

Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki Önemi

Doç. Dr. Mehmet PALA — Ar. Gör. Y. Birol SAYGI

Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü — İZMİR

ÖZET

Gıdaların bozulmalarını önlemek için değişik saklama yöntemleri kullanılmaktadır. Gıdaların bozulmalarında içerdikleri su niceliğinden çok su aktivitesinin önemli rolü bulunmaktadır. Bu yazıda su aktivitesi ve gıdanın nem içeriği ile arasındaki ilişkiyi belirleyen sorpsiyon izotermi açıklanmaktadır. Su aktivitesi ve sorpsiyon izotermi ölçme yöntemleri özetlendikten sonra su aktivitesi ve gıdalardaki değişimler üzerinde durulmaktadır. Ayrıca su aktivitesinin gıda işlemedeki önemi örneklerle açıklanmaktadır.

1. GİRİŞ

Gıdaların uzun süre bozulmadan korunmaları için değişik saklama yöntemleri uygulanmaktadır. Bu saklama yöntemleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç grupta toplanır. Kurutma, dondurma, konsantre etme ve sterilizasyon gibi işleme teknikleri fiziksel yöntemleri oluşturmakta ve sanayide en çok uygulama alanı bulan yöntemlerin başında gelmektedir. Kimyasal saklama yöntemleri arasında; gıdalara kimyasal koruyucu maddelerin katılması, tuzlama ve şekerleme sayılabilir. Enzimatik ve mikrobiyolojik asitlendirme biyolojik saklama yöntemi olarak tanımlanmaktadır.

Bilindiği gibi gıdaların tümü su içermekte ve özellikle yüksek oranda su içeren gıdalarda biyolojik ve kimyasal bozulmalar daha kolay olmaktadır. Su ile gıdaların öteki içerik maddeleri arasındaki karşılıklı etkileşim değişik şekillerde olmaktadır. Tuz, şeker ve organik asitler suda çözünür durumda bulunurken, proteinler kolloidal ve yağlar çözünmez durumdadırlar. Bir çok gıda maddesi suyu değişik şekillerde adsorbe ederler. Bu bakımdan gıdaların bozulmalarının önlenmesinde ve dayanıklı duruma getirilmesinde suyun büyük önemi bulunmaktadır. Beslenme fizyolojisi açısından gıdalardaki önemli içerik maddelerinin korunması, işleme ve depolama koşullarına bağlıdır. İş-

leme ve depolamada özellikle suyun fiziksel ve kimyasal durumu gıdaların kalitelerini etkilemektedir.

Gıdaların stabiliterinde su ile ilgili parametreler; su niceliği, kurumadde, ozmotik basınç, bağıl nem dengesi ve su aktivitesidir. Su ve kurumadde niceliği, gıdalarda bulunan suyun özellikleri ve gıda üzerindeki etkisinin tanımlanmasında yeterli olmamaktadır. Gıdalardaki reaksiyonların hızına etkili olan suyun ölçütü olarak değişik parametreler kullanılmaktadır. Son yıllarda bu parametreler arasında suyun kimyasal aktivitesi (su aktivitesi) üzerinde araştırmalar yoğunlaşmaktadır. Gıda içerisinde oluşan ve su ile ilgili tepkime ve değişmelerin, mikrobiyolojik gelişmelerle, enzimatik etkiler su aktivitesine bağlı olduğu bilinmektedir. Bu bakımdan gıdalarda niteliği bozucu etkilerde su aktivitesinin önemi yadsınamiyacak ölçüde artmaktadır.

Bu yazımızla su aktivitesinin tanıtılması, gıdalardaki oluşan reaksiyonlarla saklama yöntemleri arasındaki ilişkisini ortaya koymak ve saklama yöntemlerinin değerlendirilmesine yeni bir bakış açısı getirmek amaçlanmıştır.

