

Bu eşitlikte yer alan K' , $(q_0 \beta / C_u)$ ifadesinin yerine kullanılmakta ve içerdiği β , ürün bünyesi içindeki buharlaşma katsayısını; C_u ürünün özgül ısısını belirtmektedir.

Hussain ve arkadaşları tarafından önerilen 4.27.1 numaralı denklem takımının azalan hızla kuruma evresinin ikinci kritik nem noktasından önceki (birinci) ve sonraki (ikinci) bölgeleri için düzenlenmiş biçimleri aşağıda verilmiştir:

Azalan hızla kuruma evresinin birinci bölümü: $N_{k1} > N > N_{k2}$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N}{\partial x^2}$$

4.27.2

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K' \frac{\partial N}{\partial t}$$

Azalan hızla kuruma evresinin ikinci bölümü: $N_{k2} > N > N_d$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = e^{\beta t} \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \beta e^{\beta N} \left(\frac{\partial N}{\partial x} \right)^2$$

4.27.3

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K' \frac{\partial N}{\partial t}$$

4.27.2 ve 4.27.3 numaralı denklem takımlarındaki eşitliklerde yer alan α , ısı difüzyon katsayısını belirtmektedir.

Azalan Hızla Kuruma Evresi İçin Geliştirilmiş Yarı Teorik Modeller

Azalan hızla kuruma evresi sırasında materyalin içinde oluşan nem iletimi, Newton'un soğumayla ilgili yasasına benzetilerek açıklanmaya çalışılır. Söz konusu yasa, cisim ile çevre arasındaki sıcaklık farkının çok büyük olmaması şartıyla, sıcaklığı değişmez kabul edilen bir ortam içine konulan bir cismin sıcaklığındaki değişim miktarının, cisim ve çevre sıcaklıkları arasındaki farkla

orantılı olduğunu belirtmektedir. Bu yasa matematik olarak aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir:

$$dT/dt = -k(T - T_d) \quad 4.28$$

Nem içeriği değişmez kabul edilen bir ortam içinde bulunan herhangi bir materyalin neminde meydana gelen değişim, söz konusu yasa ve 4.11 numaralı eşitlikten yararlanılarak aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla belirlenebilir.

$$dN/dt = -k(N - N_d) \quad \text{veya}$$

$$dN/(N - N_d) = -k dt \quad 4.29$$

4.29 numaralı diferansiyel eşitliğin çözümü aşağıda gösterilmiştir.

$$\frac{N - N_d}{N_o - N_d} = \exp(-kt) \quad 4.30$$

4.30 numaralı eşitlikte yer alan "k", kuruma sabiti olarak adlandırılır. Birimi h^{-1} veya s^{-1} dir. Kurutulacak ürün ve kurutma şartlarına göre deneysel verilerden yararlanılarak belirlenir.

Yarı teorik modeller içinde en yaygın kullanım alanı bulan 4.30 numaralı eşitlik, Logaritmik Kurutma Denklemini olarak tanınır. Bu denklem yardımıyla hesaplanan sonuçlar, deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, elde edilen değerlerin, AHE nin birinci bölümüyle iyi bir uyum gösterdiği, ancak ikinci bölümde bazı sapmaların ortaya çıktığı görülür. Bu nedenle, bazı araştırmacılar 4.30 numaralı eşitliğin aşağıda belirtilen şeklinin AHE için daha uygun olduğunu ileri sürmektedir.

$$\frac{N - N_d}{N_o - N_d} = \exp(-kt^n) \quad 4.31$$

Bu eşitlikte yer alan n, ürüne ve kurutma şartlarına bağlı, değeri $0 < n < 1$ arasında değişen deneysel bir katsayıdır.

4.30 ve 4.31 numaralı eşitliklerin sol tarafları boyutsuz oransal bir büyüklüktür. Ayrılabilir Nem Oranı (ANO) olarak tanıtılabilecek bu değer, kuruma sırasında, herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek nem miktarının $(N - N_d)$, üründen buharlaşabilecek tüm nem miktarına $(N_o - N_d)$ oranını belirtmektedir.

