

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNFRARED ENERJİ VE İNFRARED
ENERJİ – SICAK HAVA KOMBİNASYONU
İLE DOMATESİN KURUTULMASI

Dilvin (TEZER) OR

Tarım Makinaları

Tezin Sunulduğu Tarih: **12.02.2010**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Dilvin (TEZER) OR tarafından **Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK** yönetiminde hazırlanan “**İnfrared Enerji ve İnfrared Enerji – Sıcak Hava Kombinasyonu İle Domatesin Kurutulması**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

Yönetici

Yrd. Doç. Dr. Gıyasettin ÇİÇEK

Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

Jüri Üyesi

Danışman

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 12/02/2010

Prof. Dr. Ahmet ERDEM

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

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.

Dilvin (TEZER) OR

TEŞEKKÜR

Öğrenim hayatım boyunca ve tez çalışmamda her zaman bilgisini ve desteğini esirgemeyen sayın hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK' a, tez denemelerimin yapılmasında her türlü yardımı sağlayan meslektaşım ve arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendisi Murat IŐIKTEPE' ye, her aşamada yanımda olan, her türlü destek ve yardımları için eşim Aykut OR' a ve son olarak aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dilvin (TEZER) OR

ÖZET

İNFRARED ENERJİ VE İNFRARED ENERJİ – SICAK HAVA KOMBİNASYONU İLE DOMATESİN KURUTULMASI

Dilvin (TEZER) OR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

12.02.2010, 38

Bu çalışmada iki farklı giriş havası sıcaklığı, üç farklı infrared radyasyon yoğunluğu ve üç farklı hava hızı kullanılarak domates kurutma çalışması yapılmış ve domates kurutmada infrared kurutma tekniğinin kullanılabilirliği incelenerek aşağıda belirtilen amaçlar değerlendirilmiştir. Bunlar;

- Domatesin kuruma eğrileri ve kuruma hızı üzerine giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızını içeren değişkenlerin etkilerinin incelenmesi,
- Domatesin kuruma süresi, özgül enerji tüketimi gibi işletme parametreleri üzerine giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızını içeren değişkenlerin etkilerinin incelenmesi,
- Kurutulmuş domatesin büzülme, rehidrasyon ve renk (L^* , a^* , b^* , kroma, hue açısı ve ΔE) gibi kalite parametreleri üzerine giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızını içeren değişkenlerin etkilerinin incelenmesidir.

Yapılan kurutma denemeleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Domatesin kurutma süresi değerleri 1,0 - 2,0 m/s kurutma hava hızı aralığında 1080, 1506, 1715 W/m² infrared lamba güçlerinde sırasıyla 30 °C giriş havası sıcaklığında 363 - 530 dak., 261 - 291 dak., 195 - 273 dak., 45 °C giriş havası sıcaklığında 186 - 192 dak., 141 - 153 dak., 133 - 162 dak. değerleri arasında değişiklik göstermiştir.

Ürün kurutma süresi hava hızının artmasıyla uzamasına karşın infrared radyasyon yoğunluğunun ve giriş havasının sıcaklığının artmasıyla kısalmıştır.

Özgül enerji tüketimi değerleri 1.0 – 2.0 m/s kurutma hava hızı aralığında 1080, 1506, 1715 W/m² infrared lamba güçlerinde sırasıyla 30 °C giriş havası sıcaklığında 16,65 - 24,01 MJ/kg-su, 15,79 - 17,71 MJ/kg-su, 14,72 - 20,85 MJ/kg-su, 45 °C giriş havası sıcaklığında 22,51 - 23,34 MJ/kg-su, 19,25 - 20,82 MJ/kg-su, 20,12 - 24,63 MJ/kg-su arasında değişiklik göstermiştir.

Domatesin kurutulması için gerekli özgül enerji tüketiminin hava hızının ve giriş hava sıcaklığının artmasıyla arttığı belirlenmiştir.

Kurutulmuş domatesin kalite parametrelerinden renk özellikleri üzerine kurutma faktörleri istatistiksel olarak etkili olmuştur. Ayrıca tüm kurutma uygulamalarında kurutulmuş domateslerde toplam renk değişimi meydana gelmiş ve kurutma öncesi ve sonrası yapılan ölçümlere göre, renk değerleri arasında az miktarda değişimler olduğu saptanmıştır.

Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan domates örneklerinin hepsinde şekil değişimi meydana gelmiş fakat kurutma yöntemleri için kullanılan faktörlere (giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu, hava hızı) bağlı olarak genel bir eğilim göstermemiştir. Kurutulmuş domates örneklerinin rehidrasyon değerleri 2.85 ile 3.44 arasında değişmiş ve bütün kurutma kombinasyonlarında elde edilen rehidrasyon değerleri birbirine çok yakın olmuştur. Büzülme değerinde olduğu gibi kullanılan kurutma faktörlerine (giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu, hava hızı) bağlı olarak belirgin değişkenlikler görülmemiştir.

Anahtar sözcükler: Domates, infrared kurutma, hava hızı, özgül enerji tüketimi, rehidrasyon, büzülme katsayısı, renk.

ABSTRACT

DRYING OF TOMATO WITH INFRARED ENERGY AND COMBINATION OF INFRARED ENERGY – HOT AIR

Dilvin (TEZER) OR

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Agricultural Machinery Thesis of Master of Science

Advisor: Assist. Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

12.02.2010, 38

In this study, the work has been drying tomatoes by using two different entrance air temperature, three different infrared radiation intensity and three different air velocity and the following conditions are examined of by researching the usability of tomatoes drying technique in drying tomatoes. These;

- Researching the effects of variables including entrance air temperature on drying curves and drying velocity of tomato; infrared radiation density and air velocity
- Reasearching the effects of variables including entrance air temperature on operational parameters such as drying time of tomato and consumption of specific energy; infrared radiation density and air velocity
- Researching the effects of variables including entrance air temperature on quality parameteres such as shrinkage, rehydration and color (L^* , a^* , b^* , chroma, hue angle and ΔE) of a tomato; infrared radiation density and air velocity.

As a result of drying experiments, the following resulst were obtained

At 1,0 - 2,0 m/s range of drying air velocity; at 1080, 1506, 1715 W/m² infrared lamp power, drying time values of tomato changes at 30 °C as 363-530 min., 261-291 min., 195-273 min. and at 45 °C as 186-192 min., 141-153 min. 133-162 min. respectively.

Although yield drying time has been prolonged with increasing air velocity, shortened with increasing of infrared radiation density and entrance air temperature.

Specific energy consumption values of 1.0 - 2.0 m/s drying air velocity in the range, 1080, 1506, 1715 W/m² infrared lamp power respectively 30 °C entrance air temperature from 16.65 to 24.01 MJ/kg-water, 15.79 to 17,71 MJ/kg-water, 14.72 to 20.85 MJ/kg-water, 45 °C entrance air temperature from 22.51 to 23.34 MJ/kg-water, 19.25 to 20.82 MJ/kg-water, 20.12 to 24.63 MJ/kg-water between the changes showed.

It is determined that necessary specific energy consume arises with increasing air velocity and air temperature for drying tomatoe.

From equality parameters to color properties, drying factors of dried tomatoes have been statistically effective. Also, at all, drying operations dried tomatoes changed their total colors and and it has been determined that there are some changes between color values according to measure before drying and after drying.

The shape change has accured in all of the tomato samples, dried by various drying methods, but it hasn't related to the factors using for drying methods in general. The rehydration values of dried tomato samples changes between 2.85 and 3.44 and the rehydration values obtained from all of the drying combinations are so close to each other. As happened at shrinking value, explicit changes weren't seen related with used drying factors.(entrance air temperature, infrared radiation density, air velocity)

Keywords: Tomato, infrared drying, air velocity, specific energy consumption, rehidrasyon, shrinkage coefficient, color

İÇERİK

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ.....	1
1.1. İnfrared Kurutma ve Avantajları.....	4
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Domates Örnekleri.....	12
3.1.2. Deneme düzeneği.....	12
3.1.3. Denemelerde kullanılan diğer alet ve cihazlar.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Örneklerin hazırlanması.....	14
3.2.2. Kuruma kinetikleri.....	15
3.2.3. Özgül enerji tüketiminin belirlenmesi.....	15
3.2.4. Büzülme katsayısının belirlenmesi.....	16
3.2.5. Rehidrasyon özelliklerinin belirlenmesi.....	16
3.2.6. Renk parametrelerinin belirlenmesi.....	17
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Kuruma Süresi ve Kuruma Kinetikleri.....	18
4.1.1. Kuruma süresi.....	18
4.2. Özgül Enerji Tüketimi, Büzülme ve Rehidrasyon.....	27
4.3. Renk Parametreleri.....	30
BÖLÜM 5 – SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	33
KAYNAKLAR.....	35
Ekler.....	I

Çizelgeler	VI
Şekiller	VII
Özgeçmiş	VIII

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Domates, insan beslenmesinde önemli rol oynamakla birlikte dünyada en fazla üretilen, değişik ürün formlarına (dondurulmuş, salça, ketçap, turşu, kurutulmuş vb) işlenen ve hem pişirilerek hem de pişirilmeden tüketilebilen önemli ürünlerden birisidir. Domates, dünyada birçok ülkede yetiştirilmekle birlikte, Türkiye 10 050 000 ton yıllık üretim miktarıyla dünya üretiminin %8'ini karşılamakta ve AB, Çin ve ABD den sonra dünyada en fazla üretim yapan dördüncü ülke pozisyonundadır (TUİK 2005; FAO 2005).

Domates genellikle taze tüketimi tercih edilen bir ürün olmasına rağmen son yıllarda gıda teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak hazır yemek sanayisinde, pizza hazırlamada, çeşitli sebze yemekleri ve sosların hazırlanmasında bir bileşen olarak kullanımı sebebiyle kurutulmuş domates üretimine ilgi artmış (Lewicki ve ark., 2002; Doymaz, 2007) ve önemli bir ticari değere ulaşmıştır (Çizelge 1) (Kahyaoğlu-Aytaç, 2008).

Son yıllarda ihracattaki gelişmeler, kurutulmuş sebze konusunda Türkiye'yi önemli bir ihracatçı ülke konumuna getirmiş ve 2007 yılında toplam kurutulmuş sebze ihracat değeri 66.3 milyon dolara ulaşmıştır. Kalite yönünden Türk malı kurutulmuş domates dünya genelinde iyi bir imaja sahip olmuş ve toplam kurutulmuş domates ihracatı 2007 yılında 17.9 milyon ton seviyesine yükselmiş ve toplam 61.1 milyon dolar ihracat geliri elde edilmiştir (Çizelge 1). Kurutulmuş sebze ihracat değerinin yaklaşık %92'ını kurutulmuş domates oluşturmuştur. Bununla beraber ihracatın hepsi gelişmiş ülkelere yapılmış ve en önemli ithalatçı ülke ABD'ye 2007 yılında 6 124 ton kurutulmuş domates ihraç edilmiş, bu ülkeyi 4 188 tonla İtalya, 1 776 tonla Avustralya ve 1 611 tonla Almanya izlemiştir (Kahyaoğlu-Aytaç, 2008).

Çizelge 1. Türkiye'nin kurutulmuş sebze ihracatı

Ürün	2005		2006		2007	
	İhracat Miktarı (Ton)	İhracat Değeri x1000 (Dolar)	İhracat Miktarı (Ton)	İhracat Değeri x1000 (Dolar)	İhracat Miktarı (Ton)	İhracat Değeri x1000 (Dolar)
<u>Domates</u>	<u>14 487</u>	<u>39 624</u>	<u>16 839</u>	<u>48 102</u>	<u>17 977</u>	<u>61 070</u>
Mantar	27	1 243	34	2 389	21	1 710
Kabak	116	588	103	629	99	781
Patlıcan	66	406	80	611	101	813
Pırasa	189	856	84	583	116	679
Bamya	11	150	9	119	6	101
Soğan	45	117	21	98	38	143
Diğer	266	926	277	1 273	165	978
TOPLAM	15 208	43 910	17 445	53 803	18 523	66 277

Kaynak: Kahyaoğlu-Aytaç, 2008, TÜİK, 2005, 2006, 2007.

Meyve ve sebzelerin kurutulması, en eski muhafaza yöntemi olarak bilinmekte ve birçok ülkede ve ülkemizin birçok bölgesinde güneş altı açık havada yapılmakta, meyve ve sebzelerin cinsine göre farklı süreçlerde tamamlanmaktadır (domates için 5-9 gün). Bu klasik yöntem bazı temel dezavantajları beraberinde getirmektedir. Bu dezavantajlar; kurutma alanına serilmiş olan ürünlerin tekdüze olarak kurutulamaması, kurutma için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, alanın kontrol zorluğu, uzun kurutma süresi, yüksek işçilik girdileri, iklimsel olumsuzluklar, alanın ve ürünün çevresel kirlenmelerden korunamaması olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak güneş ışınlarının farklı dalga boylarında olması kurutulan ürünün kimyasal yapısını, rengini ve gıda hijyenini değiştirmektedir (Öztekın ve ark., 1999, Doymaz ve Pala, 2002, Ertekin ve Yıldız, 2004; Doymaz, 2007). Bu olumsuzluklar nedeniyle son yıllarda, domates için bazı araştırmacılar tarafından değişik kurutma teknikleri ve kurutucular (sıcak hava ile kurutma, mikrodalga kurutma vb) geliştirilmiştir (Lewicki ve ark., 2002; Durance ve Wang, 2002; Kerkhofs ve ark., 2005; Saçılık ve ark., 2006; Doymaz, 2007).

Geleneksel ve alışılmış bir kurutma yöntemi olan açık havada güneşe sererek kurutma da; güneş gören yerlerde domatesin sergilere serilmesi ile yapılmaktadır. Bundan sonra herhangi bir bakım ya da işçilik masrafı gerektirmediğinden dolayı ucuz bir yöntemdir. Fakat domateslerin maruz kaldığı kötü hava şartları dolayısıyla, ürün kalitesi bozulup, toz, toprak, böcek gibi etkenlerin domatesin üzerine yapışmasıyla temiz olmayan bir ürün elde edilmektedir. Bazı kurutma işlemlerinde kalite kaybını önlemek ve kuruma

süresini kısaltmak için değişik kimyasal ve çözeltiler kullanılmaktadır. Örneğin açık havada kurutmada; kükürtleme, tuzlama ya da her ikisinin de uygulanmış şekli ile kurutma işlemi yapılabilmektedir. Bu yöntemin yanı sıra kurutma işlemleri için bazı konveksiyon kurutucular kullanılmaktadır.

Konveksiyon kurutucularla yapılan kurutma işleminde işlem akışı;

- Temizleme (bitki artıkları (sap, yaprak vb), toprak, taş ve diğer yabancı maddelerin uzaklaştırılması),
- Sınıflandırma (boyut ve kalite özelliklerine göre (olgunluk, renk vb)),
- Kurutma amacına göre parçalama ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, küp, dilim vb),
- İlaçlama ve kimyasal madde uygulaması (SO_2 , metasülfid ve tuz),
- Kurutma,
- Paketleme ve ambalajlama olarak gerçekleşmektedir.

Vural ve Duman, (2001) yaptıkları çalışmada, domatesin kurutulması öncesi bozulmasının yavaşlaması ve muhafaza süresinin uzaması için tuz kullanmışlar ve tuzla kurutulan domateslerde renk, metasülfid uygulanarak kurutulanlar kadar kırmızı olmayıp kirliliği kırmızı rengini almış ve ürün bu rengi kısa sürede kaybedip karardığını belirtmişlerdir.

