



Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutma Yönteminin Alıç (*Crataegusspp. L.*) Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Hakan Polatcı*, Muhammed Taşova

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, 60150 Tokat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 24 Şubat 2017

Kabul 25 Ağustos 2017

Anahtar Kelimeler:

Alıç
Kurutma
Renk
Matematiksel modelleme
Mikrodalga

*Sorumlu Yazar:

E-mail: hakan.polatci@gop.edu.tr

Ö Z E T

Bu çalışmada alıç meyvesi sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucuda kurutularak kuruma süresi, renk değeri ve ürünün kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel model belirlenmiştir. Ürünler tasarlanan sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kuruma süreleri 50, 60 ve 70°C kurutma sıcaklıkları için sırasıyla 129, 66, ve 45 dakika olarak belirlenmiştir. En kısa kuruma süresi 70°C kurutma sıcaklığında olurken en uzun kuruma ise 50°C kurutma sıcaklığında olmuştur. Kuruma eğrilerini tahmin etmek için ince tabakalı kurutma modellerinden Yağcıoğlu, Midilli- Küçük ve Page matematiksel modelleri kullanılmıştır. Kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel modelin Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca taze ve kurutulmuş alıç meyvesinin kalite kriteri olarak renk değerleri araştırılmıştır. L parlaklık ve a kırmızılık renk değerleri açısından her üç kurutma sıcaklığında da kurutulan ürünler ile taze ürün arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmuştur. b sarılık değeri açısından ise istatistiki olarak 50 ve 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerle taze ürün arasında bir farklılık oluşmamıştır. Taze ürünlere ait hesaplanarak belirlenen kroma, hue açısı ve esmerleşme değerleri ile kurutulan ürünlere ait kroma ve esmerleşme değerleri arasında ise rakamsal olarak büyük bir farklılık yoktur. Ancak taze ürünün kroma ve kahverengilik değerlerine en yakın değerler 70°C kurutma sıcaklığında yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(10): 1130-1135, 2017

The Effect on Drying Characteristics and Colour Values of Hawthorn Fruit of Temperature Controlled Microwave Drying Method

ARTICLE INFO

Research Article

Received 24 February 2017

Accepted 25 August 2017

Keywords:

Hawthorn
Drying
Color
Mathematical modeling
Microwave

*Corresponding Author:

E-mail: hakan.polatci@gop.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the hawthorn fruit was dried in a controlled temperature microwave dryer and determined the mathematical model that best predicts the drying time, color value and product drying curves. Since the horticultural fruit contains important nutritional values, when it is desired to be dried and consumed, optimum drying conditions should be determined. Productions were dried in a temperature controlled microwave dryer under at temperatures of 50, 60 and 70°C. Drying times lasted 129, 66, and 45 minutes for drying temperatures of 50, 60 and 70°C, respectively. The shortest drying time was at a drying temperature of 70°C, while the longest drying is at a drying temperature of 50°C. The Yağcıoğlu, Midilli-Küçük and Page's mathematical model were used to predict the drying curves, and Midilli- Küçük model was determined as the best model to predict the drying curves. In addition, the color values of fresh and dried hawthorn fruit as a quality criterion were investigated. In terms of L brightness and a red color values, there was a statistically significant difference between dried and fresh products at all three drying temperatures, while there was no statistically significant difference between fresh and dried products at temperatures of 50 and 70°C in terms of b yellowness value. The chroma, hue angle and brown values of the fresh products and chroma and brown values of the dried products are not differentiating from each other numerically. However, the values closest to the fresh product's chromium and brown values were determined at a drying temperature of 70°C.

