

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN EMİSSİVİTE DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Haydar ARSLANBAY

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN EMİSSİVİTE DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Haydar ARSLANBAY

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **19/06/2017**

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

ÇANAKKALE

Haydar ARSLANBAY tarafından Prof. Dr. Habib KOCABIYIK yönetiminde hazırlanan ve **19/06/2017** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Bazı Tarımsal Ürünlerin Emissivite Değerlerinin Belirlenmesi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK **..……**

Başkan

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Recai DURGUT **……..……**

Üye

Yrd. Doç. Dr. Anıl ÇAY **……..**

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Haydar ARSLANBAY

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Habib KOCABIYIK'a, çalışma süresince ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme, arkadaşım Hakan ERDEM ve Elifnaz ŞEKER'e, kuzenim Sadık YAŞAR'a ve tezimde emeği geçen jüri üyelerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haydar ARSLANBAY

Çanakkale, Haziran 2017

SİMGELER VE KISALTMALAR

HF	Yüksek Frekans
ISM	Industrial Scientific Medical Band
FIR	İnfrared Isıtma
Hz	Herz
GHz	GigaHerz
MHz	Megaherz
PEF	Pulsed Electric Field
Kv/cm	Kilovolt Per Centimeter
W	Enerji (Joule)
μm	Milimikron
ν	Frekans (Hz),
c	Işığın ortamdaki hızıdır
λ	Dalga boyu (μm) .
ρ	Yansıtma Oranı
α	Soğurma Oranı
τ	İletknlik Oranı
$Q_{yay,}$	Kara cisimden yayılan en yüksek enerji (W)
A	Cismin yüzey alanı (m^2),
σ	Stefan-Boltzman sabiti, $5.67.10^{-8}$ (W/m^2K^4),
T_s	Cismin mutlak sıcaklığı (K).
ε	Emissivite Değeri
L	Açıklık (lightness)
a	Kırmızı/Yeşil Koordinatı
b	Sarı/Mavi Koordinatı
C	Kroma Koordinatları
Hue	Rengin Açısal Değeri
R	Redness Değeri
NETD	Termal Duyarlılık
EN 60584-2	Termokupl Tolerans Standartları
T	Sıcaklık ° C
M	Nem Değeri

yb	Yaş Baz

ÖZET

BAZI TARIMSAL ÜRÜNLERİN EMİSSİVİTE DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Haydar ARSLANBAY
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Habib KOCABIYIK
19/06/2017, 43

Artan tüketim ve kaliteli ürün isteği hem üreticileri hem de hizmet sunan tüm sektörleri etkilemekte ve yeni arayışlara yönlendirmektedir. Bu bağlamda ürünlerin kalite değerlerinin hem hızlı hem de kısa zamanda belirlemek için teknolojik gelişmelerden termal görüntüleme yöntemlerini kullanarak emissivite değeri ile istenilen parametrelerdeki ürünlerin tespiti ve sınıflandırılması kolay ve hızlı olmaktadır. Doğada var olan tüm besin grupları, organik ve inorganik olmak üzere tüm maddelerin özelliklerini termal görüntüleme yöntemi ile belirlemek ilgili madde hakkında gerekli tüm bilgilerin elde edilmesinde ve kullanılmasında büyük avantaj sağlamaktadır. 0 ^{o}C -100 ^{o}C arasındaki yapılan ürün analizlerinde sıcaklık etmeniyle emissvite arasındaki değişim ve etkileşimi görülmüştür. Bu sıcaklık aralığında bulunan ürünlerin emissvite değerleri ürünün özelliklerine bağlı olarak 0,40 ile 0,98 değerleri arasında tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Emissivite, Ürün Teknolojisi, Sınıflandırma, Termal Görüntüleme, Kızılötesi

ABSTRACT

DETERMINATION OF THERMAL EMISSIVITY OF SOME AGRICULTURAL PRODUCTS

Haydar ARSLANBAY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Advisor: Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

19/06/2017, 43

Increasing consumption and demand for quality products are affecting both producers and service sectors and leading to new searches. In this context, it is easy and fast to determine and classify the products in desired parameters with emissivity value by using thermal imaging methods from technological developments to determine the quality values of the products both fast and also in a short period of time. Determination of the properties of all the nutrient groups, organic and inorganic, present in the soil by thermal imaging method provides a great advantage in obtaining and using all necessary information about the related substance. Changes in temperature and interaction between emissivity were observed in the product analyzes between 0 ^{o}C and 100 ^{o}C. The emissivity values of the products in this temperature range were determined between 0.40 and 0.98 depending on the properties of the product.

Keywords: Emissivity, Product Technology, Classification, Thermal Imaging, Infrared

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU iii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vii
ABSTRACT viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
1.1. Radyo Frekans Isıtma 1
1.2. Mikrodalga Isıtma 1
1.3. İnfrared Isıtma 2
1.4. Ohmik Isıtma 2
1.5. Dielektrik Isıtma 2
1.6. Puls Elektrik Alanı Isıtma 2
1.7. Isı İletim ve Isıl Işıma 6
1.7.1. İletim (Kondüksiyon) 6
1.7.2. Taşınım (Konveksiyon) 6
1.7.3. Işıma (Radyasyon) 6
1.8. Boşluk Modeli 13
BÖLÜM 2 15
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 15
BÖLÜM 3 17
MATERYAL VE METOT 17
3.1. Materyal 17
3.1.1. Test Örnekleri 17
3.1.2. Deney Düzeneği 18
3.1.3. Denemelerde Kullanılan Diğer Alet Ve Cihazlar 21
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması 21
3.2.2. Emissivitenin (Yayma oranının) Belirlenmesi 22
BÖLÜM 4 27
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 27

BÖLÜM 5 38
SONUÇ VE ÖNERİLER 38
KAYNAKLAR 40
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Bir yüzeyin yansıtıcılığı, soğurganlığı ve geçirgenliği arasındaki ilişki 8
Şekil 1.2. Spektral etki alanı 12
Şekil 3.1. Emissivite ölçüm düzeneği 18
Şekil 3.2. Deneme yapılan izole ortam 19
Şekil 3.3. Termal görüntüleme cihazı 19
Şekil 3.4. Sıcaklık kayıt cihazları 20
Şekil 3.5. Renk ölçer 21
Şekil 3.6. Termal kamera ile görüntülenen termografik görüntüler 23
Şekil 3.7. Örneğin termal görüntünün işaretlenmesi 24
Şekil 3.8. Emissvite değerinin belirlenmesi 26
Şekil 4.1. Nem içeriği ve sıcaklığa göre ayçiçeğinin emissivite değerinin değişimi 27
Şekil 4.2. Nem içeriği ve sıcaklığa göre bezelye emissivite değerinin değişimi 28
Şekil 4.3. Nem içeriği ve sıcaklığa göre çeltik emissivite değerinin değişimi 29
Şekil 4.4. Nem içeriği ve sıcaklığa göre keten emissivite değerinin değişimi 30
Şekil 4.5. Nem içeriği ve sıcaklığa göre mısır emissivite değerinin değişimi 31
Şekil 4.6. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Konya) emissivite değerinin değişimi 32
Şekil 4.7. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Kınacı) emissivite değerinin değişimi 33
Şekil 4.8. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Göksu) emissivite değerinin değişimi 34
Şekil 4.9. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Dağdas) emissivite değerinin değişimi 35
Şekil 4.10. Tüm ürünlerin sıcaklığa göre emissivite değişimleri 37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Bazı materyallerin emissivite değerleri 10
Çizelge 3.1. Kullanılan ürünlerin boyut özellikleri 17
Çizelge 3.2. Kullanılan ürünlerin renk özellikleri 17
Çizelge 3.3. Termal görüntüleme cihazı teknik özellikleri 20
Çizelge 3.4. Örneklerin nem içerikleri (%) 22
Çizelge 4.1 Deneme kullanılan ürün fiziksel özelliklerinin emissivite ile ilişkisi 36

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Büyüyen ekonomilerde; artan nüfus ve buna paralel olarak ortaya çıkan beslenme sorunu, gelişen sanayi, mevcut enerji kaynaklarındaki azalmalar, sınır tanımayan teknolojik gelişmeleri takip eden tarımdaki gelişmeler gıda ve tarıma dayalı endüstri maddelerinin üretilmesinden, tüketiciye kadar geçen aşamalarda özel konuların incelenmesine sebep olmaktadır. Gıda ve tarım ürünlerin üretilmesi, hasadı, temizlenmesi, sınıflandırılması, paketlenmesi, depolanması ve korunmasına ayrı bir önem verilmekte ve maksimum değer ve kalite amaçlanmaktadır.

Tarımsal ürünlerin büyük bir çoğunluğu hasattan sonra son tüketiciye ulaşıncaya kadar değişik işlem aşamalarından geçmektedir. Bu işlem süreçleri mekanik işlemleri içerdiği kadar ısıl işlem uygulamalarını da içermektedir. Kurutma, havalandırma, soğutma, sterilizasyon, pastörizasyon vb. uygulamalar ısı enerjisinin yoğun şekilde kullanıldığı işlemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamalarda uygulanan işlemlerin niteliği son ürünün kalitesini, kayıp miktarını ve yapılan işlemlerin ekonomikliğini önemli oranda etkiler. Bununla birlikte ürün işleme sürecinin verimliliği de etkilenmektedir. Bilindiği gibi modern tarımda bitkisel ve hayvansal materyalin işlenmesi ve değerlendirilmesi onun mekanik, ısısal, elektriksel ve optik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir(Tunalgil 1993).

Gelişen teknolojiye bağlı olarak, geleneksel sıcak hava ile ısıtmanın dışında enerjinin daha etkin kullanımı, kullanım kolaylığı, değişik ürün gruplarına uygulanabilirliği gibi daha birçok üstün yönlerinden dolayı son yıllarda ürün işlemede yeni ısıtma yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan bazılarına aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

1.1. Radyo Frekans Isıtma

Yüksek frekans (HF) ısıtma olarak da isimlendirilmektedir. Endüstriyel ısıtma uygulamalarında 13,56 ve 27,92 MHz frekans değerleri kullanılmaktadır. Ürünün iki elektrot arasına sıkıştırılarak elektromanyetik enerjinin geçirilmesiyle ısıtılması prensibine dayanmaktadır. Isıtma mekanizması, dielektrik ısıtma ve elektrik direnç ısıtmanın bileşimi şeklindedir.

1.2. Mikrodalga Isıtma

Ürün işleme sanayisinde ısıtma amaçlı kullanılan mikrodalga frekansları (ISM) 915 MHz ve 2450 MHz' dir. Mikrodalga ürüne uygulandığında, sudaki dipol moleküller ve bazı iyonik bileşikler alana karşı kendilerinin yönünü değiştirirler. Salınımlı elektriksel alan

moleküllerin hareketine sebep olarak sürtünme ısısı yaratır (İçier ve Baysal, 2004). Mikro dalga ısıtma ile enzimler daha hızlı inaktive olmaktadır (Decareau, 1985).

1.3. İnfrared Isıtma

İnfrared ısıtma; kızılötesi ışıma spektrumda 0.75-1000 µm arası uzunluktaki elektromanyetik dalgalardan oluşmaktadır (Erdoğan, 2009). Bu dalga boyları tarif edilirken; 1,4µm-3µm orta dalga, 3µm-1mm uzun dalga (FIR) olarak sınıflandırılır (Sakai ve Hanzawa, 1994). Radyasyon materyal tarafından emildiğinde enerjisini ısıya dönüştürmektedir (Skjöldebrand, 2001). İnfrared ısıtmanın en yaygın kullanımı düşük nemli gıdaların kurutulmasıdır. Özellikle kısa dalga infrared radyasyonu kullanmanın, yüksek ve etkin ısı transferi, kısa işlem süresi, kullanılan ısıtma ekipmanı içindeki ortamın ısıtma zorunluluğu olmaması ve kontrolünün ayarlanmasının pratik olması gibi avantajları vardır.

1.4. Ohmik Isıtma

Ohmik ısıtma; direnç ısıtma ve elektro ısıtma olarak da bilinmektedir. Ürünün içerisinden direkt elektrik akımı geçirme prensibine dayanmaktadır (İçier, 2003). Elektrik iletkenliği sıcaklığa, iyonik bileşenlere ve uygulanan elektrik alanın gücüne bağlıdır. Eşit oranda ısıtma, ürün içindeki katı ve sıvı fazların benzer elektrik iletkenliğine sahip olmasıyla sağlanabilir. Parçacık içeren ürünlerin işlenmesi bu teknoloji ile mümkündür. Parçacıkların büyüklüğü 2 cm'ye kadar olabilmektedir.

1.5. Dielektrik Isıtma

Dielektrik ısıtma; mikrodalgalar veya yüksek frekanslı radyo dalgaları kullanılarak yapılan ısıtma işlemine dielektrik ısıtma denmektedir. Elektomanyetik spektrumda frekansları 100 Hz ile 300 MHz arasında değişen dalgalara radyo dalgaları, frekansları 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen dalgalara da mikrodalgalar denilmektedir. Cam ve ısıya dayanaklı plastik maddeler gibi ambalaj materyalleri genelde dielektrik ısıtma frekanslarındaki elektromanyetik dalgaları çok az veya hiç absorbe etmeden geçirirler.

1.6. Puls Elektrik Alanı Isıtma

Puls elektrik alanı ısıtma; puls elektrik alan (pulsed electric field, PEF) tekniği; iki elektrot arasında bulunan ürünün çok kısa süreyle (1-100µs) yüksek voltajlı elektrik alanı (10-80 kV/cm) etkisi altında bırakıldığı bir işlemdir (Ross ve ark, 2003).

Tarımsal ürünler yapılarındaki, aromatik maddeler, vitaminler, uçucu yağ ve diğer yağ bileşenleri gibi kimyasal özellikleri, yüksek miktarda su içermeleri, organik yapıları ve

değişik koşullar altında çabuk renk değiştirme özellikleri nedeniyle ısısal işlemlerden çok çabuk etkilenen ürünlerdir. Bu nedenle, tarımsal ürünlerin işlenmesi için planlanan ürün işleme sistemlerinin ve kullanılacak makinaların bu hassasiyetler göz önünde bulundurularak tasarlanması gerekmektedir. Isıya karşı ürünün vereceği tepkiyi önceden tahmin edebilmek adına ürünün belirli ısıl özelliklerinin bilinmesi zorunludur.

Ürün işleme teknolojilerinin etkin olarak kullanılmaya başlandığından beri tarımsal ürünlere farklı ısıl işlemler uygulanarak daha uzun depo ömrü, işleme kolaylığı, işleme sonucu kullanılabilirliği gibi kalite etmenlerinin belirlenmesi amacıyla ürün ve ürün gruplarının temel ısıl özellikleri, ısıya verdikleri tepkileri, ısı sonucu değişimleri araştırılmaktadır. Günümüzde neredeyse bütün ürün ve ürün gruplarına ısıl işlem uygulanarak istenilen özellikler elde edilmeye ve kalite özellikleri artırılmaya çalışılmaktadır.

Isıl işlemler sırasında uygulanan ısının işlenen materyale olan etkileri materyalin termal özelliklerine, ısı enerjisinin iletim şekline ve ısı enerjisinin değer olarak büyüklüğüne bağlıdır. Konduksiyon ve konveksiyon yoluyla ısı enerjisi transferlerinde, ısının tarımsal materyale olan etkilerinde o ürünün özgül ısısı, ısı iletim katsayısı ve ısı taşınım katsayısı önemli bir rol oynamaktadır. Yıllardır yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda birçok tarımsal ürünün özgül ısı, ısı iletim katsayısı değerleri elde edilmiş ve ayrıca bu özellikleri tahmin etmek için matematiksel modeller üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu değerler ısıl işlem içeren sistem tasarımlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmalar arasında, kimyon tohumu (Sing ve Goswami, 2000); çeltik (Yang ve ark, 2002); africa fasulyesi (Irtwange ve Igbeka, 2003); kahve çekirdeği (Perez ve ark., 2001); küçük darı tohumu ve unu (Subramanian ve Viswanathan, 2003); buğday (Tavman ve Tavman, 1998); mantar (Shrivastava ve Datta, 1999); nohut (Sabapathy ve Tabil, 2003); mısır, ayçiçeği, buğday, arpa (Kayisoglu ve ark., 2004); hodan otu tohumu (Yang ve ark., 2002), (Maraulis ve ark, 2002) ile yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Hızlı ve homojen ısıtma, kısa işlem süresi, yüksek enerji etkinliği ve düşük enerji tüketimi, basit donanım gereksinimi, toksik olmayan ya da çevre dostu etkileri ve yüksek kaliteli son ürün gibi nedenlerden dolayı son on yılda kurutma vb potansiyel ürün işleme teknolojileri arasında tarım ve gıda ürünlerinin işlenmesi için elektromagnetik enerjinin kullanımı dikkat çekmektedir (Sandu, 1986; Kocabiyik, 2010).

