



Meyve ve Sebzelerin Kurutma Parametrelerinin İncelenmesi

Ali Etem Gürel ^{1,♣}, İlhan Ceylan², Mustafa Aktaş³

¹Düzce Üniversitesi, Düzce Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Düzce/TÜRKİYE

²Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Karabük/TÜRKİYE

³Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Ankara/TÜRKİYE

Başvuru: 26/07/2016

Düzeltilme: 17/10/2016

Kabul: 24/10/2016

ÖZ

Kurutma, tarımsal ürünlerin bozulmadan korunması için kullanılan en eski yöntemdir. Kurutma işlemi ile birlikte gıda ürünlerindeki su aktivitesi değeri düşer ve böylece gıdaların bozulma süreci yavaşlar. Kurutma işlemi ile gıdaların uzun süre korunması sağlanır. Kurutma birçok aşamadan oluşan karmaşık bir uygulamadır. Bu süreç kurutma öncesi işlemleri, kurutma işlemini ve kurutma sonrası analizleri kapsamaktadır. Kurutma öncesi işlemler, ürünlerin hazırlanmasını, ön işlemleri, nem içeriklerinin belirlenmesi aşamalarını kapsar. Kurutma sonrası analizler ise, ürünün renk, doku, büzülme, gözeneklilik, tat, su aktivitesi, rehidrasyon, raf ömrü, besin değerleri vb. değerlendirmeleri kapsar. Kurutma işleminin başarılı sayılabilmesi için bütün bu süreçlerin dikkatli bir biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, gıda kurutulması işlemleri sırasında uygulanan kurutma prosedürleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kurutma, enerji, gıda, renk değişimi, su aktivitesi.

Examining Drying Parameters of Fruits and Vegetables

ABSTRACT

Drying is the oldest method known for preserving agricultural products. Drying process reduces the water activity of foods, thus slowing down food spoilage. It ensures preservation of foods for longer periods. Drying is a complex process which consists of more than one step. The whole process includes pre-drying processes, the drying process itself and the post-drying analysis. Pre-drying processes cover the preparation of products, pre-drying treatments and determination of moisture contents. Post-drying analysis covers the assessments of the color, texture, shrinkage, porosity, taste, water activity, rehydration, shelf life, nutritive value etc. of the products. All these processes must be completed carefully so that the drying process is regarded as successful. This study examines the drying procedures used during the drying of foods.

Key Words: Drying, energy, food, color change, water activity.

♣ İletişim yazarı, e-mail: etemgurel@gmail.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kurutma en temel tanımıyla; kurutulmak istenen üründen nemin uzaklaştırılması işlemidir. Geçmişten günümüzde kurutma işlemi endüstriyel ihtiyaçları karşılayacak biçimde gelişmiş ve kendisine geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bugün endüstriyel uygulamalarda kurutmanın kullanılmadığı alan neredeyse yok gibidir. Kurutma işlemi yaygın olarak gıda, kimya, tekstil, deri ve kereste sanayi gibi endüstri dallarında uygulanmaktadır [1].

Tarımsal ürünlerin kurutulması için birçok farklı kurutma yöntemi kullanılır. Bu yöntemlerden en eskisi güneş altında açıkta kurutmadır. Bu yöntem basit olmakla birlikte ürünlerin açıkta oluşu, toz, yağmur, böcekler, kuşlar ve rüzgâr etkisi gibi pek çok olumsuzluğu da beraberinde getirir. Bununla beraber açıkta kurutma yöntemi geniş bir kurutma alanı ve uzun bir kurutma süresini de gerektirmektedir. Bu nedenle kurutma işleminin kontrollü yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmesi son derece önemlidir.

Kurutma işleminin başarısı, gerek ürün kalitesi gerekse işletmenin kârlılığı bakımından uygun bir kurutucunun seçilmesine bağlıdır.