Konveksiyon kurutma sistemlerinde kurutma işleminin etkinliğinin artırılması, kuruma süresinin kısaltılması ve üretim miktarının artırılması için kurutma ortamının ve kurutma havasının özelliklerinin (sıcaklığının ve hızının artırılması) değiştirilmesi tercih edilmektedir. Fakat bu değişiklikler sonucunda kurutulmuş ürün kalitesinde istenmeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Dewanto ve ark., (2002) yaptıkları çalışmada, pizza ve sebze yemeklerinde kullanılmak üzere domatesleri 60-100 °C arasındaki sıcaklıklarda, 0.5 – 2 m/s arasındaki hava hızlarında, maksimum %15 nem içeriğine sahip olacak şekilde kurutmuşlar, kurutma süresi 2-10 saat arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca 80 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma sırasında önemli seviyelerde askorbik asit kaybı meydana geldiği belirlenmiştir.

Olorunda ve ark., (1990) kurutulmuş domateslerin kalitesini iyileştirmek için çeşitli kurutma yöntemlerinin ve ön işlemlerin etkilerini araştırdıkları çalışmada sıcaklığın artmasıyla kurumanın daha çabuk gerçekleştiğini ve kuruma hızının her sıcaklıkta paralel akışlı kurutma koşulları için daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kükürtleme ve tuzlama ön işlemlerine tabi tutularak kurutulmuş domateslerle yapılan sosların, lezzet ve aromasının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Meyve ve sebzelerin işlenmesinde kurutma önemli ve kalite açısından hassas bir süreç olarak görülmektedir. Endüstriyel uygulamalarda kurutma işlemi süreç olarak büyük enerji ihtiyacına gerek duyan bir işlemdir (Ratti ve ark., 2006), bu nedenle yeni kurutma sistemlerinin geliştirilmesi, yeni kurutucu tasarımlarının yapılması, yeni enerji kaynaklarının kullanımının araştırılması, enerji girdilerinin düşürülmesi, çevresel kirlenmeye etkisi olmayan yöntemlerin araştırılması gerekmektedir. Tarımsal ürünlerin düşük ısı iletim özellikleri, sıcak hava ile kurutma işlemlerinin yavaş gerçekleşmesinin esas nedenidir ve enzimatik kararma, zayıf kuruma karakteristiği ve besin değeri kayıpları geleneksel kurutma yöntemlerinin genel problemleridir (Hebbar ve ark., 2004). Bazı üstünlüklerinden (kurutma süresi, enerji kullanım etkinliği, kullanım ve ayar kolaylığı vb.) dolayı infrared ısı kaynaklarının kurutma amacıyla kullanılabileceği bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Strumillo ve Kudra, 1986; Lewis, 1996; Fasina, 2003; Hebbar ve ark., 2004).

Gıda ve tarımsal ürünlerine uygulanacak ısıl işleme göre gazlı ve elektrikli tipte olmak üzere değişik yapısal özelliklere sahip infrared ısıtıcıların kullanılabileceği farklı kaynaklarda ifade edilmiştir (Strumillo ve Kudra, 1986; Fasini, 2003). Gıda maddelerinin infrared radyasyonun absorpsiyonu üzerine yapılan çalışmalarda 2,5 - 3 µm dalga aralığının çok iyi bir şekilde absorbe edildiği farklı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Sandu, 1986; Hebbar ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2005).

1.1. İnfrared Kurutma ve Avantajları

İnfrared, elektromagnetik spektrum içerisinde 0.76 ile 400 µm dalga uzunluğu aralığındaki elektromagnetik radyasyon olarak tanımlanmakta ve kısa dalga infrared (near infrared) (0,76-2 µm), orta dalga (middle infrared) (2-4 µm) ve uzun dalga (far infrared) (4-100 µm) olmak üzere üç kategori içerisinde değerlendirilmektedir (Strumillo ve Kudra, 1986; Jain ve Pathare, 2004).

İnfrared kurutma teknolojisinin; geleneksel kurutma yöntemlerinden daha yüksek enerji etkinliğine, kısa kurutma süresine ve daha iyi ürün kalitesine sahip olduğu son yıllarda yapılan araştırmalar kapsamında belirtilmektedir (Fasina, 2003; Hebbar ve ark., 2004; Kumar ve ark., 2005; Wang ve Sheng, 2006). Choa ve Chou (2003), Sandu (1986), Hebbar ve ark. (2004) infrared kurutmanın kırsal alanlar için düşük maliyetli bir kurutma yöntemi olduğunu belirtmekte ve düşük yatırım maliyeti, kolay kurulum, ısıtma ve

kurutmada yüksek hız, basit donanım gereksinimi gibi bazı avantajlara sahip olduğunu ifade etmektedirler.

İnfrared kurutma son yıllarda dikkate alınmaya başlanmış ve infrared kaynaklarla çeşitli tarım ve gıda maddelerinin kurutulmasına yönelik çok sayıda deneysel çalışma yapılmıştır. Bunlar; soğan (Mongpraneet ve ark., 2002); havuç ve sarımsak (Baysal ve ark., 2003); elma dilimleri (Nowak ve Lewicki, 2004); çeltik (Das ve ark., 2004a, 2004b); havuç ve patates (Hebbar ve ark., 2004); soğan dilimleri (Jain ve Pathare, 2004); çeltik (Amaratunga ve ark., 2005); armut, havuç, tatlı mısır (Pan ve ark., 2005); tatlı patates (Lin ve ark., 2005); elma dilimleri (Togrul, 2005); soğan dilimleri (Sharma ve ark., 2005a, 2005b; Kumar ve ark., 2005; Kumar ve ark., 2006; Pathare ve Sharma, 2006); şeftali (Wang ve Sheng, 2006); muz dilimleri (Nimmol ve ark., 2007); ve tatlı patates dilimleri (Lin ve ark., 2007); kırmızı biber (Nasıroğlu ve Kocabıyık, 2009); havuç (Kocabıyık ve Tezer, 2009).

Bununla beraber yapılan literatür araştırmalarında, domatesin infrared ısı kaynakları ile kurutulmasına yönelik herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

Bu çalışmada infrared enerjinin domates kurutmada kullanılabilmesi ve mevcut domates kurutma yöntemlerine bir alternatif oluşturulması düşüncesi doğrultusunda, farklı giriş havası sıcaklığında, farklı radyasyon yoğunluğunda ve farklı kurutma hava hızlarında;

- ✓ domatesin kuruma süresi,
- ✓ özgül enerji tüketimi gibi işletme özellikleri,
- ✓ renk (L,a,b, ΔE , kroma, hue açısı),
- ✓ büzülme ve rehidrasyon oranları gibi bazı kalite parametrelerinin araştırılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Bu çalışma yapılırken önceki yapılan buna benzer çalışmalar incelenmiş ve “*Domates kurutma ile ilgili yapılan önceki çalışmalar*” ve “*İnfrared enerjiden yararlanılarak gerçekleştirilen kurutma çalışmalarıyla ilgili yapılan önceki çalışmalar*” olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

Domates kurutma ile ilgili yapılan önceki çalışmalar;

Lewicki ve ark. (2002) iki domates çeşidinin 60 °C sıcaklığına sahip bir konveksiyon tip kurutucu ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerine CaCl₂ ve ozmotik kurutmanın etkilerini incelemiştir. Ayrıca kurutulmuş domatesin rehidrasyon kapasitesi, su aktivitesi ve renk değerlerindeki değişimleri araştırmışlardır. Kalsiyum iyonlarının kuruma kinetiklerini ve rehidrasyon kapasitesini önemli şekilde etkilediğini belirtmişlerdir.

Aynı kapasiteye sahip sıcak havalı bir konveksiyon ile vakum mikrodalga kurutucu kullanılarak domates dilimlerinin kurutulduğu araştırmada, kurutma yöntemlerinin kuruma hızı, enerji tüketimi ve kurutulmuş domates dilimlerinin rehidrasyon özelliklerine etkileri karşılaştırılmıştır. Kuruma süresi sıcak hava ile kurutmada 14.75 h, vacuum-mikrodalga ile kurutmada 0.81 h olmuştur (Durance ve Wang, 2002).

Sacilik ve ark. (2006) Ankara iklimi koşullarında güneş enerjili bir tünel kurutucuda organik domateslerin ince tabaka kuruma karakteristiklerini incelemişler ve açık hava koşullarında güneş altında yapılan kurutma ile karşılaştırmışlardır. Daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen 10 tane kuruma modelini, elde edilen verilere uygulamışlar ve kuruma eğrisini ifade edebilecek en uygun model ve model katsayılarını hesaplamışlardır. Ayrıca renk ve rehidrasyon gibi kalite parametrelerini incelemiştir. Tüm kuruma denemelerinde sabit bir kuruma hızı meydana gelmemiş azalan eğilimde bir kuruma hızı elde etmişler. Domates kuruma süresi (%93.35 (yb) nem içeriğinden %11 (yb) nem içeriğine kadar kurutulmasında) açık hava koşullarında 106 – 120 h arasında olurken tünel kurutucuda 82 – 96 h olarak gerçekleşmiştir.

Doymaz (2007) alkaline etil oleat çözeltisi (%2 etil oleat %4 potasyum karbonat) ile ön işleme alınmış domatesin 55, 60, 65 ve 70 °C kurutma havası sıcaklığında ve 1.5 m/s hava hızında sıcak havalı bir kurutucuda kuruma karakteristiklerini incelemiştir. Domatesleri

%95 (yb) nem içeriğinden %11 (yb) nem içeriğine kadar kurutmuş, kuruma karakteristikleri ve rehidrasyon kapasitesine alkaline etil oleat çözeltisinin ve hava sıcaklığının etkilerini araştırmış ve Page ve Handerson ve Pabis modellerinin uygunluğunu incelemiştir. Alkaline etil oleat çözeltisiyle ön işlem uygulanan domateslerin ön işlem görmeyen domateslerden daha hızlı kuruduğunu ve bütün kurutma denemelerinde sabit bir kuruma hızı oluşmadığını ve azalan eğilimde bir kuruma hızlarının oluştuğunu bulmuştur. Domatesin kuruma eğrileri en iyi Page modelle tanımlanabildiğini belirtmiştir. Ön işlem görmeyen domateslerde 55, 60, 65 ve 70 °C hava sıcaklığında kuruma süresi sırasıyla 2130 (35.5 h), 1680 (28 h), 1590 (26.5 h) ve 1440 (24 h) dakika, ön işlem gören domateslerde aynı sıcaklıklarda sırasıyla 1950 (32.5 h), 1500 (25 h), 1350 (22.5 h) ve 1260 (21 h) dakika bulmuştur.

Infrared enerjiden yararlanılarak gerçekleştirilen kurutma çalışmalarıyla ilgili yapılan önceki çalışmalar;

FIR (Uzun dalga infrared radiation) ısıtıcının kullanılarak vakum ve konveksiyon kurutma koşullarında soğan dilimlerinin kurutulması için yapılan çalışmada, vakum etkili kurutucuda 0.10-0.24 W/cm² aralığında 7 ayrı infrared radyasyon yoğunluğunun, konveksiyon etkili kurutucuda 0.12-0.46 W/cm² aralığında 7 ayrı infrared radyasyon yoğunluğunu soğan dilimlerinin kuruma kinetikleri ve kuru soğan dilimlerinin bazı kalite parametreleri (rehidrasyon, renk değişimi ve büzülme) üzerine etkileri araştırılmıştır. Vakum ve konveksiyon etkili FIR ısıtıcıyla yapılan bütün kurutma denemelerinde nem içeriğine bağlı olarak kuruma hızları değişimi üç aşama (artan hız, sabit hız, azalan hız) göstermiştir. İnfrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kuruma hızı artış göstermiş, aynı infrared radyasyon yoğunluğunda kuruma hızı vakum etkili kurutmada konveksiyon etkili kurutmaya göre %50 daha yüksek olmuştur. Vakum etkili-FIR kurutmada düşük radyasyon yoğunluklarında elde edilen kurutulmuş soğan dilimlerinin kalite parametreleri konveksiyon etkili-FIR kurutmada elde edilen kalite değerlerine göre daha iyi sonuçlara sahip olmuştur (Mongpraneet ve ark., 2002).

1.2 µm dalga boyuna sahip infrared ısıtıcı ile çalışan bir kurutucu ve bir de sıcak hava ile çalışan konveksiyon kurutucuda elma dilimlerinin kurutma denemeleri yapılmış ve elma dilimlerinin kuruma kinetikleri incelenmiştir. İnfrared kurutmada kuruma kinetikleri infrared ısıtıcı ile örnek yüzeyi arasındaki mesafeye ve hava hızına bağlı olduğu belirlenmiştir. Aynı kurutma koşulları altında konveksiyon kurutma ile karşılaştırıldığında infrared enerji ile yapılan kurutmada kuruma süresinin %50'e varan oranda bir azalma gösterdiği belirtilmiştir (Nowak ve Lewicki, 2004).

Havuç ve patatesin sıcak hava, infrared ve sıcak hava-infrared kombinasyonu ile kurutulmasında kuruma karakteristikleri, kuruma süreleri ve özgül enerji tüketimleri incelenmiştir. Sıcak hava ile kurutmada 80 °C hava sıcaklığı ve 1.0 m/s hava hızı, infrared kurutmada orta dalga boyuna sahip quartz infrared ısıtıcı kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda patates ve havuç için kuruma süresinin infrared kurutucuda havalı kurutmaya göre azaldığı, infrared-sıcak hava kombinasyonunun sıcak havalı kurutucu ile karşılaştırıldığında kuruma süresinde %48, enerji tüketiminde ise %63 bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir (Hebbar ve ark., 2004).

Titreşimli tepsili bir infrared tane kurutma düzeneği kullanılarak çeltiğin kurutulması için yapılan araştırmada, kurutma için gerekli özgül enerji tüketimi ve kurutulmuş çeltiğin; renk, jelatinize tohum yüzdesi vb kalite değerleri üzerine ürün tabaka derinliği (3, 6, 12 ve 25 mm) ve infrared radyasyon yoğunluğunun (5514, 4520, 3510 ve 2520 W/m²) etkileri araştırılmıştır. İnfrared radyasyon yoğunluğu kuruma hızını %1 önem seviyesinde etkilemiştir. Ayrıca çeltiğin renk özellikleri de ürün tabaka derinliği ve infrared radyasyon yoğunluğundan önemli derecede etkilenmiştir. Özgül enerji tüketim değeri 14.7 – 73.4 MJ/kg-su arasında değişmiş ve radyasyon yoğunluğundaki artış ve ürün derinliğinin azalması ile düşüş göstermiştir (Das ve ark., 2004a).

Üç çeşit çeltiğin infrared radyasyonla kurutulmasında iki radyasyon yoğunluğu (3100 ve 4290 W/m²) ve iki ürün tabaka derinliğinin (12 ve 16 mm) kuruma kinetiklerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca çeltiğin kuruma karakteristiğinin tahmini için deneysel veriler Page modele uyarlanmış ve model katsayıları hesaplanmıştır. Çeltiğin kuruma hızının azalan eğilimde bir kuruma hızı gösterdiği ve kuruma hızının %1 önem seviyesinde radyasyon yoğunluğundan etkilendiği belirtilmiştir (Das ve ark., 2004b).

