

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi*

Hakan Polatcı

Sefa Tarhan

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, 60240 Tokat

Özet: Kurutma, yaş tarımsal ürünlerin hasat sonrası işlemlerinden birisi olup çok farklı biçimlerde uygulanmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler için uygun kurutma yönteminin seçimi başarılı kurutma için en önemli aşamadır. Bu çalışmada aromatik bitkilerden olan reyhan (*Ocimum basilicum*), farklı kurutma yöntemleriyle ve farklı kurutma şartlarında kurutulmuştur. Araştırma kapsamında beş farklı kurutma yöntemi (doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, etüvde kurutma, gölgede kurutma, güneşte kurutma ve mikrodalgada kurutma) kullanılmıştır. Kurutma denemeleri üç tekerrürlü yapılmıştır. Çalışma kapsamında reyhanın kuruma özellikleri, renk değerleri ve uçucu yağ oranı belirlenmiştir. Doğrudan değmeli kurutucuda kurutma işlemi 63-66 saat sürmüştür. Doğrudan değmeli kurutucuda iki farklı karıştırma sıklığında kurutma yapılmış ve karıştırmanın kuruma zamanına ve kuru ürün kalitesine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Etüvde kurutma işlemi iki farklı sıcaklıkta (45°C, 55°C) yapılmış ve kurutma işlemi sırası ile 50 ve 34 saat sürmüştür. Mikrodalgada kurutma iki farklı güç seviyesinde yapılmıştır. Mikrodalgada kurutma işlemi diğer yöntemlerine kıyasla çok hızlı olmuş ve 9-22 dakika içerisinde tamamlanmıştır. Ancak mikrodalgada kurutmanın kalite özellikleri bakımından reyhan bitkisi kurutmak için uygun olmadığı belirlenmiştir. Gölgede ve güneşte kurutma yöntemlerinin aromatik bitkilerin kalite özelliklerini bozduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları, 45-55 °C sıcaklıktaki havayla kurutmanın reyhanbitkisi için uygun olduğu görülmüştür. **Anahtar kelimeler:** Kurutma, tıbbi ve aromatik bitkiler, kuruma kinetiği, uçucu yağ analizi, renk analizi, reyhan

The Effects of Various Drying Methods on The Drying Time and Quality of Basil (*Ocimum Basilicum*)

Abstract: Drying is one of the postharvesting operation used to process various fresh agricultural products. There are several drying methods used to dry agricultural materials today. The selection of an appropriate drying method is the key step for successful drying. Basil (*Ocimum basilicum*), one of the aromatic plants, was dehydrated using five different drying methods (contact drying, oven drying, shaded-open atmosphere drying, sun drying and microwave drying). All drying trials were performed in three replicates. The drying performance (drying time, final moisture content), drying kinetics, color analysis, essential oil analysis, were performed for all drying methods. Contact drying continued for 63-66 hours without getting affected by mixing frequency. Oven drying continued from 34 hours to 50 hours depending on drying temperature. Microwave drying was the fastest drying but reduced the quality of dried basil. Shaded-open atmosphere drying and sun drying are not appropriate at industrial level since they were slow and affected the quality of dried basil adversely. Research results show that the drying basil with air heated up to 45-55 °C is appropriate.

Keywords: Drying, aromatic plants, drying kinetics, essential oil analysis, color analysis, basil

1.Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkiler gerek yiyeceklerin tatlandırılması korunması gerekse insan sağlığının korunması iyileştirilmesi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Dünya nüfustaki artış, insan ihtiyaçlarının çeşitliliği ve doğal ürünlere talebin artması tıbbi ve aromatik bitkilerin önemi de artmaktadır.

Dünya baharat üretimi 5 milyon tondan fazladır. Baharat ticareti ise 2,5-3 milyar dolar arasında değişmektedir. Türkiye, her yıl 50-60 milyon dolar değerinde yaklaşık 30 bin tonluk bir baharat ihracatı gerçekleştirmektedir.

Türkiye'nin baharat ihracatında kekik (8-9 bin ton), kimyon (5-6 bin ton), defne (4-5 bin ton), anason (3-4 bin ton) ve kırmızı biber (1-2 bin ton) ilk beş sırayı almaktadır (Baydar, 2005). Ülkemizde son yıllarda dış kaynaklı doğal sağlık ürünlerinin kullanımında büyük bir artış izlenmektedir. Dışalımı yapılan bu ürünlerden ülkemiz koşullarında üretimi yapılabilecek olanların belirlenmesi ve en kısa sürede üretimlerine başlanması ülke ekonomisi açısından önem taşımaktadır.

Tıbbi ve baharat bitkilerinin tüketiciye ulaşmaya kadar geçen süreçte içerdiği etken

* Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Hakan POLATCI tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

maddelerin muhafazası için hasattan hemen sonra işlenmeleri gerekmektedir. Kurutma işlemi; tıbbi ve aromatik bitkilerin hasat sonrası sahip oldukları yüksek nem (% 70- 85 yb) içeriğinden güvenli depolamak için uygun nem seviyesine (% 10-15 yb) indirmek için kullanılan işlemdir. Kurutma işleminin hedefi, ürün kalitesinde herhangi bir bozulmaya imkan vermeden ürün nemini en kısa sürede ve en az enerji harcayarak son nem değerine düşürmektir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin özel durumlarından dolayı ürüne has tasarlanmış kurutucularda kurutulmalıdır. Yüksek oranda su içeren bu bitkiler hasattan sonra en kısa sürede kurutulmalıdır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulmasında en önemli faktör kurutma ortamı sıcaklığı olup, 30 ile 50 °C arasında olması uygundur (Müller ve Heindl., 2005).

