

GIDA BİLEŞENLERİNİN BOZUNMA HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

FACTORS EFFECTIVE IN DECOMPOSITION RATES OF FOOD COMPONENTS

Özen ÖZBOY, Ferhunde ŞAHBAZ

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Beytepe-ANKARA

ÖZET: Gıda maddelerinde kalitenin bozunma hızı, gıdayı çevreleyen ortamın sıcaklığından, oksijen ve ışık varlığından, havanın bağıl neminden, gıdanın bileşimi ve kullanılan ambalaj malzemesinden etkilenmektedir. Bu çalışmanın amacı gıda bileşenlerinin bozunma kinetiğini yukarıda bahsedilen kriterler açısından özetlemektir.

SUMMARY: The factors effective on the quality of food depend on the ambient temperature and relative humidity, the presence of oxygen and light as well as the composition of food and the packaging material used. This article will review the decomposition kinetics of food components, considering the effects of above mentioned points.

GİRİŞ

Gıda bilimcilerinin amaçlarından birisi de gıdanın besleyici ve duyuşal değerleriyle, kalitesini uzun süre korumaktır. Bir ürünün tüketiciye kullanılabilir ve sağlığa zarar vermeyecek bir şekilde iletilebilmesi, bir başka deyişle, son kullanma tarihi veya dayanma süresinin belirlenmesi, tüketici kadar üretici ve pazarlamacılar için de önemli bir unsurdur. Bu amaçla, mamul, yarı-mamul ve hammaddenin raf ömrünü belirlemek için yapılan araştırmalarda, gıda dinamizmi ve bozunma mekanizması ile gıda kalitesinin korunmasında etkili olan faktörlerin saptanması amaçlanmıştır.

Gıda maddelerinde kalitenin bozunma hızı, gıdayı çevreleyen mikroortam (O_2 , sıcaklık, havanın bağıl nemi, ışık), gıdanın bileşimi ve kullanılan ambalaj malzemesine bağıdır. Üreticilerin ürünlerine ilişkin raf ömrü süresini tesbit etmeleri gerekli olup, bu şekilde ürünlerin dağıtım ve depolama gibi aşamalarında, hangi ortam koşullarında daha iyi muhafaza edilebileceği anlaşılmış olur. Elde edilen bilgiler tüketiciye ambalaj veya etiket üzerine yazılarak aktarılır. Gelişmiş ülkelerde, ambalajlı satılan gıdalarda tüketicinin en taze ürünü seçmesine olanak verici tarih belirlemesi uygulaması oldukça yaygındır.

GIDA BİLEŞENLERİNİN BOZUNMA KİNETİĞİ

Gıdaların işleme ve depolanması sırasında, bileşenlerin bozunma kinetiği konusunda yapılan araştırmaların son yıllarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu araştırmalarda gıdanın raf ömrü açısından kaliteyi belirleyen bir veya daha fazla parametre ölçülerek değerlendirilir. Bu parametreler fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve/veya duyuşal olabilmektedir (LABUZA, 1982a).

Pek çok gıda için, gıda kalitesindeki kayıp, aşağıda verilen matematiksel eşitlik ile gösterilebilir:

$$dA/dt = kA^n \quad (1)$$

Burada;

- A : ölçülen kalite faktörü,
- t : zaman,
- k : reaksiyon hız sabiti,
- n : reaksiyon derecesi.

$dA/dt = A$ 'nın zamanla değişme hızı (bozunma A 'nın kaybı şeklinde ise (-), istenmeyen bir ürün oluşumu şeklinde ise (+) işareti kullanılır).

$n = 0$ olduğu takdirde kalite kaybına neden olan reaksiyon sıfırıncı dereceden olup, eşitliğin integre edilmesiyle aşağıdaki ifade elde edilir.

$$A_e = A_o - kt_g \quad (2)$$

Burada:

- A_o = başlangıçtaki kalite değeri,
 A_e = raf ömrü sonundaki kalite değeri (0 veya tanımlanmış herhangi bir değer),
 t_g = günlük, aylık, yıllık vb. raf ömrü.

