

# **Su Ürünlerinin Kurutma Teknolojisi**

- **Kurutma**; gıdaların içerdiği suyun, kontrollü koşullarda buharlaştırılması işlemidir
- **Kurutmanın** en önemli amacı dayanma süreleri kısa olan ürünlerin dayanma sürelerini artırmaktır
- Su oranı belli bir seviyenin altına düşürülmüş gıdalar normal atmosfer koşullarında kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı daha dayanıklıdırlar

- Kurutulmuş gıdalar, diğer yöntemlerle dayanıklı kılınanlardan farklı olarak besin öğeleri açısından yoğunlaşmış bir yapı kazanırlar
- Kurutma en ucuz muhafaza yöntemidir
- Doğada kurutma, güneş ışınları ile gerçekleşmekte olup, bu yöntemin her yerde ve koşulda uygulanması her zaman mümkün olamamaktadır
- Bu yüzden güneş dışındaki kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla da kurutma işlemi gerçekleştirilir
- Buna göre kurutma “**güneşte kurutma**” ve “**yapay kurutma**” olarak ifade edilir

- Su gerek hayvansal gerekse bitkisel gıdalarda hücre içi ve hücre dışı bileşen olarak bulunur
- Su ürünlerinde su oranı türe, cinsiyete, yaşa, mevsime vb göre büyük farklılık gösterir
- Su ürünlerindeki suyun miktarı, suyun özelliklerine etki eden en önemli faktördür
- Su ve özelliklerini belirlemek, bunun kurutma teknolojisi ve su ürünlerinin dayanıklılığı açısından önemini ortaya koymak için **“sorbsiyon izotermi”** ve **“su aktivitesini”** bilmek gerekir

- Gıdalardaki su mikroorganizmaların çoğalabileceği uygun şartları sağlar
- Her mikroorganizma veya mikroorganizma grubunun gelişebildiği bir **minimum**, **optimum** ve **maksimum**  $a_w$  değeri vardır
- Genel olarak **bakteriler mayalardan**, **mayalar** ise **küflerden** daha yüksek su aktivitesine gereksinim duyarlar

Organizma	$a_w$	Organizma	$a_w$
<b>Gruplar</b>		<b>Spesifik mikroorganizmalar</b>	
Bozulma etmeni bakteriler	0.91	<i>Pseudomonas sp.</i>	0.97
Bozulma etmeni mayalar	0.88	<i>Leuconostoc sp.</i>	0.97
Bozulma etmeni küfler	0.80	<i>Campylobacter sp.</i>	0.97
Halofilik bakteriler	0.75	<i>E. coli</i>	0.96
Kserofilik küfler	0.60	<i>Clostridium perfringens</i>	0.95
Osmofilik mayalar	0.60	<i>Salmonella sp.</i>	0.94
		<i>C. botulinum</i> (tip A ve B)	0.91
		<i>Candida utilis</i>	0.94
		<i>Lactobacillus sp.</i>	0.93
		<i>Listeria monocytogenes</i>	0.90
		<i>S. aureus</i>	0.86
		<i>Penicillium patulum</i>	0.81
		<i>Aspergillus gabicus</i>	0.70
		( <i>Eurotium glaucus</i> )	
		<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.62
		<i>Xeromyces bisporus</i>	0.61

**Gıdalardaki mikroorganizmaların gelişebildiği minimum  $a_w$  değerleri**

Mikroorganizma	$a_w$ Değeri	Su Ürünleri Kökenli Gıda Maddeleri	Grup
<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>C. perfringens</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>	1.00- 0.98	Taze su ürünleri (balık, kabuklu, yumuşakça ve v.s.) konserve su ürünleri	Yüksek Nemli Gıdalar
<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>C. perfringens</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Micrococcus sp.</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>	0.98- 0.93	Az tuzlu su ürünleri, Marinat ürünleri, Fıme su ürünleri,	Nemli Gıdalar
<i>Micrococcus sp.</i> , Maya ve küller <i>S. aureus</i>	0.93- 0.85	Islak tuzlama uygulanmış su ürünleri	
Osmofilik mayalar, Halofil bakteriler	0.85- 0.60	Kuru tuzlama uygulanmış su ürünleri	
Mikrobiyal aktivite yok	0.60- 0.00	Tam kurutulmuş su ürünleri	Kuru Gıdalar