Soğan dilimlerinin infrared radyasyonla ince tabaka kurutulmasında, kuruma kinetiklerine, efektif nem difüzyonuna ve rehidrasyon katsayısına infrared ısıtıcı gücü (300, 400 ve 500 W), giriş havası sıcaklığı (35, 40 ve 45 °C) ve giriş havası hızının (1.0, 1.25, ve 1.5 m/s) etkileri incelenmiştir. Efektif nem difüzyonu 0.21×10^{-10} – 1.57×10^{-10} m²/s arasında değişmiş ve infrared güç ve giriş havası sıcaklığından önemli derecede etkilenmiştir. Kuru soğan dilimlerinin rehidrasyon oranı 4.5 ile 5.3 arasında değiştiği bulunmuştur. Bütün kuruma koşullarında azalan eğilimde bir kuruma hızı gerçekleşmiş ve infrared güç, giriş havası sıcaklığı ve giriş havası hızından önemli derecede etkilenmiştir (Sharma ve ark., 2005a). Aynı araştırmacılar aynı kuruma koşullarında soğan dilimlerinin infrared radyasyonla ince tabaka kurutulmasında, kuruma karakteristiklerinin tahmini için 8 adet kuruma modelini (Newton, Page, Modified Page, Handerson ve Pabis, Logaritmik,

Two-term, Two-term exponential ve Wang ve Singh) incelemiştir. Kuruma süresi 240 ile 540 dakika arasında değişmiş ve infrared güç, giriş havası hızı ve sıcaklığı kuruma süresini etkilemiştir. İnfrared gücün ve giriş hava sıcaklığının artmasıyla kuruma süresi azalmasına rağmen giriş hava hızının artmasıyla kuruma süresi artış göstermiştir. Page model en yüksek korelasyon katsayısına ve en düşük χ^2 (chi-square) değerine sahip olmuştur (Sharma ve ark., 2005b).

Soğan dilimlerinin sıcak hava, infrared ve sıcak hava-infrared enerji kombinasyonu ile kurutulması gerçekleştirilmiştir. Soğan dilimlerinin kuruma karakteristikleri ve kalite özelliklerine kurutma sıcaklığı, dilim kalınlığı, giriş havası hızı ve sıcaklığı gibi değişkenlerin etkileri incelenmiştir. Sıcak hava ile kurutmaya karşılaştırıldığında, infrared enerji ile yapılan kurutma denemelerinde kuruma süresi %30, infrared-sıcak hava kombinasyonlu kurutmada ise %39 azalma belirlenmiştir. Sıcak hava ve infrared kurutma ile karşılaştırıldığında infrared-sıcak hava kombinasyonlu kurutmada daha kısa kurutma süresi ve daha iyi kurutulmuş ürün kalitesi elde edilmiştir (Kumar ve ark., 2005).

Sıcak hava-infrared kombinasyonu ile çalışan bir kurutucuda soğan dilimlerinin kurutulmasında üç farklı giriş hava sıcaklığı (30, 40 ve 50 °C), üç farklı giriş havası hızı (0.8, 1.4 ve 2.0 m/s) ve üç farklı soğan dilim kalınlığı (2, 4 ve 6 mm) ve üç farklı kurutma sıcaklığı (60, 70 ve 80 °C) kullanılmıştır. Soğanın kuruma karakteristiklerinin tahmini için, literatürde gıda maddelerinin ince tabaka kuruma kinetikleri için geliştirilen dört model (Page, Modified Page, Fick's ve Exponential) incelenmiş ve model katsayıları hesaplanmıştır. Soğanın kuruma karakteristiğinin tahmini için en uygun model Modified Page olmuştur (Kumar ve ark., 2006).

Üç farklı infrared radyasyon yoğunluğu (26.5, 35.3 ve 44.2 kW/m²), üç farklı hava sıcaklığı (35, 40 ve 45 °C) ve üç farklı giriş havası hızının (1.0, 1.25 ve 1.5 m/s) değişken olarak kullanıldığı araştırmada soğanın ince tabakalar (6 mm) halinde kurutulmasında infrared konvektif bir kurutucu kullanılmıştır. Soğan dilimlerinin kurumasının tahmini için 9 adet kuruma modeli incelenmiş ve en uygun model ve model katsayıları araştırılmıştır (Jain ve Pathare, 2004). Aynı deneme koşulların ve kurutucunun kullanılarak yapılan bir başka çalışmada, bütün koşullarda azalan eğilimde bir kuruma hızı meydana gelmiştir. Soğan dilimlerinin ortalama efektif nem difüzyonu 0.2514×10^{-10} ile 0.3233×10^{-10} m²/s arasında değiştiğini ve hava sıcaklığı ve hava hızının aynı kaldığı koşullarda infrared radyasyonun artışıyla efektif nem difüzyonunda artış olduğu görülmüştür. Aktivasyon enerjisi 5.06 ile 10.63 kJ/mol arasında değişmiştir (Pathare ve Sharma, 2006).

Elma dilimlerinin infrared enerji ile kurutulmasında 50-80 °C kurutma sıcaklığı aralığı kullanılmış ve kurutma sıcaklığının kuruma hızına etkileri incelenmiştir. Elde edilen kuruma verileri 10 ayrı kuruma modeline (Newton, Page, Modified Page, Wang and Singh, Henderson and Pabis, Logarithmic, Diffusion approach, Simplified Fick's diffusion, Modified Page equation-II ve Midilli equation) uyarlanmış ve en uygun model ve model katsayıları araştırılmıştır. Elma dilimlerinin 50-80 °C kurutma sıcaklığı aralığında kurutulmasında kurumayı tarif edebilecek en uygun modelin Midilli eşitliği olduğu ifade edilmiştir (Toğrul, 2005). Aynı kuruma koşullarının ve aynı kurutucunun kullanıldığı bir araştırmada havuç dilimlerinin kurutulmasında efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değişimleri incelenmiştir. Bunlara ilave olarak havuç dilimlerinin kurutulmasında nem oranı-kuruma süresi değişimini en iyi şekilde tarif edilmesi için 5 kuruma modeli (Newton, Modified Page, Logarithmic, Diffusion approach ve Midilli) incelenmiştir. 50, 60, 70 ve 80°C kuruma sıcaklıklarında efektif difüzyon katsayıları sırasıyla 7.295×10^{-11} , 9.309×10^{-11} , 1.140×10^{-10} ve 1.501×10^{-10} m²/s olmuştur. Aktivasyon enerjisi 22.43 kJ/mol olarak elde edilmiştir. En uygun kuruma modeli Midilli modeli olmuştur (Toğrul, 2006).

Muz dilimlerinin vakum-FIR (uzun dalga infrared radyasyon) ve düşük basınçlı-FIR (LPSSD-FIR) kurutucularda kurutulmasında, kuruma kinetiklerine, kurutulmuş ürün kalitesine (renk, büzülme, rehidrasyon ve tekstür) kurutma sıcaklığı ve basınç gibi kurutma değişkenlerinin etkileri incelenmiştir. Vakum-FIR kurutucudan elde edilen kuruma süresi LPSSD-FIR kurutucusundan elde edilen süreden daha kısa olmuştur. Kalite açısından en uygun kurutma koşulunun LPSSD-FIR ve 80 °C olduğu belirtilmiştir (Nimmol ve ark., 2007).

40–70 °C kurutma sıcaklığı aralığında elma dilimlerinin infrared radyasyonla kurutulması sırasında büzülme, C-vitamini kaybı ve aroma kaybı gibi kalite parametrelerinin değişimi incelenmiş ve elma dilimlerinde 2 kg/kg (db) nem içeriğine kadar sabit bir büzülme değişiminin olduğunu ve büzülme katsayısının 0.5 olduğu belirtilmiştir. Kurutma sıcaklığı ve kuruma süresi aroma değişimini önemli şekilde etkilemiştir (Timoumi ve ark., 2007).

Kırmızı biber, elma ve pırasanın infrared konvektif kurutucuda kurutulmasında üç infrared radyasyon yoğunluğu (300, 400 ve 500 W) ve üç giriş havası hızı (1.0, 1.5 ve 2.0 m/s) kullanılmıştır. İnfrared gücün ve giriş havasının ürünlerin ince tabaka kuruma kinetikleri (kuruma süresi, kuruma hızı vb) ve kurutulmuş ürünlerin bazı kalite özelliklerine (renk, rehidrasyon ve C-vitamini değişimi) etkileri incelenmiştir. Ayrıca ürünlerin kurutulması için gerekli özgül enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Ürünlerin

kuruma süreleri 1.0 – 2.0 m/s kurutma hava hızı aralığında ve 300, 400 ve 500 W infrared güçlerinde sırasıyla kırmızı biber için 315-455 dakika, 213-297 dakika, 196-230 dakika, elma için 198-274 dakika, 171-261 dakika, 137-170 dakika ve pırasa için ise 305-341 dakika, 195-244 dakika, 183-241 dakika arasında değiştiğini ve ürünlerin kuruma süresinin hava hızının artmasıyla arttığını, infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla azaldığını belirtmiştir. Kırmızıbiber, elma ve pırasa dilimlerin kurutulmasında infrared radyasyon yoğunluğunun artırılmasıyla her üç ürünün kuruma hızının artış gösterdiği ifade edilmiştir. Özgül enerji tüketim değerleri kırmızı biber, elma ve pırasa dilimleri için 1.0 – 2.0 m/s kurutma hava hızı aralığında ve 300, 400 ve 500 W infrared güçlerinde sırasıyla kırmızı biber için 16.62-27.31 MJ/kg-su, 17.02-21.27 MJ/kg-su, 17.65-19.51 MJ/kg-su, elma için 13.67-19.00 MJ/kg-su, 16.42-24.21 MJ/kg-su, 15.81-19.50 MJ/kg-su ve pırasa için 19.18-19.15 MJ/kg-su, 15.01-22.56 MJ/kg-su, 18.02-25.84 MJ/kg-su değerleri arasında değiştiğini belirtilmiştir. Ürünlerin kurutulmasında özgül enerji tüketimlerinin genel olarak hava hızının artmasıyla arttığı ve özgül enerjinin kuruma süresi ve infrared radyasyon yoğunluğunun optimizasyonuna bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ürün büzülme katsayıları kırmızıbiberde, sabit infrared radyasyon yoğunluğunda hava hızının artmasıyla azalmış, pırasada ise düzgün bir değişim değeri elde edilememiştir. Aynı ürünlerin rehidrasyon değerlerinin kırmızıbiberde hava hızının artırılmasıyla azaldığı, infrared radyasyon yoğunluğunun artırılmasıyla arttığı belirtilmiş, elma dilimlerinde ise hız ve gücünün değişmesiyle rehidrasyon değişimlerinde tekdüze değişkenliklerin görülmediği belirtilmiştir. Ürünlerin kurutma öncesi ve sonrasında yapılan renk ölçümlerinde, renk değerleri arasında küçük farklılıklar olduğu ifade edilmiştir (Nasıroğlu, 2007).

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1 Materyal****3.1.1 Domates Örnekleri**

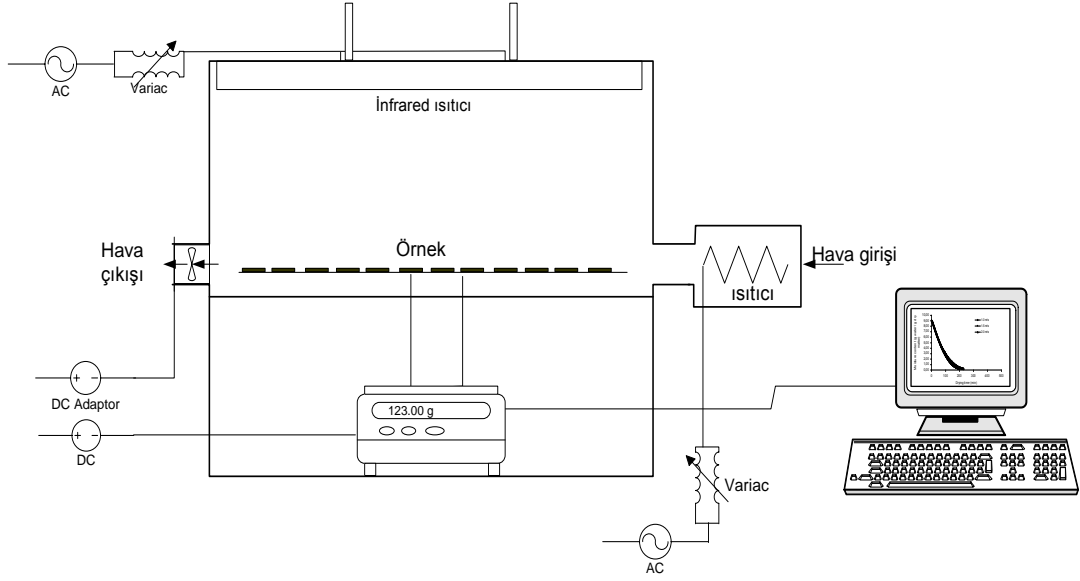
Çalışmada deneme materyali olarak, ülkemizde üretimi yapılan, ticari değeri yüksek ve değişik yöntemlerle kurutma işlemi uygulanarak kurutulan kurutmalık bir domates çeşidi olan Süper Red F1 deneme materyali olarak kullanılmıştır. Domates örnekleri Çanakkale ilinde ticari amaçlar için domates üretimi yapan bir üreticiden temin edilmiştir.

3.1.2 Deneme düzeneği

Daha önce Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde yürütülen çalışmalar (Kocabıyık ve Tezer, 2009; Nasıroğlu ve Kocabıyık, 2009) için hazırlanmış ve değişik ürünlerin kurutulması için kullanılan infrared lambalar ile çalışan kurutma düzeneği kullanılmıştır. Kurutma kabini 500 x 400 x 300 mm boyutlarında ve 2 mm et kalınlığında iç kısmı ışık yansıtıcı malzeme ile kaplanmış ürün yüklenmesi ve kontrol için tek kapılı olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir (Şekil 1). Bu araştırma için düzener üzerinde gerekli düzenlemeler yapılmış ve infrared ışın kaynağı olarak 250 W gücünde iki adet lamba şeklinde infrared ısıtıcı kullanılmıştır. İnfrared ısıtıcılar ile kurutma yüzeyi (örnek yüzeyi) arasındaki mesafe 20 cm olacak şekilde ayarlanmış ve tüm denemelerde sabit tutulmuştur. İnfrared ısıtıcılardan farklı infrared güç (farklı radyasyon yoğunluğu) değerleri elde etmek için ısıtıcının elektrik bağlantı hattına bir gerilim değiştirici bağlanmış ve elektriksel gerilim değişimiyle her bir ısıtıcı için farklı infrared radyasyon yoğunluğu uygulamaları yapılmıştır. Üründen buharlaştırılan nemin uzaklaştırılması için kurutma düzeneği üzerinde doğru akımla çalışan fanlar bulunmaktadır. Fanların sağlamış olduğu hava akımı hızını değiştirmek için bir adet doğru akım gerilim değiştirici kullanılmıştır.

Kurutma sırasında örnekler için taşıma platformu olarak tel ızgaradan yapılmış bir adet raf kullanılmıştır. Kurutma rafı, kurutma sırasında örneklerde oluşan kütle kaybının belirlenmesi için dijital bir terazi üzerine yerleştirilmiş, ve kurutma sırasında örneklerde meydana gelen kütle değişimi 3 dakikalık aralıklarla, 0.01g duyarlılıklı dijital terazi ile

ölçülmüştür. Ölçülen değerler terazinin iletişim programı aracılığıyla bilgisayara kaydedilmiştir.



