

Ekmeğin Su Aktivitesi ve Ambalajlamadaki Rolü

Dr. Vural Yiğit

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. — İSTANBUL

I. GİRİŞ :

Yurdumuzda ekmeğin en çok tüketilen gıda maddesi olmasına rağmen, raf ömrü en kısa olan ürünlerden biridir. Birçok batı ülkesinin aksine, Türkiyede ekmeğin günlük olarak üretilir, dağıtılır ve tüketilir. Bu taze tüketim alışkanlığı yurdumuzdaki yapım tekniklerinin özelliği nedeni ile çabuk bayatlama niteliğinde olan ekmeğin muhafazası yönünden birçok sorunu da beraberinde getirmektedir.

Bu sorunlardan biri de ekmeğin ambalajlanmasında karşılaşılan güçlüklerdir. Yakın geçmişteki dönemlerde ekmeğin ambalajlı olarak satılması hususunda bazı kararlar alınmış olmasına ve uygulamalar yapılmış olmasına karşın, başarısızlıkla karşı karşıya kalınmıştır. Bunda en büyük etken kullanılan ambalaj malzemeleri ve tekniğinden daha çok, ekmeğin teknolojisindeki su aktivitesi olayları ve dengeleridir. Bu nedenle ekmeğimizin gerek çabuk bozulma, gerek ambalajlanması yönünden su aktivitesi ilişkileri ve değerlerinin çok iyi bilinmesi gereklidir.

II. EKMEK VE SU AKTİVİTESİ İLİŞKİLERİ :

Yeryüzündeki tüm maddeler gibi temel gıdamız olan ekmeğin de atmosferdeki su buharı ile etkileşim ve ilişki halindedir. Aynı zamanda gıda maddelerinin bileşiminde yüksek oranda su bulunmaktadır. Ekmeğin daha, buğdayın tarlada büyümesinden itibaren sürekli olarak su alışverişi içindedir. Örneğin, yeşil haldeki buğday bitkisi yüksek oranda su içerir. Başaklar sararmaya başlayınca su kaybı süratle artar. Yurdumuzda yetişen buğdayın hasat sonrası su miktarı % 7 - 14 arasında değişmektedir.

Buğday silolarda bir denge nemi'ne ulaşır sa da, öğütme öncesi tavlama aşamasında tekrar su verilerek % 15.5 - 16.5'a çıkarılır. Undaki nem miktarı % 12.5 - 14.0 arasında değişirken, somun yapımında tekrar % 55 - 65 oranında su olarak hamur haline geçer. Ekmeğin yapımında pişme sonrası fırın çıkışındaki nem % 35 oranındadır. Genel olarak büyük hacimdeki ekmeğin küçüklere, yüksek randımanlı un

ekmekleri düşük randımanlı unlardan yapılan ekmeğe göre daha fazla su içerir. Buradan da görüleceği gibi buğday ekmeğin oluncaya kadar hemen her aşamada oldukça farklı oranlarda su alışverişi ile karşı karşıya kalmaktadır.

Ekmeğimizin de birçok gıda maddesi gibi ortamdaki su ile karşılıklı olarak bir dengeye ulaşmaya kadar absorplanmaya elverişlidir. Gıdalardaki kimyasal ve fiziksel olarak bağlı durumdaki su, o maddenin «su aktivitesi» olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlik yardımı ile ölçülebilir.

$$a_w = \frac{P}{P_o} = \frac{\% \text{ ERH}}{100}$$

P = Gıdadaki suyun denge buhar basıncı

P_o = Saf suyun denge buhar basıncı

ERH = Denge bağıl nemi

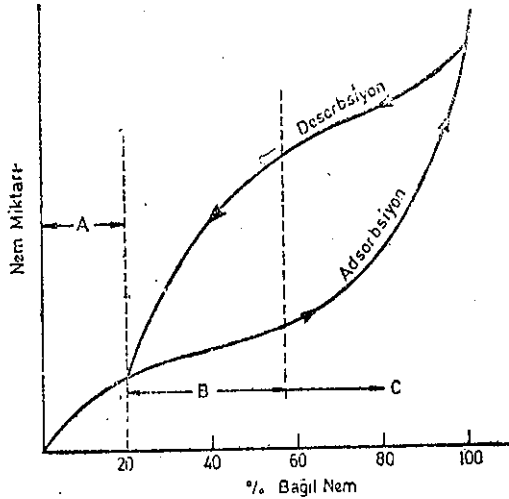
Böylece a_w yardımı ile gıdanın çevresinden su kazanması veya kaybetmesi saptanabilir. Örneğin % 75 bağıl nemi bulunan bir ortamda bulunan ekmeğin ve et gibi gıda ürününden ekmeğin su kazanır, fakat et, ortama su buharı verir. Süre içinde bu iki gıda maddesi aynı su miktarına erişmezler ancak o koşullardaki su aktiviteleri eşittir.