Giriş

Alıç meyvesi (*Crataegus* sp. L.) yaygın olarak Çin, Kuzey Amerika ve Avrupa 'da yetişen, 3000 bin yıllık tarımsal geçmişi olan bir meyvedir (Liu ve ark., 2010a). Alıç Dünyanın birçok bölgesinde yetiştiği gibi iklim çeşitliliğinin sağladığı avantajlardan dolayı Türkiye'nin bazı bölgelerinde de yetişmektedir. Alıç *Rosacea* familyasından olup Dünyada yaklaşık 200 türü bulunmaktadır (Dönmez, 2004). Yetiştirildiği bölgelerin farklılıklarına göre halk arasında ağaç çiçeği, dikenli ağaç, akdiken, peynir ağacı gibi isimlerle bilinmektedir. Meyve sarı, kırmızı ve koyu mor olarak değişik renklerde doğada bulunmaktadır (Özcan ve ark., 2005). C vitamini, flavanoid bileşikler, organik asitler, polisakkaritler ve mineraller gibi bir çok besin ögesini barındıran alıç meyvesi sindirim rahatsızlıkları, düşük tansiyon, koroner kan akışı, koroner kalp yetmezliği gibi rahatsızlıkların tedavilerinde iyileştirici bir etkisi bulunmaktadır (Yang ve ark., 2010; Liu ve ark., 2010b; Yu ve ark., 2015).

Taze sebze ve meyvelerin ağırlıklarının büyük bir kısmını su oluşturmaktadır. Bu özellik meyve sebzelerin erken bozulmalarına neden olmaktadır (Maskan ve Goğuş, 1998; Ünal ve Saçılık, 2011). Alıç nem içeriği yüksek meyve türlerinden olup yapısında yaklaşık %75-80 oranında su bulundurmaktadır. Bu özelliği üründe hasat esnasında ve sonrasında zedelenmelerin çok kolay gerçekleşmesine neden olabilir. Ayrıca taze üründe oluşan yaralanmalardan dolayı meyve suyunun ürün dışına çıkması ürünün bozulmasını neden olmaktadır (Ünal ve Saçılık, 2011).

Alıç gibi yüksek nem içeriğine sahip olan ürünler hasat sonrası kurutularak muhafaza edilmektedir. Meyve ve sebzelerin kurutulması işlemi çok eski çağlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Bir çok ülkede yaş meyveler işleme imkanlarının yetersiz olmasından dolayı bozulup çöpe gitmektedir. Ürünlerin erkenden bozulmalarını engellemek ve depolama sürelerini uzatmak için kurutulmaktadır (Karabacak ve ark., 2015). Alıç kurutma üzerine son yıllarda bir çok araştırma yapılmıştır (Saadatian ve ark., 2016; Yu ve ark., 2015; Ercişli ve ark., 2015; Balta ve ark., 2015; Chayjan ve ark., 2015).

Kurutma işlemi hava ile ürün arasında aynı anda gerçekleşen bir ısı ve kütle transfer işlemidir. Kurutma sırasında ürünlerin bünyelerinde bulunan nem düzeyleri %10-15 kadar düşürülerek uzun süre bozulmadan kalması sağlanmaktadır (Ayan, 2010).

Ürünleri kurutma için konduksiyon veya konvektif yöntemler uygulanarak tek başına veya hibrit şekilde olmak üzere birçok kurutma sistemi kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda mikrodalga ısıtım ile yapılan kurutma sistemleri yaygınlaşmıştır. Mikrodalga ürün içerisindeki su moleküllerini kısa süre içerisinde çok fazla miktarda titreştirerek ısı üretme ilkesine dayanır. Bu özelliği ile ürün çok kısa sürede kurumakta ve kaliteli son ürün elde edilebilmektedir. Ancak mikrodalga ile kurutma işlemlerindeki en önemli sorun kurumanın son aşamalarında gerçekleşen yanmalar ve kalite değerlerindeki azalmalardır (Zhang ve ark., 2006). Oluşan olumsuzlukları azaltmak için mikrodalga destekli hibrit kurutucular veya sıcaklık, güç kontrollü mikrodalga kurutucuların tasarlanarak kullanılması uygun görülmektedir. Sıcaklık kontrollü veya güç kontrollü

mikrodalga kurutucu ile elma (Taşova, 2016; Zhengfeng ve ark., 2010; Cucurollo ve ark., 2012), mango (Akoy ve Höresten, 2015) tarafından yapılan çalışmalar literatürde bulunmaktadır.

