

**KUTU TİPİNDE GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TASARIMI
VE TEST EDİLMESİ**

DESIGN AND TESTING OF SOLAR BOX COOKER

EMİRE EMEL DİLAVER

PROF. DR. AYNUR ERAY

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak

hazırlanmıştır.

2014

EMİRE EMEL DİLAVER' in hazırladığı “Kutu Tipinde Güneş Enerjili Fırınlarmn Tasarımı ve Test Edilmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından TEMİZ TÜKENMEZ ENERJİLER ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Necdet Baştürk

Başkan




Prof. Dr. Aynur ERAY

Danışman



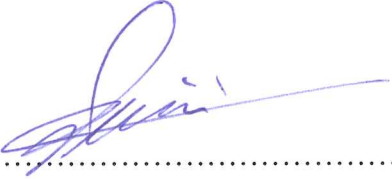
Prof. Dr. Tülay DURUSOY

Üye



Prof. Dr. Dilek Sivri ÖZAY

Üye



Yrd. Doç. Dr. Akın BACIOĞLU

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Fatma Sevin DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Sevgili Babam, Annem ve Abime...

*"Bilmek yeterli değildir. Uygulamalıyız. İsteklilik yeterli değildir.
Yapmalıyız." **Goethe***

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normalara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../06/2014

EMİRE EMEL DİLAVER

ÖZET

KUTU TİPİNDE GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TASARIMI VE TEST EDİLMESİ

Emire Emel DİLAVER

Yüksek Lisans, Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aynur ERAY

Haziran 2014, 114 sayfa

Dünya genelinde karbon emisyonlarının azaltılması amacıyla, fosil yakıtlara yönelik güçlü enerji bağımlılığının devam etmesi yerine sürdürülebilir temiz kaynakları teşvik etmek ve desteklemek öncelikli bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda bu amaca ulaşabilmek için en iyi seçenek yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmaktır. Tüm dünyada insanlar küresel iklim değişikliğinin yarattığı olumsuz etkilerden endişe duymakta ve bu durumun sonucu olarak toplumsal baskı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının kaçınılmaz olmasını tetiklemektedir.

Gıdaların pişirilmesi için harcanan enerji, dünya genelinde sürdürülebilir enerji yönetiminde önemli bir paya sahiptir. Bu çalışmada, yaşamın devam ettirilmesinde hemen hemen her gün gerçekleştirdiğimiz gıdaların pişirilmesi için kullanılagelen ve büyük miktarlarda tüketilen diğer enerji kaynakları yerine güneş enerjisinin kullanılabilirliği araştırılmış, güneş enerjili fırınların yaygınlaştırılması ve bilinçli kullanılması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında dört adet kutu tipinde güneş enerjili pişirici yapılarak incelenmiştir. Birinci grupta 2011 yılında yapılan klasik tipte, her ikisi de aynı boyutlara sahip pişiriciler test edilmiştir. Bu grupta yer alan bu çalışmadaki amaç “Kutu tipindeki

güneş enerjili fırınlarda hangi yiyecekler pişebilir?”, “Ne kadar sürede pişerler?” sorularına yanıt aramak için yapılmıştır. İkinci grup çalışmada ise, 2012 yılında özgün özelliklere sahip iki pişirici tasarlanmış, yaptırılmış ve test edilmiştir. Daha önce dünya genelinde karşılaşılmamış olan eliptik silindir tasarım ile aynı hacim ($\approx 44339 \text{ cm}^3$) ve aynı kollektör alanına ($\approx 1847.5 \text{ cm}^2$) sahip olacak şekilde tasarlanan iki güneş enerjili pişiricinin, kıyaslanabilmesi için verim deneyleri yapılmıştır. Deneyler Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı -Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Yeni Enerji Kaynakları Araştırma Alanı'nda gerçekleştirilmiştir. Eliptik silindir güneş enerjili pişirici tasarımı, TÜRK PATENT ENSTİTÜSÜ, Patent Siciline 02/04/2013 gün ve 2013/03994 sayı ile kayıt edilmiştir.

İkinci grupta yer alan çalışmalar 1. gruptaki deneyimlenen çalışmaların sonrasında geliştirilmiştir. İlk gruptaki fırınların iç yüzeyleri, birinde mat siyah boya ile boyanmış diğerinde ise alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Boyutları (25,5x61x71) cm ebatlarında olan fırınlardan içi alüminyum folyo ile kaplı olanı Nisan 2011 - Ağustos 2011 ayları arasında toplam beş ay boyunca denenmiştir. İçerisi mat siyah boya ile boyanmış olan fırın ise Temmuz 2011 ve Ağustos 2011 aylarında diğer fırınla eş zamanlı olarak denenmiştir. Deneyler süresince günlük hava sıcaklığı, fırınların içerisindeki hava sıcaklıkları, bazı tarihlerde de fırının içerisinde muhtelif kısımlarda sıcaklık değerleri ölçülmüş ve pişirilen yiyeceklerin ne kadar sürede piştikleri saptanmıştır. Deneysel çalışmalar, Ağrı Gürkaynak Askeri Tesisleri ve Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerleşkesi Yeni ve Temiz Enerji Araştırma - Uygulama Merkezi Güneş Evi Bahçesi'nde yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, Güneş enerjili pişiriciler, Kutu tipinde güneş enerjili fırınlar, Güneş fırınları.

ABSTRACT

DESIGN AND TESTING OF SOLAR BOX COOKER

Emire Emel Dilaver

Master of Science, Department of Clean Energy

Supervisor: Prof. Dr. Aynur ERAY

June 2014, 114 Pages

In order to reduce carbon emissions all around the globe, instead of strong energy dependence on fossil fuels continuing to promote and support sustainable clean sources has become a priority issue. In this context, the best option to achieve this goal is to benefit from renewable energy sources. People concerned about negative effects of global climate change and to use of renewable energy sources is inevitable societal pressure is triggered all around the World. Energy consumption during cooking has an important role in sustainable energy management in the World.

The objective of this study is to promote the use of solar cookers. Work is planned to be used of solar ovens to cook different types of foods more widely and consciously. In this study, four box-type solar cookers were tested between the years 2011-2013. The first group of classical type ovens have the same dimensions. In this group, it was tried to test which foods can be cooked in the box-type solar ovens.

The second group of this study, two cookers with original features was designed and tested in 2012. Elliptical cylinder design and cylinder design has the same volume ($\approx 44,339 \text{ cm}^3$), and the same collector area ($\approx 1847,5 \text{ cm}^2$). Efficiency tests were carried out to compare the ovens at General Directorate of Renewable Energy in “New Energy Recourses Research Area”. Patent registration of elliptic cylindrical solar cooker design were recorded with a 2013/03994 number on 04/02/2013.

The second set work was developed after the first group work. One of the inner walls of ovens covered with shiny aluminium foil, and the other’s inner surface is painted with matt black paint of the first group ovens. Both of them have the same dimensions (25,5x61x71

cm). Several outdoor experiments were performed on two solar cookers in order to decide which one is better. In 2011, many foods cooked in Ankara, Didim and Ağrı cities of Turkey and temperature&time charts were drawn. During the tests, daily air temperature, air temperature, various portions of the ovens was measured at some dates. Experimental studies of “First Group Work” was made in Ağrı Gürkaynak Military Facilities and in Hacettepe University Beytepe Campus New and Clean Energy Research - Application Center Solar House in the Garden.

Key words: Solar Energy, Solar cookers, Box type solar ovens, solar ovens.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleşmesi sırasında çalışmalarımda özgür bir şekilde ilerlememi sağlayan, teknik ve manevi desteğini esirgemeyen, titiz bir şekilde çalışmalarıma yön veren tez danışmanı Sayın Hocam Prof. Dr. Aynur ERAY' a,

Tez konusunun seçiminden itibaren beni yüreklendiren, çalışmalarımda ilerlememi sağlayan, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. İ. Demir İNAN' a,

Bilimsel araştırma yöntemleri için verdiği tavsiyeler ve motivasyon nedeniyle Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Merih Aydınalp KÖKSAL'a

Tez çalışmalarım boyunca sağlanan çalışma ortamı, tanınmış olan zaman ve hoşgörüsü için Yenilenebilir Enerji Dairesi Başkanı Sayın Sebahattin ÖZ'e ve mesai arkadaşlarıma,

Manevi desteği için sevgili arkadaşım Temiz Tükenmez Enerjiler Ana Bilim Dalı Araştırma Görevlisi Gülin Acarol Zılanlı'ya,

Özgür bir çalışma süreci geçirmemi sağlayan, çalışmalarımda maddi ve manevi destekleri, anlayışları, sabırları ve koşulsuz sevgileri için sevgili annem, babam, ağabeyime ve verdiği öneri, destek ve sevgisi için Bülent'e,

sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

1	GİRİŞ	1
2	GENEL BİLGİLER	7
2.1	Isı Aktarımı ve Gıdaları Pişirme İşlemi.....	7
2.2	Güneş Enerjisiyle Yemek Pişirme İşlemi	10
2.3	Güneş Enerjili Pişiriciler	11
2.3.1	Kutu tipi güneş enerjili pişiriciler.....	14
2.3.2	Odaklamalı Güneş Enerjili Pişiriciler.....	24
2.4	Güneş Enerjili Fırınlara Tasarımına ve Test Edilmesine Yönelik Yaklaşımlar.....	28
3	DENEYSEL KESİM	41
3.1	DENEYLERDE KULLANILAN GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TASARIMI.....	42
3.1.1	Dikdörtgen Ahşap Güneş Enerjili Fırınlara.....	42
3.1.2	Eliptik Silindir ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlara	45
3.2	GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TEST EDİLMESİ.....	52
3.2.1	Dikdörtgen Tahta Güneş Enerjili Fırınlara Testi.....	52
3.2.2	Ahşap dikdörtgen, Eliptik Silindir ve Silindir Fırınlara Testi.....	67
3.3	GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	70
3.3.1	Eliptik Silindir ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlara Karşılaştırılması.....	72
3.3.2	Dikdörtgen Ahşap ve Eliptik Silindir Güneş Enerjili Fırınlara Karşılaştırılması	75
3.3.3	Silindir ve Ahşap Dikdörtgen Güneş Enerjili Fırınlara Karşılaştırılması	78
4	SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER	83
	EKLER	95
EK 1	GEF-1 Kullanılarak Nisan-Ağustos 2011 Tarihleri Arasında Ağrı'da Yapılan Pişirme Testi Deneylerinin Gözlemleri	95
EK 2	GEF-2 Kullanılarak Temmuz-Ağustos 2011 Tarihleri Arasında Ağrı'da Yapılan Pişirme Testi Deneylerinin Gözlemleri	102
EK 3	Güneş Enerjili Fırında Pişirilen Bazı Gıdaların Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	107
EK 4	Eliptik Silindir Ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlara Test Edilmesinde Kullanılan Deney Düzenegi	110

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 : Yaygın Pişirme Yöntemleri Ve Isı Aktarımına Katkı Düzeyleri [27].	9
Çizelge 2.2 : Malzeme Özellikleri	21
Çizelge 2.3 : Kutu Tipinde Güneş Enerjili Pişirciler İçin Isıl Performans Parametreleri Ve Değer Aralıkları	35
Çizelge 3.1 : Klasik Türde Kutu Tipindeki Ahşap İki Güneş Enerjili Fırınlaraın Özellikleri	44
Çizelge 3.2 : Eliptik Silindir Ve Silindir Fırınlaraın Özellikleri	46
Çizelge 3.3 : Şekil 3.4 -3.7'de Kullanılan Parça Numaralandırmalarının Açıklamaları	48
Çizelge 3.4 : Seramik Yününün Yoğunluğuna Bağlı Olarak Isıl İletim Katsayıları	50
Çizelge 3.5 : 65. Kg/M3 Yoğunluğaa Göre Cam Yününün Isıl İletim Katsayıları	51
Çizelge 3.6 : Bazı Gıdaların Pişmesi Sirasında, Yalıtımlı Ahşap Dikdörtgen Fırınlarda Ulaşılan En Yüksek İç Hava Sıcaklıkları Ve Pişme Süreleri	54
Çizelge 3.7 : 14 Ağustos Tarihinde Alınan Veriler	64
Çizelge 3.8 : Farklı Günlerde Ölçülen, Güneş Işınımı, Eliptik Silindir Ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlarda İç Hava Sıcaklığı Ve Taban Sıcaklığı Değerleri	68
Çizelge 3.9 : 11 Ekim 2013 Tarihinde Test Süresince Kaydedilen En Yüksek, En Düşük Ve Ortalama Rüzgar Hızı, Dış Hava Sıcaklığı Ve Güneş Işınımı Şiddeti Değerleri	69
Çizelge 3.10 : Gef-2, Gef-3 Ve Gef-4 İçin Değişik Su Miktarları Kullanılarak Hesaplanan Verim(η) Değerleri, Karakteristik(T_c) Ve Spesifik (T_s) Kaynama Süreleri	71
Çizelge 3.11 : Güneş Enerjili Fırınlaraın Karşılaştırılması	81
Çizelge 3.12 : Su Kaynama Testi Yapılırken Farklı Günlerde Ölçülen, Eliptik Silindir Ve Silindir Ve Ahşap Dikdörtgen Güneş Enerjili Fırınlarda Taban Sıcaklığı Değerleri Ve Güneş Işınımı Değerleri	82
Çizelge Ek 1.1 : Patates İçin Alınan Veriler	95
Çizelge Ek 1.2 : Patlıcan İçin Alınan Veriler	96
Çizelge Ek 1.3 : Kırmızı Biber* İçin Alınan Veriler	96
Çizelge Ek 1.4 : Yeşil Biber* İçin Alınan Veriler	96
Çizelge Ek 1.5 : Kabak İçin Alınan Veriler	97
Çizelge Ek 1.6 : Taze Fasulye İçin Alınan Veriler	97
Çizelge Ek 1.7 : Yumurta İçin Alınan Veriler	97
Çizelge Ek 1.8 : Lahmacun* İçin Alınan Veriler	98
Çizelge Ek 1.9 : Kurabiye Ve Baklava İçin Alınan Veriler	98
Çizelge Ek 1.10 :Kek İçin Alınan Veriler	98
Çizelge Ek 1.11 : Pizza İçin Alınan Veriler	99
Çizelge Ek 1.12 : Ekmekler Ve Poğaçalar İçin Alınan Veriler	99
Çizelge Ek 2.1 : Patates İçin Alınan Veriler	102
Çizelge Ek 2.2 : Patlıcan İçin Alınan Veriler	102
Çizelge Ek 2.3 : Kırmızı Biber İçin Alınan Veriler	103
Çizelge Ek 2.4 : Yeşil Biber İçin Alınan Veriler	103
Çizelge Ek 2.5 :Kabak İçin Alınan Veriler	103
Çizelge Ek 2.6 :Taze Fasulye İçin Alınan Veriler	103
Çizelge Ek 2.7 : Yumurta İçin Alınan Veriler	103
Çizelge Ek 2.8 : Lahmacun İçin Alınan Veriler	104
Çizelge Ek 2.9 : Kurabiye Ve Baklava İçin Alınan Veriler	104
Çizelge Ek 2.10 : Kek İçin Alınan Veriler	104
Çizelge Ek 2.11 : Pizza İçin Alınan Veriler	105
Çizelge Ek 2.12 : Ekmekler Ve Poğaçalar İçin Alınan Veriler	105

Çizelge Ek 4.1 : Kullanılan Veri Ölçüm Cihazları Ve Özellikleri.....	110
---	------------

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. H. Ü. Güneş Evi Bahçesinde Düzenlenen " Güneş Enerjisi İle Yemek Pişirme Şenliği"Nden Görüntüler (18-22 Haziran 2007).....	5
Şekil 2.1 : Çeşitli Pişirme Teknikleri Kullanıldığında Isı Aktarımının Oranı Ve En Yüksek Sıcaklığın Nitel Olarak Karşılaştırılması [27].....	10
Şekil 2.2 : Belirli Sıcaklıklarda Bir Güneş Enerjili Pişiricinin İşlevleri	11
Şekil 2.3 : A)Düzlemsel Kollektörlü B) Parabolik Yansıtıcı Dolaylı Pişirici.....	13
Şekil 2.4 : Nahar Tarafından Tasarlanan Fırının Yandan Kesit Görünüşü (Boyutlar Mm Cinsinden Verilmiştir.) [35].....	13
Şekil 2.5 : Klasik Kutu Tipinde Bir Güneş Fırınının Kesit Görüntüsü.	15
Şekil 2.6 : . A) Yansıtıcısız Kutu Tipinde Gef [43] B) Tek Yansıtıcı Kutu Tipinde Gef [44] C) İki Yansıtıcı Kutu Tipinde Gef [45] D) Dört Yansıtıcı Kutu Tipinde Gef [46].	15
Şekil 2.7 : Negi Ve Prohit Tarafından Tasarlanan Kutu Tipinde Gef	17
Şekil 2.8. Kanatlı Soğurucu Tabaka [60].	18
Şekil 2.9 : A) Klasik Tencere B)Kanatçıklar Eklenmiş Tencere	19
Şekil 2.10: A) Normal Pişirme Kabı B)Modifiye Edilmiş Pişirme Kabı	20
Şekil 2.11: El Sebai Ve İbrahim'in Tasarladığı Gef'in Şematik Gösterimi	22
Şekil 2.12 : Kumar Ve Arkadaşlarının Tasarladığı Kesik Piramit Şeklindeki Gef.....	22
Şekil 2.13 : Wareham Tarafından Tasarlanan Gef	23
Şekil 2.14 : El-Tous Ve Arkadaşlarının Tasarladığı İzleme Sistemine Sahip Pişirici	24
Şekil 2.15: A)Panel Pişirici B)Konik Pişirici	25
Şekil 2.16: A) Küre Biçiminde Yansıtıcı Pişirici B)Yoğunlaştırıcı Pişirici (Philippine) C) Paraboloidal Ocak (German) D) Fresnel Yoğunlaştırıcı Pişirici(Chinese) E)Fresnel Ocak F)Silindirik Parabolik Ocak G) Küresel Güneş Ocağı (Abu-Malouh Ve Ark.) H) Gallagher'ın Tasarladığı, Işığı Alttan Yoğunlaştıran Pişirici I) Arenas'ın Tasarladığı Hafif, Parabolik Pişirici.....	26
Şekil 3.1 : Tez Çalışmasında Yapılmış Klasik Tipte Ahşap Dikdörtgen Güneş Enerjili Fırınlr	43
Şekil 3.2 : Tasarımlanan Ve Yapılan Eliptik Silindir Güneş Enerjili Fırının Fotoğrafları	45
Şekil 3.3 : Tasarımlanan Ve Yapılan Silindir Güneş Enerjili Fırının Fotoğrafları	45
Şekil 3.4 : Eliptik Silindir Güneş Enerjili Fırın Tasarımının Önden Görünüşü	48
Şekil 3.5 : Eliptik Silindir Güneş Enerjili Fırın Tasarımının Yandan Görünüşü	49
Şekil 3.6 : A)Eliptik Silindir Gef Ve Yansıtıcısının Yandan Görünüşü B.)Eliptik Silindir İç Bükey Parabolik Yansıtıcının Yandan Görünüşü	4
9	
Şekil 3.7 : A)İç Eliptik Silindir Hazne B) Dış Eliptik Silindir Hazne C)Gövde Kesiti-Dış Eliptik Silindir Hazne	50
Şekil 3.8 : Gef-1 İçin Ölçülen Fırın İç Hava Sıcaklık Değerlerinin Zamanla Değişimi	55
Şekil 3.9 : Temmuz Ayı İçerisinde Gef-2'nin Yalıtımsız Olduğu Durumda, Gef-1 Ve Gef-2 İçin Ölçülen İç Hava Sıcaklık Değerlerinin Zamana Göre Değişimi A) 3 Temmuz B) 11 Temmuz	58
Şekil 3.10 : Gef-2 Yalıtımlı Olduğu Durumda, Gef-1 Ve Gef-2 İçin A)Taban Sıcaklıklarının B-C)İç Hava Sıcaklık Değerlerinin Zamana Göre Değişimi	59
Şekil 3.11 : A) 25 Ağustos 2011'de Gef-1 B)30 Ağustos 2011 Tarihinde Gef-2 İçin Aydın İli, Didim İlçesinde Ölçülen Fırın İç Hava Sıcaklıklarının Zamana Göre Değişimi	62
Şekil 3.12 : A) Gef-1'in İç Yüzeyinin Ve Yansıtıcısının Yenilenmiş Görüntüsü B) Gef-1'in İlk Görüntüsü	63
Şekil 3.13 : Gef-1 İçerisinde Poğaçaların Pişme Aşamaları	65
Şekil 3.14 : Gef-1 Ve Gef-2'de Aynı Gün İçerisinde Pişirilen Kek, Patates, Kırmızı Biber, Poğaç Ve Yumurta İçin A-B)Pişmeden Önceki, C-D-E-F) Piştikten Sonraki Görüntüler	66
Şekil 3.15 : A)Fırın Poşeti Kullanılarak B) Fırın Poşeti Kullanılmadan Pişirilen Sebzelerin Görüntüleri	66
Şekil 3.16 : 13:32'de 25 Cm Çapındaki Büyük Poğaçaların Fırınlardan Çıkarıldıktan Sonraki Görüntüleri	69

Şekil 3.17 : Eliptik Silindir Ve Silindir Fırınların Eşitlik 2.10 İle Hesaplanan Verimlerinin (η) Karşılaştırılması	74
Şekil 3.18 : Eliptik Silindir Ve Silindir Fırınların Eşitlik 2.12 İle Hesaplanan Spesifik Kaynama Sürelerinin Karşılaştırılması	74
Şekil 3.19 :Eliptik Silindir Ve Silindir Fırınların Eşitlik 2.13 İle Hesaplanan Karakteristik Kaynama Sürelerinin Karşılaştırılması	75
Şekil 3.20 : Eliptik Silindir Ve Dikdörtgen Ahşap Fırınların Eşitlik 2.10 İle Hesaplanan Verimlerinin (η) Karşılaştırılması	77
Şekil 3.21 : Eliptik Silindir Ve Dikdörtgen Ahşap Fırınların Eşitlik 2.12 İle Hesaplanan Spesifik Kaynama Sürelerinin (T_s) Karşılaştırılması	77
Şekil 3.22 : Eliptik Silindir Ve Dikdörtgen Ahşap Fırınların Eşitlik 2.13 İle Hesaplanan Karakteristik Kaynama Sürelerinin Karşılaştırılması	78
Şekil 3.23 : Silindir Ve Dikdörtgen Fırınların Eşitlik 2.10 İle Hesaplanan Verimlerinin (η) Karşılaştırılması	79
Şekil 3.24 : Silindir Ve Dikdörtgen Fırınların Eşitlik 2.12 İle Hesaplanan Spesifik Kaynama Sürelerinin(T_s) Karşılaştırılması	80
Şekil 3.25 : Silindir Ve Dikdörtgen Fırınların Eşitlik 2.13 İle Hesaplanan Karakteristik Kaynama Sürelerinin(T_c) Karşılaştırılması	80

Şekil Ek 3. 1 : Gef-1 Ve Gef-2' de Pişirilen Bazı Gıdaların Pişmeden Önceki (A-C-E-G-I-J) ; Piştikten Sonraki (B-D-F-H-I-K) ;Görüntüleri	107
Şekil Ek 3.2 : Güneş Enerjili Firında Pişirilen Kekin Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	108
Şekil Ek 3.3 : Güneş Enerjili Firında Pişirilen Kalın Krakerlerin Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	108
Şekil Ek 3.4 : Güneş Enerjili Firında Pişirilen Ketenin Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	108
Şekil Ek 3.5 : Güneş Enerjili Firında Pişirilen Pizzanın Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	108
Şekil Ek 3.6 : Güneş Enerjili Firında Pişirilen Kurabiyenin Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar	109
Şekil Ek 4.1 : Sıcaklık Sensörü 1(Emici Tabaka)	111
Şekil Ek 4.2 : Sıcaklık Sensörü 2(Su)	111
Şekil Ek 4.3 : Sıcaklık Sensörü 3(Gef İç Hava Sıcaklığı)	112
Şekil Ek 4.4 : Sıcaklık Sensörü 4(Dış Hava Sıcaklığı)	112
Şekil Ek 4.5 : A.) Kap-1(Alüminyum Folyo Sıkıştırılarak Yapıldı.) B.)Kap-2	112
Şekil Ek 4.6 : Anemometre	113
Şekil Ek 4.7 : Pironometre	113

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

m	Tencerenin içerisindeki kütle miktarı (kg)
c_p	Sabit basınçta özgül ısı kapasitesi (J/kgK)
θ	Tencere içeriğinin sıcaklığı ile dış sıcaklık arasındaki fark (K),
η_0	Optik verim,
I	Küresel güneş radyasyonu (W/m^2),
U	Isı kaybı faktörü (W/m^2K),
A	Kollektör açıklık alanı (m^2).
$I_{küresel}$	Küresel güneş radyasyonu
t	Durgunluk sıcaklığı
η_u	Kullanılabilir verim
t_c	Karakteristik kaynama süresi
t_s	Spesifik kaynama süresi
F_1	Optik verimin ısı kaybı faktörüne oranı (Mullick'in önermiş olduğu 1. Parametre)
F_2	İklimle ilgili değişkenlerden az ya da çok etkilenmeyen ve ısı değişim verimlilik faktörünü dikkate alan (Mullick'in önermiş olduğu 2. parametre)
η_0	Optik verim
$F^l \eta_0$	Optik verim faktörü
MC^l	Isı kapasitesi

H_s	Kararlı durumda yatay yüzeyde küresel güneş ışınımı
T_{ps}	Kararlı durumda tabaka sıcaklığı(Maksimum tabaka sıcaklığı)
T_{as}	Kararlı durumda dış hava sıcaklığı
q_{in}	GEF tarafından alınan enerji miktarı
I_{DN}	Direk normal radyasyonu (W/m^2)
A_C	Fırındaki saydam tabaka alanı
η_{co1}	Piştiricinin yoğunlaştırıcı verimi;
q_{0v}	Cama ulaşan enerji miktarı
$q_{col,l}$	Malzeme, işçilik ve açılmalarda yapılan hatalar nedeniyle oluşan kayıplar
$q_{Ref,\omega}$	Cam, tencere ve emici tabaka arasında çoklu yansımalar nedeniyle ortaya çıkan kayıplar
$q_{c,w}$	Taşıma nedeniyle ortaya çıkan kayıplar
q_{lw}	Işınım nedeniyle ortaya çıkan kayıplar
q_s	Piştiricinin yan kısımlarından kaynaklanan kayıplar
$q_{b,l}$	Piştiricinin alt kısmından kaynaklanan kayıplar
q_F	Tencerenin içindeki faydalı enerji
$q_{ab,0v}$	Piştirici bileşenleri tarafından soğurulan enerjiyi ve çıkımlar (köşebent) arasındaki kayıplar
m_F	Yiyeceğin kütlesi (kg)
c_v	Tencere içindeki yiyecek ya da suyun sabit hacimde özgül ısısı ($Jkg^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$)
T_F	Yiyecek ya da suyun sıcaklığı ($^\circ C$) ve

t	Zamanı(s) göstermektedir.
q_F''	Tencere içeriğine eklenen yararlı enerji yoğunluğu
$\eta_{c,t}$	Bir anlık pişirici verimliliği tanımlanabilir
δ	Pişiricinin ısınma süresi
t^*	Spesifik kaynama süresi
I_{DN}^*	Direk normal radyasyon değeri olarak alınan referans bir değerdir ve 900 W/m ² olarak alınmaktadır.
P	Pişirme gücü
C_w	Suyun özgül ısısı
dT_w	Suyun sıcaklık farkı
d_t	Zaman aralığı
P_S	Standart pişirme gücü
\bar{G}	Ortalama güneş radyasyonu
η	Pişiricinin verimi,
m_1	Suyun kütlesi (kg),
m_2	Pişirme kabının kütlesi (kg)
C_p	Pişirme kabının özgül ısısı (J/kg/°C)
T_1	Suyun ilk sıcaklığı (°C)
T_2	Suyun son sıcaklığı (°C)
C	Yoğunlaşma oranı

A	Soğurucu alan (m^2)
θ	Zaman aralığı
H	Güneş ışınımı
τ	Piştirme süresi
T_{w1}	Suyun ilk sıcaklığı
T_{w2}	Suyun son sıcaklığı
C_3	Piştiriciyi karakterize eden katsayı
P_a	Piştirme Gücü
U_L	Genel ısı kayıp katsayısı
H/D	H:Tencere Yüksekliği, D:Tencere çapı oranı
T_{px}	Tabaka kararlılık sıcaklığı
τ_r	Referans süresi
τ_{hr}	Isı tutma süresi
U_{tw}	Üst ısı kayıp katsayısı

Kısaltmalar

GEF	Güneş Enerjili Fırın
COR	Ocak opto termal oranı
HWB	Hottel-Whillier-Bliss
YSA	Yapay sinir ağları
ISES	International Solar Energy Society

YETAM	H.Ü. Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
SCI	Solar Cookers International
GEPA	İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1 GİRİŞ

Gıdaların pişirilmesi, yaşamın devam ettirilmesi için hemen hemen her gün yapılması gereken bir aktivite olduğundan, pişirme işlemi için büyük bir miktarda enerji düzenli olarak harcanmaktadır [1]. Dünya nüfusunun yarısı günlük pişirme, ısıtma ve aydınlatma için odun, gübre, kömür ve tarım artıkları gibi katı yakıtlara bağımlıdır. Ayrıca, bir başka 200 milyon kişinin 2030 yılına kadar pişirme ve ısıtma işlemleri için biyokütleyle bağlı olacağı tahmin edilmektedir. Odun temini için ağaçların kesilmesi, orman yok oluşu ile bağlantılı olan ekolojik tehlikelerin yanı sıra, enerji açısından verimi düşük olan yakıtların kullanımı, havalandırma sistemi iyi olmayan pişirme sobaları sonucunda oluşan iç ve dış mekan hava kirliliği, soba kullanıcıları için yüksek hastalık riski, sakatlık ve erken ölümleri beraberinde getirmektedir [2].

Tucker'e [3] göre bugün, yaklaşık iki milyar insan gıdaları pişirmek veya ısıtmak için yakacak odunu, enerji kaynağı olarak görmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayanların üçte ikisinden fazlası yakıt için oduna bağımlıdır. Ağırlıklı olarak tropik bölgelerde, özellikle kırsal kesimlerde yaşayan iki milyar insanın çoğunluğu enerji ihtiyacını odundan karşılamaktadır. Hala kırsal kesimde yaşayan Yukarı Güney ve Güneydoğu Asya nüfusunun % 70'i çevredeki su, toprak ve ormanların bütünlüğüne bağımlı kalarak yakacak oduna ihtiyaç duymaktadır. Yakacak oduna ek olarak yılda, 400 milyon ton tezek, 350 milyon ton da bitki artıkları yakılmaktadır [3]. Yapılan çeşitli araştırmalara göre, kadınlar genellikle çocukları ile, ateşin yanında günde üç-yedi saat civarında dumana maruz kaldığından, karbon monoksit, formaldehit, benzen, azot dioksit vb. maddeler ciddi sağlık tehditleri oluşturmaktadır [4].

Gıdaları pişirmek için güneş enerjisi kullanmak, gelişmekte olan ülkelerde gıdaları pişirmek için kullanılan gaz, odun ve diğer enerji kaynaklarının kullanımına uygun bir seçenektir [5]. Güneş enerjili pişiriciler aynı zamanda su pastörizasyonu için tek dumansız çözümdür [4]. Güneş enerjili fırınların bu yakıtların yerine geçebilmesi, düşük maliyetli malzeme, üretim tesisleri, finansman fonları, hükümet işbirliği ve kabul alanı geliştirmek için bir pazarlama programı gerektirmektedir [6]. Kuşkusuz, güneş enerjili pişiriciler gıdaların pişirilmesinde her bakımdan diğer yakıtların kullanımını durduramaz. Ancak uygun şekilde kullanıldığında, küresel iklim değişikliğini, orman yok oluşunu ve

dünyadaki fakir insanların yakacak gereksinimlerini etkili bir şekilde azaltma aracı olabilir [5].

Güneş ocaklarının kullanımı yakacak odun ya da geleneksel yakıt tüketimini azaltmak için gerekliliği çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından kabul edilmektedir [4]. “Solar Cooking International” güneş enerjisiyle gıdaların pişirilmesi tanıtımının 69 ülkede gerçekleştirildiğini iddia etmektedir. 1993 sonunda, büyük ölçüde devlet tanıtımı ve devlet destekleri sayesinde, Hindistan’da 340 000 adet ve Çin’de 140 000 adet güneş fırını üretilmiştir. Güneş enerjili pişirme 1982 yılından bu yana Hindistan’ın Ulusal Programının bir parçası olmuş ve çeşit olarak % 85’i kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler, devlet destekleri ile maliyetlerinin üçte birininin düşürülmesiyle altı eyalette dağıtılmıştır [3].

Güneş enerjili fırınların tarihçesine bakıldığında, 16.yüzyıla ait bulgulara rastlanılmaktadır. Güneş enerjisi ile yemek pişirme için ilk adımlardan birisi çiftçilik için güneş enerjisinden yararlanmak için yürütülen çalışmaların olduğu söylenebilir. Roma döneminde camın, zengin evlerde bulunmasına karşın, yeterince ucuz olmadığından çiftçilik amaçlı kullanımı 16. Yy’a kadar yaygınlaşmamıştır. Sera ilkesi, güneş enerjisiyle pişirmek için ilk girişim olarak düşünülmektedir. Bir camdan geçen güneş ışınlarının ısı enerjisine dönüştüğünü gözlemleyen İsviçreli doğa bilimci Horace de Saussure 1767’de güneş enerjisiyle yemek pişirme girişiminde bulunmuştur. Saussure, farklı malzemeler kullanılarak ve pişiriciye yalıtım ekleyerek deneylerine devam etmiştir [7, 8, 9].

Arenas’ın [10] çalışmasında ise, ilk güneş fırınının doğabilimci Louis Leclerc (1707-1788) tarafından yapılmış olduğu, bununla birlikte, Horace-de-Saussure’nin (1740-1799) güneş enerjisi kullanarak ilk defa gıda pişiren bir teknisyen olduğu bildirilmektedir.

1830’da İngiliz gökbilimci Sir John Herschell, Güney Afrika’ya yaptığı bir gezide, maun ağacından yaptığı pişiriciyi siyah renge boyamış ve yalıtım için kuma gömerek yemek pişirmiştir. Bu pişiricide 115.55 °C sıcaklığa ulaşılmış; et ve sebze pişirilmiştir [7, 8].

1876’da bir güneş ocağının Hindistan İngiliz ordusu için bir aşçı tarafından patenti alınmıştır [7]. Hindistan’da W. Adams, 2 saatte yedi asker için yemek pişiren sekiz aynalı ortogonal bir ocak geliştirmiştir [8].

Fransız matematikçi Augustin Mouchot’un 1870’de yapmış olduğu çalışmada, ayna kombinasyonu ile gerçekleştirdiği güneş fırını çok başarılı bulunmuştur. İzleyen yıllarda da

çalışmalarını sürdüren Mouchot, Cezayir'deki Fransız askerleri için parlak metal bir koni içeren güneş enerjili pişiriciler tasarlamış ve tasarlanan pişiricileri Güney Afrika'da Fransız askerlerinin kullanımına sunmuştur. Mouchot, güneş enerjili pişiricileri, Fransa'nın bol güneşli yerlerinde, yakacak konusunda fakir olan Güney Afrika kolonilerinde ve Asya'da büyük ticari potansiyel olarak gördüğünden, bir saat içinde bir kilo ekmek ya da iki kilo patates pişirebilen "güneş enerjisi tenceresi –Solar pot" yaparak en başarılı tasarımını gerçekleştirmiştir. Mouchot, 1868 yılında Paris'te basılan ilk Güneş Enerjisi ve Endüstriyel Uygulamaları (Solar Energy and Its Industrial Applications) adlı kitabını yazmış, 1878'de Paris Fuarı'nda bir güneş enerjili pişirici sergilemiştir [7, 8, 9, 10].

Amerika Birleşik Devletleri'nde bir bilim adamı olan Dr. Samuel P. Langley, 1884'te Whitney Dağı zirvesinde, yaptığı ahşap kutu tipinde güneş enerjili pişiricide yemek pişirmiştir [7].

1945'te, Hindistanlı girişimci Sri M. K. Ghosh ticari olarak üretilen ilk kutu tipinde güneş enerjili fırını tasarlamıştır. Hint bilim adamları tarafından 1950 yılında çeşitli miktarlarda ticari anlamda güneş enerjili pişiriciler tasarlanmış ve üretilmiştir, ancak daha düşük maliyetli alternatifler olduğundan, kolaylıkla kabul görmemiştir [8, 11].

Günümüz güneş enerjisi ile yemek pişirme hareketi, teknolojiye ilgi oluşturmak adına birkaç girişimle ciddi olarak yüzyılın ortasında başlamıştır. ABD'de binalarda güneş enerjisi üzerine ciddi çalışmalar yapan Dr. Maria TELKES'in güneş enerjisi konusundaki ilgisi, onun klasik tipte, arasında küçük bir hava boşluğu bulunan çift camlı ve dört büyük parlak yansıtıcıya sahip ve eğimli bir üst kapağı olan, kontraplaktan güneş enerjili pişirici yapmasını ve 1968'de "Güneş Fırınları" (Solar Ovens) adlı bir kitap yazmasını sağlamıştır. Bu tasarım günümüze kadar pek çok kez kullanılagelmiştir [8, 9].

1950'lerde Birleşmiş Milletlerin, güneş ocaklarını tanıtmak için yapılan çalışmaları ve programları desteklemesine karşın, bu çalışmalar çoğunlukla başarısız olmuştur. 500 ahşap güneş ocağının bir göçmen kampına verildiği bir çalışmada, üç ay sonra ocakların yakacak odun için kullanılması üzerine, sosyal bilimciler geleneksel pişirme yöntemlerinin kültürel olarak kökleşmiş olduğu ve insanların bu yeniliği içlerine sindiremediği sonucuna varmışlardır. Birleşmiş Milletler daha sonra, ocakların çok karmaşık ve bazı tasarımlarda kullanılan parabolik yansıtıcıların tehlikeli olduğu kanısına vararak, pişirici tasarımı için daha fazla çalışma yapılması gerekliliğini önermiştir [7, 12].

1955 yılı başlarında Phoenix'de bir grup araştırmanın önderliğinde, uygulamalı güneş enerjisi için bir organizasyon olarak kurulan, “Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu” (International Solar Energy Society- ISES), ABD Phoenix AZ.'de düzenlediği ilk konferansda, pek çok kullanışlı güneş enerjili fırının tanıtımını yapmıştır [8].

