Okay 28, ve Allahverdi’dir (Anonim, 2018e).

Tombul fındık ülkemizde yetişen en önemli fındık çeşidi olup yüksek lisans çalışmamızda bu çeşit kullanılmıştır. Giresun ili ve yakın illerde bölge toprak yapısına ve iklim şartlarına uygun kalitesi ile öne çıkan tombul fındık yetiştirilir. Meyve

kalitesinden dolayı Türk fıncığının dñnya ÷lkelerince tercih edilmesini sağlayan önemli bir türdür. Kabuklu tımbul fıncığın 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 kck, yağ oranı %69-72'dir. Kilogramında 670 - 730 adet kabuklu fıncık bulunan çeşidin zurufları meyve boyunun 2.5 katı büyüklükte ve çoğunlukla 3 veya 4'l taneli olacak şekilde otanak halindedir (Anonim 2018e). Tımbul fıncığın otanak halinde şekil 1.3'de ve yaş tımbul fıncığın i ve dış ait fotoğraf şekil 1.4 'de görülmektedir.



şekil 1.3 Tımbul Fındık otanaklı



şekil 1.4 Yaş Tımbul İ ve Dış Kabuklu Fındık

Sivri fındık türleri dört çeşide ayrılmaktadır. Sivri fındık, İnce kara fındığı, Acı fındık, Kuş fındığı. Badem fındıklar ise Yuvarlak badem fındığı ve Yassı badem fındığı olmak üzere iki çeşittir.

1.3 Fındık Hasadı

Fındıkta en yüksek meyve kalitesi ve randıman elde etmenin koşullarından bir tanesi hasadın uygun zamanda yapılmasıdır. Sıcak iklim kuşağında bulunan ülkelerde fındık hasadı, Ağustos ayı sonundan Ekim ayının ilk yarısına kadar devam edebilmektedir. Karadeniz Bölgesinde fındık hasat zamanı yıllara göre az çok değişmekle beraber, sahil kolda 1-10 Ağustos, orta kolda 10-20 Ağustos, yüksek kolda ise 20 Ağustos'tan sonra başlamaktadır. Fındık üretim süreci içerisinde, en yoğun emek gücüne gereksinim duyulan dönem hasat dönemi olmaktadır. Hasat işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için oldukça yüksek insan iş gücüne gereksinim duyulması, ürün maliyetinin belirlenmesi üzerinde önemli bir unsurdur. Diğer taraftan, ülkemizde fındık bahçeleri çok sayıda karışık çeşitle kurulmuş durumdadır. Hasat, yaygın olarak yetiştirilen çeşitler için optimum zamanda başlatıldığında bile, diğer bazı çeşitler için çok erken yapılmış olmaktadır. Ancak bölgemizde fındık üreticileri çeşitli nedenlerden dolayı, hasadı erken yapmaktadırlar. Erken hasat yapılışının en önemli nedenleri olarak; özellikle son yıllarda insan iş gücü bulma zorluğu hasat harman ve kurutma işlemlerinin yağışlı dönemlere kadar uzatılmaması ve çok meyilli alanlarda erken dönemde meyvelerin yere dökülmeden daldan toplanmasının en uygun yöntem olarak benimsenmesi söylenebilir (Bilgisi ve Info, 2020).

Fındık hasatı olgunlaşmış fındığın dalından elle toplanması veya yere düşürülerek yerden elle veya bir makine ile toplanması şeklinde gerçekleşmektedir.

Ülkemizde fındık hasatı işlemi genellikle elle yapılmaktadır. Daldan elle toplama fındık hasatının yere dökülmeden önce yapılan toplama işlemidir. Daldan elle fındık toplama da insan gücüne daha çok ihtiyaç duyulur. Fındığın dalından toplanmasının sebepleri; bölgenin eğimli olması, ocak yapısı, işçi bulma zorluğu, fındık tarımın genelde ikinci iş olarak yapılması ve geleneklerdir. Daldan erken elden fındık toplama tavsiye edilen toplama şekli olmayıp fındıkta randıman düşüklüğüne sebep olmaktadır.

Yerden fındık toplama, zuruflu fındığın daldan kendi kendine veya dalın sallanmasıyla yere döküldükten sonra hasat edilmesidir. Yere dökülen olgunlaşmış fındık yerden elle veya makine ile toplanır. Yerden elle toplama fındığın kalitesini ve randımanını artırır. Son zamanlarda düz arazilerde fındığın yerden toplanma işlemi mekanizasyonla gerçekleşmektedir. Buda hem toplama süresini kısaltır hem de işçilik maliyetini düşürür. Yerden toplamanın en önemli mahsuru bölgenin yağışlı olması dolayısıyla fındığın yerde beklerken çürümesi ve fındıkta aflatoksin oluşmaktadır.

Hasat edilen fındığı kurutma işlemine harmanlama denir. Harmanlama ortamı genelde toprak, beton ve çim zemindir. Şekil 1.5 'de görüldüğü gibi zuruflu yaş fındığın harmanlanma işlemi denir.



Şekil 1.5 Beton Harmana Serilmiş Zuruflu Fındık

Nem oranı yüksek zuruflu fındığın kolayca 3-5 gün arası ön kurutma (soldurma) işlemi yapılır. Zuluflu yaş fındığın soldurma işleminden sonra eskiden fındığın zulufundan ayıklanması elle yapılırken şu anda genelde patozlamayla yapılır. Zuruflarından ayrılan fındıklar, Şekil 1.5'de görüldüğü üzere bez veya beton zemin üzerine 5-10 cm kalınlığında serilerek genelde güneşte veya az miktarda mekanizasyonla kurutulur.



Şekil 1.6 Zurufundan Ayrılmış Kabuklu Fındıkların Kurutulması

Kurutma için harmanlama yapılan fındık soldurma işlemi ve kurutma işlemi 15- 20 gün içinde güneşte kurutlan fındıkların beklenen nem oranı %6'dır. Kurutma işlemi yapılırken fındık meyvesinin tat, besin değerlerini korunmalıdır. Harmanlama işleminde serilen fındığın güneşten en yüksek verimle yararlandırılmalıdır. Harmanlama işleminde Fındık yağmur, kırağı ve rütübetden uzak tutulmalıdır. 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. Kurutma sonucunda bozulmalar kalite kaybına neden olabilir. Harmanlama fındığın kalitesi, besin değeri, randımanı ve ekonomik yönden önemlidir. Bu da ekonomik yönden kayıpları hep ülke hep de üretici yönünden ekonomiktir.

1.4 Fındık Gıda Özellikleri

Fındık içerdiği besin elemanları ile sağlıklı beslenme açısından büyük önem taşır. 100 g fındık 634 kalorilik enerji verir. Fındıktaki kuru madde miktarının %2.8-7.9' u toplam şekerdir. Toplam şekerin %90'ını sakaroz oluşturur. Glikoz ve fruktoz ise %1'lik bir paya sahiptir. Kuru madde miktarının %1-3.6'sını nişasta oluşturmaktadır. Fındıkta organik asit olarak en çok malik asit bulunmaktadır. Selülozik bileşikler ve pektin ise fındıkta %1-3 oranında yer almaktadır. İç fındığın protein içeriği %10-24 arasında değişmektedir. 100 g iç fındık,

bir insanın günlük protein ihtiyacının %22' sini karşılamaktadır. Fındık içerdiği yüksek orandaki doymamış yağ asitleri nedeniyle, kalp ve damar sistemini olumlu yönde etkilemekte ve kandaki kolesterol yükselmesini önleyerek, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etki yapmaktadır. Yağ asidi olarak en fazla oleik ve linoleik asit bulunmaktadır. Oleik asit kandaki kolesterol düzeyini azaltıcı, linoleik asit ise damar içi daralmasını engelleyici etkiye sahiptir. Fındık yağının bir diğer özelliği de, kolesterolü absorbe ederek bağırsaktaki emilimini azaltmasıdır. Mineral maddelerce (Fe, Mg, Cu, Mn, K, P, Zn ve Ca) zengin olan fındık, kemik gelişimi ve sağlığı açısından da oldukça önemli bir besindir. Fındık vitamin B1, B6 ve doğal antioksidan olan vitamin E içeriği açısından, diğer bitkisel yağlardan sonra en iyi ikinci kaynaktır. 100 g fındık tüketimi ile günlük vitamin B1 ihtiyacının % 33' ü, vitamin B6'nın % 35' i ve vitamin E'nin %24' ü karşılanabilir. Ayrıca fındık amino asitlerce de zengin bir meyve türüdür. Dengeli ve sağlıklı beslenmek için, günde 100 g fındık tüketimi oldukça yararlıdır. Fındık meyvesinin kimyasal yapısı Çizelge 1.3' de verilmiştir. Çizelgede verilen kimyasal yapı değerleri mutlak değerler değildir. Çünkü bu değerler ekolojik bölgeye, bakım koşullarına ve çeşide göre az da olsa farklılıklar gösterir. Aynı çeşidin farklı bölgelerdeki analiz değerleri ile farklı çeşitlerin aynı bölgedeki analiz değerleri arasında, az da olsa her zaman bir fark görülür. Bu durumu her zaman göz önünde bulundurmak gerekir (Anonim, 2018c).

Çizelge 1.4 Fındık meyvesinin kimyasal yapısı (100 g yenen kısımda) (Anonim, 2018d)

Bileşenler	Ortalama Değerleri
Rutubet (g)	4.60
Protein (g)	14.10
Yağ (g)	63.50
Karbonhidrat (g)	15.8
Toplam azot (g)	2.66
Sodyum (mg)	6.00
Potasyum (mg)	730.00
Kalsiyum (mg)	140.00

Çizelge 1.4 Fındık meyvesinin kimyasal yapısı (100 g yenen kısımda) (Anonim, (2018d) (devamı)

Magnezyum (mg)	160.00
Fosfor (mg)	300.00
Demir (mg)	3.20
Bakır (mg)	1.23
Çinko (mg)	2.10
Mangan (mg)	4.90
Kükürt (mg)	120.00
Klor (mg)	18.00
İyot (μ g)	17.00
Thiamin (B1 vit.) (mg)	0.43
Riboflavin (B2 vit.) (mg)	0.16
Vitamin B6 (mg)	0.59
Vitamin E (mg)	24.98
Toplam şeker (g)	4.00
Glikoz (g)	0.20
Fruktoz (g)	0.10
Sakkaroz (g)	3.70
Enerji (kcal)	691

Fındıktaki yağ miktarı bölge, toprak ve çeşide bağlı olarak 50-73 g/100 g arasında değişmektedir.

Fındık yağı ile zeytinyağı karşılaştırıldığında ise, fındık yağının bileşimi zeytinyağına benzemektedir. Fındık yağının tüm çeşitlerinde en fazla oleik yağ asidi (%80) bulunmaktadır. Bunu sırasıyla linoleik, palmitik, stearik ve linolenik yağ asitlerinin izlemektedir. Oleik asitin yüksek oranda bulunması yağa dayanıklılık kazandırır (Anonim, 2018f).

İç fıncığın kimyasal bileşimi ise %2–6.5 nem, %10–24 protein, %50–73 yağ, %10–12 CHO, %1–3 selüloz, %1–3 küldür. Fıncığın yağ miktarı bölge, iklim, toprak ve çeşide bağılı olarak 50–73 g/100 g arasında değışmektedir (Kirca ve ark., 2008).

1.5 Fıncık Kurutma Yöntemleri

Bazı meyveler (elma, armut, ayva vb.) yaş (taze) halde saklanıp tüketilirken bazı meyvelerde (fıstık, ceviz, ay çekirdeğı, fıncık vb.) kurutulmuş olarak saklanıp tüketilmektedir. Kurutularak tüketilen meyveler yaşken sahip oldukları nem miktarının denge nemine düşürülmesi gerekmektedir. Denge nemi her meyve için farklı olmak kaydıyla ürünün bozulmadan doğal şartlarda saklanabileceğı nem miktarını belirtir.

Hasat zamanına, rakıma ve türüne bağılı olarak fıncığın yaş nemi %38 ila %18 arasında değışir. Kurutma işlemi ile bu nem değıeri fıncığın denge nemi olan %6 ve altına indirilmesi gerekmektedir. Aksi halde zamanla üründe geriye dönülmez gıda özelliklerinde bozulmalar olmaktadır. Fıncığın nem değıerinin düşürülmesi işlemi ürünün miktarına, hasat dönemindeki iklim şartlarına ve rakıma bağılı olarak farklı yöntemlerle gerçekleştirilir. Ancak en eski yöntem güneşte kurutma olsa da teknolojinin gelişmesine bağılı olarak farklı kurutma yöntemleri (konvensiyonel kurutma, raflı güneş destekli kurutma) kullanılmaktadır. Fıncık kurutma sistemleri üzerine yapılmış birçok akademik çalışma literatür de mevcuttur.

1.5.1 Güneş ile Kurutma

Tarımsal ürünlerin kurutulması için birçok farklı kurutma yöntemi kullanılır. Bu yöntemlerden en eskisi güneş altında açıkta kurutmadır. Bu yöntem basit ve çok ekonomik olmakla birlikte ürünlerin açıkta oluşu, toz, yağmur, böcekler, kuşlar ve rüzgâr etkisi gibi pek çok olumsuzluğu da beraberinde getirir. Bununla beraber güneşte kurutma yöntemi geniş bir kurutma alanına ihtiyaç duyarken fıncık çok uzun bir kurutma süresine ihtiyaç duyar (Gürel ve ark., 2016).

Güneş ile fıncık kurutma; zurufundan ayrılan kabuklu fıncığın yere serilerek güneş altında neminin düşürülmesi işlemidir. Eski ve yaygın geleneksel gıda muhafaza

yöntemi olan güneşte kurutma ile fındık da kurutulmaktadır. Ancak Güneşte fındık kurutma yöntemi iklim şartlarından ve ürünün yetiştiği rakımdan oldukça etkilenmektedir. Bazı yıllarda yoğun yağıştan dolayı fındığın güneşte kurutulması mümkün olmamakta veya çok uzun zaman almaktadır. Bu hem ürün hem de zaman kaybına bağlı ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Şekil 1.7’de görüldüğü üzere güneşte yere serilerek yapılan kabuklu fındık kurutma işlemi verilmiştir.



Şekil 1.7 Güneş ile Fındıkların Kurutulması

1.5.2 Konvansiyonel Kurutma

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 (Kandemir, 2019).

Daha kısa ve sağlıklı kurutma için insan gücünden daha az faydalanmak için Şekil 1.8’de görüldüğü gibi slo tipi fındık kurutma makinesi üretilmiştir. Şekil 1.9’de

bu makinedeki helezon iç kısım görünümü verilmiştir. Sistemde kütle transferi akışkanı olarak ısıtılmış hava kullanılmaktadır. Isıtma işlemi genelde dizel yakıtla sağlansa da, bazı tiplerinde elektrik, doğalgaz, fındık odunu veya fındikkabuğu kullanılan modelleri mevcuttur. Silo içerisindeki fındık helezonla karıştırılırken üzerinden yüksek debilerde hava geçirilerek ürünün kurutulması prensibine dayanan bir kurutma modeli bu sistemde uygulanmaktadır. Sanayiciler tarafından yaygın kullanılan kurutma makinası olsa da üreticinin tercih etmediği bir makinedir. Makine fiyatının üretici için pahalı, kurutma süresinin uzun ve enerji maliyetinin fazla olması dolayısıyla üretici tarafından bu makine tercih edilmemektedir. Ayrıca üreticilerde bu makinaları yerleştirecek deponun bulunmaması da tercih edilmeme sebeplerindedir.



Şekil 1.8 Silo Tipi Fındık Kurutma Makinesi (Anonim, 2018e)



Şekil 1.9 Kurutma Makinesi İç kısmı (Anonim, 2018f)

Şekil 1.10’da slo tipi fındık kurutma makinesinin teknik özellikleri verilmiştir. Makinalar kurutma kapasitelerine göre sınıflandırılmıştır.

MODEL	DBK 1000	DBK 5000	DBK 9000
MODEL	DBK 1000	DBK 5000	DBK 9000
TİP	LPG* (Mutfak Tipi)	Katı Yakıtlı	Katı Yakıtlı
HAZNE ÇAPI	1500 mm	2400 mm	2400 mm
YÜKSEKLİK	3060 mm	7480 mm	8950 mm
ÜRÜN ALMA KAPASİTESİ	2,5 m ³ - 1250 kg	10 m ³ - 5000 kg	18 m ³ - 9000 kg
HELEZON BOYU	2000 mm	4130 mm	5000 mm
HELEZON MOTORU	0,75 kw	3 kw	7,5 kw
FAN MOTORU	1,1 kw	3 kw	5,5 kw
KÖRÜK MOTORU	-	0,58 kw	0,58 kw
ELEVATÖR	-	-	-
BOYU	-	8480 mm	9950 mm
MOTOR GÜCÜ	-	5,5 kw	5,5 kw
YAKIT DEPOSU	-	-	-
KAPASİTE	-	0,3 m ³	0,3 m ³
MOTOR GÜCÜ	-	1,5 kw	1,5 kw
TOPLAM GÜÇ	3 kw	13,50 kw	20,50 kw
KURUTMA	% 1-2 nem/saat	% 1-2 nem/saat	% 1-2 nem/saat

* Verilen kurutma kapasiteleri , hava koşulları, ürün yoğunluğu, ürün boyutu v.b. gibi nedenlerle değişiklik gösterebilir.