Bu çalışmada sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucu ile alıç meyvesi kurutularak ürünün kuruma karakteristikleri ile kurutma sıcaklığının renk üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada alıç meyvesinin kuruma şartları konusundaki literatür eksikliğinin giderilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Kurutulan Ürün

Kurutma materyali olarak Tokat ilinin dağlık alanlarında yetişen alıç meyvesi kullanılmıştır. Alıçlar Tokat 'ta kurulan bir yerel pazardan satın alındıktan hemen sonra laboratuvara getirilip kurutma işlemine kadar $+ 4 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga

Çalışmada kullanılan kurutucu, sıcaklık kontrollü bir mikrodalga fırın içerisindeki cam tepsi üzerine yerleştirilen kurutma materyalinin yüzey sıcaklığını bir temassız kızılötesi sıcaklık sensörü ile ölçerek sıcaklık kontrol paneline iletmektedir. Kontrol paneli, ürünün yüzey sıcaklığı kurutma sıcaklığına ulaştığında mikrodalga fırını otomatik durdurmakta ürün sıcaklığı kurutma sıcaklığının altına düştüğünde ise mikrodalga fırını otomatik olarak çalıştırmaktadır. Ayrıca kurutucu kurutma sıcaklığına ulaştıktan sonra bekleyeceği süre de kontrol paneli üzerinden ayarlanmaktadır. Eğer bu süre içerisinde ürün sıcaklığı kurutma sıcaklığının alt değerine düşmemiş ise belirlenen süre kadar daha kurutucu bekleyerek kurutma işlemine bu şekilde devam etmektedir.

Kurutma Yöntemi

Kurutma işlemine başlamadan önce materyal temizlenmiştir. Alıç meyvelerinin kullanılmayan sap kısmı ve diğer uç kısımlarından ince bir şekilde bıçakla ayrılmıştır. Daha sonra 0,5 cm kalınlığında halka şeklinde dilimlenmiştir.

Kurutma işlemleri için ortalama $33 \pm 0,5$ g kadar ürün kullanılmıştır. Kurutma sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 50, 60 ve 70°C kurutma sıcaklıklarında üçer tekerrür olarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma materyali sıcaklık kontrollü mikrodalga fırın içerisinde bulunan dönen cam tabla üzerine konulduktan sonra her kurutma sıcaklık değeri için sıcaklık kontrol panelinden sıcaklık değerleri ayarlanarak işlem gerçekleştirilmiştir. Kuruma işlemlerin ürün nemi yaş baza göre %10 seviyelerine düşene kadar kurutulmuştur.

Ürün Neminin Belirlenmesi

Kurutma işlemi öncesinde taze alıç örneklerinin başlangıç nem değerleri etüv kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem için 70°C kurutma sıcaklığına ayarlanmış etüvde ürün ağırlıkları ara ara tartılarak bir önceki tartımla arasındaki fark 0,01 olana kadar bekletilmiştir. Kurutma

materyalinin nem içeriği, ürünün ilk ve son ağırlık değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Yağcıoğlu, 1999).

Ürünün yaş ve kuru baza göre nem içerikleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır;

$$N_Y = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

$$N_k = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

N_Y : Yaş baza göre nem (%)
 N_k : Kuru baza göre nem (%)
 W_i : Ürün örneğinin ilk ağırlığı (g)
 W_s : Ürün örneğinin son ağırlığı (g)

Renk Analizi

Taze ve kurutulmuş örneklerin renk değerleri, Minolta (CR-400, Japonya) renk ölçer (Chromameter) kullanılarak her örnekten 15'şer kez ölçüm yapılarak ortalama renk değerleri belirlenmiştir. Renk ölçer, renk skalasında üç farklı (L, a ve b) sayısal değer vermektedir. Bu değerler;

“L” materyalin parlaklık değerini ifade ederken 0-100 arasında değer alır. L değeri 0 değerini aldığı anda ürünün siyah renkte olduğunu yani yansımanın hiç olmadığını, L değeri 100 değerini aldığı anda ise ürünün beyaz renkte olduğunu yani yansımanın tam olduğunu ifade eder. “a” kırmızı - yeşil, “b” sarı - mavi renkleri ifade ederken rakamsal değerler sırasıyla (+,-) işaretlerini alır. Renk değerleri a = 0 ve b = 0 olduğu durumda ise rengin gri olduğunu gösterir (McGuire, 1992).