1970'lerde ortaya çıkan enerji krizi, güneş enerjisi ile yemek pişirmenin bir kez daha ilgi odağı olmasına yol açmıştır. Özellikle bu yıllarda insanlar enerji konusunda bilinçlenmeye ve güneş enerjisini kullanmanın yollarını aramaya başladıklarında, güneş enerjili pişiriciler beğenilir hale gelmiştir. Bu yıllarda, ormanların yok olmasının yaygınlaşması nedeniyle güneşte yemek pişirmenin araştırılması ve desteklenmesi, Çin ve Hindistan hükümetleri tarafından da teşvik edilmiştir [8, 9]. Çığır açan güneş enerjili kutu tipindeki pişirici Barbara Kerr tarafından 1976 yılında tasarlanmıştır. ABD'den Barbara Kerr, Hindistan'dan Ghosh'un kutu tipinde güneş enerjili fırınının tasarımını da içeren yoğunlaştırmalı ve kutu tipinde olan pek çok pişirici yapılmıştır. Isı tutan fırınlardan esinlenerek (Saman kutu), basit, geri dönüşümlü malzemeler ve alüminyum folyo kullanarak ucuz pişiriciler geliştirilmiştir [8].

1980'lerde Hindistan ve Çin hükümetleri, kutu tipindeki güneş enerjili pişiricilere yönelik ulusal teşviği arttırmış ve 1981 yılında devlet desteğiyle fırınların dağıtımını başlanmıştır. Yine 1980'lerde kutu tipindeki güneş enerjili pişiriciler, SERVE (Acil Yardım Hizmet ve Mesleki İşletmeler) tarafından, Afganistan'daki 20000 kişilik mülteci kampına dağıtılmıştır [8, 9].

1994'te “Solar Cooker International (SCI)” gönüllüleri “CooKit” adlı yansıtıcı kartondan yapılan daha basit bir panel pişirici ürettiler. Sonunda doğal ortamlarda yoksulluk içinde yaşayan insanların ihtiyaç durumunda kullanılabilecekleri basit ve ucuz maliyetli bir tasarım olmuş, Batı-Afrika'da Nijer, Mali, Burkina Faso'nun kırsal köylerinde SCI ve KoZon Vakfı tarafından teşvik edilmesi desteklenmiştir. 1995'te SCI Kenya'da yaşayanların yakacak odun sıkıntısıyla gıda ticareti yapmak zorunda oldukları Great Rift Vadisi'nde Kakuma mülteci kampında bu teknolojiyi tanıtmaya çalışmışlar ve başarılı olmuşlardır [7, 13].

Hameed ve Ahmad [14], Saitoh ve El-Ghetany [15], güneş enerjisiyle suyu sterilize etmek amacıyla kutu tipinde bir güneş enerjili pişirici kullanmışlardır. Sterilizasyon işlemi sırasında ısıl ve biyolojik testlerin yapıldığı çalışmalarda su 65 °C'de, süt ise 62,8 °C'de

pastörize olduğu belirtilmiş, bu sonuçlara dayanarak su sterilizasyonunda güneş enerjisinin kullanımının uygun olabileceği gösterilmiştir.

Ülkemizde de, güneş enerjisiyle pişirme sektöründeki penetrasyonu arttırmak için bu konuda teknik, ekonomik ve çevresel etkileri üzerine birçok araştırma yapılmaya devam edilmektedir [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Hacettepe Üniversitesi'nde güneş enerjili yemek pişirme üzerine çalışmalar 2002 yılında başlamış, ilk güneş enerjili pişiriciler, Fizik Mühendisliği öğrencilerinin bitirme projeleri kapsamında 2005 yılında yapılmıştır. H.Ü. Yeni ve Temiz Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (YETAM) tarafından 18-22 Haziran 2007 tarihleri arasında, H.Ü. Güneş evi bahçesinde "Güneş Enerjisi ile Yemek Pişirme Şenliği" düzenlenmiştir. Farklı yaş grupları ve farklı kentlerden katılan yarışmacılar kendi tasarladıkları pişiricilerle yaptıkları yemekler, seçici kurul tarafından değerlendirilmiş ve çeşitli ödüller verilmiştir. Şekil 1.1'de yemek pişirme şenliğinden fotoğraflar görülmektedir [23, 24].



Şekil 1.1. H. Ü. Güneş Evi bahçesinde düzenlenen " Güneş Enerjisi ile Yemek Pişirme Şenliği"nden görüntüler (18-22 Haziran 2007)

Hacettepe Üniversitesi Yeni ve Temiz Enerji Araştırma Merkezi (YETAM)'inde güneş enerjili fırınların tanıtımının daha geniş kitlelere yayılması ve daha bilinçli kullanılmasını sağlamak amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında iki adet klasik kutu tipinde pişiriciler (GEF-1 ve GEF-2) yapılarak, 2011 yılında Ağrı ve Aydın illerinde, 2012 yılında ise H.Ü. ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nde yemek pişirme denemeleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada adı geçen ahşap GEF-2'nin Mersin İlinde düzenlenen "5. Güneş Enerjisi Sempozyumu ve Sergisi"nde içerisinde poğaçaya pişirilerek tanıtımı yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında 2011 yılında GEF-1 ve GEF-2 denemelerinden alınan sonuçlara göre daha verimli, dünya literatüründe daha önce karşılaşılmamış olan eliptik silindir fırın (GEF-3¹) ve silindir fırın (GEF-4) tasarlanarak yapılmıştır.

¹ Eliptik silindir güneş enerjili pişirici tasarımı, Türk Patent Enstitüsü, Patent Siciline 02/04/2013 gün ve 2013/03994 sayı ile kayıt edilmiştir.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Isı Aktarımı ve Gıdaları Pişirme İşlemi

Gıdalar esas olarak su, yağ, protein ve karbonhidrattan oluşmaktadır. Gıdaların pişirilmesi istenilen lezzeti, dokuyu, görünümü elde etmek için yeterli enerjiyi gıdaya aktararak, onun kimyasında değişimi sağlamaktır [25]. Gıdaların pişirilmesi sayesinde, tüketilebileceğimiz gıdalar konusunda daha geniş bir yelpazede seçenek sahibi olmaktadır. Pişirme sayesinde bazı yiyecekler sindirilebilir hale gelmekte, gıdalar zararlı maddelerden arındırılabilen ve gıda zehirlenmeleri önlenmektedir. Ayrıca gıdaları pişirmek ya da ısı uygulayarak yiyecekte yumuşatma sağlamak, o gıdaların insanların tüketimine daha uygun hale gelmesini sağlamaktadır [26].

Gıdaları pişirilmesi işleminde, pişirilecek gıdanın yanısıra, tipik olarak bir ısıtma ögesi (Örn. ateş vb.) ve bir ısı aktarımı aracı (yağ, su, hava, bir tava vb.) sözkonusudur. Isı, ısıtma ögesi aracılığıyla, sıcak maddelerden soğuk maddelere diğer bir deyişle yiyeceğe doğru aktarılır. Madde miktarına bağlı bir kavram olan ısı, tüm moleküllerin veya atomların hareket enerjilerinin toplamıdır. Eğer madde miktarı iki katına çıkarılırsa, ısı enerjisi değeri de iki katına çıkarılmış olacaktır. Isı aktarımının yemek pişirmeyi nasıl etkilediğini anlamak, bir yiyecek için kullanılan belli bir pişirme veya özel bir ısıtma yönteminin (Buğulama, fırında pişirme, kızartma, haşlama vb.) diğer bir yiyecekte uygun olup olmayacağını anlamak için ilk aşamadır [27].

Löf [28], pişirme işleminde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler için gereken ısı enerjisinin, gıdanın sıcaklığını arttırmak ve yemek pişerken meydana gelen ısı kayıplarını karşılamak için gereken enerjiden küçük olduğunu söylemektedir. Çoğu gıda yüksek oranda su içermekte ve onları pişirme sıcaklığına getirmek için her kg'da, her °C için 1 kalori enerji vermek gerekmektedir. Kaba ve yiyeceğe ne kadar yüksek oranda ısı enerjisi girişi olursa (ve ilave olarak pişirme sıvısı), yiyecek o kadar hızlı bir şekilde pişirme sıcaklığına erişecektir. O halde, pişirme hızı, pişirme işleminin bir bölümünde gerekli olan suyun buharlaşması dışında, ekmek pişmesi gibi, ısı kayıpları tedarik edildiği sürece ısı miktarından neredeyse bağımsızdır. Bu yüzden genel olarak doğru olan şudur ki; çeşitli ısı arz kapasiteleri olan fırınlarda, eşit miktardaki yiyecekleri pişirmek için gereken zaman farklılıkları, ısınma periyotlarının farklı süreleri nedeniyledir [28].

Bir maddeden diğesine ısı aktarımı, iletim, taşınım ve ışınlım olarak üç yolla gerçekleşmektedir. Gıda pişirilmesinde, bu üç süreç de büyük rol oynamakta ancak pişirme yöntemine bağlı olarak, sadece biri ya da ikisi daha önemli olmaktadır [27]. **İletim**, ısı kaynağı ile doğrudan temas nedeniyle ile yiyeceğe doğru olan ısı aktarımıdır. **Taşınım**, yiyeceğe ısının, hava, su veya yağ gibi bir akışkan aracılığıyla aktarılması şeklinde gerçekleşmektedir. **İşınım**, temas ve ısı iletimini sağlayacak akışkan olmadığı durumda gerçekleşen ısı transferidir. Gıdaları pişirmek için pek çok yöntem olmasına karşın, bazı yaygın yöntemler için açıklama yapılırsa;

- Haşlama ve kızartmada, ısıtılmış sıvıdan, katı gıdaya iletim yoluyla
- Kavrurma (kızartma, döner, piliç çevirme, kavrulmuş badem vb.) ve fırında pişirmede ısı, çevredeki sıcak havadan taşınım yoluyla
- Mikrodalga fırınlarında pişirme, ışınlım yoluyla

gerçekleşmektedir. Bu yöntemlerin hepsinde gıda ilk olarak “pişme sıcaklığına” gelmelidir. Gıdada ki yumuşama, kuruma, parçalanma, ağdalaşma, ayrışma, yoğunlaşma ve diğere gerekli değişimlerin sağlanması için bir süre bu sıcaklığını sürdürecektir. Gıdaları pişirmede gerçekleşen tüm bu fiziksel ve kimyasal değişimlerin çoğu için gereken ısı enerjisi küçüktür. Kimyasal reaksiyon veya değişim için gerekli ısı, yiyeceğin sıcaklığının yükseltilmesi ve pişirme sürecinde normal olarak meydana gelen ısı kaybı ile karşılaştırıldığında önemsizdir [28].

Isı aktarımı sıcaklık farkından kaynaklandığından, daha fazla sıcaklık farkı olduğunda, daha fazla ısı aktarımı olacağı anlamına gelir. Bu şekilde taşınımın ısı aktarımına katkıda bulunması, pişirme aracı çevresinde hareket ederek, soğuk yerine sıcak aracıyı koyması yoluyla olmaktadır. Hareket eden madde, ısıyı bünyesine alarak, ortam içinde, iletimin yalnız başına yaptığı ısı aktarımından daha fazla ısı aktarımı gerçekleşmesine yol açar. Çünkü yemeğe yakın çevrenin ortalama sıcaklığı daha yüksek kalır, yemeğin içerisinde daha fazla ısı aktarımı ortaya çıkar ve yemekler daha hızlı pişer. Isıtıcının yemeğe daha uzakta bulunması, daha fazla taşınım olacağı anlamına gelir. Kızartmada ya da fırında pişirmede taşınım büyük fark yaratır. Sote yapmada sıcak tencereyle yemek arası uzaklık küçük olduğundan taşınım katkısı daha azdır [27].

İşınım ile ısı aktarımında, enerji doğrudan yiyeceğin içerisine aktarılır. İşınım genelde yiyecekçe soğurulur. Yemeğin her parçası, soğurganlığına bağlı olarak kendine özgü şekilde işınımdan etkilenir. Mikrodalga fırınlarda özdeş iki kaptaki su ve yağ ısıtıldığında,

suyun ısı sığıması yağınkine göre daha yüksek olmasına rağmen sıcaklığı yağa göre daha hızlı yükselme gösterir. Su, yağa oranla ışıınımı daha fazla soğurmasına karşın, havayla karşılaştırıldığında tıpkı diğer sıvı ve katılara benzer şekilde ışıınımı daha az soğurur. Izgarada yemek pişirildiğinde, kızılaltı ışıınım yiyeceğin yüzeyince soğurur ve daha sonra yiyecek içerisine iletilir. Bunun aksine mikrodalgalar yiyeceğin içerisine derin bir şekilde işleyebilir ve yiyeceğin içerisi doğrudan ısıtılabilir. Işıınım aynı zamanda genellikle iletim ve taşınımından bağımsız olarak denetlenebildiğinden dolayı elverişlidir. Fırında ışıınım çok önemlidir. Bazı ısıtma olayları, sıcak havanın iletimi ve taşınımıyla oluşur, ancak bazıları aynı zamanda ışıınım nedeniyle oluşmaktadır. Işıınım, gıdadaki istenilen kahverengileşmenin sağlanması için yiyeceğin fırınlanması boyunca önemlidir. Çizelge 1.1’de yaygın pişirme yöntemleri ve ısı aktarımına nasıl sebep oldukları gösterilmektedir [27].

Çizelge 2.1 : Yaygın pişirme yöntemleri ve ısı aktarımına katkı düzeyleri [27].

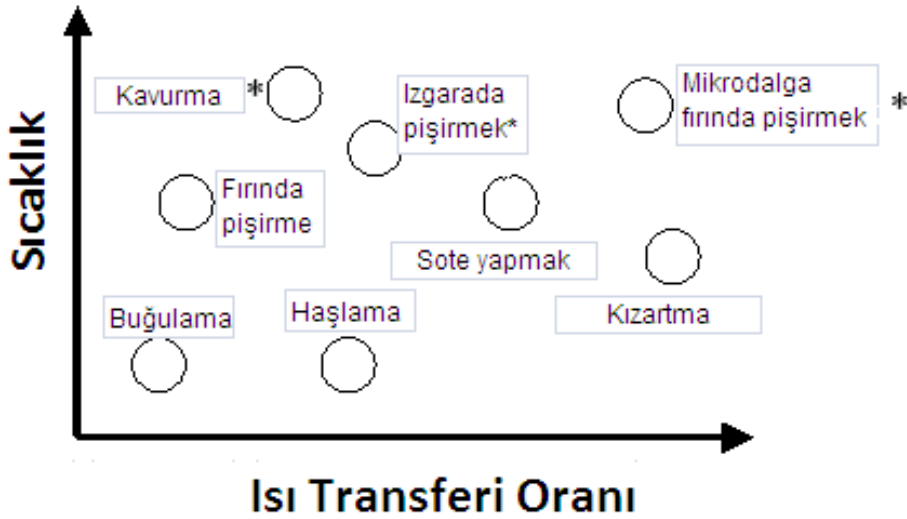
YÖNTEM	İLETİM	TAŞINIM	İŞİNİM
Buğulama	Yüksek	Yüksek	Düşük
Haşlama	Yüksek	Orta	Düşük
Kızartma	Yüksek	Orta	Düşük
Kavurma	Yüksek	Düşük	Düşük
Fırında pişirme	Yüksek (Turbo fırında)	Yüksek	Orta
Izgarada pişirmek	Orta	Düşük	Yüksek
Mikrodalga fırında pişirmek	Düşük	Düşük	Yüksek

Yemek pişirmede en büyük ısı enerjisi kaybı, genellikle yiyeceğin içerisindeki mevcut suyun yada ilave edilen suyun buharlaşmasında tüketilen enerjidir. Diğer önemli ısı kaybı , fırın duvarlarından ve kaplardan ısı yayımı kayıplarıdır. Eğer enerji kaynağı sınırlı kapasiteye sahipse, bu kayıpların kontrolü, kaplara kapak kapatmak, pişiriciye yalıtım yapmak gibi yollarla sağlanabilir.

Isı aynı zamanda yiyecek içerisinde de iletilir. Izgarada pişmiş bir bifteğin içi kesilip bakıldığında iletim olduğu açıkça görülmektedir. Dışı kahverengileşmiş ve lezzetli, içerisi soğuk ve kırmızıdır. İletimle, bir sıcaklık eğimi sıcak dış yüzeyden, soğuk olan iç kısma doğru şekillenir. Etin rengi, kahverenginden pembeye, pembeden kırmızıya sıcaklık

eğimini gösterir. Yiyeceğin dışı çok sıcak ve içi çok daha soğuktur. Onu ısı kaynağından uzaklaştırdıktan sonra, sıcak yiyeceğin dışındaki ısı, daha soğuk olan iç kısımlarına doğru aktarılacaktır [27].

Şekil 2.1’de kavurma, haşlama, fırında pişirme, buğulama, sote yapma, ızgarada pişirme, kızartma ve mikrodalga fırında pişirme gibi işlemlerde ısı aktarımı oranı ve en yüksek sıcaklığın nitel olarak karşılaştırılması görülmektedir. Buğulama yönteminde ısı aktarımı oranı ve sıcaklık değerinin diğer işlemlere göre en düşük seviyede olduğu, mikrodalga fırında pişirme işleminde ise ısı aktarımı ve sıcaklık değerinin en yüksek olduğu görülmektedir [27].



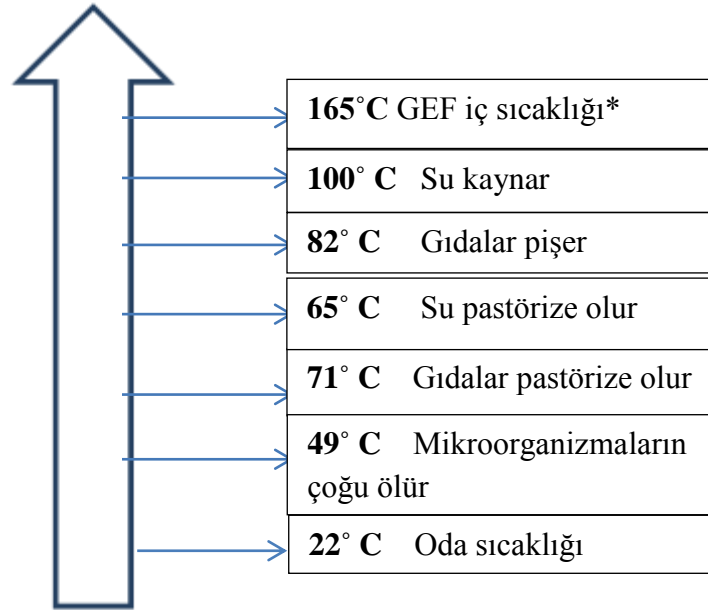
Şekil 2.1 : Çeşitli pişirme teknikleri kullanıldığında ısı aktarımının oranı ve en yüksek sıcaklığın nitel olarak karşılaştırılması [27].

2.2 Güneş Enerjisiyle Yemek Pişirme İşlemi

Güneş enerjili pişiriciler güneş ışınımından sağlanan ısı enerjisi ile yiyecekleri pişirmek veya suyu kaynatmak için kullanılan düzeneklerdir. Güneş enerjili fırınlarda türlerine göre unlu gıdalardan, et ve sebze yemeklerine kadar her çeşit yemek pişirilebilmektedir [5].

Gıdaların içinde bulunan zararlı mikroorganizmalar, bakteriler ve virüsler, 65 °C sıcaklıkta yok olmaktadır. Gıdaların 65 °C’de ısıtılması, pastörizasyon işlemi olarak bilinmektedir.

Gıdalar 82-91 °C aralığında pişmektedir. Bu nedenle tam pişmiş gıdalar hastalığa neden olan organizmalar içermezler. Basit güneş enerjili pişiriciler bu sıcaklık aralığının çok az üzerine çıkabildikleri için gıdaların içerisindeki besin maddelerinin ve nemin korunmasını sağlamış olurlar. Tüm pişirme yöntemlerinde bazı bakteri türleri gıda piştikten sonra bile bazı sporlar üretirler. Bu nedenle pişmiş gıdaların 52 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tutulması gerekmektedir. Pişmiş gıdaların bir süre boyunca 10-52 °C (50-125 °F) arasındaki sıcaklıklara düşmesine izin verilirse, bu bakteriler gıdanın bozulmasına ve gıda zehirlenmesine yol açabilir. Eğer gıdalar dört saatten fazla bu sıcaklık aralığında kalırsa, tekrar yenebilmesi için pişme sıcaklığına kadar ısıtılmalıdır [29]. Şekil 2.2'de belirli sıcaklıklarda bir güneş enerjili pişiricinin işlevleri görülmektedir [23].



Şekil 2.2 : Belirli sıcaklıklarda bir güneş enerjili pişiricinin işlevleri

(* Şekilde GEF'lerin maksimum ulaşabileceği sıcaklık 165° C olarak verilmiştir. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda ulaşılabilir.)

2.3 Güneş Enerjili Pişiriciler

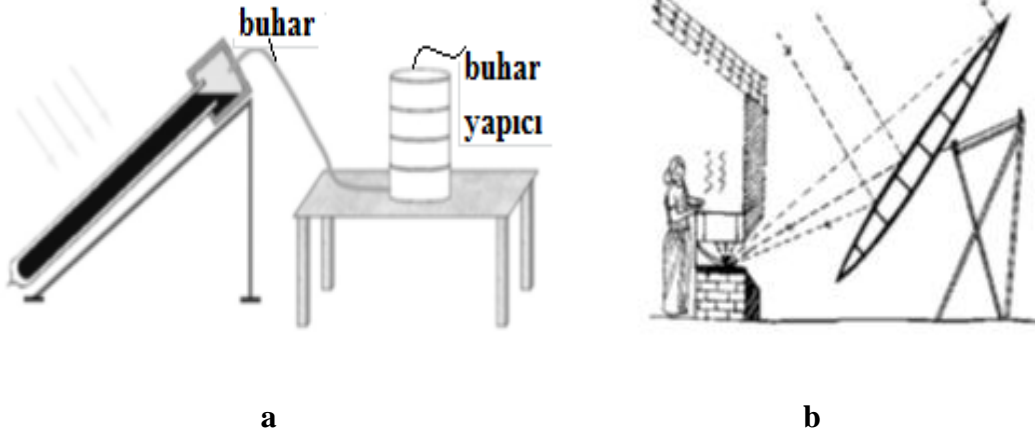
Güneş enerjili pişiriciler:

- Deposuz güneş enerjili pişiriciler
- Depolu güneş enerjili pişiriciler

olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılabilir [30]. Kutu tipi güneş enerjili pişiriciler, basitliği, tasarım ve yapım aşamalarının kolaylığı, taşıma kolaylığı ve verimi açısından en etkili tasarım grubundadır.

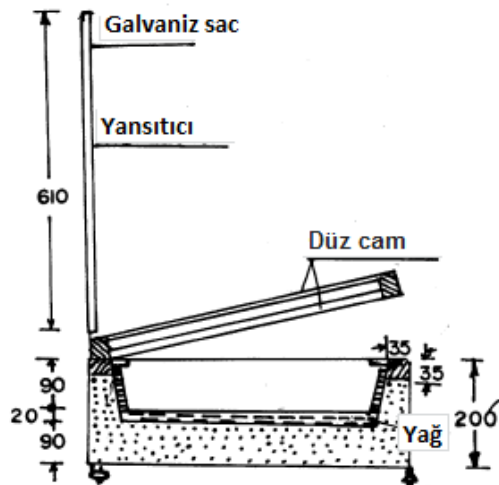
Deposuz güneş enerjili pişiriciler, pişirme birimine olan ısı transferine bağlı olarak doğrudan pişiren ve dolaylı pişiren güneş enerjili pişiriciler olarak sınıflandırılır. Doğrudan pişiren güneş enerjili pişiriciler güneş ışınımını doğrudan kullanırken, dolaylı pişiren güneş enerjili fırınlarda, kolektörden pişirme birimine ısı transfer etmek için bir akışkan kullanılır. Ticari açıdan en başarılı olan doğrudan pişiren güneş enerjili pişiriciler, kutu tipinde ve yoğunlaştırıcı olanlardır. Bu çalışmada da kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler üzerinde çalışıldığından, bu pişiriciler ayrıntılı olarak açıklanacak, diğer türler için kısa bilgi verilecektir. Dolaylı fırınlarda, tencere fiziksel olarak kolektörden ayrı yerdedir ve ısının kolektörden, pişirme ünitesine taşınması için ısı aktarımını sağlayacak bir aracı gereklidir. Şekil 2.3'te düzlemsel kolektörlü ve parabolik yansıtıcı dolaylı pişirilerin temsili resimleri verilmiştir [30].

Depolu Güneş Enerjili Pişiriciler, ısı enerjisi depolama sistemlerinin kullanıldığı güneş enerjili pişiricilerdir. Son yıllarda depolama sistemi olmayan fırınların dezavantajları nedeniyle ısı enerjisi deposu kullanılarak tasarlanan güneş enerjili pişiriciler geliştirilmiştir [31, 32, 33, 34]. Isı enerjisi depolama, enerjinin arz ve tüketim arasında yanlış eşleştirme olduğunda, zaruridir. Güneş enerjili pişiriciler, gün içerisindeki sık bulutlanma veya güneşsiz geçen saatler nedeniyle yemek pişirmenin imkansızlığı ve dışarıda yemek pişirme problemini çözmek adına ısı enerjisini depolamak için bir ısı depolama malzemesi içermelidir. Isı enerjisi, malzemenin iç enerjisindeki bir değişim olarak, duyulur ısı, gizli ısı, termokimyasal veya bunların karışımı olarak depolanabilir [30].



Şekil 2.3 : a) Düzlemsel kollektörlü b) Parabolik yansıtıcılı dolaylı pişirici

Duyulur ısı depolamada ısı enerjisi, bir sıvı yada katının sıcaklığının yükselmesiyle depolanır. Şekil 2.4’de Nahar [35] tarafından geliştirilen, depolama malzemesi olarak makine yağı kullanılan, böylece akşam saatlerinde de kullanılabilen kutu tipinde güneş enerjili pişirici görülmektedir. Sistem çift duvarlı kutudan oluşmaktadır. Dış kutu galvanize çelik tabakadan, iç kutu çift duvarlı olarak alüminyum tabakadan yapılmıştır. İç tabakaların arası 5 kg makine yağı, dış kutu ve dış yüzeylerin arası ise camyünü ile doldurulmuştur. Depolama malzemeli kutu tipi güneş enerjili pişirici ile depolama malzemesi olmayan kutu tipi güneş enerjili pişiricide ulaşılabilecek maksimum sıcaklığının aynı olduğu gözlenmiş, ancak depolama malzemesi olan pişiricide 17.00-24.00 saatleri arasında ölçülen sıcaklık değerinin diğer pişiriciye göre 23°C daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [35].



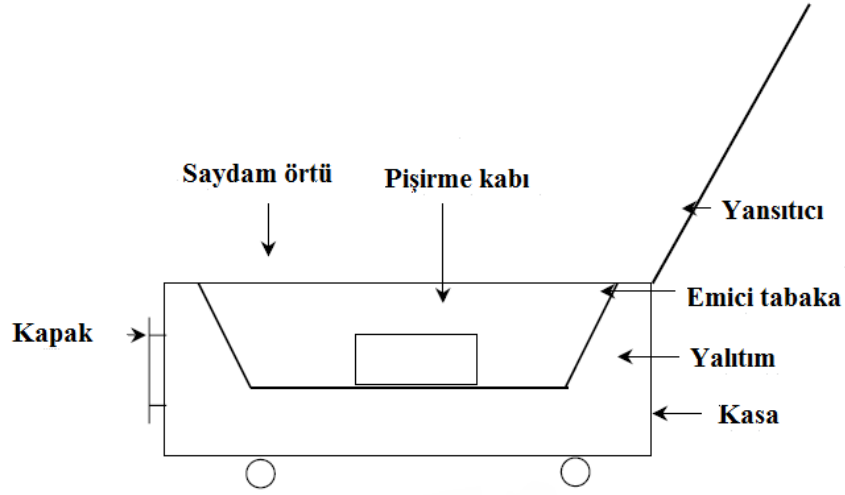
Şekil 2.4 : Nahar tarafından tasarlanan fırının yandan kesit görünüşü (Boyutlar mm cinsinden verilmiştir.) [35].

Literatürde ısıl depolu güneş enerjili pişiriler üzerine birçok araştırma bulunmaktadır [34, 38-43]. Bunlar arasında, Ramadan ve arkadaşları [36] tarafından geliştirilen ve depolama aracı olarak kum kullanılan pişirici literatürde yer alan güneş ocakları arasında % 28.4 verimle en iyisi olarak kabul edilmiştir [36]. Faz değıştiren malzemeleri (Phase Change Materials-PCM) kullanarak bir gizli ısı depolama sisteminin kullanımı da ısıl enerji depolamanın etkili bir yoludur [37, 38, 39, 40, 41, 42].

2.3.1 Kutu tipi güneş enerjili pişiriciler

Klasik Kutu tipinde bir güneş enerjili pişiricinin kesit görünüşü Şekil 2.5'te verilmiştir. Çift duvarlı yalıtılmış kasa aynı zamanda ısıyı pişiricinin içerisinde tutmaya yaramaktadır. Pişirme bölümüne güneş ışınımı yansması için ilave aynalar kullanılabilir. Pişirme hızı pişirici dizaynına ve pişiricinin ısıl verimine bağlıdır. Şekil 2.6'da yansıtıcısız [43], tek [44], iki [45] ve dört yansıtıcılı [44] çeşitli kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler görülmektedir.

- **Yansıtıcı ve Yönelimi:** Güneş enerjisiyle yemek pişirirken, daha yüksek çalışma sıcaklığına ulaşmak ve verimi artırmak için, güçlendirici aynalar, yansıtıcılar ve yoğunlaştırıcılar kullanılmaktadır. Yan aynalar, açık saydam alana daha fazla güneş radyasyonunu yansıtma yoluyla güneş enerjili pişiricinin performansını artırır ve böylece yemeğin pişme süresi kısalmır. Daha fazla güneş radyasyonu elde etmek için kullanılan aynalar, güneş yaklaşma açısı arttığında daha az etkin, güneşin konumuna bağlı olarak ayna açısı değıştirildiğinde daha etkin olurlar. Kutu tipi güneş enerjili pişiricide yan aynaların kullanımı, düşük hava sıcaklığında yemeğin pişmesini mümkün kılmaktadır [8].



Şekil 2.5 : Klasik kutu tipinde bir güneş fırınının kesit görüntüsü.



Şekil 2.6 : . a) Yansıtıcısız kutu tipinde GEF [43] b) Tek yansıtıcılı kutu tipinde GEF [44] c) İki yansıtıcılı kutu tipinde GEF [45] d) Dört yansıtıcılı kutu tipinde GEF [46].

Şekil 2.7’de Negi ve Prohit [47] tarafından tasarlanmış, etkili bir pişirme için takip gerektirmeyen yoğunlaştırıcı optik kullanılan kutu tipinde GEF görülmektedir. Eğimli bir çerçeve üzerinde, doğu-batı rotası üzerinde konumlandırılmış iki düzlemsel yansıtıcıdan oluşan yoğunlaştırıcı, pişiricinin soğurucu tabakası üzerine güneş radyasyonunu yansıtmak için pişirici kutusu üzerine yerleştirilmiştir. Klasik kutu tipinde güneş enerjili fırınlarda kullanılan güçlendirici ayna yerine bu tasarım kullanıldığında suyun kaynama noktasına 50-55 dk kadar daha hızlı ulaşılabilir [47]. Mirdha ve Dhariwal [48], klasik kutu tipindeki fırınlarla, aynaların çeşitli kombinasyonlarını kullanarak, güneye dönük şekilde sabitlenebilen bir pişirici tasarlama yönüne çalışmıştır. Pişiriciyi hareket ettirmeden, yandaki güçlendirici aynaların pozisyonundaki bazı değişiklikler, gün ve yıl boyunca daha yüksek sıcaklıklar elde etmek için tasarlanmıştır [48]. Algifri ve Towai

tarafından [49], performans üzerinde pişiricinin yöneliminin etkisini bulmak için güneşin yükseklik açısı, yüzey azimut açısı ve yansıtıcı eğim açısına bağlı olan yansıtıcı performans faktörü ve yönelim faktörünü geliştirilmiştir. Analiz Yemen’de bulunan kutu tipi bir güneş enerjili pişiriciye uygulanmıştır. Literatürde verilen sonuçları, pişiriciler iyi yönlendirildiğinde, pişiricinin yansıtıcı eklenmesiyle performansındaki artış, küçük yükseklik açılarında % 100’den ve daha büyük yükseklik açılarında, % 60’tan daha fazla olduğunu göstermektedir [49]. El-Sebaai [50], dış ve iç yansıtıcıya sahip kutu tipinde bir GEF için, dış yansıtıcı en uygun eğim açısı ayarlandığında, spesifik ve karakteristik kaynama sürelerinde, sırasıyla, % 50 ve % 35 azalma olduğunu ileri sürmüşlerdir [50]. Saxena’nın [8] bildirdiğine göre, Habeebullah ve ekibi, eğer kutu tipi bir güneş enerjili pişiricinin dört tarafı ayna yansıtıcıyla çevrelenirse, rüzgar doğrudan cam yüzeyle temas halinde bulunmayacağından rüzgardan gelen zararlar azaltılmış olacağını ileri sürmüştür [8].

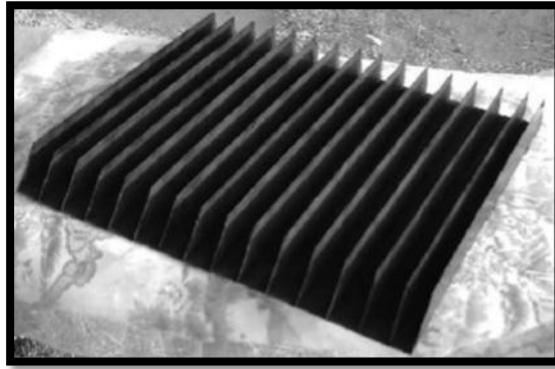
Nostell ve arkadaşları [51], yansıtıcı malzemelerine yönelik çalışma yapmışlardır. 7 yıllık polivinil florür, anodize alüminyum, alüminyum folyo ve paslanmaz çelik arasındaki dayanıklılık karşılaştırması yapmışlardır. Diğerleri sadece yavaş bozulma gösterirken anodize alüminyumun uzun vadede dayanıklı olmadığı tespit edilmiştir. Paslanmaz çeliğin çok düşük yansıtma yaptığı, ümit vaat eden bir malzeme olarak lake alüminyumun dayanıklı olduğu, ancak yaşlanma sonrası dağılma eğiliminde olduğu belirtilmektedir. Başka umut verici yansıtıcı malzeme olarak 6 yıl sonra dahi hala yansıtıcı özelliğini yitirmeyen ve oldukça verimli olan vakumda buharlaştırılan ince film alüminyum folyo vardır. Sonuçlar, yedi yıla kadar olan süreçte 3M 5400 folyonun uzun vadede kararlı olduğunu göstermektedir. Açık alüminyum çok çabuk bozunma gösterirken, çelik malzeme düşük yansıtma özelliği yanında dayanıklı bir malzemedir. Geleneksel anodize alüminyum levha yavaş yavaş bozulmakla birlikte 5 yıl sonra yansıtma özelliği çok düşük hale gelmektedir. Foto-termal uygulamalar için uygun maliyetli bir güçlendirici yansıtıcı gerekiyorsa. PVF₂ lake alüminyum yüzey tavsiye edilmektedir [51].



Şekil 2.7 : Negi ve Prohit tarafından tasarlanan kutu tipinde GEF

- **Saydam Örtü:** Cam, akrilik, fiberglas vb. malzemeler saydam örtü malzemeleri olarak kullanılmaktadır. Tek pencere camı kullanılan yapılar genellikle büyük sıcaklık dalgalanmalarına, hava akımına maruz kalacak, dışarıdan pişiricinin içine soğuk hava girişi ve pişiricinin içinden dışarıya önemli miktarda ısı kaçıışı olacaktır. Bugün kullanılan en yaygın cam türü çift cam ünitesidir. Saydam örtü, mümkün olduğu kadar güneş ışınlarını almalıdır ve mümkün olduğunca yukarı doğru artan ısı kayıplarını azaltmalıdır. Radyasyon ve ısı yayımıyla çevreye ısı kaybının en aza indirilmesi ve performansını artırılması için iki yada üçlü camla doldurulabilen saydam yalıtım malzemeleri tavsiye edilmektedir [8, 52, 53, 54]. Mullick ve ekibi, çift camlı kutu tipinde bir güneş enerjili pişiriciyi inceleyerek, arasında uygun boşluk bulunan ve uygun kalınlıktaki çift camlı pişiricinin kalın ve tek cama sahip pişiriciye göre daha verimli olduğunu göstermiştir [55, 56].
- **Soğurucu tabaka ve ısı aktarımı:** Kutu tipindeki bir güneş enerjili pişiricinin soğurucu tabakası basit bir düz tabaka toplayıcıdır. Malzeme olarak alüminyum, bakır ya da benzeri metaller kullanılabilir. Soğurucu tabakanın mat siyah boya ile boyanması ya da performansı artırmak için seçici bir yüzey ile kaplanması beklenir. Güneş ışınları, saydam tabakadan geçtiğinde siyaha boyanmış veya soğuruculuğu yüksek bir tabakayla kaplanmış yüzeye çarptığında, bu enerjinin büyük bir kısmı tabaka tarafından soğrulur ve daha sonra pişiricinin içindeki pişirme kabındaki yiyeceğe aktarılır [8, 57]. Soğurucu tabakanın güneş ışınlarına

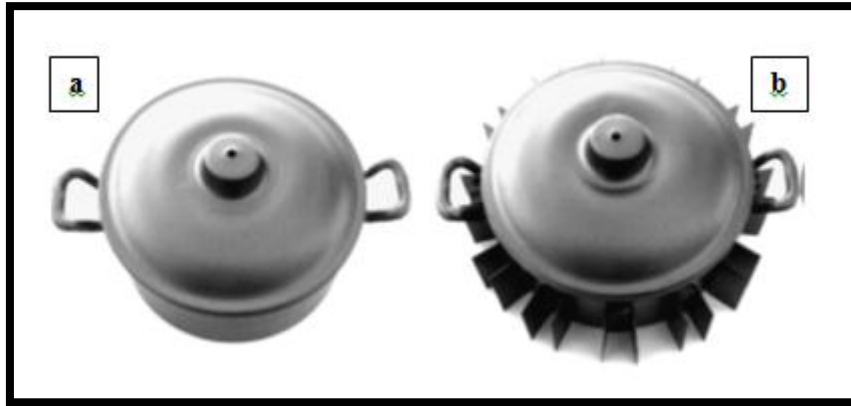
alttan ve üstten maruz kaldığı, çift taraflı bir güneş enerjili pişiricide, geleneksel kutu tipinde güneş enerjili pişiricilere göre yemek pişirme süresi yaklaşık 30-60 dakika azalmıştır [58]. Harmim ve ekibi [59] Cezayir’de gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada, kanatlı ve kanatsız (düz) soğurucu tabaka kullanarak, kanatlı soğurucu tabakanın, pişiricinin performansında ne kadar etkili olduğunu araştırmışlardır. Şekil 2.8’de görülen kanatlı soğurucu tabakada kullanılan kanatlar, soğurucu tabakadan havaya ısı transferini artırmaktadırlar. Deneysel araştırma sonuçları, kanatlı soğurucu plaka ile donatılmış kutu tipi GEF için durgunluk sıcaklığının, sıradan bir soğurucu plaka ile donatılmış kutu tipi güneş fırınına oranla % 7 daha fazla olduğunu göstermiştir. Kutu tipi GEF’te suyun kaynama noktasına kadar ısıtılması için gereken süre, kanatlı soğurucu tabaka kullanıldığında % 12 oranında azalmıştır [60]. Kalogirou ve arkadaşları [57]. Tripanagnostopoulos ve Nousia’nın [61] soğurucu yüzeylerde soğrulmanın en fazla düzeyde olması için, seçilen kaplamada mavi, kırmızı kahve, yeşil vb çeşitli renkleri denemeleri üzerine yaptıkları çalışmalar, renkli tabakaların tipik siyah tabakalardan daha düşük verimliliğe sahip olduğu göstermektedir.