Şekil 1.10 Fındık Kurutma Makinesi Teknik Özellikleri (Anonim, 2018g)

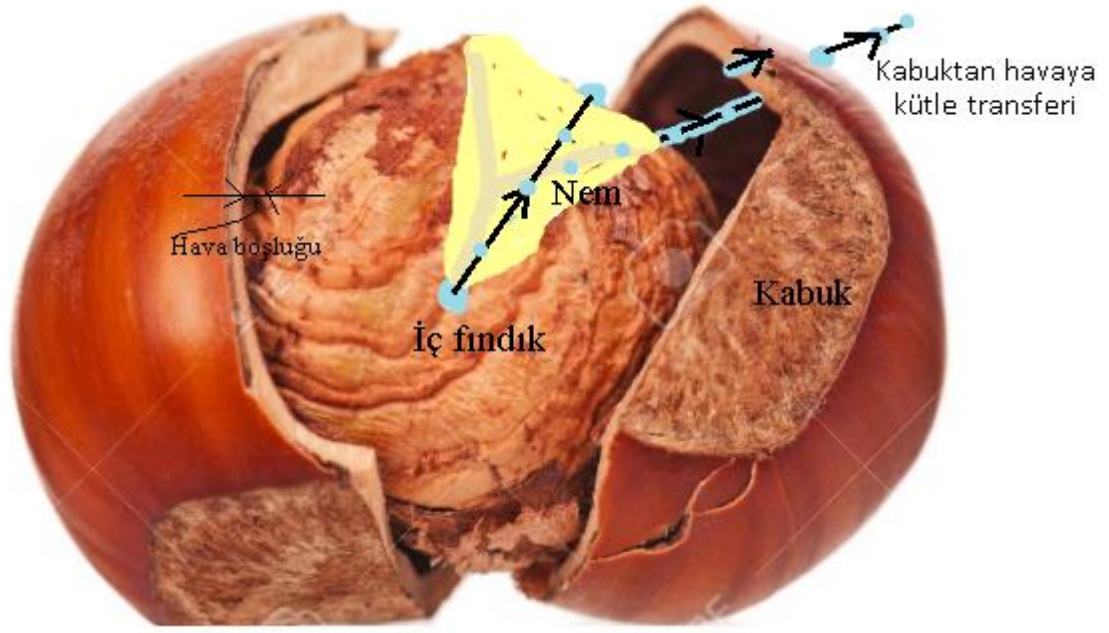
Yaygın olmasa da havalı güneş kolektörlerinin desteklediği raflı fındık kurutma sistemi, ısı pompalı fındık kurutma sistemleri, mikrodalga fındık kurutma sistemi, LED’li fındık kurutma sistemi ve infarared ısıtmalı fındık kurutma sistemleri gibi birçok kurutma sistemi mevcuttur. Şekil 1.11’de infrared ısıtmalı fındık kurutma makinesi verilmiştir.



Şekil 1.11 İnfrared Isıtmalı Fındık Kurutma Makinası Tasarımı (Keleş ve Saçılık, 2017)

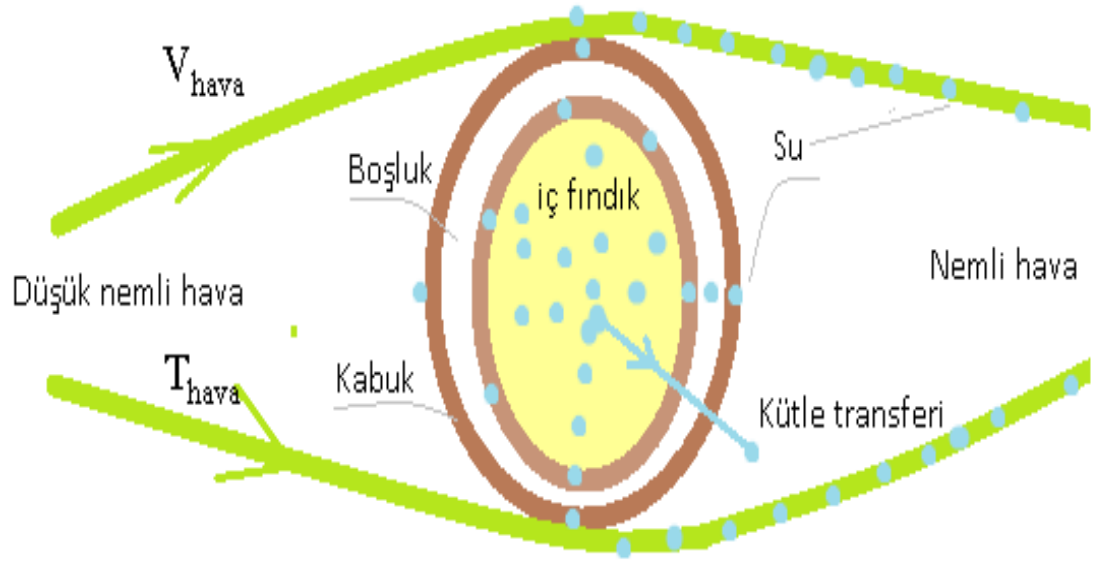
1.6 Fındıkta ısı transferi

Kütle aktarımı; genellikle buhar, faz ya da bir bileşen olarak tanımlanan kütlenin bir yerden başka bir yere hareketidir. Kütle aktarımı kurutma, damıtma, buharlaşma ve çökeltme gibi işlemlerde görülmektedir. Kütle aktarımı ifadesi mühendislikte genellikle kimyasal türlerin fiziksel sistemler içinde difüz ve konvektif taşınım kapsayan fiziksel işlemler için kullanılır. Taze iç fındığın nem miktarını denge nemine ($\geq 6\%$) düşürme sırasında fındık kabuğunda ve iç fındıkta kütle aktarımı gerçekleşmektedir. Fındığın denge nemi iç fındıkta ölçülse de fındık meyvesi kabuklu olarak kurutulur ve sonradan kullanılmak üzere saklanır. İç fındıkla kabuk arasında fındık türleri ve randımanına göre bir boşluk oluşur. Kuruma süresince iç fındık hacimce küçüldüğünden bu boşluk artmaktadır. Bu boşluk iç fındıktan kabuğa oradan da kütle transfer akışkanı olan havaya nem akışını engellemektedir. Ayrıca kurutma işlemi sırasında ilk önce kabuk kuruduğu için kuruyan kabuk iç fındıktan havaya olan kütle transferini engellemekte, bu da kuruma süresini uzatmakta ve kurutma maliyetini artırmaktadır. Bu süre çok uzarsa fındıkta bozulmalar oluşmaktadır. Fındık içerisindeki nemin kabuk yüzeyine aktarılmasının şematik resmi Şekil 1.12’de verilmiştir.



Şekil 1.12 Fındık İçerisindeki Nemin Kabuk Yüzeyine Aktarılması

Konvansiyonel fındık kurutma işlemi sırasında düşük nemli ısıtılmış hava fındıkkabuğu üzerindeki nemi aldıktan sonra ortamı terk eder. Kabuk daha kuru iken iç fındık nemini korumaktadır. Nem farkından dolayı iç fındıktan kabuğa doğru kütle transferi gerçekleşir. Bu sırada şartlandırılmış hava sürekli olarak kabuk üzerinden akar ancak kabukta nem olmadığı için kabuktan havaya kütle transferi gerçekleşmez. Buda havanın ısıtılması ve hareketi için gereksiz enerji harcanması demektir. Fındık kurudukça hem kabuğun sertleşmesi hem de fındık iç boşluğunun artması dolayısıyla iç fındıktan havaya olan kütle transferi zorlaşacak bunun sonucu olarak konvansiyonel kurutucuların enerji kaybı artmaktadır. İç fındıktaki nemin havaya olan kütle transferinin şematik gösterimi Şekil 1.13’de verilmiştir.



Şekil 1.13 İç Fındıktaki Nemin Havaya Olan Kütle Transferinin Şematik Gösterimi

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Ayfer ve ark., (1986) ihraç edilen Türk fındık çeşitlerini araştırmışlar yapmış, kaç tür fındık ve bunların hangi yörelerde ne kadar üretildiklerini belirlenmiştir.

Karabay (1991) yaptığı çalışmalarda; kurutma havasının sıcaklığı, hızı, nemi, birim alana koyulan ürün miktarı ve yerleştirme şeklinin, fındığın kurummasına etkisi incelemiştir. Araştırmacı başlangıç nemine bağlı olmakla birlikte, fındıkların yaklaşık 2-3 gün de kurutulması, ayrıca bu sıkıntının kademeli ısıtma ile giderilebileceğini tespit etmiştir.

Hacıİbrahimoglu (1992) bu çalışmada fındığın yetiştiricilikten son tüketiciye kadar olan aşamasındaki ekonomik ve yetiştirme koşullarının incelenmesi yapılmıştır. Elde edilen veriler ekonomik yönden analiz yapılmıştır.

Çetin (1994) nem oranı yüksek olan fındık numunelerini dönel silindirli deney düzeneğinde 40 – 50 °C’de kurularak 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 için laboratuvar şartlarında kurduğu deney düzeneğinde; ağırlıklı olarak 25, 30, 35, 40 ve 45 °C olmak üzere beş farklı sıcaklık 0.2, 0.3 ve 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 işlenmiştir. Çalışmalar neticesinde de en iyi kurutma havası sıcaklığının 35-40 °C ve hızının ise 0.3 m/s olduğunu ortaya koymuşlardır.

Barbosa ve Mercado (1996) bu çalışmada yiyeceklerin çeşitli metotlarla kurutulmanın ayrıntılı olarak incelemiş ve bu esnada gelişen olayların oluşum mekanizmalarını kurutma kinetiklerini ve geçerli olan metotları incelemiştir.

Navarette ve ark., (1999) bu çalışmada fındığın nemlenme sırasında şekil değişimi ve mekanik özelliklerinin değişimini bakılmıştır. Fındığın hidrasyon Kinetiğini Fickian yaklaşımı ile çözmüşlerdir. Fındık nem içeriği suya batırma sırasında %60’a kadar nem içeriğinde hızlı olduğunu tespit den sonra kat da değer bir nemlenmenin olmadığı tespit etmişlerdir.

Olgun ve Rzayev (2000) fındığın güneş enerjisi ile kurutulmasını farklı üç sistemde araştırmıştır. Dalından yeni toplama, zurufundan ayrılmış nem oranı yüksek fındıkları; çadır, kabinet ve dolap tipi olmak üzere üç farklı güneş enerjili kurutma sisteminde kurutmuşlardır. 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 gerçekleşmiştir.

Aktaş ve ark., (2005) sıcaklık, nem, ağırlık kontrolü, nem yoğunlaştırması (kondenzasyonu), kurutma hızı ve kalitesini etkileyen unsuru kontrol altına aldıkları tasarımlarında; güneşli günlerde daha az enerji sarfiyatı için güneş enerjisinden, diğer günlerde ise kurutma işleminin devamlılığı için ısı pompası ile çalışan bir kurutma fırınının tasarlanmıştır.

Aktaş (2007) bu çalışmasında ısı pompası destekli PID kontrollü bir kurutucunun tasarım ve imalatını yapmıştır. 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 edilmiştir.

Kaya (2008) fındık kurutmada ısı ve kütle transferi teorik ve deneysel olarak analiz edilmiştir. Teorik çalışma kapsamında; dikdörtgen, silindir ve küre şekilli gıda ürünlerin kurumasını karakterize eden ısı ve kütle transferi denklemler incelenmiştir. Öncelikle, dikdörtgen ve akışa dik konumda tutulan silindir şekilli ürün etrafındaki hız ve sıcaklık dağılımları elde edilmesiyle, ürün yüzeyi boyunca yerel ısı ve kütle taşınım katsayılarının değişimleri gözlenmiştir. Deneysel olarak ise yapılan çalışmada artan kurutma havası hızı, sıcaklığı ve azalan bağıl nem ile kurutma süresinin azaldığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Topuz ve ark., (2004) laboratuvar ortamında tasarlamış ve üretmiş oldukları akışkan yatak modelinde fındık kurutmuşlardır. Sayısal ve deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğunu tespit edilmiştir.

Gürlek ve ark., (2015) bu çalışma kapsamında, ısı pompalı kurutucuların çalışma prensibi, kurutma işlemlerinde ısı pompası kullanım tipleri, ısı pompalı kurutucuların performans kriterleri ele alınmıştır.

Malekjani ve ark., (2017) mikrodalga ile konvektif kurutmanın etkin bir kurutma yöntemi olarak, 40 °C, 50 °C ve 60 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık ve 0.450 ve 900 W güç seviyelerinde yapmıştır. Yapılan deneyler; kurutma havası sıcaklığına oranla, mikrodalga gücünü daha üstün göstermiştir. Kurutma işlemi esnasında nem değişikliklerini tahmin etmek için matematiksel modelleme uygulanmıştır.

Akgün ve ark., (2017) yaptıkları deneysel çalışmada fındık kurutmak için sıcak beyaz (sarı) 3000K renk sıcaklığına sahip LED'li bir tünel tipli kurutma sistemi tasarımı kullanmışlardır. Kurulan sistem içerisinde fındık iki farklı boyut (14-15mm,16-17mm) ve dört farklı hava hızında ($v=0$ m/s, $v=0.5$ m/s, $v=1$ m/s, $v=1.5$ m/s) kurutulmuştur.

Öcal ve Yurdakul (2017) bu çalışmada kurutma işleminin temel niteliklerini araştırarak su niceliğini azaltarak, su miktarını düşürmek, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmaları minimize etmektedir. Günümüz teknolojilerinden yola çıkarak, güneş enerjili ekonomik bir imalat amaçlanmıştır.

Keleş ve Saçılık, (2017) bu çalışmada, infrared ısıtıcı ve hava kurutucu destekli bir fındık kurutma makina tasarlanmıştır. Bu amaçla, 2010 ve 2014 yıllarında iki ayrı prototip imal edilerek kurutma denemeleri yapılmıştır. Kurutma makinasının kabini, infrared karbon film ısıtıcılarla ısıtılmakta olup dış kısmı hava ve ısı yalıtımlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Makina, nemi alınmış fan veya kompresör havasını hareket halindeki fındık yığınının basmakta ve nemli hava kanaldan dışarı atılmaktadır. İlk prototip 600 kg fındık kapasiteli olarak yapılmıştır. İkinci prototipte ise kazan kapasitesi 200 kg'a düşürülmüştür. Deneme sonuçlarına göre hasat edilmiş nemli fındığın 8-14 saat içinde %6 iç nem seviyesine kurutulduğu ve enerji tüketiminin 60-150 TL ton olduğu görülmüştür.

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 incelenmiştir.

Turan, (2018) Tombul, Palaz ve Levant kalite Ordu fıncığını 45 °C ve 50 °C’de kurutma makinesi ve açık havada ise beton ve çim zeminde güneşte kurutmakla, kimyasal özelliklerini tespit etmeye çalışmıştır.

Kandemir, (2019) kurutma süresini kısaltacak, enerji verimliliği yüksek, fıncık 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 ışınım ile ısı transferinin kütle transferine etkileri ortaya koyulmuştur. Fıncıkla LED’ler arasındaki mesafe artışının ve fıncık boyutunun kuruma süresine etkisini belirlenmiştir.

Gıda kurutma için özelde de fıncık kurutma literatürde çok fazla çalışma mevcuttur. Çok farklı kurutma yöntemleri denenmiş, kurutma yöntemlerinin gıda özelliklerine etkileri araştırılmış ve bu yöntemlere uygun matematik modeller geliştirilmiştir. Bu araştırmalarda öne çıkan en önemli başlık gıda özelliklerini koruyarak en kısa zamanda en ucuza kurutmayı sağlayacak bir yöntem arayışıdır.