Bununla birlikte, (Mercado ve ark, 2001) elektromagnetik enerjinin kullanıldığı (mikrodalga, radyo frekans, infrared radyasyon vb) yöntemleri son yani dördüncü nesil kurutma yöntemleri olarak tanımlamıştır.

İnfrared yayıcı kaynaklardan elde edilen yoğun ısı enerji, kurutma, ağartma, kürleme, karamelizasyon, eritme, pişirme, kızartma, pastörizasyon, sterilizasyon, kavurma ve patajon etkisizleştirme gibi değişik amaçlar için gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Krishnamurty ve ark, 2008; Kocabiyik, 2012). Örneğin (Krishnamurty ve ark, 2008) infrared radyasyonun soya fasulyesinde lipas ve lipoxygenase enzimlerinin aktifliğinin durdurulması amacıyla etkili şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir. Diğer bir çalışmada çeltik kepeğinin stabilizasyonunda infrared radyasyonun kullanımının etkili olduğu bulunmuştur (Tuncel ve ark, 2014).

Tarım ve gıda ürünleri kolay bozulabilir (çürüyebilir) ve ısıya duyarlı materyallerdir. Bu materyallerin fiziksel, kimyasal ve besin özellikleri değişik ısı koşullarında önemli şekilde değişmektedir. Özellikle meyveler, sebzeler, bazı tahıllar, deniz ürünleri ve et gibi yüksek nem içeriğine sahip ürünler, materyalleri bozan olumsuz çevre koşulları gibi etkenlerden önemli derecede etkilenirler. Ayrıca, bu ürünler uygun olmayan işleme donanımı kullanımı ve depolama koşullarından etkilenirler.

Tüm bozulabilir gıda ürünlerinin emniyetli şekilde depolanması depolama sıcaklığına önemli derecede bağlıdır. Örneğin et ürünleri 4-7 ^{o}C, balık ürünleri 4 ^{o}C'ın altında ve kabuklu deniz ürünleri 10-15 ^{o}C (Saunders, 2004); elma 2-3.5 ^{o}C, portakal 7 ^{o}C, çilek 0 ^{o}C, muz 14-16 ^{o}C, şeftali, üzüm -1 ^{o}C, domates 0 ^{o}C (Güzel ve ark, 1996); buğday, mısır, çeltik 5-10 ^{o}C gibi sıcaklık aralıklarında uygun şekilde depolanmaktadır.

Tarım ve gıda ürünleri işlenirken ve depolama aşamalarında ürünün sıcaklığı deneysel yollarla elde edilmiş ve her bir ürüne özgü olarak önerilmiş sıcaklık değerlerinde olması istenir. Ürün sıcaklığının istenen değerlerin üzerinde olması durumunda gerek kimyasal gerekse fiziksel yapıları gereği üründe bozulmalar hızlanacak ve kalite kayıpları başlayacaktır. Depolanmış tahılların depo ömrünün belirlenmesinde sıcaklık en önemli etkendir. Depo içerisindeki ürünün solunum hızı depo sıcaklığına bağlı olarak artar. Depo sıcaklığının 18 ^{o}C'nin altında tutulması birçok böceğin faaliyetlerini engeller veya tamamen durdurur. Depo sıcaklığındaki her 5 ^{o}C'deki düşme depolama süresini 2 kat arttırır. İyi bir tahıl depolama ve depolamanın devamlılığı için tanelerin yeterince olgun, zedelenmemiş-sağlam; tane nem içeriğinin %14'den, yığın sıcaklığının 15°C'den ve depo atmosfer nispi nem oranın da %65'den düşük olması gerekir

Meyve ve sebzelerin işlenmesi sırasında ürün sıcaklığının önerilen sıcaklık derecelerinden daha yüksek olması durumunda özellikle C-vitamini, likopen, aromatik bileşikler gibi besin içerikleri ve bunun yanında enzimatik kararma olaylarında artış meydana gelmektedir.

Ürün işleme sürecinde ürün sıcaklığı sürekli olarak kontrol altına tutulmaya çalışılmaktadır. Ürün sıcaklıklarının belirlenmesinde genellikle ısıl eleman çifti ya da direnç etkili eleman kullanan temaslı termometreler kullanılmaktadır. Fakat ısıl eleman çiftinin ya da direnç elemanının geç tepki süreleri, bulaşıcı etkiler, ürünle temas sebebiyle oluşan fiziksel olumsuzluklar sonucunda hatalı ölçüm vb (Saunders, 2004) nedenlerden dolayı temassız sıcaklık ölçüm sistemleri cazip hale gelmiştir. Temassız sıcaklık ölçümü infrared termometrelerle ya da termal görüntüleyici sensörlerle yapılabilmektedir.

Bu ekipmanlarla yapılan ölçümün doğruluğu, ölçüm yapılan cismin yayıcılığı (emissivitesi) ve çevre sıcaklığı gibi iki giriş parametresine bağlıdır. Emissivite, ışımayla ısı yayma yeteneğini belirten cismin ısısal bir özelliğidir (Chen, 2015; Rakrueangdet ve ark, 2016).

Işımayla ısı transferi ile ilgili tarım ve gıda maddelerinin ısısal özelliklerini doğrudan konu alan yalnızca bir bilimsel çalışma bulunmaktadır. (Yu ve ark, 2015) sıcaklığın ve nem içeriğinin bir fonksiyon olarak kanola tohumunun emissivitesini belirlemek ve emisivitenin belirlenebilmesi için model geliştirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya ilave olarak infrared termografi için (Lopez ve ark, 2012) dokuz bitki yaprağının, (Chen, 2015) üç bitki yaprağının emissivite değerlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Radyasyon yoluyla ısı transferinde gerek ihtiyaç duyulan enerji miktarının belirlenmesi ve gerekse radyasyon yoluyla transfer edilen ısının işlem gören materyal üzerine etkisinin belirlenmesi sistem tasarımı için gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir sistemin tasarımının yapılabilmesi için ilk öncelik ısıl işlem gören materyalin radyasyon yoluyla üzerine gelen ısı enerjisine olan tepkisel özelliklerinin belirlenmesidir. Radyasyon yoluyla ısı transferinde ısı enerjisinin materyale etkisini belirleyen değer materyalin emissivite (yayma oranı) özelliğidir. Birçok standart metal ve metal olmayan materyallerle ilgi emissivite değerleri için yapılan araştırmalar sonucunda belirli bir veri tabanı oluşmuştur (Yu ve ark, (2015). Fakat, yapılan literatür çalışmaları ve kaynak araştırmaları sonucunda organik materyaller ve özellikle tarımsal ürünlerin emissivite değerlerine ulaşılmamış ve herhangi bir referans alınacak standart bulunmamaktadır.

Yalnızca bazı ölçüm cihazlarının kullanıcı kitaplarında biyolojik maddeler için emissivite değerini 0.93-0.95 olarak önermektedir. Radyasyon yoluyla yapılacak ısı transferini kullanarak tarımsal ürünlere ısıl işlem uygulayacak tesis ve sistem tasarımı gibi mühendislik uygulamaları yanında ürün işleme otomasyonunda sıcaklık kontrolü için ürünlere ait ışıma ile ilgili temel özellikler eksik bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.7. Isı İletim ve Isıl Işıma

Isı iletimi dinamik bir olaydır ve bu olayda ısı kendiliğinden (spontan olarak) bir yerden, sıcaklığı buna göre daha az olan diğer bir yere iletilir. Isı iletiminin hızı, bu iki yer arasındaki sıcaklık derecesi farkına göre değişmekte ve bu fark büyüdükçe ısı iletim hızı artmaktadır. Isı kaynağı ile ısıyı alan yer arasındaki sıcaklık derecesi farkı bu nedenle ısı iletimi olayında itici kuvvettir. Sıcaklık dereceleri arasındaki farkın artması bu itici kuvveti arttırır ve bu nedenle de ısı iletim hızı artar. Bir yerden diğer bir yere geçen ısı belirli bir ortam içinden yol alır ve bu ortam genellikle ısı akışına karşı bir direnç göstermektedir. Bu her iki faktör yani sıcaklık derecesi farkı ve ısı akışına karşı koyma; ısı iletiminin hızı üzerinde etkilidir.

Genel olarak; ısı kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon olmak üzere üç şekilde iletilmektedir.

1.7.1. İletim (Kondüksiyon)

Bir maddede sıcaklık farklılıkları varsa, herhangi bir hareket gözlenmeden ısı akışı meydana gelmektedir. Bu tür ısı akışına moleküler iletim veya sadece iletim denilmektedir. İletim moleküler boyutta olup, her bir molekülün momentumunun sıcaklık farklılığı boyunca taşınması prensibine dayanmaktadır.

1.7.2. Taşınım (Konveksiyon)

Bir akışkan özel bir yüzeyden geçtiğinde, beraberinde bir miktar ısı taşımaktadır. Taşınan bu ısı akımına ısının konveksiyonla akışı denilmektedir. Konveksiyon makroskopik bir olaydır ve sadece akışkana bazı kuvvetlerin etki etmesi ile akışkanın bu sürtünme kuvvetlerine karşı hareketini hala devam ettirmesi durumunda gerçekleşmektedir.

1.7.3. Işıma (Radyasyon)

Işınım (Radyasyon) maddelerin atom veya moleküllerin elektron düzeninde olan değişimler sonucunda yayılan elektromanyetik dalgalar veya fotonlar aracılığıyla gerçekleşen enerji aktarımıdır. Bir diğer deyişle radyasyon, genellikle elektromanyetik dalgalarla enerji aktarım işlemlerinin tüm çeşitleri için kullanılan bir terimdir. Dağılmamış dalgalar elektrik ve manyetik alanlar sebebiyle enerji ve momentum taşırlar (Ültanır, 1987).

Isı geçişi dikkate alındığı zaman ışınım, bir cismin belli bir sıcaklıkta olmasından dolayı yaydığı ısıl ışınım veya sonlu sıcaklığa sahip bir cismin yaydığı enerjidir. Isıl ışınım, x-ışınları, gama ışınları, mikrodalgalar, haberleşme dalgaları gibi diğer elektromanyetik

ışınımdan farklıdır ve mutlak sıfır sıcaklığın üzerindeki tüm cisimler ısıl ışınım yayarlar (Cengel ve Boles, 1996).

Katı, sıvı ve gazlar normal ve özellikle yüksek sıcaklık koşullarında radyasyon biçiminde enerji yayarlar ya da yayılmış enerjiyi soğururlar. Işınımla ısı geçişi, ışık hızında gerçekleştiği ve vakum koşullarında bile ışınım akısında hiçbir azalma görülmediği için iletim ve taşınımla olan ısı transferinden farklı olarak cisimler arasında boşluk olması durumunda da gerçekleşir.

Bir teoriye göre ışınım, foton ve kuanta adı verilen parçacık demetlerinin yayılmasıdır. Diğer yandan ışınım, elektromanyetik dalgaların yayılması biçiminde tanımlanır. He iki durum içinde, ışınım standart dalga özellikleri olan frekans (ν) ve dalga uzunluğu (λ) ile tanımlanır. Herhangi bir ortamda yayılan ışınım için, bu iki özellikler arasındaki ilişki;

$$\lambda = c/\upsilon \qquad (1.1)$$

Burada,

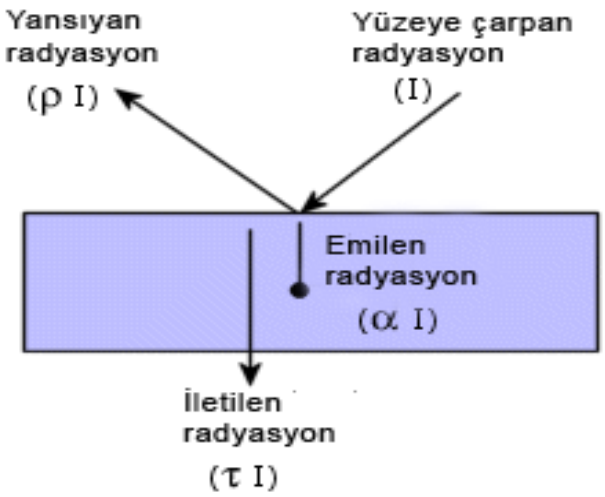
ν: Frekans (Hz),

c : Işığın ortamdaki hızıdır (m/s). Boşlukta yayılma için, $c_{\circ}=2.998x10^{8}$m/s,

λ: Dalga boyu (μm) .

Işınım bir hacim olgusudur ve bununla birlikte tüm katı, sıvı ve gazlar ışınımı belirli oranlarda yayarlar, yutarlar ve geçirirler. Katı cisimler ele alındığında bir yüzey olgusu olarak değerlendirilir. Çünkü metal, tahta, taş, toprak vb cisimlerin iç bölgelerinde yayılan ışınım yüzeye varmadan yutulur ve sadece yüzeye birkaç mikron yakınlığındaki bir katmandan yayılan ışınım dışarı çıkar. Buna paralel olarak, yüzeye gelen ışınımda birkaç mikron seviyesinde bir katman tarafından yutulur.

Üzerine radyasyon gelen bir cismin, gelen radyasyonu yansıtması oranına o cismin yansıtıcılığı (ρ), radyasyonu soğurma oranına cismin soğurganlığı (α) ve radyasyonu bünyesinden geçirerek iletme oranına cismin geçirgenliği veya iletkenliği (τ) denir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Bir yüzeyin yansıtıcılığı, soğurganlığı ve geçirgenliği arasındaki ilişki

Enerjinin korunum ilkesi dikkate alındığında; bu üç özellik arasında aşağıdaki eşitliği belirtmek gereklidir ki tüm bu özellikler 0 – 1 arasında değişmektedir.

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \tag{1.2}$$

Katı ve sıvılar belirli oranlarda radyasyonu absorbe ederler ve bu maddeler çok ince tabakalar halinde olmadıkça radyasyonu geçirmezler ya da hiç iletmezler. Bu durumda bu özellikler arasında ilişki aşağıdaki şekilde meydana gelir.

$$\rho + \alpha = 1 \tag{1.3}$$

Esas olarak cisim tarafından soğurulan kısım ısı enerjisine çevrilir. Soğurulan bu kısım ısı enerjisine çevrildikten sonra artık radyasyon enerjisi değildir, ısıya dönüşmüştür. Mutlak sıfır noktasında olmayan her cisimden radyasyon yayılır. Bir diğer deyişle ortamlar ve cisimler mutlak sıcaklıklarına bağlı olarak ısı radyasyonu yayarlar.

Radyasyon yasaları incelenirken yalın soğurma özellikli cisimler dikkate alınır ve özellikle hiç radyasyon yansıtmayan (ρ=0 ve α=1) yüzey özelliklerine sahip cisimler üzerinde durulur.

Herhangi bir T mutlak sıcaklık derecesindeki yüzeyden birim zamanda yayılabilecek en yüksek seviyedeki ışınım Stefan-Boltzman Yasasıyla tarif edilmiştir.

$$Q_{yay,mak} = \sigma A T_s^4 \tag{1.4}$$

Burada;

$Q_{yay,\,mak}$: Kara cisimden yayılan en yüksek enerji (W)

A : Cismin yüzey alanı (m^2),

σ : Stefan-Boltzman sabiti, $5.67.10^{-8}$ (W/m^2K^4),

T_s : Cismin mutlak sıcaklığı (K).

Bu yasa mükemmel bir ışıma yapan cisim tarafından yayılan radyasyonu verir. Böyle mükemmel bir ışıma yapan cisme siyah cisim denir. Siyah cisim bulunduğu sıcaklık derecesine göre mümkün olan maksimum miktardaki yayılan radyasyonu verir. En iyi radyasyon yayıcısı en iyi soğurucu olandır. Mükemmel bir soğurucu yüzeye sahip cisim bulunmamaktadır, ancak yüzey kaplamalar ve yüzey işlemeler sonucu % 99 oranlarına ulaşılabilmektedir. Fakat siyah cisim %100 oranını sağlamaktadır.