Ürünlerin ambalajlanması sonucu ambalaj malzemesi yardımıyla su alışverişi yavaşlatılır, böylece gıda maddesi kalitesi ve bozulma etkisi güvence altına alınmış olur.

Belirli bir sıcaklıkta ve denge halinde maddenin içerdiği su (absorplanan su miktarı) ile su buharının kısmi basıncı, sorpsiyon isotermi olarak bilinir. Birbaşka deyişle gıda maddesinin belirli nem oranındaki su aktivitesi (a_w değeri), sorpsiyon isotermidir ve her gıda için özgün karakteristik gösterir.

Bir gıda maddesinin raf ömrü ve ambalaj seçimi için mutlak suretle a_w değeri ve sorpsiyon isotermi bilinmelidir. Aksi halde isabetli bir malzeme seçimi yapılamaz ve gıdanın kararlılığı ve muhafazası sağlanamaz. Tüm bu kurallar; ambalajlanmış bir ekmeğin için geçerli

olduğundan, ambalaj seçiminde gözönünde bulundurulması gereklidir. Aksi durumda sağlıklı bir ambalajlama ve arzulanmış koşullara ulaşmak mümkün olmadığı gibi, bozulmayı hızlandırıcı bir etki ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle ambalajlanacak ürünün, yani ekmeğin sorpsiyon izotermine ve ambalaj malzemesinin geçirgenlik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Şekil (1) de gıdaların tipik bir sorpsiyon izoterm eğrisi görülmektedir (YİĞİT, 1983).

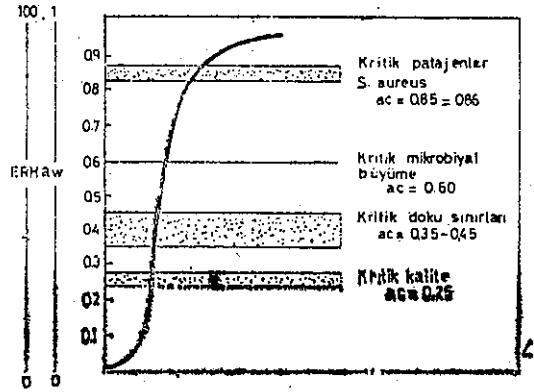


Şekil 1. Sorpsiyon izoterm eğrisi

Tüm gıdaların ERH (veya a_w) değerleri özgül nem içeriğine karşı çizildiğinde, sorpsiyon izotermi (eş sıcaklık eğrisi) adı verilen özgül bir eğri meydana getirirler: Genellikle «S» şeklinde görülen bu eğrilerin incelenmesi sonucu gıdalardaki suyun durumu hakkında birçok bilgi elde etmek mümkün olabilmektedir. Bir eş sıcaklık eğrisinden gıdaların özellikle saklanmaları süresinde a_w değerleri ve kararlılıklar konusunda, aşağıdaki hususlar kolaylıkla gözlenebilir :

1. Gıda kalitesi ve güvenliğinin kontrol sınırları olarak kritik su etkinliği değerleri bulunabilir. Bu sınırların aşılması durumunda gıda maddesi kolaylıkla bozulur ve kullanılmaz hale gelir.

2. Gıda kalitesinin azalmasında etkili olan birçok tepkimede a_w değerinin yükselmesi ile tepkime hızı artarak daha kolay ve hızlı bozulmalara yol açar.



Şekil 2. Bazı önemli kritik a_w değerleri (a_o) ve sınırları (LABUZA ve Ark, 1981).

Buna göre a_w 'nin gıdalardaki bazı önemli etkileri ve kritik sınırları şöyle açıklanabilir.

Mikrobiyolojik kararlılık :

Kurutulmuş olan bir gıdanın su kazanması durumunda $a_w = 0,60$ değerini aşması sonucu; küf, maya ve bakterilerin çoğalmasına neden olur. Daha yüksek değerlerde ise bozulma başlar. Antimikotikler ve asitlik, kritik a_w değerini yükseltmektedir.

Herbir patojenik organizma, özgül bir a_w değerinin altında büyüyemez. Günümüzde güvenli işleme kuralları için kullanılan «Güvenli nem sınırı» terimi patojen ve diğer mikroorganizmaların çoğalmaya başlama sınırını belirlemektedir. Küfler çok değişken özellikler göstermesi nedeni ile büyümelerinde çok düşük a_w değeri gösterirler ve kritik değerleri her tür için ayrı ayrı saptamalıdır.

Çizelge (1)'de; birçok kuru gıda maddesi için en yüksek kritik a_w değerleri ile bunun aşılması sonucu ortaya çıkan etkileri görülmektedir (HEISS, 1958).