Reyhan kurutulması en zor aromatik bitkilerden bir tanesidir. Oda sıcaklığında kurutmada reyhan bitkisinin uçucu yağ içeriğindeki kayıp % 36-45 iken kekiğin uçucu yağ içeriğindeki kayıp ise % 6-17 arasında olduğu bildirilmiştir (Nykanen ve Nykanen, 1987). Reyhan bitkisinin uçucu yağları yaprak yüzeyine çok yakın bölgede sentezlediği ve depoladığı bilinmektedir (Diaz-Maroto ve ark., 2004). Kurutma ortamı sıcaklığındaki artış yaprak yüzeyini kaplayan cuticle tabakasındaki mumsu maddeleri faz değişimine zorlayarak bunların geçirmezlik özelliğini azaltarak uçucu yağların dışarı çıkmasına yol açmaktadır (Makinen ve Paakkonen, 1999). 45 °C sıcaklıkta fırında kurutma ve dondurarak kurutma reyhan bitkisinin uçucu yağ içeriğini sırasıyla % 28.6 ve % 27.4 oranında azaltmıştır. Oda sıcaklığında kurutmada ise kayıp % 13.6 olmuştur. Oda sıcaklığında (ortalama sıcaklık 29 °C) reyhan kurutma 15 günde tamamlanırken, 45 °C sıcaklıkta fırında reyhan kurutma 15 saatte tamamlanmıştır (Diaz-Maroto ve ark., 2004). Aynı şartlar altında nane kurutulduğunda ise 45 °C sıcaklıkta fırında kurutma ile oda sıcaklığında kurutmanın ürün kalitesini olumsuz etkilemediği belirlenmiştir (Diaz-Maroto ve ark., 2003).

Bu çalışmada, farklı kurutma yöntemleri ve şartlarının reyhan bitkisinin kuruma karakteristiğine ve kurutulmuş ürün kalitesine etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal Yöntem :

Bu araştırmada, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma arazisinde yetiştirilen Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisi kullanılmıştır. Denemelerde kullanılacak materyal öncelikle viyollere ekilip sera ortamında fide olarak yetiştirilmiştir. Hasat, bitkinin çiçeklenme zamanında yapılmıştır. Materyalin hasat sonrası ilk nem seviyesini belirlemek amacıyla etüvde nem tayini yapılmıştır. Nem tayini için 50 g'lık üç örnek kullanılmıştır. Nem tayini 105° C'de 24 saat etüvde bekletilerek yapılmıştır.

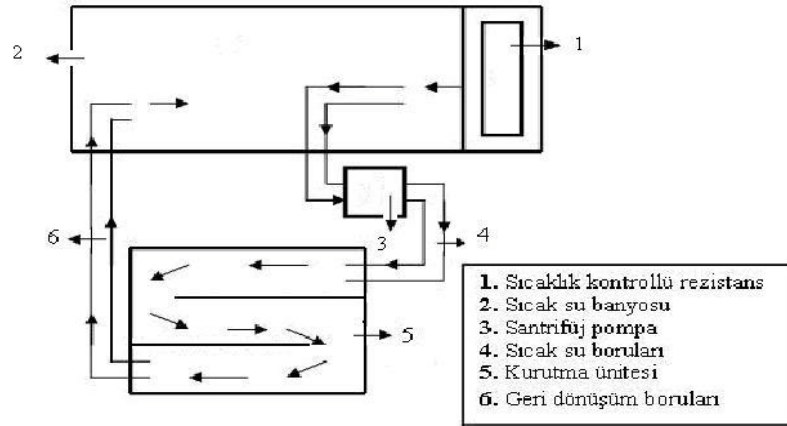
2.1. Kurutma yöntemleri

Denemelerde beş farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; 1.Doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, 2.Etüvde kurutma, 3.Güneşte kurutma, 4.Gölgede kurutma ve 5.Mikrodalgada kurutma işlemleridir. Bu çalışmada kullanılan kurutma yöntemleri aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

Çalışmada yaş ürün nemini %10-15 neme düşürmek amaçlanmıştır. Buna göre her deneme için kullanılan materyalin üç tekerrürden ikisi uygun ağırlığa ulaştığında denemelere son verilmiştir. Kurutma sonucunda elde edilen materyal kavanozlara konularak + 4° C'de buzdolabında saklanmıştır.

2.1.1. Doğrudan değmeli kurutucuda kurutma

Doğrudan değmeli kurutucuda hedef, kurutulacak materyale gerekli olan ısıнын ısı iletim (kondüksiyon) yoluyla daha hızlı verilmesiyle nem kaybını hızlandırmak ve enerji kaybını azaltmaktır. Bu sayede, ürün az havayla temas etmekte ve oksijenin sebep olduğu oksidasyon reaksiyonları yavaşlatma imkânı doğmaktadır. Şekil 1'de imalatı yapılmış olan laboratuvar tipi küçük kapasiteli doğrudan değmeli kurutucunun şematik resmi verilmiştir.



Şekil 1. Doğrudan değmeli kurutucunun şematik resmi

Şekil 1.'de 1 numara ile gösterilen rezistans yardımı ile 2 numaralı sıcak su banyosu içerisindeki su ısıtılmaktadır. Sıcak su banyosunda suyun sıcaklığı dijital göstergeli bir termostatla ± 1 °C hassasiyetinde ayarlanabilmektedir. Sıcak su banyosundan suyun çıkışı rezistansa yakın kısımdan, suyun girişi ise tam zıt köşeden yapılmıştır. Böylece kurutma ünitesine giden suda sıcaklık kaybı en aza indirilmiştir. Borular yalıtım malzemesiyle kaplanmıştır.

Santrifüj pompa standart bir kat kaloriferi pompasıdır. Ayrıca pompanın çalışması için kapalı devre kullanılmıştır.