Siyah cisim ideal bir yüzey olup, özellikleri;

1. Siyah cisim, hangi dalga boyunda olursa olsun ve hangi yönden gelirse gelsin üzerine düşen tüm ışınımı yutar.
2. Verilen bir sıcaklık ve dalga boyunda, hiçbir cisim siyah cisimden daha fazla ışınım yayamaz.
3. Siyah cismin yaydığı ışınım her ne kadar dalga boyu ve sıcaklığının fonksiyonu olsa da yönden bağımsızdır. Yani, siyah cisim eşit dağılı bir yayıcıdır.

Mükemmel bir yutucu ve yayıcı olarak siyah cisim, gerçek yüzeylerin ışınım özelliklerinin karşılaştırılabileceği bir standart oluşturur.

Bir cisim tarafından üretilen radyasyon enerjisinin, cisim yüzeyinin birim alanından birim zamandaki yayılmasına yayılım gücü (emissif güç) veya yayma oranı olarak tarif edilmekte ve ε ile gösterilmektedir. Bir cismin yüzeyinin yayma oranı değeri siyah cismin yayma oranına (ε=1) benzerliğinin bir göstergesidir. Siyah cisimler haricindeki cisimlerin yayma oranı değerleri $0 \leq \varepsilon \leq 1$ arasındadır.

Bazı malzemelerin yayma oranı değerleri Çizelge 1.1'de görülmektedir. Gerçek bir yüzey tarafından yayılan ışınım aynı sıcaklıkta bir siyah cisim tarafından yayılan ışınımdan azdır ve aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$Q_{yay} = \varepsilon \sigma A T_s^4 \qquad (1.5)$$

Çizelge 1.1. Bazı materyallerin emissivite değerleri

Malzeme	**Emissivite değeri**
Aluminium: anodised	0.77
Aluminium: polished	0.05
Brass: Parlatılmış	0.03
Pirinç: Oksidasyon	0.61
Tuğla: kırmızı	0.93
Cam	0.92
Granit	0.96
Buz	0.97
Demir	0.91-0.96
P.V.C.	0.91-0.93
Paper: black	0.90
Yesil kağıt	0.85
Kırmızı kağıt	0.76
Beyaz kağıt	0.68
Sarı kağıt	0.72
Plastik	0.94
Plywood	0.83-0.98
Polipropolen	0.97
Quartz	0.93
Kum	0.90
İnsan derisi	0.98
Kar	0.80
Kuru toprak	0.92
Donmuş toprak	0.93
Paslanmaz Çelik	0.59
Galvaniz çelik	0.28
Su	0.95
Ağaç	0.90

Isıl dengedeki bir sistemde termodinamiğin ikinci yasasına göre, kara cisim tarafından yutulan ısı kadar bir ısı kara cisimden dışarı verilir (Ültanır, 1987).

Bu durum Kirchoff Yasasıyla tanımlanmaktadır ve özetle "bir cismin emissif gücünün aynı sıcaklıktaki kara cismin emissif gücüne oranı, cismin yutma (absorpsivite) oranına eşit olup, bu orana emissivite (ε) denilmektedir.

$$\varepsilon T = \alpha T \tag{1.6}$$

Kirchoff yasasıyla cisim yüzeylerinin ışınımla ilgili diğer bir özelliği olan yutma oranı tanımlanmaktadır ve cismin yüzeyine gelen ışınımın yüzey tarafından soğurulan bölümünü ifade etmektedir. Siyah cisim üzerine gelen tüm ışınımı soğurur. Siyah cisim ideal bir yayıcı olduğu gibi ideal bir soğurucudur ve en yüksek yutma oranına (α=1) sahiptir. Gerçek cisimlerin yutma oranları yayma oranlarında olduğu gibi 0≤ α ≤1 arasındadır.

Işınım hesapları için gerekli büyüklüklerden biri, belirli bir dalga boyu aralığında veya bir bant içinde yayılan siyah cisim ışınım gücünün, toplam siyah cisim ışınım gücüne oranıdır. Verilen bir sıcaklık ve 0 ile λ dalga boyu aralığı için,

$$F_{(0\to\lambda)} \equiv \frac{\int_0^{\lambda} E_{\lambda,b}d\lambda}{\int_0^{\infty} E_{\lambda,b}d\lambda} = \frac{\int_0^{\lambda} E_{\lambda,b}d\lambda}{\sigma T^4} = \int_0^{\lambda T} \frac{E_{\lambda,b}}{\sigma T^5} d(\lambda T) = f(\lambda T) \tag{1.7}$$

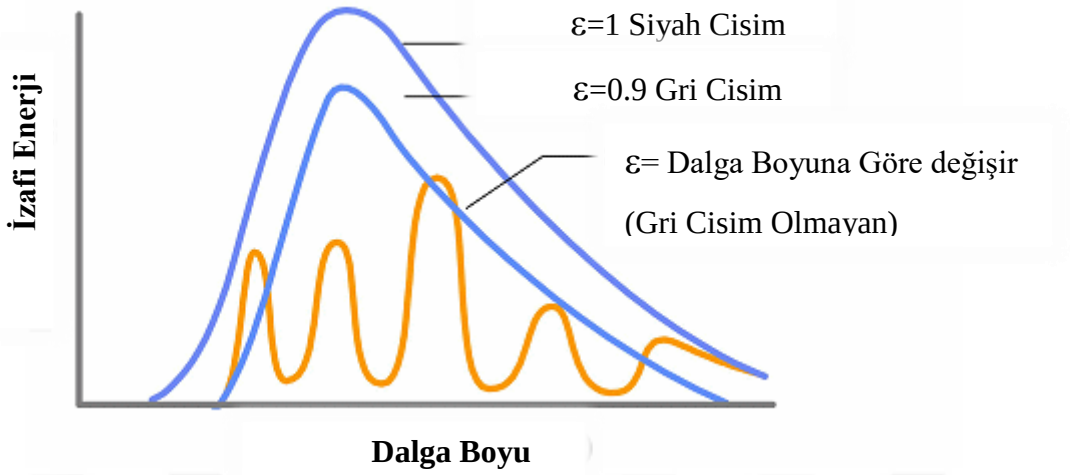
Verilen bir sıcaklıkta siyah cismin herhangi iki dalga boyu, $\lambda_1 ve \lambda_2$ arasında yaydığı ışınım gücünün toplam ışınım gücüne oranı;

$$F_{(\lambda_1\to\lambda_2)} = \frac{\int_0^{\lambda_2} E_{\lambda,b}d\lambda - \int_0^{\lambda_1} E_{\lambda,b}d\lambda}{\sigma T^4} = F_{(0\to\lambda_{12})} - F_{(0\to\lambda_1)} \tag{1.8}$$

Siyah cisim ideal bir yayıcı olduğu ve verilen bir sıcaklıkta hiçbir yüzeyin siyah cisimden daha fazla ışınım yayamayacağı belirtilmiştir. Bu nedenle gerçek bir yüzeyin yaydığı ışınımı belirtirken siyah cismi referans olarak kullanmak kolaylık sağlar. Işınımla ilgili bir yüzey özelliği olan, yayma oranı bir yüzeyin yaydığı ışınımın, aynı sıcaklıkta siyah bir yüzeyin yaydığı ışınıma oranı olarak tanımlanır.

T sıcaklığındaki bir yüzeyin, yöne bağlı spektral yayma oranı, $\varepsilon_{\lambda,\theta}(\lambda, \theta, \phi, T)$, yüzeyin λ dalga boyunda $\theta ve \phi$ yönlerinde yaydığı ışınım şiddetinin (Şekil 1.2), aynı $T ve \lambda$ değerlerinde siyah cismin yaydığı ışınımın şiddetine oranı olarak tanımlanır. Böylece;

$$\varepsilon_{\lambda,\theta}(\lambda,\theta,\phi,T) = \frac{I_{\lambda.e}(\lambda,\theta,\phi,T)}{I_{\lambda.b}(\lambda,T)} \quad (1.9)$$



Şekil 1.2. Spektral etki alanı

Benzer biçimde, $\varepsilon_{\lambda,\theta}$ nın dalga boyları üzerinde ortalamasını gösteren, yöne bağlı toplam yayma oranı, ε_{θ} aşağıdaki gibi belirtilmektedir;

$$\varepsilon_{\theta}(\theta,\phi,T) = \frac{I_e(\theta,\phi,T)}{I_b(T)} \quad (1.10)$$

Gerçek yüzeylerin yaydığı ışınımın dalga boyuna göre değişimi, Planck dağılımından farklı olduğu için spektral yayma oranının (ε_{λ}), dalga boyundan bağımsız olması beklenemez. Bazı cisimler için ε_{λ}, değerinin λ ile değişimi katı cismin iletken olup olmamasına ve yüzey kaplamasının türüne göre farklılık gösterir. Bazı genellemeler yapmak gerekirse;

1. Metal yüzeylerin yayma oranları genellikle düşüktür, çok iyi cilalanmış yüzeylerin (altın ve gümüş gibi) değeri 0.02 kadar düşürülebilir.

2. Oksit tabakaların varlığı metal yüzeylerin yayma oranlarını önemli ölçüde yükseltebilir.

3. İletken olmayan cisimler için yayma oranı genellikle yüksektir ve 0.6 değerinin üzerindedir.

4. İletkenlerin yayma oranları artan sıcaklıkla yükselir. Fakat iletken olmayan cisimlerin yayma oranları, malzemeye bağlı olarak artan sıcaklıkla yükselebilir veya düşebilir.

1.8. Boşluk Modeli

Emissivite bir cismin yaymış olduğu enerjinin aynı sıcaklıktaki kara cismin yaymış olduğu enerjiye oranı olarak tanımlanır. Bu nedenle mükemmel bir yayıcı ve emici olan kara cisim gerçek yüzeylerin ışınımsal özellikleri için standart olarak ele alınır.

Bazı yüzeyler oldukça yakın olmasına rağmen hiçbir yüzey tam olarak kara cismin özelliklerine sahip değildir. Kara cisim özelliklerine en yakın yaklaşım üniform iç sıcaklığına sahip boşluk ile sağlanmaktadır. Eğer radyasyon bir yarıktan boşluğa girerse, radyasyon tekrar çıkıncaya kadar boşluk içinde birçok yansıma yapar. Radyasyonun bir kısmı her yansıma sırasında iç yüzey tarafından yutulur, en sonunda boşluk tarafından tüm radyasyon yutulmuş olur, bu davranış kara cismin davranışına en yakın şekildir. Boşluk içinde radyasyon yayıldığı zaman, boşluğun üzerindeki herhangi bir yarıktan radyasyonun tamamı çıkış yapacaktır bu davranışta kara cisme en yakın yayma özelliğidir (Bergman ve ark, 2011).

Hedef yüzeyden ayrılan enerjinin miktarı radyant enerji (E). Bu enerji termal görüntüleme cihazlarına eklenen infrared kamera dedektörleri tarafından yakalanır ve gerçek yüzeyin sıcaklık okuma değerlerine dönüştürür. Opak ve gri mateyaller için bu radyasyon yayılan ışımanın yansıma özelliliği (ρ) ve çevre sıcaklığına (T_{sur}) bağlı olarak meydana gelen yansıma miktarını ve cismin emissivitesi (ε_o) ve yüzey sıcaklığına (T_o) bağlı olarak cismin yüzeyinden doğrudan salınan enerjiyi (E_o) içerir (Rakrueangdet et al. 2016)

Radyant enerji aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenebilir;

$$E = \varepsilon_o \sigma T_o^4 + \rho_{sur} \varepsilon_{sur} \sigma T_{sur}^4 \quad (1.11)$$

Burada; σ is Stefan-Boltzmann sabitesi (5.67×10^{-8} $Wm^{-2}K^{-4}$).

İnfrared dedektör tarafından yakalanan radyasyon enerjisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır

$$E_c = \varepsilon_c T_c^4 \quad (1.12)$$

Burada; ε_c infrared dedektörün ayarlanmış emissivite değeri, T_c infrared dedektör tarafından ölçülen sıcaklık değeri.

Temaslı termo elemanlar tarafından ölçülen sıcaklıktan belirlenen radyant enerji (E_t) aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$E_t = \varepsilon_r T_t^4 \quad (1.13)$$

Burada ε_r is cismin gerçek emissivitesi, T_t temaslı termoeleman tarafından ölçülen sıcaklık.

Aynı cisim için, infrared kamera tarafından alınan radyant enerji (E_c) ve temaslı termoeleman tarafından ölçülen sıcaklık değerinden belirlenen enerji (E_t) birbirine eşit olmalıdır. Aynı zamanda infrared dedektör tarafından ölçülen sıcaklık (T_c) ve temaslı termoeleman tarafından ölçülen sıcaklık (T_t) değerlerinin de eşit olmak zorundadır. Her iki enerji için eşitlikler yeniden düzenlenirse;

Eğer,

$$E_c = E_t \text{ ve } T_c = T_t \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_c T_c^4 = \varepsilon_r T_t^4 \quad (1.15)$$

$$T_c^4 = T_t^4 = \frac{E_c = E_t}{\varepsilon_c} = \frac{E_c = E_t}{\varepsilon_r} \quad (1.16)$$

$$T_c^4 = \frac{\varepsilon_r T_t^4}{\varepsilon_c} \quad (1.17)$$

$\varepsilon_r T_t^4$ sabit olduğu için, ε_c değeri değişecektir.

Bu çalışmada,

- Tarımsal ürünlerin emisivite değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir ölçüm sisteminin geliştirilmesi,
- Mısır, ayçiçeği, keten tohumu, çeltik, bezelye ve buğdayın emissivite değerlerinin belirlenmesi,
- Ürünlerin nem içeriğinin emissivite değerleri üzerine etkilerinin tespiti,
- Ürün sıcaklığının emissivite değeri üzerine etkilerinin araştırılması konuları amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

(Hellebrand ve ark, 2001) termal görüntüleme cihazı yardımıyla termal radyasyon yoğunluğunun sıcaklık ile doğrudan ilgili olduğunu ve bu durumu emisyon faktörü olarak değerlendirmişlerdir. Farklı ürünlerde denemeler yaparak emissivite faktörünü kullanarak bitkisel ürünlerin yayma değerlerini belirlemişlerdir. Bitkisel ürünlerin emissivite değerlerinin 0,94±0,04 arasında olduğunu göstermişlerdir. Domates, elma gibi küresel şekilli meyvelerde meyve dış yüzey sıcaklığının merkez sıcaklığından daha düşük olduğu görülmüştür.. Yapılan çalışmada termal görüntüleme cihazı ve veri kayıt cihazı yardımıyla ölçümler yapılmış, kontrol amacıyla da aliminyum külçe bloğu kullanılmıştır. Ayrıca aynı ortama beyaz kağıt konulmuştur ve ölçülen değerler bu referans maddeler ile karşılaştırarak kontrol edilmiştir. Ortam sıcaklığı, referans madde sıcaklığı, deneme yapılan materyal sıcaklığı termokupullar ile ölçülerek kayıt altına alınmış ve ölçümler sonucunda emissivite değerlerinin 0,90 ile 0,97 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu ürünler bazında ise; Elma: 0,94-0,97; şeftali: 0,95-0,96; nektarin: 0,93-0,95; domates: 0,90-0,95 değişen emissivite değerine sahip oldukları belirlenmiştir.

(Chen, 2015) yapmış olduğu çalışmada bitki yapraklarının kızılötesi ölçüm yoluyla temassız olarak sıcaklıklarını belirlemiş ve bu verilerin bitki için fizyolojik bilgileri hakkında birer değerlendirme unsuru olduğunu belirlemiştir. Çıkan sonuçları birbiri ile ilişkilendirip denklemler oluşturmuş, ve birbirleriyle olan alakayı matematiksel olarak verilere dönüştürmüştür. Yaprak sıcaklığının terleme, ısı kaybı, su gibi etkenler yanında stres ve hastalık durumunda etkili olduğunu belirlemiştir. Yapılan denemeler sonucunda olgun yaprakların emissivite değerleninin taze yaprakların emissivite değerlerinden daha düşük olduğunu ancak önemli bir değerde olmadığı saptamıştır. Çalışmada ortaya çıkarılan matematiksel denklemler ile bir model oluşturmuştur. Bu hesaplamalar sonucundaki parametreleri kullanarak regresyon analizi yapmış, gerçek zamanlı emisyon değeri ile Situ tekniği ile elde edilen değerlerin arasındaki ölçüm hata payını saptamış ve asıl değeri elde etmiştir.