Bir başka renk değeri olan kroma değeri ise rengin tonunu ifade edip, solgun renklerde düşük değerler alırken canlı renklerde ise yüksek değerler alır. Kroma değeri ve Hue açısı değerleri aşağıda verilen formüllerle belirlenmiştir.

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4)$$

Ürün renginde meydana gelen değişimi tanımlamada kullanılan ikincil bir renk değeri olan esmerleşme değeridir. Esmerleşme değeri, kahverenginin saflığını ifade etmekte olup esmerleşme reaksiyonlarının ürün renginde meydana getirdiği değişimleri ifade etmek için kullanılır. Esmerleşme değeri olan " BI " değeri ile " x " değeri ise aşağıdaki formüllerle belirlenmektedir. Esmerleşme değerinin büyük olması ürün renginin karararak siyah rengine yaklaştığını ve esmerleşme değerinin küçük olması ise kararmanın daha az gerçekleştiği ve ürün renginin daha iyi korunduğunu ifade etmektedir.

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad (5)$$

$$x = \frac{a + (1,75.L)}{[(5,645.L) + (a - (3,012.b))]} \quad (6)$$

Kuruma Modelleri

Kurutma materyalinin zamana bağlı olarak ayrılabilir nem oranı aşağıdaki formülle belirlenmektedir.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (7)$$

ANO : Ayrılabilir nem oranı

M : Kurutulan materyalin anlık nem içeriği

M_e : Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi

M_0 : Kurutulan materyalin ilk nem içeriği

Üründen alınabilir nem oranı eğrisini modellemek için literatürde bulunan Yağcıoğlu, Midilli-Küçük ve Page matematiksel modelleri kullanılmıştır. Matematiksel modellerin eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Yağcıoğlu,} \quad f = k \cdot \exp(-h \cdot t) + j \quad (8)$$

$$\text{Midilli-Küçük,} \quad f = h \cdot \exp(-j \cdot (t^k)) + (1 \cdot t) \quad (9)$$

$$\text{Page,} \quad f = \exp(-h \cdot (t^j)) \quad (10)$$

Deneme üçer tekerrür şeklinde gerçekleştirilerek nem değişim değerlerinin ortalamaları belirlendikten sonra her kurutma sıcaklığı için kuruma eğrileri oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Alıç Meyvesinin Kuruma Performans Değerleri

Çalışmada kullanılan alıç meyvesinin ortalama %78 olarak belirlenen nem seviyesi kurutma işlemlerinde yaş baza göre %10-13 nem seviyesine kadar düşürülmüştür. Yu ve ark. (2015), yılında yaptıkları kurutma çalışmalarında kurutma materyali olan alıçın nem içeriğini %77 civarında bulmuşlardır. Kurutma materyalinin üç farklı kurutma sıcaklığına ait toplam kuruma süreleri ile yaş baza göre ortalama son nem değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'e göre 50°C sıcaklıkta kurutulan alıç meyvesinin ortalama son değeri %13,52'ye düşene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutulan ürün son nem değerine 129 dakikada ulaşmıştır.

60°C sıcaklıkta kurutulan ürünün ortalama son nem değeri %12,31'e düşene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Ürünün ulaşacağı son nem değerine 66 dakikada ulaşmıştır. 70°C sıcaklıkta kurutulan ürünün ortalama son nem değeri ise %8,10'a düşene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Bu ortalama son nem değerine ise 45 dakikada ulaşmıştır. Çizelgeye göre sıcaklık kontrollü kurutucuda kurutma sıcaklığının artması durumunda kuruma sürelerinde önemli seviyelerde azalmalar olduğu anlaşılmaktadır. Akoy ve Hörosten (2015), sıcaklık kontrollü bir kurutucuda mango dilimi kurutma çalışmasında sıcaklığı artırdığında kuruma sürelerinde önemli seviyelerde azalmaların olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 1'e göre sıcaklık kontrollü kurutucuda sıcaklığın alıçın kuruma sürelerine etki ettiği ve hatta sıcaklığın artması ile kuruma sürelerinde önemli seviyede azalmaların olduğu belirlenmiştir. Cucurullo ve ark. (2012), sıcaklık kontrollü bir kurutucuda 50,60 ve 70°C sıcaklıklarda yaptıkları elma kurutma çalışmasında sıcaklığın ürünün kuruma sürelerine etki ettiğini ve sıcaklık ile elmanın kuruma süreleri arasında ters bir orantı olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 1 Kurutulan alıç meyvesinin ortalama son nem değerleri ve kuruma süreleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Şartları	Ortalama Son Nem (y.b.)	Kuruma Süreleri (Dakika)
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	50°C	%13,52	129
	60°C	%12,31	66
	70°C	%8,10	45

