

## 4. BÖLÜM:

# Denge Nemi Kavramı

# GİRİŞ

- Tarım ürünleri, belirli bir ortama konulduklarında, çevresi ile nem alış-verişinde bulunmaktadır. Ürünün bünyesinde bulunan suyun buhar basıncı, çevre havasında bulunan su buharının kısmi buhar basıncından büyükse, üründen çevreye su buharı verilir.
- Ters durumda ise çevre havasından ürüne su buharı geçişi meydana gelir. Bu nem geçişleri her iki ortamın buhar basınçları eşitlenene kadar devam eder.
- Denge durumu oluştuğunda, ürünün nem değerindeki değişiklikler sona erer. Bu basınçların dengelenmesi ile denge halinde bulunan ürünün içerdiği nem miktarına **ürün denge nemi** denilmekte ve ürünün belirli sıcaklıkta ortam havasının bağıl nemine bağlı olarak ürünün içerdiği maksimum sudur. Denge halindeyken ürünü çevreleyen havanın nemine ise **denge bağıl nemi** denilmektedir.

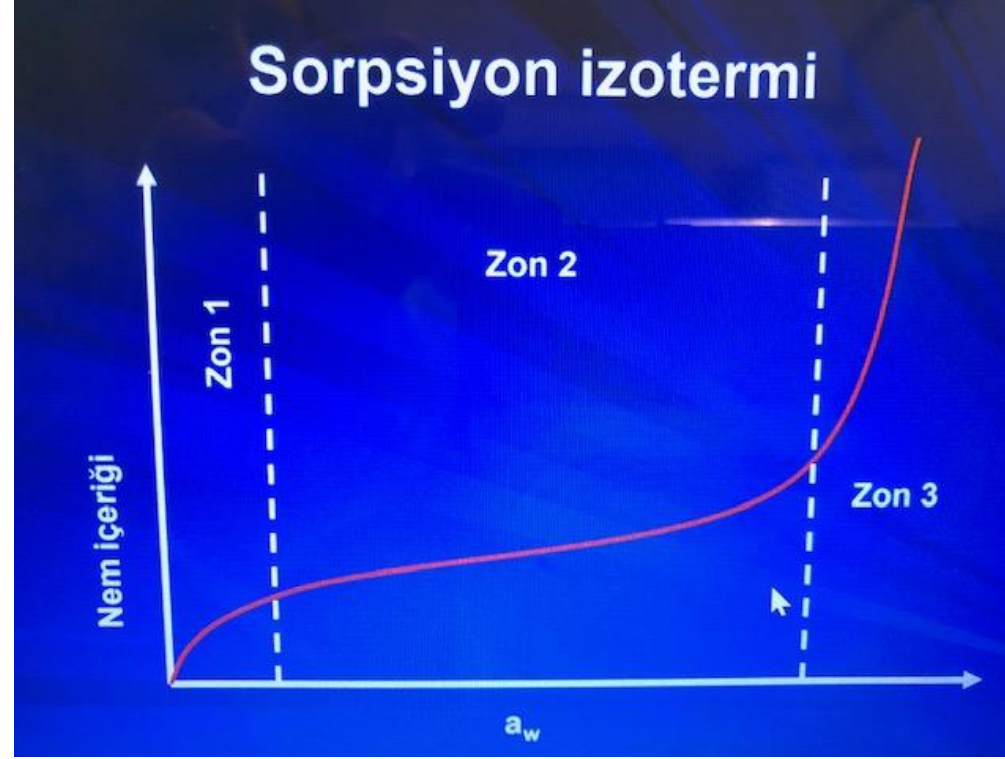
- Denge bağıl nemi (ERH) ile su aktivitesi ( $a_w$ ) arasındaki ilişki aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

➤ 
$$a_w = \frac{ERH}{100}$$

- Tarımsal ürünlerin belirli sıcaklık ve bağıl neme sahip ortamlarda ulaşacağı denge nemi değerinin bilinmesi, kurutma ve depolama işlemleri sırasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