Şekil 1. İnfrared kurutma düzeneği.

3.1.3 Denemelerde kullanılan diğer alet ve cihazlar

1. Ortam sıcaklığı, kurutma havası sıcaklık ve neminin ölçülmesi için HOBO H08Temp/RH/2x External Channel ölçüm probu ve BoxCar 3.7 bilgisayar yazılımı,
2. Hava hızının ayarlanması ve kontrolü için SILVA marka Alba Windwatch Model hava hızı ölçer kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Kurutma denemeleri 1080, 1506 ve 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca giriş havasının sıcaklığının kurumaya etkisinin araştırılması için denemeler giriş havası ısıtılarak ve giriş havası ısıtılmadan yani ortam hava koşulları kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2). Giriş havasının ısıtılmadığı koşullarda ortam havasının sıcaklığı 30 °C olması sebebiyle bu değer giriş havası sıcaklığı olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 2. Deneme deseni

Giriş havası sıcaklığı (T), °C	İnfrared radyasyon yoğunluğu (IP), W/m ²	Hava hızı (V), m/s
30	1080	1.0
30	1080	1.5
30	1080	2.0
30	1506	1.0
30	1506	1.5
30	1506	2.0
30	1715	1.0
30	1715	1.5
30	1715	2.0
45	1080	1.0
45	1080	1.5
45	1080	2.0
45	1506	1.0
45	1506	1.5
45	1506	2.0
45	1715	1.0
45	1715	1.5
45	1715	2.0

3.2.1. Örneklerin hazırlanması

Üreticiden temin edilen domates örnekleri aynı büyüklükte olacak şekilde sınıflandırılarak soğuk hava deposunda +4 °C sıcaklıkta depolanmış ve bir kurutma denemesi başlamadan önce kurutma denemesine yetecek kadar domates örneği laboratuvar ortamına alınarak ortam sıcaklığına ulaşması için 2-3 h bekletilmiştir. Domatesin ilk nem içerikleri 105 °C sıcaklıkta 5 h etüvde kurutularak belirlenmiştir (AOAC, 2000; Kerkhofs ve ark., 2005; Doymaz, 2007). Domatesin ilk nem içeriği yaş esasa göre (yb) %95 (19.00 g su/g kuru madde) olarak tespit edilmiştir.

Kurutma denemesi için laboratuvar ortamına alınan ve ortam sıcaklığına ulaşan örnekler, domatesin ticari amaçlar için kurutulmasında kullanılan bir parçalama şekli olan, 20 x 20 mm şeklinde bölünerek dilimlenmiştir. Dilimlenmiş örnekler tekdüze bir şekilde kurutma rafına (400 x 300 mm) yerleştirilmiş ve kurutma öncesi örnek ağırlığı 420 ± 3 g olacak şekilde ayarlanmıştır. Kurutma sonrası kalite farklılığının gözlenmesi için kurutma rafına yerleştirilmiş parçalarından 10 tane seçilerek numaralandırılmıştır.

3.2.2. Kuruma kinetikleri

Kuruma süresi; örneklerin ilk nem içeriklerinden son nem içeriklerine ulaşmaya kadar geçen süre olarak değerlendirilmiştir ve domates için hedeflenen kurutma sonrası nem içeriği %12 (yb) (0.16 g su/g kuru madde) olarak ele alınmıştır. Değişik araştırmacılar domatesin %11-15 (yb) nem içeriğine kadar kurutulması gerektiğini önermişlerdir (Unadi ve ark., 2002; Lewicki ve ark., 2002; Sacilik ve ark., 2006; Doymaz, 2007). Kuruma süresine bağlı olarak nem içeriği değişimini gösteren kuruma eğrileri oluşturulmuştur.

Örneklerin kuruma hızı; birim zamanda örnekten uzaklaştırılan su miktarı olarak tarif edilmiştir (Mongpraneet ve ark., 2002; Sharma ve ark., 2005b). Nem içeriğine bağlı olarak kuruma hızı değişimini gösteren kuruma hızı eğrileri oluşturulmuştur.

3.2.3. Özgül enerji tüketiminin belirlenmesi

Kurutma düzeneğinde kullanılan infrared ısı kaynakları ve diğer donanımların (giriş havası ısıtıcı düzeneği, fanlar vb) çalıştırılmasında elektrik enerjisinden yararlanılmıştır. Bu kurutucu donanımlarının tüketmiş olduğu elektrik enerjisi dijital bir elektrik sayacı ile ölçülerek kurutma uygulamasının toplam enerji tüketimi belirlenmiştir. Özgül enerji tüketimi örneklerin kuruması sırasında, örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak ele alınarak, MJ/kg-su şeklinde ifade edilmiş aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Unadi ve ark., 2002; Durance ve Wang, 2002; Das ve ark., 2004a; Wang ve Sheng, 2006; Varith ve ark., 2007).

$$E_s = \frac{E_T}{M_{WR}}$$

Burada;

E_s : Özgül enerji tüketimi (MJ/kg-su),

E_T : Toplam enerji (MJ),

M_{WR} : Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)

3.2.4. Büzülme katsayısının belirlenmesi

Dilimlenmiş olan domateslerin kurutma öncesi ve sonrası hacimlerinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması sırasında numaralandırılan 10 adet örnek parçanın hacmi iki adet 250 ml' lik dereceli silindir ve hardal tohumları aracılığıyla ölçülmüştür (Heybeli ve Ertekin, 2007). Dereceli silindirin bir tanesi numaralandırılmış örnekle doldurulmuş daha sonra üzerine hardal tohumları boşaltılarak dereceli silindir 250 ml' ye kadar doldurularak domates örnekleri arasındaki boşluklar hardal tohumlarıyla doldurulmuştur. Daha sonra örnek+hardal tohumu karışımındaki tohumlar ikinci silindire alınarak hardal tohumlarının hacmi belirlenmiş ve iki hacim arasındaki farktan yararlanılarak örneklerin hacmi belirlenmiştir. Kurutma öncesi ve sonrası hacimsel özelliklerinden yararlanılarak örneklerin büzülme katsayıları aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Mongpraneet ve ark., 2002).

$$S = \frac{V_d}{V_f}$$

Burada,

S : Büzülme oranı,

V_d : Örneğin kurutma sonrası hacmi (mm³)

V_f : Örneğin kurutma öncesi hacmi (mm³)

3.2.5. Rehidrasyon özelliklerinin belirlenmesi

Kurutulmuş gıda maddelerinin kalite parametrelerinden birisi de rehidrasyon özelliğidir. Kurutulmuş örneklerden alınan 10 g örnek 100 ml'lik beher içerisindeki 50 ml hacmindeki ve 25 °C sıcaklığındaki saf su içerisine bırakılmış (Lewicki ve ark., 2002; Durance ve Wang, 2002; Doymaz, 2007) ve 3 h izotermik koşullarda bekletilmiştir. 3 h

sonra beherden alınan örneklerin üzerinde bulunan su, kâğıt havlu ile alınıp örnek kütlesi tekrar tartılmış ve rehidrasyon öncesi ve sonrası kütlelerden yararlanılarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon katsayıları aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Kim ve Telodo, 1987; Kaymak ve Ertekin, 2002; Sharma ve ark., 2005a; Nimmol ve ark., 2007).

$$R_E = \frac{M_R}{M_D}$$

Burada,

R_E : Rehidrasyon oranı,

M_D : Kuru örneğin kütlesi (g)

M_R : Rehidrasyon sonrası örneğin kütlesi (g)

3.2.6. Renk parametrelerinin belirlenmesi

Örnek hazırlıkları sırasında numaralandırılan 10 adet parçanın kurutma öncesi ve sonrasında renk ölçümleri Minolta CR-200 Chroma Meter (Minolta Co., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile CIE Lab renk uzayında L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu renk değerlerinden yararlanılarak örneklerin toplam renk değişimi (ΔE), Kroma (C) ve hue açısı değerleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$\text{Renk değişimi; } \Delta E = \sqrt{(L_f - L_d)^2 + (a_f - a_d)^2 + (b_f - b_d)^2}$$

$$\text{Kroma; } C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$

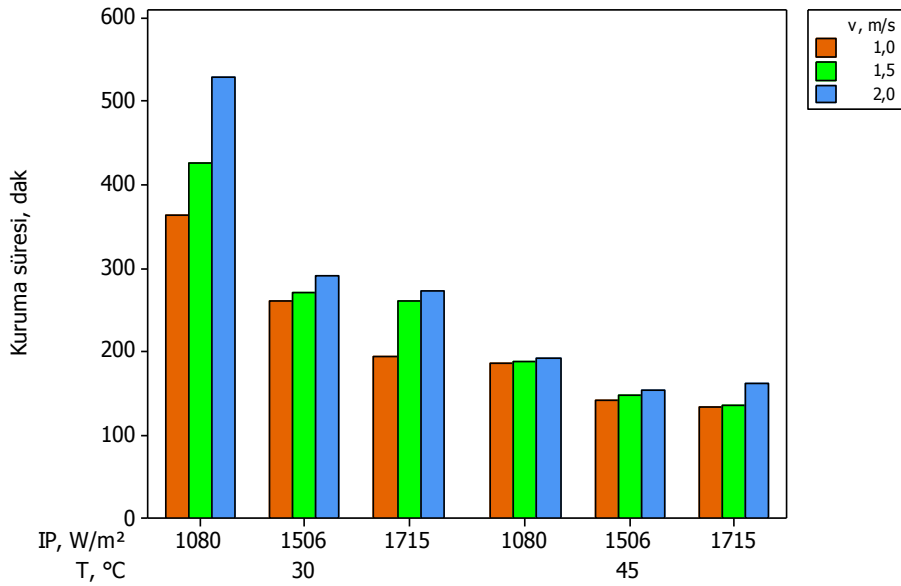
BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kuruma Süresi ve Kuruma Kinetikleri

4.1.1. Kuruma süresi

Domatesin ilk nem içeriğinden (19.00 g su/g kuru madde) güvenli bir şekilde depolanabilmesi için gerekli nem içeriğine (0.16 g su/g kuru madde) kadar giriş havasını ısıtmadan (30 °C) ve ısıtılarak (45 °C), üç farklı 1080, 1506 ve 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında yapılan kurutma denemeleri sonucunda elde edilen kuruma süreleri Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Değişik kurutma kombinasyonlarında domatesin kuruma süreleri.

Kurutma denemelerinde en kısa kurutma süresi; 45 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0 m/s hava hızında 133 dak olarak elde edilmiştir. En uzun kurutma süresi; 30 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 2.0 m/s hava hızında 530 dak olarak elde edilmiştir.

İnfrared radyasyon yoğunluğu, giriş havası sıcaklığı ve hava hızının değişmesiyle kuruma süreleri değişiklik göstermiştir. Giriş havası sıcaklığının artmasına karşılık aynı infrared radyasyon yoğunluğunda ve hava hızında kuruma süresi azalmıştır. Giriş havası

sıcaklığı ve hava hızının sabit tutulduğu koşullarda infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kuruma süresi azalmasına karşılık giriş hava sıcaklığı ve infrared radyasyon yoğunluğu sabit olduğu zaman hava hızının artmasıyla kuruma süresi artış göstermiştir. Fakat 30 °C giriş havası sıcaklığındaki duruma oranla 45 °C giriş havası sıcaklığındaki kuruma süresi değişimleri daha az olmuş ve aynı infrared radyasyon yoğunluğunda domatesler daha yakın sürelerde istenilen nem içeriği seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 3, 4).

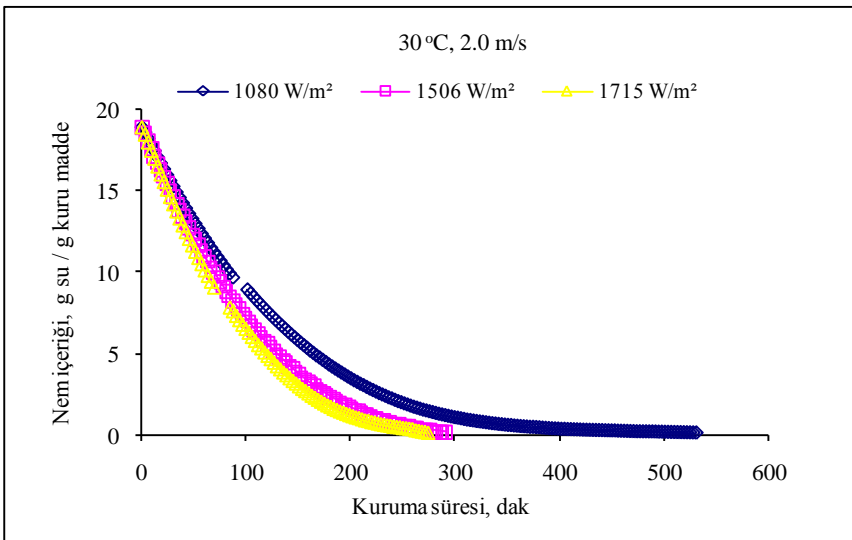
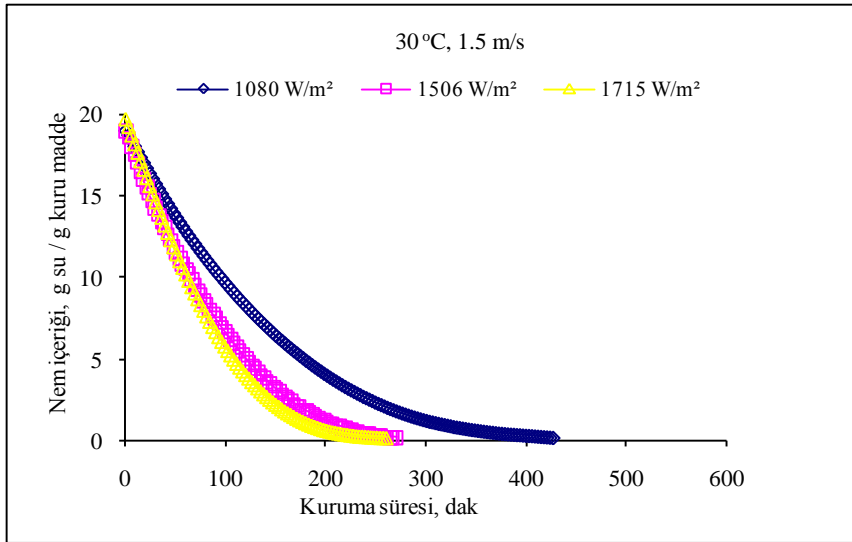
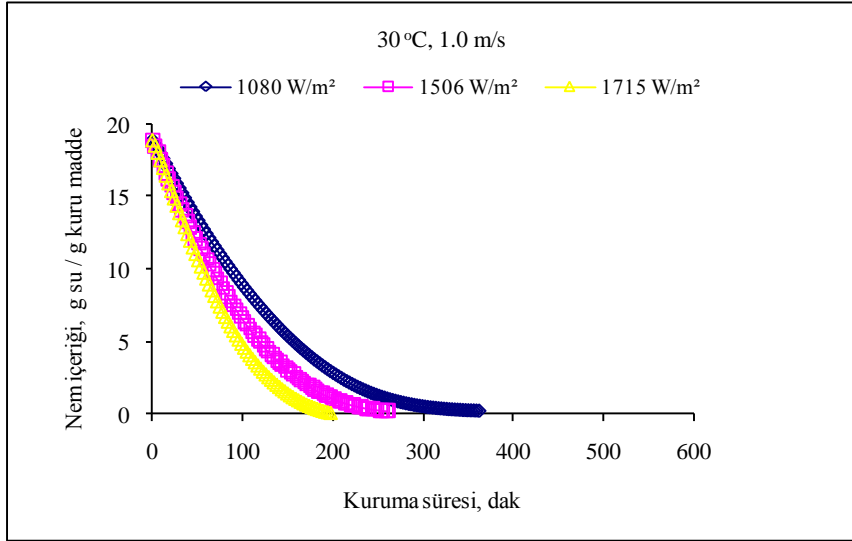
Kuruma süresi kuruma havasının hızının artmasıyla uzarken giriş havası sıcaklığı ve infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kısalmıştır. İşlem değişkenleri ile kuruma süresi arasındaki doğrusal ilişki aşağıdaki eşitlikle tarif edilmiştir:

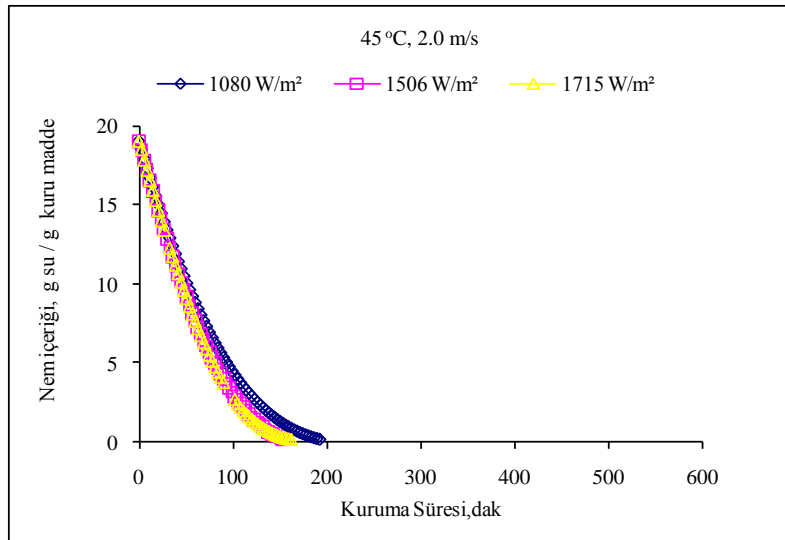
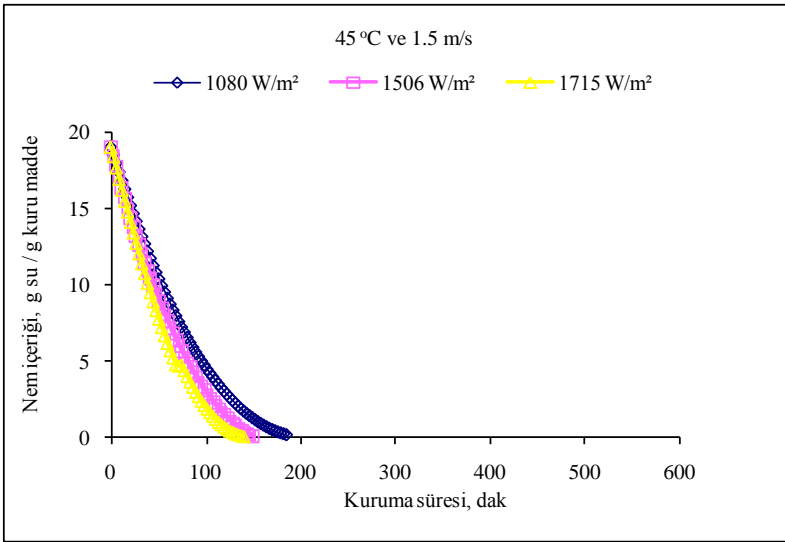
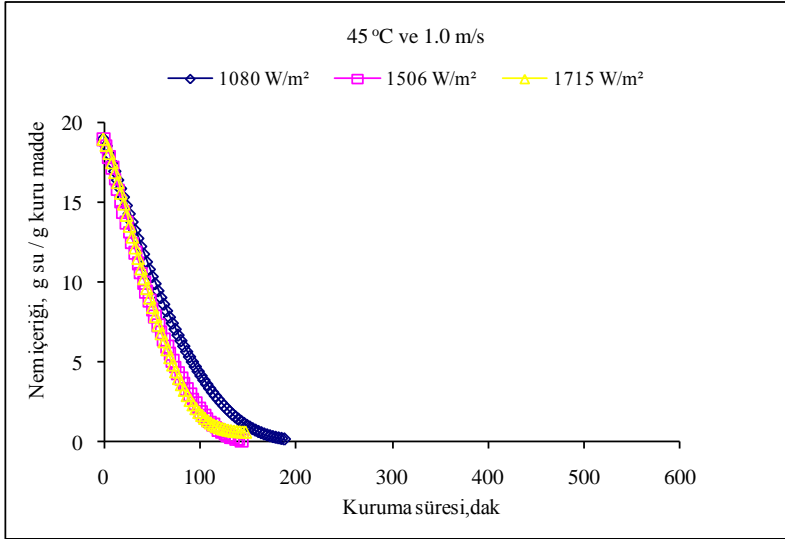
$$\text{Kuruma süresi (dak)} = 841.3 - 10.6 T - 0.199 IP + 53.7 v \quad R^2=0.845$$

Burada, T giriş havası sıcaklığı (°C), IP infrared radyasyon yoğunluğu (W/m^2), v giriş havası hızı (m/s).

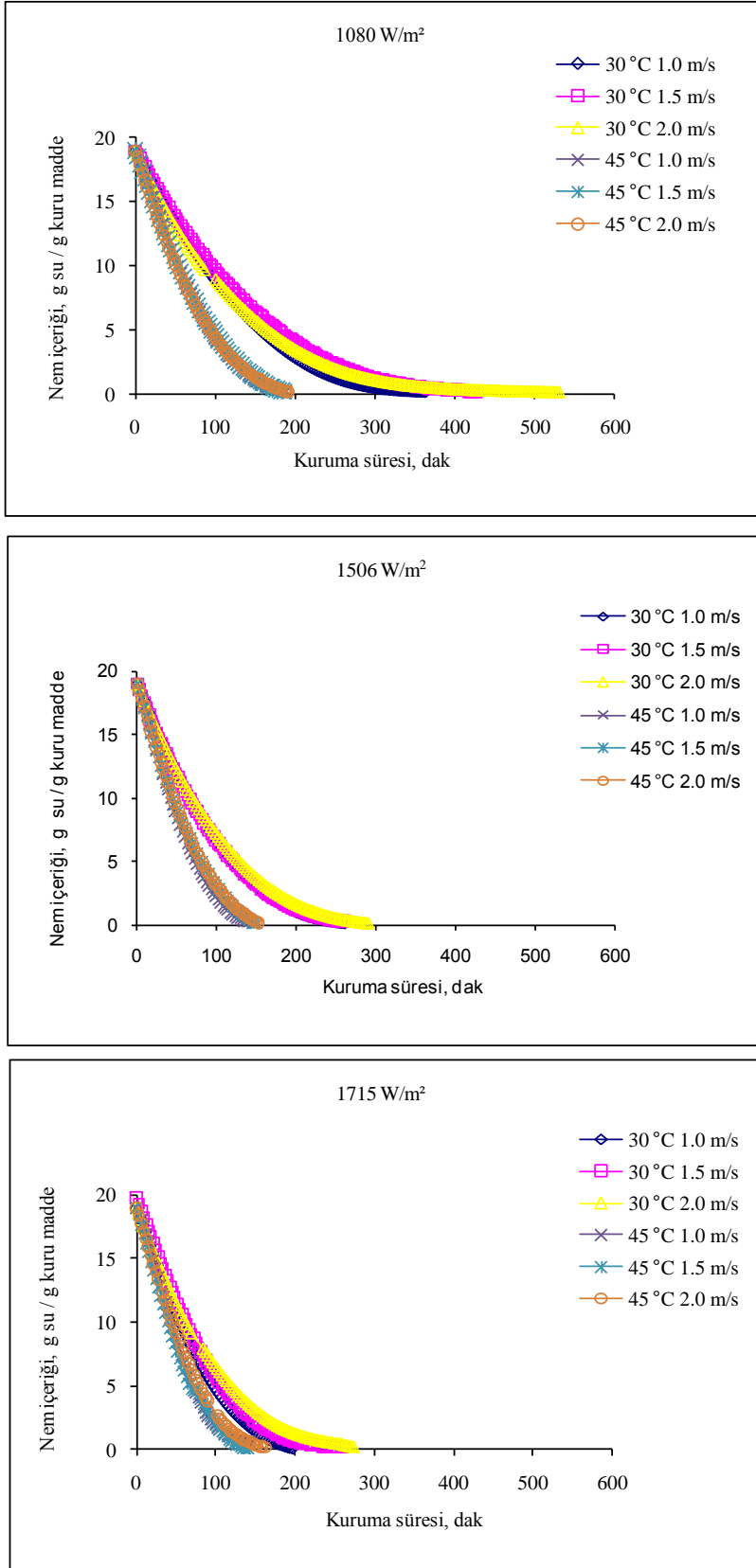
Sacilik ve ark. (2006) solor tunel kurutucuda ve açık alanda güneşte organik domatesleri kurutmak için yaptığı çalışmada, organik domatesleri %11.50 (yb) nem içeriğine kadar kurutmak için gerekli sürenin solar tünel kurutucuda 82 ile 96 h arasında, açık alanda güneşte 106 ile 120 h arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Durance ve Wang (2002) sıcak hava ile domateslerin kurutulması çalışmasında kuruma süresini 14 h olarak tespit etmişlerdir. Mutlu ve Ergüneş (2008) güneş enerjili raflı kurutucu ile domateslerin istenilen nem içeriklerine kadar kurutulmasında gerekli sürenin 200 h'e kadar sürdüğünü belirtmişlerdir.

Patates için Afzal ve Abe (1999), Soğan dilimleri için Sharma ve ark. (2005) ve Pathare ve Sharma (2006), elma, pırasa ve kırmızıbiber dilimleri için Nasıroğlu (2007), havuç için Kocabıyık ve Tezer (2009), kırmızıbiber dilimleri için Nasıroğlu ve Kocabıyık (2009) bu çalışmadaki sonuçlara ek olarak; kuruma süresinin infrared gücün ya da infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla kuruma süresinin kısaldığını buna karşılık giriş havası hızının artmasıyla da uzadığını bildirmişlerdir.





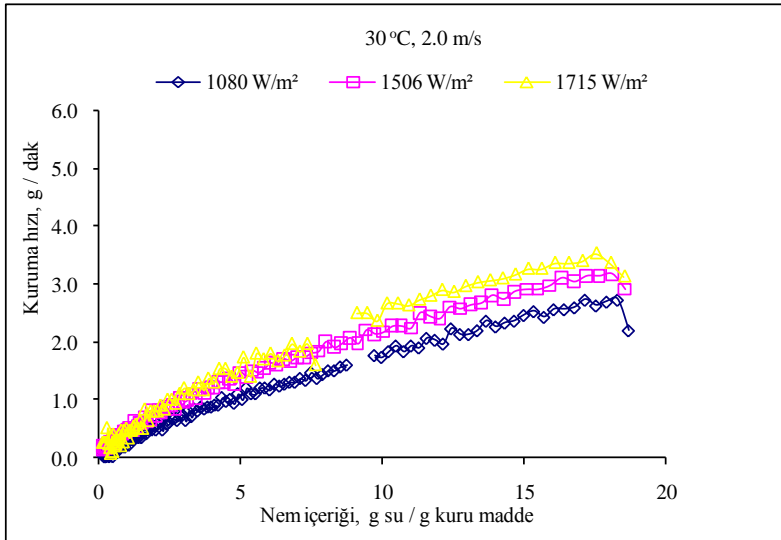
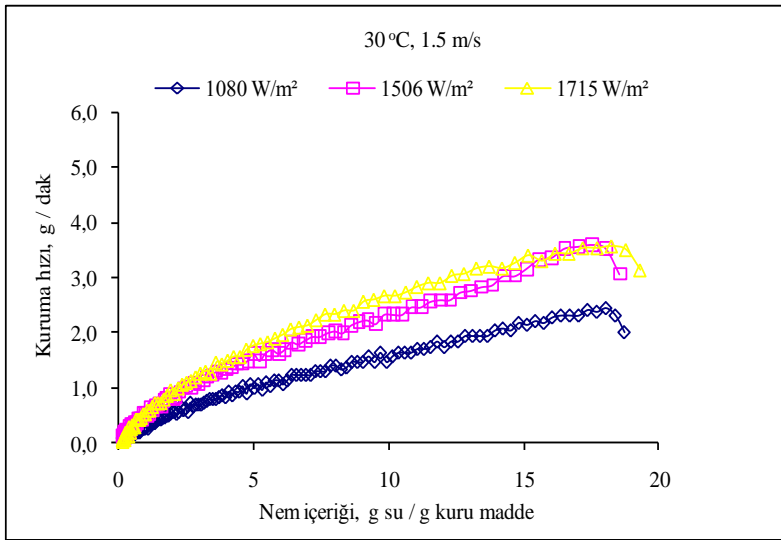
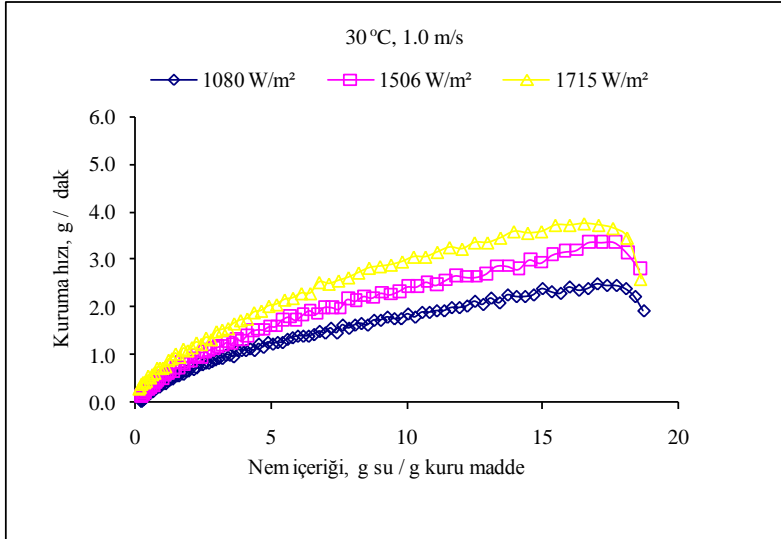
Şekil 3. Domatesin farklı hava hızlarında ve farklı giriş havası sıcaklıklarında infrared radyasyon yoğunluğuna göre nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.