Her ürünün kurutulmasına uygun çok amaçlı bir kurutucu tipinin olmaması nedeni ile ilk adım olarak kurutma yönteminin ve kurutucunun doğru seçimi büyük önem taşımaktadır [2]. Kurutucu seçimi yapılırken kurutucuların karakteristik özellikleri göz önünde tutulmalıdır. Aynı kurutucunun çalışma şartlarında yapılan değişiklik, ürünün kalitesini etkileyebilir. Bu

yüzden kurutucu tipinin yanında optimum kalite ve ısı nem almanın maliyeti için doğru çalışma şartlarını da seçmek ayrıca önemlidir [3].

Kurutma yöntemi ve kurutucu tipi ne olursa olsun gıdalar, kurutma öncesinde, sırasında ve sonrasında belirli işlemlerden geçirilmelidir. Bu çalışmada bu kontrol yöntemleri üzerinde ayrıntılı olarak durulmuştur.

2. KURUTMA İŞLEMİ (DRYING PROCESS)

Temel bir kurutma işlemi üç aşamadan oluşur. Bunlar; kurutma öncesi işlemler, kurutma sırası ölçümler ve kurutma sonrası kontrollerdir.

2.1. Kurutma öncesi işlemler (Pre-drying processes)

Kurutma işlemleri öncesinde meyve veya sebzelerde bazı ön işlemleri uygulanır. Bu ön işlemler ürünlerin güvenliğini ve kalitesini artırmaktadır. Sebzelerde ön işlemler olarak sıcak suya veya buhara daldırma işlemi yapılmaktadır.

Daldırma işlemi, enzim aktivitesini durdurmaya veya yavaşlatmaya yardım ederek ürünlerin depolanması sırasında istenmeyen tat ve kıvam değişikliklerini önler. Bununla beraber daldırma işlemi ürünlerin hızlı kurumasını, vitaminlerini ve renklerini korumalarını sağlar. Tablo 1’de sebzelerin ön işlemleri ve hazırlık aşamaları verilmiştir [4].

Tablo 1. Sebzeler için ön işlemler ve kurutma hazırlıkları [4].

Sebze	Hazırlık	Daldırma süresi (dakika)	Kurutma süresi (saat)	Kuruluk testi
Havuç	Ürün yıkanır. Üst kısımları ve kökleri kesilir, soyulur. 1/8” kalınlığında dilimlenir.	4	6-10	Sert kırılğan
Patates	Yıkanır, soyulur ve 1/8” kalınlığında dilimlenir.	7	6-10	Kırılğan
Kabak	Yıkanır ve 1/4” kalınlığında dilimlenir	4	10-16	Sert kırılğan
Biber	Yıkanır, sapları ayıklanır. Çekirdekleri ve tohumları çıkarılır. 1/2-1/4 “ kalınlığında halkalar veya şeritler halinde kesilir.	4	8-12	Sert kırılğan
Maydanoz ve diğer tıbbi bitkiler	Yıkanır. Kümelere ayrılır. Sert olan gövdeleri atılır.	4	4-6	Kolayca dağılır
Soğan	Yıkanır. Kabukları soyulur. Üst ve kökleri kesilir. 1/4”-1/8” kalınlığında dilimlenir.	4	6-10	Çok kırılğan
Kereviz	Sapları ayıklanır ve iyice yıkanır.	4	10-16	Çok kırılğan
Bezelye	Kabukları ayıklanır ve yıkanır.	4	8-10	Sert, buruşuk ve yeşil

Meyvelere de kalitesini ve rengini koruyabilmesi için kurutma öncesi işlemler uygulanır. Meyveler genellikle asidik solüsyonlara daldırılır. Bu solüsyonlar; askorbik asit, sitrik asit ve limon suyudur. Tablo 2’de bazı meyveler için ön işlemler ve kurutma öncesi hazırlıklar verilmiştir [5].

Kurutma işlemlerine başlamadan önce, kurutulacak ürünün tam kuru ağırlığının belirlenmesi çok önemlidir. Bu değer, kurutma işleminin hangi aşamada sonlandırılacağına belirlenmesi ve kurutma işleminin başarısının ölçülmesi için çok önemlidir. Bu değeri belirlemek için en sık kullanılan yöntem kütle değişim yöntemidir. Bu yöntemde kurutulacak ürün, belirli bir

sıcaklıkta sabit tutulan bir etüvde kurumaya bırakılır ve aralıklı olarak ürün kütlesi ölçülür. Birbirini takip eden iki ölçüm sonunda kütle değişiminin %1'den az olması durumunda ürünler tam kuru kabul edilir [6].