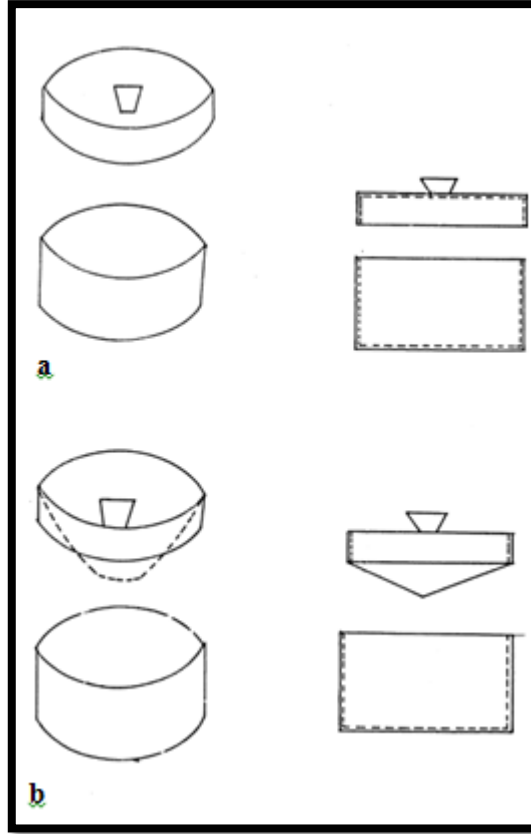
Şekil 2.8. Kanatlı soğurucu tabaka [60].

- **Piştirme kapları:** Kutu tipinde bir GEF’te yemek pişirmek için genellikle alüminyumdan yapılmış silindirik şekilde piştirme kapları kullanılır. Dışları siyaha boyanmış olan piştirme kapları, soğurucu tabaka ve tencereler arasında iletim yoluyla ısı transferi oranını artırmak için soğurucu tabakanın merkezine konulur. Kapların sayısı yiyecek çeşidine ve miktarına bağlı olarak çeşitlenebilir [8]. Narasimha Rao ve Subramanyam [62], ısının kaba homojen olarak girmesi için piştirme kabını tutamaçlı bir yapı üzerinde kullanarak deneysel çalışma yaptılar. Piştirme kabı ve kapağın alt yüzeyi, gıda için ısı transferi sürecinde etkisizdir.

Yapılan deneysel çalışmalarda ulaşılan sonuca göre, birkaç tutamak sağlanarak kabın yükseltilmesi kabın tabanına doğru bir ısı aktarım yüzeyi yapacaktır. Sıcak hava dolaşımı kabın alt yüzeyinden, kaptaki içeriğe taşınımla ısı transferini artıracaktır. Bu değişikliğin, ısıtma ve soğutma işlemlerinin her ikisinde de ısı transferini geliştirerek sistemin performansını artırdığı, doğunluk sıcaklığı ve pişirme için gereken zamanın önemli ölçüde azalmasını sağladığı belirtilmiştir [14]. Reddey ve Narasimha Rao'nun çalışmalarında, pişirme kabından gıda maddesine geçen ısı akış sürecini anlamak için bir matematiksel model kullanılarak, tutamak üzerinde bulunan silindirik merkezi boşluklu kabın, klasik silindirik kaptan daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır [63, 64, 65]. Harmim ve ekibi, hacim olarak özdeş klasik tencere ile kanatçıklar olan tencerelerin karşılaştırmasını yaparak, kanatçıkların eklenmesiyle ısı aktarımında artış sağlanması nedeniyle pişirme süresinde azalma olduğunu bildirmiştir. şekil 2.9'da, bu çalışmada kullanılan klasik ve kanatçıklar eklenmiş tencere görülmektedir [66]. Gaur ve ekibi, kutu tipi bir güneş enerjili pişiricinin performans çalışmasında, pişirme kabının kapağında bir değişiklik önerdi. şekil 2.10'da görülen düz kapak yerine(a) konkav şekilli(b), tencerenin içine giren bir kapak geliştirdi. Bu kapağın kullanılmasıyla, normal düz kapaklı tencere kullanımına göre yemeğin pişme süresinde % 10-13 oranında azalma olmuştur [67].



şekil 2.9 : a) Klasik tencere b)Kanatçıklar eklenmiş tencere



Şekil 2.10: a) Normal pişirme kabı b) Modifiye edilmiş pişirme kabı

- Yalıtım:** Güneş ısı uygulamalarında ısıyı en yüksek düzeyde depolamak, verimlilik açısından büyük önem taşımaktadır. Isı enerjisinin kutunun içinden kutunun dışına çıkmasını engellemek için yalıtım sağlamak kaçınılmazdır. Bu amaçla, moiflex, melamin köpük, cam yünü, kağıt tomarı, kuru ot, saman kullanılabilir. Malzeme ne olursa olsun kuru olmalı ve çok fazla zorlanarak doldurulmamalıdır. Bu malzemelerin konulmasının sebebi kutular arasında hareket eden havayı önlemektir. Kutu tipindeki güneş enerjili pişiricideki en fazla ısı kaybı, duvarlarla karşılaştırıldığında cam aracılığıyla olmaktadır. Bu nedenle, yalıtımın çerçeve ve soğurucu tabakanın alt kısmının yanı sıra, cam arasında da kullanılması kutu tipindeki bir güneş enerjili pişiricinin genel sıcaklığını ve pişirme gücünü artırması açısından gerekli olmaktadır [8]. Björk ve Tomas Enochsson [68], üç farklı yalıtım malzemesinin yoğunlaşma oluşumu, drenaj, neme bağımlı ısı geçirgenliği özelliklerini inceleyerek, ısı geçirgenlik üzerinde nemlilik etkisinin önemli farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir. Malzemenin yüksek difüzyon direnç faktörü veya düşük geçirgenlik katsayısı düşük yoğunlaşma oluşumunu açıklayabilir.
- Çizelge 2.2**'de özellikleri verilen ve yaptıkları çalışmada kullanılan Moniflex, cam yünü ve melamin köpük yalıtım malzemeleri arasında cam yününün, en

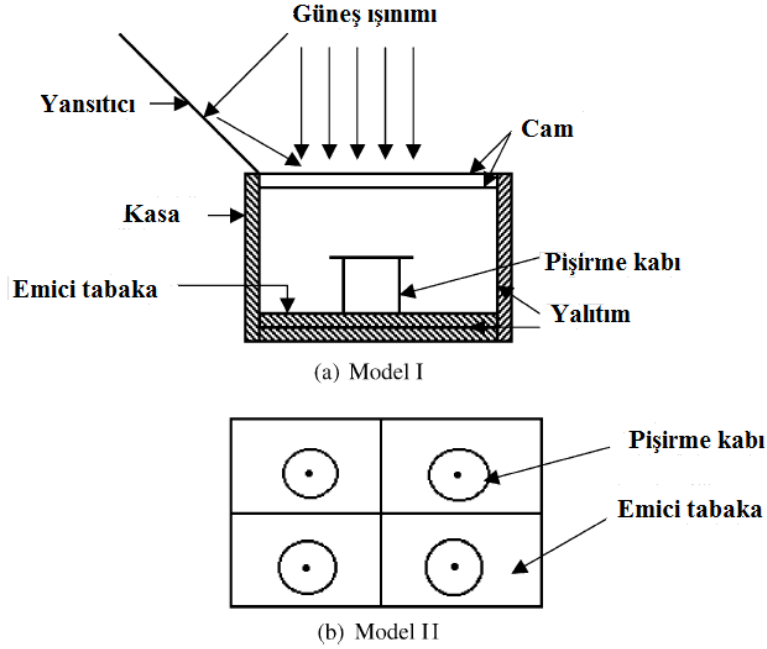
büyük yoğunlaşma formasyonuna sahip olduğu bulunmuştur. Malzemelerin yalıtım için kuru formda olması önerilmiştir [68].

Çizelge 2.2 : Malzeme özellikleri

MALZEME	Monifleks	Cam Yünü (Isover)	Melamin köpük (BASF)
Yoğunluk; $\rho\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	13	20	10
Isıl İletkenlik Katsayısı $\lambda_{10}\left(\frac{W}{m^0C}\right)$	0.056	0.038	0.035
Difüzyon direnci faktörü; $\mu\left(\frac{1}{l}\right)$	280	1-2	1-2
Geçirgenlik katsayısı; $\delta_v\left(\frac{m^2}{s}\right)$	0.09×10^{-6}	20×10^{-6}	20×10^{-6}

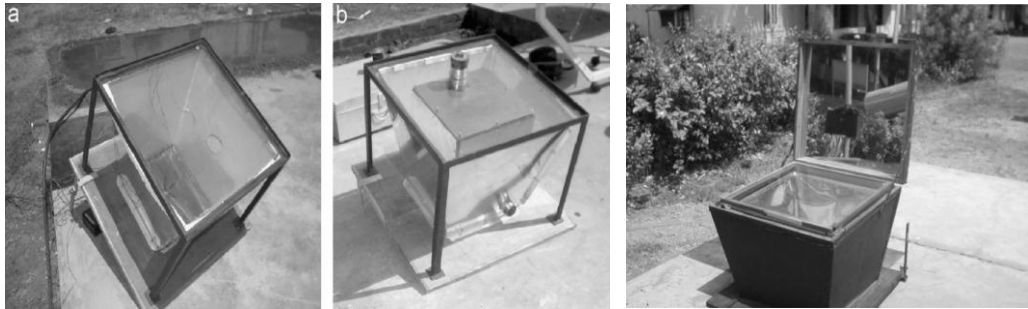
Kurt ve ekibi, pişirici geometrisinin pişirici performansı üzerindeki etkisini test etmek amacıyla, aynı malzemeden biri silindir, diğeri dikdörtgen olan iki tasarım yaparak, deneysel çalışmalar sonucunda silindir modelin dikdörtgen modele göre çok daha iyi sonuç verdiği kanıtlanmıştır [20]. Ekechukwu ve Ugwuoke'nin yaptığı çalışmada, düzlem-yansıtıcı destekli kutu tipinde güneş enerjili fırın tasarımının performansları sunulmaktadır. Pişiricinin soğurucu tablası mat siyah boya ile boyanmış ve çift camlı kapaktan oluşmaktadır. Alt ve yan boşluklar fiberglas yün yalıtkan doldurulmuştur. Termal performans test sonuçlarına göre soğurucu tabakanın durgunluk sıcaklıkları, yansıtıcılı ve yansıtıcısız olarak, 138 °C ve 119 °C olarak kaydedilmiştir [1]. El-Sebaai ve İbrahim, Şekil 2.11'de görüldüğü gibi, içinde bir adet (I Model) ve dört adet (Model II) pişirme kabı bulunan, kutu tipinde bir güneş enerjili pişirici tasarlayarak bu pişiricinin üst üste yemek pişirmek için günde iki kez kullanılabileceğini göstermektedir. Fırın performansını

artırmak için, Model II, Model I' de olduğu gibi dört özdeş kaba dağıtılmış çeşitli su kütleleri kullanılarak test edilmiştir. Kutu tipi fırınlarda en iyi performans, en fazla yükleme ile sağlanmıştır. Açıklık alanı 1 m^2 'ye eşit olan Model II ile % 26.7 verim ile 15 dakikada 1 kg su kaynatılmıştır [69].



Şekil 2.11: El Sebai ve İbrahim'in tasarladığı GEF'in şematik gösterimi

Kumar ve ekibi kesik piramit şeklinde (Şekil 2.12), maliyeti düşük ve yüksek sıcaklıklara erişebilen ve bu sayede pişirme süresini kısaltan bir pişirici tasarlamıştır. Ayrıca gıdaların kurutulmasında da kullanılan fırında en yüksek plaka durgunluk sıcaklığı, yüksüz koşullar altında $140 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmıştır [70] ve maksimum verimi % 54 olarak bulunmuştur [71].



Şekil 2.12 : Kumar ve arkadaşlarının tasarladığı kesik piramit şeklindeki GEF

Wareham'un, Şekil 2.13'te görülen ve SUNSTOVE adını verdiği hafif, sağlam, kullanımı kolay güneş enerjili pişirici Güney Afrika'da 1992 yılından beri kullanılmaktadır. Tasarımda % 75 geri dönüşümlü, % 25 saf malzeme kullanılmıştır. Isıtılan iç hacmi azaltmak ve yansıtıcıların yokluğunu kompanse etmek amacıyla, kenar kısımları içe doğru eğilendirilmiştir. Pişiricinin eğimli yansıtıcı özelliği bulunan iç duvarlarına gelen güneş ışınları kullanılan siyah pişirme kabına yönelir ve kap tarafından soğurur. Şeffaf polikarbonat kapak her mevsimde maksimum güneş enerjisini biriktirmek, muhafaza etmek ve siyah pişirme kabına yönlendirmek için eğilendirilmiştir. İç duvarların yalıtımı fiberglas ile sağlanmıştır [72, 6].



Şekil 2.13 : Wareham tarafından tasarlanan GEF

El-Tous ve arkadaşları [73], Şekil 2.14'te görülen pişiricinin yönünün güneşe göre kendiliğinden değişebilmesi için güneş enerjili pişiriciye elektronik bir izleme sistemi ekleyerek ısı performansın %36 oranında daha yüksek çıktığını ileri sürmüşlerdir.



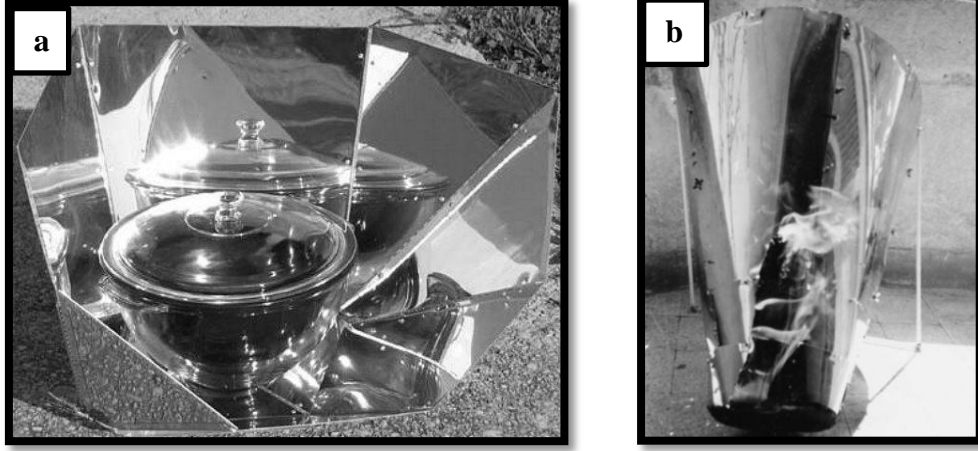
Şekil 2.14 : El-Tous ve arkadaşlarının tasarladığı izleme sistemine sahip pişirici

2.3.2 Odaklamalı Güneş Enerjili Pişiriciler

Odaklamalı fırınlarda yüksek sıcaklıklara erişebilmesi, ısıtma sürenin kısalığı avantajlı yönü olmasına karşın, yangın çıkarma tehlikesi, yemekleri yakma riski ve güneşi izlemesi için sık yön değiştirme zahmeti dezavantajıdır [29].

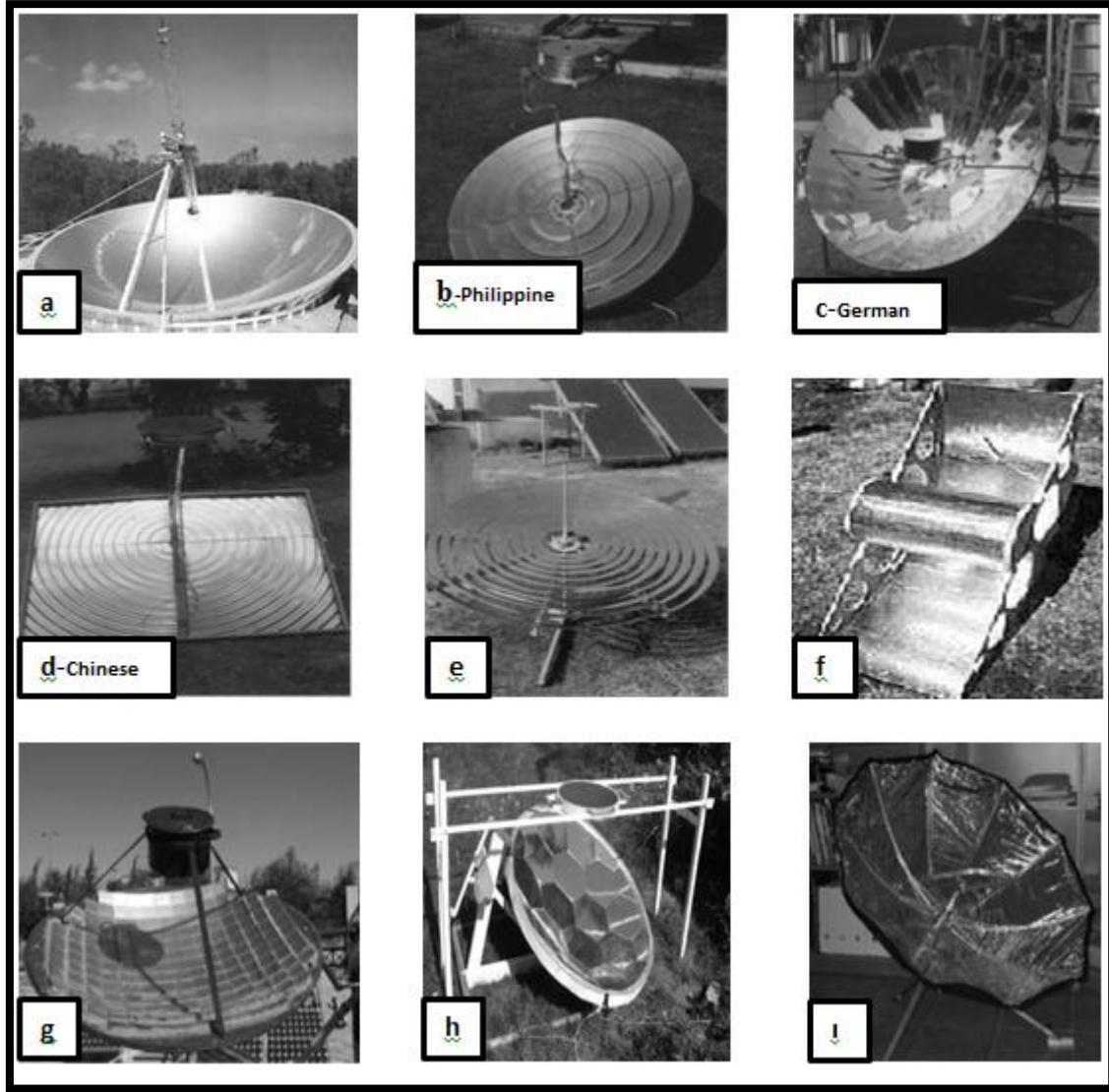
Odaklamalı güneş enerjili fırınlarda, pişirme kabı yoğunlaştırıcı bir aynanın odağına yerleştirilir. Bu tür pişiriciler, tek veya çift eksen izleme sistemi üzerinde çalışırlar. Odaklayıcı pişiriciler çok boyutlu karmaşık aynalar kullanılarak yapılırlar. Fresnel lensler veya parabolik yoğunlaştırıcılar yüksek sıcaklıklara erişmek için kullanılırlar. Yukarıdan ışığı yoğunlaştıran pişiriciler ve aşağıdan ışığı yoğunlaştıran pişiriciler odaklamalı güneş enerjili fırınların iki ana tipidir [30]. İlk tipteki fırınlarda, ışık yukarıdan yoğunlaştırılır. Bu model her ne kadar enerjinin yukarıda yoğunlaşmasını sağlayan model olsa da, gıdaların pişirilmesinde pek tercih edilmemektedir. Geliştirilmiş olan pek çok tasarım vardır. Bu kategoride en popüler olanı, 1994'de Fransa'da Roger Bernard tarafından geliştirilen ve Şekil 2.15.a)'da verilen panel pişiricidir. Bu pişirici çeşidi katlanabilir, hafif ve düşük maliyetli bir tasarımdır [30, 7, 74]. Şekil 2.15 b)'de Sharaf'ın [75] ekonomik, hafif, yüksek verimli kesik koni şeklinde iç yüzeyleri yansıtıcı malzemeyle kaplı tasarladığı konik pişirici görülmektedir. Ocak bakliyat ve çeşitli türde et pişirmek için

kullanılabilmektedir. Ocak aynı zamanda yağda kızartma ve fasulye pişirilerek test edilmiştir.



Şekil 2.15: a)Panel pişirici b)konik pişirici

İkinci tipte, ışık alttan yoğunlaştırılır ve bu model rutin pişirme işlemleri için en uygun modeldir. Bu tipteki pişirici için pek çok araştırmacı tarafından, Şekil 2.16'da gösterilen pek çok model geliştirilmiştir.



Şekil 2.16: a) Küre biçiminde yansıtıcı pişirici b)Yoğunlaştırıcı pişirici (Philippine) c) Paraboloidal ocak (German) d) Fresnel yoğunlaştırıcı pişirici(Chinese) e)Fresnel ocak f)Silindirik parabolik ocak g) Küresel güneş ocağı (Abu-Malouh ve ark.) h) Gallagher'ın tasarladığı, ışığı alttan yoğunlaştıran pişirici i) Arenas'ın tasarladığı hafif, parabolik pişirici

Şekil 2.16 a)'da küresel yansıtıcının şekli görülmektedir. Stam ilk olarak bu modeli 1961'de önermiştir. Bu model, yapımı, kullanımı kolay olan yoğunlaştırıcının en basit tipidir. Pişirme kazanı üç ayaklı tutucudan sarkabilir veya uygun bir durumda olabilir ve odaklanmayı karşılaması için konumlandırılır [30].

Şekil 2.16 b-c-d'de Patel ve Philip [76] tarafından tasarlanan ev kullanımına yönelik pişiriciler görülmektedir. Üç adet yoğunlaşmalı güneş ocağı ısıl performans ve pişirme yeteneklerini tespit etmek için test edilmiştir. Bu üç ocak farklı ülkelerde Filipinler, Çin ve

Almanya'da geliştirilmiştir. Test sonuçlarına göre Philippine adlı pişiricinin durgunluk sıcaklığı 150 °C'ye Chinese ve German adlı pişircilerin ise 200 °C'nin üzerine çıktığı tespit edilmiştir. Fresnel pişirici ısı pişirme kabının geniş bir alanı üzerinde dağıldığından pişirme işlemi için daha uygun olduğu bulunmuştur. Paraboloidal (c) ocaktaki nokta odak gıdaların yanmasına ve kullanıcı yanıklarına da yol açabilecek yüksek sıcaklıklara çıkabilir. Parabolik yansıtıcılar mükemmel tasarımlar olsa da, iyi teknisyenler bile onların yapımını kalıp yardımıyla zor yapabilmektedir. Bundan dolayı fresnel yansıtıcılar diğer tasarımlara göre daha fazla önem kazanmaktadır [30]. Şekil 2.16 d'de Patel ve Philip'in [76] ve Şekil 2.16 e'de Sonune ve Philip'in geliştirdiği fresnel yansıtıcılar görülmektedir [77].

Şekil 2.16 f'de silindirik-parabolik pişirici görülmektedir. Bu tür pişiriciler ışınları, iki veya daha fazla pişirme kabının konulabildiği, yalıtılmış silindirik bir kutu içerisinde odaklamaktadır. Bu tasarım su ısıtılmasında yaygın olarak kullanılmakla birlikte daha fazla kapta yemek pişirmek amacıyla da aynı şekilde denenmiştir [30].

Şekil 2.16 g'de Abu-Malouh ve arkadaşlarının tasarladığı [78], küresel güneş ocağı görülmektedir. Küresel güneş ocağının döndürülmesini kontrol etmek için iki eksenli güneş takip sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem güneş ışığı demetinin günün herhangi bir zamanında çanakta olup olmadığını kontrol etmektedir. Bu şekilde mümkün olabilecek en yüksek verimliliğe ulaşılabilmektedir. Otomatik güneş takip sistemine sahip olan bu güneş ocağı sonuçları, parabolik güneş ocağı sonuçları ile karşılaştırıldığında daha yüksek güç sağlandığı belirtilmektedir [78].

Şekil 2.16 h'de Gallagher'ın tasarladığı [79], ışığı alttan yoğunlaştıran pişirici görülmektedir. Tencerenin altındaki ayna güneş ışınlarını, siyah soğurucu yüzeye sahip olan tencerenin altına yönlendirir. Tencerenin alt kısmında homojen bir ışın demeti oluşması için aynalar alüminyum-Mylar malzemeden yapılmış düz, altıgen panellerden oluşmaktadır. Aynaların montajı tek bir ayna açısı ayarıyla günde 8 saat çalışabilmekte buna ek olarak tam yıllık kullanım için mevsimsel montaj ayarı gerekmektedir [79].

Şekil 2.16 i'de Arenas'ın [10] tasarladığı, taşınabilir, maliyeti düşük, küçük bir hacim içine katlanabilir ve hafif, parabolik bir pişirici görülmektedir. Pişiricinin bir prototipi ile yürütülen teknik çalışmalarda % 26.6 enerji verimliliği tespit edilmiştir [10].

2.4 Güneş Enerjili Fırınlarmın Tasarımına ve Test Edilmesine Yönelik Yaklaşımlar

Farklı türdeki tasarımları karşılaştırabilmek için fırınların güç ve verim değerlerini hesaplamak gerekmektedir. Güneş enerjili pişiricileri tasarlamak için bazı temel denklemler gereklidir. Aşağıdaki yöntem bazı karmaşık sistemler için yeterli olmasa da basit pişirici tasarımlarında uygulanabilmektedir [80].

Kutu tipinde GEF'ler için bir test standardı geliştirilmesi dünya genelinde araştırmacılar arasında ciddi bir araştırma konusu olmuştur [81]. Güneş enerjili fırınların değerlendirilmesi ve farklı tasarımların karşılaştırılması, fırınların kendi termal performansını temsil eden test yöntemlerinin ve çeşitli performans parametrelerinin saptanmasını gerektirmektedir [82]. Bu parametreler coğrafi, iklimsel, bir toplumun yemek yeme alışkanlığı gibi sosyal değişkenlerden ve kişinin yargısından bağımsız olmalıdır. Sözü edilen çoğu ısıl performans parametresi bu değişkenlerden bağımsızdır [83].

Güneş enerjili pişiricinin ısıl performansı, pişirici malzemelerinin ve pişirici tasarımının termal özellikleri ve optik analizleri aracılığıyla veya kontrol koşulları altında deneysel olarak termal performansını test etmek yoluyla tanımlanabilir. Gelen radyasyonun, dış hava sıcaklığının ve sıvı sıcaklığının farklı kombinasyonu için saptanan ani verim değerleri kısmen karardır. Kararlı veya kısmen kararlı durumlar altında, kolektör üzerine düşen güneş radyasyonu oranının ve buna ek olarak kolektör aracılığıyla akışkana geçen ek enerjinin oranının deneysel olarak ölçülmesi gerekmektedir [8]. Tüm güneş ısı cihazları için performans parametreleri, temel olarak, kendi optik etkinliğini ve toplam ısı kaybı davranışını temsil etmektedir [84].

Khalifa ve arkadaşları [85] tarafından öne sürülen ve bu çalışmada kullanılan fırınların performansını ölçmek için kullanılan yöntem kutu tipindeki GEF'ler için aşağıda verilmiştir:

Kutu tipinde bir GEF tarafından alınan enerji miktarı, q_{in} ,

$$q_{in} = I_{DN} A_C \quad (2.1)$$

Eşitliği ile verilir. Burada, I_{DN} direk normal radyasyonu (W/m^2) ve A_C fırındaki saydam tabaka alanını göstermektedir.

Piştiricinin yoğunlaştırıcı verimi η_{col} ,

$$\eta_{col} = \frac{q_{ov}}{q_{in}} \quad (2.2)$$

q_{ov} , cama ulaşan enerji miktarını göstermektedir. Bundan dolayı malzeme, işçilik ve ağırsal ayarda yapılan hatalar nedeniyle oluşan kayıplar $q_{col,l}$ ise;

$$q_{col,l} = (1 - \eta_{col})I_{DN}A_C \quad (2.3)$$

eşitliği ile verilir. Bir başka kayıpta ($q_{Ref,\omega}$), camdan yansıma veya cam, tencere ve emici tabaka arasında çoklu yansımalar nedeniyle ortaya çıkar. Bu nedenle, ($q_{Ref,\omega}$), hem camın geçirgenliğine, hem de kap ve emici tabakanın ışınımı soğurma kapasitesine bağlıdır. Kalan enerji tencere ve soğurucu tabaka tarafından soğurulur. Tencere ve soğurucu tabakanın sıcaklığı arttıkça, tencere-soğurucu tabaka ve cam örtü arasında taşınım ve ışıma ile ısı değişimi oluşacaktır. Böylece taşınım ($q_{c,w}$) ve ışınım (q_{lw}) yoluyla çevreye doğru cam örtüden ısı kayıpları gerçekleşecektir. Meydana gelen diğer kayıplar, piştiricinin yan kısımlarından (q_s) ve alt kısmından ($q_{b,l}$) kaynaklanan kayıplardır. Enerjinin geriye kalan diğer kısmı, piştirici bileşenlerinin iç enerjisini yükseltmek için kullanılırken tencerenin içindeki faydalı enerji (q_F) olarak kabul edilir. Böylece piştirici için enerji dengesi [85];

$$q_{in} = q_F + [q_{col,l} + q_{Ref,\omega} + q_{c,l} + q_{s,l} + q_{b,l}] + q_{ab,ov} \quad (2.4)$$

olarak yazılabilir. Burada,

$q_{ab,ov}$, piştirici bileşenleri tarafından soğurulan enerjiyi ve çıkımlar (köşebent) arasındaki kayıpları göstermektedir. $q_{ab,ov}$; piştirme işleminin başlangıcında en büyük değeri alır ve çeşitli bileşenler sıcaklık olarak artış gösterirken düşüşe geçmektedir.

Zamanın fonksiyonu olarak yiyeceğe birim zamanda eklenen faydalı enerji q_F ;

$$q_F = m_F c_v \frac{dT_F}{dt}$$

(2.5)

bağıntısı ile gösterilir. Burada, m_F ; yiyeceğin kütlesi (kg), c_v tenceredeki yiyecek ya da suyun sabit hacimde özgül ısısı ($Jkg^{-1} \text{ } ^\circ C^{-1}$) (Sabit olduğu varsayılmaktadır.), T_F ; yiyecek ya da suyun sıcaklığı($^\circ C$) ve t ; zamanı(s) göstermektedir.

Tencere içeriğine eklenen faydalı enerji yoğunluğu şu şekilde ifade edilebilir:

$$q_F'' = \frac{q_F}{A_C}$$

$$q_F'' = \frac{m_F c_v}{A_C} \frac{dT_F}{dt} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.6)$$

Kollektör kaybı olan $q_{col,l}$ ve yansıtma kaybı olan $q_{Ref,\omega}$ sıcaklıktan bağımsızdır. Aynı şekilde sıcaklığa bağlı olan $q_{c,\omega}$, $q_{s,l}$ ve $q_{b,l}$ aslında bir pişirme çalışmasının başında sıfırdır ($t = 0$). $t = 0$ için Eşitlik (2.4) şu şekilde basitleştirilerek:

$$q_{in} = q_F + [q_{col,l} + q_{Ref,\omega}] + q_{ab,0v} \quad (2.7)$$

elde edilir.

$t=0$ anında mevcut enerji ($q_{ab,0v}$), pişiricinin ve yiyeceğin ısıtılmasında (q_F) kullanılacaktır. Zaman geçtikçe sıcaklığa bağlı olan $q_{c,\omega}$, $q_{s,l}$ ve $q_{b,l}$ terimleri önem kazanacaktır. Pişirici ve yiyecek arasında yüksek bir sıcaklık gradyanı yaratmak için pişirici yeterince ısıtıldığında, yiyeceğe ulaşan faydalı ısı oranı en yüksek değerine ulaşır ($q_{F,max}$). Böylece bu sırada ($t=\delta$) pişirici verimi en yüksek seviyeye ulaşır. Zamanla yiyeceğin sıcaklığı artarken tencere ile ilgili kayıplar, fırın sıcaklığı, fırın ile ilgili kayıpları müteakip bir artış ile yükselirken önem kazanır. Bundan dolayı pişirici verimi zaman geçtikçe aşamalı olarak azalır. Yukarıdaki tartışma göz önüne alındığında, bir anlık pişirici verimliliği tanımlanabilir:

$$\eta_{c,t} = \frac{q_F}{q_{in}} \quad \text{veya} \quad \eta_{c,t} = \frac{m_F c_v}{I_{DN} A_C} \frac{dT_F}{dT} \quad (2.8)$$

$\eta_{c,t}$ 'nin en yüksek değeri $\eta_{c,max}$, δ pişiricinin ısınma süresi ise $t=\delta$ olduğunda meydana gelir.

$$\eta_{c,max} = \frac{q_{F,max}}{q_{in}}$$

$$\frac{m_F c_v}{I_{DN} A_C} \frac{dT_F}{dt} \max$$

$$\eta_{c,max} = \frac{q''_{F,max}}{I_{DN}} \quad (2.9)$$

Eşitlik 2.9, pişiricinin maksimum anlık kullanım verimliliğini temsil etmektedir. Isıl kütlesi çok küçük olan bir pişirici için maksimum kullanım verimliliği özellikle pişiricinin optik verimine işaret etmektedir [85].

Piştirme süresi boyunca genel kullanım verimliliği,

$$\eta_u = \frac{Q_F}{Q_{in}} \quad (2.10)$$

olarak tanımlanabilir. Q_F , sıcaklık yükselişi için yiyecekte depolanan kullanışlı ısıdır ve

$$Q_F = m_F c_v \Delta T.$$

şeklinde gösterilebilir. Güneş ışınımı girişinin bu aralık içinde nispeten sabit olduğunu göz önünde bulundurarak;

$$Q_{in} = I_{DN} A_C \Delta t.$$

yazılabilir. " η_u " nun $\frac{\Delta T}{\Delta t}$ oranı olduğu görülmektedir. Bundan dolayı ideal bir pişiricide ($\eta_u = 1.00$) $c_v = 4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $A_c = 1 \text{ m}^2$ ve $I_{DN} = 700 \text{ W/m}^2$ olarak alındığında başlangıç sıcaklığı 25°C olan 1 kg suyun kaynaması için gerekli süre Δt_{min} , Eşitlik (2.10) yardımıyla $\Delta t_{min} = 7.46$ dakika olarak hesaplanabilir. η_u şu şekilde ifade edilebilir:

$$\eta_u = \frac{(\Delta t)_{min}}{\Delta t} \quad (2.11)$$

$$(\Delta t)_{min} = \frac{m_F c_v \Delta T}{A_c I_{DN}}$$

Spesifik kaynama süresi t^* , pişirici performansını değerlendirmede kullanılabilir:

$$t^* = \frac{\Delta t A_c}{m_F} \left[\frac{\text{min}}{\text{kgm}^{-2}} \right] \quad (2.12)$$

Alternatif olarak şu eşitlikte kullanılabilir:

$$t^* = \frac{c_v \Delta T}{\eta_u I_{DN}} \quad (2.13)$$

Eşitlik (2.12) ve (2.13)'te görüldüğü gibi özdeş c_v , ΔT ve I_{DN} , t^* değerleri çeşitli pişiriciler için kullanım verimliliği ile ters orantılı olacaktır. Eşitlik (2.11) karakteristik kaynama süresini (t_c) saptamak için modifiye edilebilir:

$$t_c = t^* \frac{I_{DN}}{I_{DN}^*} \quad (2.13)$$

I_{DN}^* , direk normal radyasyon değeri olarak alınan referans bir değerdir (900 W/m^2). Çeşitli pişiriciler için karakteristik kaynama süresi hesabı, farklı güneş ışınımı koşullarında, pişiricilerin performans karşılaştırmasında anlamlı bir kolaylık sağlayabilir [85].

Güneş enerjili fırınların test edilmesine yönelik olarak dünya genelinde; Khalifa ve arkadaşları [85] dışında, Purohit'in [84] makalesinde belirtildiği üzere Vaishya ve arkadaşları tarafından, boş fırında elde edilebilecek en yüksek sıcaklık, enerji dengesi denkleminde, fırının genel ısı kayıp katsayısını tahmin etmek için kullanılmıştır. Yatay yüzey üzerinde toplam güneş radyasyonunun yoğunluğunun, emici tabaka ve durgunluk koşullarında, ortam sıcaklığı arasındaki farka oranının yıl boyunca sabit kalması nedeniyle, bunun bir test parametresi olarak kullanılabilmesi uygun görülmüştür.

Mullick'e göre [82] pişiricinin karmaşık olan ısı analizi, fırınların standartlaştırma yönteminin uygulamasını kolaylaştırmak için yeterince basit olmalıdır. Önerilen yöntem:

- (i) Değişik yiyeceklerin pişme sürelerini ya da
- (ii) Bilinen miktarda suyu kaynama noktasına kadar ısıtmak için gereken zamanı belirlemeyi içerir.

Değişik yiyeceklerin pişme sürelerini belirlemek, gözlemcinin kararına ve kullanılan içeriğin özelliklerine göre belirsizlik içereceğinden belli miktarda suyu kaynama noktasına

kadar ısıtmak için gereken zamanı belirlemek daha iyi bir yaklaşımdır. Isıtma için gereken zamanın, iklim ile ilgili değişkenlere, güneş radyasyonuna ve dış hava sıcaklığına bağlı olduğu bilindiğinden, güneş enerjili fırınların değerlendirilmesinin olanaklı kılınması ve Fırınların kendi aralarında kıyaslanması için iklimle ilgili değişkenlerden bağımsız olan parametrelere gereksinim duyulmaktadır. Önerilen ilk test fırının içerisi boşken önemli bir parametre olan optik verimin, ısı kaybı faktörüne oranı- F_1 değeri saptanır. Önerilen ikinci testte kaplara doldurulan suların makul şekilde ısıtılması sonucunda saptanacak olan iklimsel değişkenlerden az ya da çok bağımsız olan ve ısı değişimi verimlilik faktörünü (F') hesaba katan F_2 değerinin bulunmasını sağlamaktadır. Önerilen ikinci test kaplarda ki suyu makul bir şekilde 100°C 'ye kadar ısıtmayı öngörür. Maksimum enerji ön ısıtma periyodu boyunca gereklidir. 2. değer olan (F_2) bu makul ısı testinden saptanır. Pişirici sabah güneş ışığında veya bir güneş simülatörü altında tutulur ve su sıcaklığı kaynama noktasına erişene dek aşamalı olarak suyun sıcaklığının yükselmesine izin verilir [82].