Bu durumda A_o , % 100 kalite olarak kabul edilir ve A_e ise red edilen kaliteyi gösterir. Bozunma hızı veya hız sabiti ise aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$k = \% 100/t_g$$

Bu bilgilere dayanarak, eğer herhangi bir zaman aralığındaki kayıp biliniyorsa, gıdanın belirtilen sıcaklıktaki raf ömrü tesbit edilebilir. Örneğin, sabit sıcaklıkta tutulan gıdanın 100. günde kalitesinin % 50'sini kaybettiği biliniyorsa bozunma hızını hesaplamak mümkündür.

$$k = (A_o - A_e)/t = (100 - 50)/100 = \% 0,5 \text{ (günde)}$$

$n = 1$ olduğunda reaksiyon birinci derecedendir ve Eşitlik (1) in integre edilmesiyle aşağıdaki ifade elde edilir:

$$\ln A_e/A_o = -kt_g \quad (3)$$

Gıdalarda gözlenen bozunma reaksiyonları sıfır ve birinci derece hız ifadelerinin yanısıra, farklı hız ifadelerine de uyabilir (Çizelge 1). Örneğin, domates suyu (LEE ve ark., 1977) ve çocuk gıdalarında C vitamininin bozunması ikinci dereceden hız ifadesine (SINGH ve ark., 1976) uymaktadır. Lipitlerin oksidasyon kinetiğinin oksijene göre 1/2 inci dereceden olduğu bulunmuştur (LABUZA, 1982a).

Çizelge 1. Gıda Bozunma Reaksiyonlarının Kinetiği (Saguy and Karel, 1980)

Reaksiyonun Derecesi	Reaksiyon
Sıfırıncı derece	Enzimatik bozunmalar (taze meyve ve sebzeler ve bazı dondurulmuş gıdalar) Enzimatik olmayan esmerleşmeler Proteinlerde besin değeri kayıpları Lipit oksidasyonu (kurutulmuş ve dondurulmuş gıdalarda)
Birinci derece	Acılaşma (salata yağlarında) Mikrobiyal üreme Vitamin kayıpları

Sıcaklığın Etkisi

Kalite kaybının zamanla değişimini gösteren eşitliklerde reaksiyon hızının sıcaklığa bağlı kısmı reaksiyon hız sabitidir. Reaksiyon hız sabitinin sıcaklıkla değişimi ise Arrhenius Eşitliği ile verilir (LEVENSPIEL, 1972; LABUZA ve RIBOH, 1982). Farklı sıcaklıklar ve karşılığı olan k değerlerinden oluşturulan Arrhenius grafiğinden istenilen sıcaklıktaki k değerini belirlemek mümkündür. Ancak reaksiyon mekanizmasının sıcaklıkla değişmesi durumunda aktivasyon enerjisi de değişeceğinden Arrhenius eşitliğinin bu durumda kullanımı sınırlı

olabilmektedir. Gıdaların raf ömrünün saptanmasında Q_{10} değerinden de yararlanılabilir. Sıcaklık katsayısı Q_{10} aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (LABUZA ve SCHMIDL, 1985).

$$Q_{10} = \frac{(T + 10^\circ\text{C}) \text{ deki reaksiyon hızı}}{T^\circ\text{C}'deki reaksiyon hızı}$$

$$Q_{10} = \frac{T^\circ\text{C}'deki raf ömrü}{(T + 10^\circ\text{C}) \text{ deki raf ömrü}}$$

Taşınması ve depolanması sırasında gıdalar değişken sıcaklıklara maruz kalabilirler. Bu takdirde kalite kaybı şu şekilde belirlenir. Ürün sıcaklığının zamanla değişimi grafiğe alınır ve eğri belirli zaman

aralıklarına bölünür. Her zaman dilimine ait ortalama sıcaklık saptanır ve söz konusu sürece ait hız sabiti sıfıncı dereceden reaksiyon eşitliği kullanılarak hesaplanır. Kalite kaybı aşağıdaki şekilde bulunabilir (LABUZA, 1982a).

$$A_o - A_E = \sum_{i=0}^{i=n} k_i t_i \quad (4)$$

Birinci dereceden reaksiyonlar için de, sıcaklığın değişken olduğu durumda, benzer şekilde aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\ln \frac{A_e}{A_o} = - \sum_{i=0}^{i=n} k_i t_i \quad (5)$$