2. SU AKTİVİTESİNİN TANIMLANMASI

Katı maddeler su içerisinde çözündürülürse entropi düşer. Böylece su moleküllerinin sıvı evreden buhar evresine geçmesi güçleşir. Başka bir tanımlama ile buhar basıncı düşer. Buhar basıncının düşmesi sonucu donma noktası sıcaklığında azalma ve kaynama noktası sıcaklığında yükselme gözlenir. İdeal çözeltilerdeki konsantrasyonla buhar basıncı arasındaki ilişki Raoult yasası ile tanımlanmaktadır. Bu yasaya göre ideal çözeltilerde çözücünün buhar basıncının bağıl olarak azalması katı maddenin mol fraksiyonuna eşdeğerdir. (P) çözeltilinin, (P₀)'da çözücünün buhar basıncı ve (n₁) katı maddenin ve (n₂) çözücünün mol sayısı kabul edilirse genel olarak Raoult yasası şu şekilde tanımlanabilir :

$$\frac{P}{P_0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Bu eşitlik 1 molar çözelti için saf suyun buhar basıncı $\frac{55.51}{1 + 55.51}$ veya 0.9823 ya da

% 98.23 oranına eşit olduğunu gösterir. Sabit sıcaklıkta çözelti ve çözgenin buhar basınçları oranı su aktivitesi olarak tanımlanmaktadır.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\% \text{ Bağıl nem}}{100}$$

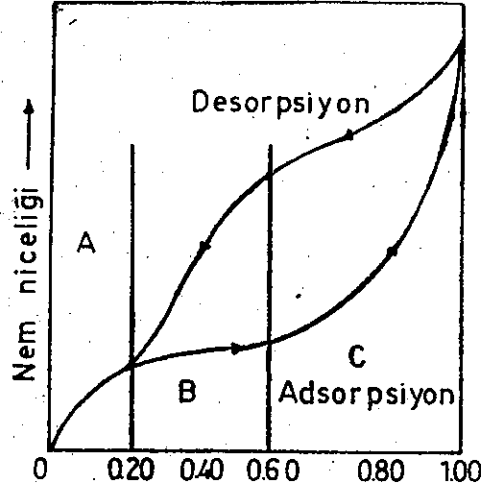
Bu tanımlama bir gıda maddesine uyarlanacak olursa, gıda içerisinde bulunan suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı ile su aktivitesi ortaya çıkar. Bu duruma göre yukarıda verilen 1 molar çözeltinin su aktivitesi 0.9823 olarak bulunur. Söz konusu çözelti ile ortam havasının su buharı dengesinde olması bağıl nemin % 98.23 olduğunu ortaya koyar. Böylece denge koşullarında bağıl nem ($a_w \times 100$)'e eşit olduğu açığa çıkar. Saf suyun su aktivitesi 1.00 ve % 100 bağıl neme eşdeğerdir.

3. SORPSİYON İZOTERMİ

Bir gıda maddesinin belli bir sıcaklık ve basınçta nem içeriği ile su aktivitesi arasındaki ilişki sorpsiyon izotermi ile belirlenir. Her gıdanın kendine özgü sorpsiyon izotermi vardır ve bu izoterm deneysel olarak saptanır. Çünkü gıda maddelerinin içeriklerinde değişik ve farklı oranlarda öğeler bulunmaktadır. Değişik besinlere ait sorpsiyon izotermi kaynakçada verilmiştir (3, 18). Sorpsiyon izoterminden suyun gıda içerisindeki bağlanma özellikleri belirlenir. Çizge 1'de (5) gıdalara özgü tipik bir sorpsiyon izotermi gösterilmiştir. Düşük nem içeriğinde moleküler kuvvetler önemli rol oynarlar. Su, gıdaların hidrofik gruplarına bağlanır.

Çizgede gösterilen A bölgesinde su kapiller içerisinde monomoleküler bir katman oluşturmaktadır. Daha sonra gelen B bölgesi multimoleküler adsorpsiyon olarak tanımlanmaktadır. Artan su aktivitesine koşut olarak

C bölgesinde suyun kapiler kondenzasyonu $a_w > 0.6 - 0.7$ başlar. Bu bölgede su gerçek anlamda sıvı evrede bulunmaktadır. Gıdalarda monomoleküler su katmanından çok B ve C bölgelerinde protein, nişasta gibi yüksek moleküllü içerik maddelerine bağlı su adsorpsiyonu önem taşımaktadır.