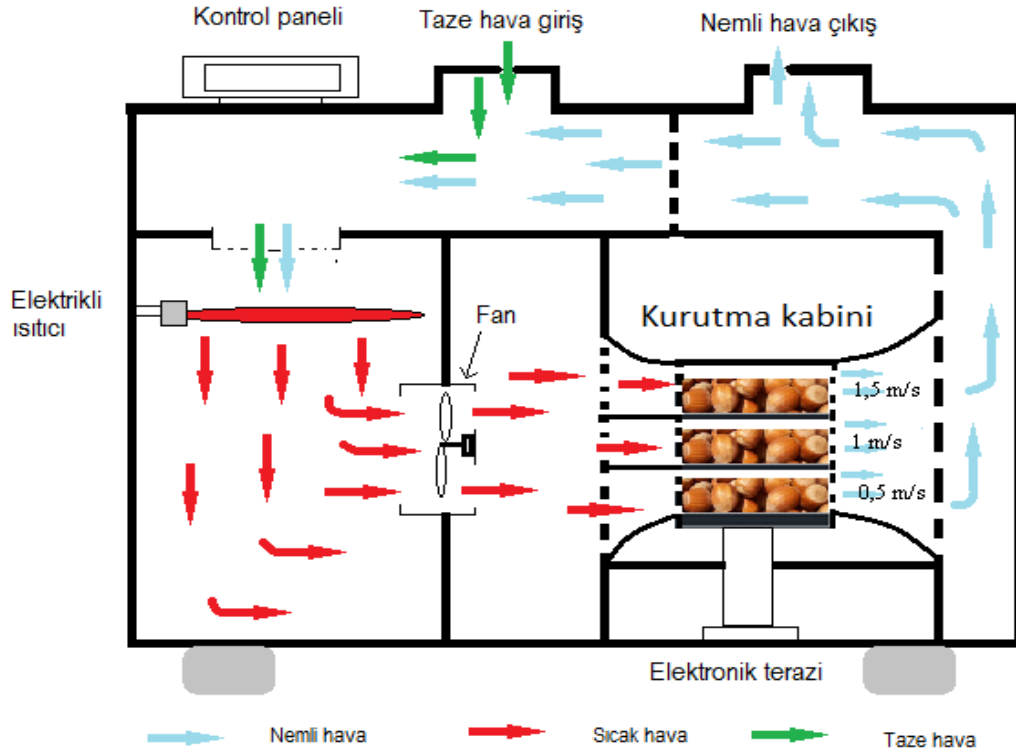
Fıncık hasat döneminde bölgenin yağışlı olması dolayısıyla güneşte fıncık kurutma uzun zaman almakta ve gıda özelliklerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Bu olumsuzluklardan dolayı mekanik yöntemlerle fıncığın kurutulması bölgede şartlarında zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile fıncığı daha az enerji ile optimum kurutma şartlarında (sıcaklık, nem, hava hızı) kurutmayı sağlamak için mekanik kurutma sistemlerinde periyodik kurutma modeli önerilmiştir. Periyodik kurutma modeli ile iç fıncığın neminin fıncık kabuğuna aktarılması için geçen sürede kurutma sistemi çalıştırılmayacak ve bu sayede sistem gereksiz yere havanın sıcaklığını artırmak ve havayı sirküle etmek için pompalama enerjisi harcamayacaktır. Fıncık üreticileri güneş altında harmanda fıncık kurutma yerine konvansiyonel kurutucular da kısa sürede ve daha düşük kurutma maliyetinde kontrollü kurutma yapacaklardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Fındık Kurutma Şekli

Bu deneysel çalışmada Karadeniz Bölgesinde yetişen tombul fındık "*Corylus Avellana L.*" kullanılmış olup taze fındıklar Ordu ili Perşembe ilçesi Yeniköy mahallesi mevkiinden hasat edilmiştir. Dalından toplanmış taze fındıklar zaman kaybetmeden zuruflarından ayrıldıktan sonra elek yardımıyla üç farklı çap aralığında ($\text{Ø}14$ mm, $\text{Ø} 15-16$ mm, $\text{Ø} 17$ mm ve üstü) boyutlandırılmış ve fındıkların başlangıç nemi Mettler Toledo marka nem ölçüm cihazıyla (Şekil 3.1) ölçülerek yaş fındığın ortalama nem oranı %28 olarak belirlenmiştir. Gıda özelliklerini koruyacak hava sıcaklığı max 45°C olarak literatür de belirttiğinden deneyler 45°C sıcaklıkta yapılmıştır. Fındıktan kütle transferini sağlayacak havanın hızı 0 m/s, 0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s olarak ayarlandı. Her bir kurutma deneyinde 100 g yaş fındık nem oranı % 6'a indirilene kadar deneyler sürdürülmüştür. Deneyler süresince yaş fındığın nem oranı sabit tuta bilmek amacıyla, fındıklar boyutlarına göre vakumlanarak etiketlenmiş ve zaman kaybetmeden soğuk hava deposunda $+4^{\circ}\text{C}$ 'de koruma altına alınmıştır.



Şekil 3.1 Konvansiyonel Kurutma Fırını

Ulaşılabacak hedefler;

- En kısa sürede ve en az enerji ile kurutma sağlamak
- Enerji maliyetlerini düşürmek
- Fındığın kurutulmasını daha kontrollü yaparak kalitesini artırmak
- Fındığın besinsel değerini koruyarak kurutma yapmak

Deneysel çalışma için hazırlanan fındıklar; Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kurutmaya Hazır Fındıklar (100 g)



Şekil 3.3 Ø 15-16 mm Yaş Fındık İç ve Dış görünümü



Şekil 3.4 Ortam Sıcaklığının Ölçümü ve Fındıkların 100 g Olarak Ayarlanması

Kurutma Periyotları:

Fındığın kurutma esnasında konvansiyonel kurutma fırındaki kalma ve fırın dışarısında bekleme süresi ayarlanarak periyodik kurutma deneyleri aşağıda verilen akış şemasına göre tekrarlanmıştır.

Çizelge 3.1 Uygulama Süreleri

Çalışma (saat)	Bekleme (saat)
0.5	0.5
1.0	0.5
1.5	0.5
2.0	0.5

Çalışma (saat)	Bekleme (saat)
0.5	1.0
1.0	1.0
1.5	1.0
2.0	1.0

Çalışma (saat)	Bekleme (saat)
0.5	1.5
1.0	1.5
1.5	1.5
2.0	1.5

Çalışma (saat)	Bekleme (saat)
0.5	2.0
1.0	2.0
1.5	2.0
2.0	2.0

Yapılan periyodik kurutmayı karşılaştırma yapmak için Güneşte kurutma ve Sürekli enerji verilerek kurutma çalışması yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

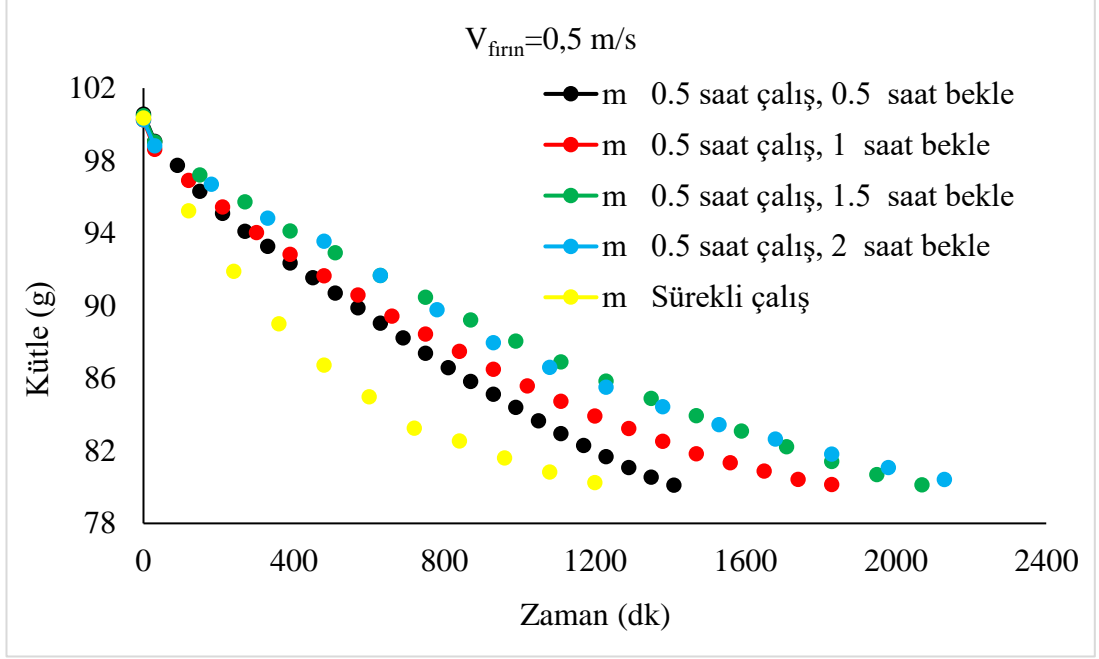
Yapılacak bu deneysel çalışmada; fındığın gıda özelliklerini koruyacak hava sıcaklığı max 45°C olarak literatür de belirttiğinden deneyler 45 °C sabit sıcaklıkta yapılmıştır. Kurutucu hava üç farklı hızda (0.5 m/s, 1 m/s ve 1.5 m/s) fındığın üzerinden kurutma sisteminde geçirildi. Güneşte kurutmada dış hava ortamı sürekli olarak ölçülmüştür. Deney düzeneğinde her bir çalışmada 100 gr fındık test edilerek ve nem oranı %6 gelene kadar deneyler sürdürüldü. Periyodik kurutma deneylerinde, fındık fırından çıktığında ve bekleme periyodu bittiğinde tartılmıştır. Ancak, periyodik kurutma ile ilgili aşağıda verilen zamana bağlı kütle kabı grafiklerinde sadece fındığın fırından çıkarıldığındaki kütleleri verilmiştir.

Ayrıca Kütle zaman grafikleri şekil 4.1 ve şekil 4.12 arasında güneş kurutma kütle zaman grafiği 4.13’ de, hız zaman grafikleri şekil 4.14 ve 4.29 arasında, karşılaştırma grafikleri şekil 4.31 ve 4.34 arasında, gıda analizleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5 ‘de verilmiştir.

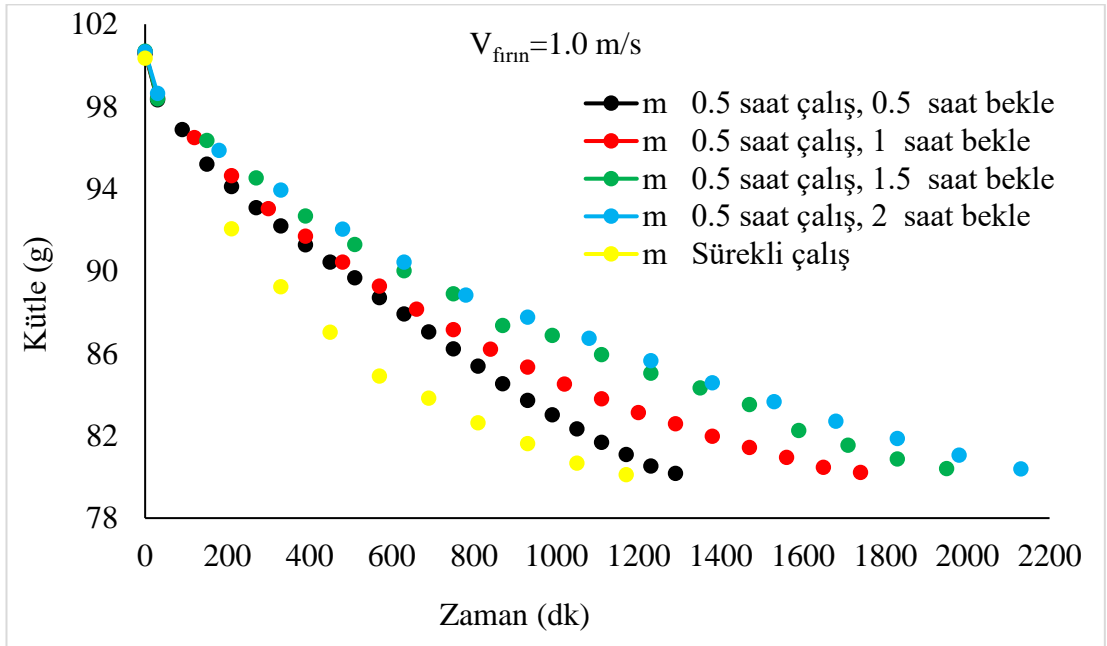
4.1 Kütle Zaman Grafikleri

Fındığın fırınında 0.5 saat bekleme ve farklı dinlendirme sürelerine bağlı olarak kütle kaybı zaman karşılaştırma grafikleri ($V_{fırın}=0.5$ m/s, $V_{bekleme} = 0$ m/s) Şekil 4.1 ‘de verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı gibi fındığın fırından çıkarılmadan sürekli kuruması en kısa sürede (1200 dk.) olduğu dışarıda bekleme süreleri arttıkça sırasıyla 0.5 saat (1410 dk), 1saat (1830 dk), 1.5 saat (2070 dk) ve 2 saat (2130 dk) fındığın kuruma süreleri de artmıştır.

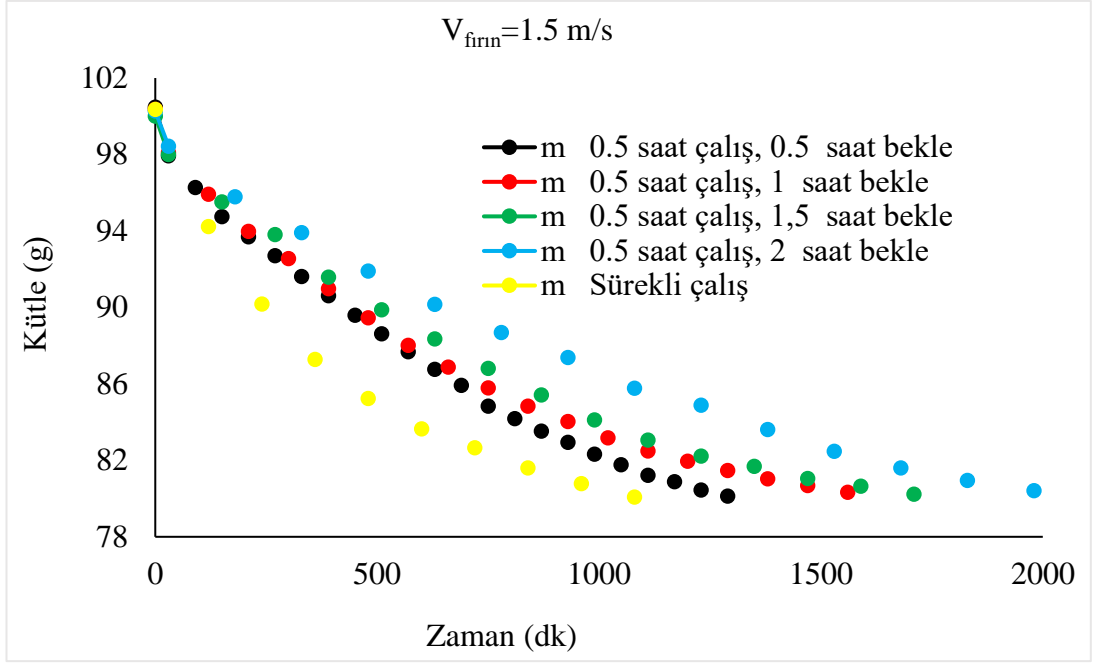
Şekil 4.2’de 1 m/s hızında $T=45$ °C’de 0.5 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilere göre sürekli çalışma en kısa sürede kuruma gerçekleşmiştir. Şekil 4.1’de olduğu gibi kuruma 0.5, 1,1.5 ve 2 saat bekleme olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.1 Fındığın Fırınında 0.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{firni}=0.5 \text{ m/s}$)

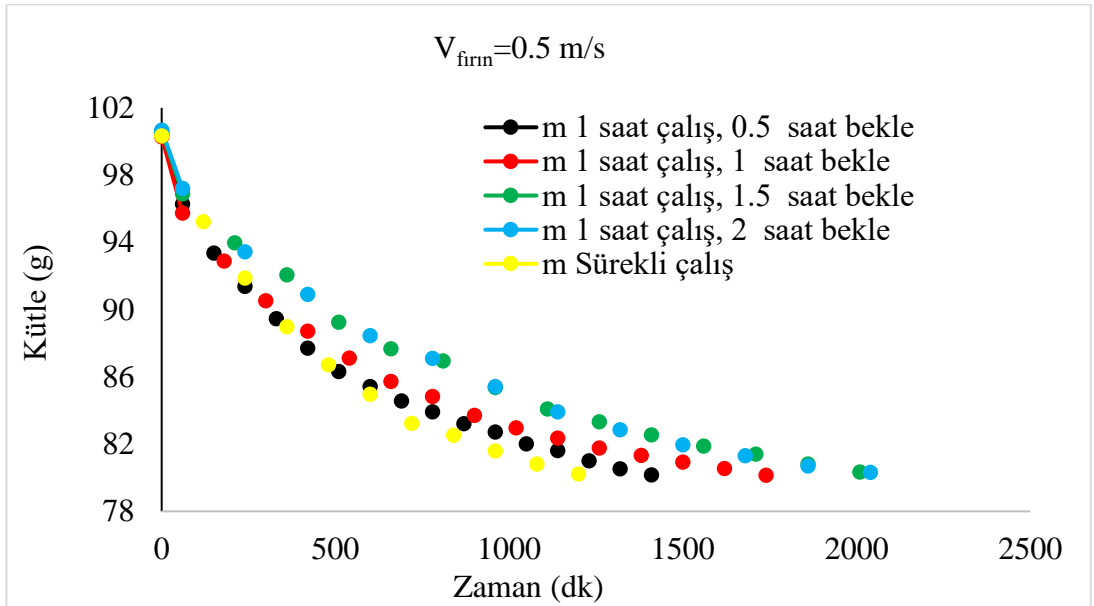


Şekil 4.2 Fındığın Fırınında 0.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{firni}=1.0 \text{ m/s}$)



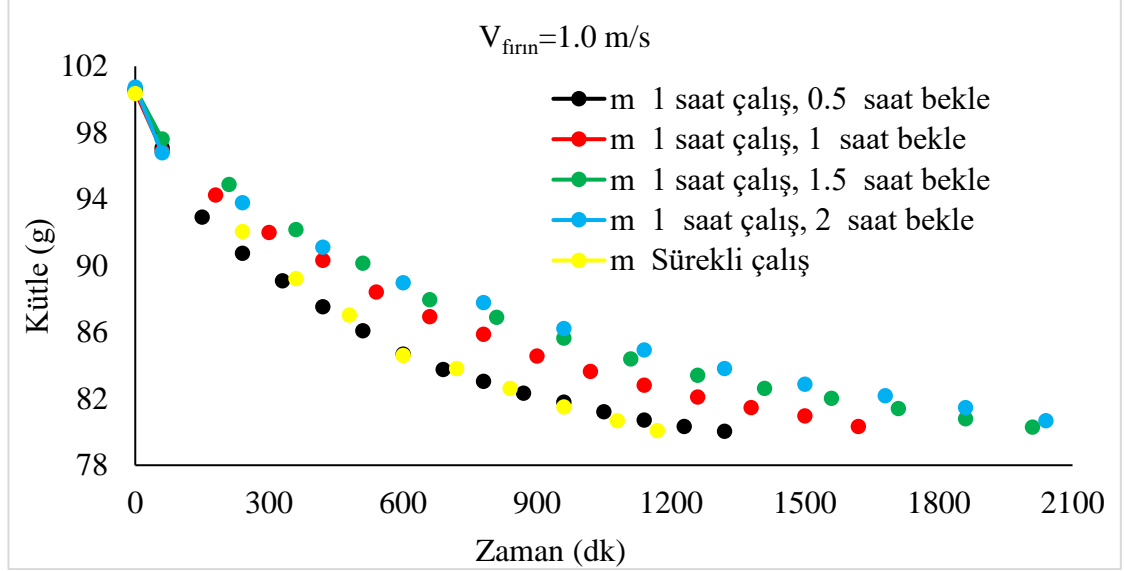
Şekil 4.3 Fındığın Fırınında 0.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s)

Şekil 4.3’de 1.5 m/s hızında $T=45$ °C’de 0.5 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Kuruma 0.5, 1, 1.5 ve 2 saat bekleme olarak gerçekleştirilmiştir.