Bazı durumlarda ürün bir dizi düzgün değişken sıcaklık değişimine maruz kalabilir. Özellikle ürün nakil arabalarında, vagonlarda, ambarlarda bekletiliyorsa, gün ve gece sıcaklık farkına bağlı olarak, her gün belli bir sıcaklık değişimi görülecektir. Bu durumda sıcaklığın kare veya sinüs dalga şeklinde değiştiği kabulü ile, sıfır ve birinci dereceden reaksiyonlara ait kalite kayıp eşitlikleri türetilmiştir (LABUZA, 1979).

Nem İçeriğinin Etkisi

Gıdalardaki bozunma hızına etki eden faktörlerden birisi de gıdanın su içeriğidir. Ancak bozunma reaksiyonlarının hızı, gıda maddesinin su aktivite değeri ile daha iyi açıklanabilmektedir. Gıda maddeleri gibi kompleks sistemlerde, herbir bileşenin reaksiyon etkinliği su moleküllerine karşı ilgisine, komşu hidrofilik ve hidrofobik kimyasal grupların birbirleriyle yarışan etkilerine ve dolayısıyla sistemin kimyasal yapısına bağlıdır. Çevresel koşullardaki değişim örneğin sıcaklık, ışık, pH, basınç, katkı maddelerinin varlığı ve tanecik boyutlarının değişmesi su moleküllerinin konumunu değiştirebilir ve dolayısıyla bileşenlerin reaksiyon etkinliğini ve fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Su aktivitesini etkileyebilecek sıcaklık ve diğer faktörlerdeki değişiklikler, gıda maddesinin kalitesinde ve dayanıklılığında çok önemli değişikliklere yol açabilmektedir (ROCKLAND ve NISHI, 1980).

Oksijenin Etkileri

Gıdalardaki oksijen varlığı raf ömrünü etkileyen diğer bir önemli faktördür. Oksijenin etkisi ile açıklanabilen bazı bozunma reaksiyonları mikrobiyal üreme, meyve ve sebzelerin olgunlaşması, taze kırmızı etin esmerleşmesi, acılaşıma (lipit oksidasyonu) ve askorbik asidin parçalanması şeklinde sıralanabilir. KAREL (1974) gıdalardaki oksidasyon reaksiyonlarının toplam oksijen miktarı ve gıdadaki oksijen konsantrasyonundan etkilendiğini belirtmiştir.

Gıdalardaki oksijen, gıdayı ya kısmi vakum altında tutarak (hipobarik depolama), ya azot veya karbondioksit gazı içeren depolarda muhafaza ederek ya da uygun bir ambalaj maddesi ile kontrol altında tutulabilmektedir (LABUZA, 1982a). Oksijenin varlığı, gıda bileşenleri ile oksijen arasında bir reaksiyon söz konusu ise önem kazanmaktadır (SAGUY ve KAREL, 1980).

AMBALAJIN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

Kuru ve yarı-kuru gıdalar gibi neme duyarlı ürünlerin çevre ile olan nem alışverişinin denetimi ambalaj ile sağlanabilmektedir. Böylece kalite kaybına neden olabilecek mikrobiyal üreme ve tekstürdeki olumsuz değişimler engellenebilmektedir. Sabit sıcaklıkta ve belli bağıl nemde tutulan ambalajlı gıdanın kazandığı nem miktarı aşağıdaki ifade ile verilebilir (TAOUKIS ve ark., 1988; LABUZA, 1982b).

$$W_g \frac{dm}{dt} = \frac{k}{x} A(P_c - P) \quad (6)$$

Burada:

- dm/dt : birim kuru ağırlık başına nem aktarım hızı,
 W_s : ambalajlanan gıdanın toplam kuru ağırlığı,
 A : alan,
 k/x : film nem geçirgenliği,
 P_c : gıdayı çevreleyen ortamda su buharının kısmi basıncı,
 P : ambalajdaki su buharının kısmi buhar basıncı