Sistemdeki borular pompa giriş ve çıkışında 1", diğer bütün tesisatta ise ½ " olarak kullanılmıştır. Boruların tamamı plastiktir.

Kurutma ünitesi 50 x 45 x 5 cm boyutlarında 1 mm'lik paslanmaz sacdan dikdörtgen prizma şeklinde imal edilmiştir. Kurutma ünitesinin içine Şekil 1'de ince çizgilerle gösterilmiş olan saç perdeler yerleştirilmiştir. Bu perdeler ısıtılan suyun kurutma ünitesi içerisinde homojen dağılımını ve girişten itibaren bütün yüzeye temas etmesini sağlamaktadır.

Kurutma ünitesinin yan ve alt kısımları ısı yalıtımı için 4 cm kalınlığında strafor ile kaplanmıştır. Kurutma ünitesinden geçen suyun sıcaklığı yaklaşık 1-2 °C düşmektedir. Doğrudan değmeli kurutucuda kurutma işlemi sıcaklık 45° C'de sabit tutularak gerçekleştirilmiştir.

Materyalin kurutma ünitesine yerleştirilebilmesi ve denemelerin eş zamanlı sürdürülebilmesi için tel kafesler kullanılmıştır.

Bu kafesler 25 x 15 x 15 cm olarak ince ahşap çitlerden imal edilmiş ve bütün yüzeyleri tel eleklerle kaplanmıştır. Bu kafeslerin ortalama ağırlıkları 270 g'dır.

Doğrudan değmeli kurutucuda denemeler her kafese 150 $\pm$ 0,09 g yaş örnek koyularak yapılmıştır. Ürünlerin bir kısmı her denemeden önce etüvde nem tayini için ayrılmıştır.

Her denemede kurutma ünitesinin üzerine 3 adet kafes yerleştirilmiştir. İlk denemede kafesler 15 dakikada bir karıştırılmış ikinci denemede ise kafesler 30 dakikada bir karıştırılmıştır. Doğrudan değmeli kurutucuda karıştırma işlemi kafeslerin uzun eksen boyunca saat yönünde çeyrek tur çevrilerek gerçekleştirilmiştir. Kurutmada örneklerde ağırlık kaybını belirlemek amacıyla 1 saatte bir tartım yapılmıştır. Tartımlarda 0,01 g hassasiyetindeki Sartorius marka BA3100P model hassas terazi kullanılmıştır (Almanya).

2.1.2. Etüvde kurutma

Etüvde kurutma yapılırken doğrudan değmeli kurutucu için imal edilen kafesler kullanılmıştır. Örnekler 150 $\pm$ 0,09 g olarak kafeslere hazırlanmıştır. Etüvde kurutmada iki farklı sıcaklıkta kurutma yapılmıştır. Kullanılan sıcaklıklar 45° C ve 55° C'dir. Bütün denemeler üçer tekerrür olarak yapılmıştır. Etüvde kurutma yapılırken saatte bir örneklerin ağırlık kaybını belirlemek için tartım yapılmıştır. Araştırmada kullanılan etüv NÜVE Marka F 500 modeldir (Türkiye).

2.1.3. Mikrodalga fırında kurutma işlemi

Bu çalışmada Sinbo marka ve SMO 3606 model mikrodalga kullanılmıştır.(Türkiye) Mikrodalgada 280 W ve 595 W olmak üzere iki farklı güç seviyesinde kurutma yapılmıştır. Bunlar 280 W ve 595 W' tır. Kurutma her güç seviyesinde üçer tekerrür yapılmıştır. Her deneme için 50 g örnek kullanılmıştır. Kurutma işlemi her iki güçte de 1 dakika işlem, 5 dakika havalandırma olarak yapılmıştır. Yapılan ön denemelerde işlemin ara vermeden (havalandırmadan) yapılması halinde ürün kararmakta hatta iç kısımlarında yanmalar oluşmaktadır. Mikrodalganın kısmen kurumuş ürünün kurutulmasında kendi kendine zarar vermemesi için içine plastik bir bardak ile su konulmuştur. Su konulmadığı takdirde kurutmanın sonuna doğru mikrodalga fırının zarar gördüğü tespit edilmiştir.

Örneklerde kurutma yapılırken bir dakikada bir kuruma düzeyini belirlemek amacıyla tartım yapılmıştır.

2.1.4. Gölge ve güneşte kurutma işlemi

Gölgede ve güneşte kurutma işleminde diğer deneylerde olduğu gibi tel ile kaplanmış kafesler kullanılmıştır. Örnekler $150 \pm 0,09$ g olarak kafeslere hazırlanmıştır. Denemelerde ürünün toprak yüzeyi ile temasını ve ısı alışverişini engellemek ve kafeslerin her tarafından hava girişi sağlamak amacıyla yerden 15 cm yüksekliğinde orta kısmı delikli tel örgü ile kaplanmış sehpa kullanılmıştır.

Gölgede kurutmada ürünü güneşten korumak için sehpa üzerindeki deney materyalinin üzerine alt kısmı açık olmak üzere mukavva karton kutu koyulmuştur. Ayrıca hava geçişini sağlamak amacıyla bu karton kutunun üst kısmında delikler açılmıştır.

Her iki denemede üçer tekerrür halinde yapılmıştır. Örneklerde kurutma yapılırken her iki saatte bir ağırlık değişimini belirlemek amacıyla tartım yapılmıştır.