Çizge 1. Bir sorpsiyon izotermi'nin genel şekli

Gıda maddelerinin sorpsiyon izotermi ortamın neminin azalması koşut olarak aynı su aktivitesi değerinde farklı nem içeriği gösterirler ve değişik hysteresis eğri verirler. Oldukça yüksek oranda pektin ve şeker içeren elmada hysteresis daha çok monomoleküler katman bölgesinde oluşur. Yüksek oranda nişasta içeren pirinç, $a_w = 0.85$ 'in altında ve $a_w = 0.65$ 'de max. veren oldukça geniş bir hysteresis gösterir. Gıda içeriği ile su bağlama yeteneği arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle aynı oranda içerik maddeleri bulunduran gıdalarda benzer su sorpsiyon izotermi elde edilir. Sorpsiyon izoterminden gıdaların higroskop özellikleri yani su bağlama yetenekleri de belirlenmektedir.

4. SU AKTİVİTESİ ve SORPSİYON İZOTERMLERİNİN SAPTANMASI

Su aktivitesinin ve sorpsiyon izotermi'nin saptanmasında esas olarak 2 değişik yöntem kullanılmaktadır. Bunlar gravimetrik ve manometrik yöntemlerdir.

Gravimetrik yöntem : Bu amaç için incelenecek gıdadan küçük bir örnek, bağıl nemi

bilinen ve sabit olan ortama alınır. Ortamdaki nem dengesi oluştuğundan sonra yani ortam atmosferiyle gıda maddesi arasında nem alışverişinin dengelenmesinden sonra örnekteki su oranı saptanır. Ortamın bağıl neminin ayarlanması için doygun tuz çözeltileri ve belli konsantrasyonlardaki sülfirik asit çözeltileri kullanılmaktadır. Bu tip çözeltinin üzerinde oluşan su buhar basıncı dolayısıyla bağıl nemi değişik sıcaklık ve basınçlarda ilgili literatürden bulunabilir (2). Ortamın bağıl neminin ayarlanmasında diğer bir olanakda kuru ve nemli havanın belli oranlarda karıştırılması ya da belli bir doygunluk değeri gösteren gaz akımıyla sağlanmasıdır. Genel olarak bağıl nemi belli ortamdan alınan örnekler terazide tartılır. Bu tartım sırasında gıdada sağlanan denge nemi az da olsa değişebilmektedir. Bu denge nemi sabit tutabilmek için sorpsiyon olayını doğrudan ve sürekli ölçebilen teraziler yapılmıştır.

Manometrik yöntem : Belli su niceliği içeren bir gıda maddesinin üzerindeki buhar basıncı, azot ve oksijen gibi kondanse olmayan gazların ortamdaki uzaklaştırılmasından sonra manometre yardımıyla ölçülebilir. Ancak bu yöntem oldukça zor bir yöntemdir. Bu bakımdan elektrikli higrometreler yardımıyla ortamdaki su buharının kısmi basıncının ölçülmesi daha kolay olmaktadır. Etilerde yapılacak rutin analizlerdeki ölçümler için saç higrometreleri kullanılarak su aktivitesi hızlı bir şekilde ölçülebilmektedir. Çizelge 1'de su aktivitesi ve sorpsiyon izotermelerinin ölçülmesinde kullanılan yöntemler verilmiştir (13).

Değişik su aktivitesi ölçüm yöntemleri arasında en sağlıklı verilerin «buhar basıncı manometresi» tekniği ile elde edildiği bulunmuştur (9). Ayrıca yukarıda açıklanan iki ana yöntemin dışında gıdaların su aktivitelerinin deneysel formüllerle hesaplanmasına yönelik çalışmalarda bulunmaktadır (1, 10).