(Lopez ve ark, 2012) yapmış oldukları çalışmada dokuz bahçe bitkisi yapraklarının kızılötesi termografi ile emisivite değerlerini belirlemişler. Çalışmada sera koşullarında akdeniz bölgesinde yetişen 9 bitki üzerinde denemeler yapılmış, yapraklar üzerindeki ışınları belirleme doğrultusunda hem nitel hem nicel emisyon değerleri saptamak için termal görüntüleme cihazı ve problar kullanmışlardır. Denemede ürün sıcaklığı belirlemede

kızılötesi termometreler kullanılmıştır. Kızılötesi termometreler bant aralığı 8-13µm olup ölçüm hatalarını 0,1-0,3ºC olarak kabül etmişlerdir (Fuchs ve Tanner, 1966). Bu yöntem, yaprak sıcaklığı ile bitkilerin su kullanımının büyümeyle arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmıştır (Tanner, 1966; Jackson ve ark, 1981; Hatfield ve ark, 1983; Choudhury ve ark, 1986; Hatfield, 1990; Wanjura ve Mahan, 1994; Pinter ve ark, 2003; Peters ve Evett, 2004).

(Singh ve Goswami, 2000) kimyon tohumlarıyla yaptıkları araştırmada kimyonun özgül ısısını, ısı iletkenlik katsayısını ve ısı yayınım katsayısını tespit etmeye çalışmış, kimyonun özgül ısısı için belirli sıcaklık ve nem aralığında denemeler yapılmış, bu bulguların sonucunda ise; özgül ısının ve iletkenlik katsayısının kimyonun nem içeriği ile doğrusal bir ilişki gösterdiğini ve nem içeriğinin artmasıyla tohumların ısı yayınım katsayısının azalma gösterdiğini ve aralarında doğrusal ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir.

(Perez-Alegria, 2001) kahve çekirdeklerinin %4 ile %56 nem aralığında ısıl özelliklerinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada örnek materyallerin özgül ısı ve ısı iletim katsayılarını incelemişlerdir. Çalışma sonunda nem içeriği ile özgül ısı ve ısı iletkenlik katsayısı arasında pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir.

(Yu ve Baik, 2015) farklı sıcaklık ve nem ve değerlerinde (ASABE, 2010; Brusewitz, 1975) hazırladıkları kanola tohumları belirli bekleme süreleri sonucunda ölçümler gerçekleştirmiş, yöntem olarak da yüksek kondüktivite (tüm metallerde) ve hava akımı ile yapılan düşük kondüktivite yöntemini kullanmışlardır. Ürünlerin emissivite değerleri hesaplanırken Stefan-Boltzman kanunu'ndan yararlanılmış, termal kamera ile görüntüler elde etmişlerdir. Veriler analiz edildiğinde kanola tohumlarının radyoaktivite değerleri ile emissivite değerinin sıcaklık değerine bağlı olarak değiştiğini, sıcaklık artışıyla emissivite değerinin arttığını belirlemişlerdir.

(Riou. ve ark, 2013) yapmış oldukları bir çalışmada, belirgin yayma özelliğinin ölçülmesi için yeni bir yöntem uygulamışlardır. Belirli sıcaklık aralığında (40-550 °C) bir alüminyum nitrid plakasının normal LWIR (Long Wave İnfrared) ile belirgin emisyonunu karakterize etmek için denemeler yapılmış, ve görünen yayma sıcaklık derecesine bağımlılığını belirlemiştir. Belirgin emisyon klasik modelleme yöntemleri ile alüminyum nitrid seramik ve IR sensörün spektral tepkisinin spektral emisyon alarak, doğruluğunu % 5 ve genel sıcaklık aralığı içinde % 1 'den daha iyi bir dağılım ile belirgin bir emisyon ölçüm modeli oluşturulmuştur. Saptanan spektral emisyon hem sıcaklık ile bağımlılığı hem de belirgin emisyon üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Test Örnekleri

Araştırmada, emissivite özellikleri belirlenmesi için, ülkemizde üretimi yapılan, ticari değeri yüksek ve değişik tüketim ürünleri elde edilmesi için farklı ısıl işlemlerden geçen mısır, ayçiçeği, çeltik, bezelye, keten ve buğday (Göksu, Konya, Kınacı ve Dağdaş) olmak üzere dokuz farklı taneli tarımsal ürün kullanılmıştır. Bu taneli ürünlere ait bazı boyut ve renk özellikleri deneme yapılan labaratuar ortamında ölçülmüş, Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Kullanılan ürünlerin boyut özellikleri

Materyal	a (mm)	b(mm)	c(mm)	d_g (mm)	Ø (%)
Mısır	13.40±0.52	8.80±0.92	4.50±0.53	8.08±0.46	61.98±13.63
Çeltik	8.00±0.47	3.20±0.42	2.40±0.70	3.91±0.45	62.46±13.86
Keten	4.40±0.51	2.00±0.00	1.00±0.00	2.06±0.08	79.53±16.04
Bezelye		10.90±1.52			
Ayçiçeği	17.30±3.20	7.30±1.16	3.80±1.03	7.73±1.12	50.08±13.25
Buğday(Konya)	6.40±0.51	3.35±0.58	3.00±0.23	3.99±0.36	73.86±17.62
Buğday(Kınacı)	6.00±0.00	3.05±0.28	2.95±0.28	3.77±0.19	74.34±16.43
Buğday(Göksu)	6.00±0.00	2.90±0.21	2.15±0.24	3.33±0.16	73.12±15.86
Buğday(Dağdaş)	6.90±0.21	3.00±0.00	2.90±0.31	3.91±0.15	67.56±15.09

a: uzunluk, b: genişlik, c:kalınlık, d_g:geometrik çap, Ø:küresellik

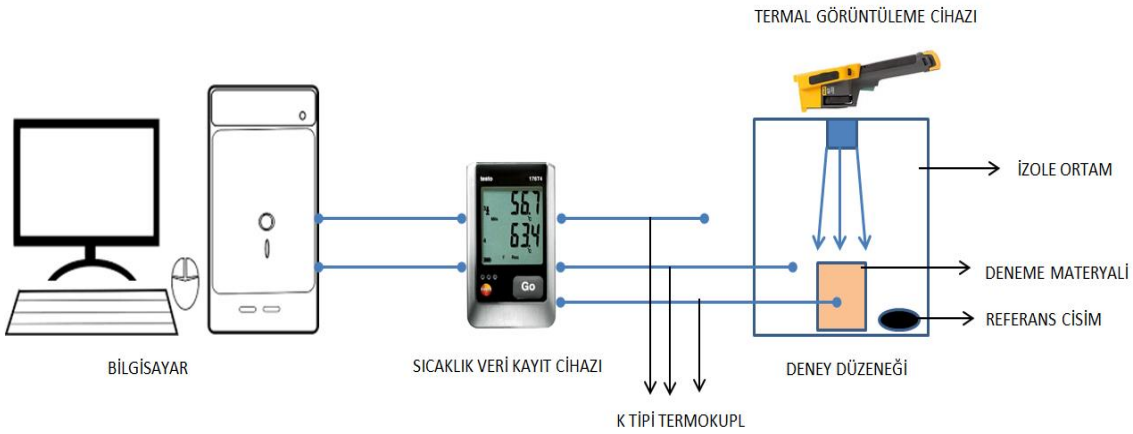
Çizelge 3.2. Kullanılan ürünlerin renk özellikleri

Materyal	L	a*	b*	Chroma	Hue	R
Mısır	65.47±7.78	5.56±2.48	41.10±8.90	41.51±8.95	82.22±2.40	0.13±0.71
Çeltik	54.97±3.05	7.77±0.86	32.50±1.74	33.43±1.84	76.56±1.08	0.23±0.02
Keten	29.53±2.50	8.18±0.94	14.07±1.06	16.28±1.28	59.86±2.14	0.58±0.04
Bezelye	42.21±5.51	14.0±6.21	27.82±5.11	31.32±7.28	-64.55±6.39	0.48±0.13
Ayçiçeği	22.04±4.38	1.13±2.17	3.11±1.58	3.58±2.29	70.79±33.73	0.34±0.71
Buğday (Konya)	49.46±3.34	9.11±0.86	27.48±1.53	28.96±1.68	71.67±1.06	0.33±0.02
Buğday (Kınacı)	55.17±3.49	8.36±0.84	27.96±1.70	29.18±1.82	73.36±1.08	0.29±0.02
Buğday (Göksu)	58.18±3.88	5.78±0.81	27.84±2.22	28.44±2.28	78.28±1.21	0.20±0.00
Buğday (Dağdaş)	54.70±3.72	6.46±1.19	27.79±2.21	28.55±2.31	76.94±1.99	0.23±0.03

a*: Kırmızı/Yeşil, b*: Sarı/Mavi, L:Lightness, C:Kroma, Hue: Renk Açısal Değeri, R:Redness Değeri

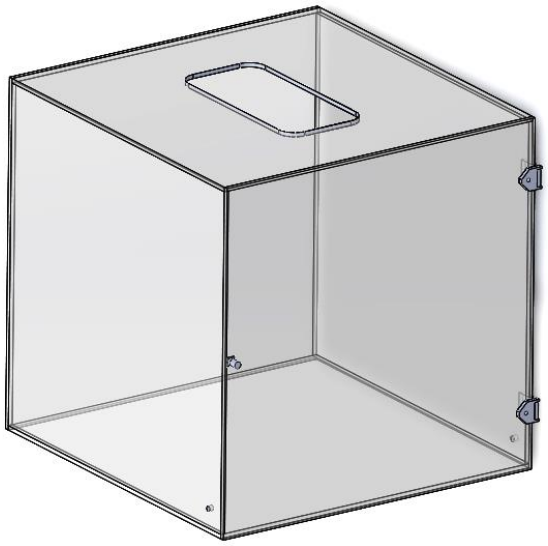
3.1.2. Deney Düzeneği

Taneli ürünlerin emissivite özelliklerinin ölçümünde, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünde yürütülen çalışmalar için hazırlanmış ve değişik ürünlerin emissivite özelliklerinin ölçümünde kullanılan ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Ölçüm düzeneği, ürünlerin ve referans maddelerin sıcaklık değişimlerinin ölçülmesi ve spektral değişimlerin gözlenmesi için siyah cisme en yakın davranışı sergileyen oyuk (boşluk) sistemine uyarlanarak hazırlanmıştır. Deneme düzeneği test kabini, termal görüntüleme cihazı ve diğer sıcaklık ölçüm ve kayıt cihazları ve probları olmak üzere üç ana üniteden oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Emissivite ölçüm düzeneği

Test kabini, nem ve hava akımı gibi faktörlerden izole etmek için 8 mm kalınlığında flexiglas malzemeden 300 x 300 x 300 mm boyutlarında ürünün yüklenmesi ve alınması için kapaklı olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir (Şekil 3.2). Örnekten yayılan ışımanın ölçüm odası duvarlarından kayıp olmadan ışımanın hepsinin ısı dedektörü tarafından alınması ve boşluk (oyuk) yönteminin modellenmesi için ölçüm odası iç duvarları alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Düzeneğin üst tarafına, termal görüntüleme cihazının termal radyasyonu algılayabilmesi için cihazının merceği büyüklüğünde alan kesilmiş ve termal görüntüleme cihazı örneğe dik konumda bakacak şekilde ölçüm düzlemine 25 cm yükseklikte yerleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Deneme yapılan izole ortam

Örneklerin termal görüntülerinin alınmasında Fluke Ti110 termal görüntüleme cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Görüntüleme cihazı -20 ile +250 ºC sıcaklık aralığında çalışmaktadır ve ±2 (%2) ölçüm hassasiyetine ve ≤0.10 °C (NETD) duyarlılığa sahiptir.

Termal görüntüleme cihazı, cisimler tarafından yayılan infrared ışınımı, termal görüntüleyicinin optik araçları vasıtasıyla detektörü üzerine odaklar ve elde edilen sinyalleri cismin üzerinde elektronik bir görüntüye (termogram) dönüştürür. Cismin termogramı, farklı renk tonlarını hedefin üzerindeki kızılötesi ışınım dağılımı ile örtüştüğü yer olan görüntü ekranı üzerinde elektronik olarak işlenmiş bir hedef görüntüsüdür.



Şekil 3.3. Termal görüntüleme cihazı

Çizelge 3.3. Termal görüntüleme cihazı teknik özellikleri

Özellik	Değer
IR çözünürlüğü (FPA boyutu)	160 x 120 FPA Soğutmasız Mikrobolometre
Spektral bant	7,5 µm - 14 µm (uzun dalga)
Yakalama veya yenileme hızı	9 Hz
NETD (Termal hassasiyet)	30 °C hedef sıcaklıkta ≤ 0,10 °C (100 mK)
FOV (Görüş alanı)	22,5°H x 31°V
IFOV (Uzamsal çözünürlük)	3,39 mRad
Sıcaklık ölçüm aralığı (-10 °C'nin altındaki sıcaklıklar için kalibre edilmemiştir)	-20°C - + 250°C (-4°F - 482°F)
Sıcaklık ölçüm hassasiyeti	± 2 °C veya %2 (25 °C nominal sıcaklıkta, hangi değer daha büyükse)
Standart paletler	Mavi-Kırmızı, Gri Tonlama, Çevrilmiş Gri Tonlama, Yüksek Kontrastlı, Sıcak Metal, Demir Renk Kuşağı, Amber, Çevrilmiş Amber
Otomatik modda minimum açıklık	5 °C
Manuel modda minimum açıklık	2,5 °C
Minimum IR odak mesafesi	15,25 cm
Görünür kamera	2 megapiksel endüstri sınıfı
Çalışma sıcaklığı aralığı	-10 °C - +50 °C (14 °F – 122 °F)
Depolama sıcaklığı aralığı	-20 °C - +50 °C (-4 °F – 122 °F)
Çalışma nem oranı	%10 - %95 kapasiteyle çalışma ve depolama, yoğuşmasız

Ölçüm düzeneğinin bir diğer ünitesi olan ortam, örnek, referans madde ve dış ortam sıcaklıklarının ölçümü ve sıcaklık değerlerinin kayıtları için Testo 176 T4 4 kanallı ve Testo 175 T3 3 kanallı sıcaklık veri kayıt cihazları kullanılmıştır (Şekil 3.4). Sıcaklık ölçümlerinde EN 60584-2 standardına uygun ve ±1 % hassasiyetinde 4 adet K tipi termokupl ve ComSoft Professional yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Sıcaklık kayıt cihazları

3.1.3. Denemelerde Kullanılan Diğer Alet Ve Cihazlar

- Örneklerin renk özelliklerinin belirlenmesinde Minolta CR-400 Chroma Meter (Minolta Co., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı (Şekil 3.5),
- Taneli ürünlerin nem içeriklerinin belirlenmesinde ve örneklerin denemeler için ilk sıcaklık değerlerine kadar ısıtılmasında Nüve FN300 kurutma fırını,
- Taneli ürünlerin boyut özelliklerinin belirlenmesinde 0,01 mm hassasiyetli dijital kumpas ve bin dane ağırlıklarının belirlenmesinde 0,01 g hassasiyetinde Precisa XB 3200C dijital terazi kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Renk ölçer

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Araştırmada kullanılan mısır, ayçiçeği, çeltik, bezelye, keten ve buğday (Göksu, Konya, Kınacı ve Dağdaş) tohumları yabancı maddelerden (taş, toprak, kırık dane, vb.) temizlenmiş ve ilk nem içerikleri yaş esasa (yb) göre belirlenmiştir (ASAE Standarts 352, 1998; AOAC, 1990). Bu taneli materyallerin farklı nem seviyelerinin elde edilmesi için ilk nem içeriğine bağlı olarak örneklere ilave edilmesi gereken saf su miktarı hesaplanmış. Su ilave edilmiş örnekler sızdırmaz plastik torba içerisine konulduktan sonra soğuk hava deposunda +4 °C'de 48 saat bekletilmiştir. Soğuk hava deposuna konulan torbalar tohumlarda tekdüze bir nem içeriğinin sağlanması için 12 saat aralıklarla alt-üst edilmiştir (Singh ve Goswami, 2000; Yang ve ark, 2002; Irtwange ve Igbeka, 2003).