- Maddenin denge nem içeriği, ortamın bağıl nemine bağlı olarak değişir. Ortamın bağıl nemi arttıķa ve azaldıkķa ortamdan nem alır veya verir; ortamın bağıl nemi ile denge halindedir.
- Mutlak nemin sabit olması koşulu ile sıcaklık arttıķa bağıl nem azalacağından madde nem kaybeder, sıcaklık azalınca nem alır ve bir süre sonra ortamın bağıl nemine bağlı olarak tekrar denge kurulur. Bu denge kurulma süreci ve nem içeriği, maddenin nem tutma mekanizmasına ve nem ile etkileşme derecesine bağlıdır.

- Su ve gıda arasındaki fizikokimyasal ilişkiyi anlamak gıdanın kalite stabilitesinin devamlılığı bakımından oldukça önemlidir. Gıdaların kalite stabiliteleri herhangi bir sıcaklıktaki denge nem içeriği ve su aktivitesi arasındaki ilişkinin bir sonucu olup, bu ilişki nem **sorpsiyon izoterm**leri olarak ifade edilmektedir.
- Kurutma uygulamalarında sorpsiyon izotermi, ulaşılabilecek denge nemi için havanın hangi sıcaklık ve bağıl nem miktarında olması gerektiğini gösterir.
- Sorpsiyon özelliklerinin belirlenmesinde su aktivitesi ve denge nemi ölçülmektedir. Su aktivitesi ( $a_w$ ), ürün tarafından tutulan suyun özelliğini gösteren bir ifadedir. Bu değer, ürünün içerdiği suyun buhar basıncının ( $P$ ), aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına ( $P_0$ ) oranıdır ve sıfır ile bir arasında değişmektedir.

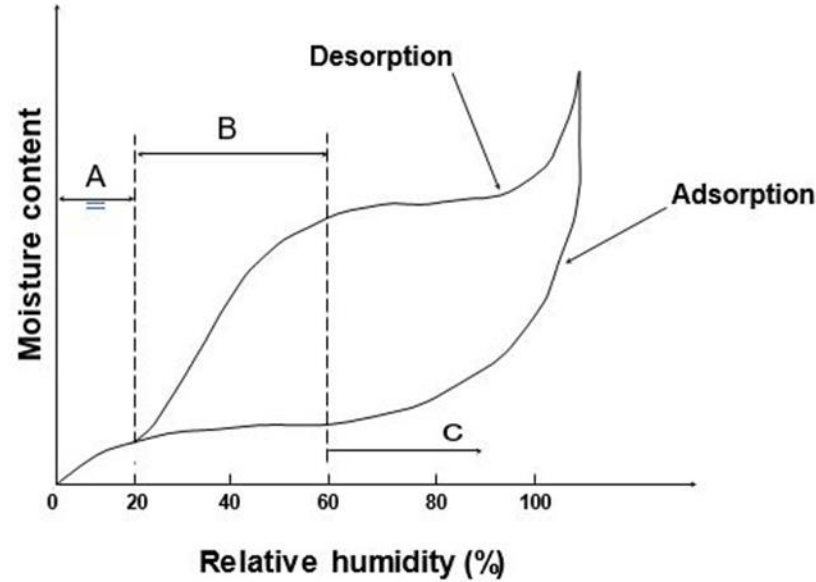


Zon-1: 0-0,25  $a_w$  aralığıdır. Su tek sıra molekül tabakası halinde bulunur. Yapıya en sıkı bağlı sudur.  $-40^{\circ}\text{C}$ 'de dahi donmaz.

Zon-2: 0,25-0,80  $a_w$  aralığıdır. Su çoklu tabaka suyu olarak adlandırılır. Büyük bir kısmı  $-40^{\circ}\text{C}$ 'de donmaz.