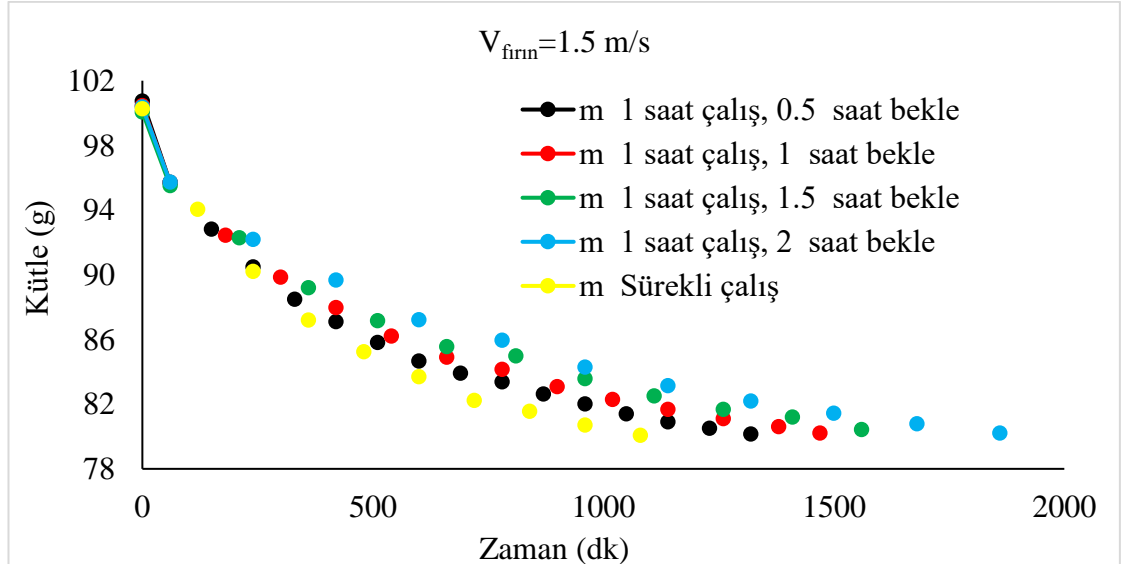
Şekil 4.4 Fındığın Fırınında 1 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{fırın}=0.5$ m/s)

Şekil 4.4'de 0.5 m/s hızında $T=45^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı gibi sürekli kuruma en kısa sürede olup sırasıyla 0.5,1, 1.5 ve 2 saat bekleme olarak gerçekleşmiştir.



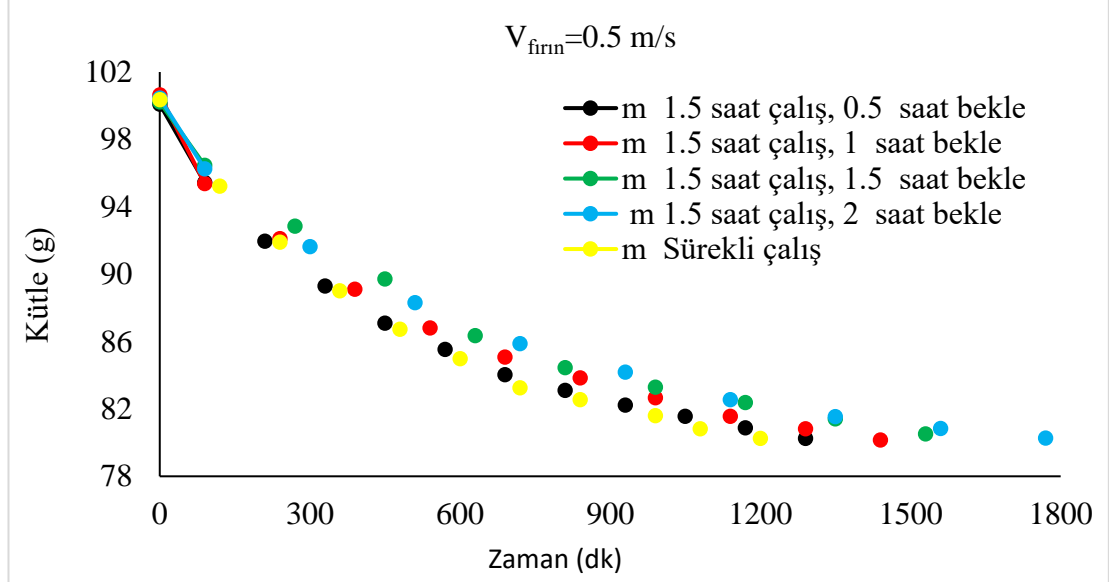
Şekil 4.5 Fındığın Fırınında 1 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırın}}=1.0 \text{ m/s}$)

Şekil 4.5'de 1 m/s hızında $T=45^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Yapılan kurutmada 0.5 saat bekle sürekli kurutmadan daha önce kuruma gerçekleşmiştir.



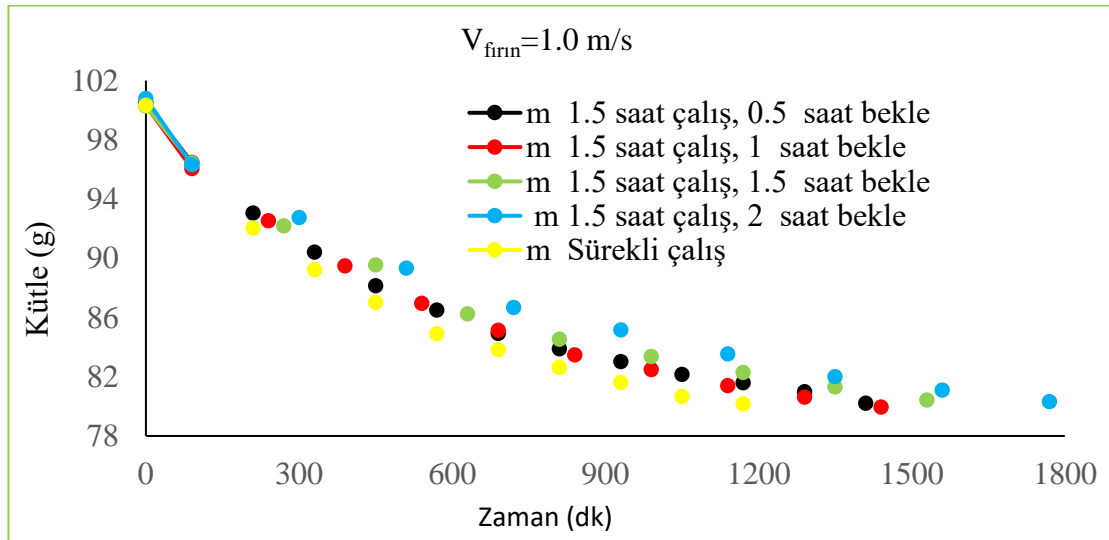
Şekil 4.6 Fındığın Fırınında 1 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırın}}=1.5 \text{ m/s}$)

Şekil 4.6'de 1.5 m/s hızında $T=45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilenden anlaşıldığı üzerine sürekli kuruma ile 0.5 saat bekle en erken kuruma gerçekleşmiştir.



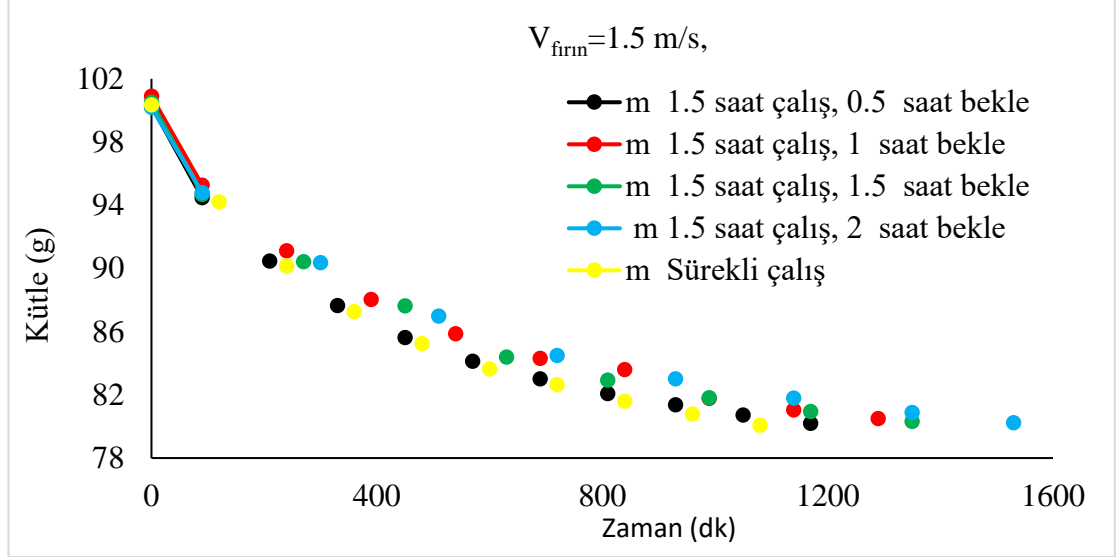
Şekil 4.7 Fındığın Fırınında 1.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırn}}=0.5\text{ m/s}$)

Şekil 4.7'de 0.5 m/s hızında $T=45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1.5 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilenden anlaşıldığı üzerine sürekli kuruma en kısa sürede kurumuştur.



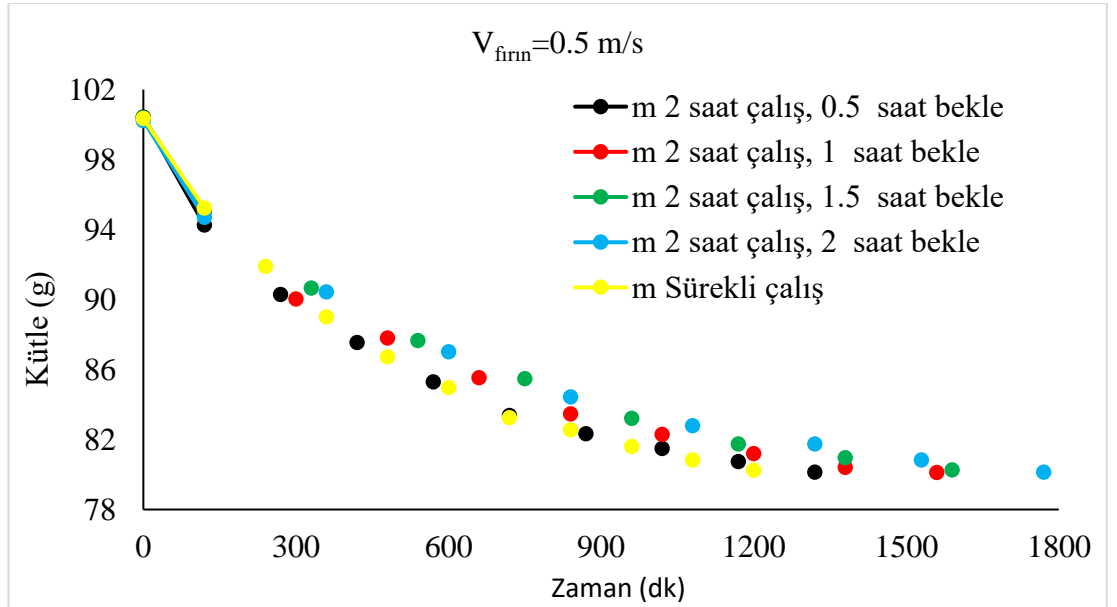
Şekil 4.8 Fındığın Fırınında 1.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırn}}=1.0\text{ m/s}$)

Şekil 4.8’de 1 m/s hızında $T=45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de 1.5 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerde görüldüğü gibi kuruma 1 m/s hız ve 1.5 saat çalışmada kurumalar birbirine yakın kurumada dalgalanmalar gerçekleşmiştir.

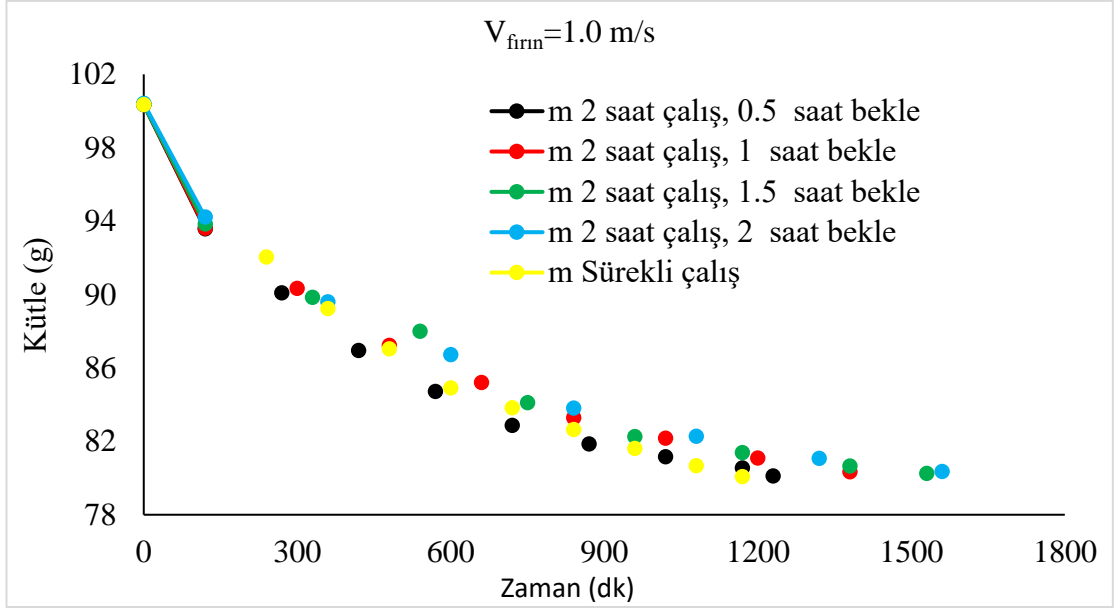


Şekil 4.9 Fındığın Fırınında 1.5 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırn}}=1.5\text{ m/s}$)

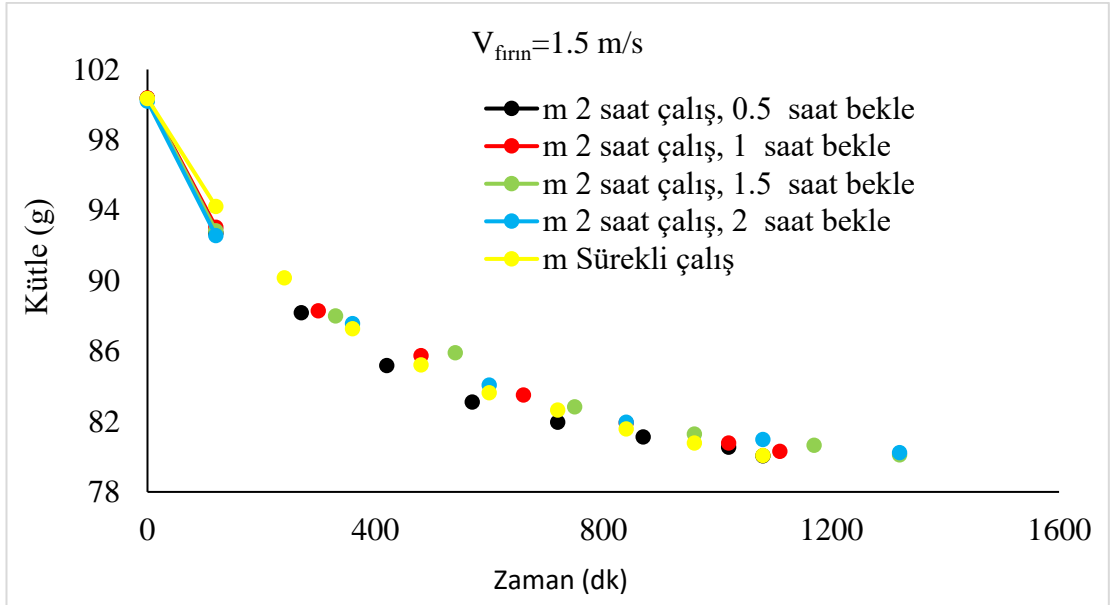
Şekil 4.9’de 1.5 m/s hızında $T=45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de 1.5 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. Kurumada dalgalanmalar olup 1.5 saat çalışmada en kısa sürede düzgün kuruma 0.5 saat beklemedir.