Bir başka kurutma öncesi işlem de ürünün nem içeriğinin belirlenmesidir. Bu önemli bir işlemdir. Bu işlem sayesinde ürünün başlangıç ve son nem içerikleri belirlenebilir. Bu değerlerin belirlenmesi kurutma

işleminin başarısının ölçülmesi açısından önemlidir. Nem içeriği üç farklı yöntemle belirlenebilir.

Direkt ölçüm: Bu yöntemde ürünlerdeki su içeriği kütle değişimi ölçülerek belirlenir. Bu yöntemde kuru baza ve yaş baza göre hesaplamalar yapılabilir. Bunun için Eşitlik 1 ve 2 kullanılır [7-9]. Bu yöntem nem içeriğinin daha doğru ölçülmesini sağlar. Ayrıca diğer yöntemlere göre daha kullanışlıdır.

Tablo 2. Meyveler için ön işlemler ve kurutma hazırlıkları [5].

Meyve	Kurutma prosedürü
Elma	Olgun çiftlik elmaları seçilir. İyice yıkanır ve çekirdekleri çıkarılır. Halka olarak veya 1/4"-1/8" kalınlığında dilimlenir ya da dörde veya sekize dilimlenir. Askorbik aside ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat olarak ve çekirdekli tarafları yukarıya gelecek biçimde dizilir. Kurutulduktan sonra kesildiğinde merkezinde nemli bir bölge olmaz. Esnek, derimsi ve yumuşaktır. (6-12 saat kurutma süresi)
Kayısı	Tam olarak olgunlaşmış kayısılar seçilir. İkiye bölünür ve çekirdekleri çıkarılır. Kabukları soyulmaz. Askorbik aside ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat olarak ve çekirdekli tarafları yukarıya gelecek biçimde dizilir. Kurutulduktan sonra kesildiğinde merkezinde nemli bir bölge olmaz. Esnek, derimsi ve yumuşaktır. (24-36 saat kurutma süresi)
Muz	Olgunlaşmış muzlar seçilir. Kabukları soyulur. 1/8" kalınlığında dilimlenir. Sitrik asit ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat dizilir. Kuruduğunda sert ve derimsidir. (6-10 saat kurutma süresi)
İncir	Olgun incirler seçilir. Yıkanır veya nemli bir bez ile silinir. Arzu edilirse soyulabilir. Eğer incirler küçükse ya da ağaç üzerinde bir miktar kurumuşsa bütün halde bırakılabilirler. Büyük incirler dilimlenir. Eğer incirler bütün bırakılmışsa 30 saniye kaynar suya daldırılır. Dilimlenmiş incirler askorbik aside ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat dizilir. Kuruduğunda derimsi ve bükülebilirdir. (12-24 saat kurutma süresi)
Armut	Olgunlaşmış armutlar seçilir. İyice yıkanır. Eğer istenirse soyulabilir. Boyuna olacak şekilde ikiye kesilir ve çekirdeği alınır. 1/4"-1/8" kalınlığında dilimlenir ya da dörde veya sekize dilimlenir. Sitrik asit ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat olarak ve çekirdekli tarafları yukarıya gelecek biçimde dizilir. Kurutulduktan sonra kesildiğinde merkezinde nemli bir bölge olmaz. (6-10 saat kurutma süresi)
Nektarin ve şeftali	Olgunlaşmış ürünler seçilir. Yıkanır ve soyulur. İkiye bölünür ve çekirdeği çıkarılır. Dörde bölünür ya da dilimlenebilir. Sitrik asit ya da diğer anti-mikrobiyal solüsyonlara 10 dakika boyunca daldırılır. Solüsyondan çıkarılır ve kurulanır. Kurutma kabinine tek kat olarak ve çekirdekli tarafları yukarıya gelecek biçimde dizilir. Kuruduğunda derimsi ve biraz esnektir. (6-36 saat kurutma süresi)

$$MC_{kb} = \frac{M_i - M_d}{M_d} \quad (1)$$

$$MC_{yb} = \frac{M_i - M_d}{M_i} \quad (2)$$

Eşitliklerde, M_i kurutulan ürünün başlangıç kütlesi ve M_d kurutulmuş halde ürün kütlesidir.