Eşitliğin integrasyonunda, nem sorpsiyon izoterminin doğrusal ve su buharı aktarımına gösterilen direncin filmde olduğu ve ayrıca ambalajdaki su buharının gıda ile dengede bulunduğu kabul edilir. Böylece eşitlikte yer alan P izotermden elde edilir.

$$m = BP/P_o \quad (7)$$

Burada:

- m : gıdanın nem miktarı,
 B : izoterm eşitliğinin eğimi,
 P_o : aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncı

Ayrıca izoterm eşitliğinde gıdanın paketlenmediği durumda kazanacağı nem miktarı (m_e) hesaplanabilir. Sonuç olarak aşağıda verilen ifade elde edilir.

$$\frac{dm}{dt} = \frac{kAP_o}{xW_g B} (m_e - m) \quad (8)$$

Eğer gıdanın kabul edilebilir raf ömrü (t_c) ve bu süre sonunda kazanılan nem miktarı (m_e) biliniyorsa, (8) no'lu eşitliğin başlangıç şartlarından belirtilen şartlara integrasyonu ile (9) no'lu eşitlik elde edilir.

$$\Phi = \frac{kA}{xW_g} = \frac{B}{P_o t_c} \ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_c} \quad (9)$$

m_i : gıdanın başlangıçtaki nem miktarı

Buradan ağırlığı ve ambalaj boyutu belli bir gıda için kritik raf ömrü açısından en uygun film geçirgenliği saptanabilir. Ambalajlanmış bir gıdadaki nem aktarım eşitliğine benzer şekilde gaz aktarım eşitlikleri de türetilebilir (LABUZA, 1982a).

Gıdayı çevreleyen ortam ile gıda arasındaki nem alışverişini kontrol etmenin bir yolu da sentetik ambalaj materyallerinin kullanılmasıdır. Gıdalardaki nem aktarımı esas olarak su buharı basıncı farkından oluşmakta ve bu nedenle farkı azaltabilmek için nem çekiciler (tuzlar, polioller) kullanılmaktadır. Ancak sadece birkaç nem çekici efektif, güvenli ve yenilebilir niteliğe sahiptir (KESTER ve FENNEMA, 1989; GREENER ve FENNEMA, 1989a ve b).

Gıdadaki su hareketini en etkili şekilde kontrol etmenin yolu, uygun yenilebilir bir film veya kaplama materyalinin kullanılmasıdır. Biyolojik materyallerde elde edilen yenilebilir film ve kaplayıcıların, yenilemeyen polimer film materyallere göre birçok avantaja sahip olması, gıdaların korunması ve muhafazasında kullanımını arttırmıştır. Bunlar gıdalarda değişik şekillerde kullanılabilir ve gazları, su buharı ve çözünenlerin geçişinde seçici bariyer gibi fonksiyon gösterirler. Film oluşturabilen ve gıdalarda kullanılabilen proteinler arasında kolajen, jelatin, kazein, whey proteinleri, mısır zein proteini, buğday gluteni, soya proteinleri ve fıstık proteini sayılabilir. Ayrıca bazı lipidler ile polisakkaritler de film oluşturan materyal olarak kullanılmaktadır (GENNADIOS ve ark., 1993).

GIDALARIN RAF ÖMRÜ

Gıda maddeleri dayanıklılık özellikleri açısından üç grupta toplanabilir. İlgili gruplarda yer alan gıdalarda oluşan tipik bozunma reaksiyonları ve raf ömrü sürelerini veren tablo ANONYMOUS (1981) de yer almaktadır. Gıdalar çok dayanıksız, az dayanıklı ve dayanıklı gıda maddeleri şeklinde üç grupta toplanmaktadır.

Cok dayanıksız gıda maddeleri: Bu gruptaki gıda maddeleri arasında taze süt, et, balık, tavuk, bazı unlu mamuller, taze meyve ve sebzeler sayılabilir. Bu tür gıdaların dağıtım ve pazarlaması sırasında kalitelerinin korunabilmesi için, soğuk muhafaza gereklidir. Bu halde bile, bu tür gıda maddeleri 5-7 günden fazla muhafaza edilemezler.