2.2. Uçucu yağların çıkartılması

Yaş ve kuru reyhan örneklerinin uçucu yağ oranları Neo Clevenger aparatı kullanılarak belirlenmiştir. Yaş örneklerin uçucu yağ oranları belirlenirken, alınan örnekler suyla temas ettirilmemiştir. İçlerinden su buharı geçirilerek analiz yapılmıştır. Bu analizlerde alt kısımda ısıtılan tüplere 200 ml su konulmuştur. Üst kısımdaki tüplere ise 50 g yaş reyhan

örnekleri konulmuştur. Isı kaybını azaltmak amacıyla üst tüpe yalıtım yapılmıştır. Örnekler, saf su kaynama noktasına ulaştıktan sonra 3 saat süreyle distilasyona tabi tutulmuştur.

Kurutulmuş reyhan örnekleri ise saf suyun içine koyulmuş ve kaynatılmıştır. Kaynatma işlemi 200 ml saf su ve 20 g kurutulmuş örnek tüp içine konularak gerçekleştirilmiştir. Kuru ürünler ve saf su tüp içine konulduktan sonra ocakta 3 saat 15 dakika işleme tabi tutulmuştur. 15 dakikalık süre saf suyun kaynaması için gereken süredir. Uçucu yağ oranı, 100 g kuru madde miktarından elde edilen uçucu yağın hacmi cinsinden hesaplanmıştır (ml uçucu yağ /100 g kuru madde). Uçu yağ çıkarma işlemleri üçer tekerrürlü olarak yapılmıştır.

2.3. Renk analizi

Taze ve kurutulmuş reyhan örneklerinde renk tayini yapılmıştır. Renk Ölçer (Minolta, CR300, Japonya) kullanılarak örneklerle ait L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir.

“L*” değeri parlaklığı ifade etmekte ve 0 ile 100 arasında değerler alabilmektedir. “L*”, 0 değerini siyah renkte hiçbir yansımanın olmadığı durumda alırken 100 değerini tam yansımanın olduğu beyaz renkte almaktadır. “a*” değeri ise, kırmızılık değeri olarak bilinmektedir. Pozitif “a*” değerleri kırmızılığı temsil ederken, negatif “a*” değerleri yeşil rengi temsil etmektedir. “b*” değeri sarılık değeri olarak bilinmektedir. Pozitif “b*” değerleri sarılığını temsil ederken, negatif “b*” değerleri maviliği temsil etmektedir. Sıfır kesim noktasında ($a^* = 0$ ve $b^* = 0$) renksizlik yani grilik olmaktadır (McGuire, 1992).

Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değerleri düşerken, canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir. Hue açısı ve kroma değeri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

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

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

Bir diğer ifade ise kahverengileşme indeksidir. Kahverengileşme indeksi, kahverengi rengin saflığını temsil etmektedir ve kahverengileşme reaksiyonlarının ürün renginde meydana getirdiği değişimleri tanımlamada önemli bir parametredir (Plou ve

ark., 1999). Kahverengileşme indeksi aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır;

$$BI = \frac{[100 \cdot (x - 0,31)]}{0,17} \quad (3)$$

Eşitlikte yer alan x değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$x = \frac{(a^* + 1,75 \cdot L^*)}{(5,645 \cdot L^* + a^* - 3,012 \cdot b^*)} \quad (4)$$

2.4. İnce tabaka kuruma modeli oluşturma

Kuruyan ürünlerin zamana bağlı olarak Nem Oranı (NO) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M_t}{M_0} \quad \dots (5)$$

ANO : Ayrılabilir Nem Oranı

M_t : Kurutma işlemi sırasında herhangi bir t anındaki nem içeriği (kb)

M₀ : İlk nem (kb)

Bu çalışmada ince tabaka kuruma modeli olarak Page eşitliği seçilmiştir;

$$ANO = \exp \left[- (k \cdot t)^n \right] \quad (6)$$

Yukarıda verilen eşitlikte t, kuruma süresini; k ve n, model parametrelerini temsil etmektedir.

Önceki çalışmalarda tıbbi ve aromatik bitkilerin kuruma eğrilerinin tanımlanması için Page eşitliği kullanılmış olup, başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Doymaz, 2006). Page eşitliği sadece iki parametreye sahip olan ve kullanımı kolay bir ince tabaka kuruma modelidir.

Tekerrürlere ait nem oran değerlerinin ortalaması alınarak, her bir faktöre ait tek bir kuruma eğrisi elde edilmiştir. Sigma Plot

programı kullanılarak Page eşitliği elde edilen kuruma verilerine (ortalama nem oranı ve zaman eşleri) uydurulmuştur. Sigma Plot programı, modele ait parametrelerin sayısal değerlerini, model için varyans analiz sonuçlarını (p değeri) ve kararlılık katsayısı (R²) değerlerini vermiştir.

2.5. İstatistik analizi

Denemede kullanılan bütün standart hata değerleri Minitab programında hesaplanmıştır. Renk ve uçucu yağ analizi sonuçları için SPSS programında Duncan testi yapılmış ve ortalamalar arasında farklılıkların önem derecesi belirlenmiştir.

2.6. Çevre havası sıcaklığı ölçümü

Onset Hobo marka sıcaklık ölçer/kayıt eder cihazıyla deneme boyunca gölgede hava sıcaklığı her 15 dakikada bir ölçülmüş ve kayıt edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Hasat sonrası materyalin ilk nemi %85 ± 0,1 (yb) olarak bulunmuştur. Kurutma denemelerine ait son nem ve kuruma süreleri, matematiksel modelleme, renk analizi ve uçucu yağ analizine ait sonuçlar alt başlıklar halinde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. Kurutma performans değerleri

Çizelge 1’de her kurutma denemesi için üçer tekerrürün ortalaması olarak son nem değerleri yaş baza göre verilmiştir. Ayrıca, aynı çizelgede kuruma süreleri saat veya dakika olarak verilmiştir.