Endirekt ölçüm: Bu yöntem ürünün direnç ve kapasitansının ölçümünü ve sonra bunun nem içeriğine dönüştürülmesini kapsar. Direnç ve kapasitansın ölçümünde doğru bir ölçüm gerçekleştirebilmek için sıcaklık düzeltmelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Nem ölçümlerinin çoğunda sıcaklık düzeltme yazılımları kullanılmaktadır. Direnç ve kapasitansın ölçümü ile gerçekleştirilen yöntemde her ürün için kalibrasyon

eğrileri oluşturulması gerekliliği bu yöntemin kullanımını sınırlar [10].

Diğer bir endirekt ölçüm yöntemi higrometre kullanımıdır. Higrometre, üründe bulunan hava boşluğundaki bağıl nemi ölçer. Bu ölçüm, ürünlerdeki su aktivitesi değerinin belirlenmesinde kullanışlıdır. Higrometre üründeki nem içeriğini doğrudan ölçemez.

Duyulara dayalı ölçümler: Bu yöntem ürünün elle, gözle ve tat alarak kontrolü anlamına gelir. Küçük işletmeler tarafından çok kullanılan bir yöntemdir.

Bu ölçüm yöntemi endirekt olduğundan ve kişiden kişiye değişim gösterdiğinden çok güvenilir bir yöntem değildir. Bu nedenle bilimsel bir yöntem sayılamaz.

Tablo 3'te bazı gıda ürünlerinin ilk ve son nem içerikleri ile uygun kurutma havası sıcaklıkları verilmiştir. [3] Kurutma işlemleri için en önemli parametrelerden biri kurutma havası sıcaklıklarıdır. Kurutma işleminde uygun sıcaklığın seçilmemesi, ürünlerin bozulmasına, renk değişimine ve lezzet kaybına uğramasına yol açacaktır.

2.2. Kurutma sırasındaki işlemler (Processes during drying)

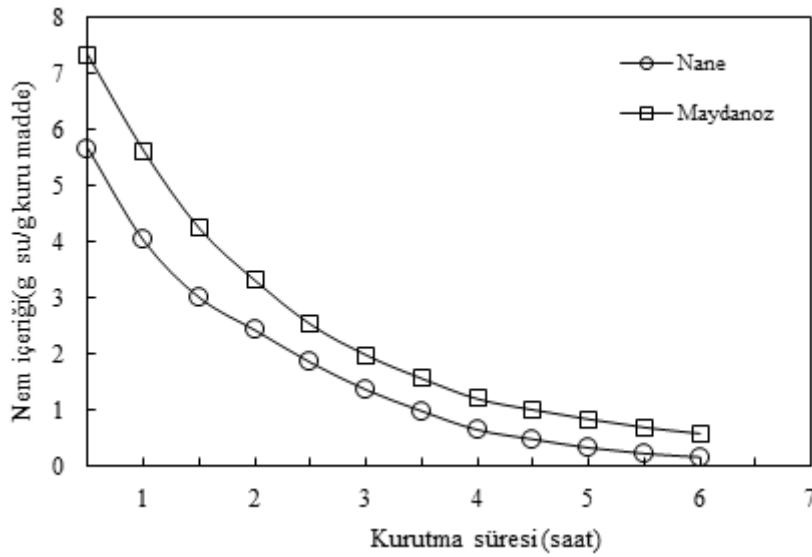
Kurutma işlemi sürdürülürken gerçekleştirilen bazı işlemler vardır. Normal şartlar altında yapılan bir kurutma işleminde, kurutma ünitesinin sürekli açılması hem ısı kaybına hem de ürün nem miktarının artmasına

yol açacağı için çok tercih edilen bir uygulama değildir. Eğer kurutucu içerisinde sürekli ölçüm alınabilecek bir sistem varsa bu şekilde ölçümler almak çok daha kullanışlıdır.