Nemlendirme işleminden sonra soğuk hava deposundan alınan örnekler, plastik torbalardan çıkartılmış ve laboratuar ortamına bırakılarak ortam sıcaklığına ulaşması ve ürün yüzeyinde oluşan çiğlenme ve serbest nemin uzaklaşması sağlanmıştır.

Farklı nem seviyelerinin elde edilmesi için nemlendirilmiş olan örnekler laboratuar ortamında bir süre kurumaya bırakılmıştır ve nem seviyeleri tespit edilmiştir (Çizelge 3.4).

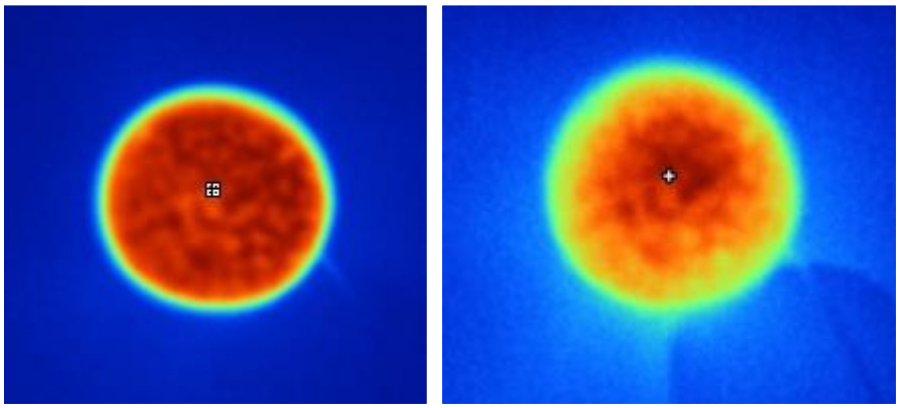
Çizelge 3.4. Örneklerin nem içerikleri (%)

Materyal	Denemeler					
	I	II	III	IV	V	VI
Mısır	23,79	19,63	17,90	18,53	11,69	9,97
Ayçiçeği	27,31	25,64	14,35	9,64	7,86	5,73
Keten	18,83	6,38	4,61			
Çeltik	21,99	11,84	10,38			
Bezelye	77,92	57,92	58,07	31,26	21,15	
Buğday (Göksu)	32,04	30,53	25,93	24,71	15,26	
Buğday (Konya)	40,17	34,04	28,22	18,18	14,21	
Buğday (Kınacı)	34,32	33,69	27,10	16,65	12,47	
Buğday (Dağdaş)	39,29	36,37	27,94	19,98	13,00	

3.2.2. Emissivitenin (Yayma oranının) Belirlenmesi

Örneklerin emissivite değerlerinin (yayma oranlarının) belirlemesinde oyuk (boşluk) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem katı cisimlerin yayma oranlarının belirlenmesinde en uygun yöntemlerden birisidir. (Chen, 2015) üç farklı bitkinin yapraklarının, (Rakrueangdet ve ark, 2016) üç değişik metalin emissivite özelliklerinin belirlenmesinde boşluk modelini kullanmıştır. Bu yöntem; ısı yalıtımı olan kapalı bir ortamda diğer bir deyişle kara cisim davranışı sergileyen bir boşluk ortamında, ışıma yapan cismin yaymış olduğu ışımanın tamamının ortam üzerindeki bir açıklıktan çıkış yapacağı ilkesine dayanmaktadır. Emissivitesi belirlenecek örnek nem kaybının önlenmesi için ağzı kapaklı ısıtma kabına yerleştirilmiş ve deney düzeneğine yerleştirilmeden önce 100 °C de ısıtılmış fırında 30 dakika kadar bekletilmiştir. Fırın içerisinde 100 ^{o}C sıcaklığa ulaşan örnek sıcaklığını kaybetmeden hızlı bir şekilde deney düzeneğine yerleştirilmiştir.

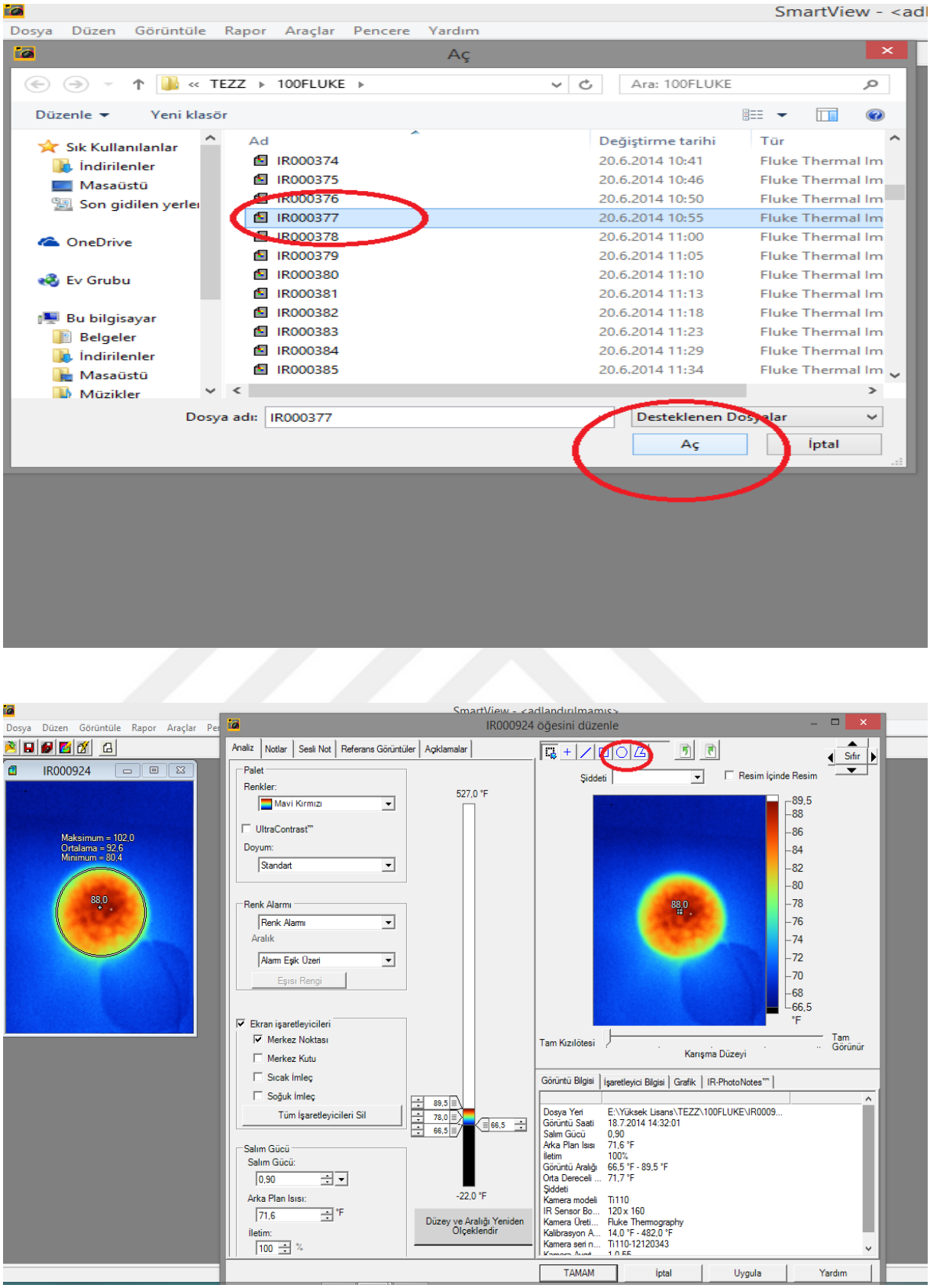
Test kabini içerisine yerleştirilen örneğin, referans maddenin, test ortamının ve dış ortam sıcaklık değerleri sıcaklık kayıt cihazlarıyla ile 5 dakika aralıklarla kayıt edilmiştir. Sıcaklık ölçümüne eş zamanlı olarak termal görüntüleme cihazıyla örneklerin termografik görüntüleri alınmıştır (Şekil 3.6). Örneğin sıcaklığındaki düşüşün durduğu ve test ortamı ve referans maddenin sıcaklık değişiminin olmadığı bir diğer deyişle sistemin sıcaklık dengesinin sağlandığı anda sıcaklık kayıt ve termal görüntüleme işlemleri durdurulmuştur.



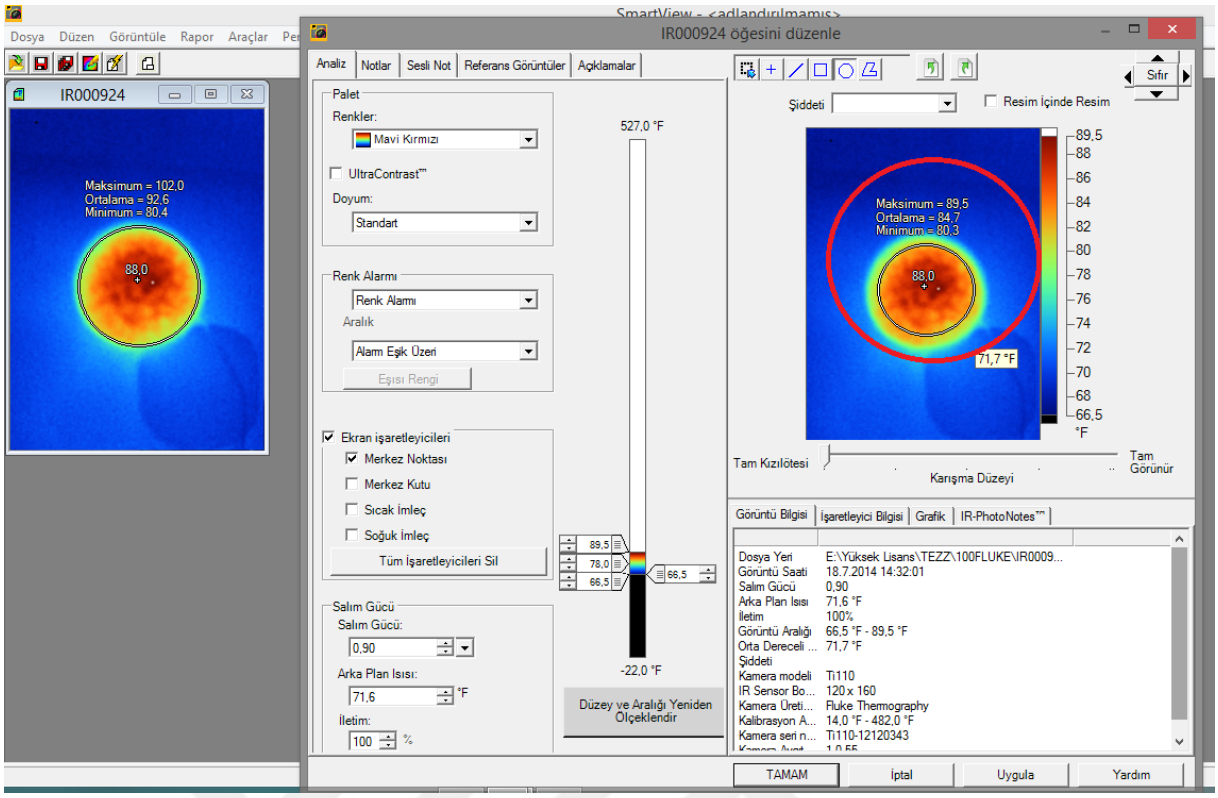
Şekil 3.6. Termal kamera ile görüntülenen termografik görüntüler

Ölçülen sıcaklık değerleri, ComSoft Professional yazılımı ile veri kayıt ciharlarından bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sıcaklık kayıt işlemiyle eş zamanlı olarak örneğin sıcaklık değişimi sırasında 5 dakika aralıklarla çekilmiş olan termal görüntüleri Fluke SmartView 3.3 (Rakrueangdet ve ark, 2016) yazılımı yardımıyla bilgisayar ortamına alınmış ve aynı yazılım kullanılarak her bir sıcaklık kademesinde örneğin yayma oranları belirlenmiştir.

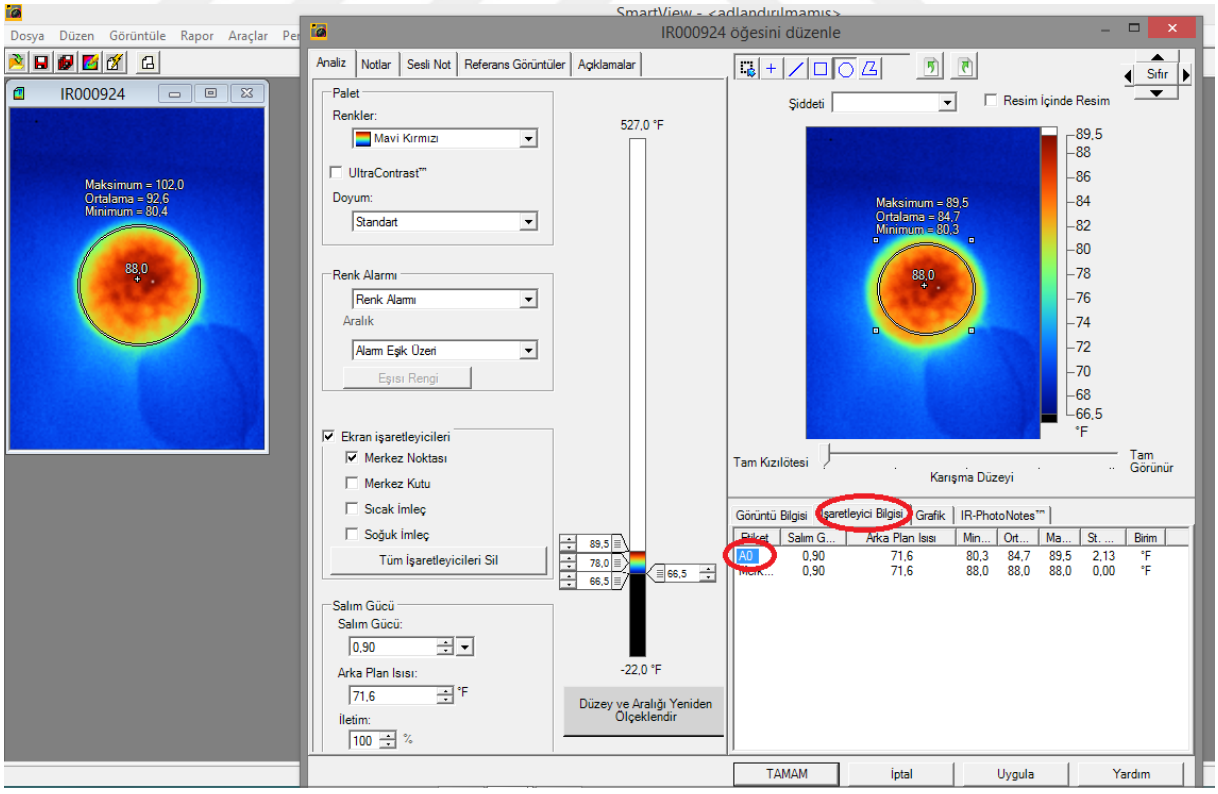
Örneğin alınmış olan termal görüntüsü Fluke SmartView yazılımı ortamında açılmış ve görüntü üzerinde örneğe ait analiz etmek istediğimiz bölgesi uygun geometrik şekildeki skeçlerle işaretlenmiştir (Şekil 3.7). İşaretlemiş bölgenin yani örneğin termoğrafik özelliklerini gösteren komut çalıştırılmış ve sıcaklık haritası görüntülenmiştir (Şekil 3.7). Görüntüleme anına ait K tipi termokupl ile ölçülen test ortamı sıcaklığı arka plan sıcaklığı ya da yansıma sıcaklığı olarak kullanılmıştır. Termal görüntünün işaretlenmiş bölgesindeki termografik sıcaklık değeri ile termokupl tarafından eş zamanlı olarak ölçülen sıcaklık değeri eşitleninceye kadar emissivite değeri değiştirilmiştir (Şekil 3.8a,b,c). Termal görüntüdeki ve termokupl tarafından ölçülen sıcaklık değeri eşit olduğu andaki emissivite değeri örneğin emissivitesi olarak kayıt edilmiştir (Rakrueangdet ve ark, 2016). Aynı zamanda referans maddenin yani kara cismin sıcak değerleri (kamera ve termokupl ile ölçülen) kontrol amaçlı olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.8d).