Şekil 4.10 Fındığın Fırınında 2 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{\text{fırn}}=0.5\text{ m/s}$)

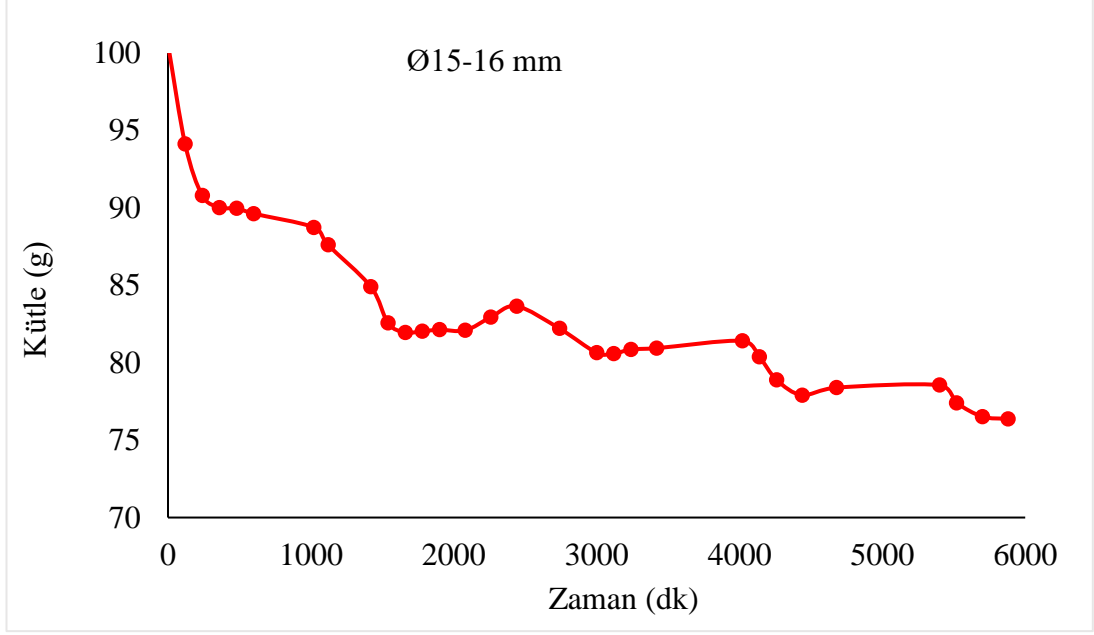


Şekil 4.11 Fındığın Fırınında 2 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{fırın}=1.0$ m/s)



Şekil 4.12 Fındığın Fırınında 2 Saat Kurutulmasında Farklı Dinlendirme Sürelerine Bağlı Olarak Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması ($V_{fırın}=1.5$ m/s)

Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) hızında $T=45^{\circ}C$ 'de 2 saat çalışmada kurutma eğrileri verilmiştir. 2 saat çalışmada, aynı hızlarda ve sürekli çalışmada farklı bekleme saatlerinde kuruma süreleri aynıdır.

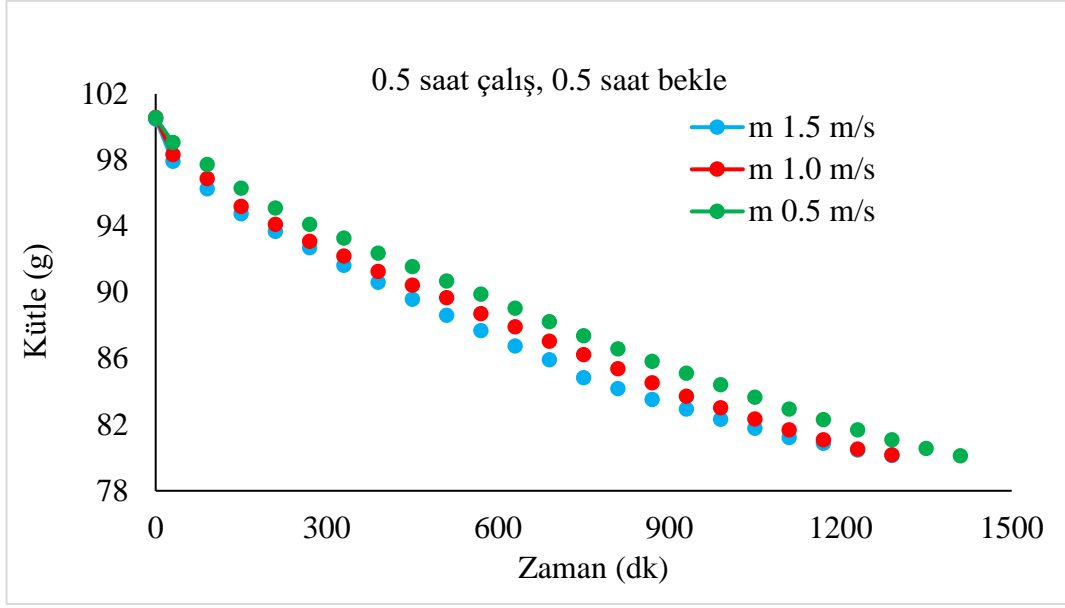


Şekil 4.13 Güneşte Kurutmada Fındığın Kütle Kaybı Zaman Grafiği

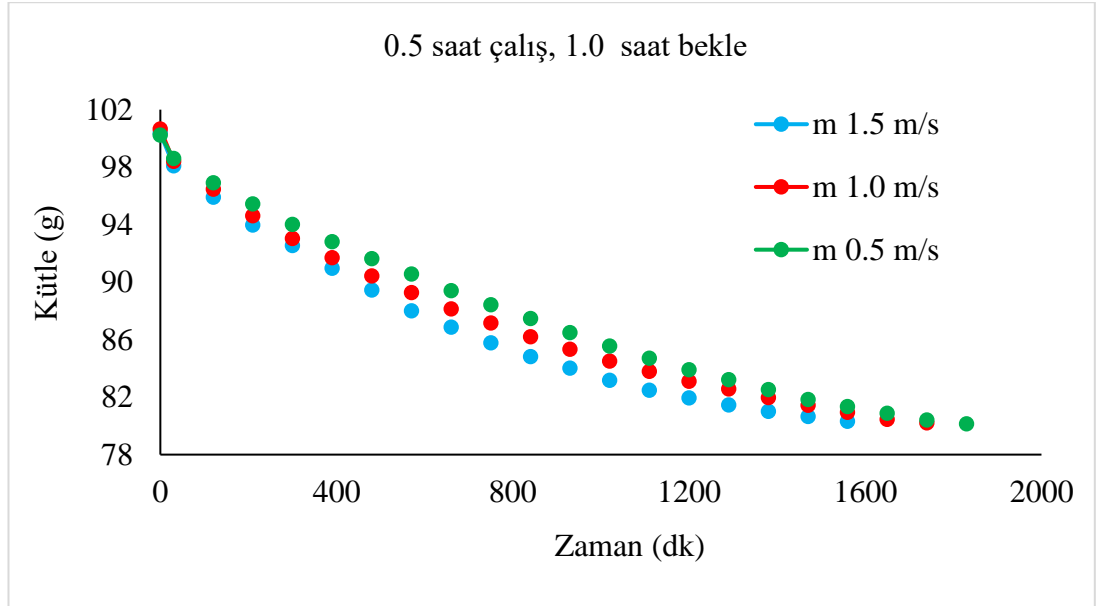
Şekil 4.13’de Ø15-16 mm boyutundaki güneşte kurutulan fındığın zamana bağlı kütle kaybı eğrileri verilmiştir. Kurutmaya Güneş ışınımının en yoğun olduğu öyle saatinde (Zamanın başlangıcı 12:55) başlanmıştır. Eğriden görüldüğü gibi ilk 240 dakika da (4 saat) kütle kaybı çok hızlı olurken, ilerleyen zamanlarda zamana bağlı kütle kaybı düşmektedir. Bölgenin aşırı nemli olması dolayısıyla gece saatlerinde fındık havadan geriye nem almakta ve kütlesi artmaktadır. Bu artış maksimum %2.5 değerindedir. Fındık kurudukça gece nem alma değeri de düşmektedir. Sürekli açık havaya maruz bırakılan fındığın (güneşte kurutma) toplam kuruma süresi en iyi şartlarda (tek sıra diziliş ve sürekli hava akımına maruz bırakılma) verilen boyut aralığı için yaklaşık 4 gündür.

4.2 Hız Zaman Grafikleri

Şekil 4.14’de fırının 0.5 saat çalış, 0.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzere en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma 1290 dakika olarak gerçekleşmiştir. Hava hızı arttıkça kuruma süresi de uzamıştır.

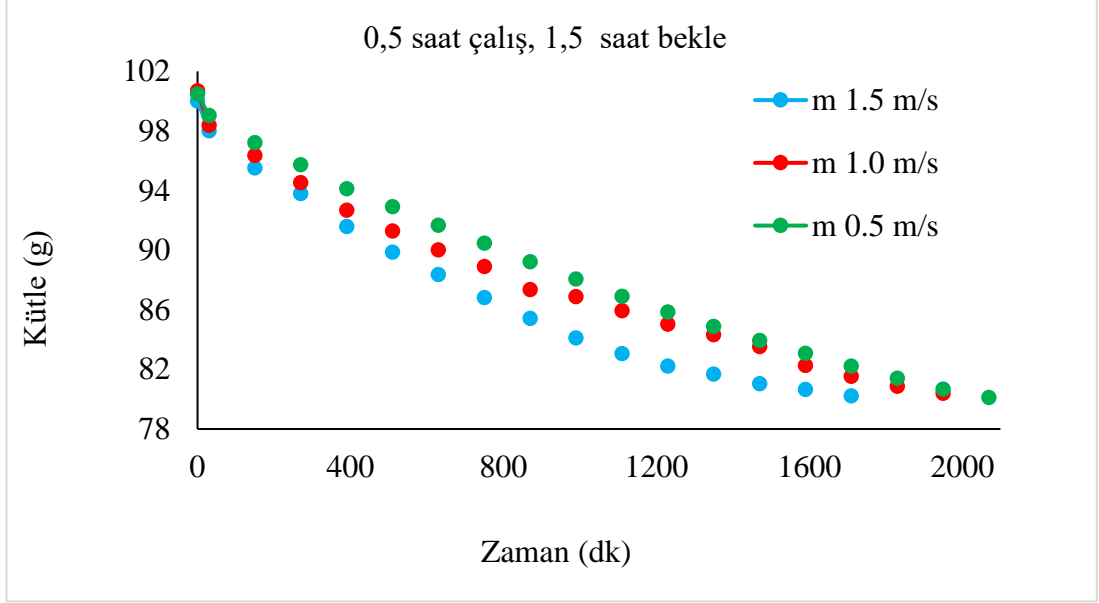


Şekil 4.14 Fırının 0.5 Saat Çalış, 0.5 Saat Dinlendirme Şartlarında Farklı Hava Hızlarında Fındığın Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması



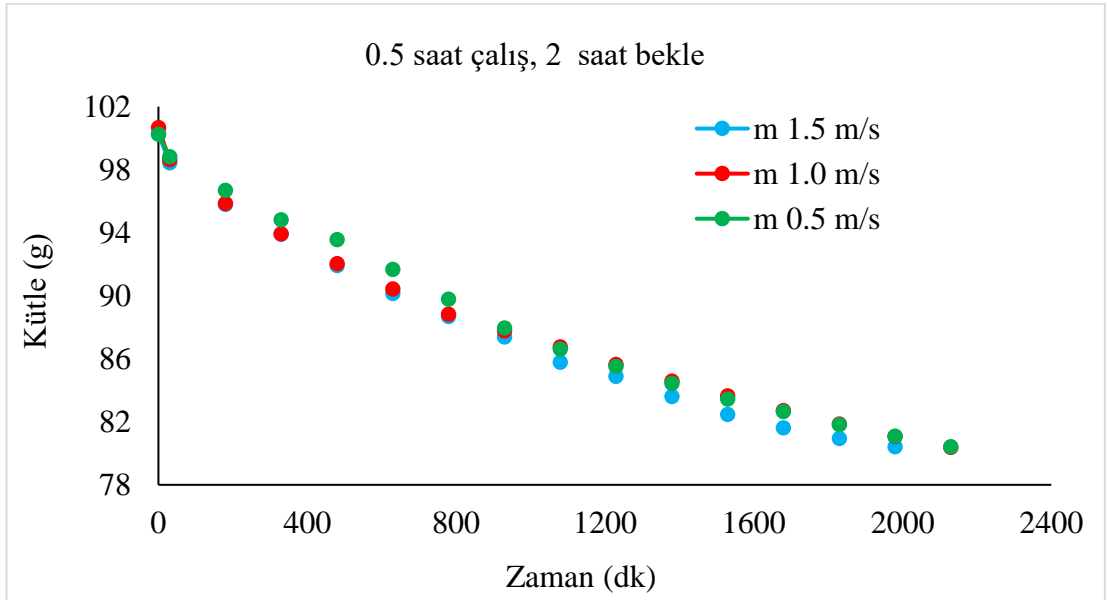
Şekil 4.15 Fırının 0.5 Saat Çalış, 1 Saat Dinlendirme Şartlarında Farklı Hava Hızlarında Fındığın Kütle Kaybı Zaman Karşılaştırması

Şekil 4.15’de fırının 0.5 saat çalış, 1 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma gerçekleşmiştir. 1560 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16 Fırının 0.5 Saat Çalış, 1.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri.

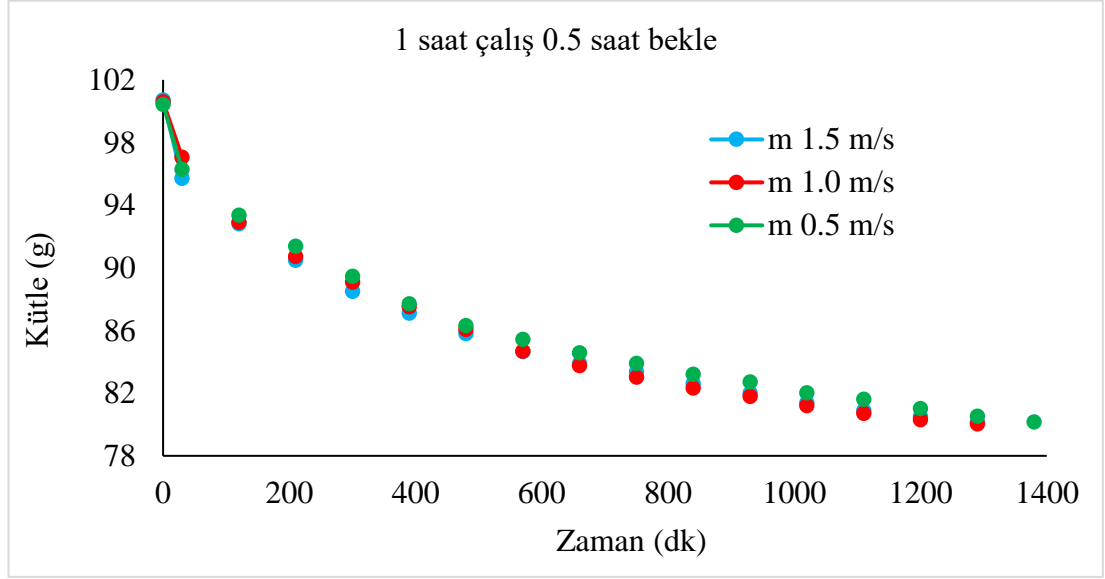
Şekil 4.16'de fırının 0.5 saat çalış, 1 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma 1710 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.17 Fırının 0.5 Saat Çalış, 2 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri.

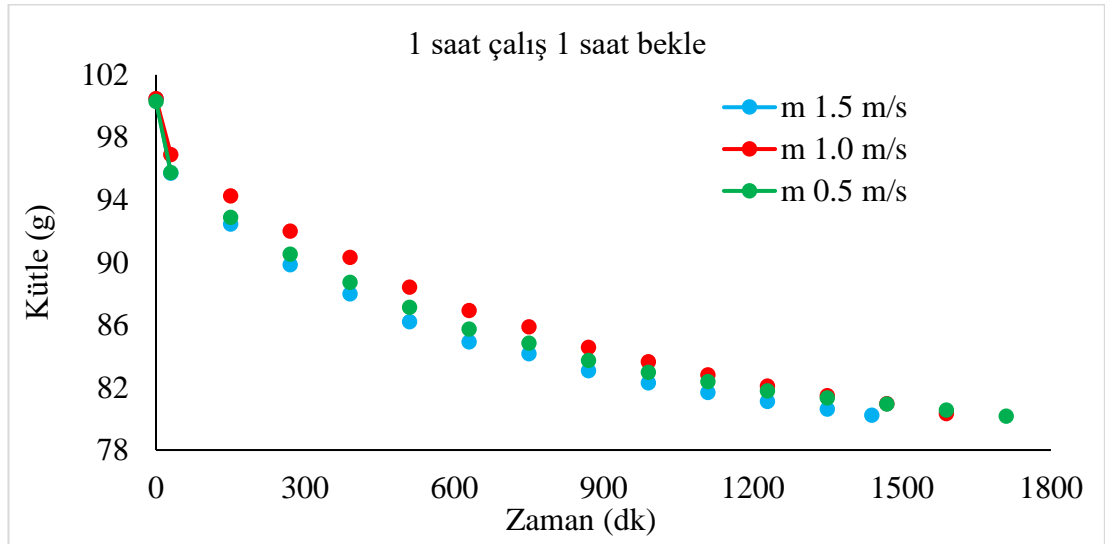
Şekil 4.17'de fırının 0.5 saat çalış, 2 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden

anlaşıldığı üzerine farklı hızlarda aynı sürede kuruma gerçekleşmiştir. Kuruma 1980 dakika olarak gerçekleşmiştir.