Kurutma sırasında yapılan ölçümlerin başında kütle değişimi gelir. Kütle değişimi sürekli takip edilerek, ürünün anlık nem içeriği ve kurutucu sistemin anlık performansı bulunabilir. Kurutma sırasında kütle değişimi ölçülerek zamana göre nem içeriği değişimi grafikleri oluşturulabilir. Tipik bir sisteme ait nem değişimi grafiği Şekil 1'de gösterilmiştir [11].

Tablo 3. Bazı gıda ürünlerinin nem değerleri ve kurutma sıcaklıkları [3].

Ürün adı	Başlangıç nemi (yaş baza göre) (%)	Son nem miktarı (yaş baza göre) (%)	İzin verilen en yüksek kurutma sıcaklığı (°C)
Mısır	35	15	60
Buğday	20	16	45
Tahıl	24	14	50
Pirinç	24	11	50
Bakliyat	20-22	9-10	40-60
Yağlı tohumlar	20-25	7-9	40-60
Yeşil bezelye	80	5	65
Karnabahar	80	6	65
Havuç	70	5	75
Yeşil fasulye	70	5	75
Soğan	80	4	55
Sarımsak	80	4	55
Lahana	80	4	55
Tatlı patates	75	7	75
Patates	75	13	75
Biber	80	5	65
Elma	80	24	70
Kayısı	85	18	65
Üzüm	80	15-20	70
Muz	80	15	70
Bamya	80	20	65
Ananas	80	10	65
Domates	96	10	60



Şekil 1. Kurutma süresine göre nem değişimi [11].

2.3. Kurutma sonrası kontroller ve işlemler (Post-drying controls and processes)

Kurutma sonrası kontroller ve işlemler, gerçekleştirilen kurutmanın başarıya ulaşip ulaşmadığını göstermesi ve kurutma işleminin sürdürülebilirliğini sağlaması açısından önemlidir. Bu kontroller ve işlemler ürünün renk, doku, büzülme, gözeneklilik, tat, su aktivitesi, rehidrasyon, raf ömrü, besin değerleri vb. değerlendirmeleri kapsar. Bu bölümde bu parametrelerden bazıları açıklanmıştır.

Renk: Renk belki de tüketiciler tarafından aranan en önemli özelliktir. Renk pigmentleri, Maillard reaksiyonu ve enzimatik esmerleşme kurutma sürecinde ürünün renk değişiminde önemli rol oynar. Ürünlerdeki renk değişimleri CIELab renk uzayı sistemi kullanılarak analiz edilebilir. Bu yöntemde kurutulan ürünlerden seçilen numunelerin L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri ölçülür. Ölçülen bu değerlerden yararlanarak ürünlerin toplam renk değişimi hesaplanabilir. Bu hesaplama için Eşitlik 3 kullanılır [12].

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2} \quad (3)$$

Çoğu uygulamada renk değişiminin fazla oluşu tüketiciler tarafından uygun olmayan bir durumdur. Tüketiciler genellikle ürünlerin kurutma öncesi renklerine mümkün olduğunca yakın olmalarını istemektedirler. Tablo 4'te toplam renk değişimi aralıkları verilmiştir [13].

Tablo 4. Toplam renk değişim aralıkları [13].

Seviye	ΔE aralığı
Eser değerde fark	0-0.5
Çok küçük fark	0.5-1.5
Göze çarpan fark	1.5-3.0
Anlaşılabilir fark	3.0-6.0
Büyük fark	6.0-12.0
Çok büyük fark	> 12.0

Toplam renk değişiminin yanı sıra, renk değerlendirilmesi için kullanılan iki parametre daha vardır. Bunlar; kroma (C) ve Hue açısıdır (H). Bu iki parametre sırasıyla Eşitlik 4 ve 5 kullanılarak hesaplanır [12].

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$H = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

Hue açısı bir renk dairesi olarak tanımlanmakta olup kırmızı-mor renkleri 0° - 360° açı değerlerinde almakta, sarı rengi 90° açı değerinde almakta ve mavimsi yeşil rengi de 180° - 270° açı değerlerinde almaktadır. Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Donuk renklerde kroma değerleri düşerken canlı renklerde ise kroma değeri yükselmektedir [14].