Zon-3: Dokulararası gözeneklerde ve kılcallarda yoğunlaşmış sudur. Serbest su gibi düşünülebilir. Nem oranı yüksek gıdalardaki suyun  $\sim\%95$ 'ten fazlasını bu su oluşturur.

- Nemi artan materyalin havaya maruz bırakılmasıyla elde edilen bir izoterm, adsorpsiyon izotermini verir. Materyali, azalan neme maruz bırakan havaya maruz bırakarak elde edilen **desorpsiyon izotermini** olarak bilinir.

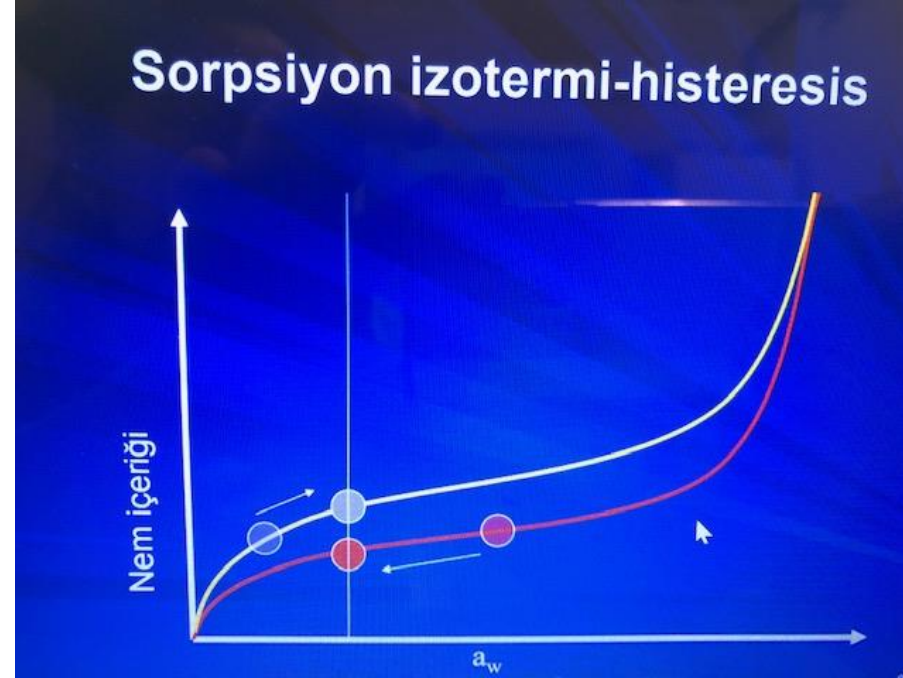


Tipik Sorpsiyon İzotermi

- Bunlar, katı matris üzerindeki ayrı bölgelerdeki farklı su bağlama mekanizmalarının göstergesi olan üç ayrı bölge, A, B ve C ile karakterize edilir.
- A bölgesinde, su bölgelere sıkıca bağlanır ve reaksiyon için kullanılamaz. Bu bölgede, esasen su buharının tek tabaka adsorpsiyonu vardır ve adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermeleri arasında bir ayrım yoktur.
- B bölgesinde, su daha gevşek bağlanmıştır. Aynı sıcaklıktaki suyun denge buhar basıncının altındaki buhar basıncı çökmesi, daha küçük kılcal kısımlardaki hapsinden kaynaklanır.
- C bölgesindeki su daha büyük kılcal damarlarda daha gevşek tutulmaktadır. Reaksiyonlar için ve bir çözücü olarak kullanılabilir.