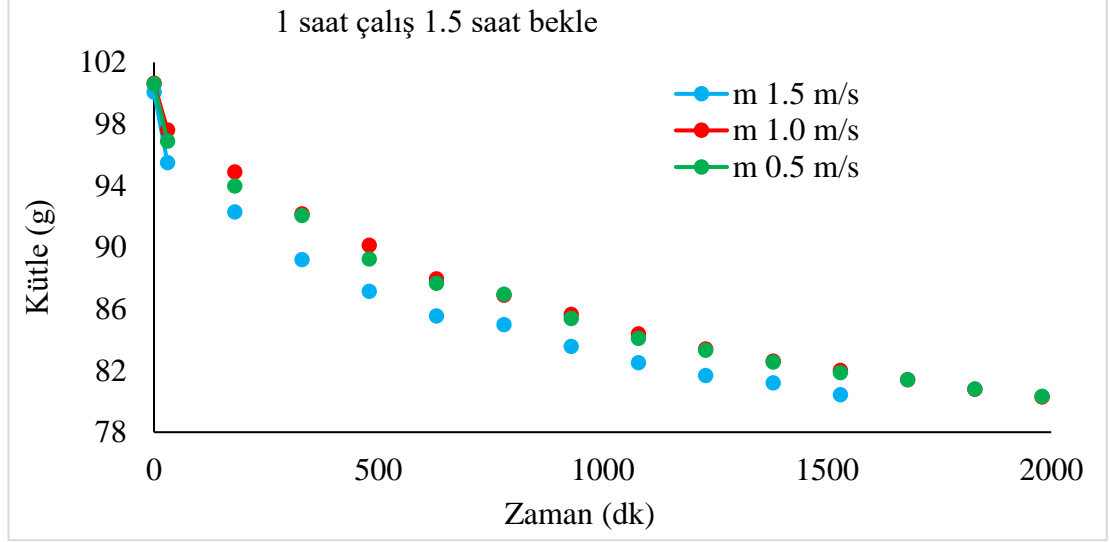
Şekil 4.18 Fırının 1 Saat Çalış, 0.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri.

Şekil 4.18’de fırının 1 saat çalış, 0.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.0 m/s hızda kuruma gerçekleşmiştir. Kuruma 1200 dakika olarak gerçekleşmiştir.



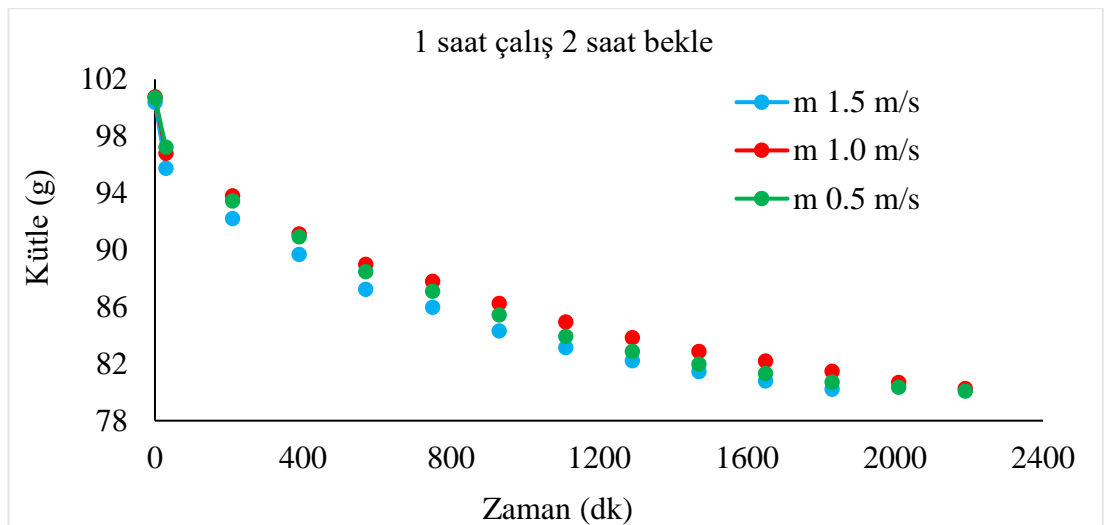
Şekil 4.19 Fırının 1 Saat Çalış, 1 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.19'de fırının 1 saat çalış, 1 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir Farklı hızlarda yaklaşık aynı sürede kurutma gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızı için 1470 dakika olarak gerçekleşmiştir.



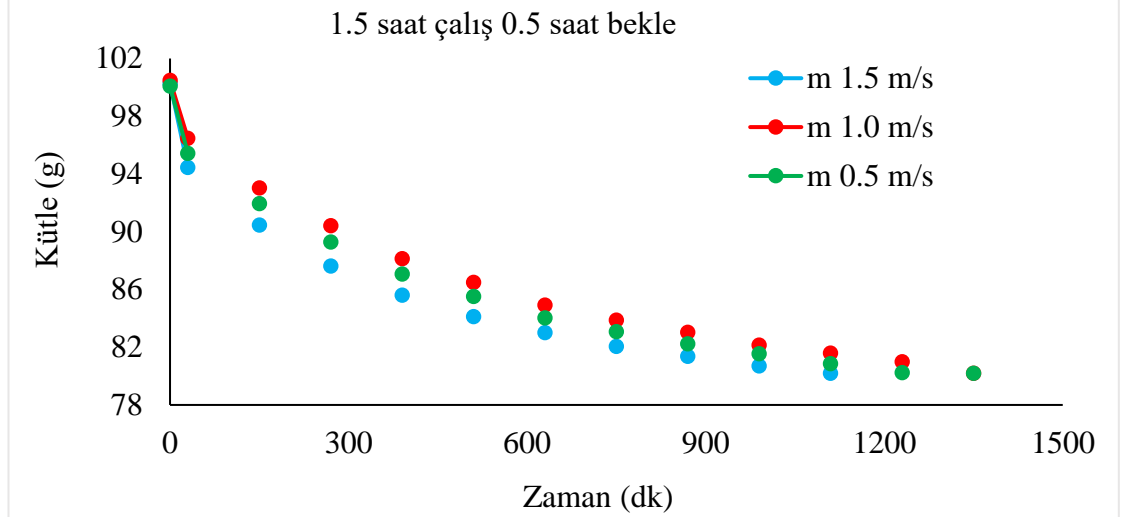
Şekil 4.20 Fırının 1 Saat Çalış, 1.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.20'de fırının 1 saat çalış, 1.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma gerçekleşmiştir. Kuruma 1530 dakika olarak gerçekleşmiştir.



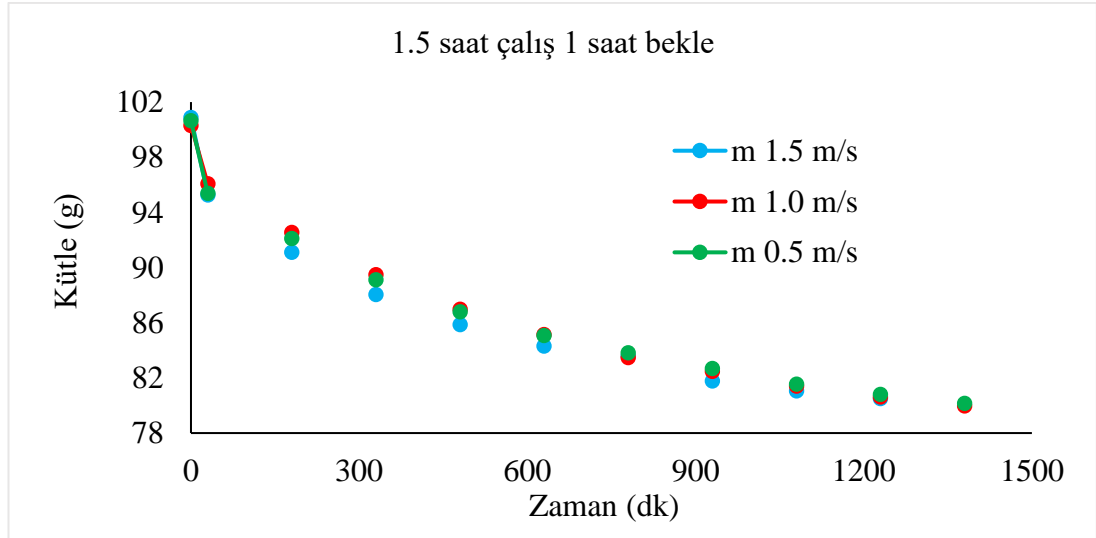
Şekil 4.21 Fırının 1 Saat Çalış, 2 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri.

Şekil 4.21’de fırının 1 saat çalış, 2 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. 0.5 m/s ve 1.0 m/s hava hızlarında yaklaşık aynı sürede (2190 dk) kurutma gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızında 1830 dakika olarak gerçekleşmiştir.



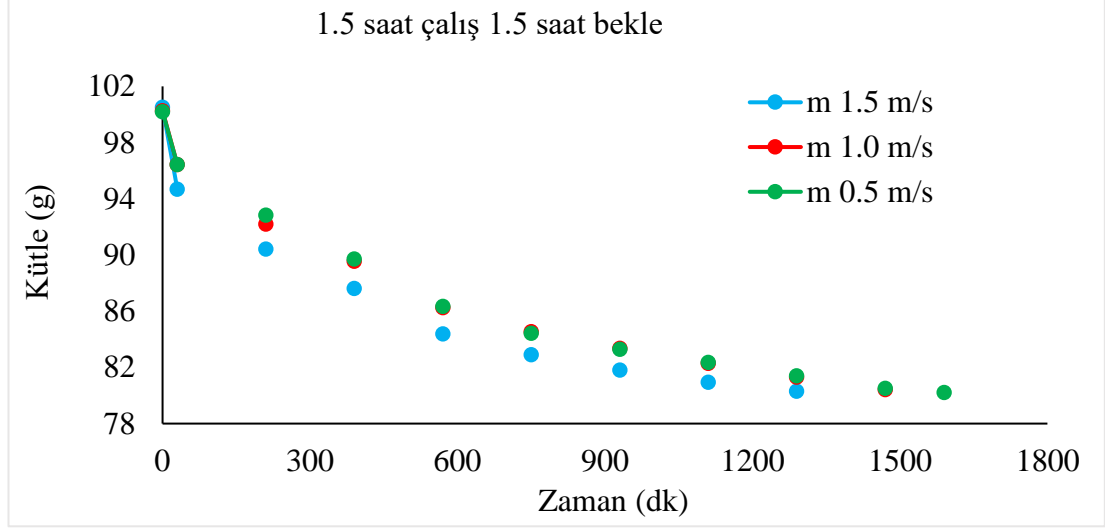
Şekil 4.22 Fırının 1.5 Saat Çalış, 0.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.22’de fırının 1.5 saat çalış, 0.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzere en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma 1230 dakika da gerçekleşmiştir.



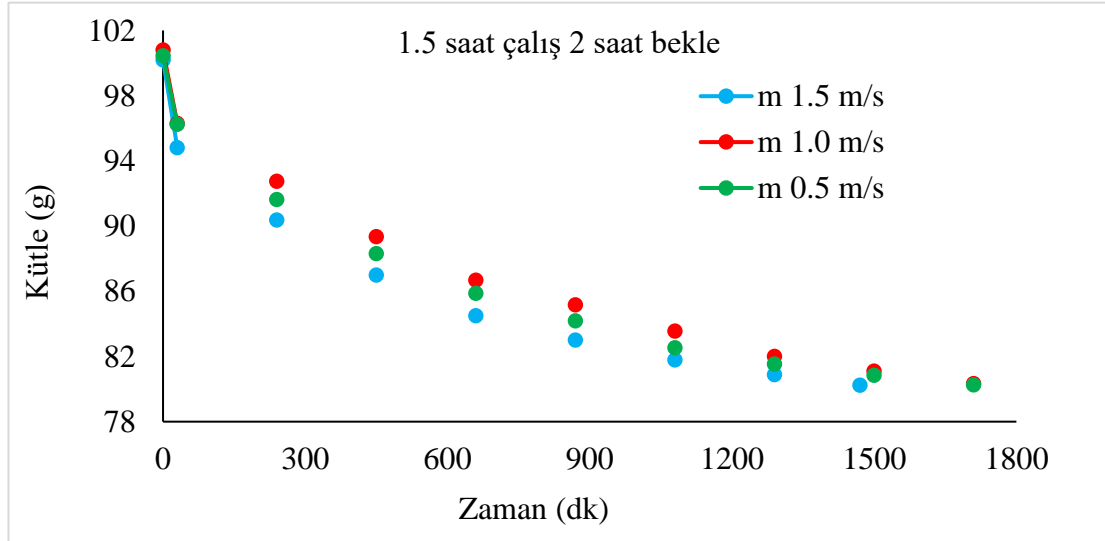
Şekil 4.23 Fırının 1.5 Saat Çalış, 1 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.23’de fırının 1.5 saat çalış, 1 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. 0.5 m/s ve 1.0 m/s hava hızlarında yaklaşık aynı sürede (1380 dk) kurutma gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızında 1230 dakika da gerçekleşmiştir.



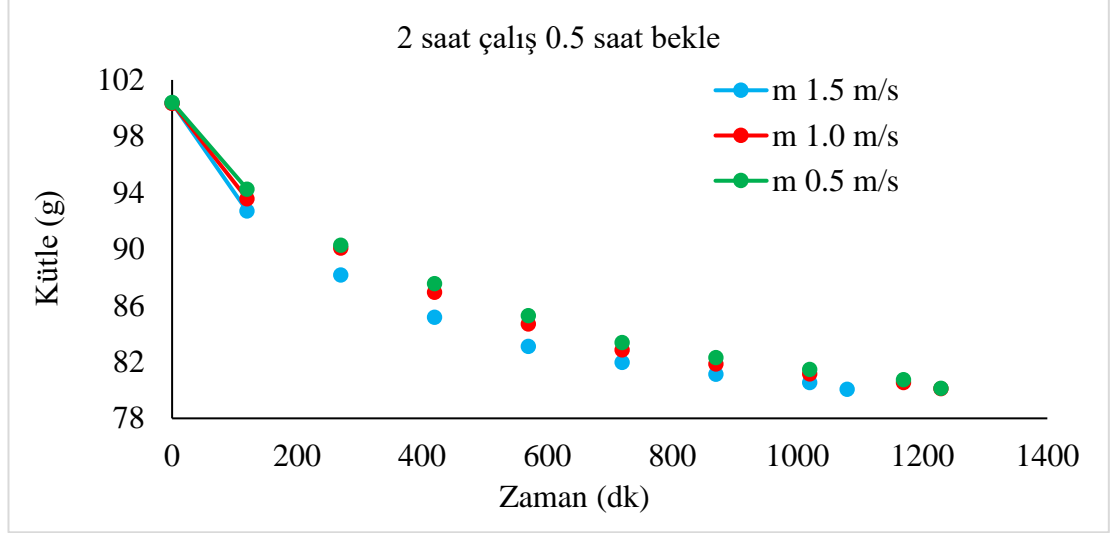
Şekil 4.24 Fırının 1.5 Saat Çalış, 1.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.24’de fırının 1.5 saat çalış, 1.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. Eğriler üzerine 1.5 m/s hızda daha kısa sürede kuruma (1290 dakika) gerçekleşmiştir.



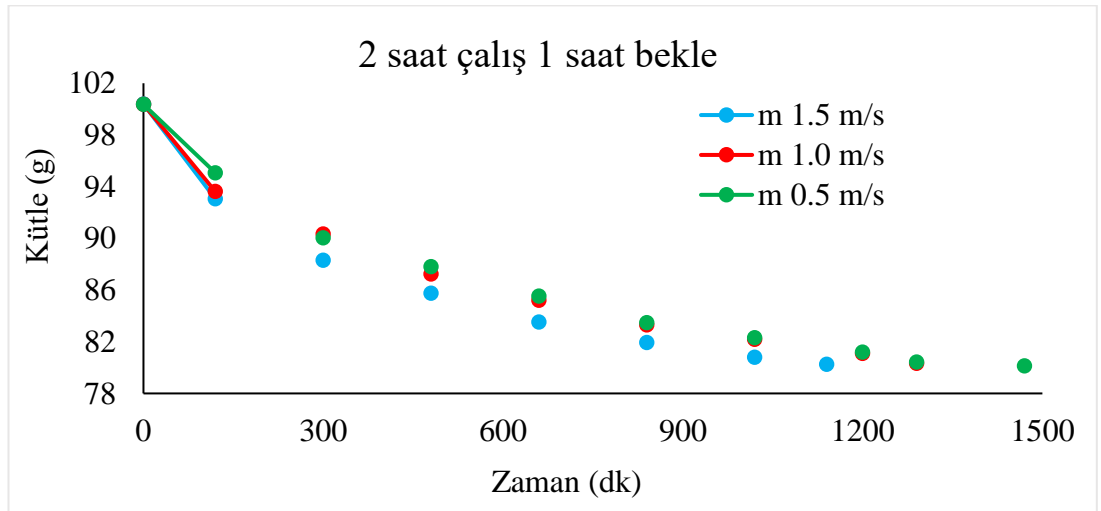
Şekil 4.25 Fırının 1.5 Saat Çalış, 2 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.25’de fırının 1.5 saat çalış, 2 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. 0.5 m/s ve 1.0 m/s hava hızlarında yaklaşık aynı sürede (1710 dk) kurutma gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızında 1470 dakika olarak gerçekleşmiştir.