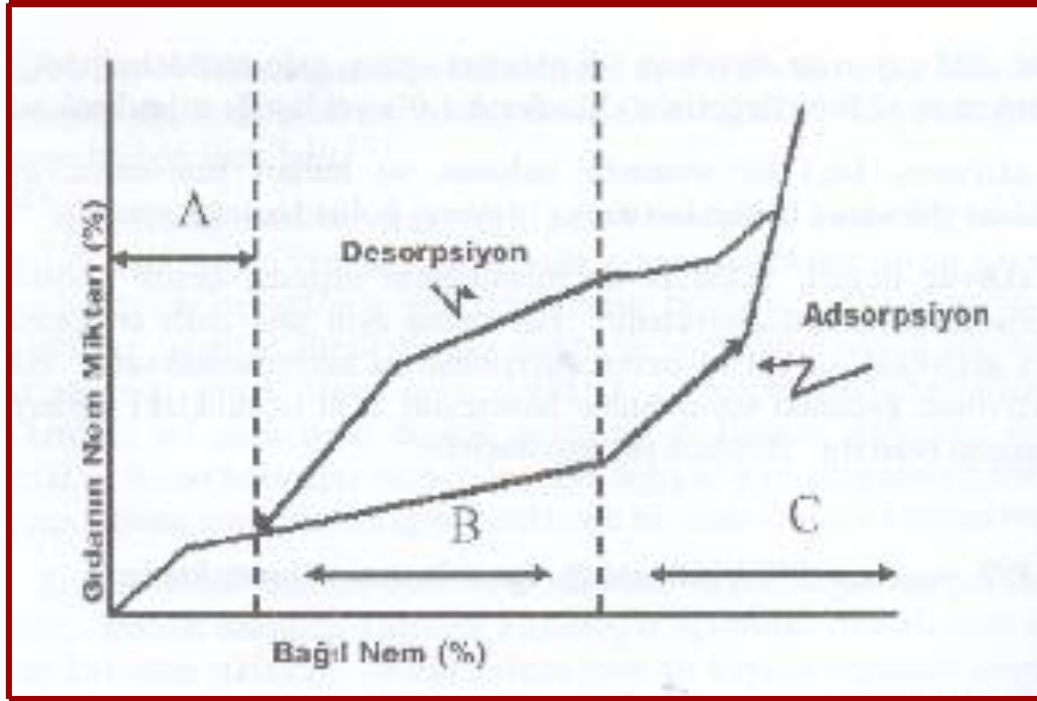
Su ürünleri işleme teknolojisinde su aktivite değerlerine göre mikroorganizma faaliyeti

- Suyun buharlaşması sonucu gıdadaki su miktarı azalır, kuruma olur
- Suyun buharlaşmasının itici gücü, “**suyun buhar basıncı**” ile gıdayı çevreleyen havanın “**su buharı kısmi basıncı**” arasındaki farkıdır
- Bu fark ne kadar **büyükse**, suyun buharlaşması o kadar **hızlı** ve **fazla** olur
- Bu olay dinamik bir şekilde iki yönlü gerçekleşir ve denge haliyle ilişkilidir



- Suda erimiş maddenin varlığı veya suyun bir maddeye bağlı olması suyun buhar basıncını düşürür(**Roult yasası** gereği)
- Su buharı basıncı üzerine kapilar kuvvette etki eder
- Kurumada gıdadaki su, hücreler arasında oluşmuş bir kapilar sistemle yüzeye ulaşarak uzaklaşır. Bu kapillardaki suyun buhar basıncı , aynı sıcaklıktaki serbest suyun buhar basıncından daha düşüktür

- Su ürünleride aynı davranışı göstererek bulunduğu sıcaklıkta kendini çevreleyen atmosferle nem açısından bir dengeye ulaşır
- Bu ilişkiyi “**sorbsiyon izotermi**” tanımlar
- Tanımlanan bu sorbsiyon izoterm eğrisi, farklı iki ayrı yönden birisine göre oluşturularak “**adsorbsiyon**” ve “**desorbsiyon**” izotermi elde edilir



## Adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermi

**A bölgesinde** su, gıdanın yüzeyinden tek bir molekül tabakası halinde sıkı sıkıya tutulur (monomoleküler su)

**B bölgesi** monomoleküler su filmi üzerinde bulunan üst üste çok sıralı su molekülleri katmanı (multimoleküler su)

**C bölgesindeki** su, gıdanın gözenekli yapısı içinde yoğunlaşmış su (kapilar su)

- Su aktivitesi de temelde sorbsiyon olgusu ile iç içe bir kavramdır
- Su aktivitesi gıdalardaki kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik olayları sınırlayan en önemli etkendir
- Su aktivitesi düştükçe gıdanın dayanıklılığı artar
- Kurutma ile gıdanın su aktivitesi azalır
- Kurutulan ürünlerin bozulmadan kalabilmesi için ortamda mikroorganizmalar için “elverişli suyun” bulunmaması gerekir
- Su aktivitesi 0,60’ın altındaki gıdalar “**kuru gıdalar**” olarak kabul edilir
- Su aktivitesinin düşmesi **enzimatik değişimleri de sınırlar veya önler**
- Su aktivitesi düştükçe **kimyasal reaksiyonların hızlarında da düşüş gözlemlenir**

# Kuruma hızı

- Kuruma nemli materyalden suyun uzaklaştırılmasıdır
- Gıdadaki kuruma
  - sabit kuruma dönemi
  - azalan kuruma döneminde gerçekleşir
- Gıdadaki serbest suyun uzaklaştırıldığı dönem **“sabit kuruma”** dönemidir
- Sabit kuruma döneminde birim zamanda uzaklaşan su miktarı sabit kalır
- Gıdadaki su azaldıkça geride kalan suyu materyale bağlayan güç artar
- Gıdadaki su oranı belli bir düzeye inince **“sabit kuruma dönemi”** sona erer ve kuruma hızının gittikçe düştüğü **“azalan kuruma dönemi”** başlar
- Kuruma hızında değişimin olduğu andaki gıdanın nem düzeyine **“kritik nem”** ve kuruma hızının değiştiği bu noktaya da **“dönme noktası”** denir.

- Kuruma eğrisinde dikkat çeken en önemli nokta **“kritik nem”** düzeyini gösteren noktadır
- Kritik nem her gıda için farklı düzeyde olup, gıda maddesinin bileşimiyle ilişkili bir değerdir
- Bir çok **gıdanın kritik nemi**, bu gıdanın **%58-65** bağıl nemli hava ile dengeye eriştiği zaman, içerdiği su miktarına eşittir

- Azalan kuruma döneminde de iki önemli sonuç bulunur

I- kurutulan ürünlerin belli bir nem düzeyine erişmesinden (kritik nem) sonra kuruma gittikçe zorlaşır ve kuruma süresi uzar

II- kurutmada uygulanan koşullara göre ürün nemi ancak belirli bir düzeye kadar düşürülebilir

- Birçok ürünün dayanıklı kalabilmesi için bunların, kurutucuda ulaşılanın da altında nem içermesi gerekir
- Bunu sağlamak için kurutma işlemine başka bir kurutma sisteminde, nemi çok düşük düzeye indirilmiş ılık hava kullanılarak devam edilir
- Daha düşük denge nemine erişilir



# Kuruma hızına etki eden faktörler

- Kuruma hızı ısı ve kütle transferine etki eden faktörler tarafından kontrol edilir
- Bunlar
  - sıcaklık
  - havanın nemi
  - kurutucudaki hız
  - kurutulacak materyelin şekli, büyüklüğü, kalınlığı vb
  - ürünün bileşimi

# Kurutma yöntemleri

- Tuzla kurutma
- Vakumda kurutma
- Dondurarak kurutma
- Havada kurutma

# Tuzla kurutma

- Morina gibi beyaz etli balıklar genellikle tuzlanarak kurutulur
- Tuzlama ile bu balıklarda su içeriği %58-59 dan %35-43 düzeyine düşer
- Geleneksel olarak kurutulan balıklarda kurutma balıkların güneş ve rüzgara karşı sergilenmesiyle gerçekleşir
- Hava koşullarının uygun olmadığı yerlerde kurutma özel odalarda yapılır