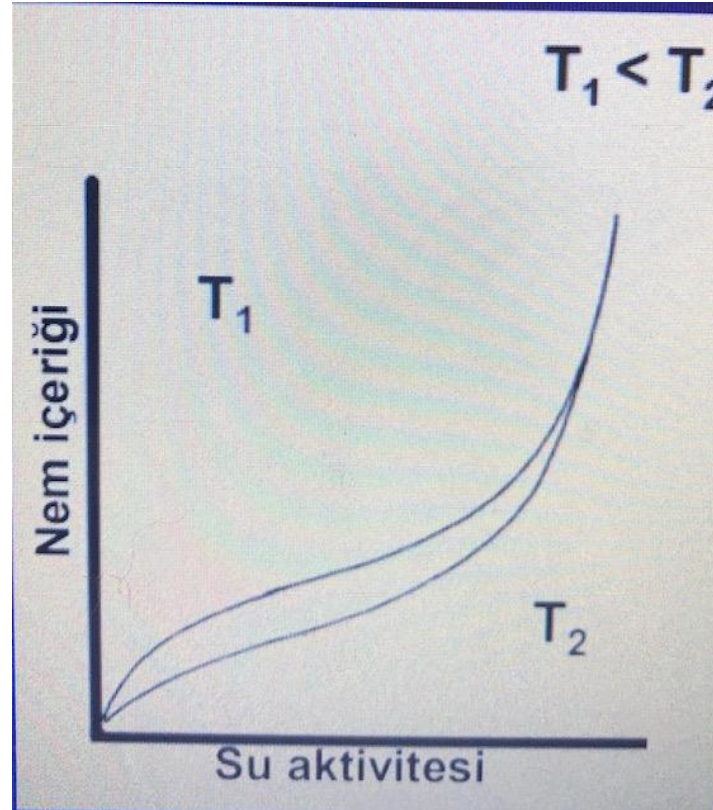


- Katıların nem içeriği giderek azaldıkça kurumaya ilgi duymaktadır. Çoğu kurutma malzemesi, iki izotermin aynı olmaması nedeniyle "histeresis" gösterir.



- Aynı su aktivitesi değerlerinde desorpsiyon yoluyla ulaşılan denge nem miktarı, adsorpsiyonla ulaşılanına göre daha yüksektir.
- Desorpsiyon ve adsorpsiyon eğrilerinin çakışmaması durumuna "histeresis" denir.

- Sorpsiyon izotermeleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Yüksek sıcaklıklarda, üründe su tutma kuvvetlerinin etkisi azaldığı için, aynı bağıl nem oranında tutulan su miktarı da azalır. Bu özellikle su aktivitesi düşük gıdaların ambalajlanmasında önemlidir.



- Sorpsiyon izotermi, deneysel ölçümlerle çıkarılmaktadır. Ancak, birçok araştırmacı denge neminin bulunmasında matematiksel eşitlikler geliştirmişlerdir. Kendi isimleri ile verdikleri eşitliklere örnek olarak şunlar sıralanabilir: Henderson, Langmuir, BET, Smith, Young ve Nelson eşitlikleri, Smith'e göre;
- Su buharı, üründe iki değişik şekilde tutulur. Adsorbsiyonda, nem ya ürünün iç dokusunda kuvvetli bağlıdır, ya da ürün içinde ve yüzeyinde yoğunlaşmış şekilde bulunur. Smith'e göre denge neminin bulunmasında kullanılan eşitlik şöyledir:

➤  $a = a_b - a' \cdot \ln(1 - Q)$

Burada;

- $a$ : Toplam bağıl nem (denge nemi) oranı, %
- $a_b$ : Yüzeysel bağıl nem, %
- $a'$  : Moleküllerde tek katlı yoğuşan nem % ve
- $Q$ : Havanın bağıl nem miktarıdır, %.

➤ Örneğin; 30 °C sıcaklıkta havanın çeşitli bağıl nem miktarlarına bağlı denge nem değerleri için, eşitlik;

$a' = 16,81$  ve  $a_b = 6,75$  olup,

$a = 6,75 - 16,81 \cdot \ln(1 - Q)$  şeklinde yazılır.

- Kurutma uygulamalarında sorpsiyon izotermi, ulaşılacak denge nemi için havanın hangi sıcaklık ve bağıl nem miktarında olması gerektiğini gösterir