5. SU AKTİVİTESİ ve GIDALARDAKİ DEĞİŞMELER

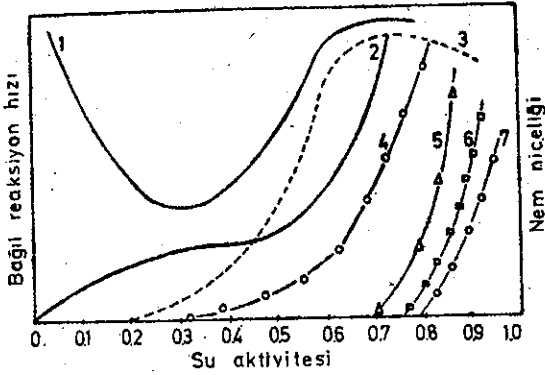
Gıdalar değişik oranda protein, karbonhidrat, yağ gibi besin öğelerini içerirler. Gıdaların saklanmaları sırasında kaliteyi belirleyen ve etkileyen değişimler dört ana grupta toplanabilir. Bunlar enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, lipid oksidasyonu (otooksidasyon) ve mikrobiyolojik değişimlerdir. Söz konusu bu değişimler ile su aktivitesi arasındaki ilişki Çizge 2'de gösterilmiştir. (7). Bu ilişkiler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

5.1. Su aktivitesinin enzimatik tepkimelere etkisi

Enzimler, bir çok organik tepkimenin katalizör görevini yüklenen, protein özelliğindeki komponentler olarak tanımlanmaktadır. Aktiviteleri ortam koşullarına bağlı olarak hızlı ve çok spesifikdir. Enzimlerin katalizör olarak etki yaptıkları tepkimelere su da aktif olarak katılır. Bu bakımdan sıcaklık, pH, iyon şiddeti gibi ortam koşullarının yanısıra su oranının yani başka bir tanımlama ile su aktivitesinin önemi bulunmaktadır.

Çizelge 1. Sorpsiyon izotermelerinin ölçme yöntemleri

Ölçme İlkesi	Verilen Parametreler	Ölçülen Parametreler	Ölçüm Yöntemleri
Gravimetrik	Sıcaklık Toplam Basıncı Hava nemi	Örneğin su içeriği	1. Desikatör yöntemi (Tuz, H ₂ SO ₄ Çözeltileri) 2. Nemi belli gaz akımı altında ölçüm
Manometrik	Sıcaklık Toplam Basıncı Örneğin su içeriği	Gaz evresindeki su buharının kısmi basıncı	1. Buhar basıncı manometresi 2. Saç higrometresi 3. Elektrikli higrometre



1. Lipid oksidasyonu
2. Sorpsiyon izotermi
3. Enzimatik olmayan esmerleşme
4. Enzim aktivitesi
5. Küf mantarlarının gelişmesi
6. Mayaların gelişmesi
7. Bakterilerin gelişmesi

Çizge. 2 Su aktivitesi ve gıdalarda bozulmaya neden olan etkenler

Sorpsiyon izotermelerinde gösterilen monomoleküler su katmanı bölgesinde su aktivitesi çok düşük olduğundan suyun serbestce hareket etmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle düşük su aktivitesi gösteren gıdalarda enzimatik tepkimeler oluşmamaktadır. Bununla beraber gıda maddesinin su aktivitesinin yükselmesi ve kapiler yoğunlaşmanın meydana gelmesiyle enzimatik tepkimeler başlamakta ve giderek hızları artmaktadır (Çizge 2).

Gıdalardaki enzimlerin kendilerine özgü çalışma koşulları bulunmaktadır. Ortam koşullarından özellikle pH, sıcaklık ve nem etkili olmaktadır. Ortam neminin düşük olması enzimlerin denatürasyonunu engellemekte ve ayrıca enzimleri bozabilen mikroorganizmaların çalışmasını da önlediği için önem taşımaktadır. Örneğin kurutulmuş taze fasulyelerde nem düzeyinin % 4-5 düzeyinde tutulmasıyla, başlangıçtaki enzim aktivitelerini depolama süresince de korudukları saptanmıştır (16). Su aktivitesinin 0,3 düzeyinden başlayarak yükselmesi enzimatik aktivitenin artmasına neden olmaktadır. Çizge 2'de görüldüğü gibi su aktivitesi 0,9-1 değerlerinde en üst düzeye erişmektedir. Nitekim peroksidaz ve lipooksigenaz enzimleri $a_w = 0.94 - 0.97$ arasında optimum aktivite göstermektedirler.