Funk ve Larson [86], kutu tipinde güneş enerjili fırınların pişirme gücünü tahmin etmek için üç kontrollü (güneş kesişim alanı, toplam ısı kayıp katsayısı ve soğurucu tabakanın termal iletkenliği) ve üç kontrolsüz parametreye (güneşe maruz kalma, sıcaklık farkı ve yük) dayalı bir model sunmuştur. Kutu tipinde güneş enerjili pişiricinin pişirme kapasitesini tahmin etmek için sunulan model basit bir enerji dengesi denklemleri sayesinde çözülmüştür. Bu çalışmada geliştirilen model güneş ocağının ısıl performansının sistematik algılanması için bir temel sağlamaktadır [86].

Funk [87], güneş enerjili Fırınların test ve performans raporlaması için uluslararası standart yönteme ilişkin Güneş Enerjisiyle Pişirme Üçüncü Dünya Konferansında (Avinashilingam Üniversitesi, Coimbatore, Hindistan, 6-10 Ocak 1997) önerilen ve komite tarafından revize edilen çalışmasında, performans değerlendirmesini pişirme gücü (W) açısından ele almaktadır. Rüzgar, güneş radyasyonu, güneş yükseklik ve azimut açısı, dış hava sıcaklığı, tenceredeki malzemenin iç sıcaklığı kontrol edilemeyen değişkenler olup, yükleme, yönlendirme, sıcaklık algılama ise kontrol edilebilen değişkenlerdir. Funk'ın tanımına göre pişirme gücü şu şekilde ifade edilebilir:

$$P = \frac{MC_w dT_w}{dt} \quad (2.14)$$

P =Pişirme gücü, M =Su kütlesi, C_w = Suyun özgül ısısı, dT_w =Suyun sıcaklık farkı, d_t =Zaman aralığı

Funk aynı zamanda [87], standart pişirme gücünü şu şekilde ifade etmiştir:

$$P_s = \frac{700MC_w\Delta T}{600\bar{G}} \quad (2.15)$$

(P_s =Standart pişirme gücü, ΔT =Sıcaklık farkı, \bar{G} =Ortalama güneş radyasyonu)

Pişirme gücü ve standart pişirme gücünü hesaplayabilmek için; rüzgar hızı, ortam sıcaklığı, su sıcaklığı, güneş radyasyonu, fırının kesişim alanı gibi ölçülmesi gereken parametreler vardır. Bu Standardın kullanımının kolaylığının yanı sıra pişiricinin performans değerlendirmesinde iki önemli kriter olan pişirici kapasitesinin ve pişiricinin ısı tutma kabiliyetinin yorumlanması için iyi bir araç olduğu belirtilmektedir. Lokasyondan ve tarihten bağımsız olan uluslararası test standardı kullanılarak bulunan pişirme gücü eğrisi, Fırınların performans değerlendirmesinde dünya genelinde kullanılabilir [87].

Nahar [35, 54], güneş enerjili Fırınların verimini(η) hesaplamak için bir yöntem önermiştir. Nahar'ın önermiş olduğu eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\eta = \frac{(m_1C_w+m_2C_p)(t_2-t_1)}{cA \int_0^\theta Hd\theta} \quad (2.16)$$

η =Pişiricinin verimi, m_1 =Suyun kütlesi(kg), m_2 =Pişirme kabının kütlesi(kg), C_p =Pişirme kabının özgül ısı(J/kg/⁰C), T_1 =Suyun ilk sıcaklığı(⁰C), T_2 =Suyun son sıcaklığı(⁰C), C =Yoğunlaşma oranı, A =Soğurucu alan(m²), θ =Zaman aralığı(s), H :Güneş ışınımı(W/m²)

Çizelge 2.3'de performansı ölçmek için çeşitli parametreler değişik kişiler tarafından saptanmıştır. Lahkar ve arkadaşları [88], şimdiye kadar farklı performans parametrelerinin yerine farklı güneş ocağı türleri için ortak bir performans parametresi önermektedir. Ocak opto termal oranı (COR)² adı verilen performans parametresi, Hottel-Whillier-Bliss (HWB) denkleminde dayanmaktadır. Tüm pişirici türleri için ortak bir test prosedürü için protokol dikkatlice formüle edilmiştir Opto-termal oranının ortalama değeri sırasıyla konsantre pişirici ve kutu tipinde güneş enerjili pişirici için 0.155 ve 0.136 olarak

² COR: Cooker opto-thermal ratio

bulunmuştur. Konsantre pişirici daha üstün performans göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre kutu tipindeki ve konsantre pişirici için COR ve tek adım test prosedürü pişiricileri karakterize etmek için kullanılabilir [88].

Çizelge 2.3 : Kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler için ısı performans parametreleri ve değer aralıkları

Kaynak	Parametreler	Performans parametresi ifadesi	Değer aralığı
1.Vaishya [84]	(i)K	$U/(\tau\alpha)_e$	$\leq 10.0 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
2.Khalifa [83]	(i) η_u	Q_F / Q_{in}	7.4-29.6 %
	(ii) t_s	$\Delta T A_c / M$	25.843-85.757 min $\text{m}^2 \text{ kg}$
	(iii) t_c	$t_s \bar{G} / G_{NR}$	20.1-66.7 min $\text{m}^2 \text{ kg}$
3.Mullick [82]	(i) F_1	$F_1 = \frac{T_{ps} - T_{as}}{H_s}$	0.12-016 $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
	(ii) F_2	$F_2 = \frac{F_1 (MC)_w}{At} \ln \left[\frac{1 - (\frac{1}{F_1})(T_{w1} - T_a)/H}{1 - (\frac{1}{F_1})(T_{w2} - T_a)/H} \right]$	0.254-0.490 $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
4.Funk [87]	(i)P	$P = \frac{t_2 - t_1}{600} mc_p$	Detaylar mevcut değil.
	(ii) P_s	$P_s = P \frac{700}{I}$	$\Delta T = 50^\circ \text{C}$ iken 45 W
5.El Sebai ve İbrahim [69]	(i) η_u	$\eta_u = \frac{MC_w \Delta T}{A J_{ort} \Delta T}$	26.7% $\Delta T = 50^\circ \text{C}$
6. Öztürk [8]	(i) η	$\eta = \frac{[m_w C_{pw} (T_{wf} - T_{wi})] / \Delta T}{I_t A_{SC}}$	
	(ii) ψ	$\psi = \frac{m_w C_{pw} [(T_{wf} - T_{wi}) T_0 \ln(\frac{T_{wf}}{T_{wi}})] / \Delta T}{i [1 + (\frac{1}{3})(T_a / T_s)^4 - (\frac{4}{3})(\frac{T_a}{T_s})] A_{SC}}$	
7.Nahar [35]	(i) η	$\eta = \frac{(m_1 C_w + m_2 C_p)(t_2 - t_1)}{cA \int_0^\theta H d\theta}$	27.5%

Dünya genelinde, kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler için yapılan bazı test çalışmaları incelendiğinde, Ekechukwu ve Ugwuoke [1], düzlem yansıtıcıya sahip kutu tipinde GEF üzerinde ısıl performans testi kapsamında, yansıtıcılı ve yansıtıcısız olarak yaptıkları deney verilerine göre F_1 ve F_2 değerlerini hesapladılar. Pişirici yansıtıcılı olarak test edildiğinde F_1 değeri daha yüksek bulundu. Yansıtıcı kullanıldığında F_2 değeri 0.2649; F_1 değeri 0.1113 ; yansıtıcı kullanılmadan F_2 0.3, $F_1 = 0.0906$ olarak saptanmıştır [1].

Kurt ve ekibi [21] kutu tipindeki GEF'lerin performans parametreleri için yeni yaklaşımları ile elde ettikleri sonuçlar, yapay sinir ağları (YSA) modelinin yüksek doğruluk derecesi ile pişiricinin soğurucu tabaka, fırının iç hava sıcaklığı, farklı güneş ışınım şiddetinde ve farklı miktarlardaki suyun sıcaklıkları gibi termal performans parametrelerinin tahmini için başarılı bir şekilde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Deneylede pişirici, yansıtıcılı ve yansıtıcısız olarak test edilmiştir. Sonuçlar 0.9950-0.9987 aralığında korelasyon katsayılarıyla ve 3.92516-7.040% aralığında olan bağıl hatayla iyi bir regresyon olduğunu göstermektedir [21].

El-Sebaai ve Aboul- Enein [89] kutu tipindeki güneş enerjili fırınların farklı unsurları için, Cramer Kuralını kullanarak enerji dengesi denklemlerinin analitik çözümüne dayalı olan geçici (transient) bir matematiksel model sundular. Model tek yansıtıcıya sahip pişirici için tartışıldı. Pişirme sıvısının ölçülen ve hesaplanan sıcaklıkları arasında iyi bir uyum olduğu, kaynama sıcaklığına ulaşıldıktan sonra, model, pişiricinin diğer bileşenlerinin sıcaklıklarını ısı transferi katsayısı korelasyonların belirsizliği ve pişirme sıvısındaki buharlaşma kayıpları nedeniyle yaklaşık %10 civarında tahmin yapabilmektedir. Konvektif ısı transferi için saptanan değerler, pişirici içerisindeki kap doğal konveksiyonu engellemesi nedeniyle gerçek değerlerden biraz daha yüksek olabilmektedir. Pişirici öğle vaktinde kullanılırsa karakteristik kaynama süresinin %30 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Önerilen teorik model iyi bir doğruluk payıyla güneş enerjili fırınların performansını araştırmak için kullanılabilir [89].

Jaramillo ve ekibi [90] Ekvatordaki bölgeler için bir GEF geliştirmiştir. Pişiricinin literatürde genellikle altı yüzlü olarak bilinen tasarımlardan farklı olarak yedi yüzü vardır. Güneş enerjisini konsantre eden dört aynaya sahiptir. Bu yeni tasarımın en büyük avantajı yıl boyunca yeterli bir güneş konsantrasyonu elde etmek için sadece dört basit hareket gerektiriyor olmasıdır. Bu özellik optogeometrical tasarımı sayesinde mümkün olmuştur. Modele göre, öğle saatlerinde elde edilen konsantrasyonun miktarı yılın her gün için 1.95

daha büyüktür. Güneş enerjili pişiricinin optik performansını analiz etmek için, deneysel değerlendirme, pişiricinin bir ölçek modeli ve bir heliodon kullanılarak yapılmıştır [90].

Buddhi ve ekibi [91] pişirici için ısı iletim testi yapmış ve F_2 değerinin pişirme yüküne bağlı olduğunu, ve F_2 değerinin su miktarıyla eksponansiyel bir şekilde arttığını bulmuştur. Performans test metodunda kullanılacak su miktarını belirlemek gerektiği vurgulanmıştır. F_1 değeri 0.147 olarak tespit edilmiştir [91].

Güneş ocaklarının ısı performanslarının değerlendirilmesi için test yöntemleri geliştirme sürecinin bir parçası olarak, Shrestha iç mekan simülasyon koşulları altında durgunluk sıcaklığı çalışmaları yapmıştır [29].

El Sebaai ve İbrahim [69], bir ve dört tencere kullanarak, F_1 ve F_2 değerlerini belirlemek üzere Mullick'in [82] önermiş olduğu çalışmayı gerçekleştirdiler. Mullick'in yaptığı çalışmada kanıtlanan, tencere sayısı arttıkça F_2 değeri artışı yaptıkları çalışmada benzer şekilde gerçekleşti ancak Mullick tarafından saptanan değere göre %38 daha yüksek bir değer bulundu. Eğer yük 1 kg'dan 4 kg'a yükseltirse yararlanılabilir verimliliğin %9.7'den %26.7'ye yükseldiği gözlenmiştir. Ayrıca yük sabit tutularak tencere sayısının artışının pişirici performansını arttırdığı gözlemlenmiştir [69].

Mısır'da Mohammad, kullanılan kapların şekli ve boyutu pişirme hızını etkilediği için kabın yüksekliği ve çapı arasında küçük bir oran olmasını önermiştir (H/D) (H:Tencere Yüksekliği; D:Tencere çapı) [31].

Lahkar [83], farklı performans parametreleri arasında bir ilişki olmadığında, fırınların performanslarının karşılaştırılmasının ve verimli bir fırının seçimi için gerekli kriterleri bulmanın çok zor olması nedeniyle bazı performans parametrelerini ve ilgili test yöntemlerini gözden geçirmiş, objektif parametreler açısından farklı performans parametreleri arasındaki ortak bağlantıları tanımlamaya çalışmıştır. Bu çalışma farklı performans parametrelerini karşılaştırmak ve ilişkilendirmek için araştırmacılara elverişli bir araç sağlamaktadır. Kutu tipinde güneş enerjili pişiriciler için üç adet objektif parametre belirlenmiştir: (i) Tabaka kararlılık sıcaklığı (T_{px}); ulaşılabilen en yüksek soğurucu tabaka sıcaklığını ifade etmektedir. (ii) Referans süresi (τ_r) standart yüklemeye, referans pişme sıcaklığına ulaşması için gereken zamanı yani pişirilen yiyeceğe verilmesi gereken ısıyı karakterize eder. (iii) ısı tutma süresi (τ_{hr}) yani hava kapalı hale geldiğinde ve güneş radyasyonu miktarı ani olarak azaldığında, ısıyı

muhafaza edebilme duraylılığını gösterir. Sıcaklık aralığı arasındaki ısı tutma süresi açısından ısı depolama kapasitesini karakterize etmektedir.

Kumar, kutu tipi güneş fırınının termal performansının tespitinde tasarım parametrelerinin belirlenmesi için basit bir test yöntemi sunmaktadır. F_1 ve F_2 değerlerini saptamak için açıklık alanı 0.245 m^2 olan çift camlı güneş enerjili pişirici dış mekanda denendi. Gerekli tasarım parametreleri, optik verimlilik ve fırının ısı kapasitesi lineer regresyon analizi kullanılarak hesaplandı ve pişiricinin ısı verimlilik tahmini için kritik tasarım parametreleri bulundu. Matematiksel yapısı oldukça genel olmakla birlikte güvenle ve kolayca uygulanabilir. Böylece zaman alıcı büyük ölçekli deneylere gerek kalmamaktadır [92].

Prohit, normalde güneş enerjili fırınların standardizasyonu ve testi için kullanılan F_1 ve F_2 değerlerinin üzerinde cihazların etkisini analiz etmek için çalışma yapmıştır. Analiz hem kararlılık hem de yük test koşulları altında bir kutu tipi GEF üzerinde yapılan çok sayıda dış mekan testleri tarafından desteklenmektedir. Ortam sıcaklığı ve güneş radyasyonu güneş fırınının termal testi ile ilişkili olan ve bir yerden diğerine değişebilen iki iklim parametresidir. Bu nedenle, bu parametrelerin ölçümlerinde hassasiyetleri F_1 ve F_2 değerlendirilmesi üzerinde önemli etki yapabilir sonucuna varılmıştır. Bu hesaplama sadece iki ondalık basamak için alındığında F_1 değerlendirilmesinde mutlak hatanın, F_1 değerini etkileyebileceği analiz edilmiştir. Elde edilebilir doğruluk ve F_2 değerlendirilmesindeki mutlak hata F_1 'den daha önemlidir. Mutlak hata, kutu tipi güneş enerjili fırınların performans değerlendirmesinde ve sertifikasyonu üzerinde önemli etki yapmaktadır. Bu nedenle, ölçü aletlerinin hassasiyetlerinin güneş enerjisi cihazlarının test standartlarında tanımlanmış olması gerekmektedir [47]. Prohit daha sonraki çalışmasında, güneş enerjili fırınların dünyanın bazı yerlerinde ticarileşmeye başlaması ve standardizasyon parametrelerinin farklılıklar göstermesi nedeniyle, ürünlerin performanslarının karşılaştırılması için uluslararası performans karakteristik parametreleri ve test yöntemleri geliştirmek için kutu tipinde ve parabolik türde güneş enerjili pişiriciler üzerinde farklı test yöntemlerini kullanarak Yeni Delhi'de çeşitli iklim koşullarında deneysel çalışma yaptı. Enstrümantasyon nedeniyle performans parametrelerinin belirlenmesiyle bağlantılı olan hatalar kök-toplam kare (root-sum square) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Güneş enerjili fırınların ısı performans parametrelerinde enstrümantasyonun neden olduğu hatanın % 1-5.5 kadar olduğu tahmin edilmektedir. Uluslar

arası standardizasyonda ölçüm cihazlarının performans ölçütleri ve hassasiyetlerinin uygun aralıkları için fırınların test standartlarının tanımlanması gerekmektedir [84].

Kumar ve Gupta [93], ısıl performans göstergesi olarak, farklı topolojik tasarımlı GEF'ler için ekserji tabanlı dört parametre önermiştir. Bu amaçla, ekserji çıkış gücü ve sıcaklık arasındaki fark grafikleri çizilmiştir. Pik ekserji (parabol tepe noktası), cihazların yakıt bakımından derecelendirilmesinin bir ölçüsü olarak ve güç oranı GEF kalitesi faktörü olarak kabul edilebilir. Bunun yanı sıra, ekserji güç kaybı, cihazın topolojisine bakılmaksızın sıcaklık farkıyla doğrusal olduğu bulunmuştur ve eğri uydurma yoluyla elde edilen düz bir çizginin eğimi pişiricinin ısı kaybı katsayısını temsil etmektedir. Önerilen parametreler GEF'lerin çeşitli tasarımları için birleşik test protokolü gelişmesini sağlayabilir [93].

Abu-Khader ve arkadaşları [94], siyah boyanmış tabana, ikincisi içinde yansıtıcı aynalar kaplı olan iki fırını test ettiler. Bu tasarımlar sabit pozisyonda ve izleme sistemi üzerinde iki mod çerçevesinde incelenmiştir. Sabit bir pozisyonda ocak % 17'den günün en yüksek güneş yoğunlukta olduğu 11-12 civarında % 41.2'e çıkmıştır. Ortalama termal verimliliği % 27,6 civarındadır. Buna karşın içi yansıtıcı aynalar ile kaplı olan pişiricide, güneş izleme sistemi kullanılarak yapılan denemede daha yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir. Isıl verim % 25.3 ve % 53.1 arasında değişmektedir ve % 40.6 civarında bir ortalama verimlilik kaydedilmiştir [94].

Grupp ve arkadaşları [95], güneş enerjili fırınların kullanım hızının belirlenmesi için bir ölçüm cihazı sunmuştur. Cihaz gıda sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve ışıma miktarını kaydetmektedir. Otomatik veri değerlendirme, gıda" termal kütle ", pişirme süresi, pişirme döngü sayısını hem de diğer pişirme teknikleri ile karşılaştırıldığında yakıt tüketimi ve sera gazı emisyonu üzerindeki etkisini vermektedir. Ölçüm sonuçları, kutu tipi ve yoğunlaşan güneş enerjili pişiriciler için gerçek koşulları ile karşılaştırıldığında uyum içinde olduğu bulunmuştur. Bu güneş enerjili pişirici sayacı diğer pişirme seçenekleri ile karşılaştırıldığında yakıt tasarrufu ve sera gazı emisyon azaltma değerlendirilmesine izin vererek iyi bir şekilde pişmiş olan yiyeceğin miktarı yönünden pişme geçmişini tanımlar. Bu sonucun geçerliliği daha geniş bir çeşitlilik koşulları için kontrol edilmelidir [95].

Hussain ve çalışma ekibi, Bangladeş'te genellikle bulutlu ve zaman zaman güneşli günlerde güneş enerjili fırınlarda yemek pişirmenin imkansız olduğu aylarda pişirici için bu tür sorunları aşmak için, pişiricinin içerisinde yardımcı bir kaynak kullanmışlardır. Bu

pişiricinin içersine ısıtan bir bobin yada siyaha boyanmış silindir içinde bir elektrik ampulü kullanılarak yapılmış ve performansı tartışılmıştır. Bu yardımcı kaynaklarının kullanımını en bulutlu günlerde pişirmeyi olumlu kıldığı saptanmıştır. Bulutlu günlerde bu yardımcı cihazın kullanılabilceği önerilmektedir. Hızlı pişirme gerekli ise, az miktarda elektrik güneşli günlerde bile kullanılabilir. 150 W kadar küçük miktarda bir elektrik takviyesi yemeğin pişmesini sağlamaktadır. Bu elektrikli ısıtma elemanlarının pişiriciler yapılırken soğurucu tabakanın altına yerleştirilmesi önerilmektedir. Yapılan karşılaştırmalı çalışmada, güneşli günlerde yardımcı cihaz kapalı konumdayken ölçtükleri F_1 ve F_2 değerlerinin hemen hemen bulutlu günlerde yardımcı cihazla yapılan deneylerdeki sonuçlarla aynı olduğu saptanmıştır [96].

3 DENEYSEL KESİM

Tez kapsamında kutu tipinde dikdörtgen, silindir ve eliptik silindir kesitli toplam dört adet güneş enerjili pişirici tasarlanarak yapılmış, farklı gıdalar pişirilerek fırınlar test edilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır.

İlk çalışmalar, daha önce Yeni ve Temiz Enerji Araştırma Merkezi'nde (YETAM) kullanılan ve Fizik Mühendisliği Bölümü bitirme projesi olarak yapılmış bir pişiricinin benzeri olan, klasik kutu tipinde tahta pişirici ile (GEF-1) gerçekleştirmiş, dört ay boyunca fırının iç hava sıcaklığı ölçülmüş, pek çok gıda pişirilerek test edilmiştir. Karşılaşılan güçlükler ve kazanılan deneyimler sonucunda, farklı tipte yeni fırınların yapılmasına karar verilerek, 2011 yılında dikdörtgen kesitli yeni bir tahta güneş enerjili pişirici (GEF-2), 2012 yılında aynı hacme sahip eliptik silindir³ (GEF-3) ve silindir (GEF-4) geometriye sahip iki pişirici yapılmış bu fırınlarla çalışmalar yürütülmüştür. Tüm fırınlar aynı koşullar altında test edilmiş, suyun karakteristik kaynama süresi ve fırınların verimleri hesaplanarak karşılaştırmaları yapılmıştır.

³Eliptik silindir güneş enerjili pişirici buluşu, TÜRK PATENT ENSTİTÜSÜ, Patent Siciline 02/04/2013 gün ve 2013/03994 sayı ile kayıt edilmiştir.

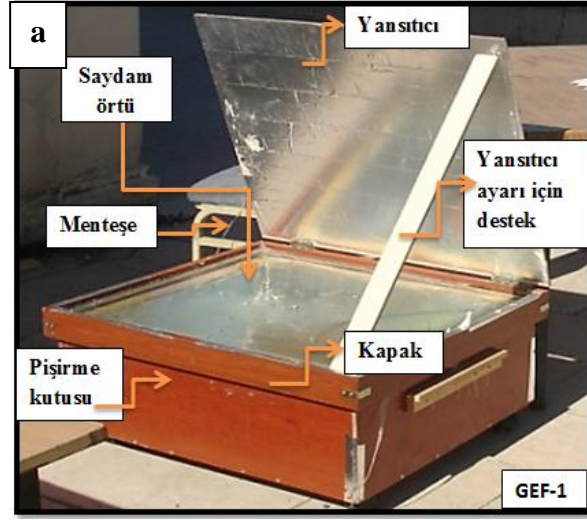
3.1 DENEYLERDE KULLANILAN GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TASARIMI

Kesim 2.3’de açıklandığı gibi, bilinen güneş enerjili fırınlar, kullanılan yalıtım malzemesi, daha fazla güneş ışığından faydalanmak için kullanılan yansıtıcılar, cihazın şekli ve taşıma şekli açısından farklılıklar göstermektedir. Kutu tipinde güneş enerjili fırınlar dikdörtgen, kare ya da çok yaygın olmasa da silindir şeklinde olmaktadır. Dikdörtgen ve kare şeklinde yapılan fırınlarda ısı homojen dağılmamaktadır. Silindir şeklinde olan fırınlarda ise ısı homojen şekilde dağılmakta güneş ışığını ancak çapı oranında almaktadır. Fırının içerisine daha fazla güneş ışığının girmesini sağlayan yansıtıcılar genellikle düz tabakadan yapılmış kare ya da dikdörtgen şeklinde olmaktadır. Kutu tipinde yapılan güneş enerjili fırınlarda genellikle tahta türünde malzemeler kullanılmakta, bu da açık havada kullanımı gerektiren güneş enerjili fırınlar için dezavantaj yaratmaktadır. Yağış olması durumunda ve taşıma sırasında meydana gelebilecek hasarlar nedeniyle, bu fırınlar kısa ömürlü olmaktadır. Tezin ana konusunu oluşturan eliptik silindir ve silindir modelin seçilme nedeni, silindir hacimde köşeli hacme göre ısının daha homojen olarak dağılmasıdır. Daha önce dünya genelinde karşılaşılmamış olan eliptik silindir hacim tasarlanmış ve test edilmiştir. Fırınların eliptik silindir şeklinde olmasının avantajı, silindir şekle göre, daha fazla güneş ışınımını bir eksen boyunca almasıdır. Güneş fırını tasarımında, kareye göre dikdörtgen model güneş ışığının bir eksen boyunca alınması için avantaj sağlamaktayken, silindir olan model ısının, dikdörtgen ya da kare modele göre, daha homojen dağılımını sağlayacaktır.

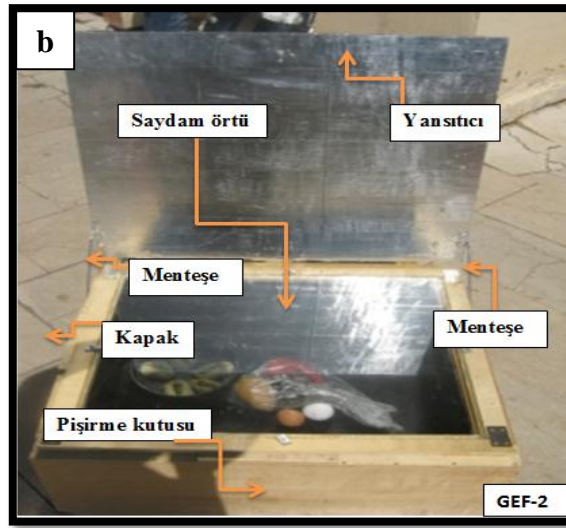
3.1.1 Dikdörgen Ahşap Güneş Enerjili Fırınlar

Bu tez çalışmasında tasarlanıp yapılan ve boyutları **Çizelge 3.1**’de verilen her iki güneş enerjili fırın (GEF-1, GEF-2), yüksekliği 25.5cm, eni 61cm , boyu 71 cm olan dış kutu ve onun içerisine yerleştirilen iç kutudan oluşmaktadır, Şekil 3.1 Isı kutuları yapılırken, malzeme olarak GEF-1 için MDF, GEF-2 için 10 mm' lik kavak kontra plak kullanılmıştır. İki pişiricinin boyutları ve iç hacimleri aynı olmasına karşın, iç yüzey kaplamaları ve saydam tabakaları farklı seçilerek, farklı özellikte fırınlar oluşturulmuştur. GEF-1’in iç yüzeyi tamamen alüminyum folyo ile kaplanmış ve saydam örtücü tabaka olarak çift cam kullanılmış olmasına karşın, GEF-2’nin iç yüzeyleri siyah boya ile boyanmış ve saydam tabaka olarak temperli tek cam kullanılmıştır. Fırınlarda, dış kutu ile

iç kutu arası cam yünü ile doldurularak özdeş yalıtım sağlanmıştır. Yalıtımın etkisini görmek için, GEF-2 fırını ile, yalıtım malzemesi kullanılmadan bazı denemeler yapılmıştır. Düz yansıtıcı olarak, fırınların üst yüzeylerine eşit boyutlarda (71cm*61 cm) alüminyum folyo ile kaplanmış ahşap levhalar kullanılmıştır. GEF-1’de destek çubuğu, GEF-2’de ise 2 adet menteşe kullanarak yansıtıcıların açısının ayarlanabilmesi sağlanmıştır.



a) İçerisi aliminyum folyo ile kaplı GEF-1



b) İç yüzeyi siyah boya ile boyanmış GEF-2

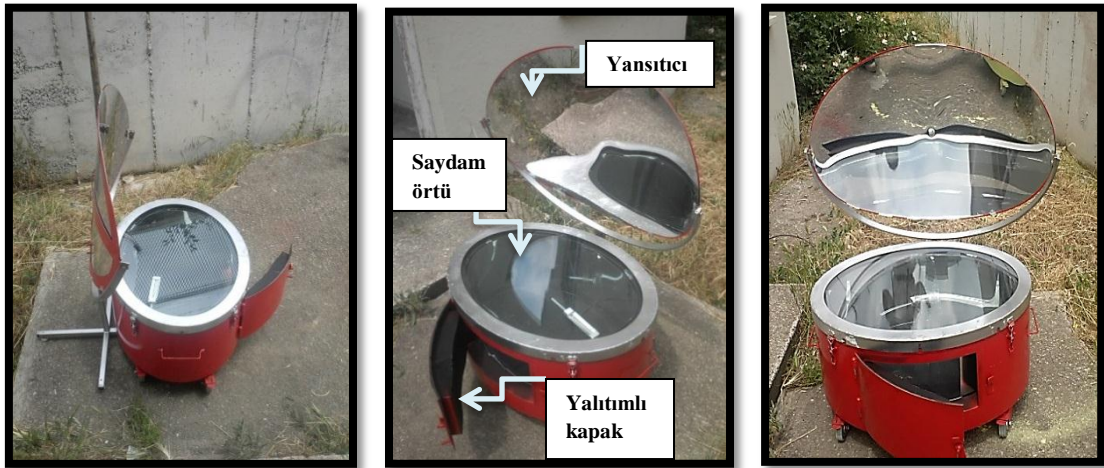
Şekil 3.1 : Tez çalışmasında yapılmış klasik tipte ahşap dikdörtgen güneş enerjili fırınlar

Çizelge 3.1 : Klasik türde kutu tipindeki ahşap iki güneş enerjili fırınların özellikleri

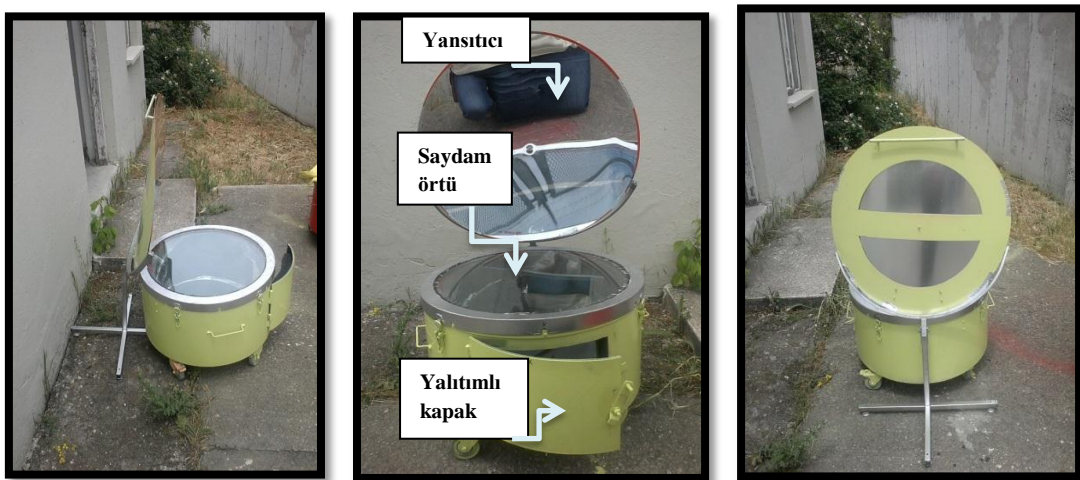
SİSTEM ELEMANLARI	GEF-1		GEF-2	
Isı Kutusu	Malzeme	10 mm' lik MDF	Malzeme	10 mm' lik kavak Kontraplak
	Yükseklik	İç: 20cm Dış: 25.5cm	Yükseklik	İç:20cm Dış: 25.5cm
	En	İç: 61cm Dış: 71cm	En	İç: 61cm Dış: 71cm
	Boy	İç: 51cm Dış: 61cm	Boy	İç: 51cm Dış: 61cm
	İç yüzey	alüminyum folyo ile tamamen kaplı	İç yüzey	zehirli olmayan siyah boya ile tamamen boyalı
İç Hacım	62220 cm ³		62220 cm ³	
Emici Tabaka	Özel tabaka kullanılmadı		Özel tabaka kullanılmadı	
Saydam Tabaka	Çift cam		Temperli ısıcam	
Saydam Tabaka Alanı	3111cm ²		3111 cm ²	
Yalıtım Malzemesi	Cam yünü		Cam yünü	
Yansıtıcı	Düz yansıtıcı		Düz yansıtıcı	
Yansıtıcı Boyutları	71cm*61 cm boyutlarında yansıtıcı alüminyum folyo kaplı ahşap levha		71cm*61 cm boyutlarında yansıtıcı alüminyum folyo kaplı ahşap levha	

3.1.2 Eliptik Silindir ve Silindir Güneş Enerjili Fırımlar

Tasarımı yapılan eliptik silindir ve silindir fırınların her ikisi de aynı malzemelerden aynı hacimde yapılmıştır. Tek farkları birinin eliptik gövdeye ve eliptik içbükey parabolik yansıtıcıya sahip olmasına karşın, diğerinin silindir gövde ve daire içbükey parabolik yansıtıcıya sahip olmasıdır. Tasarımlanan *eliptik silindir* ve *silindir* güneş enerjili fırınlara ait fotoğraflar Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de verilmiştir. **Çizelge 3.2’** de özellikleri verilen güneş enerjili fırınların her ikisi de, $\cong 1850 \text{ cm}^2$ saydam örtü yüzeyine (açıklık alanı) ve $\cong 44350 \text{ cm}^3$ iç hacme sahiptir.



Şekil 3.2 : Tasarımlanan ve yapılan eliptik silindir güneş enerjili fırının fotoğrafları



Şekil 3.3 : Tasarımlanan ve yapılan silindir güneş enerjili fırının fotoğrafları

Çizelge 3.2 : Eliptik silindir ve silindir fırınların özellikleri

ÖZELLİKLER	ELİPTİK SİLİNDİR FIRIN	SİLİNDİR FIRIN		
Gövde Malzemesi	1 mm kalınlığında sac	1 mm kalınlığında sac		
Emici Tabaka	1 mm'lik bakır levha (Mat siyah renge boyanmış)	1 mm'lik bakır levha (Mat siyah renge boyanmış)		
Saydam Tabaka	4 mm hava boşluğuna sahip temperli ısıcam	4 mm hava boşluğuna sahip temperli ısıcam		
Yansıtıcı Boyutları	80x55 cm boyutlarında eliptik içbükey (0.4 mm yansıtıcı alüminyum levha)	65x65 boyutlarında daire içbükey 0.4 mm yansıtıcı alüminyum levha		
Yalıtım	Seramik yünü, cam yünü	Seramik yünü, cam yünü		
İç Hacim	$\cong 44339 \text{ cm}^3$	$\cong 44339 \text{ cm}^3$		
Saydam Tabaka Alanı	$\cong 1847.5 \text{ cm}^2$	$\cong 1847.5 \text{ cm}^2$		
Fırın Kapağı	$37 \times 22 \text{ cm}^2$	$35 \times 22 \text{ cm}^2$		
İç Yansıtıcı Yüzeyler	0.4 mm'lik parlatılmış alüminyumla pişiricinin iç yüzeyleri kaplanmıştır.	0.4 mm'lik parlatılmış alüminyumla pişiricinin iç yüzeyleri kaplanmıştır.		
Pişirici Geometrisi	küçük eksen	İç; 40.487 cm Dış; 50.7 cm	Çap	İç; 48.5cm, Dış ; 58.7 cm
	büyük eksen	İç; 58.1 cm Dış; 68.3 cm		
	yüksekliği	İç; 24 cm Dış; 30 cm	Yükseklik	İç; 24 cm Dış ; 30 cm

Eliptik silindir fırının yapısının daha iyi anlaşılması ve eklenen her birimin daha iyi görünebilmesi için, temsili çizimlerle, Şekil 3.4’de önden görünüşü, Şekil 3.5’de yandan görünüşü, Şekil 3.6’da arkadan görünüşü, Şekil 3.7’de iç haznelerin görünüşü verilmiştir. Silindirik fırın da benzer yapıda, sadece kesiti farklı olarak tasarlanmıştır.

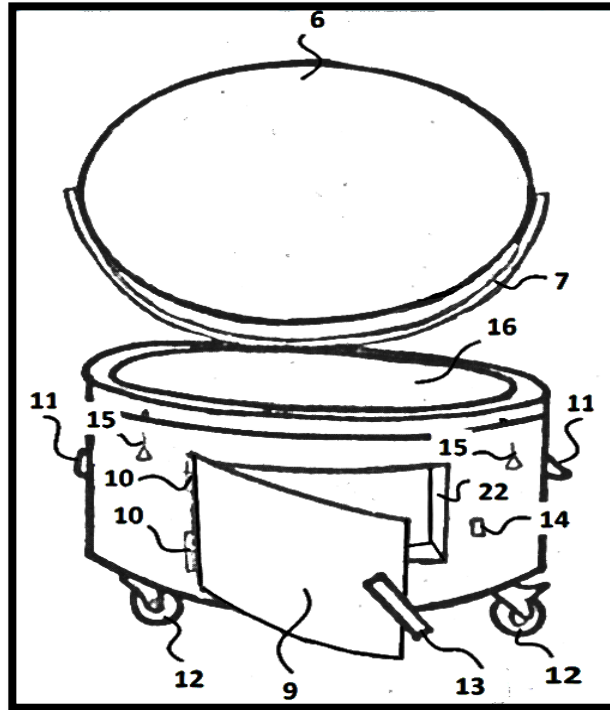
İç-dış kutu: Eliptik silindir ve silindir fırınlarda, genişlik ve yükseklik olarak birbirinden farklı olan ve iç kutu - dış kutu olarak adlandırılan iki adet hazne (Şekil 3.7) kullanılmıştır. Haznelerde kapağın geleceği yere dikdörtgen şeklinde kapak açıklığı için ön kısımdan parça kesilmiştir (4 nolu parça). Daha büyük olan haznenin iç çeperleri cam yünü ve seramik yünü (5 nolu parça) ile kaplanmış ve küçük olan hazne büyük haznenin içerisine oturtulmuştur. Küçük haznenin tabanına 5 cm yüksekliğinde yapılan desteklerle (18 nolu parçalar) haznelerin ağız kısımlarının eş yükseklikte olması sağlanmıştır. Yapılan iç eliptik silindir, halkanın kenarlarına yapılan kuşakla (20 nolu parça) haznelerin üst kısımları birleştirilerek vidalanmıştır. 4 mm kalınlığında çift cam (16 nolu parça) ısıya dayanıklı silikon yardımıyla yalıtılmış haznenin üzerine monte edilmiş ve çerçeve (19 nolu parça) yardımıyla kenarlarından kapatılmıştır. Pişirici üzerine yapılan çerçeve (19 nolu parça) ile fırının kenarları ve üstü 4 adet kelepçe (15 nolu parça) ile sıkılanmıştır. Pişiricinin rahat taşınabilmesi ve açık alanda sabit durabilmesi için, gövdenin (3 nolu parça) tabanına dört adet frenli tekerlek (12 nolu parçalar) kullanılmıştır. Pişiriciye gıdaların yerleştirilmesinde kolaylık sağlaması amacıyla, ön tarafındaki iç ve dış çeper arasındaki açıklık, metal (22 nolu parça) kullanılarak kapatılmıştır. İki adet kapak menteşesi (10 nolu parçalar) kullanılarak, yalıtımlı kapak (9 nolu parça) fırın gövdesine (3 nolu parça) monte edilmiştir. Eliptik şekilde kesilen metal malzeme (6 nolu parçalar) iç bükey parabolik şekilde kıvrımlandırılmıştır. İç kısmına ise malzemedan kesilen yansıtıcı metal tabaka (21 nolu parça) monte edilmiş ve yarım elips şeklindeki tutucuya (7 nolu parça) yapıştırılmıştır. Yansıtıcı parçalarının (6 nolu parça) tamamı açılabilir ayara izin veren yansıtıcı ayağa (8 nolu parça) monte edilmiştir.