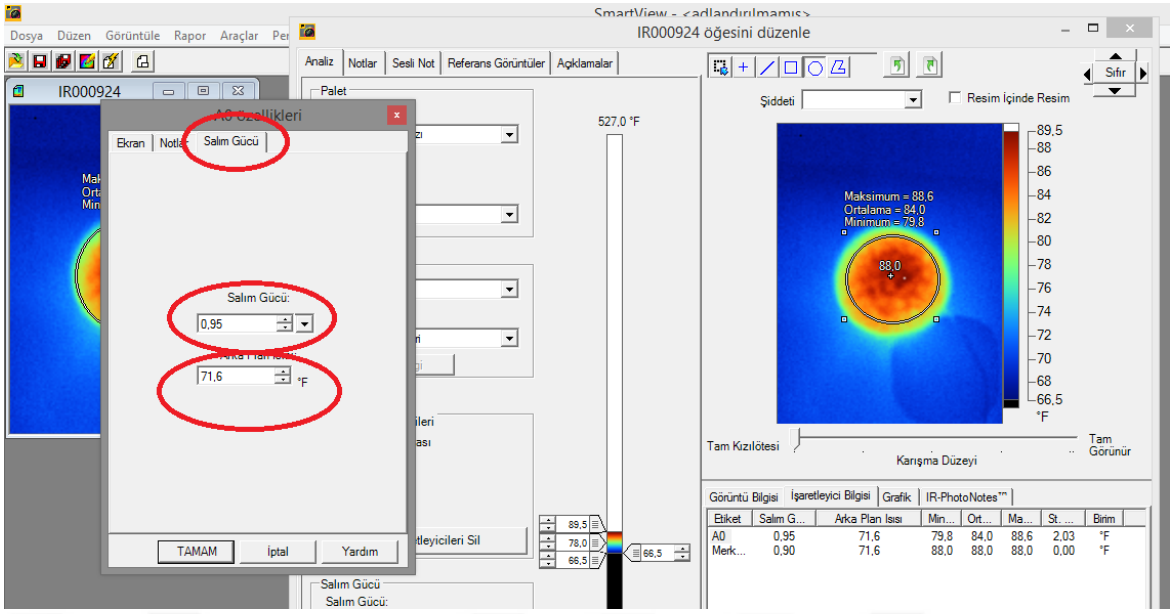
Şekil 3.7. Örneğin termal görüntünün işaretlenmesi



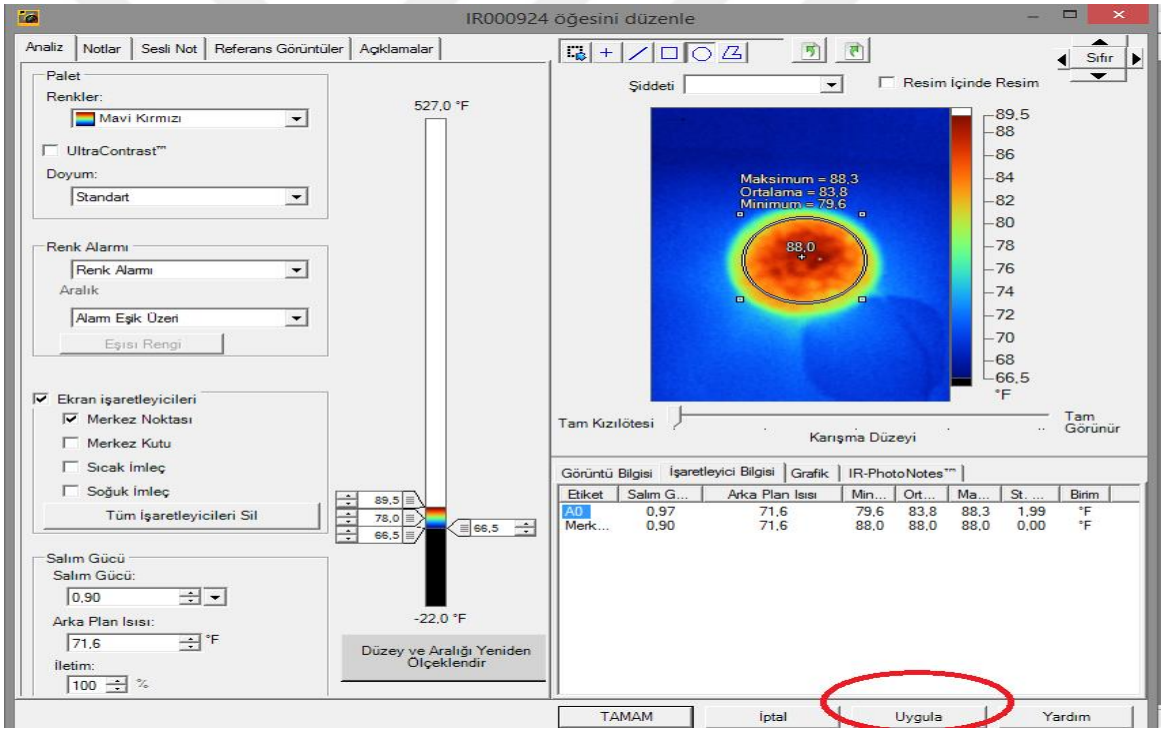
(a)



Şekil 3.7. ‘nin devamı (b)



(c)



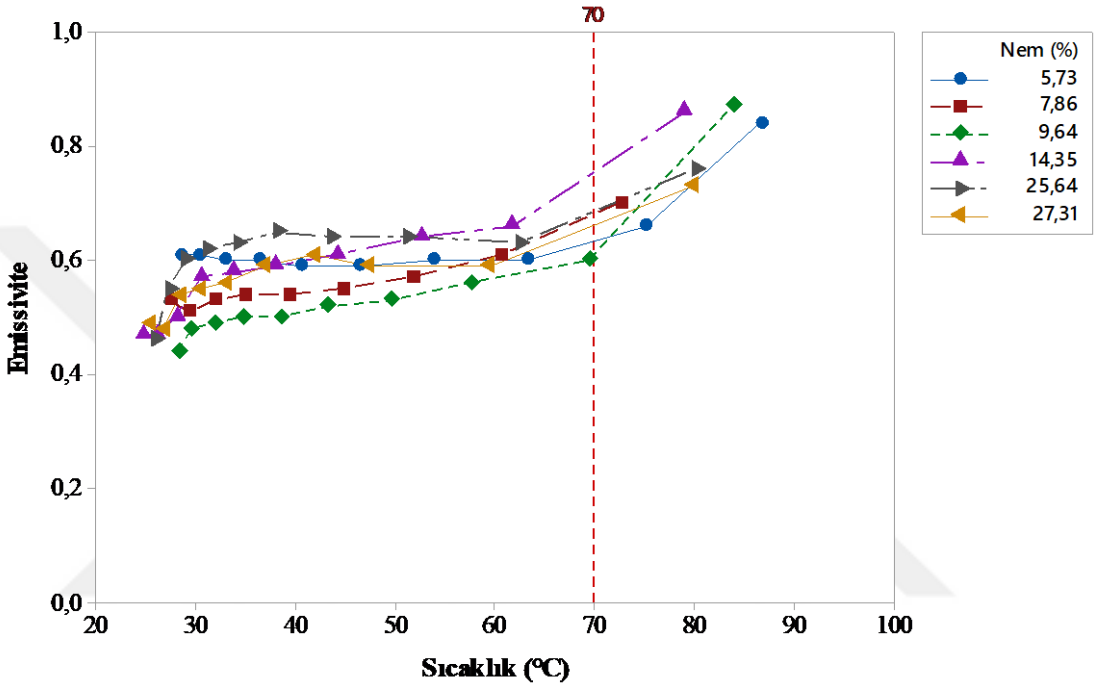
(d)

Şekil 3.8. Emissvite değerinin belirlenmesi

Her bir ürün için sıcaklık ve nem değerlerindeki değişime karşılık emissivite değerindeki değişimler analiz edilmiş, ürünlerin renk özellikleri ve emissivite değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilerek karşılık gelen emissivite değeri elde edilmiştir. Verilerin sayısal değerlendirilmesinde ve analizinde Minitab Release 17 istatistik yazılımı kullanılmıştır.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan denemeler sonucunda %5.73 ile 27.31 (yb) arasında altı farklı nem içeriği ve 25.6 – 86.5º C sıcaklık aralığında ayçiçeğinin emissivite değeri 0.47 ile 0.87 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.1).



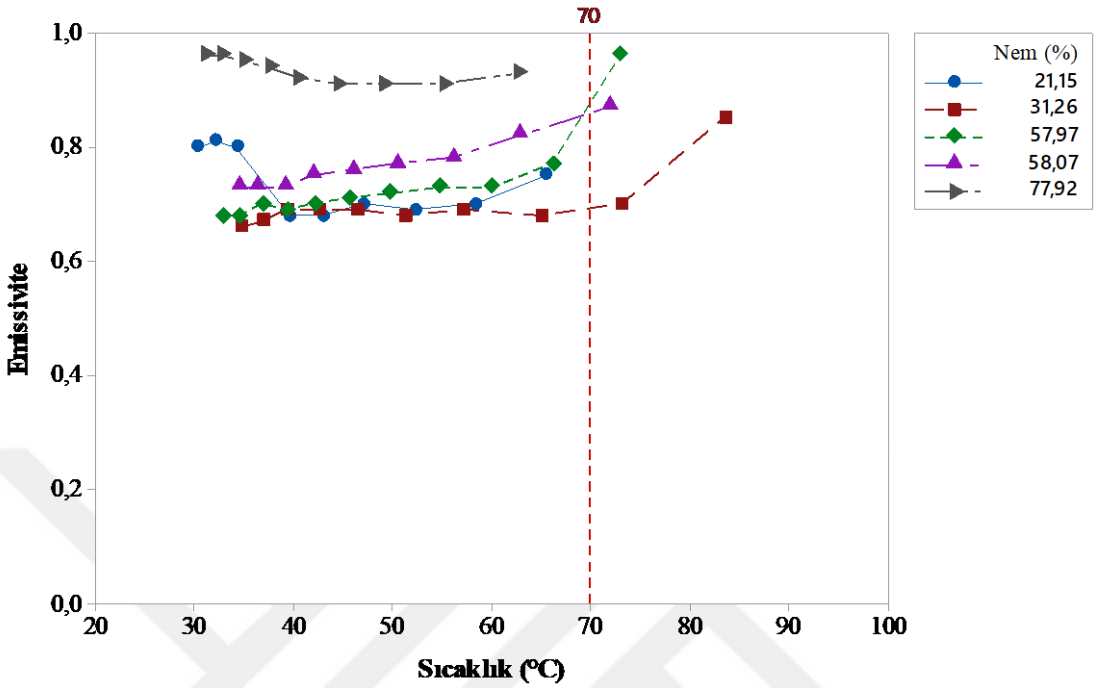
Şekil 4.1. Nem içeriği ve sıcaklığa göre ayçiçeğinin emissivite değerinin değişimi

Sıcaklığın ayçiçeğinin emissivite değerini etkilediği bununla beraber nem içeriğinin emissvite değeri üzerine herhangi bir etkide bulunmadığı belirlenmiş (Şekil 4.1) ve sıcaklık ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir. Sıcaklık artışına bağlı olarak emissivite değerinde de bir artış meydana gelmiş özellikle yaklaşık 70 ^{o}C den sonra önemli bir artış gözlenmiştir.

$$Emissivite\ (\varepsilon) = 0.5477 - 0.00217T + 0.000061T^2$$

R^2=0.6808

Bezelyenin %21.15 – 77.92 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 ° C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.68 ile 0.96 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.2).



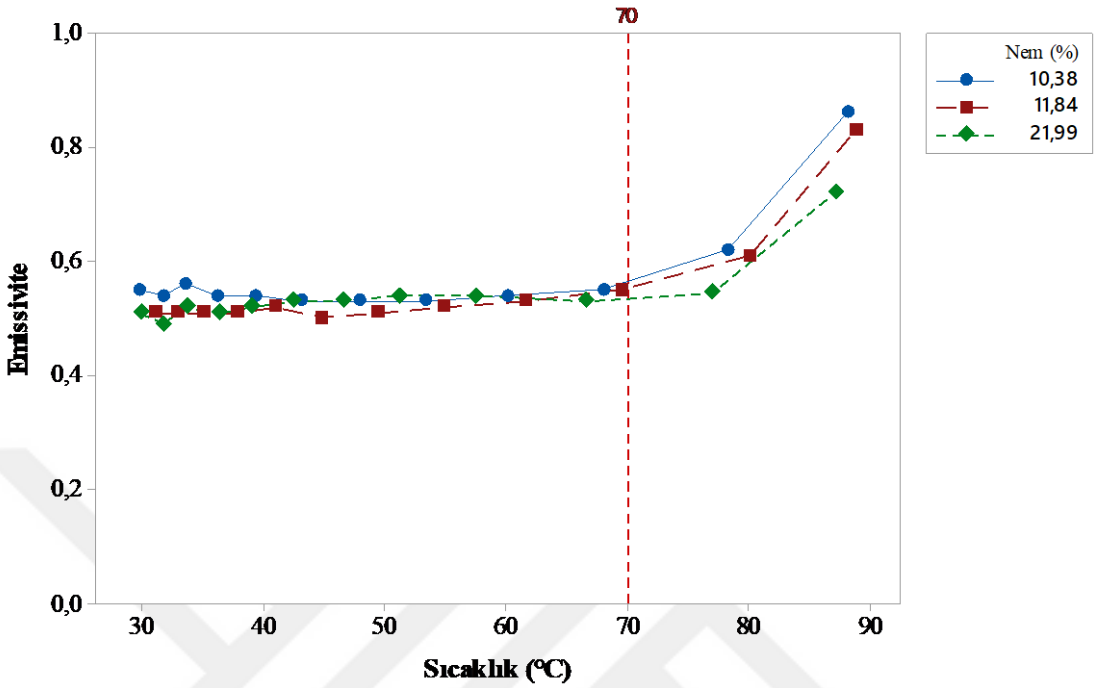
Şekil 4.2. Nem içeriği ve sıcaklığa göre bezelye emissivite değerinin değişimi

Hem nem içeriği hem de sıcaklığın bezelyenin emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.2) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Emissivite(\varepsilon)=1.476-0.01659M-0.02092T+0.000171M^2+0.000185T^2+0.000075M*T$$

$R^2=0.8758$

Çeltik için; %10,38 – 21,99 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 ° C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.49 ile 0.86 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.3).



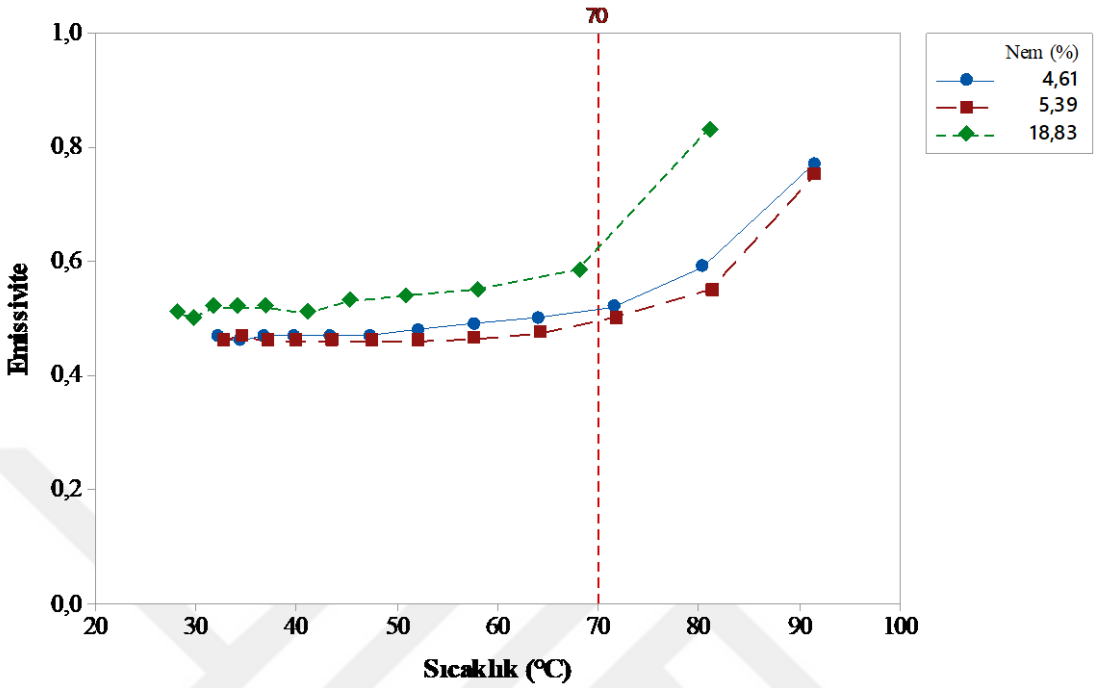
Şekil 4.3. Nem içeriği ve sıcaklığa göre çeltik emissivite değerinin değişimi

Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir. Çeltik bitkisi için nem değerinin emissivite değeri üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

$$Emissivite\ (\varepsilon) = 0{,}8306 - 0.014012T + 0{,}000150T^2$$

R^2=0.8169

Keten %4.61 – 18,63 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 ^{o}C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.46 ile 0.83 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.4).