- Kurutma odasında en uygun hava sirkülasyonu için ortalama hız dakikada 60-90 metredir
- Bu hava hızı azalırsa kuruma süresi uzar
- Daha hızlı seyreden hava sirkülasyonu kurumanın hızlanmasına önemli etki yapmaz, ancak maliyeti yükseltir
- Kurutma odasında en uygun sıcaklık 24°C dir(16-27 °C'i aşmamalıdır)

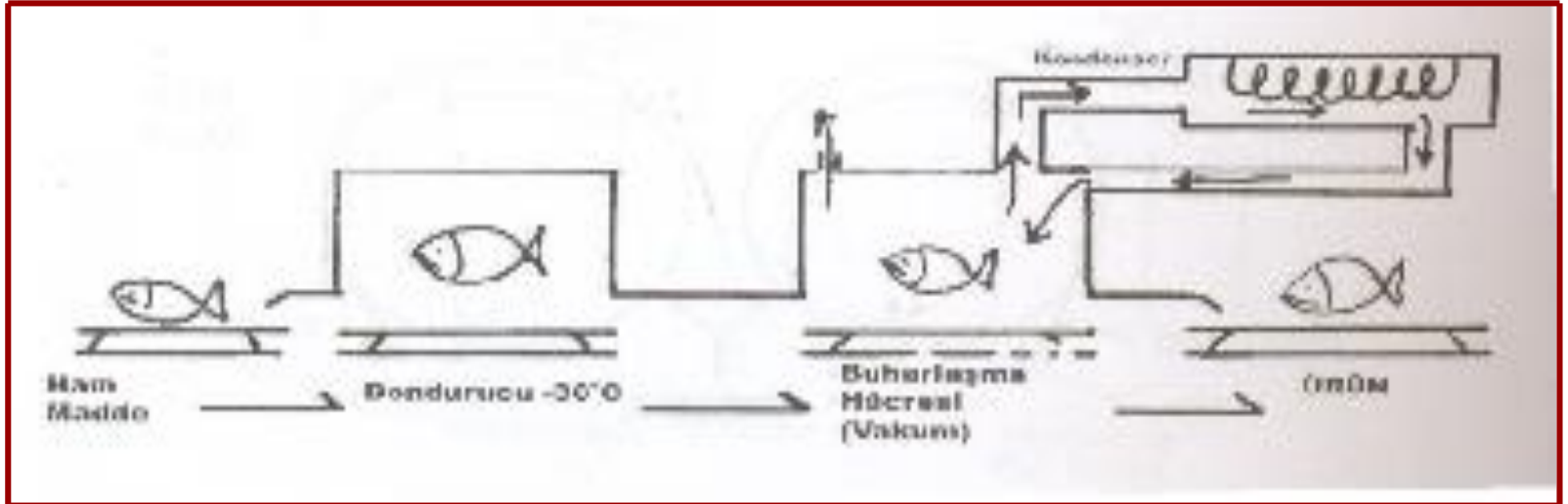
- Kurutma odasında nisbi nem %50-55 olmalıdır
- Kurutma yavaş olursa elde edilen ürün pürüzlü görünüm alır ve satıhta tuz kristalleri oluşur
- Kurutma odalarında nisbi nem %76 nın üstünde ise balık etleri su olarak şişer

# Vakumla kurutma

- Bu kurutucularda kuruma vakum altında , düşük derecelerde gerçekleşir
- Ortamda hava bulunmadığından kurutulan ürünün oksidasyon tehlikesi yoktur
- Vakumda suyun buharlaşması çabuk olduğundan ürün düşük ısıda kalır,gerek bakteriyel gerekse enzimatik bozulma olasılığı azalır

# Dondurarak kurutma

- Bu yöntemde kurutulacak ürün önce dondurulur sonra kurutulur
- Kurutulacak ürün 0,5-3,0 cm/saat hızla dondurulur, ürün çoğunlukla  $-30^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutulur
- Dondurulmuş ürün dondurarak kurutma cihazında vakum altında kurutulur
- Kurutma materyalindeki buzun tümünün süblüme olmasıyla sona erer
- Kurumuş ürünün nem düzeyi genellikle %2-4 olduğundan depolamada sorun olmaz
- Süblimasyon önce yüzeyde oluşur, balık dıştan içe doğru kurur
- Merkezde en son kalan buzda süblimasyona uğrayınca ürün kurumuş olur