Çizelge 2 Kuruma eğrilerinin “R²” ve “P” değerleri

Kurutma Sıcaklıkları	Kurutma Modeller	R ²	p
50°C	Yağcıoğlu	0,9982	P<0,0001
	Midilli-Küçük	0,9983	P<0,0001
	Page	0,9975	P<0,0001
60°C	Yağcıoğlu	0,9991	P<0,0001
	Midilli-Küçük	0,9992	P<0,0001
	Page	0,9987	P<0,0001
70°C	Yağcıoğlu	0,9987	P<0,0001
	Midilli-Küçük	0,9994	P<0,0001
	Page	0,9982	P<0,0001

Çizelge 3 Ölçülen ortalama renk değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	L	a	b
Taze		57,47 ^a	5,45 ^b	23,92 ^a
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	50°C	49,88 ^b	10,66 ^a	19,93 ^a
	60°C	46,56 ^b	10,66 ^a	19,77 ^b
	70°C	46,08 ^b	11,61 ^a	19,99 ^a

Verilerin farklılıkları SPSS programında (P<0,05) önem seviyesine göre belirlenmiştir.

Çizelge 4 Hesaplanan ortalama renk değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	C	h°	BI
Taze		24,66	76,81	59,68
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	50°C	23,24	59,40	73,87
	60°C	22,64	59,44	69,52
	70°C	22,83	59,79	65,40

Matematiksel Modelleme

Kurutma işlemlerinde kullanılan materyalin süreye bağlı olarak ayrılabilir nem oranı değişimini belirlemek için kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Kuruma eğrilerine ait varyans analiz sonuçlarına göre elde edilen (P) değeri ile kararlılık katsayısı olan (R²) değerleri Çizelge2 'de verilmiştir.

Uygulanan kuruma modellerinin güvenilirliğini test etmek için belirlenen P değerinin 0,05 değerinden daha küçük olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç çalışmada kullanılan tüm kuruma modellerinin güvenilir olduğunu ifade etmektedir. Matematiksel modelleme yapıldıktan sonra ölçülen ve her üç eşitlik için ayrı ayrı hesaplanan zamana göre ANO (Ayrılabilir nem oranı) değişimi farklı kurutma havası sıcaklıkları için Şekil1. (a, b ve c)' de verilmiştir.

Kararlılık değerleri her zaman 0-1 arasından bir değer almaktadır. Bu değer 1'e kadar yaklaşırsa tahmini değerle gerçek değer arasındaki ilişkinin o kadar kuvvetli olduğunu ifade etmektedir. Kullanılan matematiksel modeller içerisinde alıcın kuruma eğrisini en iyi tahmin eden modeli belirlemek için R² değerinin en yüksek olduğu matematiksel model seçilmiştir. 50, 60 ve 70 °C sıcaklıkta yapılan tüm kurutma şartları için Midilli-Küçük modeli alıcın kuruma eğrisini en iyi tahmin eden model olarak belirlenmiştir.

Renk Değerleri

Ölçülen taze ve kurutulan örneklerin renk değerleri arasındaki farklılığı istatistiki açıdan ifade etmek için SPSS paket programı kullanılarak duncan testi uygulanmıştır. Bu şekilde hem taze alıç ile kurutulmuş alıç örnekleri arasındaki renk değerlerinin hem de kurutulan örnekler arasındaki renk değerlerinin istatistiki açıdan yorumlanma imkanı sağlamıştır.