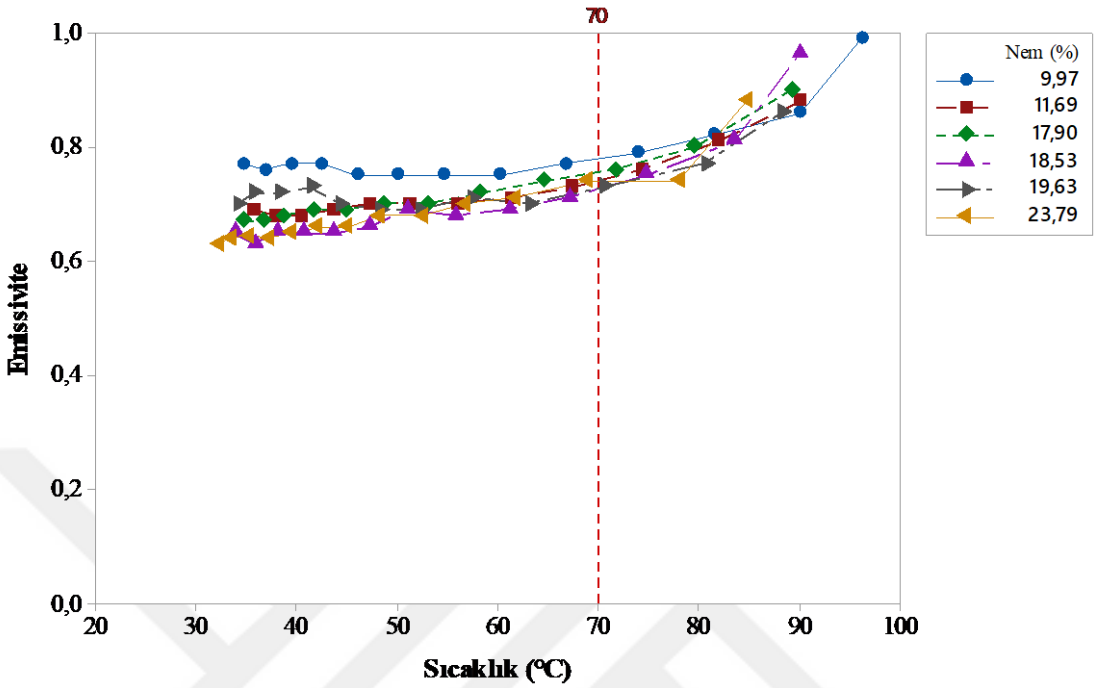
Şekil 4.4. Nem içeriği ve sıcaklığa göre keten emissivite değerinin değişimi

Nem içeriği ve sıcaklığın keten tohumunun emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.4) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$Emissivite\ (\varepsilon) = 1{,}011 - 0.0529M - 0.01558 + 0{,}001994M^2\ 0.000151T^2\ 0.000222M * T$

R^2=0.9368

Mısır %9,97 – 23,79 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 °C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.63 ile 0.99 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.5).



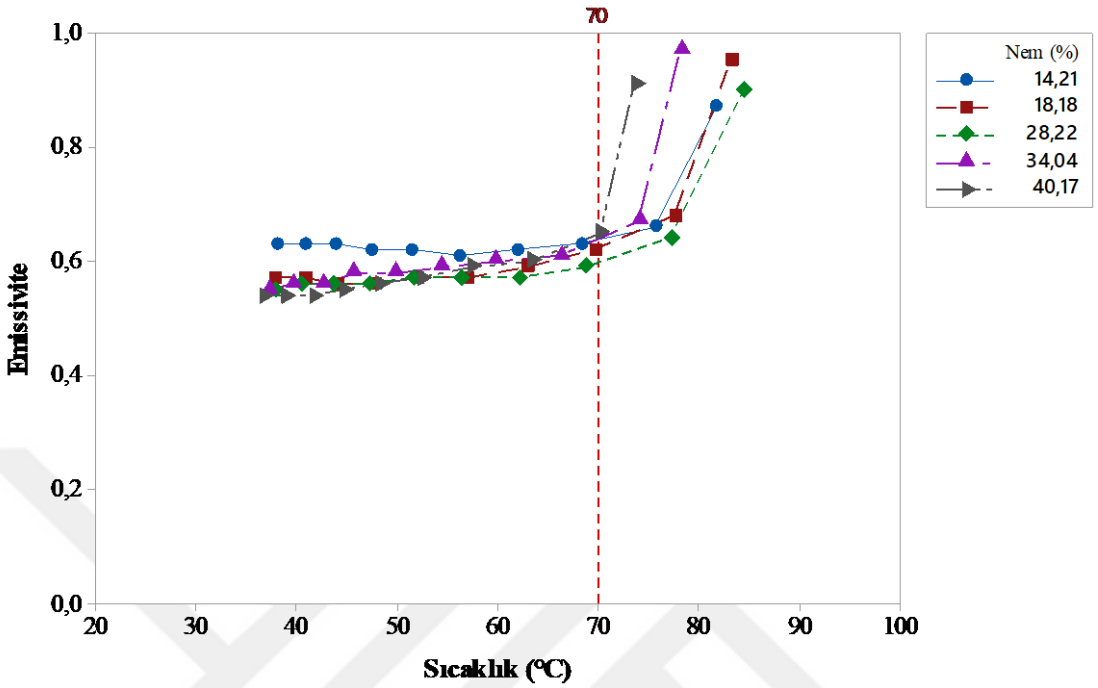
Şekil 4.5. Nem içeriği ve sıcaklığa göre mısır emissivite değerinin değişimi

Hem nem içeriği hem de sıcaklığın mısırın emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.5) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Emissivite(\varepsilon)=1,1501-0,02105M-0.01114T+0.000280M^2+0.000098T^2+0.000142M*T$$

$R^2=0.8737$

Buğday (Konya) %14,21 – 40,17 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 °C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.54 ile 0.95 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.6).



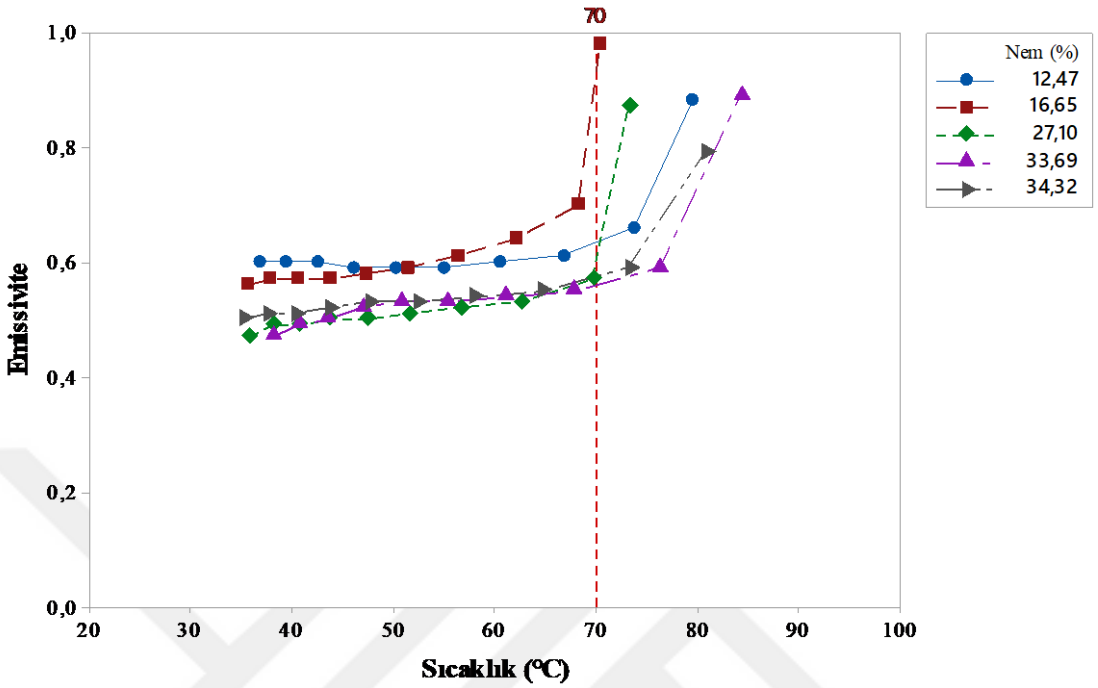
Şekil 4.6. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Konya) emissivite değerinin değişimi

Nem içeriği ve sıcaklığın buğday (Konya) tohumunun emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.6) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Emissivite\ (\varepsilon)=1{,}715-0{,}02368M-0.03432T+0{,}000237M^2+0{,}000295T^2+0.000195M*T$$

$R^2=0.7885$

Buğday (Kınacı) %12,47 – 34,32 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 ^{o}C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.47 ile 0.98 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.7).



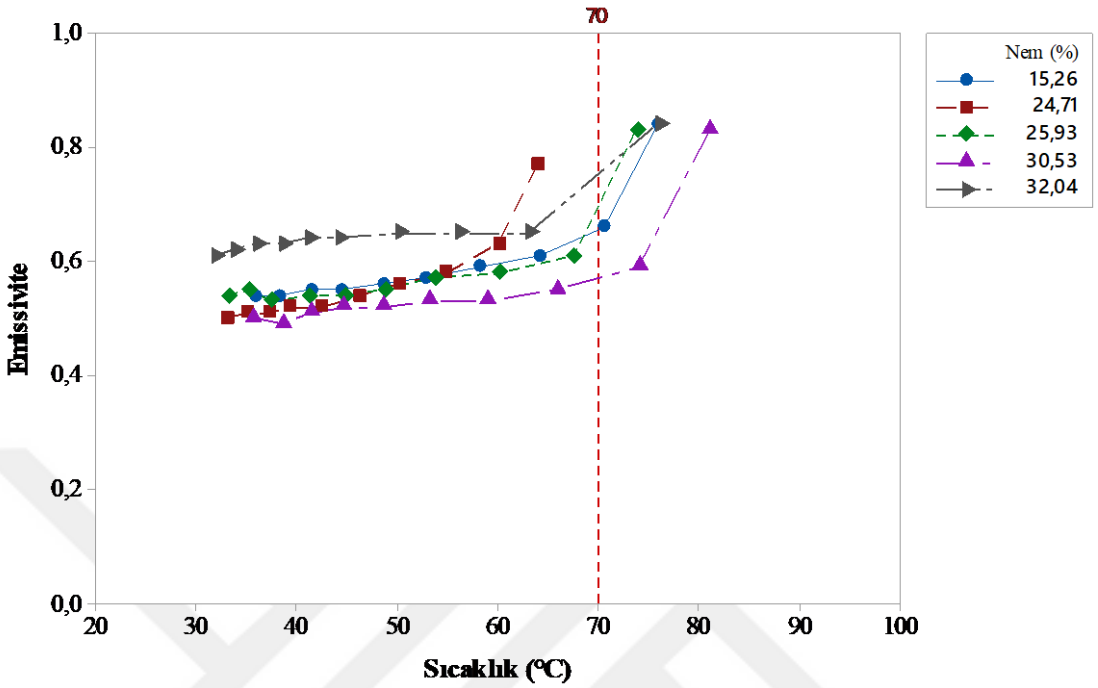
Şekil 4.7. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Kınacı) emissivite değerinin değişimi

Nem içeriği ve sıcaklığın buğday (Kınacı) tohumunun emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.7) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Emissivite\ (\varepsilon) = 1{,}081 - 0{,}00467M - 0.01980T + 0{,}000223T^2$$

R^2=0.7098

Buğday (Göksu) %15,26 – 32,04 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 °C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.49 ile 0.84 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.8).



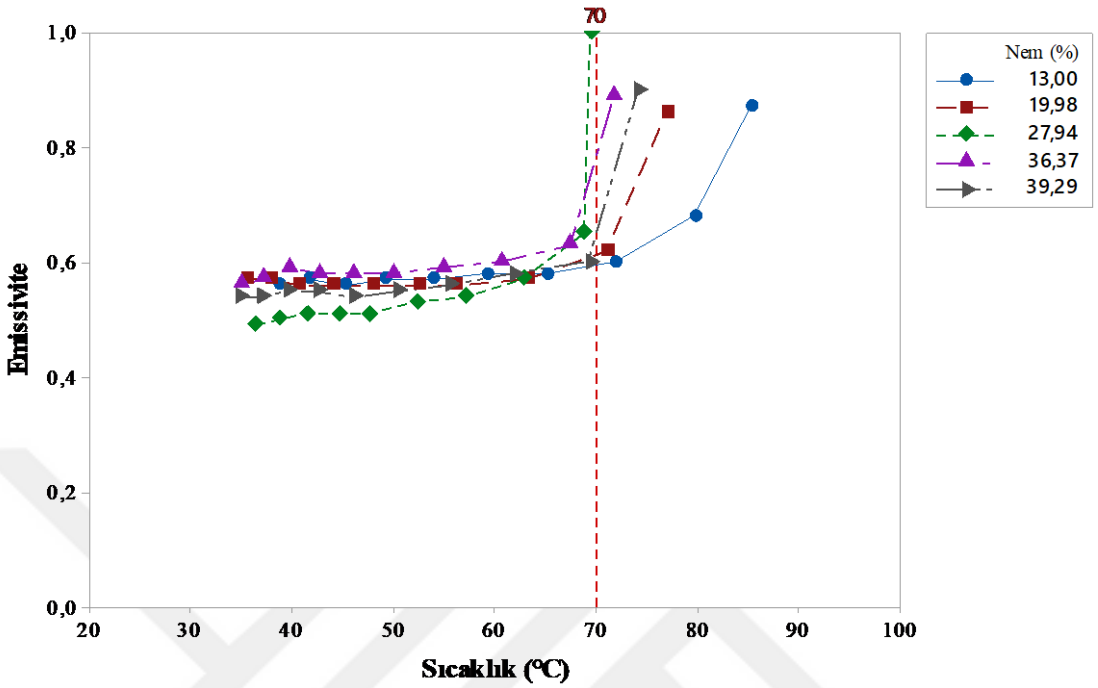
Şekil 4.8. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Göksu) emissivite değerinin değişimi

Sıcaklığın buğday (Kınacı) tohumunun emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.8) ve sıcaklıkla emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Buğday (Kınacı) nem değerinin emissivite değeri üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sıcaklık ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Emissivite\ (\varepsilon) = 0{,}888 - 0.1627T + 0{,}000193T^2$$

R^2=0.6185

Buğday (Dağdas) %13 – 39,29 (yb) arasında nem içeriğinde 30 ile 72 °C sıcaklık aralığında belirlenen emissivite değeri 0.49 ile 1 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Nem içeriği ve sıcaklığa göre buğday (Dağdas) emissivite değerinin değişimi

Nem içeriği ve sıcaklığın buğday (Dağdas) tohumunun emissivite değerini etkilediği belirlenmiş (Şekil 4.9) ve her iki değişkenle emissivite arasında pozitif bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, nem içeriği ve emissivite değeri arasında ilişkiyi tarif eden eşitlik aşağıda verilmiştir.