**Dondurarak kurutmanın prensibi**



## **Dondurarak kurutmanın avantajları**

- Kuruma esnasında oksijenin olmaması ve ısının düşük olması (bu durum balık etlerini oksidasyona karşı korur)
- Donmuş durumda kurutmada büzülme meydana gelmez
- Kurumuş ürünün **rehidrasyon** yeteneği çok yüksektir

## Dondurarak kurutmanın dezavantajlar

- Diğer yöntemlere göre yüksek yatırım gerektirir
- İşletme masraflarında yüksektir
- Kurutulacak materyalin yeterli düzeyde kuruyabilmesi için küçük parçalara ayrılması önerilir
- Kurumuş ürün sünger gibi gözenekli yapıda olduğundan hızlı nem ve oksijen bağlama özelliğindedir. Bu nedenle, dondurarak kurutulmuş ürünler oksidasyona elverişlidir
- Bunu engellemek için kurutma sonunda vakumun kırılması, vakum hücrelerine azot gazı verilerek gerçekleştirilir
- Ambalajlama da, azot gazı altında yapılarak ambalajdaki hava yerinde azot yerleştirilir. Bu yolla birçok oksidatif reaksiyon önlenir
- Gözenekli yapı ürüne kırılabilirlik verir

# Havada kurutma

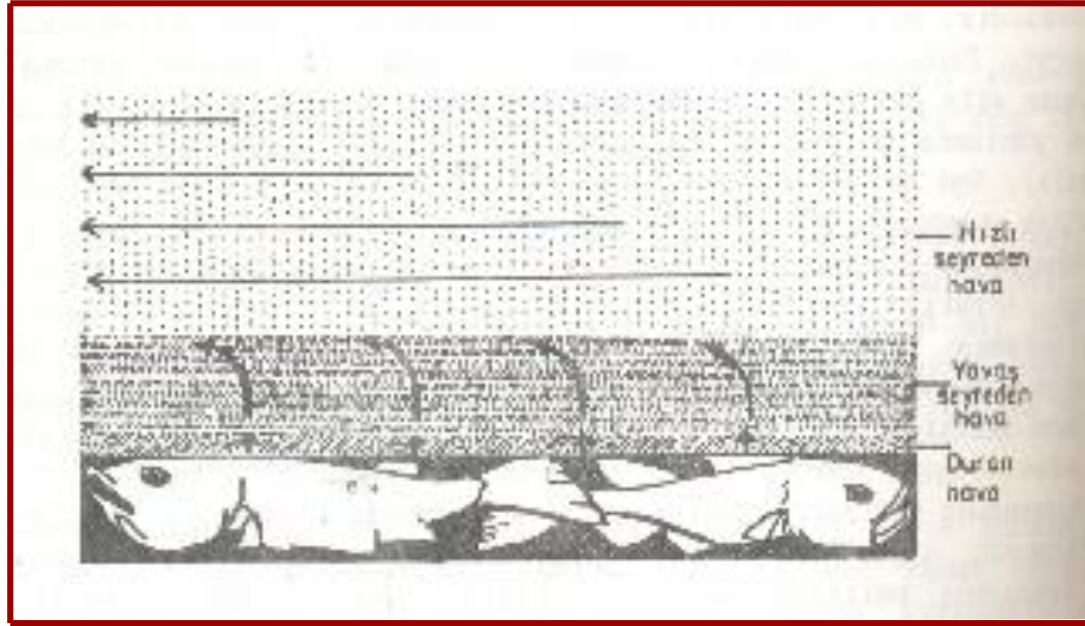
- Balıkların hava koşullarında kurutulmasında bazı fiziksel etkenler rol oynar
- Bunlardan en önemlisi **nisbi nem** ve **buhar basıncıdır**
- Balığın kurutulduğu **hava nemi düşük** ise saptıktan havaya geçen **su buharı miktarı artar**, kuruma hızı yükselir
- **Hava çok nemli** ise balıktan havaya **su buharı transferi çok azdır**. Bu nedenle kuruma hızı düşer yada tamamen durur