Çizelge 1. Bazı kuru gıdaların en yüksek kritik a_w değerleri

Gıda	A_w	Etki nedeni
Kraker	0,65	gevrekliğin azalması
Sert şekerleme	0,30	yapışma
Çikolata	0,70	mikrobiyal gelişme
Kurutulmuş patates	0,11	acılaşma
Un	0,65	küflenme
Yağsız süt tozu	0,30	kekleşme
Kuru çorba karışımları	0,60	mikrobiyal gelişme
Çözünebilir kahve (instant)	0,45	kekleşme
Hamur ürünleri	0,60	mikrobiyal gelişme
Kurutulmuş et	0,72	mikrobiyal gelişme
Kurutulmuş sebze	0,25 - 0,40	kalite bozulması
Kurutulmuş meyve	0,60 - 0,65	mikrobiyal büyüme

Buraya kadar gıdalardaki su etkinliğinin; temel ilke ve kavramları ile bazı etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. «Su etkinliği» terimi 1950'li yıllarda SCOTT tarafından ortaya atılmasından bu yana oldukça büyük gelişmeler göstermiş ve kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Bu çabalar günümüzde de sürdürülmektedir. Gıdalarda özellikle, özgün karakterde olan su etkinliği değerleri ve davranışlarının bilinmesi; gıda teknolojisinde, üretim, koruma ve depolama işlemlerinde büyük teknolojik ve ekonomik yararlar sağlayacaktır.

Bazı temel gıdaların değişik kaynaklarda verilen su etkinliği değerleri çizelge (2) de verilmektedir (DAVIES VE ARIK., 1976).

Çizelge 2. Bazı Gıdaların nem içerikleri ve su etkinlik değerleri

% su	Ürün	Su etkinliği (a_w)
100 —	Meyvalar	0,97
90 —		
80 —	Yumurta	0,97
70 —	Et	0,97
60 —		
50 —		
40 —	Peynir	0,96
	Reçel	0,82 - 0,94
30 —	Süt ürünleri	0,83
20 —	Tahıllar	0,80 - 0,87
10 —	Bal	0,75
	Şeker	0,1
0 —		

Çizelge (2)'den görüldüğü gibi değişik nem içeren gıdaların a_w değerleri aynı olabileceği gibi, çok düşük nemli gıdalar da belirli bir a_w değerini taşımaktadırlar.

Böylece; gıdalardaki suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin ve buna bağlı değişmelerin oldukça karmaşık olduğu görülmektedir. Bu durumun neden olduğu sorunları ve ortaya çıkardığı yeni kavramları şöylece özetleyebiliriz :

1. Değişik oranda su içeren gıdalardaki «Bağlı su»,
2. Gıda bileşimindeki çözgen veya «hareketli su»,
3. Dengeye erişmemiş durumlarda gıda-su karışımının, gıda sorpsiyon eğrileri,
4. Gıda bileşimindeki, suda çözünmüş bileşiklerin, su etkinliği,

Tüm bu kavramların bilimsel açıklamalarını yapmak oldukça güçtür. Kapsamlı çalışmaları gerektirir. Şimdi yukarıda söz konusu edilen «bağlı su» terimine kısaca değinelim.

Bağlı Su

Gıdalardaki suyun bir kısmının bağlı olarak bulunduğu konusunda araştırmacılar birleşmektedir. Ancak «bağlı» teriminin yeterli açıklaması ve miktarı konusunda birçok başlık bulunmaktadır. Örneğin bağlama derecesinin ne olduğu, gıda katmanlarında ve yüzeyindeki durumu incelemesi gereken bir konudur. Ayrıca donmuş

gıdalardaki buz haline gelmiş suyun miktarı hareket yeteneği çok farklıdır. Bağlı suyun ölçülmesinde termodinamik, kinetik, spektroskopik ve yapısal yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar gıda tabakalarının (monolayer) BET yöntemi ile tahmini ve donmayan suyun ölçülmesi yoluyla yapılmaktadır.

Histeresis etkisi

Belirli bir a_w değerine kadar kurutulan gıdanın desorpsiyon eğrisi ile yine aynı a_w değerine kadar nemlendirilmiş (absorpsiyon) eğrileri arasında farklılık gözlenmektedir. Yani gıda maddelerinin sorpsiyon sıcaklık isoterm eğrileri ortam neminin azalıp çoğalması koşullarında, aynı su etkinliği a_w değerinde farklı nem içeriği gösterirler. Bu olaya histeresis adı verilmektedir. Aynı a_w değerlerindeki histeresis sistemi içinde suyun durumundaki bu farklılık, bağlı suyun; (çözgenlik özelliği, erime çözünme hali, doku yapısı, kati - yüzey girişimleri) gibi fizikokimyasal etkilerinden doğmaktadır (Şekil 1).