5.2. Su aktivitesinin enzimatik olmayan esmerleşme tepkimelerine etkisi

Enzimatik olmayan tepkimeler bir dizi kompleks tepkimeler sonucu oluşurlar. İndirgen şekerlerle amino asitlerin amin grupları arasında meydana gelirler ve Maillard tepkimeleri olarak bilinirler. Uygun koşullarda (sıcaklık, pH, a_w) bu maddelerden koyu renkli heterosiklik azot komponentli değişik kompozisyonlu bileşikler ortaya çıkar. Maillard tepkimeleri konusunda kinetiğinin karışık olması nedeniyle oldukça çok araştırma yapılmıştır. Maillard reaksiyonlarının kimyasal kinetiği hakkında genel özet Peer (17)'de verilmiştir. Su aktivitesinin Maillard tepkimelerine etkileri karışık kinetiği nedeniyle model çözeltilerde yapılmıştır. Eldeki bulgulara göre Maillard tepkimelerinin maksimum hızları $a_w = 0.65 - 0.8$ arasında oluşmaktadır (Çizge 2).

Su içeriği düşük gıdalarda esmerleşme reaksiyonlarına katılacak komponentlerin çok az bir bölümü suda çözülmüş durumda bulunmaktadır. Ayrıca düşük su içeriğinde ya da su aktivitesinde difüzyon direncinin yüksek olması bu reaksiyonların hızlarını azaltmaktadır. Ayrıca ortamdaki suyun artmasıyla suda çözünen reaksiyon komponentleri artmakta ve buna koşut olarak difüzyon direnci de azalmaktadır. Böylece artan nem içeriğine koşut olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının hızlarında yükselme gözlenmektedir.

Gıdalarda, işleme ve depolama sırasında oluşan esmerleşme reaksiyonları kaliteyi genel olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle işlenmiş ve sebze ürünleri ile orta nemli gıdalarda (IMF — Intermediate Moisture Foods) esmerleşme tepkimeleri kalitenin korunması açısından önem taşımaktadır.

5.3. Lipid Oksidasyonu

Lipid oksidasyonu bir tip otooksidasyon olup, oksijen bulunan ortamda değişik komponentlerin oksidasyonu olarak bilinmektedir. Gıdalardaki bu oksidasyon olayı, off-flavour oluşmasına ya da lipidlerin veya lipid içeren gıdalarda yağ asitlerinin parçalanmasıyla ransit aromanın meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu tip reaksiyonlar genel olarak gıdaların ka-

litelerinin bozulmalarına, düşmesine yol açmaktadır.

Su aktivitesinin çok düşük olduğu düzeyde, doymamış yağ asidi içeren gıdaların atmosfer ortamında oksijenle teması sonucunda oksidatif ransitlik oluşumu çok hızlanmaktadır. Bu yüksek tepkime hızı sorsiyon izotermindeki monomoleküler su katmanı bölgesinde meydana gelmektedir. Su aktivitesinin yükselmesiyle otooksidasyonun hızı ve yayılımı $a_w = 0.3 - 0.5$ -e kadar azalmaktadır. Bu su aktivitesi düzeyinden itibaren oksidasyon hızında tekrar artma görülmekte ve $a_w = 0.75$ değerinde üst değerine ulaşmaktadır (Çizge 2). Buna karşılık model çözümlerinde yapılan denemelerde oksidasyon hızı su aktivitesinin artmasına koştur olarak azalmaktadır (6).

Su aktivitesinin gıdaların beslenme değerleri üzerine etkilerinin araştırılmasında askorbik asit ölçüt alınmaktadır. Düşük a_w değerlerinde oldukça stabil olan askorbik asit yüksek su aktivitelerinde kolayca parçalanmaktadır (8). Gıdaların vitamin içeriklerinin azalmasında su aktivitesinin yanında depolama sıcaklığının da önemli etkisi bulunmaktadır (11).

Bu bakımdan gıdaların askorbik asit içeriğini uzun süre korumak için düşük su aktivitesinde ve düşük sıcaklıkta saklamak gerekli olmaktadır. Yağda çözünen vitaminlerin parçalanması lipid oksidasyonu ile ilgili olmakta ve su aktivitesinin düşmesiyle bu vitaminlerin parçalanması azalmaktadır.