- Kurutulmaya alınan bir balığın yüzeyiyle temas eden hava üç tabakadan oluşur

I- balık üstünde **durgun hava** tabakası

II- **yavaş hareket** eden hava tabakası

III-**çok hızlı hareket** eden tabaka



Kuruyan balık yüzeyindeki hava hareketi

- En altta bulunan **hareketsiz hava** genellikle **su buharı ile doymuş durumdadır**
- Bu tabakanın absorbe ettiği su buharı devamlı yükselir ve ortadaki tabakayı yavaş hareket eden duruma getirir
- Balıkların kuruma derecesi bu yavaş hareket eden hava tabakasındaki havanın kuruluk derecesine bağlıdır
- **Hava akım hızı artarsa orta tabakanın kalınlığı azalır** ve balıktan ayrılan su buharı hızla hızlı hareket eden hava tabakasına geçer
- Bu nedenle balığın kurutulduğu yerde **hava hızı ne kadar yüksek ise su buharının taşınması, dolayısıyla kuruma o derece yüksek olur**
- Balıktan buharlaşma olduğu ölçüde etin ısısı düşer. Buna **“evaporatif soğuma”** denir( bu tür soğuma bir süre devam eder,bir sınıra gelince durur)

- **Havada kurutmada sabit dönemde balığın kurummasına etkili faktörler**

**Yüzey alanı:** kurutulacak bir balıkta yüzey alanının ağırlığa oranı balığın iriliği ölçüsünde azalır. Aynı koşullarda kurutulan balık

1 kg ise belirli bir sürede kurur

2 kg ise aynı sürede  $4/5$  kısmı kurur

4 kg ise aynı sürede  $2/3$  kısmı kurur

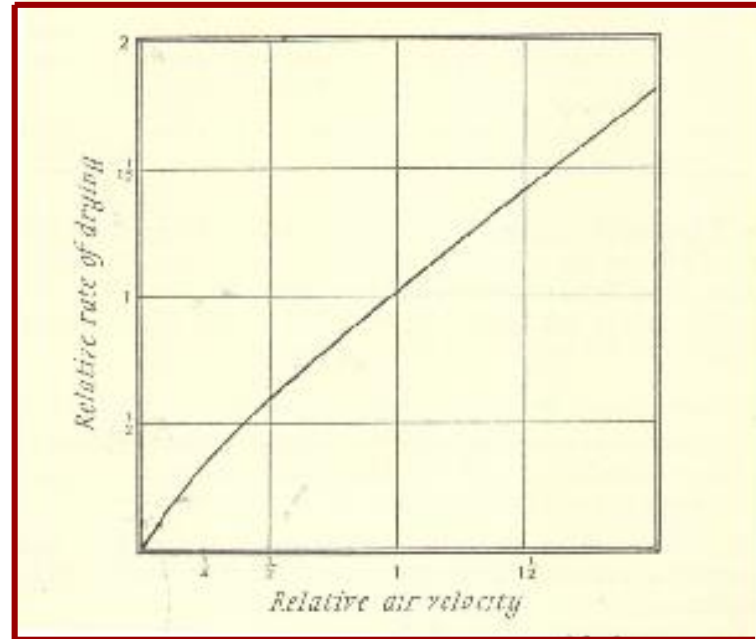
İyi bir kuruma için kurutulacak her balık partisinin mümkün olduğunca homojen olması istenir

**Hava hızı:** kurutma ortamındaki hava dolaşım hızı artarsa kuruma hızında artar.

(ancak hava hızı ile kuruma hızı arasında doğru orantılı bir ilişki yoktur)

- hava hızı iki kat artarsa kuruma hızındaki artış sadece  $\frac{3}{4}$  oranında olur