Su aktivitesi: Kurutma işlemi ile birlikte ürünlerin su aktivitesi değerleri düşer. Bir gıdanın su aktivitesi (a_w), onun mikrobiyolojik veya kimyasal-biyokimyasal yollarla bozularak kalitesini kaybetmesi üzerinde rol oynayan önemli bir faktördür [15]. Gıdaların içerisindeki nemin bulunduğu ortam havasının bağıl nemi ile dengede bulunmasına "higroskopik denge" denir [16]. Gıdanın içerisindeki su oranının bulunduğu çevre havası bağıl nemi ile dengeye ulaştığında, çevre havası bağıl neminin 100° 'e bölünmesi ile o gıdaya ait mevcut su oranındaki su aktivitesi (a_w) bulunmuş olur ve Eşitlik 6 ile gösterilebilir.

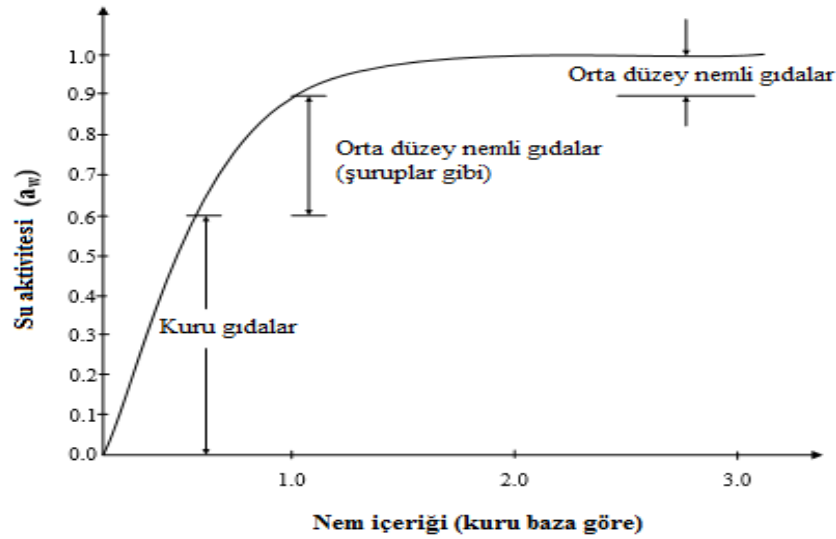
$$a_w = \frac{CBN}{100} \quad (6)$$

Tablo 5'te bazı toksijenik küflerin faaliyetleri ve toksin üretebilmeleri için gerekli minimum su aktivitesi değerleri görülmektedir [17]. Şekil 2'de ise farklı gıdalar için nem içeriğine göre su aktivitesi değerleri verilmiştir.

Rehidrasyon oranı: Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği de önemli bir kalite kriteridir. Kurutulmuş meyveler sıcak su içerisinde bekletilir. Belli aralıklarla sudan çıkarılıp, bir elek üzerinde suyun süzülmesi beklendikten sonra tartılarak sabit ağırlığa ulaşması izlenir. Sabit ağırlığa ulaşınca belirlenen süzme ağırlığının (SA) başlangıçtaki kuru ağırlığa (KA) oranı, rehidrasyon oranını verir. Rehidrasyon oranı Eşitlik 7 kullanılarak belirlenebilir [15, 18].

Tablo 5. Bazı toksijenik küflerin faaliyetleri ve toksin üretebilmeleri için gerekli minimum su aktivitesi (a_w) değerleri [17].

Oluşturulan mikotoksinler	Küfler	Minimum su aktivitesi değerleri	
		Faaliyet için	Toksin üretimi için
Aflatoksin	Aspergillus flavus	0.82	0.83-0.87
	A. parasiticus	0.82	0.87
Ochratoxin	A. ochraceus	0.77	0.85
	Penicillium cyclopium	0	



Şekil 2. Nem içeriğine göre su aktivitesi değerinin değişimi.

$$RO = \frac{SA}{KA} \quad (7)$$

Besin değerleri: Besin değerleri kurutma işlemi boyunca düşer. Besin değerlerindeki düşüş, uygun önışlemlerle,

doğru kurutucunun seçimiyle ve kurutma işleminin optimizasyonu ile azaltılabilir.