5.4. Su Aktivitesinin mikroorganizmalara etkisi

Gıdaların bozulma nedenlerinde en önemlisi mikrobiyolojik bozulmalardır. Özellikle yüksek oranda su içeren gıdalarda mikrobiyolojik bozulmalar görülmektedir. Bu bakımdan mikroorganizmaların çalışma koşulları ve gıdalarda oluşturdukları değişimler önem taşımaktadır. Mikroorganizmaların gelişmeleri özellikle sıcaklık, hidrojen iyonu konsantrasyonu, oksijen, CO_2 niceleği ile inhibitör maddelerin varlığına göre değişim göstermektedir. Mikroorganizmaların gıdalarda gelişmesi suyun kimyasal aktivitesi ile de yakından ilgilidir. Mikroorganizmaların gelişme hızı hücre membranı içerisindeki

ozmotik basınca bağlıdır. Daha önce de belirtildiği gibi ozmotik basınca su aktivitesi arasında yakın bir bağlantı bulunmaktadır. Başka bir tanımlama ile mikroorganizma gelişmesi gıdanın su aktivitesi tarafından etkilenmekte ve çalışma sınırı belirlenmektedir. Çizge 2'de mikroorganizmaların gelişme ve çalışmalarının ortalama su aktivitesi sınırları gösterilmiştir.

Çizge 2. Değişik mikroorganizmaların gelişmesi için ortalama su aktivitesi sınırları

Mikroorganizmalar	a_w
Bakteriler	0.90
Mayalar	0.88
Küfler	0.80
Halofilik Bakteriler	0.75
Xerophilik Küfler	0.65
Ozmofilik Mayalar	0.61

Gıdaların saklanmalarında mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesi hermetik kaplarda sterilizasyon veya pastörizasyon işlemleri uygulanarak yapılmaktadır. Burada yapılan işlem mikroorganizmaların ısıl işlem uygulayarak inaktif duruma getirilmesidir. Genel olarak gıdalarda mikrobiyolojik bozulmanın önlenmesi için ya ısıl yöntemlerle mikroorganizmalar öldürülmekte ya da bunların çalışması için gerekli olan ortam koşulları değiştirilmektedir. Ortam koşullarının değiştirilmesinde su aktivitesinin düşürülmesi büyük önem taşımaktadır.

6. SU AKTİVİTESİ ve GIDA İŞLEMEDEKİ ÖNEMİ

Gıdaların kalitelerini korumak için uygulanan kurutma, dondurma ve konsantre etme gibi değişik saklama yöntemlerinde temel ilke suyun kimyasal aktivitesinin kontrol altına alınmasıdır. Bu nedenle kurutma ile dondurma işlemi temelde aynı fiziksel ilkeye dayanmaktadır. Nitekim her iki yöntemde de gıdaların bozulmasına neden olan mikrobiyolojik, enzimatik hareketlerin sınırlandırılmasında suyun etkisi önem taşımaktadır. Dondurma işleminde su mikroorganizmaların yararlanamayacağı buz evresine geçirilirken, aynı amaçla kurutmada su ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Başka bir tanım-

lama ile her iki yöntemde de su aktivitesi düşürülmektedir. Aynı şekilde konsantre işleminde de örneğin meyve sularının, su aktivitesi düşürülerek bozulmaları önlenmektedir. Çizelge 3'de değişik gıdaların su aktiviteleri verilmiştir. (12/14/15) Yukarıdaki açıklamalardan da kolayca anlaşılacağı gibi gıdalardan suyun özellikle bağlı suyun kontrolü kalitenin korunması açısından önem taşımaktadır.

Sıcaklığın 0°C nin altına düşürülmesiyle gıdalar donmaya başlarlar. Sıcaklığın düşmesiyle mikroorganizmaların gelişmeleri de engellenmiş olmaktadır. Gıda içerisindeki donmuş su oranı sıcaklığın düşmesine koşut olarak artmaktadır. Donma noktası altında su aktivitesi yalnızca sıcaklığın bir fonksiyonudur ve azalan sıcaklık derecesine koşut olarak su aktivitesi de düşer. Bu durumda su aktivitesi; çözülmüş maddelerin, çeşit ve konsantrasyonundan etkilenmez. 0°C de su aktivitesi 1,00 olan bir gıdanın -20°C deki su aktivitesi 0.823 düzeyine inmektedir. Dondurma işlemi sırasında mikroorganizmaların gelişmesi ve kimyasal reaksiyonların hızı bir yandan düşük sıcaklık ve öte yandan da düşük su aktivitesi ile minimuma indirilmektedir.