Az dayanıklı gıda maddeleri: Bu gruptaki gıda maddelerinin bozunma hızları yavaş olmakla beraber, dayanma ömürleri çok uzun değildir. Sınırlı olan dayanma özellikleri bileşimlerinde bulunan tuz, şeker, sirke gibi koruyucu maddelerden veya işleme prosesinden kaynaklanır. Az dayanıklı gıda maddeleri arasında birçok tatlı ve şekerleme ürünleri, bazı peynir çeşitleri, dondurma, salamura gıdalar, kürlenmiş etler sayılabilir. Bu tür gıdalar soğukta 30-90 gün muhafaza edilebilir.

Dayanıklı gıda maddeleri: Bu gruptaki gıda maddelerinin bozunma hızları çok yavaştır. Dayanma süreleri, uygulanan muhafaza ve ambalaj tekniğine, ambalaj malzemesinin özelliklerine, depolama koşullarına bağlı olarak değişir. Konserve gıdalar, kurutulmuş sebze ve meyveler, hububatlar ve baklagiller, makarna, tuz, şeker dayanıklı gıda maddelerindedir.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS. 1981. Open Shelf-Life Dating of Food. Food Technol. 35(2): 89-96.
- GENNADIOS, A., WELLER, C.L., R.F. TESTIN. 1993. Temperature Effect on Oxygen Permeability of Edible Protein-Based Films. J. of Food Science. 58(1): 212-214, 219.
- GREENER, I.K., O.FENNEMA. 1989a. Barrier Properties and Surface Characteristics of Edible Films, J. of Food Science. 54(6): 1393-1399.
- GREENER, I.K., O.FENNEMA, 1989b. Evaluation of Edible Films for Use as Moisture Barriers for Food, J. of Food Science. 54(6): 1400-1406.
- KAREL, M., 1974. Packaging Protection for O₂ Sensitive Products. Food Technol. 28(8): 50, 52-53, 56-58, 60.
- KESTER, J.J., O.FENNEMA. 1989. An Edible Film of Lipids and Cellulose Ethers: Barrier Properties to Moisture Vapor Transmission and Structural Evaluation. J. of Food Science. 54(6): 1383-1389.
- LABUZA, T.P., 1979. Theoretical Comparison of Losses in Foods Under Fluctuating Temperature Sequences. J. of Food Science 44: 1142, 1163-1167.
- LABUZA, T.P., 1982a. Shelf-Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Westport, Connecticut 312 sayfa.
- LABUZA, T.P., 1982b. Moisture Gain and Loss in Packed Foods. Food Technol. 36(4): 92-97.
- LABUZA, T.P., M.K., SCHMIDL. 1985. Accelerated Shelf-Life testing of Foods. Food Technol. 39(9): 57-64.
- LABUZA, T.P., RIBOH, D., 1982. Theory and Application of Arrhenius Kinetics to the Prediction of Nutrient Losses in Foods. Food Technol., 36(10): 66-74.
- LEE, Y.C., KIRK, J.R., BEDFOD, C.L., D.R. HELDMANN. 1977. Kinetics and Computer Simulation of Ascorbic Acid Stability of Tomato Juice as Function of Temperature, pH and Metal Catalyst. 42(3): 640-644.
- LEVENSPIEL, O., 1972. Chemical Reaction Engineering. John Wiley and Sons Inc., Toronto, Second Ed., 578 p.
- ROCKLAND, L.B., S.K., NISHI. 1980. Influence of Water Activity on Food Quality and Stability. Food Technol. 34(4): 57-64.
- SAGUY, J., M. KAREL. 1980. Modeling of Quality Deterioration During Food Processing and Storage. Food Technol.: 78-85.
- SINGH, R.P., HELDMAN, D.R., J.R. KIRK. 1976. Kinetics of Quality Degradation: Ascorbic Acid Oxidation in Infant Formula During Storage. 41: 304-308.
- TAOUKIS, P.S., EI MESKINE, A., LABUZA, T.P., 1988. Moisture Transfer and Shelf Life of Packaged Foods. "in, Food and Packaging Interactions, Ed J. Hatchkiss", American Chemical Society, Maple Press, York, 305 sayfa.