Saydam yüzey: Eliptik silindir fırında saydam yüzey olarak 4mm hava boşluğu bulunan temperli çift ısıcam kullanılmıştır.

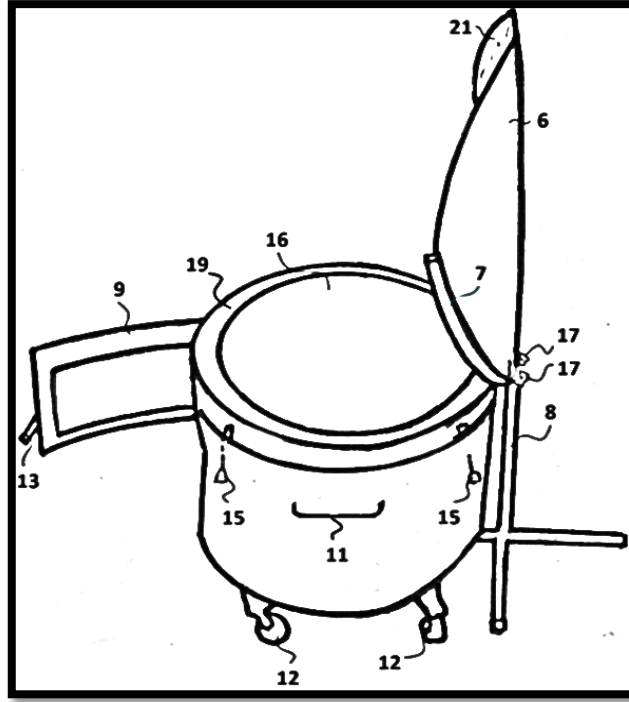
Fırın kapağı: Önden ısı yalıtımlı kapak sayesinde pişirilecek gıdaların daha kolay yerleştirilip çıkarılması sağlanmıştır. Daha önceki tasarımlarda genellikle üst cam tabakadan olan kapak kısmının neden olduğu ısı kaybı, ön taraftan açılabilir yalıtımlı kapak sayesinde azaltılmıştır.

Çizelge 3.3 : Şekil 3.4 -3.7’de kullanılan parça numaralandırmalarının açıklamaları

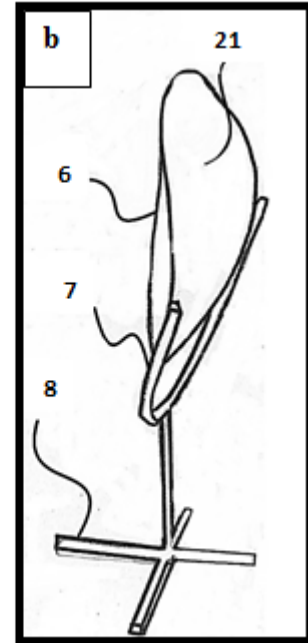
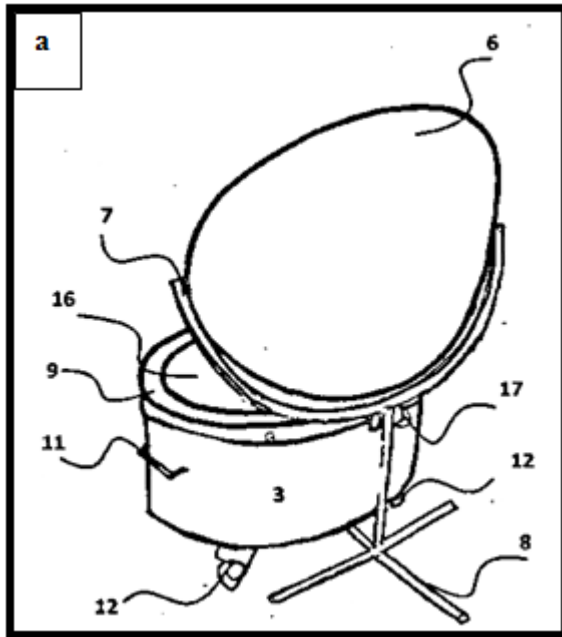
- | | |
|---|---|
| 1: İç silindirik eliptik hazne | 12: Frenli tekerlek |
| 2: Dış silindirik eliptik hazne | 13: Kapak açma kapama kolu |
| 3: Gövde | 14: Açma kapama kolunu sıkıştırıcı |
| 4: Fırın açıklığı | 15: Üst kapağın tam kapanmasını sağlayan kelepçe |
| 5: Dış silindirik eliptik haznenin altına ve yan çeperlerine konulan yalıtım malzemeleri | 16: Kullanılan çift temperli ısı cam |
| 6: İç bükey yansıtıcı | 17: Yansıtıcı menteşe |
| 7: İç bükey yansıtıcı için yarım elips şeklinde tutucu | 18: İç silindirik eliptik haznenin tabanına yerleştirilen destek |
| 8: Yansıtıcı ayağı | 19: Çerçeve |
| 9: Yalıtımlı kapak | 20: Kuşak |
| 10: Kapak menteşesi | 21: Yansıtıcı metal |
| 11: Yan taşıma tutacı | 22: İç ve dış çeper arasındaki açıklık |



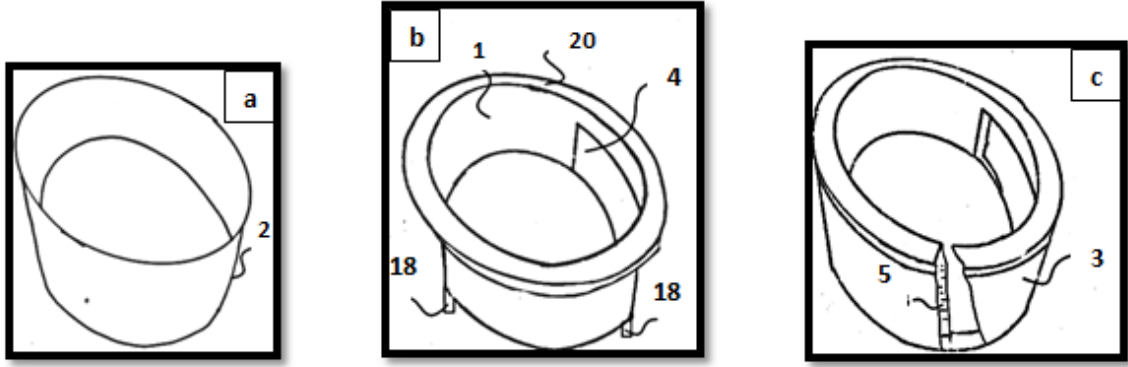
Şekil 3.4 : Eliptik silindir güneş enerjili fırın tasarımının önden görünüşü



Şekil 3.5 : Eliptik silindir güneş enerjili fırın tasarımının yandan görünüşü



Şekil 3.6 : a)Eliptik silindir GEF ve yansıtıcısının yandan görünüşü b.)Eliptik silindir iç bükey parabolik yansıtıcısının yandan görünüşü



Şekil 3.7 : a) İç eliptik silindir hazne b) Dış eliptik silindir hazne c)Gövde kesiti-Dış eliptik silindir hazne

Yalıtım malzemesi: Yalıtım malzemesi olarak ahşap dikdörtgen fırnlarda kullanılan cam yününün yanı sıra seramik yünü de kullanılmıştır. Birer kat cam yünü ve bir kat seramik yünü bütünleşik bir yalıtım elemanı olarak kullanılmıştır. Seramik yünü 1400 °C'ye kadar kullanım için uygun olan ısıya dayanıklı malzeme kaitesine sahiptir [97]. Seramik yünü ve cam yününün, yoğunluğa ve sıcaklığa bağlı olarak değişen ısı iletim katsayıları **Çizelge 3.4** [97] ve **Çizelge 3.5**'te [98] verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Seramik yününün yoğunluğuna bağlı olarak ısı iletim katsayıları

Seramik yünü	Aşağıda belirtilen yoğunluklara göre ısı iletkenlik (W/mK)		
	64 kg/m ³	96 kg/m ³	128 kg/m ³
Ortalama sıcaklık (° C)			
100	-	0,041	0,030
300	-	0,079	0,06
600	0,18	0,14	0,12
800	0,27	0,22	0,18
1000	0,42	0,36	0,28

Çizelge 3.5 : 65. kg/m³ yoğunluğa göre cam yününün ısı iletim katsayıları

Cam yünü	65 kg/m ³ yoğunluğa göre ısı iletkenlik (W/mK)
Ortalama sıcaklık (° C)	
0	0,034
50	0,041
100	0,047
150	0,055
200	0,064
250	0,074
300	0,085

Yansıtıcı: Bu fırınlar için, düz tabakalı yansıtıcılara sahip dikdörtgen ahşap fırınlardan farklı olarak, iç bükey parabol yansıtıcı tasarlanmıştır. Alışlagelmiş GEF'lerden daha fazla güneş ışığını içine alacak şekilde tasarlanan eliptik silindir güneş fırını, yansıtıcının hareketine izin verecek şekilde iki yandan ve baş kısmından hareket edebilen ayağa (8 nolu parça) bağlanmış iç bükey parabol yansıtıcıdan (21 ve 6 nolu parçalar) oluşmaktadır. Yansıtıcı olarak, yansıtma özelliği yüksek olan paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Fırının içerisine, Şekil 3.7'de verilen iç ve dış haznelere ek olarak, parlak alüminyumdan yapılmış olan ek bir hazne yerleştirilmiştir. Bu ek haznenin çeperlerinden yansıyan güneş ışınları, siyah pişirici kaptan yoğunlaşmakta ve orada ısı enerjisine dönüşmektedir. Yansıtıcı, bir menteşe yardımıyla açılabilir ayara izin vermektedir. Fırının rahatlıkla taşınabilmesi ve bulunduğu yere sabitlenebilmesi için frenli yüksek kapasiteli ağırlıkları da taşıyabilen dört adet tekerlek kullanılmıştır.

3.2 GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN TEST EDİLMESİ

Tez çalışmasının ilk aşamasında, güneş fırınlarının değişik türdeki besinlerin pişirilmesinde daha yaygın ve bilinçli kullanılması için çalışmalar planlanmış ve bu planlama çerçevesinde değişik besinlerin kutulu bir güneş fırınında, hava koşullarına bağlı olarak hangi sıcaklıkta ve ne kadar sürede piştikleri saptanmıştır. Daha sonraki aşamalarda, yapılan 4 adet fırının performansları karşılaştırılmıştır. Bu kesimde, bu amaçla yapılan çalışmalar aktarılmıştır.

3.2.1 Dikdörgen Tahta Güneş Enerjili Fırınların Testi

Kesim 3.1.1'de ayrıntıları verilen iki adet ahşap dikdörtgen güneş enerjili fırın (GEF-1, GEF-2), 2011 yılında Ağrı İlinde görevli olunması nedeniyle, Ağrı Gürkaynak Askeri tesislerinde gerçekleştirilen çalışmalarda çeşitli gıdalar pişirilerek test edilmiştir. GEF-1, Nisan 2011 - Ağustos 2011 ayları arasında toplam beş ay boyunca çeşitli günlerde, GEF-2 ise Temmuz 2011 ve Ağustos 2011 aylarında diğer fırınla eş zamanlı olarak denenmiştir. Aydın ili Didim İlçesinde de 25-30 Ağustos 2011 tarihlerinde her iki fırın için testler yapılmıştır. 21 Temmuz 2012 tarihinde Beytepe Kampüsündeki Güneş Ev'inde GEF-1 için deneme yapılmıştır.

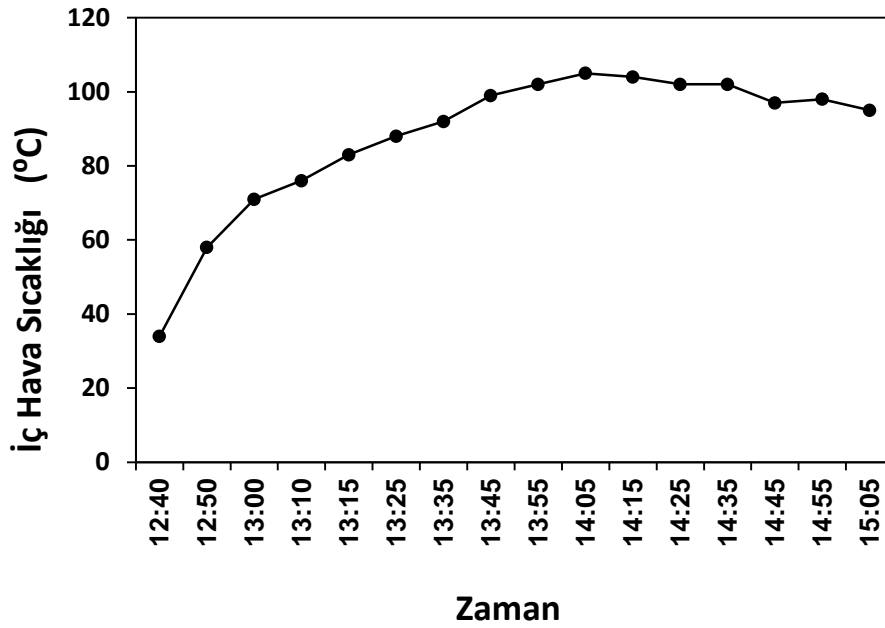
Deneyle süresince güneş ışınımı şiddeti ve rüzgar hızı kayıtları için gerekli cihazların temin edilememesi nedeniyle, günlük hava sıcaklığı, fırınların içerisindeki hava sıcaklıkları, bazı tarihlerde de pişiricinin içerisinde farklı bölgelerde sıcaklık değerleri (iç hava sıcaklığı, taban sıcaklığı, yan duvar sıcaklığı ve gıdaların iç sıcaklığı) ölçülmüş ve gıdaların hangi sıcaklıkta, ne kadar sürede ve ne ölçüde piştikleri saptanmıştır. Ortam sıcaklık ölçümleri yapılırken, -10 °C ile +200°C aralığında sıcaklık ölçümü yapabilen sayısal termometreler kullanılırken, gıdaların iç sıcaklığının ölçülmesinde paslanmaz çelikten yapılmış uca sahip profesyonel mutfak termometresi kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümleri yapılırken pişiricinin ön kısmına bir delik açılarak, termometrenin ucu iç yüzeye değmeyecek şekilde termometre delikten geçirilmek suretiyle ve/veya termometrenin ucu kapağın altından yerleştirilerek fırının içerisindeki havanın sıcaklığı, bazı günlerde de taban ve yan duvar sıcaklıkları ölçülmüştür. Deneyle sırasında, pişirme kabı olarak, siyah yuvarlak kek kalıbı, siyah yuvarlak fırın tepsisi, ortasında boşluk bulunan teflon kek kalıbı ve fırın poşeti kullanılmıştır.

Fırınların test işlemleri süresince patates, patlıcan, kırmızı biber, yeşil biber, kabak, yumurta, lahmacun, kek, baklava, kurabiye, ekmek, poğaç ve pizza için alınan veriler (gözlenen en düşük ve en yüksek sıcaklıklar, deneyin başlangıç ve bitiş saati) ve gözlemler GEF-1 için Ek 1'de Çizelge Ek 1.1- Çizelge Ek1.12'de, GEF-2 için Ek 2'de Çizelge Ek 2.1- Çizelge Ek 2.12.'de verilmiştir. Ayrıntıları Ek 1 ve Ek 2'de verilen deneysel çalışmalar sonucunda, Mayıs ve Ağustos ayları arasında, farklı günlerde bazı gıdaların pişirilmesi sürecinde GEF-1 ve GEF-2'de ulaşılan en yüksek sıcaklıklar, fırınlarda pişme süreleri **Çizelge 3.6**'da verilmiştir. Ahşap güneş enerli fırınlarla ulaşılabilen en yüksek iç hava sıcaklık değerleri 130-135 °C aralığındadır. Yumurta ve patates gibi, piştiği görsel olarak tam olarak gözlemlenemeyen gıdalarda tam pişme gerçekleşip gerçekleşmediği gıda fırından çıkarıldıktan sonra belirlenebilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi, GEF-1 ve GEF-2'deki sıcaklık ölçümlerine ve gözlemlere dayanan pişirme testleri sonucunda bu fırınların güneşli günlerde sebzedden hamur işleri ve et yemeklerine kadar pek çok yiyeceğin pişirilmesi amacıyla kullanılabilceği gözlenmiştir. Ancak yoğun bulutlu günlerde gıdalar yarı pişmiş olarak kalabilmektedirler. Bu nedenle genellikle az bulutlu ya da güneşli günler tercih edilmelidir. Ek 1 ve Ek 2'deki çizelgelerden görüleceği gibi, ahşap güneş enerjili fırınlarda iç hava sıcaklığının 80-90 °C'ye yükselmesi pişirme için yeterlidir. Pişme süresi ise güneş ışınımının yanı sıra, malzeme miktarı ve malzeme cinsine göre 1,5-3 saat arasında değişmektedir. Genellikle yemek kitaplarında verilen yüksek sıcaklıklar, daha çabuk pişirme ve üstünü altını kızartma gibi etkiler yaratmak içindir. Bu çalışmada yapılan gözlemlerde de, gıdaların pişmesine karşın, süre uzatıldığında üst yüzeylerinde kızarma olduğu gözlenmiştir.. Pişirme süresi uzadığında, fırını güneşe doğru döndürmek ve yansıtıcıları ayarlamak gerekmektedir.

Çizelge 3.6 : Bazı gıdaların pişmesi sırasında, yalıtımlı Ahşap Dikdörtgen Fırınlarda Ulaşılan En Yüksek İç Hava Sıcaklıkları ve Pişme Süreleri

Gıda Çeşidi	Ahşap Dikdörtgen Fırınlarda Ulaşılan En Yüksek İç Hava Sıcaklığı (°C)	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Pişme Süresi (Saat)
Patates	120-130	25-35	1,5-2
Patlıcan	120-130	25-35	1,5-2
Biber	100-130	25-35	1-1,5
Kabak	120-130	25-35	1,5-2
Yumurta	100	25-35	1-1,5
Kek	100	25-35	1,5-2
Kurabiye	90-100	25-35	2-2,5
Baklava	120-130	25-35	2-3
Çubuk kraker	100-120	25-35	1,5-2
Kete	100-120	25-35	1,5-2
Yufka Böreği	100-120	25-35	2-2,5
Poğaç	100-133	25-35	1,5-2
Pizza	100-130	25-35	1

GEF 1 için, 10 Mayıs 2011 tarihinde yapılan denemede, ölçülen fırın iç hava sıcaklığının zamanla değişimi Şekil 3.8’de verilmiştir. Şekil 3.8 ve Çizelge Ek1.1’den görüldüğü gibi, Ağrı İlinde hava sıcaklığı ortalama 14⁰C iken, güneşli bir günde patates, patlıcan ve biber saat 12:40’ta pişirici içerisine yerleştirilmiş ve 14:45’te pişme işlemi tam olarak gerçekleşmiştir. Gıdaların fırına yerleştirilmesi sırasında iç hava sıcaklığı 34⁰C iken, yaklaşık 30 dakikalık bir sürede pişme için yeterli olan sıcaklığa (85⁰C) ulaşılmıştır. Deney süresince pişiricinin ulaştığı en yüksek iç hava sıcaklık değeri 105⁰C olarak ölçülmüştür ve bu sıcaklığa ulaşma süresi yaklaşık 1,5 saattir. Tüm deneylerde genel olarak Şekil 3.8’de verilen davranış gözlenmekle birlikte, hava sıcaklığı, güneş ışınımı, deney başlangıç saatine göre pişme için gerekli sıcaklığa ve en yüksek sıcaklığa ulaşılması için gerekli süre değişmektedir.



Şekil 3.8 : GEF-1 için ölçülen fırın iç hava sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi

Çizelge Ek1.1-Çizelge Ek1.12’de verilen deney sonuçlarından birkaçı açıklanacak olursa;

- GEF-1 için 18 Haziran 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 28⁰C iken hafif bulutlu bir günde Ağrı İlinde saat 13:52’de pişirici içerisine yerleştirilen balık ve fırın poşetindeki patlıcanlar 18:34’te pişiriciden alınmış ve tam olarak pişmiştir. Pişiricinin ulaştığı en yüksek sıcaklık değeri saat 15:08’de 90⁰C olarak ölçülmüştür, Çizelge Ek1-2. Gıdaların fırına yerleştirilmesi sırasında iç hava sıcaklığı 43⁰C iken, yaklaşık 40 dakikalık bir sürede pişme için yeterli olan sıcaklığa (85⁰C) ulaşılmıştır. En yüksek iç hava sıcaklık değeri 90⁰C’ye ulaşması için geçen süre yaklaşık 75 dakikadır. 10 Mayıs 2011 tarihinde yapılan gözlemlerle karşılaştırıldığında, ulaşılan en yüksek hava sıcaklığının daha düşük olması ve bu sıcaklığa ulaşılması için geçen sürenin daha uzun olması, deneyin geç başlatılması ve bu nedenle fırının yeterli ısınmamış olmasından kaynaklanmaktadır.
- GEF-1 için 24 Haziran 2011 tarihinde Ağrı İlinde hava sıcaklığı ortalama 23⁰C iken güneşli, hafif bulutlu olan bir günde saat 11:45’te pişirici içerisine yerleştirilen kek hamuru tam olarak 15:43’te pişmiştir, Çizelge Ek1-10. Gıdaların fırına yerleştirilmesi sırasında iç hava sıcaklığı 47 °C iken, yaklaşık 45 dakikalık bir sürede pişme için yeterli olan sıcaklığa (85 °C) ulaşılmıştır.

- GEF-1 için 30 Haziran 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 28 °C iken güneşli bir günde Ağrı ilinde saat 13:27'te pişirici içerisine yerleştirilen pandispanya kek hamuru tam olarak 17:50'de pişmiştir, Çizelge Ek1-10. Gıdaların fırına yerleştirilmesi sırasında iç hava sıcaklığı 57⁰C iken, yaklaşık 25 dakikalık bir sürede pişme için yeterli olan sıcaklığa (85⁰C) ve yaklaşık 2 saatte en yüksek sıcaklık olan 120 °C'ye ulaşılmıştır.
- GEF-1 için 2 Temmuz 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 24 °C iken güneşli, zaman zaman da güneşin bulut arkası olduğu günde Ağrı İlinde saat 13:50'de pişirici içerisine yerleştirilen gıdalardan kek hamuru ve patatesler tam olarak 17:57'de pişmiştir. Pişiricinin ulaştığı en yüksek sıcaklık değeri 15:50'de 102⁰C olarak ölçülmüştür (Çizelge Ek1-2, Çizelge Ek1-10)

Yalıtımın etkisini görmek için, GEF-2 fırınında iç ve dış kutu arasına yalıtım malzemesi kullanılmadan 3- 10- 11 Temmuz 2011 tarihlerinde 3 gün boyunca deneyler yapılmıştır. GEF-2 iç ve dış kutu arasına yalıtım malzemesi konulmadan elde edilen en yüksek iç hava sıcaklık değeri 91°C olmuştur. İki kutunun arası yalıtım malzemesi ile doldurulduğunda 30- 31 Temmuz 2011 ve 1-2-3-4-6-7 Ağustos 2011 tarihlerinde yapılan ölçümlerde, fırının içerisindeki sıcaklık değerleri hızla artış göstermiş ve en yüksek sıcaklık değeri 4 Ağustos 2011 tarihinde 130 °C olarak ölçülmüştür.

Şekil 3.9'da GEF-2 fırınına yalıtımsız (3 Temmuz, 11 Temmuz) olduğu durumda iç hava sıcaklığının değişiminin ve yalıtımlı (31 Temmuz) olduğu durumlarda fırın taban sıcaklığının değişiminin GEF-1 fırını ile karşılaştırılması verilmiştir. 3 Temmuz 2011'de (Şekil 3.9.a) hava sıcaklığı ortalama 34 °C iken güneşli zaman zaman da güneşin bulut arkası olduğu günde, GEF-2 için yalıtım yapılmadan, saat 14:34'te fırınların içerisine yerleştirilen gıdalardan kaşar peynirli pide, lahmacun ve patates tam olarak 17:14'te pişmiştir. Fırınların ulaştığı en yüksek sıcaklık değerleri GEF-1 için 15:47'de 100⁰C, GEF-2 için ise 14:41'de 80⁰C olarak tespit edilmiştir. Yalıtımsız olarak test edilen GEF-2, içerisindeki ısıyı yalıtımlı olan GEF-1'e göre daha zor muhafaza edebilmiştir. Bu nedenle çok fazla sıcaklık artışı olamamıştır. Benzer durum, GEF-2'nin yalıtımsız olduğu 11 Temmuz 2011'de de gözlenmiştir, (Şekil 3.9.b). 11 Temmuz 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 29⁰C iken zamana göre GEF-1 ve GEF-2 içerisinde alınan iç hava sıcaklık değerleri değişimi Şekil 3.9.b'de görülmektedir. 11 Temmuz 2011 günü havanın parçalı bulutlu olması nedeniyle, sıcaklık değerlerinde dalgalanma gözlenmiştir. Fırınların ulaştığı

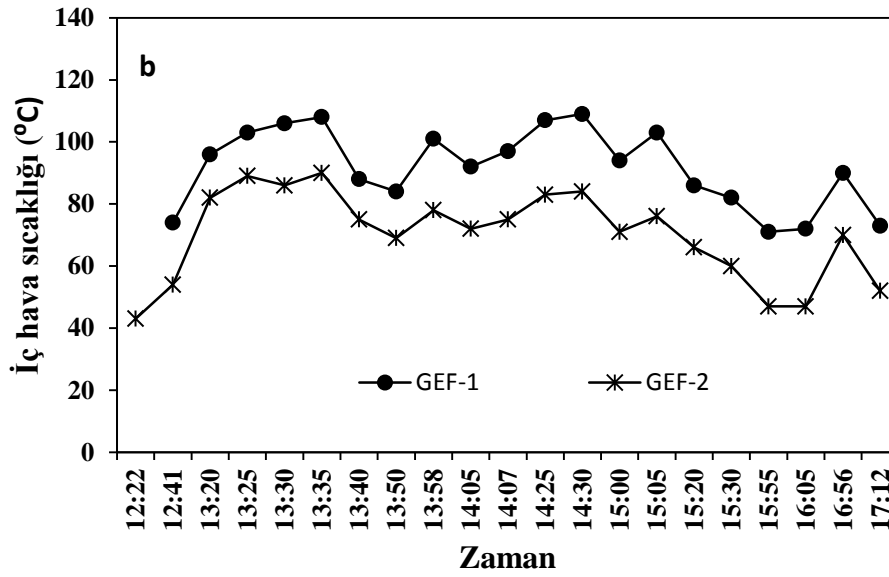
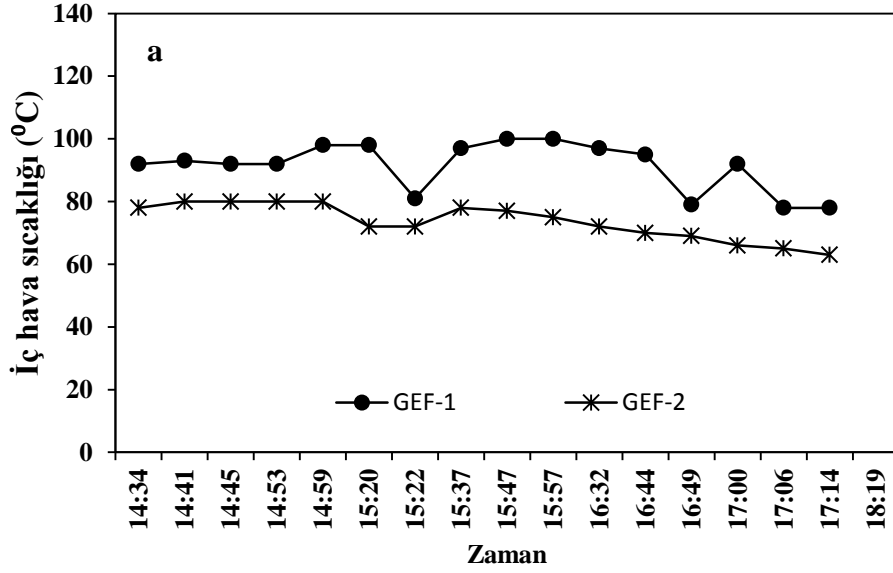
en yüksek iç hava sıcaklığı değerleri GEF-1 için 14:30'da 109⁰C, GEF-2 için ise 13:35'te 90⁰C olarak belirlenmiştir. Güneşli, zaman zaman da güneşin bulut arkası olduğu günde, saat 12:22'de Fırınlara içerisine yerleştirilen pastaneden alınan hazır poğaçaya hamuru GEF-1'de 14:25'te kızarmış, GEF-2'de ise 17:12'de pişmiştir.

Şekil 3.10'da GEF-2 fırının yalıtımlı olduğu durumlarda fırın taban sıcaklığının değişiminin (31 Temmuz) ve iç hava sıcaklığı değişiminin (14 Ağustos 2011 ve 17 Ağustos 2011) GEF-1 fırını ile karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 3.10 a'da 31 Temmuz 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 33 °C iken GEF-1 ve GEF-2 içerisinde taban sıcaklık değerlerinin zamanla değişimi görülmektedir. Fırınlara ulaştığı en yüksek taban sıcaklık değerleri GEF-1 için 13:57'de 110⁰C, GEF-2 için ise 14:40'ta 106 °C olarak tespit edilmiştir. Güneşli bir günde, saat 12:17'de Fırınlara içerisine yerleştirilen kek hamuru, GEF-1 ve GEF-2'de 14:07'de pişmiştir. Saat 14:40'ta Fırınlara içerisine yerleştirilen pizza ve yumurtalar her iki pişiricide de saat 15:52'de pişmiştir. Saat 13:47' de GEF-1'in yan tarafına, güneşten gelen ışığı saydam yüzeye verecek şekilde yansıtıcı eklenmiş, 10 dakikalık süre içerisinde sıcaklık 97 °C'den 110 °C'ye yükselme göstermiştir.

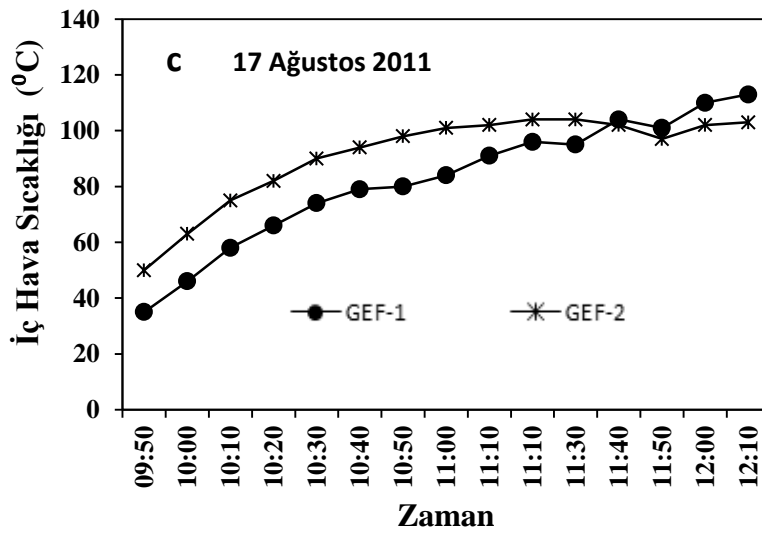
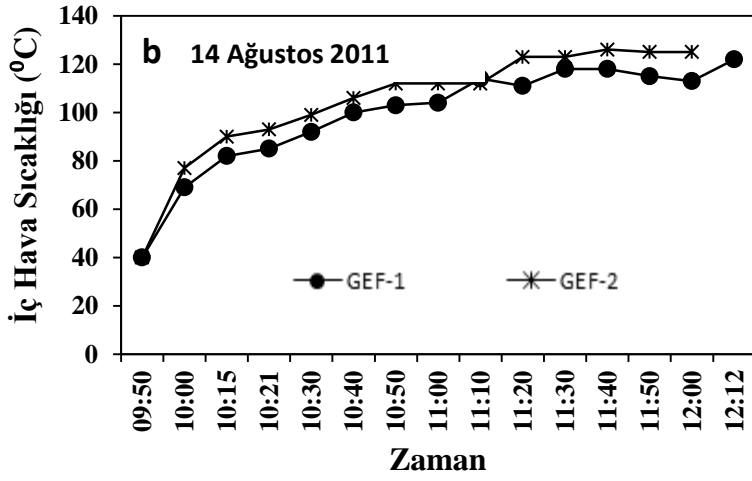
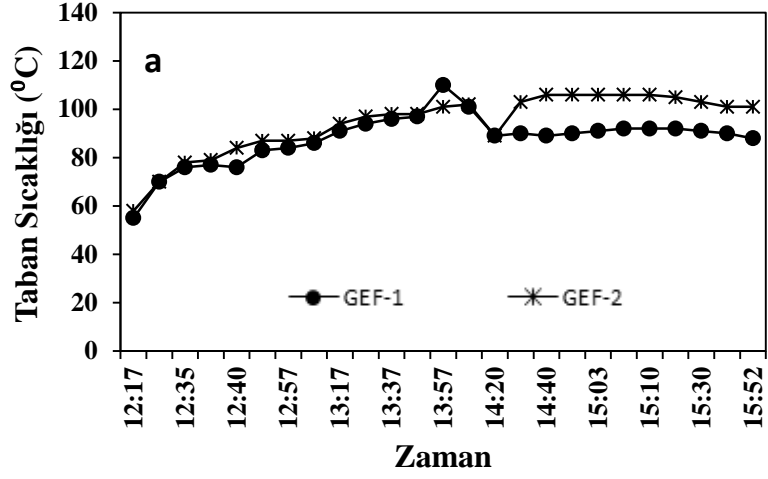
Şekil 3.10.b'de 14 Ağustos 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 30 °C iken GEF-1 ve GEF-2 içerisinde alınan iç hava sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi görülmektedir. Güneşli günde saat 09:50'de pişiriciler içerisine yerleştirilen fasulye ve patates GEF-1 ve GEF-2'de 11:50'de, saat 10:00'da yerleştirilen börekler ise saat 12:10'da pişmiştir. Fırınlara ulaştığı en yüksek sıcaklık değerleri GEF-1 için saat 12:10'da 113⁰C, GEF-2 için ise saat 11:10'da 104⁰C olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.10.c'de 17 Ağustos 2011 tarihinde hava sıcaklığı ortalama 29⁰C iken GEF-1 ve GEF-2 içerisinde alınan iç hava sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi görülmektedir. Fırınlara ulaştığı en yüksek sıcaklık değerleri GEF-1 için saat 12:12'de 122⁰C, GEF-2 için ise saat 11:40'da 126⁰C olarak ölçülmüştür. Güneşli günde saat 09:50'de pişiriciler içerisine yerleştirilen biber, patates ve keteler GEF-2'de 11:50'de, GEF-1'de ise 12:12'de pişmiştir.

Her ikisi de yalıtımlı, GEF-1 ve GEF-2 karşılaştırıldığında, her iki fırında da taban sıcaklığının çok yakın olmasına karşın, GEF-2'de ölçülen iç hava sıcaklık değerleri daha yüksektir. Bu gözlem, GEF-2 fırınının iç yüzeylerinin siyaha boyanmış olmasından kaynaklanabileceği gibi, daha fazla kullanıldığı için yıpranmış olan GEF-1 fırınındaki ısı kayıplarının fazla olmasından da kaynaklanabilmektedir. Yıpranmış fırında, yan

duvarlardaki ve kapak çevresindeki açıklıklardan dışarı ısı kaçıışı ve dışarıdan hava girişi gerçekleşebileceğinden, iç hava sıcaklığı daha düşük olmaktadır.