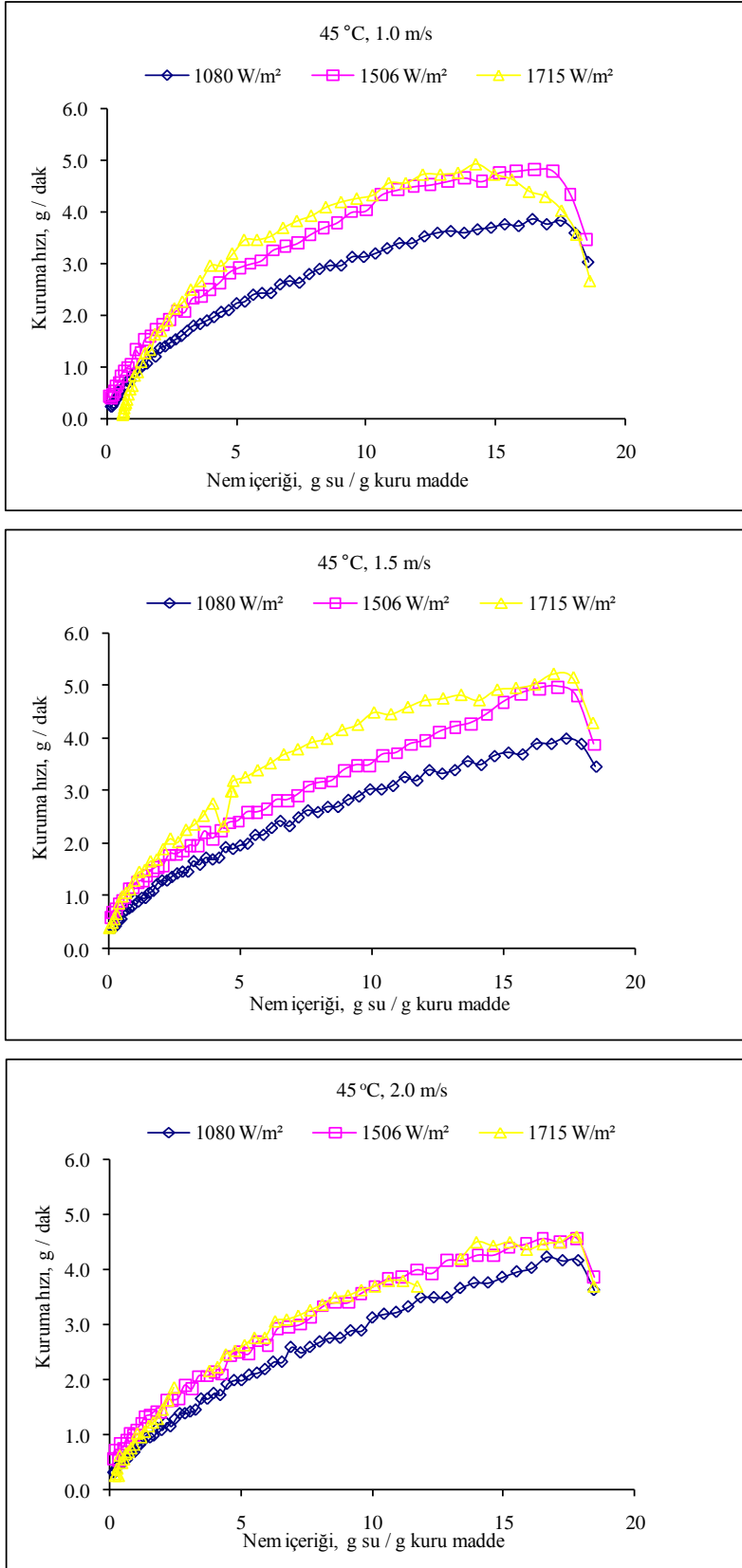


Şekil 4. Domatesin farklı infrared radyasyon yoğunluğunda ve farklı hava hızlarında giriş havası sıcaklıklarına göre nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.

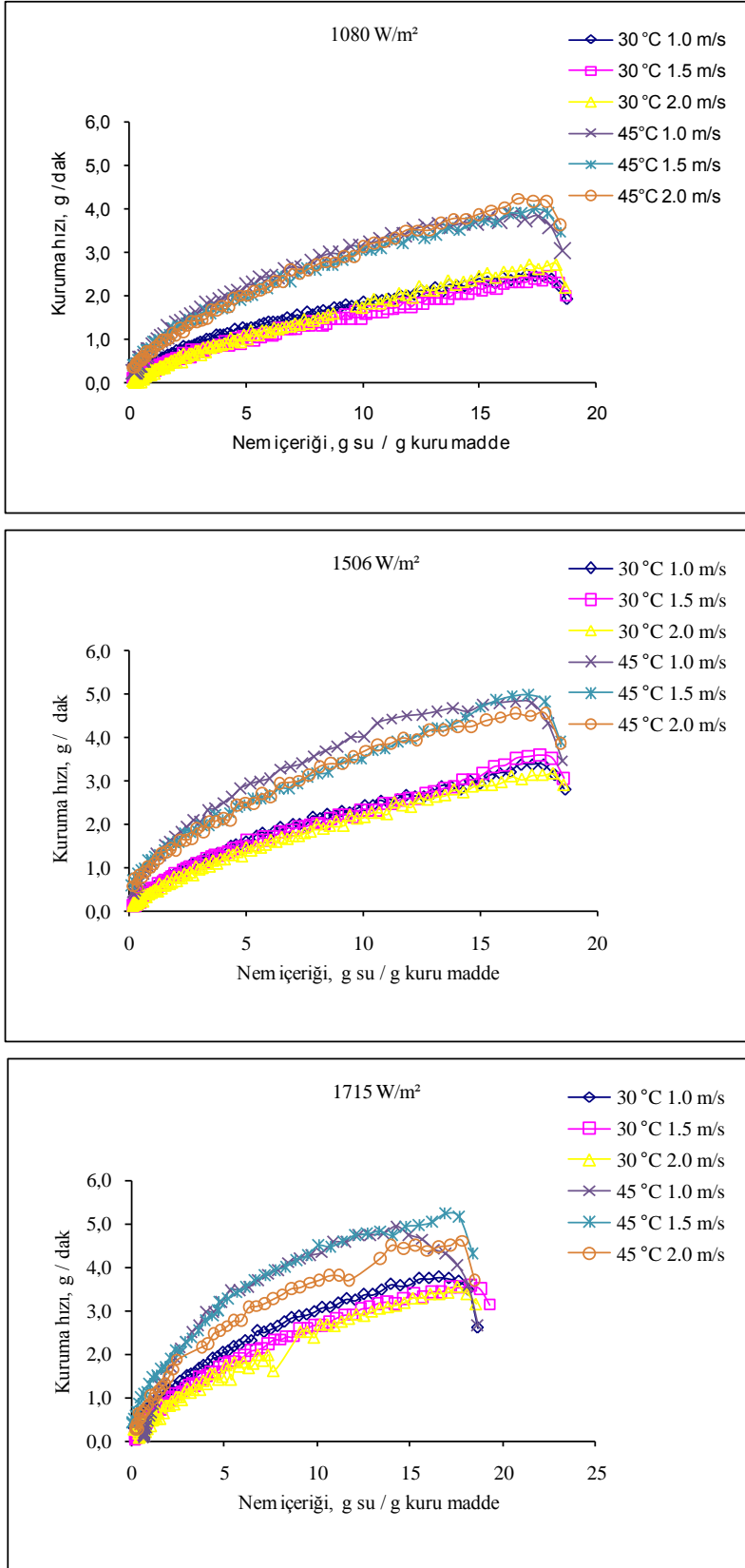
Domatesin kurutulması sırasında giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının kullanıldığı tüm kurutma kombinasyonlarında domatesin kuruma hızlarının eğilimleri aynı olmuş ve kurutma süresince üç farklı eğilim meydana gelmiştir. Kurumanın başlangıcında kurutulacak olan domates örneklerinin giriş havasının sıcaklığı ve infrared radyasyonun etkisiyle kısa süreli bir ısınma periyodu geçirmesi sonucu bu periyot süresince yükselen bir kuruma hızı eğilimi göstermiştir. Sonrasında üründeki serbest su içeriğinin azalma eğilimine girmesiyle azalan eğilimde bir kuruma hızı periyodu ve üründeki serbest suyun iyice azalıp bağıl suyun etkinliğinin artması sonucu kuruma hızında daha fazla bir düşüşün meydana geldiği ikinci azalan hız periyodu meydana gelmiştir.

Giriş havası sıcaklığındaki ve infrared radyasyon yoğunluğunun artışıyla belirli bir nem içeriği seviyesinde domatesin kuruma hızı artış göstermesine karşılık hava hızının artışıyla azalma göstermiştir (Şekil 5, 6).





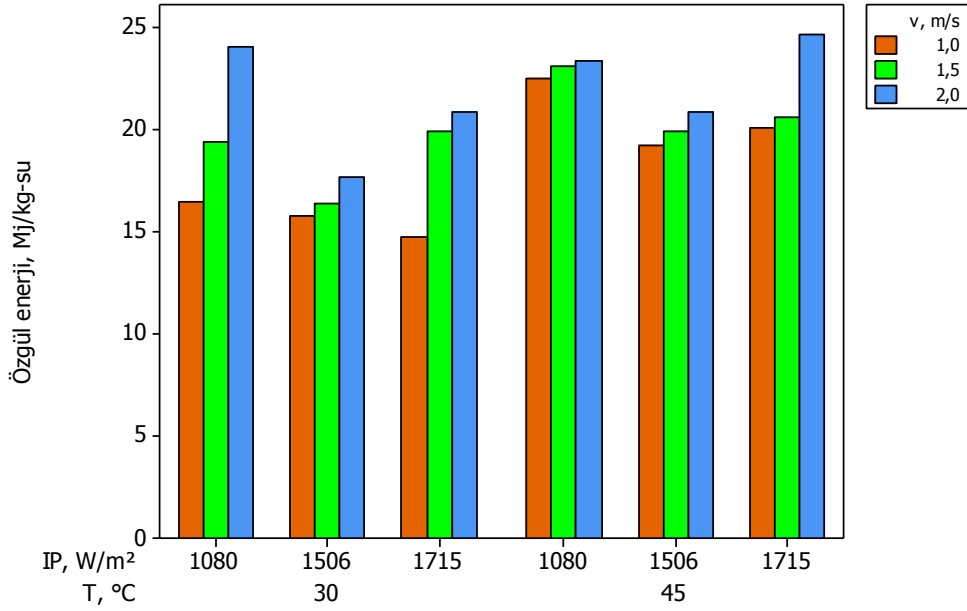
Şekil 5. Domatesin farklı hava hızlarında ve farklı giriş havası sıcaklıklarında infrared radyasyon yoğunluğu göre kuruma hızının nem içeriği ile değişimi.



Şekil 6. Domatesin farklı infrared radyasyon yoğunluğunda ve farklı hava hızlarında giriş havası sıcaklıklarına göre kuruma hızının nem içeriği ile değişimi.

4.2. Özgül Enerji Tüketimi, Büzülme ve Rehidrasyon

Domatesin ilk nem içeriğinden depolanması için gerekli olan nem içeriğine kadar kurutulmasında 30 °C ve 45 °C giriş havası sıcaklıklarında, 1080, 1506 ve 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında domatesten suyun uzaklaştırılması için gerekli olan özgül enerji miktarı ile ilgili değişim şekil 7.'de görülmektedir.



Şekil 7. Değişik kurutma kombinasyonlarında domatesin özgül enerji tüketimi.

Domatesin kurutulması sırasında üründen suyun uzaklaştırılması için gerekli olan en yüksek özgül enerji tüketimi 45 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 2.0 m/s hava hızında 24.63 MJ/kg, en düşük özgül enerji tüketimi ise 30 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0 m/s hava hızında 14.72 MJ/kg-su olarak elde edilmiştir.

Genel olarak 30 °C giriş havası sıcaklığında, infrared radyasyon yoğunluğunun sabit tutulduğu koşullarda hava hızının artmasıyla özgül enerji tüketimi artmıştır. Buna karşın hava hızının sabit tutulduğu koşullarda ise infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla özgül enerji tüketimi azalmıştır. Giriş havasının 45 °C olduğu koşullarda da aynı

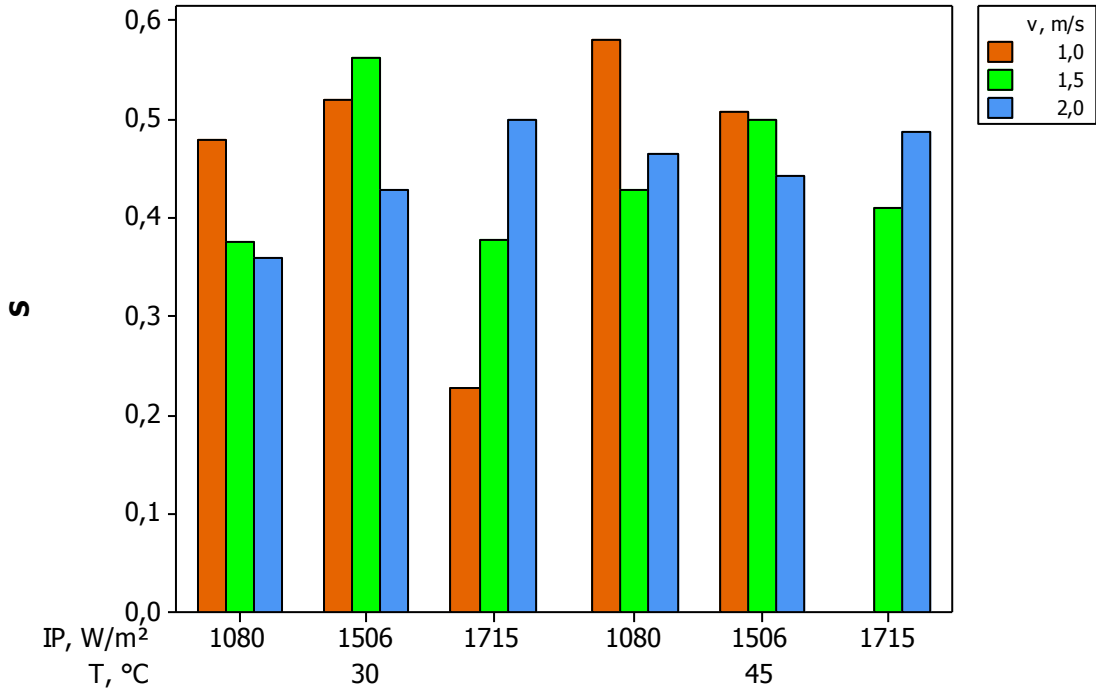
gelişmeleri göstermiştir. Fakat 30 °C giriş havası sıcaklığındaki duruma oranla özgül enerji tüketimi daha yüksek değerlerde olmuştur.