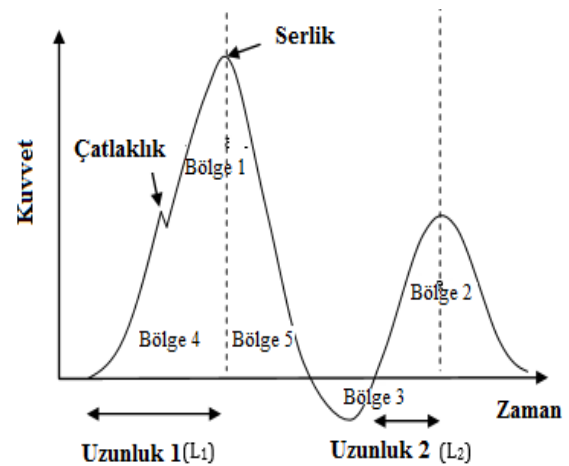
Tablo 6’da kurutulmaları sırasında gıdaların besin değerlerinde meydana gelebilecek olası değişimler verilmiştir [19].

Tablo 6. Gıdaların kurutulmasında oluşabilecek besin değeri değişimleri [19].

Besin değeri	Oluşabilecek değişimler
Kalori içeriği	Değişim oluşmaz. Ama ürün su kaybettiği için kütlesi azalır.
Lif	Değişim oluşmaz.
Vitamin A	Kontrollü sıcaklıklar altında oldukça iyi muhafaza edilir.
Vitamin C	Sebzelerin kurutulması ve daldırma önışlemi süresince çoğu tahrip olur.
Mineraller	Eğer ürün suda bekletilmediyse, rehidrasyon süresince minerallerin çoğu kaybolur. Demir kurutma sürecinde tahrip olmaz.
Protein	Enzimatik bozulmaya uğrayabilir.
Karbonhidratlar	Şeker karamelize olabilir ve kurutulan ürüne daha koyu bir renk verebilir.
Lipidler	Kurutmanın başlangıcında enzimatik hidrolize uğrayabilir. Düşük su aktivitesinde doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonu bayatlamaya neden olur.

Raf ömrü: Depolama ve paketleme, kurutulmuş ürünün raf ömrünü etkileyen önemli bir faktördür. Paketleme işlemi ile gıda içerisine nem ve oksijen girişi engellenmelidir. Bu sayede hem ürün daha uzun muhafaza edilebilecek hem de ürün lezzeti korunacaktır.

Doku: Üründen nemin alınması ile birlikte ürünün yapısında ve dokusunda değişiklikler meydana gelir. Bu değişikliklere kurutulmuş ürünlerin gözenekliliklerindeki değişiklikler sebep olmaktadır. Sertlik, çatlaklık, elastikiyet, yapışkanlık, kırılabilirlik, çiğnenebilirlik, sakızimsılık gibi doku özellikleri, doku profili analizi ile belirlenebilir. Bunun için analiz cihazları kullanılır. Tipik bir doku profili analizi Şekil 3’te gösterilmiştir. Sertlik ve çatlaklık bu eğriden çok rahat okunabilir. Sertlik eğrinin ilk maksimum noktası iken, çatlaklık ise eğrideki ilk kırılmadır [12].



Şekil 3. Tipik bir doku profili analizinden oluşturulmuş kuvvet-zaman eğrisi [12].

3. SONUÇLAR (RESULTS)

Kurutma işleminin temel amacı gıdayı uzun süre bozulmadan saklamaktır. Kurutma birçok bölümden oluşan karmaşık bir uygulamadır. Bu çalışmada, gıda kurutulması işlemleri sırasında uygulanan kurutma prosedürleri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları ve genel değerlendirmeler maddeler halinde verilmiştir.