Şekil 3.9 : Temmuz ayı içerisinde GEF-2'nin yalıtımsız olduğu durumda, GEF-1 ve GEF-2 için ölçülen iç hava sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi a) 3 Temmuz b) 11 Temmuz



Şekil 3.10 : GEF-2 yalıtımlı olduğu durumda, GEF-1 ve GEF-2 için a)taban sıcaklıklarının b-c)İç hava sıcaklık değerlerinin zamana göre değişimi

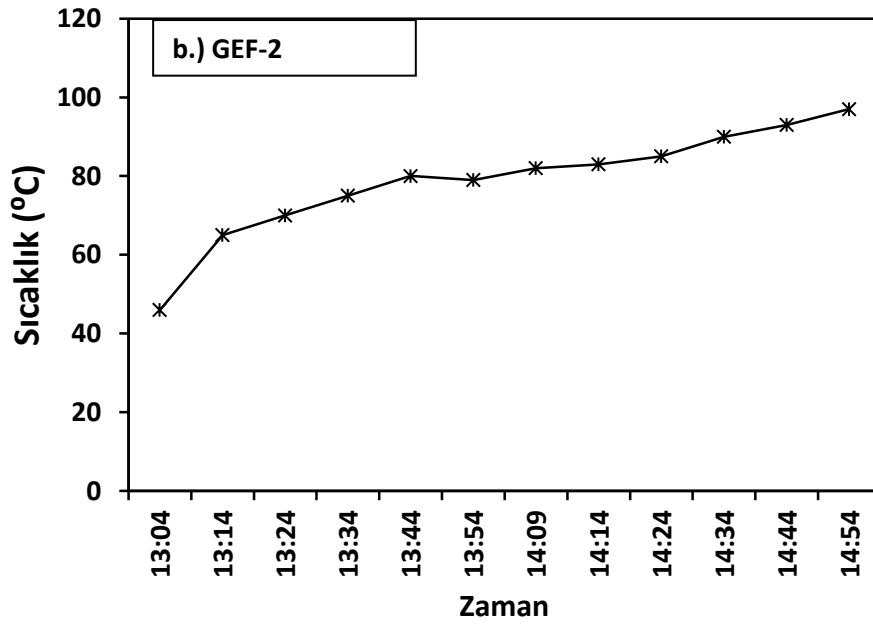
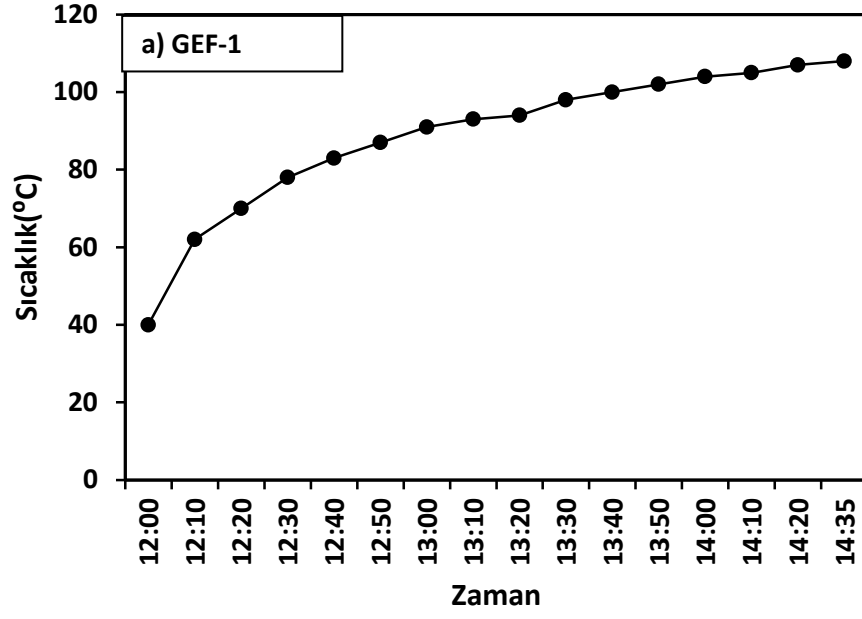
GEF-1 ve GEF-2 fırınları Aydın İli, Didim ilçesinde de test edilmiştir. Şekil 3.11’de, 25 Ağustos 2011’de GEF-1, 30 Ağustos 2011 tarihinde GEF-2 için ölçülen pişirici iç hava sıcaklıklarının zamana göre değişimleri görülmektedir. Ulaşılan en yüksek sıcaklık değeri, 25 Ağustos’ta GEF-1 için saat 14:35’te 108 °C (Şekil 3.11.a), 30 Ağustos’ta GEF-2 için saat 14:54’te 97 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 3.11.b). Didim’de yapılan testlerde, hava sıcaklığı ortalama 40 °C olduğu güneşli bir gün olan 25 Ağustos 2011 tarihinde Hindistan cevizli kurabiyeler öğle vakti saat 12:00’da pişirici içerisine yerleştirilmiş ve 14:35’te pişme işlemi tam olarak gerçekleşmiştir. Güneşli bir gün ve hava sıcaklığı ortalama 31 °C olan 30 Ağustos 2011 tarihinde, tarçınlı kurabiyeler ve poğaçalar öğle vakti saat 13:04’da pişirici içerisine yerleştirilmiştir. Kurabiyeler 14:14’te, poğaçalar ise 14:54’te tam olarak pişmiştir. 25 Ağustos’ta gıdaların fırına yerleştirilmesi sırasında iç hava sıcaklığı 40 °C iken, yaklaşık 40 dakikalık bir sürede pişme için yeterli olan sıcaklığa (85 °C), yaklaşık 2,5 saatte en yüksek iç hava sıcaklığına ulaşılmıştır. 30 Ağustos 2011’de ise, 46 °C iç hava sıcaklığı ile deneye başlanmış, 85 °C’ye 65 dakikada, en yüksek iç hava sıcaklığına yaklaşık 2 saatte ulaşılmıştır. Deneyin geç başlatılması iç hava sıcaklıklarının daha düşük olmasına ve bu sıcaklığa ulaşılması için geçen sürenin uzamasına neden olmaktadır.

GEF-1 fırınında zamanla gözlenen yıpranma üzerine, Şekil 3.12’de görüldüğü gibi iç yüzeyleri ve yansıtıcı tabakası 0.5mm’lik parlak Alüminyum levha ile kaplanarak fırında iyileştirme yapılarak, 21 Temmuz 2012 tarihinde Beytepe Kampüsündeki Güneş Evi’nde test edilmiştir. Hava sıcaklığının 34 °C olduğu güneşli, hafif bulutlu günde, taban sıcaklığının en düşük değeri 86 °C, en yüksek değeri 133 °C olarak ölçülmüştür. Fırında, pişmeden önce yaklaşık 4 cm kalınlığında olan kek hamuru ortasında boşluk bulunan kek kalıbında pişirilmiştir. 12:20 de başlayan pişirme işlemi yaklaşık 2 saat sürerek 14:40’da sonlandırılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi, hafif bulutlu bir günde, deneye geç başlanmasına karşın, kek iyi pişmiş ve üzeri kızarmıştır.

Ek 1 ve Ek 2’de ayrıntıları verilen uzun denemeler sonucu, farklı gıdaların hangi pişirici kapta ve hangi sürede piştiği saptanmış ve deneyim kazanılmıştır. Bu deneyimin görselleştirilmesi amacıyla, son yapılan denemelerde pişirme sürecinin farklı aşamalarında fotoğraf çekilmiştir. Şekil Ek 3.2’de GEF-1’de 2 Temmuz 2011’de Ağrı ilinde hava sıcaklığının ortalama 29°C olduğu güneşli bir günde pişirilen kek için pişme süresince farklı zamanlarda çekilen fotoğrafları görülmektedir. Çizelge Ek 1.10’dan da görüleceği gibi, 13:50’de başlanan pişirme işlemi kekin pişmesine karşın iyice kızarması için 18:00’ e kadar devam ettirilmiştir.

Şekil 3.14'te GEF-2'de 5 Ağustos 2011 tarihinde aynı gün içerisinde pişirilen kek, poğaç, patates, patlıcan, yumurta ve biberin fotoğrafları görölmektedir. Şekil 3.14.(a-b) gıdaların pişmeden önceki, Şekil 3.14.(c,d,e,f) piştikten sonraki fotoğrafları verilmiştir.

Güneş enerjili fırında pişirilen kalın krakerler, kek, kete, pizza, poğaçanın pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar EK 3 (Şekil Ek 3.1-3.6)' de verilmiştir. Özellikle patates, biber, patlıcan gibi sebzeler pişirilirken, kurumamaları ve daha çabuk pişmeleri için ısıya dayanıklı poşetlere konularak pişirilmeleri daha uygun olmaktadır (Şekil 3.15.a). Fırın poşeti kullanılmaması halinde bu tür sebzeler çok daha geç pişmekte, biber gibi sebzelerse tıpkı güneşte kurutulmuş sebze gibi olmaktadır (Şekil 3.15.b).



Şekil 3.11 : a) 25 Ağustos 2011'de GEF-1 b)30 Ağustos 2011 tarihinde GEF-2 için Aydın İli, Didim İlçesinde ölçülen fırın iç hava sıcaklıklarının zamana göre değişimi

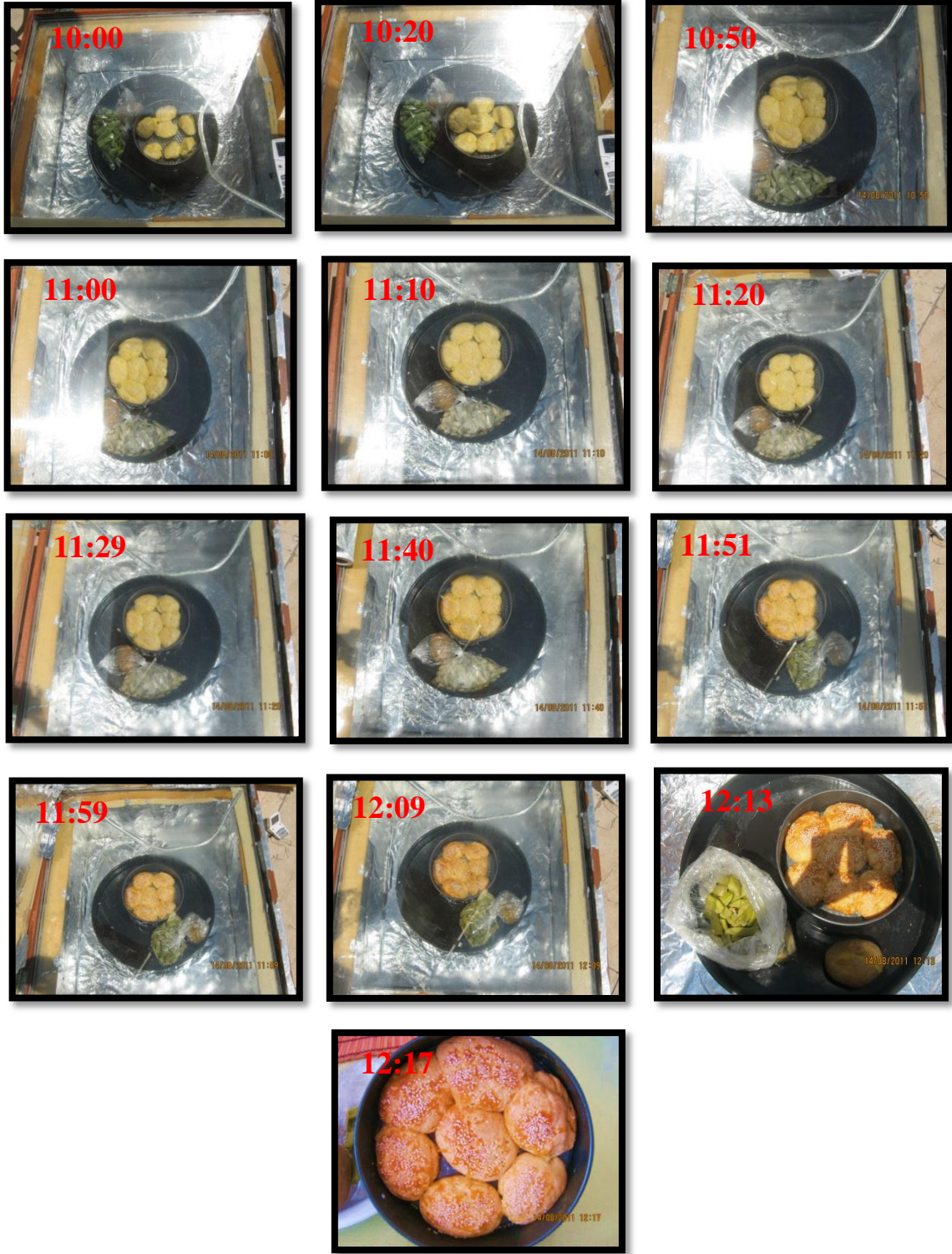


Şekil 3.12 : a) GEF-1'in iç yüzeyinin ve yansıtıcısının yenilenmiş görüntüsü b) GEF-1'in ilk görüntüsü

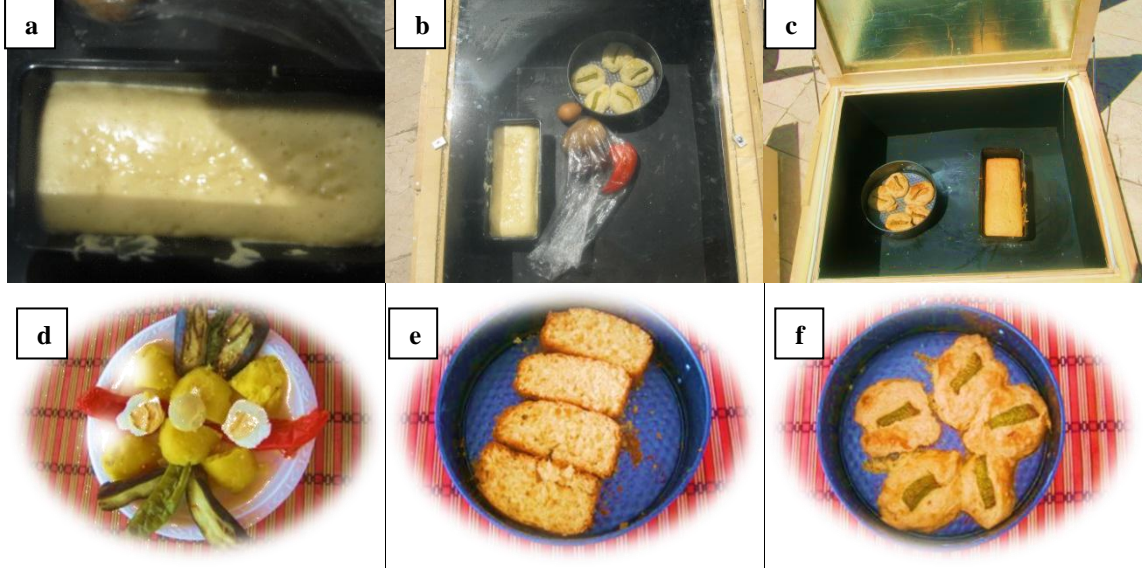
14 Ağustos 2011 tarihinde Ağrı İlinde, güneşli bir günde ortalama hava sıcaklığı 32°C iken GEF-1 ve GEF-2'de poğaçaya, fırın poşeti içerisinde patates ve taze fasulye pişirilmiştir. Her iki fırında ayrıntılı sıcaklık verileri **Çizelge 3.7**'de görülmektedir. Ek 1 ve Ek 2'de yer alan pişme sıcaklıkları ve süreleri benzer şekilde alınan verilerden çıkarılmış olan sonuçlardır. Şekil 3.13'te GEF-1'deki poğaçaların pişme aşamaları görülmektedir. GEF-2'de de benzer sonuçlar alınmıştır.

Çizelge 3.7 : 14 Ağustos Tarihinde Alınan Veriler

HAVA SICAKLIĞI:		32°C, Güneşli			
TARİH:		14/08/2011			
YER:		AĞRI/Gürkaynak Askeri Tesisleri			
ZAMAN (dk)	SICAKLIK (° C)			AÇIKLAMA	PİŞİRİLEN YİYECEKLE R
	GEF-1	GEF-2	Dış hava sıcaklığı		
09:50	35	50	30	Fasulye, patates fırınlara yerleştirildi.	<ul style="list-style-type: none"> ●Taze fasulye ●Patates ●Poğaç
10:00	46	63	34	Poğaçlar fırınlara yerleştirildi.	
10:10	58	75	32		
10:20	66	82	32		
10:30	74	90	33		
10:40	79	94	33		
10:50	80	98	33		
11:00	84	101	32		
11:10	91	102	32		
11:10	96	104	32		
11:30	95	104	32	GEF-2’de kapak açıldı ve buhar alındı. Her iki fırında yönü değiştirildi.	
11:40	104	102	31		
11:50	101	97	31	11:47 de GEF-2’de camda ki buhar alındı. Patatesler her iki fırında da pişti.	
12:00	110	102	32		
12:10	113	103	32	Poğaçlar 12:00’ da pişti ancak üstlerinin kızarması için beklendi. Tüm yiyecekler pişti.	



Şekil 3.13 : GEF-1 içerisinde poğaçaların pişme aşamaları



Şekil 3.14 : GEF-1 ve GEF-2'de aynı gün içerisinde pişirilen kek, patates, kırmızı biber, poğaç ve yumurta için **a-b)**Pişmeden önceki, **c-d-e-f)** Piştikten sonraki görüntüler



Şekil 3.15 : **a)**Fırın poşeti kullanılarak **b)** Fırın poşeti kullanılmadan pişirilen sebzelerin görüntüleri

3.2.2 Ahşap dikdörtgen, Eliptik Silindir ve Silindir Fırınlarmn Testi

2013 yılında tasarlanan ve yapılan eliptik silindir (GEF-3) ve silindir (GEF-4) güneş enerjili fırınlar, görev yerinin T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Kampüsü'nde olması ve gerekli cihazların (pironometre, anemometre, elektronik veri kaydedici) hali hazırda bulunması nedeniyle kampüs alanı içerisinde “Yeni Enerji Kaynakları Araştırma Alanı”nda test edilmiştir. Eliptik silindir ve silindir güneş enerjili fırınların aynı koşullar altında, iç hava sıcaklıkları, soğurucu tabaka sıcaklıkları, pişirici tencerelerdeki su sıcaklıkları ölçülmüştür. GEF-2, GEF-3 ve GEF-4'ün 2013 yılındaki testlerine yönelik kullanılan cihazlar EK-4'te verilmiştir.

Ahşap fırınlar için yapılan testlerde kullanılan termometreler ve silindirik fırınlarda kullanılan deney düzeneği farklı olduğundan, eliptik silindir ve silindir fırın kendi içinde karşılaştırılacaktır. Tüm fırınların karşılaştırılması performans testi kısmında yapılacaktır.

Eliptik silindir ve silindir fırınlar, ahşaplara göre daha iyi performans verecek şekilde tasarlandığından, bu fırınlarda, çok sayıda pişirme testi yapılmamıştır. Kesim 3.2.1'de ahşap fırınlarda test işleminde yapıldığı gibi, 8-20-21-22-31 Mayıs 2013 ve 4-5 Temmuz 2013 tarihlerinde fırınlarda iç hava sıcaklıkları, taban sıcaklıkları ölçülmüş ve sonuçlar **Çizelge 3.8**'de verilmiştir. Aynı çizelgede, deney sisteminin olanak vermesi nedeniyle ölçülen güneş ışınım değerleri de bulunmaktadır.

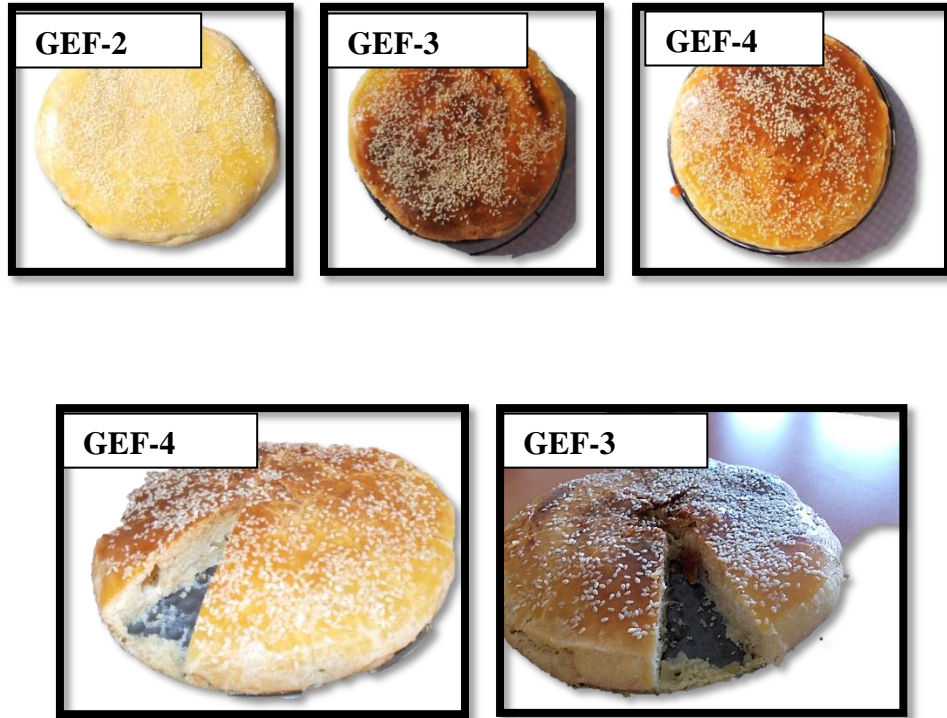
Çizelge 3.8 : Farklı Günlerde Ölçülen, Güneş Işınımı, Eliptik Silindir ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlarda İç Hava Sıcaklığı ve Taban Sıcaklığı Değerleri

TARİH	GEF TÜRÜ	Deney Süresi	Taban Sıcaklığı (°C)	İç hava sıcaklığı (°C)	Güneş ışınımı (W/m ²)	
			T _{mak}	T _{mak}	G _{ort}	G _{mak}
8 Mayıs 2013	Eliptik Silindir	11:45-16:00	161,29	128,2	972,76	1106,55
	Silindir		146,46	123,6		
20 Mayıs 2013	Eliptik Silindir	10:00-16:10	159,26	151,38	955,66	1089,80
	Silindir		134,99	137,7		
21 Mayıs 2013	Eliptik Silindir	9:42-17:10	165,22	144,8	947,39	1093,03
	Silindir		135,32	134,77		
22 Mayıs 2013	Eliptik Silindir	9:48-16:00	164,05	140,51	955,13	1160,91
	Silindir		136,15	124,68		
31 Mayıs 2013	Eliptik Silindir	10:16-17:00	136,49	130,43	816,32	1052,74
	Silindir		126,91	122,22		
4 Temmuz 2013	Eliptik Silindir	10:48-13:30	156,36	122,26	991,62	1010,51
	Silindir		134,21	114,87		
5 Temmuz 2013	Eliptik Silindir	10:00-17:10	174,5	150,9	930,74	1019,6
	Silindir		160,6 ⁶⁸	129,4		

11 Ekim 2013 tarihinde 200'er gram poğaçaya hamuru eş kalınlıkta yaklaşık 25 cm çapında olacak şekilde daireler haline getirilmiş ve dört farklı pişiricide pişirilerek test edilmiştir. En iyi sonuç silindir (GEF-4) ve eliptik silindir(GEF-3) fırınlardan alınmıştır. Çizelge 3.9'da 11 Ekim 2013 tarihinde test süresince kaydedilen en yüksek, en düşük ve ortalama rüzgar hızı, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı şiddeti değerleri görülmektedir. Deney saat 09:32'de başlatılmış, 13:32 'de sona ermiştir. Şekil 3.16'da 13:32'de 25 cm çapındaki büyük poğaçaların GEF'lerden çıkarıldıktan sonraki görüntüleri verilmiştir.

Çizelge 3.9 : 11 Ekim 2013 tarihinde test süresince kaydedilen en yüksek, en düşük ve ortalama rüzgar hızı, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı şiddeti değerleri

	Rüzgar hızı (m/s)	Dış hava sıcaklığı (° C)	Güneş ışınımı şiddeti (W/m ²)
En Yüksek	1,4	22,8	882,2
En Düşük	0,1	18,6	111,3
Ortalama	0,7	20,5	814,3



Şekil 3.16 : 13:32'de 25 cm çapındaki büyük poğaçaların fırınlardan çıkarıldıktan sonraki görüntüleri

3.3 GÜNEŞ ENERJİLİ FIRINLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Güneş enerjili fırınların performanslarının karşılaştırılmasında, Kesim 2.4’de açıklanan test yöntemi kullanılmıştır. **Çizelge 3.8**’de, farklı günlerde yapılan performans deneylerinde, ölçülen ortalama ve en yüksek güneş ışınımı, güneş enerjili fırınlarda ulaşılan en yüksek taban sıcaklığı ve deney sonundaki taban sıcaklığı değerleri verilmiştir. Deneylerde; 0,5, 1 ve 1,5 kg su kullanılarak su kaynatma deneyleri yapılırken aynı anda iki fırın üzerinde deney yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda:

- 11-20-26-30 Temmuz tarihlerinde kap-1 ve kap-2 kullanılarak, sırasıyla, 0,5, 1,0, 1,5 kg su kaynatılarak GEF-3 ve GEF-4 fırınları için
- 1-2-22 Ağustos 2013 tarihlerinde kap-2 kullanılarak, sırasıyla, 0,5, 1,0, 1,5 kg su kaynatılarak GEF-2 ve GEF-3 fırınları için
- 5-19-23 Ağustos 2013 tarihlerinde kap-2 kullanılarak sırasıyla, 0,5, 1,5, 1,0 kg su kaynatılarak GEF-2 ve GEF-4, fırınları için

Eşitlik 2.10, Eşitlik 2.12 ve Eşitlik 2.13 kullanılarak verim, karakteristik ve spesifik kaynama süreleri hesaplanmıştır ve elde edilen veriler **Çizelge 3.10**’da verilmiştir. İzleyen kesimde de deneysel sonuçlar fırınların ikili gruplar halinde karşılaştırılması olarak aktarılmıştır.

Test yöntemi olarak Akyut, Khalifa ve arkadaşlarının [85] daha önce kullanmış oldukları yöntem seçilmiştir. Bu test yöntemi daha sonra Türkiye koşullarında Kurt [20] tarafından kullanılmıştır. GEF-2, GEF-3 ve GEF-4’ün 2013 yılındaki testlerine yönelik kullanılan cihazlar EK-4’te verilmiştir.

Çizelge 3.10 : GEF-2, GEF-3 ve GEF-4 için değişik su miktarları kullanılarak hesaplanan verim(η) değerleri, karakteristik(t_c) ve spesifik (t_s) kaynama süreleri

DENEY TARİHLERİ	SU MİKTARI(kg)	KULLANILAN KAP	Eliptik silindir GEF			Silindir GEF			Dikdörtgen GEF		
			η	T_s (dk m ² /kg)	t_c (dk m ² /kg)	η	t_s (dk m ² /kg)	t_c (dk m ² /kg)	η	t_s (dk m ² /kg)	t_c (dk m ² /kg)
19.07.2013	0,5	Kap-1	7,8	51,73	54,8	7,1	56,2	59,9			
20.07.2013	1	Kap-1	14,643	32,52	36,53	13,99	35,8	40,3			
26.07.2013	1,5	Kap-2	20,17	24,39	27,28	18,25	27,6	31,0			
30.07.2013	1	Kap-2	18,756	23,65	26,07	15,601	29,5	32,5			
01.08.2013	0,5	Kap-2	9,553	53,21	53,97				6,78	69,69	68,59
02.08.2013	1	Kap-2	12,806	52,47	43,4				6,51	88,35	73,08
05.08.2013	0,5	Kap-2				10,89	42,12	47,75	5,23	84,62	96,29
19.08.2013	1,5	Kap-2				18,96	24,63	26,78	10,39	43,97	47,97
22.08.2013	1,5	Kap-2	23,266	19,21	21,36				11,27	40,24	44,85
23.08.2013	1	Kap-2				13,82	29,56	31,82	8,36	51,02	54,97

3.3.1 Eliptik Silindir ve Silindir Güneş Enerjili Fırınlarnın Karşılaştırılması

Eliptik silindir (GEF-3) ve Silindir (GEF-4) pişiriciler,

- 19 ve 20 Temmuz 2013 tarihinde **kap-1** (İçerisine fırın poşeti konulmuş, sıcaklık sensörü içine daldırılarak ağız kısmından bağlanmıştır.) ve içerisine konulan 0,5 kg su ve 1,0 kg su kullanılarak,
- 26 ve 30 Temmuz 2013 tarihlerinde ise **kap-2** (kapaklı sefer tası) ve sırasıyla 1,5 ve 1 kg su kullanılarak

test edilmiştir. Kap-2'nin kapağının tam merkezinden sıcaklık sensörünün girebilmesi için bir delik açılmış, sensörün ucunun kap tabanına değmemesi için, sensörün ucuna şişe mantarı geçirilerek destek oluşturulmuştur.

Çizelge 3.8'de, farklı günlerde yapılan performans deneylerinde, ölçülen ortalama ve en yüksek güneş ışınımı, güneş enerjili fırınlarda ulaşılan en yüksek taban sıcaklığı değerleri verilmiştir. İki GEF arasındaki soğurucu tabaka sıcaklıkları karşılaştırıldığında GEF-3'ün daha iyi sonuç vermiş olduğu görülmektedir.

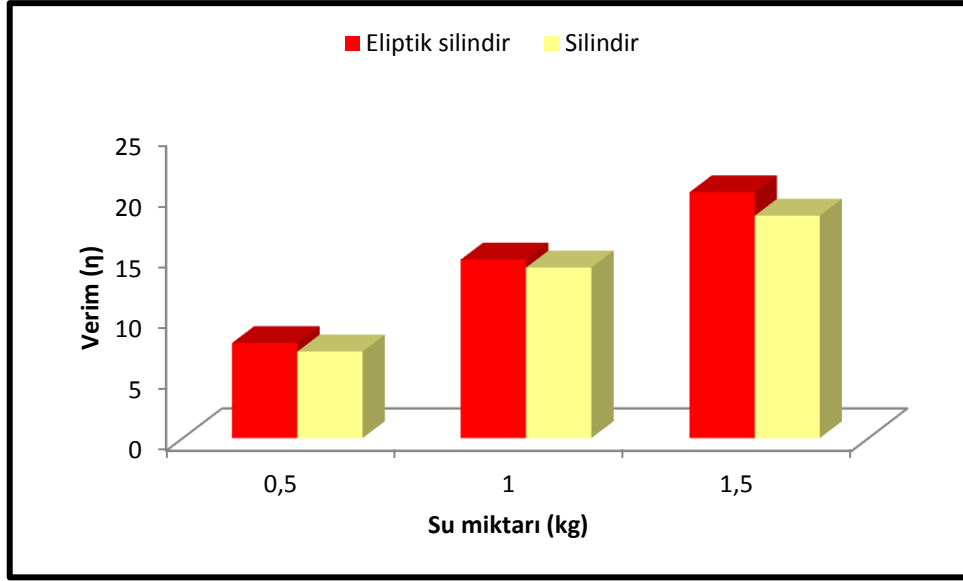
• **19 Temmuz 2013 tarihinde;** güneş ışınımı şiddeti değerlerinde kısa süreli dalgalanmalar yaşanmış ancak bu iniş ve çıkışlar kısa süreli olduğundan fırınlarda sıcaklık düşüşlerine sebep olmuş olsa da genel anlamda çok büyük bir sıkıntı yaratmamıştır. Fırınlarnın ulaştığı en yüksek soğutucu tabaka sıcaklık değerleri öğleden sonra 15:00'dan sonra, eliptik silindir fırın için 164,3 °C, silindir fırın için 142,3 °C olmuştur, **Çizelge 3.12** Eliptik silindir pişiricide su saat 12:46'da kaynamaya başlamış ve sıcaklığı 97,7 °C'ye ulaşmıştır. Silindir pişiricideki suyun aynı sıcaklığa erişmesi 13:00'da gerçekleşmiştir.

• **20 Temmuz 2013 tarihinde;** 1.0 kg su kullanılarak yapılmış olan deneyde güneş ışınımı şiddetinde istikrarlı bir ilerleme gözlenmiştir. Fırınlarnın ulaştığı en yüksek su sıcaklık değerleri saat 14:50'de eliptik silindir fırın için 98.6 °C ve saat 14:42'de silindir fırın için 98,4 °C olmuştur.

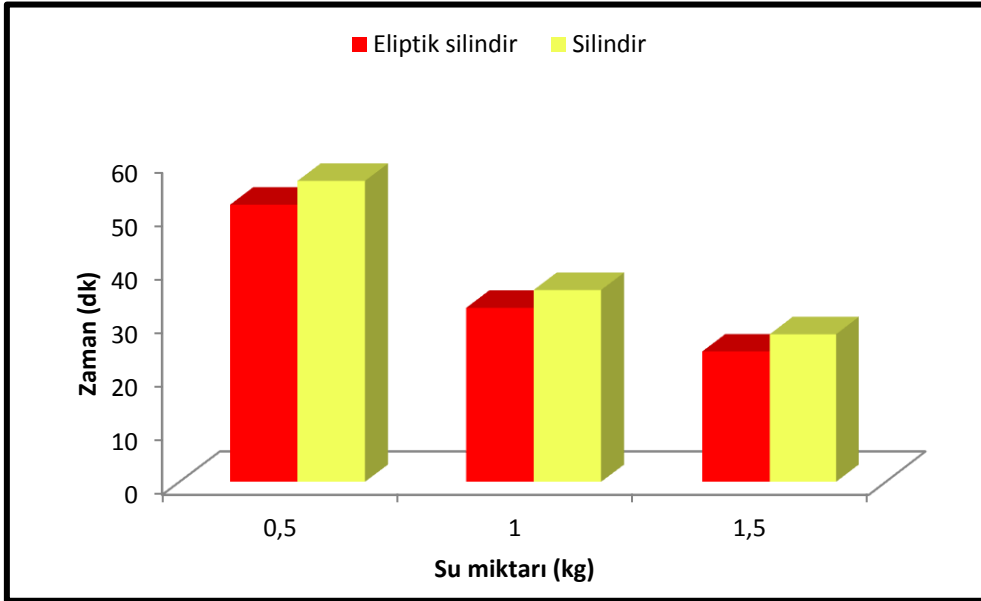
• **26 Temmuz 2013 tarihinde**, 1,5 kg su kullanılarak yapılmış olan deney boyunca güneş ışınımı şiddeti değerlerinde 14:58'den itibaren önemli düşüşler, soğurucu tabakada sıcaklık düşüşlerine sebep olmuş ancak su bu düşüşlerden önce zaten kaynama noktasına gelmiştir. Fırınların ulaştığı en yüksek soğurucu tabaka sıcaklık değerleri, eliptik silindir GEF için saat 14:34'te 153,9 °C, silindir GEF için saat 14:58'de 134,8 °C olmuştur, **Çizelge 3.12** Eliptik silindir pişiricide su saat 13:46'da kaynamaya başlamış ve sıcaklığı 97.8 °C'ye ulaşmıştır. Silindir pişiricideki suyun aynı sıcaklığa erişmesi saat 14:14'de gerçekleşmiştir.

30 Temmuz 2013 tarihinde, 1.0 kg su kullanılarak yapılmış olan deney öğleden önce saat 11:00'dan öğleden sonra 15:00'a kadar devam etmiştir. Genellikle en yüksek soğurucu tabaka sıcaklıklarına 14:30 ve 15:30 saatleri arasında ulaşabilmektedir. Suyun kaynaması için deney süresi yeterli olsa da diğer deneylere göre geç başlanması ve yaklaşık bir saat önce deney sonlandırılması nedeniyle soğurucu tabakanın tavan yapacağı değer bu deneyde saptanamamıştır.

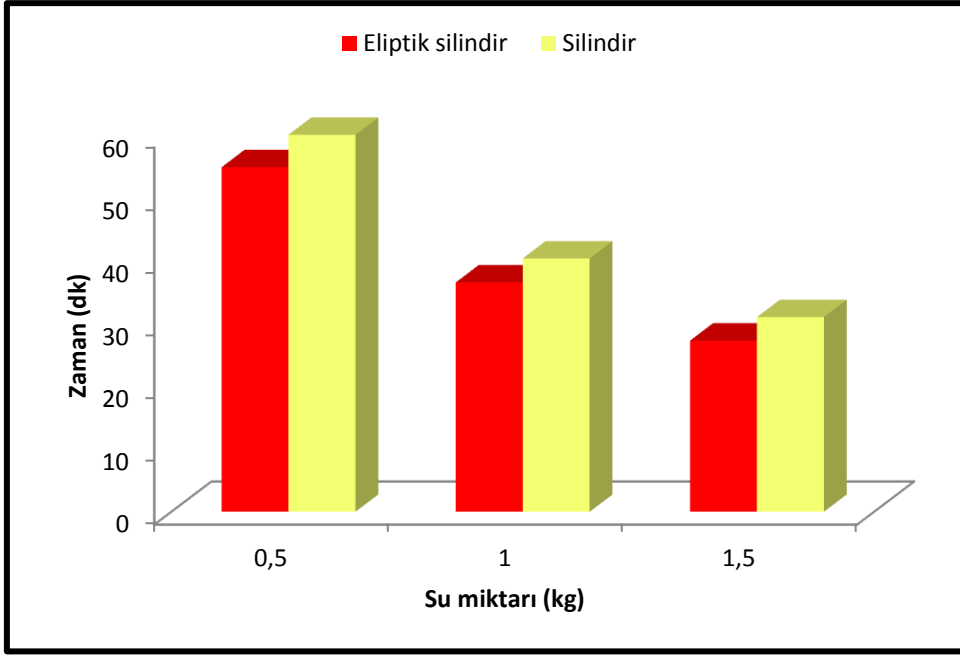
Farklı miktarlarda su kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, eliptik silindir ve silindir fırınlarda elde edilen verim(η), karakteristik (t_c) ve spesifik (t_s) kaynama sürelerinin su miktarı ile değişimini gösteren grafikler, sırasıyla Şekil 3.17, Şekil 3.18'de ve Şekil 3.19'da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde su miktarı arttırıldığında verimde artış gözlenirken, spesifik ve karakteristik kaynama sürelerinde azalma olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.17 : Eliptik silindir ve Silindir Fırınların Eşitlik 2.10 ile hesaplanan verimlerinin (η) karşılaştırılması



Şekil 3.18 : Eliptik silindir ve Silindir Fırınların Eşitlik 2.12 ile hesaplanan spesifik kaynama sürelerinin karşılaştırılması



Şekil 3.19 :Eliptik silindir ve Silindir Fırınların **Eşitlik 2.13** ile hesaplanan karakteristik kaynama sürelerinin karşılaştırılması

3.3.2 Dikdörtgen Ahşap ve Eliptik Silindir Güneş Enerjili Fırınların Karşılaştırılması

Dikdörtgen Ahşap (GEF-2) ve Eliptik Silindir (GEF-3) fırınlarda performans deneyleri, 1-2-22 Ağustos 2013 tarihlerinde, *kap-2* kullanılarak ve sırasıyla, 0,5, 1,0, 1,5 kg su kaynatılarak yapılmıştır. Her iki fırın için de verim(η), spesifik (t_s) ve karakteristik kaynama süreleri (t_c) süreleri hesaplanmıştır.

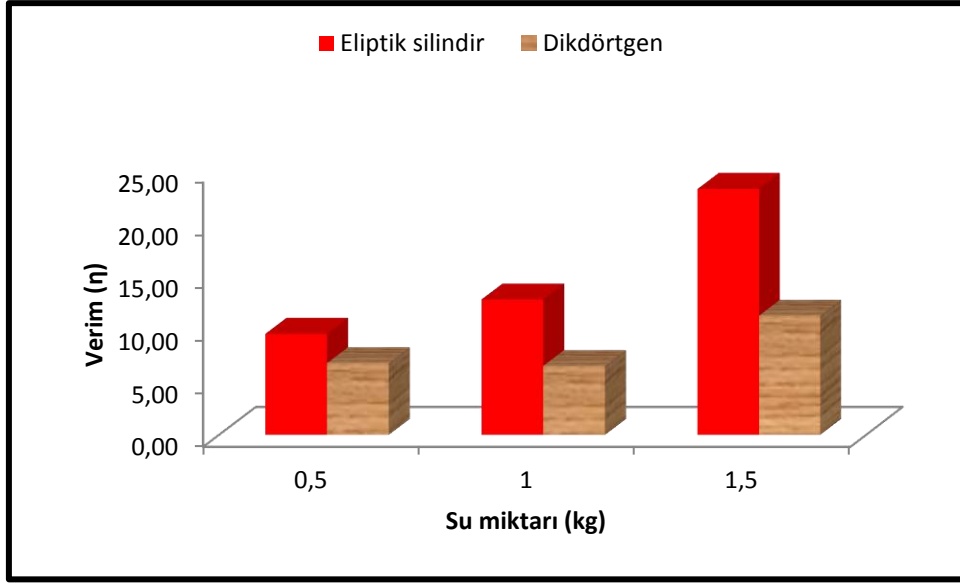
- 1 Ağustos 2013 tarihinde, 0,5 kg su kullanılarak yapılmış olan deney süresince güneş ışınımı şiddeti değerleri keskin değişkenlikler göstermiş bunun sonucunda sıcaklık değerleri de ulaşabileceği en yüksek değerlerine ulaşamamıştır. İki GEF arasındaki soğurucu tabaka sıcaklıkları karşılaştırıldığında eliptik silindir GEF'in daha iyi sonuç vermiş olduğu görülmektedir. Ancak güneş çoğunlukla bulut altı olduğundan fırınların soğurucu tabaka sıcaklık değerleri ciddi bir azalma göstermiştir.