Özgül enerji tüketimi genel giriş havası sıcaklığının, hava hızının ve infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla artış göstermiştir. İşlem değişkenlerinin değişimi ile özgül enerji tüketiminin tanımlanabileceği doğrusal ilişki aşağıdaki eşitlikle tarif edilmiştir:

$$SEC = 10.4 + 0.216T - 0.00287IP + 3.75v \quad R^2 = 0.692$$

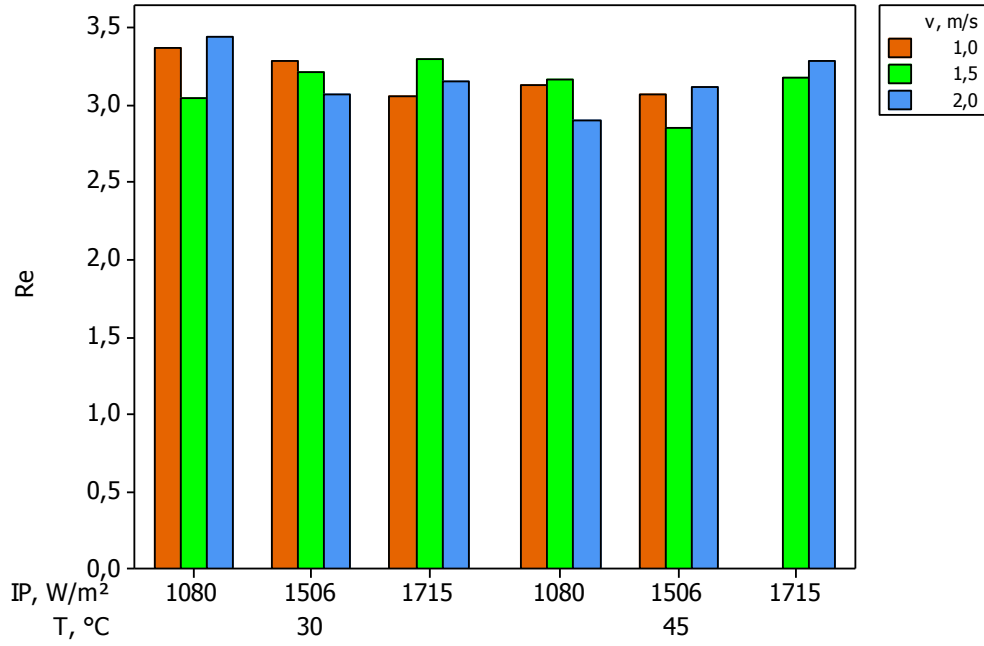
Burada, T giriş havası sıcaklığı (°C), IP infrared radyasyon yoğunluğu (W/m^2), v giriş havası hızı (m/s).

Büzülme katsayılarının kurutma uygulamaları ile değişimi şekil 8’de görülmektedir. En az şekil değiştirme yani en yüksek büzülme katsayısı 45 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m^2 infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0 m/s hava hızında 0.581, en fazla şekil değiştirme yani en düşük büzülme katsayısı ise, 30 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m^2 infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.0 m/s hava hızında 0.227 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak tüm kurutma uygulamalarında hacimsel değişim gerçekleşmiş fakat kurutma faktörlerine bağlı olarak hacimsel değişimde belirgin bir eğilim gerçekleşmemiştir.



Şekil 8. Kurutulan domates örneklerinde büzülme oranları.

Kurutulmuş domateslerin rehidrasyon katsayıları 2.85 ile 3.44 arasında değişmiştir (Şekil 9). Giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının rehidrasyon özellikleri üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etkisi bulunmamıştır. Rehidrasyon değerlerinde genel olarak giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının değişmesiyle belirgin değişkenlikler görülmemiştir.



Şekil 9. Kurutulan domates örneklerinin rehidrasyon oranları.

Özkan ve ark., (2001), domatesin mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametrelerini belirledikleri çalışmalarında; düşük mikrodalga güç seviyelerinde çalışırken renk kaybının ve materyal yüzeyinde büzüşmenin ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Yüksek mikrodalga kademelerinde çalışırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kuruma zamanı ile yanma zamanının birbirine çok yakın sürelerde gerçekleşmesi, materyalin yüzeyinde hava kabarcıklarının ve kararmaların oluşması, domatesin et kısmının kabuktan ayrılması ve domates özünün akmasıdır. Sacilik ve ark. (2006) soler tunel kurutucuda ve açık alanda güneşte organik domatesleri kurutmak için yaptığı çalışmada, organik domatesleri %11.50 (yb) nem içeriğine kadar kurutma sonrası örneklerin rehidrasyon oranlarının solar tünel kurutucuda 2.80 ile 3.15 arasında, açık alanda güneşte 2.89 ile 3.10 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

4.3. Renk Parametreleri

İki farklı giriş havası sıcaklığı (30 °C ve 45 °C), üç farklı hava hızı (1.0, 1.5, 2.0 m/s) ve üç farklı infrared radyasyon yoğunluğundaki (1080, 1506, 1715 W/m²) kurutma koşullarında domates dilimlerinin L* (parlaklık), a* (kırmızı/yeşil), b* (sarı/mavi) renk değerleri incelenmiştir. Kurutulan domates dilimlerinde gerçekleşen parlaklık değeri en fazla 30 °C giriş havası sıcaklığında, 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 47.82, en az 45 °C giriş havası sıcaklığında, 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 40.23 olarak elde edilmiştir (F=5.14**). a* değeri en az 45 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 22.03, en fazla da 30 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 44.73 olarak elde edilmiştir. Farklı yöntemlerle kurutulmuş olan bütün örneklerde (45 °C-1715 W/m²-1.5 m/s hariç) kurutma öncesine göre kırmızılık oranı artış göstermiştir (F=54.11**). b* değeri en az 45°C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 21.68, en fazla da 30 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 31.23 olarak elde edilmiştir. Farklı yöntemlerle kurutulmuş olan bütün örneklerde (30 °C-1715 W/m²-1.5 m/s; 45 °C-1715 W/m²-1.5 m/s hariç) kurutma öncesine göre sarılık oranı artış göstermiştir (F=18.59**) (Çizelge 3).

Kroma değerleri en yüksek 30 °C giriş havası sıcaklığında, 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 54.60, en düşük 45 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 31.03 olarak elde edilmiştir. Farklı yöntemlerle kurutulmuş örneklerin hepsinde (30 °C-1715 W/m²-1.5 m/s; 45 °C-1715 W/m²-1.5 m/s hariç) renk doygunlukları artış göstermiştir (F=51.75**) (Çizelge 3)

Hue açısı değeri en yüksek 45 °C giriş havası sıcaklığında 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 45.98, en düşük 30 °C giriş havası sıcaklığında, 1506 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 31.84 olarak elde edilmiştir (F=13.40**) (Çizelge 3).

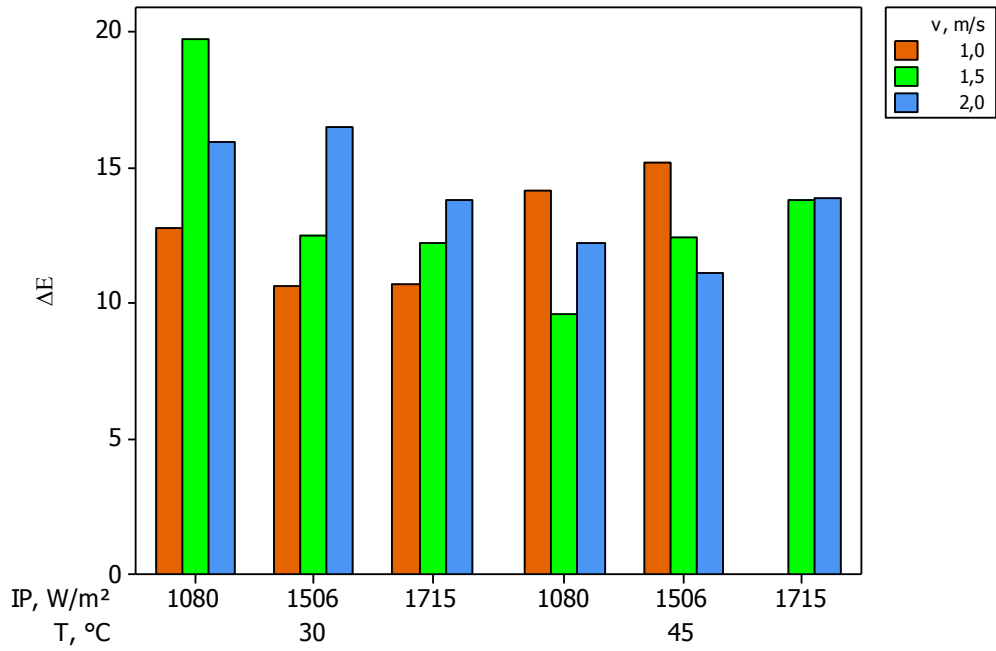
Çizelge 3. Giriş hava sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızına göre elde edilen renk değerleri (L*, a*, b*, kroma, hue açısı)

Sıcaklık	İnfrared radyasyon yoğunluğu	Hava Hızı	L*	a*	b*	Kroma	Hue açısı
30	1080	1.0	44.76 ^{cdefg}	40.28 ^{efg}	28.52 ^{defgh}	49.46 ^{defg}	35.22 ^{abc}
30	1080	1.5	47.82 ^h	44.73 ^h	31.23 ^h	54.60 ^h	34.87 ^{abc}
30	1080	2.0	44.07 ^{bcdefg}	43.06 ^{gh}	29.55 ^{fgh}	52.33 ^{gh}	34.36 ^{abc}
30	1506	1.0	41.72 ^{ab}	37.75 ^{cde}	26.89 ^{cdef}	46.42 ^{cde}	35.62 ^{bc}
30	1506	1.5	43.24 ^{bcdef}	42.40 ^{fgh}	26.38 ^{cde}	49.99 ^{efg}	31.84 ^a
30	1506	2.0	43.09 ^{bcde}	44.32 ^h	27.65 ^{cdefg}	52.27 ^{gh}	31.95 ^a
30	1715	1.0	44.58 ^{cdefg}	39.16 ^{def}	28.99 ^{defgh}	48.79 ^{defg}	36.43 ^{bcde}
30	1715	1.5	42.86 ^{bcd}	28.56 ^b	22.14 ^a	36.16 ^b	37.86 ^{cde}
30	1715	2.0	44.29 ^{bcdefg}	42.73 ^{gh}	27.96 ^{cdefg}	51.08 ^{fgh}	33.13 ^{ab}
45	1080	1.0	44.10 ^{bcdefg}	36.10 ^{cd}	29.18 ^{efgh}	46.45 ^{cde}	39.01 ^{de}
45	1080	1.5	43.95 ^{bcdef}	36.71 ^{cde}	25.33 ^{bc}	44.71 ^c	34.83 ^{abc}
45	1080	2.0	45.28 ^{defg}	37.39 ^{cde}	26.21 ^{cd}	45.71 ^{cd}	35.11 ^{abc}
45	1506	1.0	42.28 ^{abc}	34.47 ^c	28.14 ^{cdefg}	44.60 ^c	39.58 ^e
45	1506	1.5	46.67 ^{gh}	36.07 ^{cd}	29.26 ^{efgh}	46.56 ^{cde}	39.12 ^{de}
45	1506	2.0	45.80 ^{fgh}	37.15 ^{cde}	26.76 ^{cdef}	45.82 ^{cd}	35.82 ^{bcd}
45	1715	1.0	*	*	*	*	*
45	1715	1.5	40.23 ^a	22.03 ^a	21.68 ^a	31.03 ^a	45.98 ^f
45	1715	2.0	45.63 ^{efgh}	36.35 ^{cd}	29.91 ^{gh}	47.34 ^{cdef}	39.65 ^e

Tüm renk parametreleri üzerine giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve giriş havasının kombinasyon etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

Kurutulmuş tarımsal ürünlerin kalite parametrelerinden bir tanesi de renk değerleridir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kurutulmuş ürünün renginin kurutma öncesi renk değerinde olması istenir. Fakat hangi kurutma sistemi veya yöntemi kullanılırsa kullanılsın tarımsal ürünlerin renk değerlerinde bir değişim meydana gelmektedir. Bu değişimin en az seviyede olması kurutma sisteminin başarısı olarak görülmektedir.

Farklı giriş havası, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızı uygulanarak yapılan kurutma işleminin hepsinde kurutulmuş domates örneklerinde bir renk değişimi meydana gelmiştir. Kurutulan domates dilimlerinde en düşük toplam renk değişimi (ΔE) 45 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 9.58, en yüksek toplam renk değişimi (ΔE) ise 30 °C giriş havası sıcaklığında 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve 1.5 m/s hava hızında 19.73 olarak elde edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Kurutulan domates örneklerinde toplam renk değişimi (ΔE).

Lewicki ve ark (2002), Kerkhofs ve ark (2005) ve Toor ve Savage (2006) sıcak hava (konvektif) , Mutlu ve Ergüneş (2008) güneş enerjili raflı kurutucu, Sacilik ve ark. (2006) solar tunel kurutucuda ve açık alanda güneşte domateslerin kurutulması çalışmalarında kurutulmuş domates örneklerinde renk değerlerinin değişim gösterdiği ve bu değişimlerin önemli olduğunu bulmuşlardır.

BÖLÜM 5**SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Domatesin kurutulmasında giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızının domatesin kuruma süresi, özgül enerji tüketimi işletme gibi parametreleri ve büzülme, rehidrasyon oranı, renk (L^* , a^* , b^* , kroma, hue açısı, ΔE) gibi bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır ve bunlarla ilgili sonuçlar aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

30 °C giriş havası sıcaklığında ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında yapılan kurutma denemelerinde sırasıyla kuruma süresi değerleri; 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 363-530 dak, 1506 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 261 - 291 dak, 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 195-273 dak arasında değişiklik göstermiştir. 45 °C giriş havası sıcaklığında 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında ise 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 186-192 dak, 1506 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 141-153 dak, 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 133-162 dak değerleri arasında değişiklik göstermiştir.

Ürün kuruma süresi giriş havasının sıcaklığının ve infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla azalmasına karşın hava hızının artmasıyla artış göstermiş göstermiştir. Kuruma hızı giriş havasının sıcaklığı ve infrared radyasyon yoğunluğunun artırılmasıyla artış göstermiştir. Hava hızının artmasıyla kuruma hızında azalış göstermiş fakat üç farklı hava hızındaki kuruma hızı değerleri aynı nem içeriği değerinde birbirine çok yakın olmuş ve üç farklı kuruma hızı eğilimi gözlenmiştir.

30 °C giriş havası sıcaklığında ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında sırasıyla özgül enerji tüketim değerleri; 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 16.45–24.01 MJ/kg-su, 1506 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 15.79–17.71 MJ/kg-su, 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 14.72–20.85 MJ/kg-su değerleri arasında değişiklik göstermiştir. 45 °C giriş havası sıcaklığında 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında ise 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 22.51–23.34 MJ/kg-su, 1506 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 19.25–20.82 MJ/kg-su, 1715 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda 20.12–24.63 MJ/kg-su değerleri arasında değişiklik göstermiştir.

Ürünün kurutulması için gerekli olan özgül enerji tüketimi hava hızının artmasıyla artmış, infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla da genel olarak azalmıştır. Giriş havası sıcaklığının arttırılması özgül enerji tüketiminin 30 °C giriş havası sıcaklığındaki

duruma oranla daha yüksek olmasına sebep olmuştur.

Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan domates örneklerinin hepsinde şekil değişimi meydana gelmiş fakat kurutma yöntemleri için kullanılan faktörlere (giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu, hava hızı) bağlı olarak genel bir eğilim göstermemiştir. Kurutulmuş domates örneklerinin rehidrasyon değerleri 2.85 ile 3.44 arasında değişmiş ve bütün kurutma kombinasyonlarında elde edilen rehidrasyon değerleri birbirine çok yakın olmuştur. Büzülme değerinde olduğu gibi kullanılan kurutma faktörlerine (giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu, hava hızı) bağlı olarak belirgin değişkenlikler görülmemiştir.