- Kurutma sonrası gıdada ölçülmesi gereken en önemli değerlerin başında ürünün su aktivitesi değeri gelir. Su aktivitesi değeri, mikrobiyal gelişme olmayacak seviyelere indirildiğinde gıdanın depolanması, paketlenmesi veya dağıtılması sırasında herhangi bir bozulma meydana gelmez.
- Üründe meydana gelecek renk değişimi ve deformasyon da ürünün piyasa koşullarını doğrudan etkiler.
- Ürünler mutlaka izin verilen uygun sıcaklık ve hava hızlarında kurutulmalıdır.
- Kurutma öncesi yapılan ön işlemler, renk değişimlerinin ve oksidasyonun önlenmesi için çok önemlidir.
- Üründe su aktivitesi nem içeriği arasındaki ilişki iyi kurulmalıdır. Ürünün nem içeriğini çok düşük değerlere indirmek bazı durumlarda ürünün lezzet kaybına uğramasına yol açabilir.

Uygun nem içeriğinin, olması gereken su aktivitesinde sağlanması ve ürünün fiziksel kontrollerden de geçirilmesi ile başarılı bir kurutma sağlanır ve ürün kalitesi bozulmaz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Ceylan, İ. (2007). Programlanabilir (PLC) Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı, İmalatı ve Kereste Kurutma İşleminde DeneySEL İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

[2] Ersöz, M. A. (2008). Isı geri kazanımlı akışkan yatak sürekli kurutucu tasarımı, imalatı ve tuz kurutmasında enerji analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

[3] Güngör, A. (2013). Sebze ve meyve kurutmada kullanılan kurutucular ve kurutma teknolojileri. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 43-63.

[4] Kendall, P., DiPersio, P., & Sofos, J. (2012). Drying Vegetables. CSU Extension Fact Sheet no. 9.308.

[5] Garden-Robinson, J. (2011). Drying Fruits. NDSU Extension Service, North Dakota State University.

[6] Ceylan, İ., Aktaş, M., & Doğan, H. (2006). Havalı Güneş Kolektörlü Ön Kurutucuda Kereste Kurutulması. Politeknik Dergisi, 9(3), 197-202.

[7] Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2016). Solar-assisted fluidized bed dryer integrated with a heat pump for mint leaves. Applied Thermal Engineering, 106, 899-905.

[8] Ceylan, İ., Aktaş, M., & Doğan, H. (2007). Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits. Applied Thermal Engineering, 27 (11): 1931-1936.

[9] Aktaş, M., Ceylan, İ., & Gürel, A. E. (2014). Testing of a Condensation-type heat pumps for low-temperature drying applications. International Journal of Food Engineering, 10 (3): 521-531.

[10] International Coffee Organization web sitesi, http://www.ico.org/projects/Good-Hygiene-Practices/cnt/cnt_sp/sec_3/docs_3.2/Determine%20m%20c.pdf (06.07.2016 tarihinde erişildi)

[11] Gürel, A. E., & Ceylan, İ. (2014). Thermodynamic analysis of PID temperature controlled heat pump system. Case Studies in Thermal Engineering, 2, 42-49.

[12] Jangam, S. V., Law, C. L., & Mujumdar, A. S. (2010). Drying of Foods, Vegetables and Fruits, Vol. 1. Singapur: Universidad Nacional de Singapur.

[13] Chen, X.D. (2008). Food drying fundamentals. In: Drying Technologies in Food Processing (edited by X.D. Chen & A.S. Mujumdar). Pp. 1–54. West Sussex: Wiley-Blackwell.

[14] Mutlu, A., & Ergüneş, G. (2008). Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 61-68.

[15] Ceylan, İ., Aktaş, M., & Doğan, H. (2005). Isı pompalı kurutma odasında elma kurutulması. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 25(2), 9-14.

[16] Ceylan, İ. & Doğan, H. (2004). Güneş Enerjili ve Nem Kontrollü Kondenzasyonlu bir Kereste Kurutma Fırınının Modellenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi, 148- 150.

[17] Cemeroglu B., Kardeniz F., & Özkan M. (2003). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 28, 544-570.

[18] Ayfer M. (1991). Kuru Meyvelerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Geliştirme Çareleri, Kuru ve Kurutulmuş Sebze ve Meyve Endüstrisi Semineri, Milli Produktivite Merkezi Tarım Şubesi, Ankara, 150-158.

[19] Perera, C. O. (2005). Selected quality attributes of dried foods. Drying Technology, 23(4), 717-730.