- 2 Ağustos 2013 tarihinde, 1 kg su kullanılarak yapılmış olan deney süresince güneş ışınımı şiddeti değerleri gün boyunca kararlı hal bir izlememiştir. 1 Ağustos 2013 tarihinde

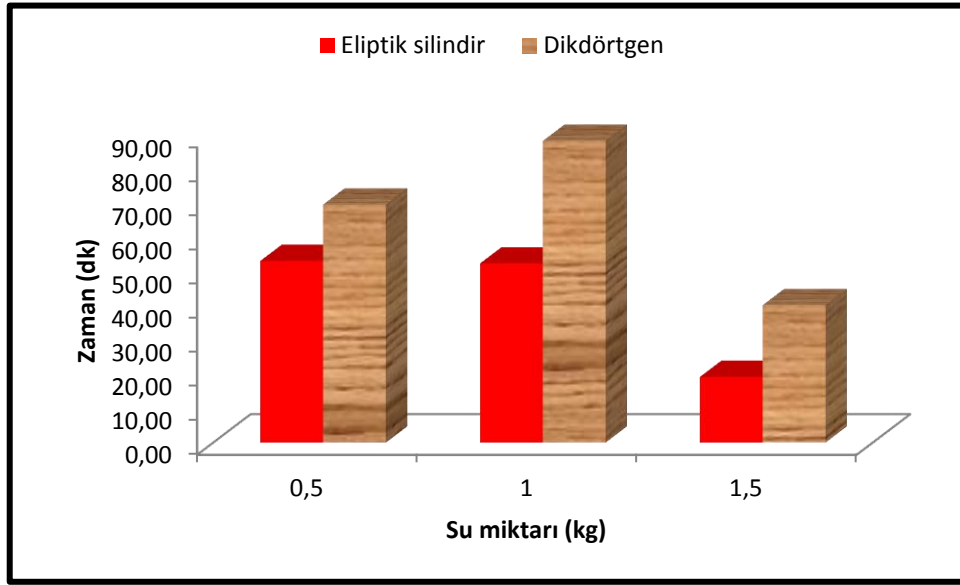
yapılmış olan deneyle benzerlik gösteren denemede olduğu gibi, güneş sık sık bulut altı olmuş, güneş ışınımı değerlerinde keskin değişkenlikler gözlenmiştir. Bunun sonucunda sıcaklık değerleri de ulaşabileceği en yüksek değerlerine ulaşamamıştır. Yeterli kararlı ışınım değerleri olmaması iki pişiricinin kıyaslanması için tam bir sonuç göstermemektedir.. Eliptik silindir pişiricide yaklaşık olarak su kaynama sıcaklığına ulaşmış ancak dikdörtgen pişiricide su bu sıcaklığa ulaşamamıştır.

●22 Ağustos 2013 tarihinde, 1,5 kg su kullanılarak yapılmış olan deney süresince güneş ışınımı şiddeti değerlerinde ani değişimler gözlenmemiş, gün boyunca kararlı bir hal izlemiştir. Fırınlara ulaştığı en yüksek soğurucu tabaka sıcaklık değerleri öğleden sonra sonra, GEF-3 (eliptik silindir) için saat 14:08'de 166,4 °C, GEF-2 (Dikdörtgen) için saat 13:24'de 121,5 °C olmuştur. GEF-3'te su saat 12:42'de kaynamaya başlamış ve sıcaklığı 97,7 °C'ye ulaşmıştır. GEF-3'te su en yüksek sıcaklık değeri olan 98,7 °C'ye saat 13:56'da ulaşmıştır. GEF-2'de suyun kaynama sıcaklığı ve ulaşılmış en yüksek sıcaklık olan 97,7 °C'ye saat 13:32'de ulaşılmıştır.

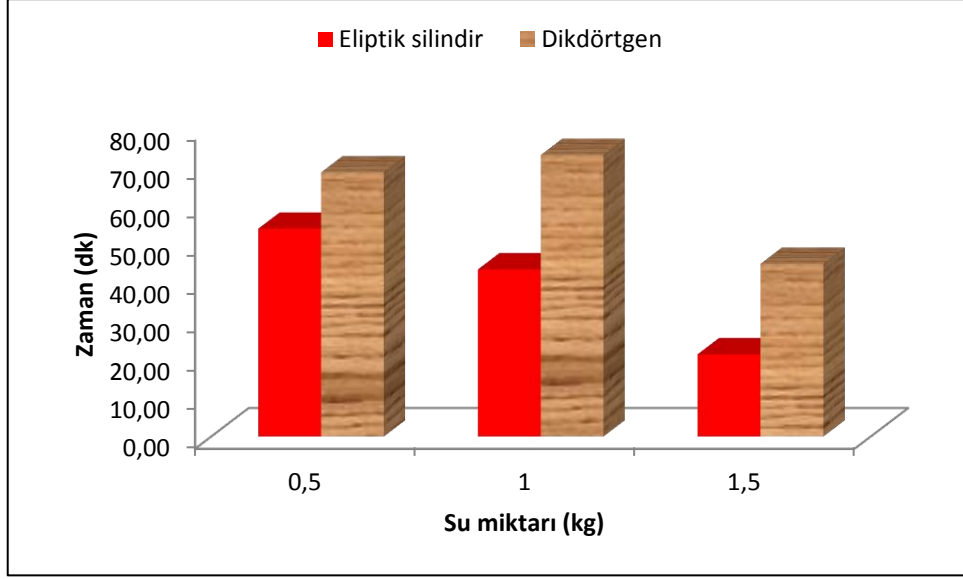
Farklı miktarlarda su kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, eliptik silindir ve ahşap dikdörtgen fırınlarda elde edilen verim(η), spesifik (t_s) ve karakteristik (t_c) kaynama sürelerinin su miktarı ile değişimini gösteren grafikler, sırasıyla Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, su miktarı arttığında GEF-3'te verimde artış, spesifik ve karakteristik kaynama sürelerinde azalış olduğu gözlenmektedir, ancak GEF-2'de 1 Ağustos 2013 tarihinde 0.5 kg su için yapılan deneye göre su miktarı arttırıldığından verimde artış, spesifik ve karakteristik kaynama süresinde azalış olması beklenirken, verimde düşüş ve spesifik ve karakteristik kaynama süresinde artış gözlenmiştir. Ahşap dikdörtgen fırında, verimi azaltıcı etkenlerden yansıtıcı ayarı, fırının yönünün güneşe dönük olmaması, kapağın tam olarak üzerine sıkıca yerleştirilememesi ve bu nedenle içeriden sıcak havanın dışarı kaçması, dışarıdan soğuk havanın içeri girmesi gibi nedenlerden dolayı istenilen sonuç alınamamıştır. Ancak genel anlamda tüm deneylerden olması gereken azalış ve artışları belirgin bir şekilde göstermektedir.



Şekil 3.20 : Eliptik silindir ve dikdörtgen ahşap fırınların Eşitlik 2.10 ile hesaplanan verimlerinin (η) karşılaştırılması



Şekil 3.21 : Eliptik silindir ve dikdörtgen ahşap fırınların Eşitlik 2.12 ile hesaplanan spesifik kaynama sürelerinin (t_s) karşılaştırılması



Şekil 3.22 : Eliptik silindir ve dikdörtgen ahşap fırınların **Eşitlik 2.13** ile hesaplanan karakteristik kaynama sürelerinin karşılaştırılması

3.3.3 Silindir ve Ahşap Dikdörtgen Güneş Enerjili Fırınların Karşılaştırılması

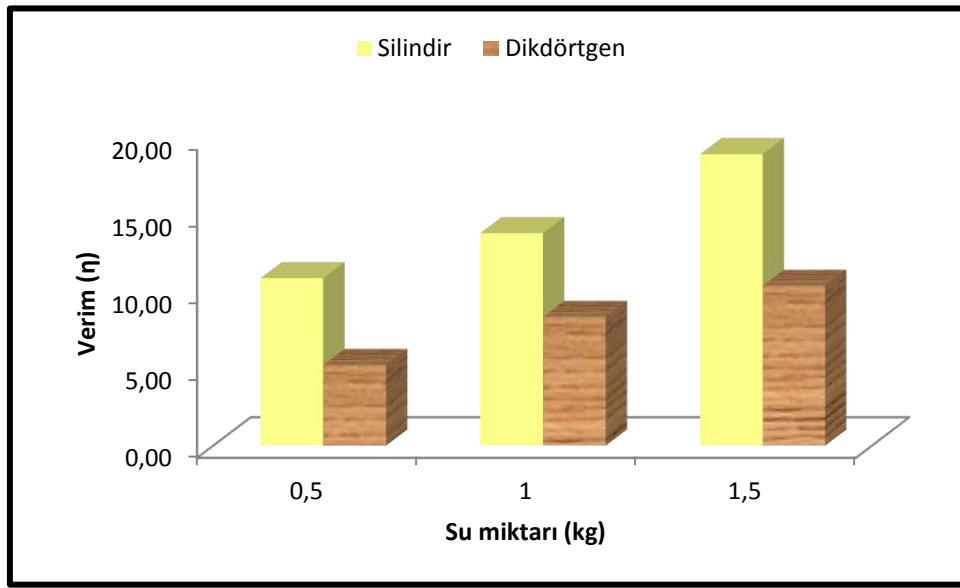
- 5 Ağustos 2013 tarihinde, 0,5 kg su kullanılarak yapılmış olan deney süresince güneş ışınımı şiddeti değerleri genellikle gün boyunca kararlı bir hal sergilemiştir. İki pişirici GEF arasındaki soğurucu tabaka sıcaklıkları karşılaştırıldığında silindir fırınların, dikdörtgen fırınlara göre daha iyi sonuç vermiş olduğu görülmektedir, **Çizelge 3.12** Fırınların ulaştığı en yüksek soğurucu tabaka sıcaklık değerleri 14:42’de, silindir fırın için 136,4 °C, dikdörtgen fırın için 111,3 °C olmuştur. Silindir pişiricide su saat 12:08’de kaynamaya başlamış ve sıcaklığı 97,6 °C’ye ulaşmıştır. Dikdörtgen pişiricideki suyun aynı sıcaklığa erişmesi 12:42’de gerçekleşmiştir.

- 23 Ağustos 2013 tarihinde, 1,0 kg su kullanılarak yapılmış olan deney sürecinde saat 14:20’den sonra güneşin bulut altı olmasıyla birlikte güneş ışınımı şiddeti değerlerinde düşüşler olmuştur. İki pişirici arasındaki soğurucu tabaka sıcaklıkları karşılaştırıldığında silindir fırının daha iyi sonuç vermiş olduğu görülmektedir. Silindir pişiricide su saat 13:02 ve 13:04’de aralığında 97,5 ve 97,9 °C’ye ulaşmış ve bu aralıkta kaynamıştır. Dikdörtgen pişiricide suyun kaynama sıcaklığı olan 97,5 °C’ye saat 13:16’da ulaşılmıştır.

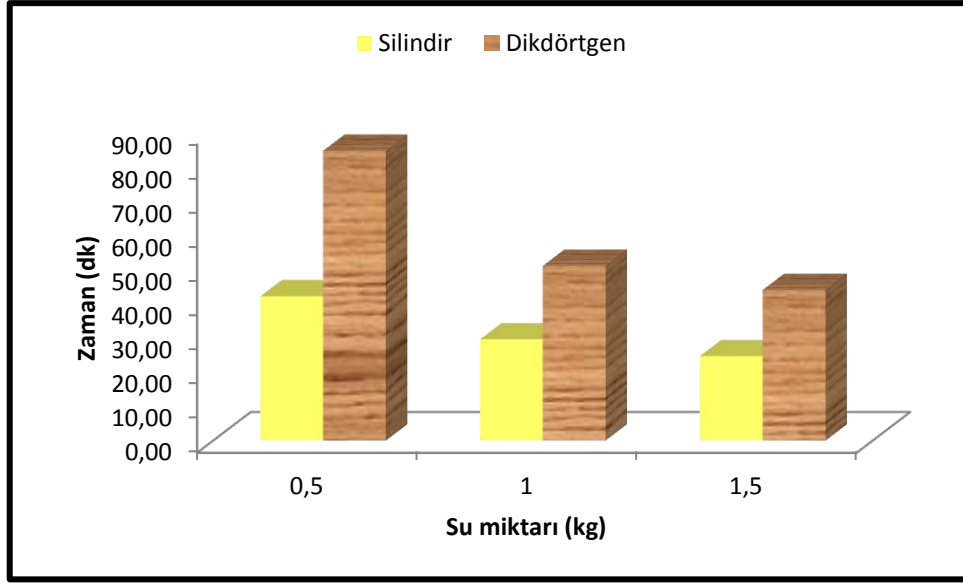
- 19 Ağustos 2013 tarihinde, 1,5 kg su kullanılarak yapılmış olan deney süresince güneş ışınımı şiddeti değerlerinde saat 11:20’den 14:10’a kadar kararlı bir ilerleyiş, diğer

kısımlarda ise değerlerde keskin iniş çıkışlar gözlenmiştir. Silindir pişiricide su saat 13:58'de kaynamaya başlamış ve sıcaklığı 97.6 °C'ye ulaşmıştır. Dikdörtgen pişiricideki su en yüksek sıcaklık değeri olan 97,4 °C'ye saat 14:08'de ulaşmıştır.

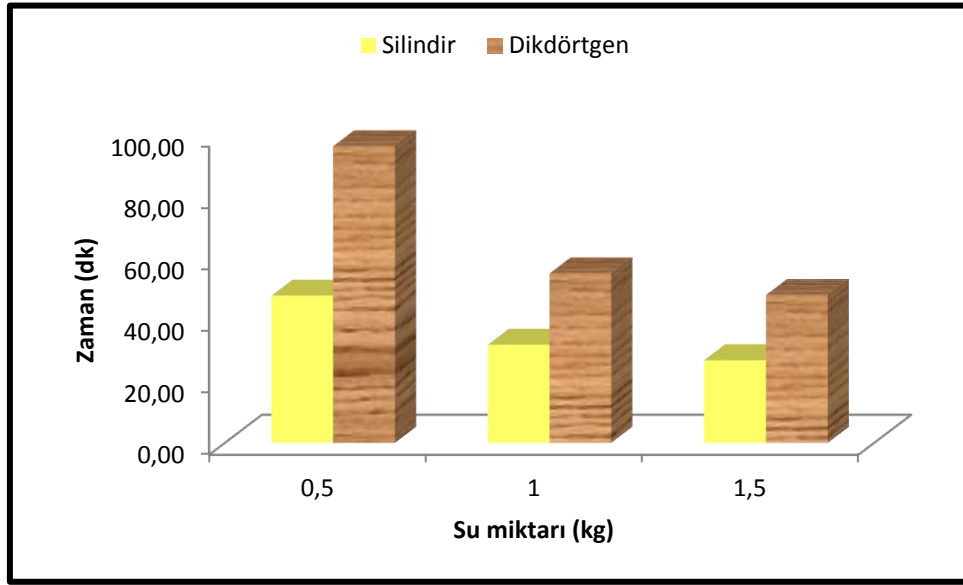
Şekil 3.23, Şekil 3.24 'te ve Şekil 3.25'de sırasıyla 05-23-19 Ağustos 2013 tarihlerinde 0.5, 1.0, 1.5 kg su kullanılarak yapılan deneyler sonucunda Silindir GEF (GEF-4) ve Ahşap dikdörtgen GEF'in (GEF-2) Eşitlik 2.10-2.12-2.13 ile hesaplanan verimlerinin (η), spesifik ve karakteristik kaynama sürelerinin karşılaştırılması görülmektedir. Grafikler incelendiğinde beklenildiği gibi, su miktarı arttırıldığında, verimde(η) artış, spesifik(t_s) ve karakteristik kaynama sürelerinde(t_c) azalış olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.23 : Silindir ve Dikdörtgen fırınların Eşitlik 2.10 ile hesaplanan verimlerinin (η) karşılaştırılması



Şekil 3.24 : Silindir ve Dikdörtgen fırınların **Eşitlik 2.12** ile hesaplanan spesifik kaynama sürelerinin(t_s) karşılaştırılması



Şekil 3.25 : Silindir ve Dikdörtgen fırınların **Eşitlik 2.13** ile hesaplanan karakteristik kaynama sürelerinin(t_c) karşılaştırılması

Çizelge 3.11'de tez kapsamındaki çalışma ile literatürdeki çalışmalarda Eşitlik 2.10-2.12-2.13 kullanılarak çeşitli fırınlar için ortalama güneş ışınımı değerlerine göre hesaplanan verim, karakteristik kaynama süresi değerleri görülmektedir.

Çizelge 3.12'de Su kaynama testi yapılırken farklı günlerde ölçülen, güneş ışınımı, eliptik silindir ve silindir ve ahşap dikdörtgen güneş enerjili fırınlarda taban sıcaklığı değerleri görülmektedir

. Çizelge 3.11 : Güneş enerjili fırınların karşılaştırılması

Referans	Fırın Çeşidi	Su Miktarı (kg)	η (%)	I_{ort} (W/m ²)	T_c (min m ² /kg)
Tez kapsamındaki çalışma	Eliptik silindir GEF (GEF-3)	0,5 (Kap-1)	7,8	943,22	54,8
		0,5 (Kap-2)	9,553	612,64	53,97
		1,0 (Kap-1)	14,643	997,99	36,53
		1,0 (Kap-2)	18,756	984,98	26,07
		1,0 (Kap-2)	12,806	692,10	43,4
		1,5 (Kap-2)	20,17	951,28	27,28
		1,5 (Kap-2)	23,266	970,01	21,36
	Silindir GEF (GEF-4)	0,5 (Kap-1)	7,1	943,22	59,9
		0,5 (Kap-2)	10,89	1022,15	47,75
		1,0 (Kap-1)	13,99	997,99	40,3
		1,0 (Kap-2)	15,601	984,98	32,5
		1,0 (Kap-2)	13,82	813,64	31,82
		1,5 (Kap-2)	18,25	951,28	31,0
		1,5 (Kap-2)	18,96	915,97	26,78
	Klasik tipte ahşap dikdörtgen GEF (GEF-2)	0,5 (Kap-2)	6,78	612,64	68,59
		0,5 (Kap-2)	5,23	1022,15	96,29
		1,0 (Kap-2)	6,51	692,10	73,08
		1,0 (Kap-2)	8,36	813,64	54,97
		1,5 (Kap-2)	10,39	915,97	47,97
		1,5 (Kap-2)	11,27	970,01	44,85
	Kurt ve arkadaşları (2006) [20]	Dikdörtgen GEF	0,5	9,85	747
1,0			19,5	670	24,82
1,5			28,25	642	15,77
Silindir GEF		0,5	12,7	747	39,56
		1,0	23,57	670	22,87
Khalifa ve arkadaşları (1985)	Mina-2	1,5	36,98	642	14,34
		0,45	21,2	794	27

Çizelge 3.12 : Su kaynama testi yapılırken farklı Günlerde Ölçülen, Eliptik Silindir ve Silindir ve Ahşap Dikdörtgen Güneş Enerjili Fırınlarda Taban Sıcaklığı Değerleri ve Güneş Işınımı Değerleri

TARİH	GEF TÜRÜ	Deney Süresi	Taban Sıcaklığı (°C)		Güneş Işınımı (W/m ²)	
			T _{mak}	T (Deney Sonu sıcaklık)	G _{ort}	G _{mak}
19 Temmuz 2013	GEF-3	10:20-16:00	164,3	136,3	943,22	1139,86
	GEF-4		142,3	129,1		
20 Temmuz 2013	GEF-3	10:20-16:10	171,1	150,6	997,99	1.053,25
	GEF-4		150,9	134,9		
26 Temmuz 2013	GEF-3	10:20-16:00	153,9	101,6	951,28	1165,66
	GEF-4		134,8	95,3		
30 Temmuz 2013	GEF-3	11:00-15:00	142,5	132,5	984,98	1014,13
	GEF-4		128,5	124,3		
1 Ağustos 2013	GEF-3	10:00-16:00	97,9	78,09	612,64	1196,89
	GEF-2		93,2	70,35		
2 Ağustos 2013	GEF-3	10:10-16:00	129,1	83,90	692,10	1235,02
	GEF-2		119,5	80,4		
5 Ağustos 2013	GEF-4	10:00-16:00	136,4	105,3	1022,15	1063,91
	GEF-2		111,3	78,2		
19 Ağustos 2013	GEF-4	10:00-16:20	129,1	80,5	915,97	1100,75
	GEF-2		114,4	64,6		
22 Ağustos 2013	GEF-3	10:00-16:00	166,4	118,2	970,01	1025,47
	GEF-2		121,5	105,5		
23 Ağustos 2013	GEF-4	10:20-15:46	130,2	102,23	813,64	1054,39
	GEF-2		121,1	101,45		

4 SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

2011-2014 yılları arasında 4 adet güneş enerjili fırın kullanılarak yapılan testlerde, en iyi sonuç en iyi olandan en düşük performansa sahip olana doğru GEF-3 (eliptik silindir), GEF-4 (silindir), GEF-2 (İçerisi siyaha boyanmış ahşap fırın) ve GEF-1 (İçerisi alüminyumla kaplanmış ahşap fırın) olarak sonuçlanmıştır.

2011 yılında dikdörtgen ahşap (GEF-1 ve GEF-2) pişiriciler için yapılan pişirme testleri Ağrı ilinde görevde olunması nedeniyle, Ağrı ilinde gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında tasarlanan ve yapılan ve test edilen eliptik silindir ve silindir (GEF-3 ve GEF-4) pişiriciler ve 2011 yılında yapılan ahşap dikdörtgen (GEF-2) pişiriciler için gerçekleştirilen karşılaştırmalı verim testleri, görev yerinin T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Kampüsü'nde olması ve gerekli cihazların (pironometre, anemometre, elektronik veri kaydedici.) hali hazırda bulunması nedeniyle kampüs alanı içerisinde “Yeni Enerji Kaynakları Araştırma Alanı”nda yapılmıştır. Eliptik silindir güneş enerjili pişirici tasarımı, Türk Patent Enstitüsü, Patent Siciline 02/04/2013 gün ve 2013/03994 sayı ile kayıt edilmiştir.

2011 yılında ahşap dikdörtgen güneş enerjili fırınlarla gerçekleştirilen pişirme testleri gözlemleri ve sonuçlara göre, güneşli günlerde, bu fırınların sebzedden hamur işleri ve et yemeklerine kadar pek çok yiyeceğin pişirilmesi amacıyla kullanılabilmesi gözlenmiştir.

Ahşap fırınların zamanla yıpranması nedeniyle bu fırınlarda dış ortama ısı geçişi gerçekleşmekte ve fırın iç hava sıcaklığında düşme gözlenmektedir. Bu gözlem metal iskelet üzerine tasarlanan eliptik silindir ve silindir fırınların, ahşap fırınlara olan üstünlüğünü vurgulamaktadır. Ahşap dikdörtgen fırınlarda (GEF-1 ve GEF-2'de) çeşitli günlerde bazı gıdaların pişirilme sıcaklıkları ve pişme süreleri ölçülmüştür. Özellikle patates, biber, patlıcan gibi sebzeler pişirilirken, kurumamaları ve daha çabuk pişmeleri için ısıya dayanıklı poşetlere konularak pişirilmeleri daha uygun olmaktadır. Fırın içerisinde gıdalar pişerken buhar yayılmasını ve saydam yüzeyin buharlanarak ışınlı girişinin engellenmemesi amacıyla yine fırın poşeti kullanılması faydalı olacaktır. Fırın poşeti kullanılmaması halinde bu tür sebzeler çok daha geç pişmekte, biber gibi sebzelerse tıpkı güneşte kurutulmuş sebze gibi olmaktadır. Bu durum fırının içerisindeki nemi tutan

bir sistem ya da kimyasal kullanılmak kaydıyla güneş enerjili fırınların, aynı zamanda gıda kurutucusu olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Benzer sonuç, güneş fırınlarının gıda kurutması gibi uygulamaları açısından incelemeler yapan Nandwani ve arkadaşları tarafından da ileri sürülmüştür [4]. Kutu tipi güneş enerjili pişiricide yan aynaların (yansıtıcıların) kullanımı, düşük hava sıcaklığında da yemeğin pişmesini mümkün kılmaktadır [8].

Güneş enerjisiyle yemek pişirirken güçlendirici aynalar, yansıtıcılar ve yoğunlaştırıcılar daha yüksek çalışma sıcaklığına ulaşmak ve verimi arttırmak için kullanılmaktadır. Yan aynalar, açık saydam alana daha fazla güneş radyasyonunu yansıtma yoluyla güneş enerjili pişiricinin performansını arttırmaları ve böylece yemeğin pişme süresi kısalmaktadır. 31.07.2011 tarihinde alınmış olan sıcaklık değerleri incelendiğinde, saat 13:47' de, içerisi alüminyumla kaplanmış olan ahşap dikdörtgen fırının yan tarafına, güneşten gelen ışığı saydam yüzeye yansıtacak şekilde yansıtıcı eklenmesi sayesinde 10 dakikalık süre içerisinde iç sıcaklığın 97 °C' den 110 °C' ye yükseldiği görülmektedir.

Kutu şeklindeki fırınların içindeki taban karartılırsa pişirilecek besini taşıyan kap bu yüzeye temas halinde olduğundan ısının aktarılması kolay ve çabuk olur. Bu tür fırınlarda pişirme, güneş enerjisinin fırın içinde ısıya dönüşmesi ve böylece oluşan sıcak ortamda yemeğin pişmesi şeklindedir. Yükselti arttıkça bu değer daha da düşer. Bu nedenle, kutu şeklindeki fırınlarda 80-90 °C de elde edildiğinde, bu sıcaklık pişirme için yeterlidir. Genellikle yemek kitaplarında verilen yüksek sıcaklıklar, daha çabuk pişirme ve üstünü altını kızartma gibi etkiler yaratmak içindir. Birçok kişi yavaş yavaş pişirmeyi, hızlı pişirmeye yeğlemekte ve sonuçta da daha lezzetli yemekler ortaya çıktığını belirtmektedirler. Yemek pişirme süresi için şöyle pratik bir kural vardır; tek yansıtıcı kutulu bir fırında pişirme süresi, evlerde alışlagelmiş bir fırındakinin iki katı dolayındadır. Bu tür kutulu fırınlarda pişirme süresi uzayacağından pişirme sırasında yemeğin başında beklemek gerekmez. Pişme tamamlansa da yemek yanmaz. Eğer uzun süreli pişirme yapılıyorsa (4-5 saat gibi) bu durumda, saatte bir güneşe doğru biraz döndürme yararlı sonuç verir. Yansıtıcı yüzeyin ayarlanmasında şuna dikkat etmelidir: Eğer tek yansıtıcı yüzeyli fırın kullanılıyorsa, fırın güneşe bakacak şekilde konumlandırılıp üst kapaktan güneş ışınının en fazla gireceği şekilde (yansıma en aza indirilerek) eğimlendirilmelidir.

Ahşap dikdörtgen fırınlarda (GEF-1 ve GEF-2) elde edilen deneyimler sonucunda tasarlanan ve yapılan eliptik silindir ve silindir (GEF-3 ve GEF-4) fırınlarda performans açısından çok daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. Açısı ayarlanabilir iç bükey parabolik yansıtıcı tasarımı ve silindir kesite göre bir eksen boyunca daha fazla güneş ışınımını alacak şekilde tasarlanan eliptik kesit (GEF-3) en iyi sonucu vermiştir. Eliptik kesit tasarımı dünya genelinde ilk kez tasarlanarak test edilmiştir. Silindir fırınının (GEF-4) performansı da ahşap dikdörtgen fırınlara göre daha iyi bulunmuştur.

Eliptik silindir, silindir ve ahşap dikdörtgen fırınlar, farklı günlerde çeşitli su miktarları kullanılarak, ikili gruplar halinde, eş zamanlı olarak test edilmiştir. Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da görüldüğü gibi pişirme kaplarındaki su miktarları artırıldıkça fırınların verimleri artış gösterirken, Şekil 3.18, Şekil 3.21 ve Şekil 3.24'te karakteristik kaynama süresin ve yine Şekil 3.19, Şekil 3.22, Şekil 3.25'te spesifik kaynama sürelerinin azalma gösterdiği görülmektedir. **Çizelge 3.10**'da görüldüğü gibi 1 kg su kullanılarak 20 Temmuz 2013 tarihinde kalın tabaka halinde alüminyum folyonun sıkıştırılıp şekil verilmesiyle yapılan pişirme kabında elde edilen değerlerle, 30 Temmuz 2013 tarihinde kapaklı Kap-2 kullanılarak yapılan testler karşılaştırıldığında, fırınların verimlerinde (η) % 4,4'lük artış, karakteristik kaynama süresinde (t_c), 10,46 ve spesifik kaynama süresinde (t_s), 8,87 dk m^2/kg 'lık azalış olduğu görülmektedir. Bu durum pişirme kabının seçiminin önemini göstermektedir.

Güneş enerjili pişiriciler ve yansıtıcıları her zaman güneş ışınlarını en fazla alacak şekilde konumlandırılmalıdır. Eliptik silindir ve ahşap dikdörtgen fırınlarda yapılan performans deneylerinde, ahşap dikdörtgen fırın için hesaplanan verim değerinde, her iki fırın için 1 Ağustos 2013 tarihinde 0,5 kg için, 2 Ağustos 2013 tarihinde 1 kg su kullanılarak yapılan test sonucuna göre artış olması beklenirken düşüş yaşanmıştır. Bunun nedeni 1 Ağustos 2013 tarihinde yansıtıcının ve fırın yönünün iyi konumlandırılmış ancak 2 Ağustos 2013 tarihinde 1 kg için yapılan testte iyi konumlandırılmamış olması nedeniyledir. Eliptik silindir ve silindir fırınlarda içbükey parabol yansıtıcılarda ışınların belli noktada yoğunlaşması nedeniyle gözlerin zarar görmemesi için mutlaka güneş gözlüğü kullanılması gerekmektedir. Aynı şekilde giysilerde hasar yaratmaması için yansıtıcı arka kısmından hareket ettirilmelidir. Güneş ışınımı şiddetinin çok yoğun olduğu günlerde pişirilen hamur işlerinin yanma tehlikesi olabilir. Hamur işleri pişirilirken en az 1 saat sonra kontrol edilmelidir.

11 Ekim 2013 tarihinde yapılan pişirme testinde (Şekil 3.16 ve Çizelge 3.9) görüldüğü gibi yapılan yalıtım, yansıtıcı ve geometri nedeniyle bu tarihte Ankara ilindeki hava durumuna göre ahşap dikdörtgen fırın (GEF-2) verimli olmamış, eliptik silindir (GEF-3) en iyi performansı göstermiş ve silindir (GEF-4) fırın içerisindeki eş miktardaki börekte iyi bir şekilde pişmiştir. Bu gözlemlerden elde edilen sonuca göre, eliptik silindir ve silindir fırınlar, Ankara iklim koşullarında sonbahar aylarında da kullanılabilen daha geniş mevsimsel yelpazede olanak sağlamakta ancak ahşap dikdörtgen fırınlar yaz aylarında sıcak ve güneşli günler için uygun olabilmektedir.

Kutu tipindeki güneş enerjili pişiriciler, özellikle piknik alanlarında, yazlıklarda, plajda, köylerde, yaylacılık alanlarında, askeri, sportif ya da bilimsel araştırma amacıyla yapılan yolculuk, kamp gibi durumlarda kullanılmak üzere üretimi sağlanabilir.

Güneş enerjili pişiriciler Dünya genelinde özellikle Afrika ülkelerinde ve Hindistan'da yemek pişirme sorunlarına bir çözüm olarak sunulmaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Türkiye'de kullanılabilirliği uygun olabilecek yeni bir güneş enerjisi uygulama alanı olarak düşünülebilir.

Belirli yakıt ya da cihaz kombinasyonları kullanmak zorunda olan tüketicilere daha fazla seçenek ve esneklik sunan, doğa dostu ve hiçbir yakıt gereksinimi olmayan bir alternatif pişirme cihazı olarak teşvik edilmelidir.

Farklı pazar kesimleri için tüketici ihtiyaçları ve isteklerine göre farklı tür ve tasarımlarda ihtiyacı karşılamak için çalışmalar yapılabilir. Ekonomik olarak cazip, tüketicilerin ürünü kullanmak için arzu duyacağı, kolayca elde edilebilir, bakımı onarımı kolaylıkla yapılabilen tasarımlar ticarileşebilir.

KAYNAKLAR

- [1] O. Ekechukwu ve N. Ugwuoke, «Design and measured performance of a plane reflector augmented box-type solar-energy cooker,» *Renewable Energy*, pp. 1935-1952, 2003.
- [2] A. Jerneck ve L. Olsson, «A smoke-free kitchen: initiating community based co-production for cleaner cooking and cuts in carbon emissions,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-8, 2012.
- [3] M. Tucker, «Can solar cooking save the forests?,» *Ecological Economics*, cilt 31, pp. 77-89, 1999.
- [4] S. S. Nandwani, «Design, construction and study of a hybrid solar food processor in the climate of Costa Rica,» *Renewable Energy*, cilt 32, no. 3, pp. 427-441, 2007.
- [5] E. E. Dilaver ve İ. D. İnan, «"Değişik Yiyeceklerin Farklı Yöntemlerle Pişirilmesindeki Pişirme Enerjisinin Belirlenmesi ve Seçilen Örneklerle Bir Güneş Fırınında Sonuçların Değerlendirilmesi",» %1 içinde 5. *Güneş Enerjisi Sempozyumu ve Sergisi*, Mersin, 2011.
- [6] R. C. Wareham, «Parameters for a solar cooker program,» *Renewable Energy*, cilt 10, no. 213, pp. 217-219, 1997.
- [7] L. Anderson ve R. Palkovic, *Cooking with Sunshine*, Sacramento, California: DA CAPO PRESS LIFELONG BOOKS, 1994.
- [8] A. Saxena, S. Pandey ve G. Srivastav, «A thermodynamic review on solar box type cookers,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 3301-3318, 2011.
- [9] B. Knudson, «State of the art of solar cooking: a global survey of practices and promotion programs.,» Sacramento: SCI, 2004.
- [10] J. M. Arenas, «Design, development and testing of a portable parabolic solar kitchen,» *Renewable Energy*, cilt 32, p. 257-266, 2007.
- [11] N. Panwar, S. Kaushika ve S. Kotharib, «State of the art of solar cooking: An overview,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 16, p. 3776- 3785, (2012).
- [12] J. Radabaugh, *Heaven's Flame "A Guide to Solar Cookers"*, U.S.A: Ashland, OR : Home Power Publication, 1998.
- [13] H. M. Toonen, «Adapting to an innovation: Solar cooking in the urban households of Ouagadougou (Burkina Faso),» *Physics and Chemistry of the Earth*, cilt 34, pp. 65-71, 2009.

- [14] S. M. K. HAMEED ve I. AHMAD, «Solar sterilization of water,» *Renewable Energy*, cilt 12, no. 3, pp. 321-324, 1997.
- [15] T. Saitoh ve H. El-Ghetany, «Solar water-sterilization system with thermally controlled flow,» *Applied Energy*, cilt 64, pp. 387-399, 1999.
- [16] R. Mohit Bansal ve D.K.Khatod, «Development of cook in sector in rural areas in India—A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 17, p. 44–53, 2013.
- [17] M. Esen, «Thermal performance of a solar cooker integrated vacuum-tube collector with heat pipes containing different refrigerants,» *Solar Energy*, cilt 76, no. 6, pp. 751-757, 2004.
- [18] F. Kahraman, «Design, construction and experimental testing of box type solar cooker,» *ÇÇ. Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, cilt 22, no. 1, 2007.
- [19] E. Gedik, «Isı Kutusu Tipi Güneş Fırını Tasarımı ve Örnek Bir Uygulaması,» *TEKNOLOJİ*, cilt 10, no. 4, pp. 303-310, 2007.
- [20] H. Kurt, «Experimental investigation of thermal performance of hot box type solar cooker,» *Journal of the Energy Institute*, cilt 79, no. 2, pp. 120-124, 2006.
- [21] H. Kurt, K. Atik, M. Özkaymak ve Z. Recebli, «Thermal performance parameters estimation of hot box type solar cooker by using artificial neural network,» *International Journal of Thermal Sciences* 47, pp. 192-200, 2008.
- [22] H. Kurt, E. Deniz ve Z. Recebli, «An Investigation into the Effects of Box Geometries on the Thermal Performance of Solar Cookers,» *International Journal of Green Energy*, pp. 508-519, 2008.
- [23] P. D. D. İNAN, H. Ü. YETAM (1993-2010), Ankara, Beytepe: Hacettepe Üniversitesi, 2010.
- [24] «<http://www.yetam.hacettepe.edu.tr/>,» [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir2014].
- [25] Meathead, «http://www.amazingribs.com/tips_and_technique/thermodynamics_of_cooking.html,» 2013. [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir04 Ağustos 2013].
- [26] P. Barham, *The Science of Cooking*, Germany: Springer, 2001.
- [27] B. Zimmerman, «<http://www.cookingforengineers.com/>,» 01 06 2007. [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir15 08 2011].
- [28] G. O. G. Löf, «Recent investigations in the use of solar energy for cooking,» *Solar*

Energy, cilt 7, no. 3, pp. 125-133, 1963.

- [29] «http://solarcooking.wikia.com/wiki/Health_and_safety,» [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir19 04 2014].
- [30] R. Muthusivagami, R. Velraj ve R. Sethumadhavan, «Solar cookers with and without thermal storage—A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 691-701, 2010.
- [31] B. Zalba, J. Marin, L. F. Cabeza ve H. Mehling, «Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications,» *Applied Thermal Engineering*, cilt 23, pp. 251-283, 2003.
- [32] M. Kenisarin ve K. Mahkamov, «Solar energy storage using phase change materials,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 11, p. 1913–1965, 2007.
- [33] A. Sharma, V. Tyag, C. Chen ve D. Buddhi, «Review on thermal energy storage with phase change materials and applications,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 13, p. 318–345, 2009.
- [34] A. Mawire ve M. McPherson, «Experimental characterisation of a thermal energy storage system using temperature and power controlled charging,» *Renewable Energy*, cilt 33, p. 682–693, 2008.
- [35] N. Nahar, «Performance and testing of a hot box storage solar cooker,» *Energy Conversion and Management*, pp. 1323-1331, 2003.
- [36] A.-E. S. E.-S. Ramadan M, «A model of an improved low cost indoor solar cooker in Tanta.,» *Solar Wind Technology*, cilt 5, no. 4, p. 387–93, 1988.
- [37] A. El-Sebaei, S. Al-Amir, F. Al-Marzouki, A. S. Faidah, A. Al-Ghamdi ve S. Al-Heniti, «Fast thermal cycling of acetanilide and magnesium chloride hexahydrate for indoor solar cooking,» *Energy Conversion and Management*, cilt 50, pp. 3104-3111, 2009.
- [38] R. DOMANSKI, A. A. EL-SEBAII ve a. M. JAWORSKI, «COOKING DURING OFF-SUNSHINE HOURS USING PCMs AS STORAGE MEDIA,» *Energy*, cilt 20, no. 7, pp. 607-616, 1995.
- [39] D. Buddhi ve L. Sahoo, «Solar cooker with latent heat storage: Design and experimental testing,» *Energy Conversion and Management*, cilt 38, no. 5, pp. 493-498, 1997.
- [40] S. Sharma, D. Buddhi, R. Sawhney ve A. Sharma, «Design, development and performance evaluation of a latent heat storage unit for evening cooking in a solar cooker,» *Energy Conversion & Management*, cilt 41, pp. 1497-1508, 2000.