Çizelge 1. Kurutulan reyhanların son nem oranları (% yb) ve kuruma süreleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Şartları	Ortalama son nem (y.b.)	Kurutma süreleri (Saat/Dakika)
Doğrudan Değmeli Kurutucu (45° C)	15 dak. karıştırma	13,75±4*	63 (saat)
	30 dak. karıştırma	9,24±5	66 (saat)
Etüv’de Sıcak Hava İle Kurutma	45° C	12,97±1	50 (saat)
	55° C	14,24±2	34 (saat)
Gölgede Kurutma		27,69±4	58 (saat)
Güneşte Kurutma		15,23±2	58 (saat)
Mikrodalgada Kurutma (280 W)		9,93±2	22 (dak.)
Mikrodalgada Kurutma (595 W)		11,20±2	9 (dak.)

* İlk değer ortalama nem içeriğini ve ikinci değer standart hatayı vermektedir

Çizelge 1’ de doğrudan değmeli kurutucuda 15 dakikada bir karıştırılarak yapılan kurutmada denemeleri kesintisiz olarak 63 saat devam etmiştir. Bu denemede, yaş baza göre $13,75 \pm 4$ nem seviyesine kadar kurutma devam etmiştir. 30 dakikada bir karıştırılarak yapılan doğrudan değmeli kurutma işlemi ise 66 saat sürmüştür. Bu kurutma işlemi sonunda yaş baza göre $9,24 \pm 5$ nem seviyesine kadar kurutma yapılmıştır. Bu sonuçlar, karıştırma sıklığının 30 dakikadan 15 dakikaya düşürmenin reyhan kurutmayı hızlandırmadığını göstermiştir.

Etüvde kurutmada kurutma sıcaklığının 45°C ’den 55°C ’ye artırılması kuruma süresini 16 saat kısaltmıştır. Önceden yapılmış diğer çalışmalar da sıcak havalı kurutmada hava sıcaklığı artışının kuruma süresini kısalttığını rapor etmiştir (Simal ve ark, 1996; Özdemir ve Devres, 1999; Ertekin ve Yaldız, 2004; Doymaz, 2006). Son nem değerleri bir birlerine yakın olup istenilen nem seviyesi aralığındadır. 45°C ’de etüvde kurutma aynı kurutma sıcaklığında (45°C sıcaklığında su kullanılarak) doğrudan değmeli kurutucuda yapılan kurutmadan yaklaşık 13-16 saat daha kısa sürmüştür. Bu durum, kurutmada hava kullanımının etkinliğini göstermektedir. Reyhan örneklerinde olduğu gibi, yığın oluşturan kurutma materyallerinde ürünlerin arasında hava dolaşımının sağlanması ürünlerin hepsinin aynı anda ısınmasını ve çıkan neminde aynı anda uzaklaştırmasını sağlamaktadır. Eğer ürünler arasında hava dolaştırılmaz ise yığının üst kısmında kalan ürünler sıcak yüzeye temas etmemekte ve daha az ısınmaktadır. Bu durum ürünün karıştırılmasıyla bir miktar ortadan kaldırılabilir. Doğrudan değmeli kurutucuda yapılan denemeler etüvde kurutmaya göre daha uzun sürede tamamlanmış olmasına rağmen, kesin bir yorum yapmak için enerji tüketim değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir. Doğrudan değmeli kurutucu, havanın ısıtılmasına gerek olunmadığı ve üründen geçmiş olmasına rağmen hala kurutma potansiyeli olan havanın dışarı atımı söz konusu olmadığı için önemli bir enerji tasarrufu sağlayabilir. Ayrıca, doğrudan değmeli kurutucular, sıcak su ile ısıtıldığı için güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile birlikte kullanılabilir.

Güneşte kurutma ise kesintisiz olarak 58 saat devam etmiş ve kurutulan reyhanların son

nem değerleri yaş baza göre $15,23 \pm 2$ düşmüştür. Diğer taraftan, gölgede kurutmada kurutma işlemi kesintisiz olarak 58 saat devam etmiş ve kurutulan reyhanların son nem değeri $27,69 \pm 4$ ’e düşmüştür. Gölgede kurutmada tekerrürlerin tamamında belirlenen kuruma süreleri nem içeriğinin istenilen seviyeye ulaşmasına yetmemiştir. Bu deneme güneşte kurutma ile eş zamanlı ve aynı ortamda yapıldığı için süreler eşit tutulmuştur. Sürelerin eşit tutulmasının diğer bir sebebi ise denemede amacın direk güneş altında ve gölgede kurutma yöntemlerini birbiriyle karşılaştırmaktır. Gölgede ve güneşte kurutmada kurutma havası sıcaklık değerleri çevre şartlarına bağlı olarak değişmiştir. Deneme sonunda gölgede hava sıcaklık değeri ortalama $31,66 \pm 4,56$ olmuştur. Güneş altında kurutma doğrudan değmeli kurutucuda ve 45°C ’de etüvde yapılan kurutma denemeleri ile benzer kuruma sürelerine sahip iken 55°C ’de etüvde kurutmada daha uzun sürmüştür. Güneş altında kurutmada, gerek çevre havasının kurutma potansiyelinden kurutmada faydalanılırken gerekse örnekler üzerine düşen güneş ışınımının ısıtma etkisinden de faydalanılmaktadır. Güneş ışınlarıyla doğrudan yapılan ilave ısıtma etkisi, güneş altında kuruyan örneklerin son nem içeriğinin gölgede kuruyan örneklerin son nem içeriğinin yaklaşık yarısına düşmesine sebep olan faktördür.