Verilerin farklılıkları SPSS programında (P<0,05) önem seviyesine göre belirlenmiştir.

Çizelge 3'te taze ve kurutulmuş alıç örneklerine ait ortalama renk değerleri verilmiştir. Verilere göre sıcaklığın alıcın renk değerleri üzerine bir etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Yu ve ark. (2015), alıç kurutma çalışmalarında sıcaklığın renk değerlerini etkilediğini ifade etmişlerdir. Kurutulan örnekler arasında L parlaklık değeri açısından istatistiki açıdan bir farklılık oluşmamıştır. Ancak L parlaklık değeri açısından taze ürün ile kurutulan örnekler arasında istatistiki olarak fark olduğu belirlenmiştir.

Kurutulmuş örneklerin a kırmızılık değerleri arasında istatistiki açıdan bir farklılık oluşmazken taze ürün ile kurutulmuş ürünlerin a kırmızılık değerleri arasında istatistiki olarak farklılık bulunmuştur. Kurutulmuş ürünlerin b sarılık değerleri arasında 50 ile 70°C sıcaklıkta kurutulan ürünlerin istatistiki olarak farklılık bulunmazken 60°C sıcaklıkta kurutulan örnekler arasında

istatistiki olarak bir farklılık oluşmuştur. Ancak taze ürün ile 50 ve 60°C sıcaklıkta kurutulan örneklerin b sarılık değerlerinin istatistiki olarak aynı oldukları belirlenmiştir.

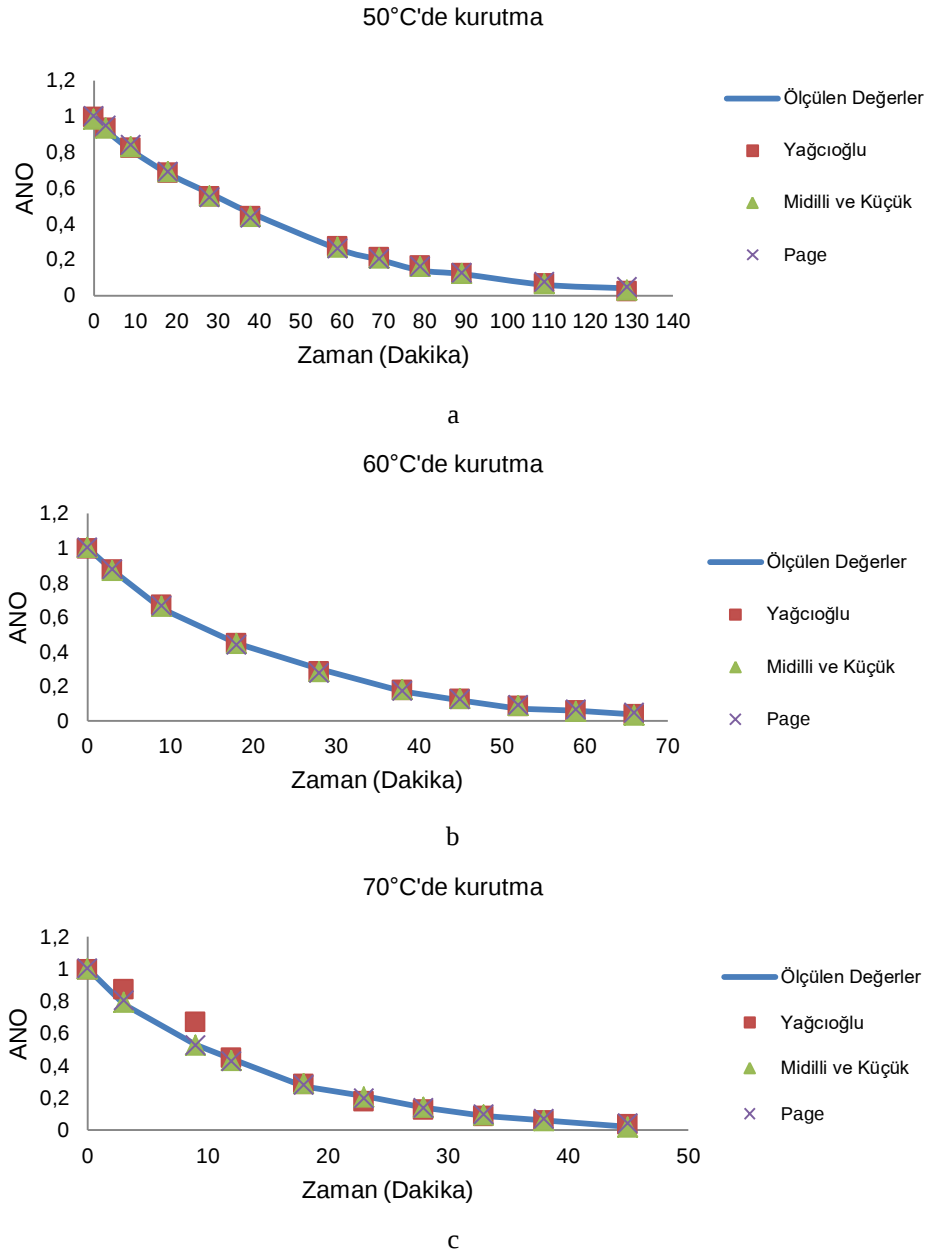
Çizelge 4'te taze ve kurutulmuş alıç örneklerine ait temel birincil renk değerleri olan L, a ve b değerleri kullanılarak hesaplanan ikincil renk değerleri verilmiştir.