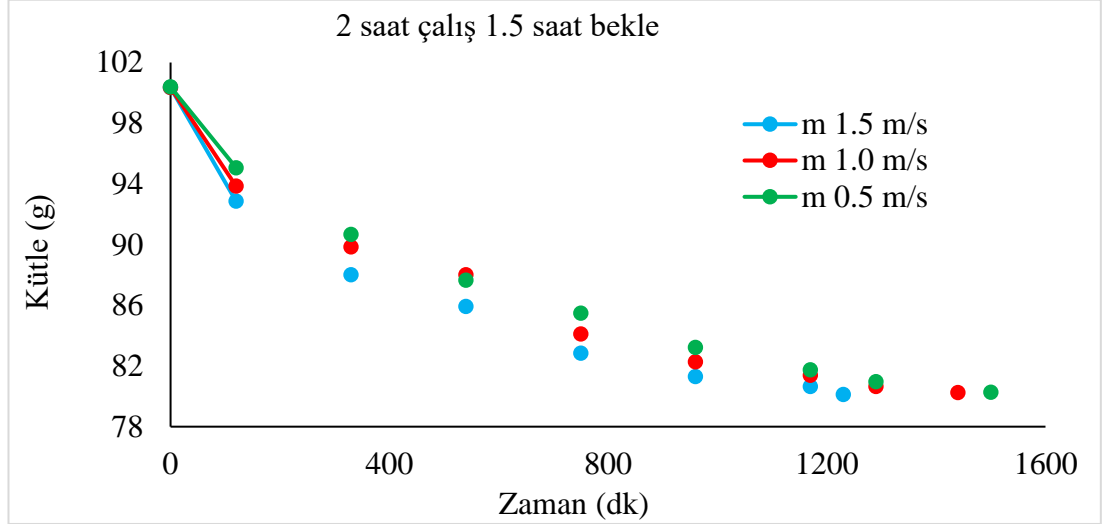
Şekil 4.26 Fırının 2 Saat Çalış, 0.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.26’de fırının 2 saat çalış, 0.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Bu çalışma şartlarında (2 saat çalış 0.5 saat dinlen) hava hızlarının fındığın kuruma süresini farklı etkilemiştir. 0.5 m/s için 1230 dk, 1.0 m/s için 1170 dk ve 1.5 m/s hava hızında kuruma süresi 1080 dakika olarak gerçekleşmiştir.



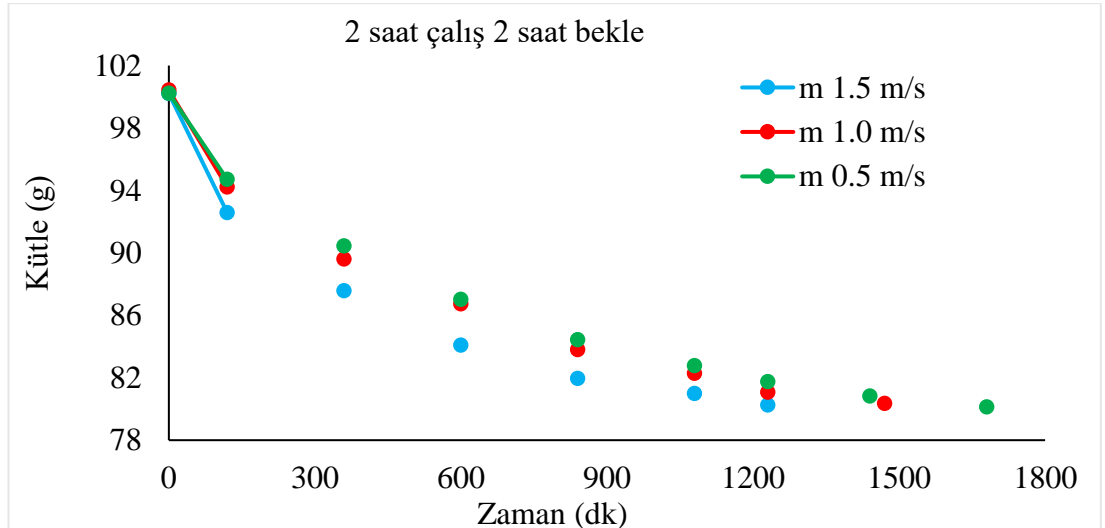
Şekil 4.27 Fırının 2 Saat Çalış, 1 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.27’de fırının 2 saat çalış, 1 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. 0.5 m/s ve 1.0 m/s hava hızlarında yaklaşık aynı sürede (1470 dk) kurutma gerçekleşmiştir. En kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızında 1110 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.28 Fırının 2 Saat Çalış, 1.5 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.28’de fırının 2 saat çalış, 1.5 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) bulunduğu kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma gerçekleşmiştir. Kuruma 1230 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.29 Fırının 2 Saat Çalış, 2 Saat Bekle Şartlarında Üç Farklı Akışkan Hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) Fındığın Kurutma Eğrileri

Şekil 4.29’da fırının 2 saat çalış, 2 saat bekle şartlarında üç farklı akışkan hızlarında (0.5 m/s, 1 m/s, 1.5 m/s) fındığın kurutma eğrileri verilmiştir. Eğrilerden anlaşıldığı üzerine en kısa sürede 1.5 m/s hızda kuruma gerçekleşmiştir. Kuruma 1230 dakika olarak gerçekleşmiştir.

4.3 Karşılaştırma Grafikleri

Periyodik kurutmanın kontrol numunesine göre son zaman karşılaştırmaları kurutucu hava hızına (1.5 m/s, 1.0 m/s ve 0.5 m/s) bağlı olarak sırasıyla Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2’den anlaşılacağı üzere; kurutucu hava hızı 1 m/s ve 0.5 saat çalış 2 saat bekle şartlarında kurutmada sürekli kurutmaya göre %61.5 daha az enerji harcanırken, kurutma süresi %82 artmıştır. Bu hava hızında sürekli kurutmaya göre %5.1 en az ilave kurutma süresi 2 saat çalış 0.5 saat bekle ile elde edilmiştir. Bu şartlarda %17.9 daha az enerji harcandığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3’den anlaşılacağı üzere; kurutucu hava hızı 0.5 m/s ve 0.5 saat çalış 2 saat bekle şartlarında kurutmada sürekli kurutmaya göre %62.5 daha az enerji harcanırken, kurutma süresi %83 artmıştır. Bu hava hızında sürekli kurutmaya göre %10 en az ilave kurutma süresi 2 saat çalış 0.5 saat bekle ile elde edilmiştir. Bu şartlarda %10 daha az enerji harcandığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Periyodik kurutmaların 1.5 m/s kurutucu hava hızına ($V_{fırın}$) bağlı olarak son zamanların karşılaştırılması

$V_{fırın}$ 1.5 m/s	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle
2 saat çalış	1080	1080	1200	1320	1320	1080	1080	1200	1380	1320
	1080	990	750	780	720	0	180	360	540	600
1.5 saat çalış	1080	1170	1290	1530	1530	1080	1290	1440	1530	1560
	1080	900	810	720	720	0	300	600	810	960
1 saat çalış	1080	1320	1470	1560	1680	1080	1320	1470	1560	1680
	1080	900	750	660	660	0	480	630	900	1020
0.5 saat çalış	1080	1290	1560	1710	1980	1080	1290	1560	1710	1980
	1080	660	540	450	420	0	630	1020	1260	1560

Çizelge 4.2 Periyodik Kurutmaların 1 m/s Kurutucu Hava Hızına (V_{firin}) Bağlı Olarak Son Zamanların Karşılaştırılması

V_{firin} 1 m/s	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle
2 saat çalış	1170 1170	1230 960	1380 960	1530 840	1560 840	1170 0	1230 270	1380 420	1530 690	1560 720
1.5 saat çalış	1170 1170	1170 900	1290 810	1350 720	1530 720	1170 0	1170 270	1290 480	1350 630	1530 810
1 saat çalış	1170 1170	1230 840	1620 840	2010 780	2040 780	1170 0	1230 390	1620 780	2010 1230	2040 1260
0.5 saat çalış	1170 1170	1290 720	1740 600	1950 510	2130 450	1170 0	1290 570	1740 1140	1950 1440	2130 1680

Çizelge 4.3 Periyodik Kurutmaların 0.5 m/s Kurutucu Hava Hızına (V_{firin}) Bağlı Olarak Son Zamanların Karşılaştırılması

V_{firin} 0.5 m/s	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle	Sürekli çalış	0.5 saat bekle	1 saat bekle	1.5 saat bekle	2 saat bekle
2 saat çalış	1200 1200	1320 1080	1560 1080	1590 960	1770 960	1200 0	1320 240	1560 480	1590 630	1770 810
1.5 saat çalış	1200 1200	1290 990	1440 900	1530 810	1560 810	1200 0	1290 300	1440 540	1530 720	1560 750
1 saat çalış	1200 1200	1410 960	1740 900	2010 840	2040 840	1200 0	1410 450	1740 840	2010 1170	2040 1200
0.5 saat çalış	1200 1200	1410 720	1830 630	2070 510	2200 450	1200 0	1410 690	1830 1200	2070 1560	2200 1750

	Sürekli çalış	0,5 saat bekle	1 saat bekle	1,5 saat bekle	2 saat bekle	Sürekli çalış	0,5 saat bekle	1 saat bekle	1,5 saat bekle	2 saat bekle
2 saat çalış	1170	1230	1380	1530	1560	1170	1230	1380	1530	1560
	1170	960	960	840	840	0	270	420	690	720

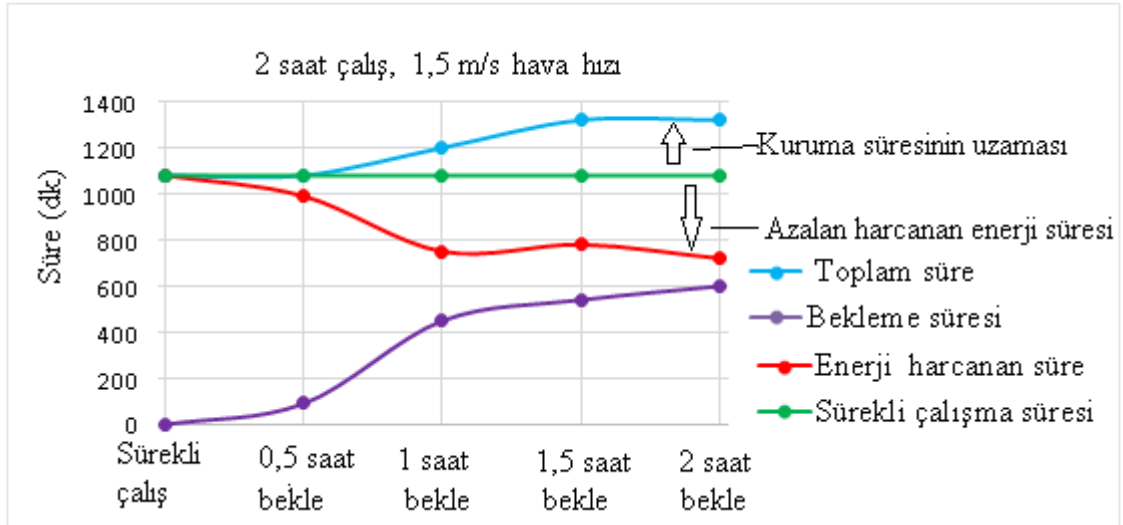
Enerji harcanan süre
Toplam kurutma süresi
Enerji harcanmayan (bekleme) süre

Şekil 4.30 Periyodik Kurutma Son Zaman Karşılaştırma Tablolarının Kullanım Şekli

Kurutma periyodlarına göre son kuruma sürelerini veren Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 'ün kullanımı Şekil 4.30'de verilmiştir. Yeşil renk ile verilen toplam harcanan kurutma süresini, mavi renk ile verilen kuruma esnasında enerji harcamadan

beklenen süreyi ve kırmızı renk ile verilen kurutma enerji harcanan süreyi vermektedir. 1.0 m/s kurutucu hava hızında sürekli kurutma yaparsak 1170 dakika da fındık kurutulurken, aynı kurutucu hava hızında fırının iki saat çalışma periyodunda 0.5 saat bekleme durumunda fındık 1230 dakika da kururken 960 dakika enerji harcanmış, 270 dakika enerji harcanmadan beklenilmiştir. Bu durumda kurutma süresi 60 dakika uzarken, 210 dakika daha az (%18) enerji harcanarak kuruma işlemi gerçekleştirilmiştir olmaktadır.

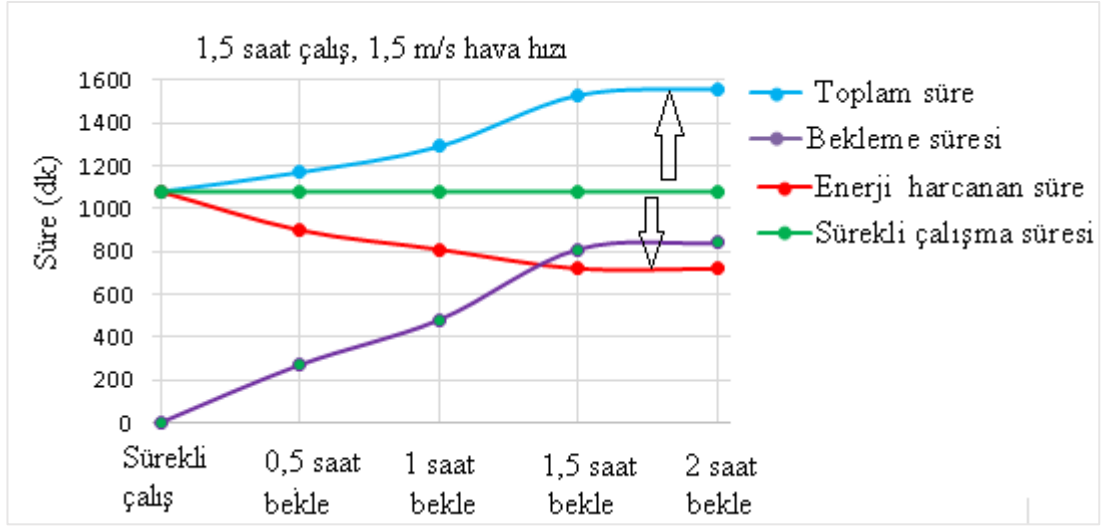
Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 2 saat fırında bekleme süresinin boş bekleme sürelerine bağlı olarak fındığın kuruma zamanı Şekil 4.31 'de verilmiştir. Fındığın toplam kuruma zamanını, harcanan enerji süresi ve enerji harcamadan geçen bekleme süreleri karşılaştırılmalı olarak grafik olarak da verilebilir. 2 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %13 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %33.3 kısalmaktadır.



Şekil 4.31 Kurutucu Hava Hızı 1.5 m/s ve 2 Saat Çalış Şartında Boşa Bekleme Sürelerine Bağlı Olarak Fındığın Kuruma Süreleri

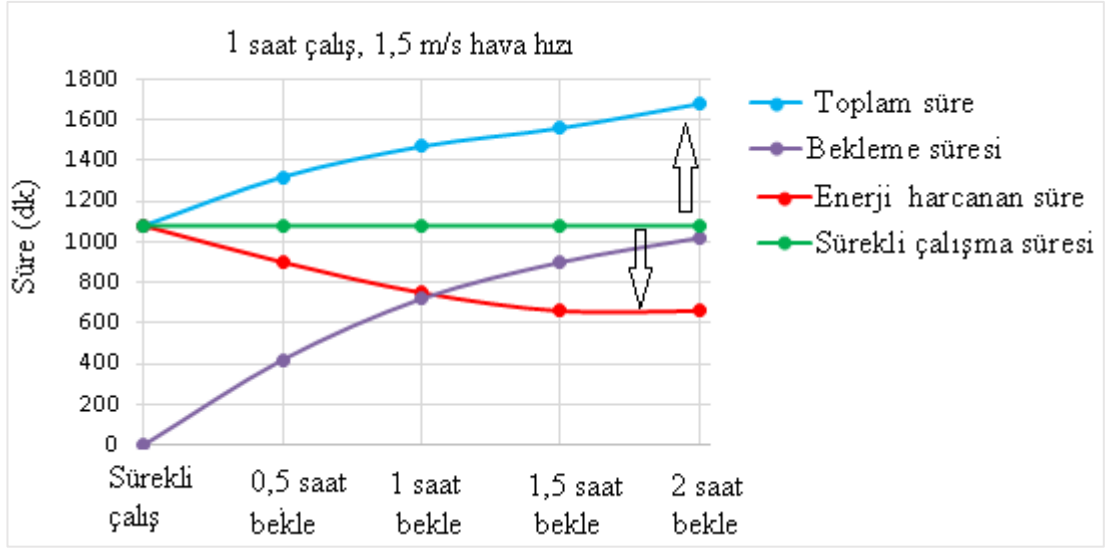
Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 1.5 saat fırında bekleme süresinin boş bekleme sürelerine bağlı olarak fındığın kuruma zamanı Şekil 4.32 'de verilmiştir. Fındığın toplam kuruma zamanını, harcanan enerji süresi ve enerji harcamadan geçen bekleme süreleri karşılaştırılmalı olarak grafik olarak da verilebilir. 1.5 saat çalış 0.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %8.3 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %16.6 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %19.4

artarken, kuruma için enerji harcanan süre %25 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 1.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %41.6 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %33,3 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %44.4 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %33.3 kısalmaktadır.



