

## 7. BÖLÜM

# Kurutma Hızı ve Kurutma Hızını Etkileyen Faktörler

## Kuruma Hızı

- Kurutulan ürünlerdeki nem içeriğinin birim zamandaki değişimine “kuruma hızı” denilmektedir.
- Kuruma hızı şu denklem ile hesaplanmaktadır:

$$D_R = \frac{N_{(t)} - N_{(t+\Delta t)}}{\Delta t}$$

Burada,  $N$  kurutma hızı,  $N_{(t)}$   $t$  anındaki,  $N_{(t+\Delta t)}$  ise  $t+\Delta t$  anındaki kuru baza göre nem içeriğini ifade etmektedir.

- Sabit kurutma koşullarında ıslak bir katının kuruması durumunda, başlangıçtaki bir ayarlama periyodundan sonra  $X$ , kuru baz nem içeriği, buharlaşmanın başlamasından sonra zamanla doğrusal olarak azalır.
- Bunu, çok uzun bir süre sonra katı, denge nem muhtevasına ( $X^*$ ) ulaşana ve kurutma duruncaya kadar,  $X$  ile doğrusal olmayan bir düşüş izler. Serbest nem içeriği açısından, şöyle tanımlanır:

$$X_f = (X - X^*)$$

kurutma hızı,  $X_f = 0$ 'da sıfıra düşer.

$$N = -\frac{M_s}{A} \frac{dX}{dt} \text{ or } -\frac{M_s}{A} \frac{dX_f}{dt}$$

Kural olarak kurutma hızı: N

- Burada, N (kg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>), su buharlaşma hızıdır, A, buharlaşma alanıdır (ısı transfer alanından farklı olabilir) ve M<sub>s</sub>, kuru katı kütlesidir. A bilinmiyorsa, kurutma hızı saatte buharlaştırılmış kg su içinde ifade edilebilir.

- N'ye karşı X (ya da  $X_f$ ) grafiği, kurutma hızı eğrisi olarak adlandırılır. Bu eğri daima sabit kurutma koşullarında elde edilmelidir. Gerçek kurutucularda, kurutma malzemesinin genellikle çeşitli kurutma koşullarına (örneğin farklı bağıl gaz-katı hızları, farklı gaz sıcaklıkları ve nemleri, farklı akış yönleri) maruz kaldığına dikkat edilmelidir. Bu nedenle, bir dizi çalışma koşulunda sınırlı kurutma hızı verilerini enterpolasyon yapmak veya ekstrapolasyon yapmak için bir metodoloji geliştirmek gereklidir.

- Sabit oran periyodu, tamamen buharlaşan yüzeyde her zaman bir serbest su filmi bulunduğundan, harici ısı ve kütle transferi oranlarına tabidir.
- Bu kuruma süresi, kurutulan malzemedan neredeyse bağımsızdır. Bununla birlikte, birçok gıda maddesi ve tarım ürünü, iç ısı ve kütle transfer hızları, maruz kalan buharlaşan yüzeyde suyun elde edilebildiği oranı belirlediğinden, sabit oran periyodunu hiç göstermez.

- Kritik nem içeriğinde,  $X_c$ ,  $N$ ,  $X'$ 'de daha fazla düşüşle düşmeye başlar, çünkü su, iç taşıma sınırlamaları nedeniyle  $N_c$  oranında yüzeye göç edemez. Bunun altında yatan mekanizma hem malzemeye hem de kurutma koşullarına bağlıdır. Kurutma yüzeyi önce kısmen doymamış ve daha sonra,  $X^*$  denge nemine ulaşana kadar tamamen doymamış hale gelir.
- Bir malzemenin, kurutma hızı eğrisinin keskin bir şekil değişimi gösterdiği birden fazla kritik nem içeriğini gösterebilir. Bu genellikle yapısal veya kimyasal değişikliklerden dolayı altta yatan kurutma mekanizmasındaki değişikliklerle ilişkilidir.

## Çeşitli Kurutma Hızları İçin Kurutma Süresi

Model	Drying time
Kinetic model, $N = -\frac{M_s}{A} \frac{dX}{dt}$	$t_d =$ Drying time to reach final moisture content $X_2$ from initial moisture content $X_1$
$N = N(X)$ (General)	$t_d = \frac{M_s}{A} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{N}$
$N = N_c$ (Constant rate period)	$t_c = -\frac{M_s (X_2 - X_1)}{A N_c}$
$N = aX + b$ (Falling rate period)	$t_f = \frac{M_s (X_1 - X_2)}{A (N_1 - N_2)} \ln \frac{N_1}{N_2}$
$N = Ax$ $X^* \leq X_2 \leq X_c$	$t_f = \frac{M_s X_c}{AN_c} \ln \frac{X_c}{X_2}$
Liquid diffusion model $D_L = \text{constant}$ , $X_2 = X_c$ Slab; one-dimensional diffusion, evaporating surface at $X^*$	$t_f = \frac{4a^2}{\pi D_L} \ln \frac{8X_1}{\pi^2 X_2}$ $X =$ average free moisture content $a =$ half-thickness of slab



## **Kurutma Hızını Etkileyen Faktörler**

Kuruma hızı, materyalin birim kuru maddesinden birim zamanda buharlaştırılan su miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Kuruma hızına etkili unsurlar:

- Kurutulacak materyalin kimyasal yapısı,
- Hücre içi suyunun buharlaşması, hücre zarlarının suyun hareketine gösterdikleri direnç nedeniyle zordur,

- Sabit hızla kuruma evresinde hava hızının artması konveksiyonla ısı iletimini artırdığından kuruma hızı artar,
- Materyalin yüzey alanı arttıkça kuruma hızı artar,
- Sıcaklıktaki artış,
- Kurutma havasının nem içeriğinin azaltılması kuruma hızını artırır,
- Ortam basıncını azaltarak kurumanın vakum şartlarında meydana gelmesi kuruma hızını artırır.