Mikrodalgada kurutmada ise iki farklı güç seviyesinde kurutma yapılmıştır. Kullanılan güç seviyeleri 280 W (orta düşük) ve 595 W (orta yüksek) dir. Çizelge 1’de görüldüğü gibi 280 W güç seviyesindeki deneme 22 dakika, 595 W ile gösterilen güç seviyesindeki deneme ise 9 dakika devam etmiştir. Mikrodalgada kurutma işleminde örnekler 1 dakika süreyle mikrodalgada ısıtılmış ve 5 dakika süreyle mikrodalga fırından çıkarılarak karıştırılmış havalandırılmıştır. Kuruma zamanları 5’er dakika karıştırma ve havalandırma zamanı göz ardı edilerek hesaplanmıştır. Bu kurutma işlemlerinde yaş baza göre 280 W güç seviyesi için $9,93 \pm 2$ nem seviyesine kadar kurutma yapılmıştır. 595 W güç değerinde yapılan kurutmada ise $11,20 \pm 2$ nem seviyesine kadar kurutma yapılmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde, en hızlı kurumanın mikrodalgada kurutmada olduğu ve en uzun kurumanın ise gölgede kurutmada gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca, mikrodalga güç seviyesinin 280 W’ dan 595

W'a çıkarılması kuruma süresini yarıdan fazla kısaltmıştır.

Çizelge 1'de verilen standart hata değerleri son nem değerleri ile kıyaslandığında kısmen yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin ürünün sap ve yaprak kısımlarının bir arada kurutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemeler yapılırken yaprak/sap oranında homojen bir dağılım sağlamak için çaba gösterildiyse de her tekerrür için alınan örneklerin yaprak/sap oranları birbirine eşit sağlamak mümkün değildir. Sapların yapraklara göre kuruma süresinin uzun olduğu bilinen bir gerçektir. Bunun tekerrürler arasındaki kuruma süresi farkını arttırmış olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, yaprak/sap oranındaki farklılığın her muamele içinde bile kuruma sürelerini etkilediği düşünülmektedir. Standart hata oranlarının yüksek olmasının diğer bir sebebi de; tartım ve karıştırma sırasında tel kafeslerin boşlukları arasında meydana gelen küçük kayıplar olabilir.

3.2 İnce tabaka kurutma model değerleri

Modelleme işleminde kullanılan Page eşitliği parametre değerleri ve Varyans analizi sonucu elde edilen p değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Ayrıca, aynı çizelgede kararlılık Çizelge 2'de verilen "k" değerleri kurutma yöntemine ve kurutma şartlarına bağlı olarak 0,0009 ile 0,1663 arasında değişmiştir. En düşük "k" değeri 280 W'da mikrodalgada

kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise 45 °C'de etüvde kurutmada elde edilmiştir.

"n" değerini incelediğimizde kurutma yöntemine ve kurutma şartlarına bağlı olarak 0,8184 ile 1,6694 arasında değişmiştir. En düşük "n" değeri gölgede kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise mikrodalgada 280 W güç seviyesinde yapılan kurutmada elde edilmiştir. Modelin yeterlilik kriterini geçebilmesi için Varyans analizi sonuçlarına göre elde edilen p değerinin 0,05'in altında çıkmalıdır. Bütün kurutma yöntemleri için p değeri 0,05'in altındadır. Bu sonuca göre Page eşitliği bütün kurutma yöntemlerine ait kuruma eğrilerini tanımlamada istatistikî açıdan önemli bulunmuştur. Kararlılık katsayısı (R^2) değerleri ise modelin tahmin etme başarısını ölçmektedir. Model tahmini ile gerçek değerlerin tam birbirinin aynısı olması durumunda R^2 değerleri 1'dir.

Elde edilen R^2 değerleri 1'e çok yakın bulunmuştur. Bu verilere göre Page eşitliği elde ettiğimiz verileri çok iyi derecede tanımlamaktadır. R^2 değerlerine göre kullanılan Page eşitliği etüvde 45° C' de kurutma, etüvde 55° C' de kurutma ve mikrodalgada 595 W güç seviyesinde kurutmada en iyi sonuçları vermektedir. En düşük R^2 değeri ise güneşte kurutma işleminde elde edilmiştir. Bunun sebebinin güneşte kurutmada, kurutma sıcaklığının zamana bağlı olarak değişmesi ve kurutma işleminin günün farklı dönemlerinde farklı hızlara sahip olması olabilir.

Çizelge 2. Page eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R^2 ve p Değerleri

Varyans Analizi Tablosu	Kurutmada Kullanılan Yöntem	k	n	R^2	p
Doğrudan Değmeli Kurutucu (45°C)	15 dakikada karıştırma	0,0331	1,0242	0,993	<0,0001
	30 dakikada karıştırma	0,0209	1,1517	0,993	<0,0001
Etüv'de Kurutma	45° C' de kurutma	0,1663	0,7520	0,998	<0,0001
	55° C' de kurutma	0,0693	1,0884	0,998	<0,0001
Gölgede Kurutma		0,0874	0,8184	0,990	<0,0001
Güneşte Kurutma		0,0957	0,8251	0,980	<0,0001
Mikrodalgada Kurutma (280 W)		0,0009	1,6694	0,994	<0,0001
Mikrodalgada Kurutma (595 W)		0,0092	1,4623	0,998	<0,0001

Çizelge 3'te renk analizinde ölçülen değerlerin ortalamaları ve standart hata değerleri verilmiştir. Aynı çizelgede Duncan testine göre kurutma yöntemleri arasında fark

olup olmadığı üst indislerle (a, b, c, d ve e) gösterilmiştir. Çizelge 4'te ise L^* , a^* ve b^* değerleri kullanılarak hesaplanan renk değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Ölçülen renk değerlerinin ortalamalarının kıyaslanması ($P<0,01$)

