



GIDA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
Department of Food Engineering

# Ders Sunumu

Dersin Adı: GM 203 – Enerji ve Kütle Denkliği

Dersin Hocası: Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE

[atauni.edu.tr](http://atauni.edu.tr)    Atauni1957



## ENERJİ DENKLİĞİ

- *Gıdaların Dondurulmasında Entalpi Değişimi*

*Bir gıdanın dondurulması esnasında, bulunduğu sıcaklıktan donma noktasına kadar soğumasında sadece hissedilir ısı uzaklaştırılmaktadır. Donma noktasına ulaşıncaya bir kısım su katı faza dönüşmekte ve donma gizli ısısı serbest kalmaktadır. Bu ısının da uzaklaştırılması gereklidir.*



## ENERJİ DENKLİĞİ

- *Eğer donma noktasında suyun tamamı buza dönüşmüş olsaydı gıdanın su içeriği dikkate alınarak serbest kalan donma gizli ısı kolayca hesaplanabilirdi. Fakat donma noktası altında su gittikçe düşen sıcaklıklarda donmakta ve bu sırada özgül ısı, ısıl iletkenlik katsayısı ve yoğunluk gibi değerler devamlı olarak değişmektedir.*



## ENERJİ DENKLİĞİ

- *İşte bu nedenlerden dolayı bir gıdanın dondurulması sırasında uzaklaştırılması gereken veya çözünmesi sırasında verilmesi gereken ısının hesaplanmasında en doğru yol entalpi değişiminin belirlenmesidir.*
- *Su içeriği %73-94 arasında bulunan gıdaların dondurulmasında Entalpi değişimi, Chang ve Tao (1981) tarafından verilen yöntemle hesaplanabilmektedir. Pek çok gıdanın su oranı bu aralıkta yer aldığından bu yöntemin geniş bir uygulama alanı söz konusudur.*



## ENERJİ DENKLİĞİ

- *Bu yöntemin dayandığı ilkelerden birisi, söz konusu gıdalarda bulunan suyun tamamının 227,6 K'de (-45,55°C) donduğunun kabul edilmiş olmasıdır. Böylece 227,6 K referan sıcaklık olarak kabul edilmektedir.*
- *Bu yöntemde donma başlangıç sıcaklığı ( $T_f$ ) ile donmanın sona erdirildiği herhangi bir sıcaklıktaki ( $T$ ) Entalpi değeri belirlenmekte ve bu değerlerden yararlanılarak Entalpi değişimi hesaplanmaktadır.*



## ENERJİ DENKLIĞI

*Hesaplama beş adımda gerçekleştirilir:*

*1.  $T_f$  (K) değeri belirlenir:*

$$\text{Meyve ve Sebzeler} \Rightarrow T_f = 287,56 - 49,49M + 37,07M^2$$

$$\text{Meyve ve Sebze Suları} \Rightarrow T_f = 120,47 + 327,35M - 176,49M^2$$

$$\text{Etler} \Rightarrow T_f = 271,18 + 1,47M$$



## ENERJİ DENKLIĞI

2.  $T_r$  oranı hesaplanır:

$$T_r = \frac{T - 227,6}{T_f - 227,6}$$

3. Gıdanın donma noktasındaki entalpisi ( $H_f$ ) hesaplanır:

$$H_f = 9792,46 + 405096M \text{ (J/kg)}$$

4.  $T$  (K) sıcaklığındaki entalpi ( $H$ ) hesaplanır:

$$H = H_f [aT_r + (1 - a)T_r^b] \text{ (J/kg)}$$



## ENERJİ DENKLIĞI

*Burada a ve b farklı gıda gruplarına özgü parametrelerdir ve aşağıdaki eşitliklerle hesaplanırlar.*

*Meyve ve sebzeler ile bunların suları için:*

$$a = 0,362 + 0,0498(M - 0,73) - 3,465(M - 0,73)^2$$

$$b = 27,2 - 129,04(a - 0,23) - 481,46(a - 0,23)^2$$

*Etler için:*

$$a = 0,316 - 0,247(M - 0,73) - 0,688(M - 0,73)^2$$

$$b = 22,95 + 54,68(a - 0,28) - 5589,03(a - 0,28)^2$$





# ENERJİ DENKLİĞİ

5. Entalpi değişimi hesaplanır:

$$\Delta H = H_f - H \text{ (J/kg)}$$

$$Q = m \times \Delta H \text{ (W)}$$

Denklemlerde yer alan:

*M: Su oranı*