- [41] D. Buddhi, S. Sharma ve A. Sharma, «Thermal performance evaluation of a latent heat storage unit for late evening cooking in a solar cooker having three reflectors,» *Energy Conversion and Management*, pp. 809-817, 2003.
- [42] S. D. Sharma, T. Iwata, H. Kitano ve K. Sagara, «Thermal performance of a solar cooker based on an evacuated tube solar collector with a PCM storage unit,» *Solar Energy*, cilt 78, pp. 416-426, 2005.
- [43] «<http://eathealbehappy.com/tag/solar-cooking/>,» [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir13 04 2014].
- [44] «http://solarcooking.wikia.com/wiki/Category:Manufacturers_and_vendors,» [[tarihinde erişilmiştir:13 04 2014].
- [45] «<http://solarcooking.org/plans/inclined-box-cooker.htm>,» [tarihinde erişilmiştir13 04 2014].
- [46] «http://solarcooking.wikia.com/wiki/Category:Manufacturers_and_vendors,» [tarihinde erişilmiştir13 04 2014].
- [47] I. Purohit ve B. Negi, «Experimental investigation of a box type solar cooker employing a non-tracking concentrator,» *Energy Conversion and Management* 46, pp. 577-604, 2005.
- [48] U. Mirdha ve S. Dhariwal, «Design optimization of solar cooker,» *Renewable Energy*, pp. 530-544, 2008.
- [49] A. H. Algifri ve H. a. Al-Towaie, «Efficient orientation impacts of box-type solar cooker on the cooker performance,» *Solar Energy*, pp. 165-170, 2001.
- [50] A. A. El-Sebaei, «Thermal Performance of a Box Type Solar Cooker With Outer- Inner Reflectors,» *Energy*, pp. 969-978, 1997.
- [51] P. Nostell ve A. Roos, «Ageing of solar booster reflector materials,» *Solar Energy Materials and Solar Cells*, pp. 235-246, 1998.
- [52] J. A. Duffie, *Solar engineering of thermal processes*, New York : John Wiley, 1991.
- [53] N. D. Kaushika ve K. Sumathy, «Solar transparent insulation materials: a review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 7, pp. 317-351, 2003.
- [54] N. Nahar, «Design, development and testing of a double reflector hot box solar cooker with a transparent insulation material,» *Renewable Energy*, cilt 23, no. 2, pp. 167-179, 2001.

- [55] S. C. Mullick, K. T. C. ve K. S., «Top Heat Loss Factor of Double Glazed Box Type Solar Cooker From Indoor Experiments,» *Energy*, cilt 22, no. 6, pp. 559-565, 1997.
- [56] N. Akhtar ve M. S. C., «APPROXIMATE METHOD FOR COMPUTATION OF GLASS COVER TEMPERATURE AND TOP HEAT-LOSS COEFFICIENT OF SOLAR COLLECTORS WITH SINGLE GLAZING,» *Solar Energy*, cilt 66, no. 5, pp. 349-354, 1999.
- [57] S. Kalogirou, Y. Tripanagnostopoulos ve M. Souliotis, «Performance of solar systems employing collectors with colored absorber,» *Energy and Buildings*, cilt 37, no. 8, 824-835.
- [58] E. H. Amer, «Theoretical and experimental assessment of a double exposure solar cooker,» *Energy Conversion and Management* 44, pp. 2651-2663, 2003.
- [59] A. Harmim, M. Belhamel, M. Boukar ve M. Amar, «Experimental investigation of a box-type solar cooker with a finned absorber plate,» *Energy*, pp. 3799-3802, 2010.
- [60] A. Harmim, M. Belhamel, M. Boukar ve M. Amar, «Experimental investigation of a box-type solar cooker with a finned absorber plate,» *Energy*, pp. 3799-3802, 2010.
- [61] Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis ve T. Nousia, «Solar collectors with colored absorbers,» *Solar Energy*, cilt 68, no. 4, pp. 343-356, 2000.
- [62] A. Narasimha Rao ve S. Subramanyam, «Solar cookers—part I: cooking vessel on lugs,» *Solar Energy*, cilt 75, no. 3, pp. 181-185, 2003.
- [63] A. R. Reddy ve a. N. Rao, «Prediction and experimental verification of performance of box type solar cooker – Part I. Cooking vessel with central cylindrical cavity,» *Energy Conversion and Management*, pp. 2034-2043, 2007.
- [64] A. R. Reddy ve a. N. Rao, «Prediction and experimental verification of performance of box type solar cooker. Part II: Cooking vessel with depressed lid,» *Energy Conversion and Management* 49, pp. 240-246, 2008.
- [65] M. M. T. M. A. Adel M. A. KHALIFA, «ON PREDICTION OF SOLAR COOKER PERFORMANCE AND COOKING IN PYREX POTS,» *Solar & Wind Technology*, cilt 3, no. 1, pp. 13-19, 1985.
- [66] A. Harmim, M. Boukar ve M. Amar, «Experimental study of a double exposure solar cooker with finned cooking vessel,» *Solar Energy*, cilt 82, no. 4, 287-289.
- [67] A. Gaur, O. P. Singh, S. S. K. ve G. N. Pandey, «Performance study of solar cooker with modified utensil,» *Renewable Energy*, cilt 18, pp. 121-129, 1999.

- [68] F. Björk ve T. Enochsson, «Properties of thermal insulation materials during extreme environment changes,» *Construction and Building Materials*, cilt 23, no. 6, pp. 2189-2195, 2009.
- [69] A. El-Sebaei ve A. Ibrahim, «Experimental testing of a box-type solar cooker using the standard procedure of cooking power,» *Renewable Energy*, pp. 1861-1871, 2005.
- [70] N. Kumar, S. Agravat, T. Chavda ve H. Mistry, «Design and development of efficient multipurpose domestic solar cookers/dryers,» *Renewable Energy*, cilt 33, no. 10, pp. 2207-2211, 2008.
- [71] N. Kumar, T. Chavda ve H. Mistry, «A truncated pyramid non-tracking type multipurpose domestic solar cooker/hot water system,» *Applied Energy*, cilt 87, no. 2, pp. 471-477, 2010.
- [72] «<http://www.sunstove.com>,» SUNSTOVE ORGANIZATION, 2011. [Çevrimiçi]. [%1 tarihinde erişilmiştir28 Nisan 2013].
- [73] Y. El-Tous, O. O. Badran ve A. Al-Mofleh, «Thermal Evaluation of a Sun Tracking Solar Cooker,» *International Journal of Energy And Environment*, pp. 83-90, 2012.
- [74] «<http://www.inspirationgreen.com>,» InspirationGreen.com, [Çevrimiçi]. Available: /solar-cookers.html. [%1 tarihinde erişilmiştir15 09 2013].
- [75] E. Sharaf, «A new design for an economical, highly efficient, conical solar cooker,» *Renewable Energy*, cilt 27, pp. 599-619, 2002.
- [76] N. Patel ve P. S.K., «Performance evaluation of three solar concentrating cookers,» *Renewable Energy*, cilt 20, pp. 347-355, 2000.
- [77] A. Sonune ve S. Philip, «Development of a domestic concentrating cooker,» *Renewable Energy*, cilt 28, no. 8, pp. 1225-1234, 2003.
- [78] R. Abu-Malouh, S. Abdallah ve I. M. Muslih, «Design, construction and operation of spherical solar cooker with automatic sun tracking system,» *Energy Conversion and Management*, cilt 52, p. 615–620, 2011.
- [79] A. Gallagher, «A solar fryer,» *Solar Energy*, cilt 85, p. 496–505, 2011.
- [80] K. Schwarzer ve M. E. V. da Silva, «Characterisation and design methods of solar cookers,» *Solar Energy*, cilt 82, no. 2, pp. 157-163, 2008.
- [81] N. Kumar, G. Vishwanath ve A. Gupta, «An exergy based test protocol for truncated pyramid type solar box cooker,» *Energy*, pp. 5710-5715, 2011.

- [82] S. C. Mullick, T. C. Kandpal ve A. K. Saxena, «THERMAL TEST PROCEDURE FOR BOX-TYPE SOLAR COOKERS,» *Solar Energy*, cilt 39, no. 4, pp. 353-360, 1987.
- [83] P. J. Lahkar ve S. Samdarshi, «A review of the thermal performance parameters of box type solar cookers and identification of their correlations,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1615-1621, 2010.
- [84] I. Purohit, «Testing of solar cookers and evaluation of instrumentation error,» *Renewable Energy* 35, pp. 2053-2064, 2010.
- [85] A. M. KHALIFA, M. A. TAHA ve M. AKYURT, «EN ENERGY THRIFTY SOLAR COOKER- THE MINA OVEN,» *SOLAR & WIND TECHNOLOGY* , cilt 1, no. 2, pp. 82-85, 1984.
- [86] P. A. Funk ve L. D. L., «Parametric model of solar cooker performance,» *Solar Energy*, cilt 62, no. 1, pp. 63-68, 1998.
- [87] P. A. FUNK, «EVALUATING THE INTERNATIONAL STANDARD PROCEDURE FOR TESTING SOLAR COOKERS AND REPORTING PERFORMANCE,» *Solar Energy*, cilt 68, no. 1, pp. 1-7, 2000.
- [88] P. J. Lahkar, R. K. Bhamu ve S. Samdarshi, «Enabling inter-cooker thermal performance comparison based on cooker opto–thermal ratio (COR),» *Applied Energy*, cilt 99, p. 491–495, 2012.
- [89] A. A. El-Sebaï ve S. Aboul-Enein, «A Box Type Solar Cooker With One Step Outer Reflector,» *Energy*, cilt 22, no. 5, pp. 515-524, 1997.
- [90] O. Jaramillo, H. G., G. Herná'ndez-Luna, J. del Rí' o a ve R. L. G. Acosta, «Solar oven for intertropical zones: Optogeometrical design,» *Energy Conversion and Management*, cilt 48, pp. 2649-2656, 2007.
- [91] S. D. S. A. R. L. S. D. BUDDHI, «PERFORMANCE TEST OF A BOX-TYPE SOLAR COOKER: EFFECT OF LOAD ON THE SECOND FIGURE OF MERIT,» *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH*, no. 23, pp. 827-830, 1999.
- [92] S. Kumar, «Estimation of design parameters for thermal performance evaluation of box-type solar cooker,» *Renewable Energy*, cilt 30, p. 1117–1126, 2005.
- [93] N. Kumar, G. Vishwanath ve A. Gupta, «An exergy based unified test protocol for solar cookers of different geometries,» *Renewable Energy*, pp. 457-462, 2012.
- [94] M. Abu-Khader, M. A. Hilalb, S. Abdallahc ve a. O. Badrana, «Evaluating Thermal Performance of Solar Cookers under Jordanian Climate,» *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, cilt 5, no. 1, pp. 107 - 112, 2011.

- [95] M. Grupp, M. Balmer, B. Beall, H. Bergler ve e. al., «On-line recording of solar cooker use rate by a novel metering device: Prototype description and experimental verification of output data,» *Solar Energy*, cilt 83, pp. 276-279, 2009.
- [96] M. Hussain, K. C. Das ve A. Huda, «THE PERFORMANCE OF A BOX-TYPE SOLAR COOKER WITH AUXILIARY HEATING,» *Renewable Energy*, cilt 12, no. 2, pp. 151-155, 1997.
- [97] «<http://www.tiasa.org.za>,» TIASA.. [tarihinde erişilmiştir22 04 2014].
- [98] «<http://ensate.com.tr/cam-yunu/>,» [tarihinde erişilmiştir22 04 2014].

EKLER

EK 1 GEF-1 Kullanılarak Nisan-Ağustos 2011 Tarihleri Arasında Ağrı'da Yapılan Pişirme Testi Deneylelerinin Gözlemleri

Çizelge Ek 1.1 : Patates için alınan veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
19.04.2011	14 °C, Çok bulutlu	27	67	11:50	15:02	192	Tam pişmedi.
23.04.2011	10 °C, Çok bulutlu	20	61	11:12	14:25	193	Tam pişmedi.
02.05.2011	12°C, Çok bulutlu	34	65	11:47	14:18	151	Tam pişmedi.
10.05.2011	14 °C, Güneşli	34	105	12:40	15:05	145	Piştii
09.06.2011	23°C, Güneşli	30	102	11:05	14:55	230	Piştii
11.06.2011	23 °C, Güneşli, hafif bulutlu	46	78	11:33	13:03	90	Tam pişmedi.
21.06.2011	25 °C, Güneşli, hafif bulutlu	30	78	15:45	17:10	85	Tam pişmedi.
22.06.2011	24 °C, Güneşli, hafif bulutlu	47	103	10:40	13:50	190	Piştii.
02.07.2011	29 °C, Güneşli, parçalı bulutlu	45	102	13:50	17:57	247	Piştii.
03.07.2011	24 °C, Güneşli, hafif bulutlu	78	100	14:34	17:14	160	Piştii.
10.07.2011	30 °C, Güneşli, parçalı bulutlu	42	105	12:40	16:29	239	Piştii.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	115	12:00	14:40	160	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	54	108	09:30	12:26	176	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	44	113	10:00	13:00	180	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	100	09:40	13:00	200	Piştii.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	77	12:50	14:20	90	Tam pişmedi.
08.08.2011	28°C, Güneşli, hafif bulutlu	38 (Gıda iç sıcaklığı)	83 (Gıda iç sıcaklığı)	11:30	14:40	190	Fırın poşetine konulmadığı için hafif piştii.
09.08.2011	28 °C, Bulutlu	-	-	11:00	13:40	160	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	44	112	10:40	12:47	127	Piştii.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	35	113	09:50	11:47	117	Piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	12:21	131	Piştii.
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	122	09:50	12:12	142	Piştii.

Çizelge Ek 1.2 : Patlıcan için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
23.04.2011	10 °C, Çok bulutlu	20	61	11:12	14:25	193	Pişmedi.
10.05.2011	14 °C, Güneşli	34	105	12:40	15:05	145	Piştii
18.06.2011	28 °C, hafif bulutlu	43	90	13:52	18:34	282	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	54	99	09:30	11:40	130	Piştii
04.08.2011	35 °C, Güneşli	44	112	10:00	12:00	120	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	95	09:40	11:30	110	Piştii
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	77	12:50	14:20	90	Pişmedi.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	44	112	10:40	12:00	80	Piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	12:21	131	Piştii.

Çizelge Ek 1.3 : Kırmızı biber * için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
23.04.2011	10 °C, Çok bulutlu	20	61	11:12	14:25	193	Tam pişmedi.
09.06.2011	23 °C, Güneşli	30	102	11:05	13:45	160	Piştii
11.06.2011	23 °C, Güneşli, hafif bulutlu	46	78	11:33	13:03	90	Tam pişmedi.
22.06.2011	24 °C, Güneşli, hafif bulutlu	47	103	10:40	13:22	162	Piştii.
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	122	09:50	12:12	142	Piştii.

* Biberler fırın poşetinde pişirilmelidir. Açık olarak pişirildiğinde güneşte kurutulmuş biber davranışı gözlenmektedir.

Çizelge Ek 1.4 : Yeşil biber * için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
10.05.2011	14 °C, Güneşli	34	105	12:40	15:05	145	Piştii
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	115	12:00	13:30	90	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	54	99	09:30	11:40	130	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	44	112	10:00	12:00	120	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	93	09:40	11:15	95	Piştii.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, hafif bulutlu	50	109	12:40	15:06	146	Piştii.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	77	12:50	14:20	90	Hafif piştii.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	44	112	10:40	12:00	80	Piştii.

* Biberler fırın poşetinde pişirilmelidir. Açık olarak pişirildiğinde güneşte kurutulmuş biber davranışı gözlenmektedir.

Çizelge Ek 1.5 : Kabak için alınan veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	115	12:00	14:40	160	Piştı.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	54	99	09:30	11:40	130	Piştı.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	44	112	10:00	12:41	161	Piştı.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	44	112	10:40	12:47	127	Piştı.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	12:21	131	Piştı.

Çizelge Ek 1.6 : Taze fasulye için alınan veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:40	100	Piştı.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	35	113	09:50	12:10	140	Piştı.

Çizelge Ek 1.7 : Yumurta için alınan veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç ç saati	Bitiş saati	Süre (daka)	Son Durum
09.06.2011	23°C, Güneşli	30	102	11:05	14.15	190	Piştı
11.06.2011	23 °C, Güneşli, hafif bulutlu	46	78	11:33	13:03	90	Rafadan kaldı.
16.06.2011	34 °C, Güneşli	28	136	09:30	14:03	273	Termometre tabana değecek şekilde veri alındı. Yumurta tam olarak piştı.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	95	09:40	11:40	120	Piştı.
06.08.2011	33°C, Güneşli, hafif bulutlu	50	90	12:40	14:00	80	Piştı.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	77	12:50	14:20	90	Rafadan kaldı.
08.08.2011	28°C, Güneşli, hafif bulutlu	38 (Gıda iç sıcaklığı)	83 (Gıda iç sıcaklığı)	11:30	13:10	100	Piştı
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştı.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	44	112	10:40	12:24	104	Piştı.

13.08.2011	30 °C, Bulutlu	59	108	14:00	15:20	140	Piştı.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	11:40	90	Piştı.

Çizelge Ek 1.8 : Lahmacun^{*} için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
16.06.2011	34 °C, Güneşli	110	136	12:35	14:03	88	Piştı. Sıcaklık ölçümleri fırın tabanında yapılmıştır.
03.07.2011	34 °C, Güneşli, az bulutlu	78	100	14:34	17:14	160	Piştı. Çok kurudu.
30.07.2011	34 °C, Güneşli, az bulutlu	61	88	13:13	16:23	190	Piştı. Çok kurudu.

* Lahmacunların çok kuruması istenmiyorsa, güneşli bir günde pişme süresi yaklaşık 1 saattir.

Çizelge Ek 1.9 : Kurabiye ve baklava için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
01.08.2011	30 °C, Güneşli ve hafif bulutlu .	70	116	10:20	12:20	120	Hindistan cevizli kurabiyeler piştı.
03.08.2011	35 °C, Güneşli	81	117	10:40	13:30	170	Baklava piştı. Üzeri kızardı.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, az bulutlu	68	109	13:03	16:00	177	Kurabiye piştı. (Hindistan cevizli konulmadı.)

Çizelge Ek 1.10 :Kek için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
24.06.2011	23 °C, Güneşli, hafif bulutlu	47	119	11:45	15:43	238	Piştı ve iyice kızardı. Pişmeden önce yaklaşık 4 cm kalınlığında olan hamur şekilli kek kalıbında pişirildi.
30.06.2011	28 °C, Güneşli	57	120	13:27	17:50	263	Yaşpasta keki Piştı. Düz kek

Çizelge Ek 1.10 :Kek için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
							kalıbına yaklaşık 3-4 cm kalınlığında döküldü.
02.07.2011	29 °C, Güneşli	45	102	13:50	17:57	247	Piştii. Pişmeden önce yaklaşık 4 cm kalınlığında olan hamur şekilli kek kalıbında pişirildi.
10.07.2011	30 °C, Güneşli ve parçalı bulutlu.	42	105	12:40	15:27	167	Tuzlu kek.Piştii. Düz kek kalıbına yaklaşık 3-4 cm kalınlığında döküldü.
31.07.2011	33 °C, Güneşli	55	110	12:17	14:07	110	Yaşpasta keki Piştii. Düz kek kalıbına yaklaşık 2 cm kalınlığında döküldü.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	100	09:40	13:00	200	Yaşpasta keki Piştii. Düz kek kalıbına yaklaşık 3 cm kalınlığında döküldü.

Çizelge Ek 1.11 : Pizza için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
31.07.2011	33 °C, Güneşli	88	92	14:20	15:52	92	Hazır pizza piştii.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	115	12:00	13:00	60	Hazır pizza piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	105	114	13:00	14:00	60	Hazır pizza piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	106	113	12:00	13:00	60	Hazır pizza piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	11:25	75	Piştii.

Çizelge Ek 1.12 : Ekmekler ve Poğaçalar için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	SON DURUM
30.06.2011	28 °C, Güneşli	57	120	13:27	17:50	263	Ekmek pişti. Ancak üzeri kızarmadı. Hazır ekmek hamuru kullanılmıştır.
10.07.2011	30 °C, Güneşli, parçalı bulutlu	42	105	12:40	16:25	225	Poğaç Pişti. Poğaç Çeşit 1.
11.07.2011	29 °C, Güneşli, parçalı bulutlu	71	109	12:41	17:12	271	Poğaç pişti. Üzerindeki yumurta kızardı. Pastahaneden alınan pişmemiş poğaç denendi. Çeşit 3.
01.08.2011	30 °C, Güneşli ve hafif bulutlu .	82	120	12:30	13:40	70	Krakerler üzerlerindeki yumurta sarısı kızarana kadar pişti.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	56	111	10:00	12:00	120	Kete üzerindeki yumurta sarısı kızarana kadar pişti. Çeşit 2. Poğaç hamurundan yapılan kete pişti. Hamur kalınlığı yaklaşık 3 cm' dir.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	115	14:00	16:20	140	Yufka börekleri pişti.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	86	117	11:25	12:54	89	Simitlerin üzerindeki yumurta sarısı kızarana kadar pişti.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	44	112	10:00	11:50	110	Yufka börekleri pişti.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	88	100	10:30	12:10	100	Poğaçalar pişti. Çeşit 2.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, az bulutlu	50	104	12:40	14:30	110	Yufka börekleri pişti.
08.08.2011	28°C, Güneşli, hafif bulutlu	38 (Gıda iç sıcaklığı)	83 (Gıda iç sıcaklığı)	11:30	14:10	160	Piшти
09.08.2011	28 °C, Bulutlu	38 (Gıda iç sıcaklığı)	94 (Gıda iç sıcaklığı)	11:00	12:30	90	Piшти.
13.08.2011	30 °C, Bulutlu	59	108	14:00	16:36	156	Milföy hamurundan yapılan

Çizelge Ek 1.12 : Ekmekler ve Poğaçalar için alınan veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	SON DURUM
							börekler pişti.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	35	113	09:50	12:10	140	Pişti.
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	122	09:50	12:12	142	Pişti.
18.08.2011	31 °C, Güneşli	45	120	10:20	12:15	115	Pişti.

EK 2 GEF-2 Kullanılarak Temmuz-Ağustos 2011 Tarihleri Arasında Ağrı'da Yapılan Pişirme Testi Deneylerinin Gözlemleri

Çizelge Ek 2.1 : Patates İçin Alınan Veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	SON DURUM
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	103	126	12:00	13:50	110	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	56	123	09:30	11:19	109	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	51	123	10:00	11:50	110	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	133	09:40	13:00	200	Piştii. Fırının içerisinde fazla bekletildi. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür. Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	87	12:50	14:20	90	Pişmedi.
08.08.2011	28 °C, Güneşli, hafif bulutlu	37	104	11:30	14:40	190	Fırın poşetine konulmadığı için hafif piştii.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	13:40	160	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	60	118	10:40	12:47	127	Piştii.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	50	104	09:50	11:47	117	Piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	112	10:10	12:00	110	Piştii.
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	126	09:50	11:50	120	Piştii.

Çizelge Ek 2.2 : Patlıcan için Alınan Veriler							
TARİH	HAVA DURUMU	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	56	123	09:30	11:19	109	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	51	123	10:00	11:50	110	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	123	09:40	11:30	110	Piştii. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür. Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	87	12:50	14:20	90	Pişmedi.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	60	118	10:40	12:00	80	Piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	112	10:10	12:00	110	Piştii.

Çizelge Ek 2.3 : Kırmızı biber için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	126	09:50	11:50	120	Piştii.

Çizelge Ek 2.4 : Yeşil biber için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	103	124	12:00	13:20	80	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	56	123	09:30	11:19	109	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	51	123	10:00	11:50	110	Piştii.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	114	09:40	11:00	80	Piştii. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür. Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, hafif bulutlu	51	109	12:40	15:06	146	Piştii.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	87	12:50	14:20	90	Pişmedi.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	60	118	10:40	12:00	80	Piştii.

Çizelge Ek 2.5 :Kabak için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	103	126	12:00	14:40	160	Piştii.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	56	123	09:30	11:19	109	Piştii.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	51	123	10:00	11:50	110	Piştii.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	60	118	10:40	12:47	127	Piştii.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	112	10:10	12:00	110	Piştii.

Çizelge Ek 2.6 :Taze fasulye için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:40	100	Piştii.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	50	104	09:50	12:10	140	Piştii.

Çizelge Ek 2.7 : Yumurta için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{ma} ^x (°C)	Başlang iç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
31.07.2011	33 °C, Güneşli	89	106	14:20	15:52	92	Piştı.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	32	120	09:40	11:24	104	Piştı. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür. Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz.
06.08.2011	33°C, Güneşli, hafif bulutlu	51	99	12:40	13:50	70	Piştı.
07.08.2011	33 °C, Çok bulutlu	33	87	12:50	14:20	90	Pişmedi.
08.08.2011	28°C, Güneşli, hafif bulutlu	37	104	11:30	13:10	100	Piştı
09.08.2011	28 °C, bulutlu	-	-	11:00	12:10	70	Piştı.
11.08.2011	30 °C, Güneşli	60	118	10:40	12:00	80	Piştı.
13.08.2011	30 °C, Bulutlu	60	107	14:00	15:20	140	Piştı.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	124	10:10	11:40	90	Piştı.

Çizelge Ek 2.8 : Lahmacun için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
30.07.2011	34 °C, Güneşli, az bulutlu	63	95	13:13	16:23	190	Piştı.Fazla bekletildiği için kurudu.

Çizelge Ek 2.9 : Kurabiye ve baklava için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{ma} ^x (°C)	Başlang iç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
01.08.2011	30 °C, Güneşli ve hafif bulutlu .	84	110	10:20	12:20	120	Hindistan cevizli kurabiyeler piştı.
03.08.2011	35 °C, Güneşli	94	128	11:25	13:30	125	Baklavalar iyice kızarak piştı.Baklava pişerken yaklaşık 1 saat sonra tepside ters yüz edilmelidir.hazır baklava yufkası kullanılmıştır.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, az bulutlu	73	95	13:03	16:00	177	Kurabiyeler piştı.(Hindistan cevizi kullanılmamıştır.)
25.08.2011	38 °C, Güneşli	40	108	12:00	14:35	155	Piştı.(Hindistan cevizli)
30.08.2011	31 °C, Güneşli	46	97	13:04	14:14	70	Piştı(Tarçnılı)

Çizelge Ek 2.10 : Kek için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
-------	-------------	-----------------------	-----------------------	-----------------	-------------	---------------	-----------

31.07.2011	33 °C, Güneşli	58	102	12:17	14:07	110	Yaşpasta keki Pişti. Düz kek kalıbına yaklaşık 2 cm kalınlığında döküldü.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	114	133	11:00	13:00	120	Piшти. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür. Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz.

Çizelge Ek 2.11 : Pizza için alınan veriler













TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
31.07.2011	33 °C, Güneşli	89	106	14:20	15:52	92	Piшти.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	103	123	12:00	13:00	60	Piшти.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	94	121	13:00	14:00	60	Piшти.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	120	130	12:00	13:00	60	Piшти.
15.08.2011	29 °C, Güneşli	30	112	10:10	11:25	75	Piшти.

Çizelge Ek 2.12 : Ekmekler ve Poğaçalar için alınan veriler

TARİH	HAVA DURUMU	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Başlangıç saati	Bitiş saati	Süre (dakika)	Son Durum
01.08.2011	30 °C, Güneşli ve hafif bulutlu .	82	110	12:30	14:20	110	Çubuk kraker pişti.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	70	120	10:00	11:40	100	Poğaç hamurundan yapılan kete pişti. Hamur kalınlığı yaklaşık 3 cm' dir. Çeşit 2.
02.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	102	122	14:00	16:20	140	Yufka böreği pişti.
03.08.2011	30 °C, Güneşli, hafif bulutlu	101	128	11:25	12:54	89	Simitler pişti.
04.08.2011	35 °C, Güneşli	85	123	10:20	11:50	90	Yufka böreği pişti.
05.08.2011	31 °C, Güneşli	100	133	10:30	12:20	110	Poğaçalar pişti. * Fırın içerisinde yan duvar sıcaklığı ölçülmüştür.

							Diğer fırınla kıyaslama yapılamaz. Çeşit 2.
06.08.2011	33 °C, Güneşli, az bulutlu	51	99	12:40	14:30	110	Yufka böreği pişti.
08.08.2011	28°C, Güneşli, hafif bulutlu	37	104	11:30	14:10	160	Pişti.
09.08.2011	28 °C, bulutlu	38 (Gıda iç sıcaklığı)	96 (Gıda iç sıcaklığı)	11:00	12:30	90	Pişti.
13.08.2011	30 °C, Bulutlu	60	107	14:00	16:36	156	Milföy hamurundan yapılan börekler pişti.
14.08.2011	30 °C, Güneşli	50	104	09:50	12:10	140	Pişti.
17.08.2011	29 °C, Güneşli	40	126	09:50	11:50	120	Pişti.
18.08.2011	31 °C, Güneşli	75	121	10:20	12:15	115	Simitler pişti.
30.08.2011	31 °C, Güneşli	46	97	13:04	14:54	110	Pişti.

EK 3 Güneş Enerjili Fırında Pişirilen Bazı Gıdaların Pişme Aşamalarını Gösteren Fotoğraflar

Tarih	Piştirilen yiyecek	Pişmeden önce/ Piştikten sonra
13 Ağustos 2011	Milföy hamuru böreği	 
14 Ağustos 2011	Poğaç ve taze fasulye	 
8 Ağustos 2011	Poğaç	 
2 Ağustos 2011	Büyük poğaç (≈25 cm çapında)	 
3 Temmuz 2011	Lahmacun	 
3 Ağustos 2011	Baklava	 

Şekil Ek 3. 1 : GEF-1 ve GEF-2’de piştirilen bazı gıdaların pişmeden önceki (a-c-e-g-ı-j); piştikten sonraki (b-d-f-h-l-k);görüntüleri



Şekil Ek 3.2 : Güneş enerjili fırında pişirilen kekin pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar.



Şekil Ek 3.3 : Güneş enerjili fırında pişirilen Kalın krakerlerin pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar.



Şekil Ek 3.4 : Güneş enerjili fırında pişirilen ketenin pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar.



Şekil Ek 3.5 : Güneş enerjili fırında pişirilen pizzanın pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar.



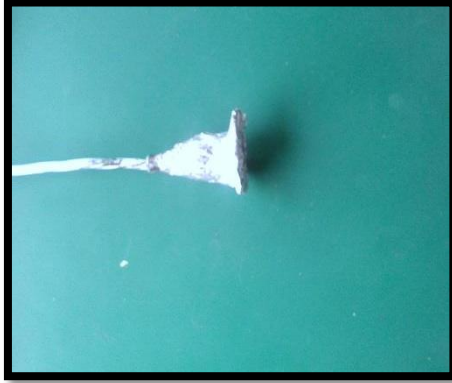
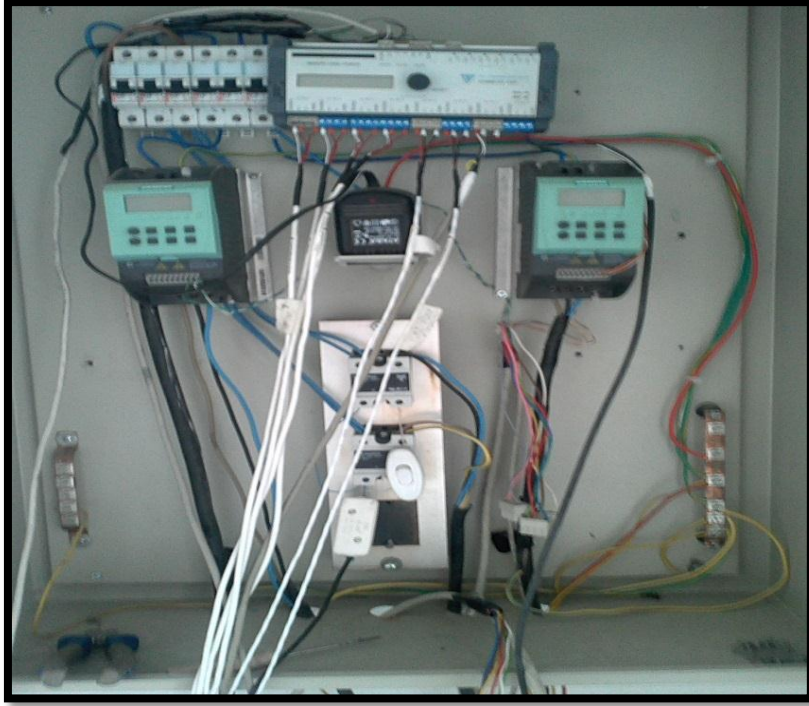
Şekil Ek 3.6 : Güneş enerjili fırında pişirilen kurabiyenin pişme aşamalarını gösteren fotoğraflar

EK 4 Eliptik Silindir Ve Silindir Güneş Enerjili Fırınların Test Edilmesinde Kullanılan Deney Düzeneği

Ölçümlerde soğurucu tabaka, su ve iç hava sıcaklıklarını ölçmek için 4, 5 m kablo uzunluklarına sahip PT100 sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Güneş ışınımı şiddetini ölçmek için KIPP&ZONEN marka pironometre kullanılmıştır. Rüzgar hızını ölçmek için **Theodor Friedrichs** marka anemometre kullanılmıştır. Sıcaklık değerlerini kaydetmek için **COMBILOG 1020- Theodor Friedrichs** marka datalogger kullanılmıştır.

Çizelge Ek 4.1 : Kullanılan veri ölçüm cihazları ve özellikleri

KULLANILAN VERİ ÖLÇÜM CİHAZLARI	ÖZELLİKLERİ
DATA LOGGER	COMBILOG 1020- Theodor Friedrichs -8 analog giriş (16 bit çözünürlük) -Aralıkları geniş ölçüm seçimi -Windows 95/98/NT/2000/XP menü eşliğinde yapılandırma. -Tarama hızı (60 dk için 0.5 s) ve (12 saat için 1 s) ortalama aralık genişletilmiştir.
SICAKLIK SENSÖRÜ 1 (Emici Tabaka)	4,5 m kablo uzunluğuna sahip PT 100 sensör
SICAKLIK SENSÖRÜ 2 (Su Sıcaklığı)	4,5 m kablo uzunluğuna sahip PT 100 sensör
SICAKLIK SENSÖRÜ 3 (Pişirici İç Hava Sıcaklığı)	4,5 m kablo uzunluğuna sahip PT 100 sensör
PİRONOMETRE	MARKA: KIPP&ZONEN DELFT HOLLAND
	MODEL: CM11
	HASSASİYET: $4,64 * 10^{-6}$ V/Wm ²
ANEMOMETRE	Theodor Friedrichs Modeli:4034.0000



Şekil Ek 4.1 : Sıcaklık sensörü 1(Emici tabaka)



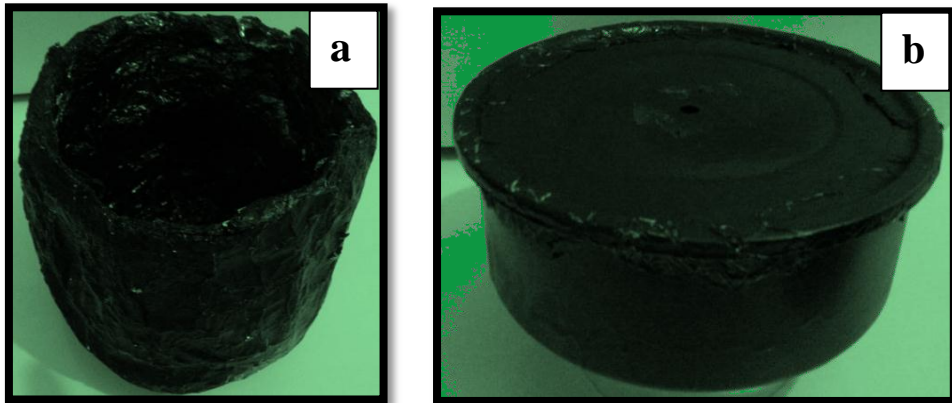
Şekil Ek 4.2 : Sıcaklık sensörü 2(su)



Şekil Ek 4.3 : Sıcaklık sensörü 3(GEF iç hava sıcaklığı)



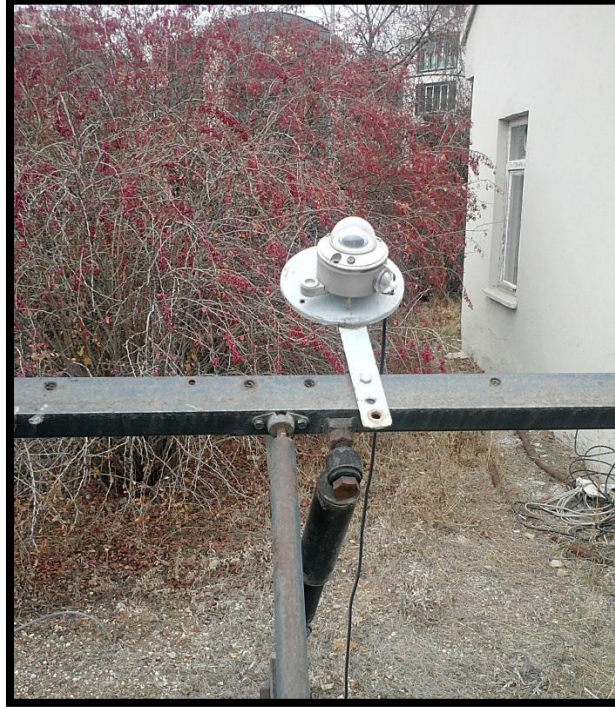
Şekil Ek 4.4 : Sıcaklık sensörü 4(Dış hava sıcaklığı)



Şekil Ek 4.5 : a.) Kap-1(Alüminyum folyo sıkıştırılarak yapıldı.) b.)Kap-2



Şekil Ek 4.6 : Anemometre



Şekil Ek 4.7 : Pironometre

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı :Emire Emel DİLAVER
Doğum Yeri :Ankara
Medeni Hali :Bekar
E-posta :edilaver@yegm.gov.tr

Eğitim

Lise : Ayrancı Lisesi (1999)
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği (2005)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı (2014)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İyi

İş Deneyimi

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü- Ankara (2012-Halen)
Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü- Ankara (2011-2012)
İl Afet Acil Durum Müdürlüğü-Ağrı (2010-2011)
Teck Cominco Madencilik- Çanakkale (2006-2007)

Denevim Alanları

Temiz Tükenmez Enerjiler, Güneş Enerjisi, Güneş Enerjili Pişiriciler

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

5. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi (7-8 Ekim 2011)

International Exhibition and Scientific Conference, “Science, Technology and Innovative Technologies in the Prosperous Epoch of the Powerful State” (2-4 Haziran 2013)