III. SU AKTİVİTESİ VE AMBALAJ

Özellikle plastik filmleri ile sarılmış ekme ambalajlarında, ambalaj malzemesinin özelliklerinden doğan bazı olayları, ekmeğin raf ömrünü etkilemektedir. Bu konuda bilinmesi gereken en önemli husus malzemenin su buharı geçirgenliği değerleridir. Geçirgenlik ve Ficks yasası yardımı ile ifade edilebilir.

$$\frac{d_w}{de} = \frac{K}{X} A (P_1 - P_2) = \frac{K}{X} A \Delta P$$

$$\frac{d_w}{de} = \text{Bir gün içindeki, g. olarak kaybolan veya kazanılan suyun oranı}$$

$$A = \text{alan (m}^2\text{)}$$

$$P_1, P_2 = \text{ambalaj film malzemesinin her iki yüzeyindeki su buharı basıncı (11 Hg)}$$

$$P = P_1 - P_2 = \text{buhar akış kuvveti}$$

$$K/X = \text{film geçirgenliği}$$

Böylece subuharı geçirgenliği hızı kolaylıkla hesaplanmakta ve g/gün.m² birimi ile ifade edilmektedir. Buna göre bir PE film ambalaj

malzemesinin dış bağıl nemi ve değişik sıcaklıklardaki su buharı geçirgenliği katsayıları görülmektedir.

Çizelge 3. K/X su buharı geçirgenliğine dış bağıl nem ve sıcaklığın etkisi

T°C	* K/X (g/gün m ² .mm Hg)		
	% 44 RH	% 65 RH	% 75 RH
7	0,103	0,081	0,104
21	0,167	0,178	0,162
35	0,214	0,343	0,382

* 1 mm kalınlığında PE

Temel beslenmemizi meydana getiren ve Türk halkının çok fazla tükettiği ve kalori gereksiniminin büyük ölçüde sağlandığı tahıllardan un ve ekme, bisküvi gibi ürünlerde özgün olarak ölçülen su etkinliği değerleri Çizelge (4)'de verilmektedir.

Çizelge 4. U_n ve unlu ürünlerde su etkinliği değerleri

Gıda maddesi	Absorblanan su g H ₂ O	Su etkinliği a_w
Buğday unu	0,060 - 0,064	0,600 - 0,640
Ekme	0,109 - 0,135	0,845 - 0,920
Bisküvi	0,010 - 0,011	0,057 - 0,065

Çizelge (4) den görüldüğü gibi buğday ununda 0,600 - 0,640 arasında değişen a_w değeri oldukça kararlı bir durum göstermesine karşın, ekmelerimizde, 0,845 - 0,920 gibi oldukça yüksek etkinlik değerlerine ulaşmaktadır. Bu durum çok iyi bilindiği gibi ekmelerimizde kısa sürede bozulma ve küflenmelere yol açmaktadır. Halkımızın bu çok önemli gıdası olan ekme mevcut işleme ve pişirme teknolojisi oldukça kararsız bir gıda maddesi durumundadır ve yüksek değerdeki ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Yine bir fırın ürünü olan bisküvilerde $a_w = 0,057 - 0,065$ değerleri

çok kararlı ve dayanıklı bir ürün olarak tüketime sunulmaktadır.

Ekmeğimizdeki bu çok yüksek su etkinliği değerleri onun ambalajlanmasını da zorlaştırmaktadır. Genellikle plastiklerin kullanıldığı ambalaj malzemesi üzerinde meydana gelen denge bağılı nemi, yoğunlaşarak, su damlaları

halinde kalmakta ve bozulmayı hızlandırmaktadır.

Ekmeğin su etkinliği bazı bağlayıcı ve absorbe edici maddeler ile kolayca önlenabilir ve daha kararlı hale getirilebilir. Konu üzerinde durularak araştırmalar düzenlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. LABUZA, T.P., MADELLIN R.C. «Cereal Food World Vol, 26, No: 7, P 335 - 43 (1981).
2. LABUZA T.P., Food Technology April 1982 P. 92.
3. DAVIES, R., BIRCH, G.Q. PARKER, K.J. «Intermediate Moisture Foods» Applied Science Pub. London (1967).
4. YİĞİT V., Gıdalardaki Su Aktivitesi ve Önemi TÜBİTAK, MPE, Yayın No. 73 Aralık 1983.
5. YİĞİT, V., ERDAĞ, E., ARISOY, B., NAS, C. Bazı Türk Gıdalarında Su Aktivitesi TÜBİTAK MAE Yayın No. 96 Mayıs 1985.