Kurutma Yöntemleri		L*(Parlaklık)	a*(Kırmızılık)	b*(Sarılık)
Doğrudan Değmeli Kurutucu (45 °C)	15 dakikada karıştırma	31,59±2,34 ^{bc}	1,12±0,99 ^{ab}	15,62±0,71 ^b
	30 dakikada karıştırma	34,27±0,92 ^b	0,83±0,31 ^{ab}	15,21±1,09 ^{bc}
Etüv'de Sıcak Hava İle Kurutma	45 °C' de kurutma	41,16±1,56 ^a	-3,20±0,44 ^d	20,91±0,92 ^a
	55 °C' de kurutma	39,79±1,97 ^a	-1,15±0,24 ^c	21,14±0,82 ^a
Gölgede Kurutma		30,90±2,11 ^{bc}	1,70±0,52 ^a	13,51±0,95 ^{bcd}
Güneşte Kurutma		28,24±0,68 ^{cd}	1,05±0,57 ^{ab}	12,85±0,72 ^{cde}
Mikrodalgada Kurutma (280 W)		22,36±1,67 ^e	2,21±0,32 ^a	10,51±0,67 ^e
Mikrodalgada Kurutma (595 W)		24,69±1,27 ^{de}	0,12±0,41 ^{bc}	11,57±0,84 ^{de}
Taze Ürün		44,48±0,59 ^a	-14,32±0,23 ^e	22,89±1,01 ^a

Çizelge 4. Hesaplanan renk değerleri

Kurutma Yöntemleri		C* (Doygunluk)	h° (Hue açısı)	BI (Kahverengilik)
Doğrudan Değmeli Kurutucu (45 °C)	15 Dakikada Karıştırma	15,66	85,90	68,23
	30 Dakikada Karıştırma	15,23	86,89	58,51
Etüv'de Sıcak Hava İle Kurutma	45 °C' de Kurutma	21,15	-81,30	61,30
	55 °C' de Kurutma	21,17	-86,89	69,74
Gölgede Kurutma		13,61	82,82	59,89
Güneşte Kurutma		12,89	85,34	61,46
Mikrodalgada (280 W)		10,74	78,13	68,96
Mikrodalgada (595 W)		11,57	89,41	61,20
Taze Ürün		27,00	-57,97	40,30

Kurutma yöntemlerinin hepsinin farklı oranlarda renk değişimine sebep oldukları Çizelge 3'de görülmektedir. En az renk değişimine sebep olan kurutma yöntemi etüvde kurutmadır. Etüvde kurutulan örneklerin parlaklık ve sarılık değerleri yaş ürüne ait değerler ile aynı iken sadece kırmızılık değerinde bir farklılaşma olmuştur. Doğrudan değmeli kurutucuda kurutma işlemine ise renk değerleri orijinal yaş ürün değerlerinden farklı olmakla birlikte bu değişim güneşte ve mikrodalgada kurutma sonuçlarına göre daha azdır. Etüvde kurutmaya göre doğrudan değmeli kurutucuda daha fazla renk değişiminin olmasının sebebi ise daha uzun kuruma süresi olabilir. Diğer taraftan, mikrodalga kurutma işlemleri çok kısa sürmesine rağmen renk değişimleri en fazla olmuştur. Bunun sebebi, mikrodalgada ısıtma sırasında ürün sıcaklıklarının anlık yüksek değerlere erişmesi sonucunda renk maddelerinin parçalanması olabilir. Mikrodalgada kurutmada uygulanan güç değerleri birbirine kıyasla renk değerlerinde çok önemli bir farklılığa sebep olmamıştır. Mikrodalga kurutma yapılması durumunda ürün sıcaklığının aşırı yükselmemesi için hava ile soğutma ve mikrodalga ile ısıtma rejimlerinin

çok iyi ayarlanması gerekir. Bunu sağlamak amacıyla, temassız sıcaklık ölçüm cihazı kullanılarak ürün sıcaklıkları ölçülebilir ve ısıtma işlemine ara verilerek soğuma işlemi başlatılabilir. Markette müşterilerin beğenisini en iyi tanımlayan renk kriterleri olan doygunluk ve hue açısı değerleri incelendiğinde ise sadece etüvde kurutma denemelerinin taze ürün değerlerine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Kahverengilik indeksi değerleri kıyaslandığında ise taze örneklerle en yakın değerlerin 30 dakikada bir karıştırılan doğrudan değmeli kurutucuda kurutma denemelerinde elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, kahverengilik indeksinin reyhan bitkisinde kurumaya bağlı renk değişimlerini temsil eden iyi bir kriter olmadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır.

3.4. Uçucu yağ oranları

Çizelge 5'te uçucu yağ analizi sonuçları verilmiştir. Çizelgede verilen a, b, c, d ve e indisleri SPSS programında yapılan Duncan testine göre kurutma yöntemlerine ait ortalamalar arası farklılıkları gruplandırılmak amacıyla kullanılmıştır.