Verilere göre taze ve kurutulmuş örneklerine ait kroma değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık kroma değerleri üzerinde önemli seviyede bir farklılık oluşturmamıştır. Taze ürünün kroma değerine en yakın değer 50°C sıcaklıkta kurutulan örneğin kroma değeri olmuştur. Taze ürünün kroma değerinden en fazla uzaklaşma 60°C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde gerçekleştiği belirlenmiştir. Taşova (2016), yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında sıcaklık kontrollü bir kurutucuda elmaları sekize dilimleyerek kuruttuğunda ürünün kroma değerinin taze ürünün kroma

değerine en yakın değeri 50°C kurutma sıcaklığında olduğunu tespit etmiştir.

Hue° değeri açısından kurutulmuş örnekler birbirlerine çok yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Yalnız taze ürünün hue° değerine göre kurutulan ürünlere ait hue° değerleri oldukça bir birinden farklı çıkmıştır. Taze alıcın hue° değerine en yakın 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenirken en uzak hue° değerinin ise 50°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

Esmerleşme indeksi değeri açısından hem kurutulan örnekleri kendi aralarında hem de taze ürün ile kıyaslandığında aralarında önemli seviyede farklılıklar oluşmuştur. Taze ürünün esmerleşme değerine en yakın değer 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenirken en uzak esmerleşme değerinin ise 50°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenmiştir.



Şekil 1 a,b,c Ölçülen ve her üç eşitlik için ayrı ayrı hesaplanan zamana göre ANO değerleri

Sonuç

Bu çalışmada alıç meyvesinin sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucu ile kurutularak ürünün kuruma süreleri, kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel modelin belirlenmesi ve ürünün renk değişimleri incelenmiştir.

Sıcaklığın kuruma süreleri ve bazı renk değerleri üzerine etki ettiği belirlenmiştir. Sıcaklığın artması ile kuruma sürelerinin kısalacağı ve 50, 60 ve 70°C sıcaklıklardaki kuruma sürelerinin sırası ile 129, 66 ve 45 dakika olduğu belirlenmiştir. Bu durumda ürün 70°C sıcaklıkta en kısa sürede kururken 50°C sıcaklıkta ise en uzun sürede kurduğu belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı 50°C sıcaklıktan 60°C sıcaklığa çıktığında kuruma süresinde %49'luk bir azalma olurken 60°C sıcaklıktan 70°C sıcaklığa çıktığında ise kuruma süresinde %32'lik bir azalma olduğu belirlenmiştir. Taze ürünün L ve a değerlerini her üç sıcaklığında etki ettiği ancak b değerine sadece 60°C sıcaklığın etki ettiği belirlenmiştir. Taze ürünün kroma değerine en yakın değer 50°C sıcaklıkta yapılan kurutma yönteminde belirlenmiştir.