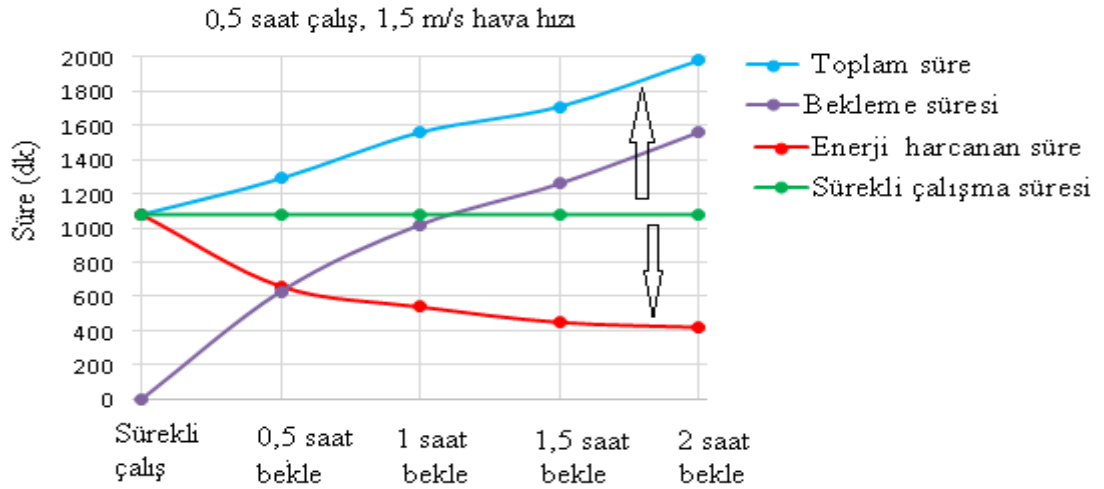
Şekil 4.32 Kurutucu Hava Hızı 1.5 m/s ve 1.5 Saat Çalış Şartında Boşa Bekleme Sürelerine Bağlı Olarak Fındığın Kuruma Süreleri

Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 1 saat fırında bekleme süresinin boşa bekleme sürelerine bağlı olarak fındığın kuruma zamanı Şekil 4.33 'de verilmiştir. Fındığın toplam kuruma zamanını, harcanan enerji süresi ve enerji harcamadan geçen bekleme süreleri karşılaştırılmalı olarak grafik olarak da verilebilir. 1.5 saat çalış 0.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %22.2 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %16.6 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %36.1 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %33.3 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 1.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %44.4 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %38.8 kısalmaktadır. 1.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %55.5 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %38.8 kısalmaktadır.



Şekil 4.33 Kurutucu Hava Hızı 1.5 m/s ve 1 Saat Çalış Şartında Boşa Bekleme Sürelerine Bağlı Olarak Fındığın Kuruma Süreleri

Kurutucu hava hızı 1.5 m/s ve 0.5 saat fırında bekleme süresinin boşa bekleme sürelerine bağlı olarak fındığın kuruma zamanı Şekil 4.34 'de verilmiştir. Fındığın toplam kuruma zamanını, harcanan enerji süresi ve enerji harcamadan geçen bekleme süreleri karşılaştırılmalı olarak grafik olarak da verilebilir. 0.5 saat çalış 0.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %19.4 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %38.8 kısalmaktadır. 0.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %44.4 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %50 kısalmaktadır. 0.5 saat çalış 1.5 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %58.3 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %58.3 kısalmaktadır. 0.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında toplam fındığın kuruma süresi sürekli çalışmaya göre %83.3 artarken, kuruma için enerji harcanan süre %61.1 kısalmaktadır.



Şekil 4.34 Kurutucu Hava Hızı 1.5 m/s ve 0.5 Saat Çalış Şartında Boşa Bekleme Sürelerine Bağlı Olarak Fındığın Kuruma Süreleri

4.4 Gıda Analizleri

Çizelge 4.4’de kuruma şartlarına bağlı fındığın yağ oranları verilmiş olup, en düşük yağ oranı 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartlarında %61.46 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yağ oranı %67.71 ile 1 saat çalış 0.5 saat bekle kurutma şartlarında olup, yağ oranındaki artış %10.33 olarak gerçekleşmiştir. Güneş kurutma ve sürekli kurutmada bu derler diğer periyodik kurutmalara benzer değerler almıştır.

Fındığın kurutma şartlarına bağlı olarak % protein oranları Çizelge 4.5 ‘de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi sürekli çalışma şartlarında (kontrol numunesi) % protein oranı en düşük olup %14.2’dir. Doğal kurutma şartı olan güneşte kurutmada % protein oranı %17.2 olup, sürekli kurutmada güneşte kurutmaya göre %protein oranındaki azalma %21.1 olarak gerçekleşmiştir. Periyodik kurutma şartlarının tamamına göre sürekli kurutma (kontrol numunesi) karşılaştırıldığında, sürekli kurutmada %protein oranında azalma görülmüştür. Kontrol numunesindeki % protein azalması minimum 2 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartlarında %4.2 iken, en fazla azalış 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartlarında %25.3 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.4 Kuruma Periyodlarına Bağlı Fındığın % Yağ Oranları

Çalışma - Bekleme Süreleri	%Yağ Oranı
0.5 saat çalış 0.5 saat bekle	65.72
0.5 saat çalış 1 saat bekle	64.68
0.5 saat çalış 1.5 saat bekle	64.70
0.5 saat çalış 2 saat bekle	65.98
1 saat çalış 0.5 saat bekle	67.71
1 saat çalış 1 saat bekle	64.80
1 saat çalış 1.5 saat bekle	63.02
1 saat çalış 2 saat bekle	65.84
1.5 saat çalış 0.5 saat bekle	65.18
1.5 saat çalış 1 saat bekle	61.46
1.5 saat çalış 1.5 saat bekle	67.25
1.5 saat çalış 2 saat bekle	64.39
2 saat çalış 0.5 saat bekle	65.49
2 saat çalış 1 saat bekle	63.92
2 saat çalış 1.5 saat bekle	62.89
2 saat çalış 2 saat bekle	66.93
Sürekli Çalışma	65.38
Güneş kurutma	62.48

Çizelge 4.5 Kurutma Şartlarına Bağlı Olarak Fındığın Protein Miktarı

Kurutma Şartları	% Protein
Sürekli Çalışma	14.2
0.5 saat çalış 0.5 saat bekle	15.1
1 saat çalış 0.5 saat bekle	15.8
1.5 saat çalış 0.5 saat bekle	15.5
2 saat çalış 0.5 saat bekle	16.6
0.5 saat çalış 1 saat bekle	16.2
1 saat çalış 1 saat bekle	17.3
1.5 saat çalış 1 saat bekle	17.8
2 saat çalış 1 saat bekle	16,1
0.5 saat çalış 1.5 saat bekle	16
1 saat çalış 1.5 saat bekle	15.4
1.5 saat çalış 1.5 saat bekle	15.9
2 saat çalış 1.5 saat bekle	16.7
0.5 saat çalış 2 saat bekle	15.8
1 saat çalış 2 saat bekle	16.7
1.5 saat çalış 2 saat bekle	15.2
2 saat çalış 2 saat bekle	14.8
Güneş kurutma	17.2

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ø15-16 mm boyut aralığında zurufundan ayıklanmış tombul fındık için yapılan bu periyodik fındık kurutma deneysel çalışmasından özet olarak aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır;

1. Kurutucu hava hızı 1.5 m/s için en az enerji sarfıyatı 0.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında sürekli çalışmaya göre %61.1 kısıılırken, kurutma için harcanan süre %83.3 artmıştır.
2. Kurutucu hava hızı 1.0 m/s için en az enerji sarfıyatı 0.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında sürekli çalışmaya göre %61.5 kısıılırken, kurutma için harcanan süre %82 artmıştır.
3. Kurutucu hava hızı 0.5 m/s için en az enerji sarfıyatı beklenildiği gibi 0.5 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartında sürekli çalışmaya göre %62.5 kısıılırken, kurutma için harcanan süre %83 artmıştır.
4. Kurutma makinasının optimum kullanılması şartını sağlayan periyodik kurutma 0.5 saat çalış 0.5 saat bekle olup, zamansal olarak sürekli çalışmaya göre harcanan enerji %61.1 azılırken, kurutma için kullanılan süre %19 artmıştır.
5. Kurutucu hava hızının artması beklenildiği gibi kuruma süresini kısaltmaktadır. Ancak bu artış kurutma periyodlarına göre farklılıklar göstermektedir. Kurutucu hava hızının kurutma süresi üzerine etkisi beklenildiği gibi fındığın fırında kalma süresi arttıkça artmaktadır. 2 saat çalış şartlarında 1.5 m/s hava hızına göre kurutma süresi 1 m/s 'de %18.5, 0.5 m/s'de %34.1 artmaktadır.
6. Periyodik kurutma şartlarının tamamına göre sürekli kurutama (kontrol numunesi) karşılaştırıldığında, sürekli kurutmada %protein oranında azalma görülmüştür. Kontrol numunesindeki %protein azalması minimum 2 saat çalış 2 saat bekle kurutma şartlarında %4.2 iken, en fazla azalış 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartlarında %25.3 olarak gerçekleşmiştir.
7. Fındığın yağ en düşük yağ oranı 1.5 saat çalış 1 saat bekle kurutma şartlarında %61.46 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek yağ oranı %67.71 ile 1 saat çalış 0.5 saat bekle kurutma şartlarında olup, yağ oranındaki artış %10.33 olarak gerçekleşmiştir.

Sürekli kurutmadaki yağ oranı periyodik kurutma değerlerine benzerdir. Periyodik kurutmanın yağ oranına kontrol numunesine göre belirgin bir etkisi olmamıştır.

8. Periyodik kurutma şartlarının tamamında beklenildiği gibi kurutmada harcanan enerji azalmıştır. Buna mukabil toplam kurutma süreleri artmıştır. Kurutma işi yapan işletme ve çiftçiler işletmenin kurutma kapasitelerine bağlı olarak çizelgelerden en uygun kurutma modelini seçebilirler.

Öneriler;

1. Bu çalışmada bekleme sırasında fındık üzerinden hava hareketine izin verilmemiştir. Bekleme sırasında havayı ısıtmadan sadece fanın harcayacağı enerji hesaplanarak farklı bekleme hava hızlarının kuruma süresi ve enerji kazanımına etkileri araştırılmalıdır.
2. Farklı bekleme hava hızlarının gıda özelliklerine etkileri araştırılmalıdır.
3. Bu çalışmada bekleme sırasında fındık fırından daha düşük sıcaklıktaki çevre ortamında bekletilmiştir. Bekletme işlemi fırın içerisinde olduğu durum için kuruma süreleri belirlenmelidir.
4. Yapılan çalışma boyunca fındık tek sıra tepsiye dizilmiş ve üzerinden kütle transfer akışkanı geçirilmiştir. Bu çalışma gerçek kurutma şartlarında fındık sergi kalınlıkları (40 mm, 75 mm, 100 mm, vb.) artırılarak yapılmalıdır.
5. Farklı fındık türlerinde ve boyutlarında yapılan bu çalışma ve önerilen çalışmalar yapılmalıdır.
6. Fındık çeşidi ve sergi kalınlığına bağlı olarak periyodik kurutmanın zuluflu fındığın kuruma davranışına etkileri ortaya konulmalıdır.
7. Hava hızının artması kuruma süresini kısaltsa da kurutucu havayı ısıtmak ve fanın gücünü artırmaktan kaynaklanan harcanan enerji artacağından kurutma sistemini çalıştıracakların enerji maliyetlerini hesaplamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, (2010). Fındık tarımı. <https://www.fiskobirlikefit.com/findikdetay/findik-nedir.html> -(Erişim tarihi: 01.06.2020).
- Anonim, (2018a). Gıda Olarak Fındığın Değeri. <https://kriterdergi.com/ekonomi/turkiyenin-findik-ekonomisi> -(Erişim tarihi: 21.01.2018).
- Anonim, (2018b). Gıda Olarak Fındığın Değeri. <https://kriterdergi.com/ekonomi/turkiyenin-findik-ekonomisi> -(Erişim tarihi: 21.01.2018).
- Anonim, (2018c). Gıda Olarak Fındığın Değeri. <https://kriterdergi.com/ekonomi/turkiyenin-findik-ekonomisi> -(Erişim tarihi: 21.01.2018).
- Anonim, (2018d). Gıda Olarak Fındığın Değeri. <https://kriterdergi.com/ekonomi/turkiyenin-findik-ekonomisi> -(Erişim tarihi: 21.01.2018).
- Anonim, (2018e). Fındık Kurutucular http://adakurutma.com.tr/urun_findik_kurutucular.html-(Erişim tarihi: 17.03.2018).
- Anonim, (2018f). Fındık Kurutucular. http://adakurutma.com.tr/urun_findik_kurutucular.html- (Erişim tarihi: 17.03.2018).
- Anonim, (2018g). Fındık Kurutucular. http://adakurutma.com.tr/urun_findik_kurutucular.html- (Erişim tarihi: 17.03.2018).
- Anonim, (2020b). Türkiye'nin Fındık Ekonomisi. <https://kriterdergi.com/ekonomi/turkiyenin-findik-ekonomisi> -(Erişim tarihi: 01.06.2020).
- Anonim, (2021a) <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tarim-sektoru-2021-yilini-rekor-ihracatla-tamamladi> (Erişimtarihi: 13.03.2022).
- Anonim, (2021b). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- Anonim, (2021c). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- Anonim, (2021d). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- Anonim, (2021e). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- Anonim, (2021f). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- Anonim, (2021g). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/>- (Erişimtarihi:11.01.2021).
- 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*, 7(2), 266-274.

- 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.
- Aktaş, M. & Hatırlı, SA. (2008). Fındık piyasasında fiyat geçirgenliğinin analizi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 139–143.
- Ayfer, M., Uzun, A. & Baş, F. (1986). Türk fındık çeşitleri, Karadeniz Fındık İhracatçıları Birliği, Ankara. 2(2), 77-93.
- Barbosa, CH., Gongora, NM. & Vega, MG. (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49(2), 271-289.
- Çetin, M. (1994). Fındığın dönel silindirde kurutulmasının teorik ve deneysel olarak incelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- 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. & Eobaldo, F. (2018). Kinetic modeling of hazelnut drying: Effects of different cultivars and drying parameters. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), 683-689.
- Gürel, AE., Ceylan, İ. & Aktaş, M. (2016). Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi. Gazi University Journal of Science Part C: *Design and Technology*, 4(4), 267–273.
- Gürlek, G., Akdemir, Ö. & Güngör, A. (2015). Gıda kurutulmasında ısı pompalı kurutucuların kullanımı ve elma kurutmada uygulanması. *Pamukkale Univ Muh Bilim Dergisi*, 21(9), 398-403.
- Hacıbrahimoğlu, A. (1992) Fındığın ekonomik analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Karabay, H. (1991). Fındık kurutma. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Kandemir, L. (2019). Led teknolojisi ile fındık kurutma. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Kaya, A. (2008). Kurutmada ısı ve kütle transferinin teorik ve deneysel olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş, C. (2018). Basınçlı hava kullanılan infrared ısıtıcılı kurutucuda kabuklu fındık kurutulması. Doktora Tezi Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keleş, C., Saçılık, K. (2017) *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci* 32 197-205.

- Kirca, L. & Bak, T., (2008). Atık bitkisel yağların insan sağlığına etkileri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Malekjani, N., Emam, D.Z., Hashemabadi, SH. & Askari, GR. (2017). Modeling thin layer drying kinetics, moisture diffusivity and activation energy of hazelnuts during microwave-convective drying. *International Journal of Food Engineering*, 14(2),181-183.
- Martinez, NN. & Chdralt, A. (1999) Water diffusivity and mechanical changes during hazelnut hydration,*Food Research International* 32(1), 447-452.
- Olgun, H. & Rzaev, P. (2000). Fındığın üç farklı sistemde güneş enerjisi ile kurutulması. *Tr J Engin Environ Sci*, Tübitak, 24(2), 1-14.
- Öcal, G. & Yurtakul, B. (2020). Güneş enerjili kurutucu tasarımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Taner, YA. (2020). Tarım makinaları bilimi dergisi Türkiye’ de fındık tarımında hasat - harman mekanizasyonu. *harvesting-husking mechanization of hazelnut agriculture in Turkey*,16 (1),14-21.
- 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.
- Topuz, A., Gür, M. & Gül, M. (2004). An experimental and numerical study of fluidized bed drying of hazelnuts. *Applied Thermal Engineering*, 24(6), 1535-1547.
- Yildiz, Z. & Gökayaz, L. (2020). Çok raflı güneş enerjili kurutucuda elmanın kuruma davranışının incelenmesi. *Effect of process conditions on apple drying with solar multi-tray*,15(1),34-42.

EKLER



EK 1: Nem ve Sıcaklık Tespitinde Kullanılan Cihazlar

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Emrullah KONTAŞ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Yozgat Bozok Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	17.06.2016
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Programı	
Mezuniyet Tarihi	