4.30 veya 4.31 numaralı eşitlikler yardımıyla, belirli bir tarım ürününün kurutulması sırasında, istenen nem düzeyine inmesi için gereken süre; kuruma sırasında herhangi bir anda ürünün ulaştığı nem düzeyi vb. bilgileri önceden oldukça az bir hata payıyla kestirebiliriz. Bu durumun daha iyi açıklanabilmesi için sayısal bir örnek çözelim:

ÖRNEK

İlk nemleri %70 (yb.) olan Eriklerin kutucuya konulduktan 5 saat ve 12 saat sonraki nem düzeyleri sırasıyla %45 ve %24 olarak ölçülmüştür. Kuruma sırasında IE ve SHE görülmediğine göre, eriğin denge nemini ve %19 nem oranına inmesi için gerekli kuruma süresini bulunuz.

ÇÖZÜM

4.30 numaralı eşitlikte yer alan nem değerlerinin kuru baz esasına göre yerlerine koyulmaları gerektiğinden, öncelikle, yaş baza göre verilmiş nem değerleri kuru baza çevirilir.

$$N_o = 70 / (100 - 70) = 2,33 \text{ (kb)}$$

$$N_5 = 45 / (100 - 45) = 0,82 \text{ (kb)}$$

$$N_{12} = 24 / (100 - 24) = 0,32 \text{ (kb)}$$

→ Kuruma sabiti "k"nın bulunması:

4.30 numaralı eşitlik

$$- \ln \frac{N - N_d}{N_o - N_d} = kt$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitlikten "k" yalnız bırakılırsa

$$k = \frac{\ln \left(\frac{N_o - N_d}{N - N_d} \right)}{t}$$

elde edilir. Bu eşitlikten yararlanılarak

5 saat sonrası için:

$$k = \ln \left(\frac{2,33 - N_d}{0,82 - N_d} \right) / 5$$

12 saat sonrası için:

$$k = \ln \left(\frac{2,33 - N_d}{0,32 - N_d} \right) / 12$$

yazılabilir.

k, kuruma boyunca sabit kalacağından

$$\ln((2,33 - N_d) / (0,82 - N_d)) / 5 = \ln((2,33 - N_d) / (0,32 - N_d)) / 12$$

yazılarak

$$\rightarrow N_d = 0,215 \text{ bulunur.}$$

Hesaplanan N_d değeri, 5 veya 12 saat sonrası için elde edilen eşitliklerden birine koyularak "k" bulunabilir:

$$k = \ln((2,33 - 0,215) / (0,32 - 0,215)) / 12$$

$$\rightarrow k = 0,25 \text{ h}^{-1}$$

→ Ürün neminin %19 a inmesi için gerekli süre:

$$N_{kb} = 19/100 - 19 = 0,23$$

$$\ln((2,33 - 0,215) / (0,23 - 0,215)) = 0,25 \cdot t$$

$$\rightarrow t = 19,8 \text{ h}$$

Azalan Hızla Kuruma Evresi İçin Geliştirilmiş Deneysel Kuruma Eşitlikleri

Teorik ve yarı teorik kurutma modellerinin tarım ürünleri için analitik çözümlerinin yapılması sırasında bazı güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu güçlüklerin başında, çözüm için gerekli ön kabul ve şartların belirlenmesi gelmektedir. Oysa, ürünlerin kurutulmaları sırasında yapılan ölçümlere dayanarak geliştirilen eşitlikler bu tür bir zorluk içermemektedir. Ancak, bu eşitliklerin yalnızca geliştirildikleri ürün ve kuruma şartları için geçerli olduğu unutulmamalıdır. Bu tür eşitliklerden bazıları aşağıda tanıtılmıştır:

• Thompson, 60-150°C sıcaklık sınırları arasında kurutulacak mısır taneleri için gerekli kuruma süresinin aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabileceğini belirtmiştir (4.71).

$$t = A \ln C + B (\ln C)^2$$

$$A = -1,705492 + 0,0087912 T$$

$$B = 148,60862 \exp(-0,059418 T)$$

$$C = (N - N_d) / (N_o - N_d)$$