Kuruma oranı üzerine hava hızının etkisi

**Su buharı basıncı** : balığın kuruma oranı havanın su buharı basıncı ile ilişkilidir

- **sabit kuruma döneminde** havanın su buharı basıncı iki kat artarsa kuruma oranıda iki kat artar
- **tuzun varlığı** suyun buhar basıncını etkiler
- tuz içeren bir çözelti saf sudan daha düşük buhar basıncına sahiptir
- salamura edilmemiş balığın hemen hemen doymuş bir atmosferde bile kurumaya edecekken, tuzlu balık %76'dan fazla nem içeren havada kurumaz
- eğer havanın nisbi nemi daha fazlaysa tuz havadan nem absorbe eder
- **yağlı balıkta** yağın varlığı da kurumayı güçleştirir

- **Havanın kurutma özelliğine etkili faktörler**

**hava sıcaklığı:** balıktan bir kilogram suyun buharlaşması için yaklaşık 610 kcal ısıya ihtiyaç vardır.

-Bu ısı balık kurutma yerlerine hava ile verilir.

-Bu kalori buharlaşma için gerekli **latent ısıdır.**

-Havanın soğutma gücü balıklar üzerindeki sirkülasyon hızına ve kurutmaya konan balığın miktarına bağlıdır

## **Hava nisbi nemi:**

- balıktan buharlaşma ile ayrılan su buharı havada nisbi nemin artmasına neden olur
- bu durumda havanın kurutma gücü gittikçe azalır

## Havada kurutmada azalan kuruma döneminin başlamasına etkili faktörler

- kuruma oranı
- balık sıcaklığı
- balık eti kalınlığı
- başlangıç su içeriği
- yağ içeriği (aynı koşullarda kurutulan yağlı balıklarda sabit kuruma dönemi yağsız balıklardan daha kısadır)

**27°C de kurutulan 0,6cm kalınlığındaki beyaz etli balıkta sabit kuruma dönemi uzunluğu**

kuruma oranı %kayıp/saat	sabit dönem süresi saat
2,5	23
5,0	9
6,0	7
9,0	3

## 30°C de kurutulan farklı yağ içeriğine sahip ringa balıklarında sabit kuruma dönemi uzunluğu

kuruma oranı %kayıp/saat	sabit kuruma dönemi süresi yağ içeriği(%)			
	5	10	15	20
2,5	19	12	9	7
5,0	5	3	2	2
6,0	3	2	1	1
9,0	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

- Kuruma sırasında su kaybı belli bir düzeye gelince kurumanın hızı düşer ve yavaşlar
- Mevcut suyun %95'i kaybolduğunda kuruma tamamen durur
- Kuruma esnasında ayrılacak suyun %50'sinin uzaklaştırıldığı döneme “yarı kayıp periyodu” denir
- Yarı kayıp periyodu aynı kalınlıkta ve aynı sıcaklıkta kurutulan yağlı balıklarda, yağsız balıklardan daha uzundur



- En iyi koşullarda tam kurutulmuş balık etlerinde **%5 kadar su** bulunur
- Kurutulmuş balıkta bu su sabit kalmaz
- Kuru balık bulunduğu ortamın nisbi nemine göre havadan su absorbe eder
- Balık kuruduktan sonra yüksek nisbi nemde depolanacaksa fazla kurutmaya ve fazla enerji harcamaya gerek yoktur

## yağsız balıkta son su içeriği üzerine nisbi nemin etkisi

<b>nisbi nem</b>	<b>su içeriği</b>
<b>%</b>	<b>%</b>
20	7
30	8
40	10
50	12
60	15
70	18
80	24

# Kurutulmuş balıkta bozulmanın kontrolü

- Kurutulmuş balıkta bozulma

## 1. Fiziksel bozulma

-düşük nem içeriğine sahip balıklar kolay kırılır ve elde işleme ile zarar görür.

-kuşlar ve küçük hayvanlar kuru balıkları yerler

-balıklar açıkta kalırsa etrafta bulunan toz/kir, dizel yakıt gibi kirlilik unsurları ile kontaminasyonuna bağlı olarak insan tüketimi için uygun olmaz

## **2-otolitik bozulma**

su aktivitesinin düşmesi enzim aktivitesini yavaşlatır ve reaksiyonlar tamamlanacak şekilde devam etmez. Eğer su aktivitesi yeniden yükselirse reaksiyon eskisine kıyasla daha hızlı ilerler