Alıç meyvesinin kurutma eğrilerini ince tabakalı kurutma modeller arasında en iyi tahmin eden matematiksel model Midilli-Küçük modeli olduğu belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Akoy EOM, Hörösten DV. 2015. Microwave Drying of Mango Slices at Controlled Temperatures. ISSN 2028-9324, 12 (2): 374-383.
- Ayan H. 2010. Güneşte ve Yapay Kurutucuda Kurutulmuş Domates (*Lycopersicon esculentum*) Üretimi ve Proses Sırasındaki Değişimlerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Balta MF, Karakaya O, Ekici GK. 2015. Çorum 'da yetişen alıçların (*crataegusspp.*) fiziksel özellikleri. Ordu Üniversitesi Bilgi Teknolojileri Dergisi, 5 (2): 35-41.
- Chayjan RA, Kaveh M, Khayat S. 2015. Modeling drying characteristics of hawthorn fruit under microwave-convective conditions. Journal of Food Processing and Preservation, ISSN 1745-4549, doi:10.1111/jfp.12226.
- Cucurullo G, Giordano L, Albanese D, Cinquanta L, Matteo DM. 2012. Infrared thermography assisted control for apples microwave drying. Journal of Food Engineering 112: 319-325.
- Dönmez AA. 2004. The genus *Crataegus* L. (Rosaceae) with special reference to hybridisation and biodiversity in Turkey. Turk J Bot. 28, 29-37.
- Ercişli S, Yanar M, Sengul M, Yıldız H, Topdaş EF, Taşkın T, Zengin Y, Yılmaz KU. 2015. Physico-chemical and biological activity of hawthorn (*crataegusspp.* l.) fruits in Turkey. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 14 (1): 83-93, ISSN: 1644-0692.
- Karabacak AÖ, Sinir GÖ, Suna S. 2015. Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Kurutmanın Çeşitli Meyve ve Sebzelerin Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(2): 125-135.
- Liu P, Yang B, Kallio H. 2010b. Characterization of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major*) fruit by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. Food Chemistry, 121(4): 1188-1197.
- Liu T, Cao Y, Zhao M. 2010a. "Extraction optimization, purification and antioxidant activity of procyanidins from hawthorn (*C. pinnatifida* Bge. var. *major*) fruits," Food Chemistry, vol. 119(4): 1656-1662.
- Maskan M, Gogus F. 1998. Sorption isotherms and drying characteristics of mulberry (*Morus alba*). J. Food Eng. 37(4): 437-449.
- McGuire RG. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort Science, 27: 1254 - 1255.
- Özcan M, Haciseferogulları H, Marakoglu T, Arslan D. 2005. Hawthorn (*Crataegusspp.*) fruit: Some physical and chemical properties. J. Food Eng. 69: 409-41.
- Saadatian M, Najda A, Jasour MS. 2016. Drying Process Affects Bioactive Compounds in Hawthorn Species. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 15(4): 3-16, ISSN: 1644-0692.
- Taşova M. 2016. Sıcaklık Kontrollü Bir Mikrodalga Kurutucu Geliştirilmesi Ve Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye.
- Ünal HG, Saçılık K. 2011. Drying characteristics of hawthorn fruits in a convective hot-air dryer. Journal of Food Processing and Preservation, ISSN: 1745-4549.
- Yağcıoğlu A. 1999. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 536. Bornova, İzmir.
- Yang GF, Wang YL, Li RQ. 2010. Development and application of hawthorn, Forest By-Product and Speciality in China. No. 2: 98-101.
- Yu MH, Zuo CC, Xie QJ. 2015. Drying Characteristics and Model of Chinese Hawthorn Using Microwave Coupled with Hot Air. Mathematical Problems in Engineering, Volume; 2015, ID; 480752 15 pp.
- Zhang M, Tang J, Mujumdar AS, Wang S. 2006. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 17 (10): 524-534.
- Zhengfeng L, Raghavan GSV, Orsat V. 2010. Temperature and power control in microwave drying. Journal of Food Engineering, 97: 478-483