Çizelge 5.Uçucu yağ oranları

Uçucu yağ analizi	Kurutulmuş ve Taze Örnekler İçin Uçuğu Yağ Değerleri (ml/100g kuru madde)
Taze Ürün	0,74±0,07 ^a
Doğrudan Değmeli Kurutucu (45 °C)	15 Dakikada Karıştırma
	30 Dakikada Karıştırma
Etüv	45 °C' de Kurutma
	55 °C' de Kurutma
Gölgede Kurutma	
Güneşte Kurutma	
Mikrodalgada 280 W Güç	
Mikrodalgada 595 W Güç	

Doğrudan değmeli kurutucuda ve etüvde yapılan kurutma denemeleri taze ürüne kıyasla istatistik açısından önemli kabul edilebilecek bir düzeyde değişime sebep olmamıştır. Fakat, önemsiz çıkmasına rağmen 55 °C' de etüvde kurutma, 0,13 ml/100 g kuru madde'lik bir uçucu yağ oranında azalma görülmektedir. Bu fark % 17.6'lık bir azalmaya karşılık gelmekle birlikte kontrol edilemeyen hatalardan dolayı önemsiz çıkmıştır. Önceki çalışmalarda oda sıcaklığında kurutulan reyhan örneklerinde bile önemli uçucu yağ kayıplarının olduğu tespit edilmiş iken mevcut çalışmada özellikle 45 °C' de etüvde kurutmada uçucu yağ oran değeri taze örneğe çok yakın bulunmuştur. Bu farklılık, kullanılan reyhan çeşitlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Reyhan çeşitlerinin bazıları kurutmaya daha uygun iken bazıları kurutmadan kolayca olumsuz etkilenebilecek bir yapıya sahip olabilir.

Mikrodalgada ve güneşte kurutma büyük oranda uçucu yağ kaybına sebep olmuştur. 595 W'lık güçte yapılan mikrodalgada kuruma denemesinde kayıp % 86,5 seviyelerine kadar çıkmıştır. Mikrodalgada kurutma denemelerinde yüksek uçucu yağ kayıplarının oluşmasının sebebi ürün sıcaklığındaki anlık ve yüksek artışların bitki yüzeyini kaplayan mumsu dokuyu bozarak uçucu yağların kaçışını hızlandırması olabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan güneş altında yapılan kurutma da ise doğrudan bitki üzerine gelen güneş ışınlarının yaprak yüzeyinde depolanan uçucu yağlara fotokatalitik etki yaparak parçalaması söz konusu olabilir. Güneşte kurumada mikrodalgada kurutmada olduğu gibi anlık ve yüksek sıcaklık artışları söz konusu değildir.

5. Sonuç

Tıbbi ve aromatik bitkiler dünya pazarlarında önemli bir yere sahiptir. Tıbbi ve aromatik bitkiler; gıda, ilaç, kozmetik, temizlik ve doğal boya endüstrilerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Ülkemiz bu bitkilerin bir bölümünün anavatanı olup ve bir bölümünün de yetişebildiği floraya sahiptir. Yüksek nemlerde hasat edilen tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesinde en çok kullanılan ilk işlem kurutma olup üretim maliyetinin yaklaşık yarısını kapsamaktadır. Bu çalışmada reyhan bitkisi kurutmak için uygun kurutma yöntemi ve kurutma şartı belirlenmiştir. Bu amaçla beş farklı kurutma yöntemi (doğrudan değmeli kurutucuda kurutma, etüvde kurutma, güneşte kurutma, gölgede kurutma ve mikrodalgada kurutma) kullanılmıştır. Etüvde sıcak hava yardımıyla kurutmada en yüksek kurutulmuş ürün renk kalitesi ve en yüksek uçucu yağ oranı elde edilmiştir. Mikrodalgada kurutma ve güneş altında kurutma bitki kalitesinde önemli değişikliklere sebep olduğu için reyhan kurutmada kullanılması tavsiye edilmemektedir. Diğer taraftan doğrudan değmeli kurutucuda reyhan kurutmada kurutma sıklığının önemli bir etkisi belirlenmemiş olup 30 dakikada bir çeyrek turlu döndürme uygun görülmüştür. Etüvde 45-55 °C kurutma havası sıcaklık aralığında yapılacak kurutma reyhan için uygun bulunmuştur.

Tıbbi ve aromatik bitkilerde yapılacak kurutma çalışmalarında bitkilerin sap ve yaprakları birbirinden ayrılması örneklerde daha homojen bir nem içeriği elde edilmesini sağlayacaktır. Ancak büyük ölçekli kurutma işlemlerinde sap ve yaprakların ayrılması mümkün değildir.

Kaynaklar

- Baydar, H., 2005. Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:55.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27, 1254-1255
- Simal, S., Mullet, A., Tarranzo, J. and Rosello, C., 1996. Drying models for green peas. Food Chemistry, 55, 121-128
- Öztekin, S., Başçetinçelik, A. ve Soysal, Y., 1999. Crop drying programme in Turkey. Renewable Energy, 16:789-794.
- Diaz-Maroto, M.C., Palomo, E.S., Castro, L., Vinas M.A.G., Perez-Coello, M.S. 2004. Changes produced in the aroma compounds and structural integrity of basil (*Ocimum basilicum* L.) during drying. J. Sci. Food Agric. 84:2070-2076.
- Diaz-Maroto, M.C., Perez-Coello, M.S., Vinas M.A.G., Cabezu, M.D. 2003. Influence of drying on the flavor quality of spearmint (*Mentha spicata* L.). J. Agric. Food Chem. 51:1265-1269.
- Doymaz, İ., 2006. Thin layer drying behaviour of mint leaves. Journal of food engineering 74, 370-375.
- Makinen, S.M., Paakkonen, K.K. 1999. Processing and use of basil in foodstuffs beverages and in food preparation. In: (Editörler: R. Hiltunen ve Y. Holm) Basil, The Genus *Ocimum*. Harwood Academic Publishers.
- Müller, J., Heindl, A. 2005. Drying of medical plants (Chapter 17). In: (Editörler: R.J. Bogers, L.E. Craker, D. Lange) Proceedings of the Frontis Workshop on Medicinal and Aromatic Plants, Wageningen, The Netherlands, 17-20 April 2005.
- Nykanen, L., Nykanen, I. (1987) The effect of drying on the composition of the essential oil of some Labiate herbs cultivated in Finland.
- Palou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J., & Swanson, B. G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. Journal of Food Science, 64, 42-45.