Ayrıca gıda maddelerine tuz veya şeker katılmasıyla su aktivitesi kontrol altına alınabilmektedir. Böylece sözkonusu gıda maddesinin özellikle mikrobiyolojik bozulması önlen-

mektedir. Nitekim içerisinde % 8 tuz veya % 44 şeker katılmasıyla gıdalarda su aktivitesi $a_w = 1.00$ den 0.95'e düşmektedir (Çizelge 3).

Aynı oranda su aktivitesi değerinin düşürülmesi için değişik gıdalarda da nem oranının belirlenmesi farklılık göstermektedir. Örneğin kurutulmuş bezelyenin su aktivitesini 0.85 ten 0.70'e düşürmek için nem oranı da 12.6 gr azaltılması gerekirken, frenk üzümünde su aktivitesini aynı oranda düşürmek için nem içeriğinin 25.8 gr azaltılması gerekli olmaktadır. Bu iki gıda arasındaki farklılık içerdikleri değişik maddelerden kaynaklanmaktadır. Bu farklılık diğer gıda maddelerinde de gözlenmektedir.

Su aktivitesi 1.00 ile 0.90 arasında olan besinler sulu gıdalar olarak tanımlanırlar. Su aktivitesi 0.70 ile 0.90 arasında bulunan gıda maddeleri orta nemli gıdalar (Intermediate Moisture Foods) olarak bilinmektedir. Bu tip gıdalar % 20 - 50 oranında su içerirler (4). Su aktivitesi 0.6'nın altında bulunan gıdalar kurutma işleminden geçen gıdalardır (13). Orta nemli gıdalar olarak kurutulmuş kayısı, marmelat ve reçel, salam, bal, meyveli kekler örnek olarak verilebilir. Bakteri gelişmesi sözkonusu değildir. Ancak mantar gelişmesi, enzimatik parçalanma ve esmerleşme reaksiyonları koruyucu önlem alınmazsa sözkonusu olabilir. Bu bakımdan orta nemli gıdalarda özellikle mikrobiyolojik stabiliteilerinin sağlanmasında su

Çizelge 3. Kimi gıdaların su aktiviteleri

a_w	Na Cl (%)	Şeker (%)	Gıda maddesi
1.00 - 0.95	0 - 8	0 - 44	Taze et, meyve, sebze, konserve meyve ve sebzeler, margarin, tereyağ, konsantre süt, domates püresi.
0.95 - 0.90	8 - 14	44 - 59	Peynir, pastalar, kuru soslar, portakal suyu.
0.90 - 0.80	14 - 19	59 - Doygunluk ($a_w : 0.96$)	Çedar peyniri, tatlandırılmış kondens süt, salam, un, pirinç.
0.80 - 0.70	19 - Doygunluk ($a_w : 0.75$)	—	Kurutulmuş incir, tuzlu balık, reçel, marmelat, kahve (Nem oranı % 14 - 16).
0.70 - 0.60	—	—	Permasen peyniri, kurutulmuş meyvalar.
0.60 - 0.50	—	—	Çikolata, bal.
0.40	—	—	Kurutulmuş yumurta, kakao.
0.30	—	—	Kurutulmuş patates, kraker.
0.20	—	—	Süt tozu, kurutulmuş sebzeler.

aktivitesinin ayarlanması önem taşımaktadır. Orta nemli gıdalar kısmen kurutulmuş, normal olarak pastörize edilen yada kimyasal koruyucu maddelerle dayanıklı duruma getirilen gıdalardır. Diğer gıdalara göre genel olarak aşağıdaki üstünlükleri vardır;

1. Orta nemli gıdalar sterilize edilmeden veya soğutulmadan oda sıcaklığında birkaç ay bozulmadan saklanabilirler.
2. Paketlemede sorun yaratmazlar.
3. Genel olarak orta nemli gıdalarda tüketim için pişirme, ıslatma, çözme gibi herhangi bir önleme gerek duyulmaz.
4. Beslenme fizyolojisi ve kalori içeriği bakımından önemli gıda maddelerindedirler.
5. Orta nemli gıdaların üretimi kolaydır. Her türlü şekil ve büyüklük verilebilir.