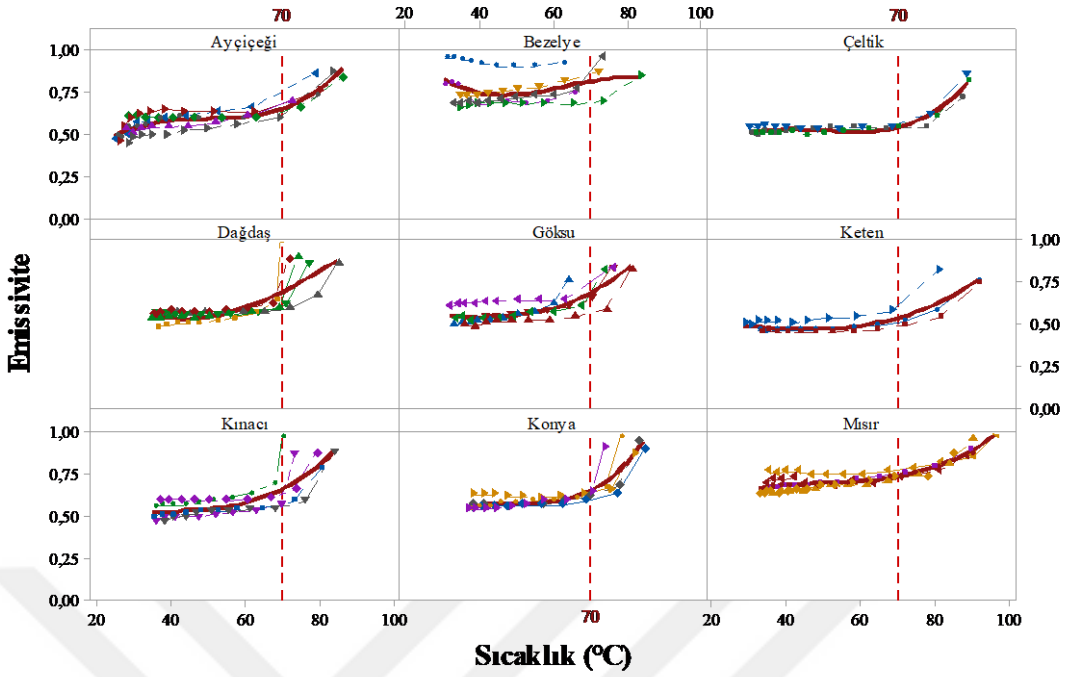
$$Emissivite\ (\varepsilon) = 1{,}450 - 0{,}01039M - 0.03331T + 0{,}000295T^2 + 0.000223M * T$$

R^2=0.66

Tohumların renk özelliklerindeki (L, a, b, Chroma, Hue ve R) ve test değişkenlerindeki (Sıcaklık ve nem içeriği) değişimler emissivitenin değişiminde etkili olmuştur (Çizelge 4.1). L, a ve Chroma gibi renk parametrelerinde ve hem sıcaklık hemde de nem içeriğindeki artış tohumların emissivite değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. Bunun tam tersi olarak, Hue ve R renk parametrelerindeki artış emissivite değerinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık ve ε arasında pozitif kuvvetli bir ilişki belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, tohumların b ve Chroma gibi renk parametrelerini içeren fiziksel özellikleri ve sıcaklık ile ε arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.10). Bunun yanında diğer renk parametreleri (a, Hue ve R) ile ε arasında negatif yönlü ortalama bir ilişki tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme kullanılan ürün fiziksel özelliklerinin emissivite ile ilişkisi

	Nem	*L*	*a*	*b*	*Chroma*	*Hue*	*R*	*Sıcaklık*
L	0,063							
	0,181							
a	0,638	0,290						
	0,000	0,000						
b	0,187	0,916	0,090					
	0,000	0,000	0,054					
Chroma	0,243	0,885	0,023	0,994				
	0,000	0,000	0,627	0,000				
Hue	-0,543	0,250	0,839	0,041	-0,036			
	0,000	0,000	0,000	0,386	0,441			
R	-0,647	-0,135	0,789	-0,304	-0,335	0,607		
	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000		
Sıcaklık	-0,078	0,182	0,146	0,171	0,166	0,073	0,072	
	0,098	0,000	0,002	0,000	0,000	0,121	0,125	
Emissivite	**0,309**	**0,224**	**-0,422**	**0,336**	**0,359**	**-0,354**	**-0,433**	**0,515**
	0,000	***0,000***	***0,000***	***0,000***	***0,000***	***0,000***	***0,000***	***0,000***



Şekil 4.10. Tüm ürünlerin sıcaklığa göre emissivite değişimleri

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bazı tarımsal ürünlerin emissivite değerlerinin belirlenmesi ve bu değerlerin bitkilerin sıcaklık ve nem değerleri ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda elde edilmiş değerler ve sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

Yapılan ölçümler neticesinde ayçiçeği için %5,73 ile %27,31 arasında nem içeriğine sahip deneme materyalinde ölçülen sıcaklık değeri 25,6-86,5˚C arasında değerler saptanmış ve emissivite değerinin en düşük ve en yüksek 0,47 ve 0,87 arasında olduğu görülmüştür. Yapılan deneme sonucunda nem değerinin emissivite değeri üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Bezelyede %21,15 ile %77,92 nem aralığında, emissivite değeri en düşük 0,68, en yüksek değer ise 0,96 olarak ölçülmüştür. Hem sıcaklık hem de nem değerinin bezelye emissivite değerinde pozitif bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Çeltik için ise %10,38 ie %21,99 nem değerleri arasında emissivite değeri ise en düşük 0,49, en yüksek 0,86 arasında tespit edilmiştir. Çeltik bitkisi nem değerinin emissivite değeri belirlemede etkili olmadığı, sıcaklığın ise emissiviteyi belirleyici etki gösterdiği saptanmıştır. Keten tohumunda ise emissivite değerinin ise 0,46-0,83 arasında değerler gösterdiği belirlenmiştir. Keten tohumu nem değerinin sıcaklık ile birlikte emissivite değeri üzerinde etkisinin olduğu belirlenmiştir. Mısır için aynı keten de olduğu gibi nem değerinin sıcaklık ile birlikte emissivitenin değişiminde etkin olduğu görülmüştür. Nem değişimine bağlı olarak emissivite değeri ise 0,63 ile 0,99 arasında değiştiği saptanmıştır. Buğday çeşitlerinden Konya için emissivite değerinin 0,54 ile 0,95 arasında, Kınacı için 0,47-0,98 arasında, Göksu için 0.49-0.84 arasında ve Dağdaş için ise 0.49-0.99 arasında olduğu belirlenmiştir.

Materyalin emissivite değerinin değişimi üzerine nem içeriğine göre örnek sıcaklığının daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca taneli ürünün renk özelliklerinden a (kırmızılık/yeşillik) ve hue değeri ile emissivite arasında negatif bir ilişki, diğer renk özellikleri (L, b (sarılık/mavilik), C ve R) pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilen ölçüm düzeneği ve yöntem ile küme halindeki taneli tarımsal ürünlerin emissivite özellikleri hızlı ve kolay bir şekilde belirlenebilmiştir. Emissivite belirleme yönteminin ve elde edilen değerlerin doğruluklarının karşılaştırılması amacıyla kontrol edilecek herhangi bir çalışma tespit edilememiştir. Doğada bulunan organik ve inorganik materyalin kendine has yapısı ile belirlenecek ve birbiriyle mukayese edecek sonuçlar elde edilmek amacıyla her materyalin emissvite değeri çıkarılmalı ve ürün ile yapılacak her işlem

için referans niteliği taşıması amaçlanmalıdır. Bu nedenle daha değişik ürünlerin emissivite değerlerinin daha fazla kontrol parametreleri ile incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AOAC., 1990. Official Method of Analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists (No. 934.06).

ASAE Standarts. 2003. S352.2: Moisture Measurement-Unground Grain and Seeds. St Joseph, Michigan USA.

Bergman T.L., Lavine A. S. ve Incropera, F.R., 2011. Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Editio., John Wiley & Sons, Inc., NewYork, USA:

Cengel Y.A., Boles M,A., & Derbentli, T., 1996. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik. Literatür Yayıncılık. Beyoğlu, İSTANBUL.

Chen C., 2015. Determining the Leaf Emissivity of Three Crops by Infrared Thermometry. Sensors, 15, 11387-11401.

Choundhury B.J. ve ark, 1986. An Analysis of İnfrared Temperature Observations Over Wheat and Calculation of Latent Heat Flux. Agricultural and Forest Meteorology, 37(1), 75-88.

Decareau R.V., 1985. Microwaves in The Food Processing Industry, Academic Press, Inc. Orlando, Florida, USA.

Erdoğan B., 2009. Meme Kanseri Tanısında Kızılötesi Görüntüleme Yöntemi. http://www.ehb.itu.edu.tr/~cilesiz/courses/BYM504E/BYM504E . Erişim: Mart 2015.

Fuchs M. ve Tanner B., 1966. İnfrared Thermometry of Vegetation. Agronomy Journal, 58(6), 597-601.

Hatfield J. ve ark, 1983. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. California Agriculture, 51(3), 1-75.

Hatfeld J., 1990. Measuring Plant Stress with an İnfrared Thermometer. HortScience, 25(12), 1535-1538.

Hellebrand H.J., Beuche H. ve Linke M., 2001. Determination of Thermal Emissivity and Surface Temperature Distribution of Horticultural Products. Institute of Agricultural Engineering, Bornim, Germany.

Hottel H.C. ve Sarofım A.E. 1967. Radiative Heat Transfer. Mcgraw Hill, New York, USA

Incropera F.P. ve DeWitt D.P. 2001. Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, (Çevirenler: Derbentli T.,Genceli O.F., Güngör A., Hepbaşlı A., İlken Z., Özgüç F., Parmaksızoğlu C. ve Uralcan Y.) Literatür Yayıncılık, Beyoğlu, İstanbul.

Irtwange S.V. ve Igbeka J.C., 2003. Influence of Moisture Content on Thermal Diffusivity and Secific Heat of African Yam Bean (Sphenostylis stenocarpa). Transactions of the ASAE, 46, 1633–1636.

Içier F., Baysal T., 2004. Dielectrical Properties of Food Materials – 1. Factors Affecting and İndustrial Uses , Crıtıcal Revıews In Food Scıence and Nutrıtıon 44 (6): 465-471.

Içier F., 2003. Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi. Diss. Ege Üniversitesi, 2003.

Jackson R. D. ve ark, 1981. Canopy Temperature as a Crop Water Stress İndicator. Water Resources Research 17(4), 1133-1138.

Kayisoglu B.; Kocabiyik H. ve Akdemir B., 2004. The Effect of Moisture Content on The Thermal Conductivities of Some Cereal Grains. Journal of Cereal Science, 39, 147–150.

Kocabiyik H., 2010. Combined İnfrared and Hot Air Drying. In İnfrared Heating for Food and Agricultural Processing, 101-116.

Krishnamurthy K. ve ark, 2008. İnfrared Heating in Food Processing: An Overview. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 7:2-13.

López A., Molina-Aiz F.D., Valera D.L. ve Pe˜na A., 2012. Determining The Emissivity of The Leaves of Nine Horticultural Crops By Means of İnfrared Thermography. Scientia Horticulturae, 137: 49–58.

Maroulis Z.B., Saravacos G.D., Krokida M.K. ve Panagiotou N.M., 2002. Thermal Conductivity Prediction for Foodstuffs: Effect of Moisture Content and Temperature. International Journal of Food Properties, *5* (1), 231–245.

Mercado V. ve ark, 2001. Advances in Dehydration of Foods. Journal of Food Engineering, 49(4),271-289.

Pinter J. ve ark, 2003. Remote Sensing for Crop Management. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(6), 647-664.

Perez-Alegria L.R., Ciro H.J. ve Abud L.C., 2001. Physical and Thermal Properties of Parchment Coffee Bean. Transactions of the ASAE, 44: 1721–1726.

Peters R. ve Evett R., 2004. Modeling Diurnal Canopy Temperature Dynamics Using One Time of Day measurements and a Referance Temperature Curve. Agronomy Journal, 96(6), 1553-1561.

Rakrueangdet K., Nunak N., Suesut T., ve Sritham E., 2016. Emissivity Measurements of Reflective Materials Using Infrared Thermography. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, I(1), pp.16–19.

Riou O. ve ark, 2013. Quantitative Study of the Temperature Dependence of Normal LWIR Apparent Emissivity. İnfrared Physics & Technology, 60, 244-250.

Ross A.I. V., Griffiths M. W., Mittal G. S. ve Deeth H. C., 2003. Combining Nonthermal Technologies to Control Foodborne Microorganisms, İnternational Journal of Food Microbiology, 89(2-3), 125-128.

Sabapathy N. ve Tabil L.G., 2003. Thermal Conductivity Of Kabuli Type Chickpea. ASAE/CSAE North Central Intersectional Meeting, Fargo, North Dakota, October 3-4, 2003, ASAE Paper No. RRV03-0012.

Sakai N. ve Hanzawa T., 1994. Trends in Food Science and Technology 5, 357-362.

Sandu C., 1986. Infrared Radiative Drying in Food Engineering a Process Analysis. Biotechnology Progress, 2(3), 109-119.

Shrivastava M. ve Datta A.K., 1999. Determination of Specific Heat and Thermal Conductivity of Mushrooms (Pleurotus florida). Journal of Food Engineering, 39, 255–260.

Singh K.K. ve Goswami T.K., 2000**.** Thermal Properties of Cumin Seed. Journal of Food Engineering, *45*, 181–187.

Skjöldebrand C., 2001. İnfrared Heating in Thermal Technologies in Food Processing, 11. Woodhead Publication Limited, CRC Press, Cambridge, England.

Subramanian S. ve Viswanathan R., 2003.Thermal Properties of Minor Millet Grains and Flours. Biosystems Engineering 84, 289–296.

Tanner C.B., 1966. Plant Temperatures. Agronomy Journal, 55(2), 210-211.

Tavman S.; Tavman I.H., 1998. Measurement of Effective Thermal Conductivity of Wheat as a Function of Moisture Content. International Community Heat Mass Transfer, 25, 733–741.

Tunagil B.G., 1993. Biyolojik Malzemelerin Teknik Özellikleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1305, Ders Kitabı: 379, Ankara.

Tuncel N. B., Yılmaz N., Kocabıyık H., ve Uygur A., 2014. The Effect of Infrared Stabilized Rice Bran Substitution on B Vitamins, Minerals and Phytic Acid Content of Pan Breads: Part II. Journal of Cereal Science, 59(2), 162-166.

Ültanır M.Ö., 1987. Termodinamik, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no:1023, Ders Kitabı no:296, Yenimahalle, Ankara.

Wanjura D.F. ve Mahan R. J., 1994. Thermal Environment of Cotton İrrigated Using Canopy Temperature. İrrigation Science, 14(4), 199-205.

Yang W.; Sokhansanj S.; Tang J. ve Winter P., 2002. Determination of Thermal Conductivity, Specific Heat and Thermal Diffusivity of Boroge Seeds. Biosystems Engineering, 82, 169–176.

Yu D., Shrestha B.. ve Baik O., 2015. Thermal Conductivity , Specific Heat , Thermal Diffusivity , and Emissivity of Stored Canola Seeds with Their Temperature and Moisture Content. Journal of Food Engineering journal, 165, pp.156–165.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Haydar ARSLANBAY

Doğum Yeri : ÇORUM

Doğum Tarihi : 20.12.1989

EĞİTİM DURUMU

Lisans: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

Katıldığı Projeler

a) Paksan Makıne San. Tiç. Aş.
   1. 2 m³, 3 m³, 5 m³ ve Sıra Bağımsız Mısır Silaj Makinası Tasarımı.

b) Yemtar Makine San. Tiç. Aş.
   1. Kovalı Elevatörler için Modüler Sahanlık ve Yürüme Yolu Tasarımı.
   2. Çok Eksenli Otomasyonlu Elevatör Kovası Delme Makinası Tasarımı.
   3. Otomasyonlu Elevatör Kayışı Delik Delme Makinası Tasarımı.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yılı

C.P Gıda San Tiç. Aş. 2013-2016

Paksan Makine San. Tiç. Aş. 2016-2017

Yemtar Makine San. Tiç. Aş. 2017-….

İLETİŞİM

E-posta Adresi : arslanbay_haydar@hotmail.com