Kurutulmuş domateste renk değerlerinin kurutma öncesi renk değerlerine göre değişiklik göstermiştir. Genel olarak kurutulmuş örneklerin parlaklık (L^*) değerleri 40.22 ile 47.82 arasında değişim göstermiş ve kurutulan örneklerin parlaklık değerleri kurutma öncesi parlaklık değerlerine yakın değerler almıştır. Kurutulan domates örneklerinin kurutma öncesi a^* ve b^* değerlerine göre genel anlamda kırmızılık ve sarılık oranlarında artışlar meydana gelmiştir. a^* ve b^* değerlerindeki değişime paralel olarak kurutulmuş örneklerin renk yoğunluklarında (kroma) artış meydana gelmiştir. Kurutulmuş domates örneklerinin hue açısı (renk) değerleri 31.83 ile 45.98 arasında değişiklik göstermiştir. Renk parametrelerinden L^* , a^* , b^* , kroma ve hue açısı değerleri bütün kurutma kombinasyonlarında değişim göstermiş fakat kurutma kombinasyonu için kullanılan faktörlerin değişimine uygunluk gösteren bir değişiklik gözlenmemiştir. L^* , a^* , b^* değerlerinin bileşimi halindeki toplam renk değişimi (ΔE) değerlerindeki değişiklikte genel bir eğilim izlenmemiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre domates kurutmada en uygun kombinasyonun belirlenebilmesi için kombinasyonda kullanılan faktörlere bağlı olarak işletme parametrelerinin (kuruma süresi, özgül enerji tüketimi) minimize ve kalite parametrelerinden büzülmenin ve toplam renk değişiminin minimize ve rehidrasyon oranının maksimize edilerek optimizasyonun yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Amaratunga K. S. P., Pan Z., Zheng X. ve Thompson J.F., 2005. Comparison of drying characteristics and quality of rough rice dried with infrared and heated air. ASAE Paper No. 056005 St. Joseph, Mich. ASAE.
- AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. Arlington, Va.: AOAC International.
- Baysal T., Icier F., Ersus S. ve Yıldız H., 2003. Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *Europe Food Research Technology*. 218, 68-73.
- Choa K. J. ve Chou S. K., 2003. Low-cost drying methods for developing countries. *Trends in Food Science and Technology* 14, 519-528.
- Das I., Das S. K. ve Bal S., 2004a. Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. *Journal of Food Engineering* 62, 9-14.
- Das I., Das S. K. ve Bal S., 2004b. *Drying performance of a batch type vibration aided infrared dryer*. *Journal of Food Engineering* 64, 129-133.
- Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K. ve Liu, R. H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 3010-3014.
- Doymaz I., 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78, 1291-1297.
- Durance T. D. ve Wang J. H., 2002. Energy consumption, density and rehydration rate of Vacuum Microwave-and Hot-Air convection-dehydration tomatoes. *Journal of Food Science* 67 (6) 2112-2116.
- FAO. 2005. *Faostat Statistical Database*, from <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>
- Fasini O., 2003. Infrared heating of food and agricultural materials. ASAE Paper no: 036219. ASAE.
- Hebbar H. U., Viswanathan K. H. ve Ramesh M. N., 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *Journal of Food Engineering* 65, 557-563.

- Heybeli N. ve Ertekin C. 2007. Elma dilimlerinin ince tabaka halinde kuruma karakteristiği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* 3(3) 179-187.
- Jain D. ve Pathare P. B., 2004. *Selection* and evaluation of thin layer drying models for infrared radiative and convective drying of onion slices. *Biosystems Engineering* 89, 289-296.
- Kahyaoğlu-Aytaç G. 2008. Kurutulmuş sebzeler. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İGEME Sektör Araştırma Raporu.
- Kaymak-Ertekin F., 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science* 67 (1)168-175.
- Kerkhofs N. S., Lister C. E. ve Savage G. P., 2005. Change in colour and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. *Plant Foods for Human Nutrition* 60, 117-121.
- Kim M. H. ve Toledo R. T., 1987. Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rebbit eye blueberries. *Journal Of Food Science* 52, 480-489.
- Kocabiyik H. ve Tezer D., 2009. Drying of carrot slices using infrared radiation. *International Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1111/j.1365-2621.2008.01767.x
- Kumar D. G. P., Hebbar H. U. ve Ramesh M. N., 2006. Suitability of thin layer models for infrared-hot air drying of onion slices. *LWT* 39, 700-705.
- Kumar D. G. P., Hebbar H. U., Sukumar D. ve Ramesh M. N., 2005. Infrared and Hot-Air drying of onions. *Journal of Food Processing and Preservation* 29, 132-150.
- Lewicki P. P., Le H. V. ve Pomaranska-Lazuka W., 2002. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 54, 141-146.
- Lewis M. J., 1996. Physical Properties of Food and Food Processing Systems. *Woodhead Publishing Limited*, Cambridge, England.
- Lin Y. P., Tsen J. H. ve King V. A. E., 2005. Effects of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato. *Journal of Food Engineering* 68, 249-255.
- Lin Y. P., Lee T. Y., Tsen J. H. ve King V. A. E., 2007. Dehydration of yam slices using FIR-assisted freeze drying. *Journal of Food Engineering* 79, 1295-1301.
- Mongpraneet S., Abe T. ve Tsurusaki T., 2002. Far infrared-vakum and -convection drying of welsh onion. *Transaction of the ASAE* 45(5), 1529-1535.
- Mutlu A. ve Ergüneş G., 2008. Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 1(1), 61-68.

- Nasıroğlu S. ve Kocabiyik H., 2009. Thin-layer infrared radiation drying of red pepper slices. *Journal of Food Process Engineering*. Volume 32 (1)1-16.
- Nasıroğlu Ş., 2007. Kırmızı biber, elma ve pırasanın kurutulmasında infrared kurutma tekniğinin kullanılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale.
- Nimmol C., Devahastin S., Swasdisevi T. ve Soponronnarit S., 2007. Drying of banana slices using combined low-pressure superheated steam and far-infrared radiation. *Journal of Food Engineering* 81, 624-633.
- Nowak D. ve Lewicki P. P., 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5, 353-360.
- Olorunda, A. O., Aworh O. C. ve Onuoha C. N., 1990, Upgrading quality of dried tomato effects of drying methods, conditons and pre-drying treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 52(4): 447-454.
- Özkan A. İ. ve Işık E., 2001. Domatesin mikrodalga ışınlarla kurutulmasındaki kurutma parametreleri. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, Şanlıurfa 418-420.
- Oztekin S., Bascetincelik A. ve Soysal Y., 1999. Crop drying programme in Turkey. *Renewable Energy* 16, 789-794.
- Pan Z., Olson D. A., Amaratunga K. S. P., Olsen C. W., Zhu Y. ve McHugh T. H., 2005. Feasibility of using infrared heating for blanching and dehydration of fruits and vegetables. ASAE Paper No. 056086 St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Pathare P. B. ve Sharma G. P., 2006. Effective moisture diffusivity of onion slices undergoing infrared convective drying. *Biosystems Engineering* 93(3), 285-291.
- Sacilik K., Keskin R. ve Elicin A. K., 2006. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering* 73, 231-238.
- Sandu C., 1986. Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. *Biotechnology Process* 2, 109-119.
- Sharma G. P., Verma R. C. ve Pathare P. B., 2005a. Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *Journal of Food Engineering* 67,361-366.
- Sharma G. P., Verma R. C. ve Pathare P. B., 2005b. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering* 71, 282-286.
- Strumillo C. ve Kudra F. T., 1986. Drying: Principles, Applications and Design, *Gordon and Breach Science Publishers*, New York.

- Togrul H., 2005. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices. *Journal of Food Engineering* 71, 311-323.
- Togrul H., 2006. Suitable drying model for infrared drying of carrot. *Journal of Food Engineering* 77, 610-619.
- Toor R. K. ve Savage G. P., 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry* 94, 90-97.
- TUİK, 2005. *Bitkisel üretim istatistikleri*, form
http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=61
- Unadi A., Fuller R. J. ve Macmillan R. H., 2002. Strategies for drying tomatoes in a tunnel dehydrator. *Drying Technology* 20(7), 1407-1425.
- Varith J., Dijkanarukkul P., Achariyaviriya A. ve Achariyaviriya S., 2007. Combined microwave-hot air drying of peeled logan. *Journal of Food Engineering* 81, 459-468.
- Vural H. ve Duman İ., 2001. Güneşte kurutulmuş domates üretimi ve bu üretimin sanayi domatesi üretimi içindeki yeri, *TİGEM*.
- Wang J. ve Sheng K., 2006. Far infrared and microwave drying of peach. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 39, 247-255.

Ekler

Tanımlamalar:

SIC : Giriş Hava Sıcaklığı (°C)

IP : İnfrared Radyasyon Yoğunluğu (W/m²)

V : Giriş Hava Hızı (m/s)

SEC : Özgül Enerji Tüketimi (MJ/kg-su)

General Linear Model: Time, SEC versus SIC, IP, AV

Factor	Type	Levels	Values
SIC	fixed	2	30, 45
IP	fixed	3	1080, 1506, 1715
AV	fixed	3	1.0, 1.5, 2.0

Analysis of Variance for Kuruma Süresi, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
SIC	1	341930	341930	341930	318348.43	0.000
IP	2	154429	154429	77215	71889.38	0.000
AV	2	25972	25972	12986	12090.28	0.000
SIC*IP	2	58354	58354	29177	27164.76	0.000
SIC*AV	2	13055	13055	6528	6077.45	0.000
IP*AV	4	7065	7065	1766	1644.46	0.000
SIC*IP*AV	4	10432	10432	2608	2428.18	0.000
Error	36	39	39	1		
Total	53	611276				

$S = 1.03638$ $R-Sq = 99.99\%$ $R-Sq(adj) = 99.99\%$

Analysis of Variance for SEC, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
SIC	1	141.493	141.493	141.493	141.49	0.000
IP	2	90.698	90.698	45.349	45.35	0.000
AV	2	127.028	127.028	63.514	63.51	0.000
SIC*IP	2	0.276	0.276	0.138	0.14	0.872
SIC*AV	2	21.050	21.050	10.525	10.52	0.000
IP*AV	4	20.768	20.768	5.192	5.19	0.002
SIC*IP*AV	4	30.863	30.863	7.716	7.72	0.000
Error	36	36.000	36.000	1.000		
Total	53	468.176				

$S = 1.00000$ $R\text{-Sq} = 92.31\%$ $R\text{-Sq}(adj) = 88.68\%$

Regression Analysis: Kuruma Süresi versus SIC, IP, AV

The regression equation is

$$\text{Kuruma Süresi} = 841 - 10.6 \text{ SIC} - 0.199 \text{ IP} + 53.7 \text{ AV}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	841.28	49.21	17.09	0.000
SIC	-106.099	0.7903	-13.43	0.000
IP	-0.19851	0.02243	-8.85	0.000
AV	53.67	14.52	3.70	0.001

$S = 43.5564$ $R\text{-Sq} = 84.5\%$ $R\text{-Sq}(adj) = 83.6\%$

PRESS = 113812 $R\text{-Sq}(\text{pred}) = 81.38\%$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	516418	172139	90.74	0.000
Residual Error	50	94858	1897		
Total	53	611276			

Source	DF	Seq SS
SIC	1	341930
IP	1	148567
AV	1	25921

Regression Analysis: SEC versus SIC, IP, AV

The regression equation is

$$SEC = 10.4 + 0.216 SIC - 0.00287 IP + 3.75 AV$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	10.355	2.077	4.99	0.000
SIC	0.21583	0.03335	6.47	0.000
IP	-0.0028695	0.0009465	-3.03	0.004
AV	37.526	0.6126	6.13	0.000

$$S = 1.83792 \quad R\text{-Sq} = 63.9\% \quad R\text{-Sq}(adj) = 61.8\%$$

$$PRESS = 197.563 \quad R\text{-Sq}(pred) = 57.80\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	299.278	99.759	29.53	0.000
Residual Error	50	168.898	3.378		
Total	53	468.176			

Source	DF	Seq SS
SIC	1	141.493
IP	1	31.045
AV	1	126.740

Analysis of Variance for L - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Yontem	598.402	17	35.2001	5.14	0.0000
RESIDUAL	2198.88	321	6.85008		
TOTAL	2797.28	338			
(CORRECTED)					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Analysis of Variance for a* - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Yontem	13129.6	17	772.331	54.11	0.0000
RESIDUAL	4582.0	321	14.2742		
TOTAL	17711.6	338			
(CORRECTED)					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Analysis of Variance for b* - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Yontem	2632.85	17	154.873	18.59	0.0000
RESIDUAL	2673.6	321	8.32898		
TOTAL	5306.45	338			
(CORRECTED)					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Analysis of Variance for kroma - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of</i>	<i>Df</i>	<i>Mean</i>	<i>F-</i>	<i>P-Value</i>
	<i>Squares</i>		<i>Square</i>	<i>Ratio</i>	
<hr/> MAIN EFFECTS					
A:Yontem	14430.3	17	848.841	51.75	0.0000
RESIDUAL	5264.88	321	16.4015		
TOTAL	19695.2	338			
<hr/> (CORRECTED)					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

Analysis of Variance for Hue angle - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of</i>	<i>Df</i>	<i>Mean</i>	<i>F-</i>	<i>P-Value</i>
	<i>Squares</i>		<i>Square</i>	<i>Ratio</i>	
<hr/> MAIN EFFECTS					
A:Yontem	2734.21	17	160.836	13.40	0.0000
RESIDUAL	3853.01	321	12.0031		
TOTAL	6587.22	338			
<hr/> (CORRECTED)					

All F-ratios are based on the residual mean square error.

ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. Türkiye'nin kurutulmuş sebze ihracatı.....	3
Çizelge 2. Deneme Deseni.....	15
Çizelge 3. Giriş hava sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızına göre elde edilen renk değerleri (L*, a*, b*, kroma, hue açısı).....	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. İnfrared kurutma düzeneği.....	14
Şekil 2. Değişik kurutma kombinasyonlarda domatesin kuruma süreleri.....	19
Şekil 3. Domatesin farklı hava hızlarında ve farklı giriş havası sıcaklıklarında infrared radyasyon yoğunluğuna göre nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.....	22
Şekil 4. Domatesin farklı infrared radyasyon yoğunluğunda ve farklı hava hızlarında giriş havası sıcaklıklarına göre nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi.....	23
Şekil 5. Domatesin farklı hava hızlarında ve farklı giriş havası sıcaklıklarında infrared radyasyon yoğunluğuna göre kuruma hızının nem içeriğinin ile değişimi.....	26
Şekil 6. Domatesin farklı infrared radyasyon yoğunluğunda ve farklı hava hızlarında giriş havası sıcaklıklarına göre kuruma hızının nem içeriği ile değişimi.....	27
Şekil 7. Değişik kurutma kombinasyonlarında domatesin özgül enerji tüketimi.....	28
Şekil 8. Kurutulan domates örneklerinde büzülme oranları.....	29
Şekil 9. Kurutulan domates örneklerinin rehidrasyon oranları.....	30
Şekil 10. Kurutulan domates örneklerinde toplam renk değişimi (ΔE).....	33

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Dilvin (TEZER) OR
Doğum Yeri : Değirmendere – KOCAELİ
Doğum Yılı : 1983

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları Bölümü (2002-2006).

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLER

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : 1. Çanakkale Belediye Başkanlığı Kent Bilgi Sistemi
Oluşturulması (2006-2007).
2. T. Garanti Bankası A.Ş. Çanakkale Şubesi Gişe
Hizmetleri Asistanı (2007-....)

İLETİŞİM

E-posta Adresi : dilvint@hotmail.com