7. SONUÇ

İşlenmiş gıda maddelerinin bozulmasını önlemek için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Gıdaların kalitelerinin bozulmalarına genel olarak mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar neden olmaktadır. Bu bozulma nedenlerinin açıkça ortaya konabilmesi ve önlenmesi için gıda içerisinde oluşturduğu değişiklikleri ve kaynaklarını tanımak zorunluluğu vardır. Gıdaların bozulmalarında en önemli etkenlerden biri suyun kimyasal ve fiziksel özellikleridir. Suyun gıda içerisinde bağlı olup olmaması, başka bir tanımlama ile su aktivitesi gıda kalitesine doğrudan etki yapmaktadır. Bu bakımdan birçok saklama yöntemi temelde aynı ilkeye dayanmaktadır. Bu ilke su aktivitesinin kontrol altına alınmasıdır.

ZUSAMMENFASSUNG

Wasseraktivität Und Ihre Bedeutung In Der Lebensmittelverarbeitung

Zur Verhinderung des Verderbens von Lebensmitteln werden verschiedene Haltbarmachungsverfahren angewendet. Bei den Qualitätsveränderungen spielt der Wassergehalt des betreffenden Lebensmittels eine wichtige Rolle, wobei der Wasseraktivität grosse Bedeutung beigemessen wird. Nach der Definition der Wasseraktivität werden die Sorption Isothermen, die die Beziehung zwischen der Wasser-

gehalt in Lebensmitteln darstellt, beschrieben. Die Messverfahren von Wasseraktivität und Sorption Isothermen werden zusammengestellt. Die Veränderungen in Lebensmitteln werden in Abhängigkeit von Wasseraktivität in Einzelheiten dargestellt. Ausserdem wird die Bedeutung der Wasseraktivität in der Lebensmittelverarbeitung mit Beispielen erläutert.

KAYNAKLAR

1. CHIRIFE, J., FERRO FONTAN, C. ve BOQUET, R. 1981: J. Food Sci. 46, 947.
2. GAL, S. 1967: Springer, Berlin - Heidelberg.
3. HEISS, R. 1968: Springer, Berlin-Heidelberg.
4. KAREL, M. 1973: Crit. Rev. Food Technol., 3, 329 - 373.
5. LABUZA, T.P. 1968: Food Technol. 23, 263 - 272.
6. LABUZA, T.P. 1971: Crit. Rev. Food Technol., 2, 355 - 402.
7. LABUZA, T.P., Mc NALLY, L., GALLAGHER, D., HAWKES, J. ve HURTADO, F. 1972: Food Sci., 87.
8. LABUZA, T.P. 1974: Final Rep., NAS Contract 9-125-60 Phase II, s. 10 - 81. Nalt. Acad. Sci., Washington, D.C.
9. LABUZA, T.P., ACOFF, K., TATINI, S.R. ve LEE, R.Y. 1976: J. Food Sci., 41, 419-917.
10. LANG, K.W. ve STEINBERG, M.P. 1981: J. Food Sci., 46, 670 - 672.
11. LEE, S.H. ve LABUZA, T.P. 1975: J. Food Sci., 40, 370 - 373.
12. LEISTNER, L. 1977: International Symposium, Karlsruhe - Germany. 260 - 272.
13. LONCIN, M. ve WEISSER, H. 1977: Chem. - Ing. - Tech. 49, Nr. 4, S. 312 - 319.
14. MOSSEL, D.A.A. 1975: Academic Press, Londra, 347 - 361.
15. PALA, M. ve BIELIG, H.J. 1978: Fortschritte in der Lebensmittelwissenschaft. Nr. 5 Technische Universität Berlin.
16. PALA, M. 1981: Doçentlik tezi.
17. PEER, H.G. 1975: Landbouwgesch. Wageningen, Misc. Pap. Part 9, pp 109 - 115.
18. WOLF, W., SPIESS, W.E.L., JUNG, G. 1973: Fachgem. Lufttechnische und Trocknungsanlagen im VDMA, Frankfurt/M.