### 3- Kimyasal bozulma

- kurutulmuş balık ürünlerinde balık yağlarının oksidasyonu ile kabul edilemez düzeyde acı ve kötü lezzete sahip ürün oluşumuna neden olur
- yağın besleyici değeri oksidasyon ve bazı toksik lipid peroksidlerinin oluşumu ile düşer
- düşük su aktivitesi ve güneş ışığına maruz kalma oksidasyonu hızlandırır.
- Lipid oksidasyon oranı üzerine sıcaklığın etkisi 45°C den yüksek sıcaklıklarda su aktivitesine bağlı değildir

**25°C**

<u><math>a_w</math></u>	<u>raf ömrü(gün)</u>
0,44	125
0,75	106

**0,44  $a_w$**

<u>sıcaklık(°C)</u>	<u>raf ömrü(gün)</u>
35	58
55	8

- Dumanlanmış balıkta oksidasyon oranı duman bileşiklerinin antioksidan etkisi nedeniyle azalır
- Gıda antioksidanları kurutulmuş balık üretiminde genellikle kullanılmazlar

- **Mikrobiyal bozulma**

-kurutma mikrobiyal gelişme için uygun olmayan koşulları oluşturduğu için balığı mikrobiyal bozulmadan korur

- yalnız kurutulmuş balıklarda **0,62 den büyük  $a_w$  düzeyinde maya ve küfler** gelişebilir. Bu durum ürünün piyasa değerini düşürür. Bu küfler genellikle *penisilyum* ve *aspergillus* küfleridir

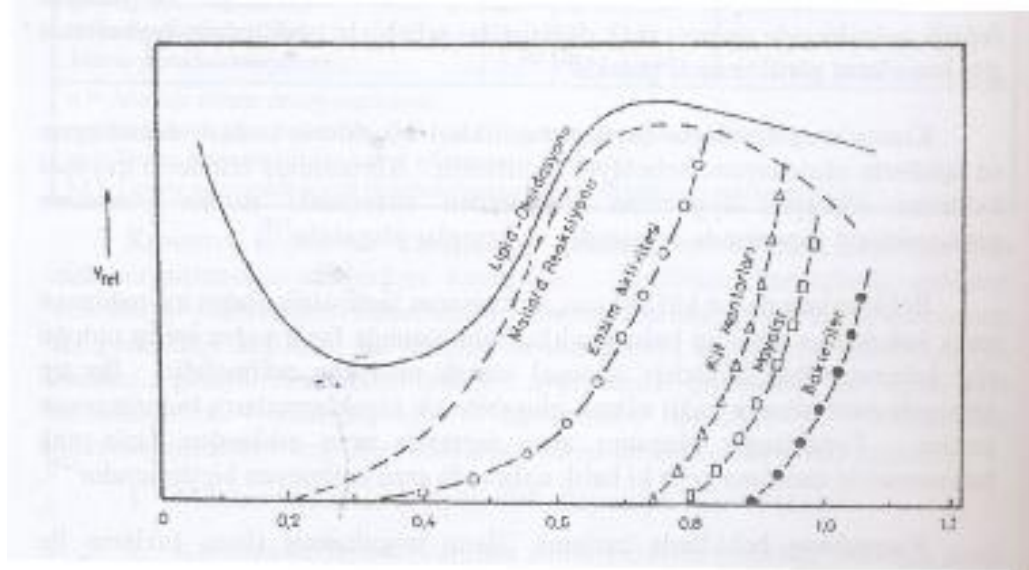
- halofilik “pembe” bakterilerde tuzlanarak kurutulmuş  $a_w$  **0,75 den yüksek** olan balıklarda gelişir



# Kurutulmuş ürünlerin depolanması ve ambalajlanması

- Su ürünleri kökenli gıdaların diğer gıdalarda olduğu gibi depo kararlılıkları su aktivitesine bağlı olarak gelişim gösterir
- Su aktivitesi kalitenin korunmasında en önemli faktör olduğundan uzun süreli depolama için ambalajlamanın optimal koşullarının belirlenmesi gerekir
- Depolama küçük paketlerde özel ambalajlar şeklinde yapılmayacak veya kısa süre toplu şekilde depolanacaksa hava nemi bakımından kuru, soğuk odalarda ve zararlı haşarelerden korunarak depolanmalıdır

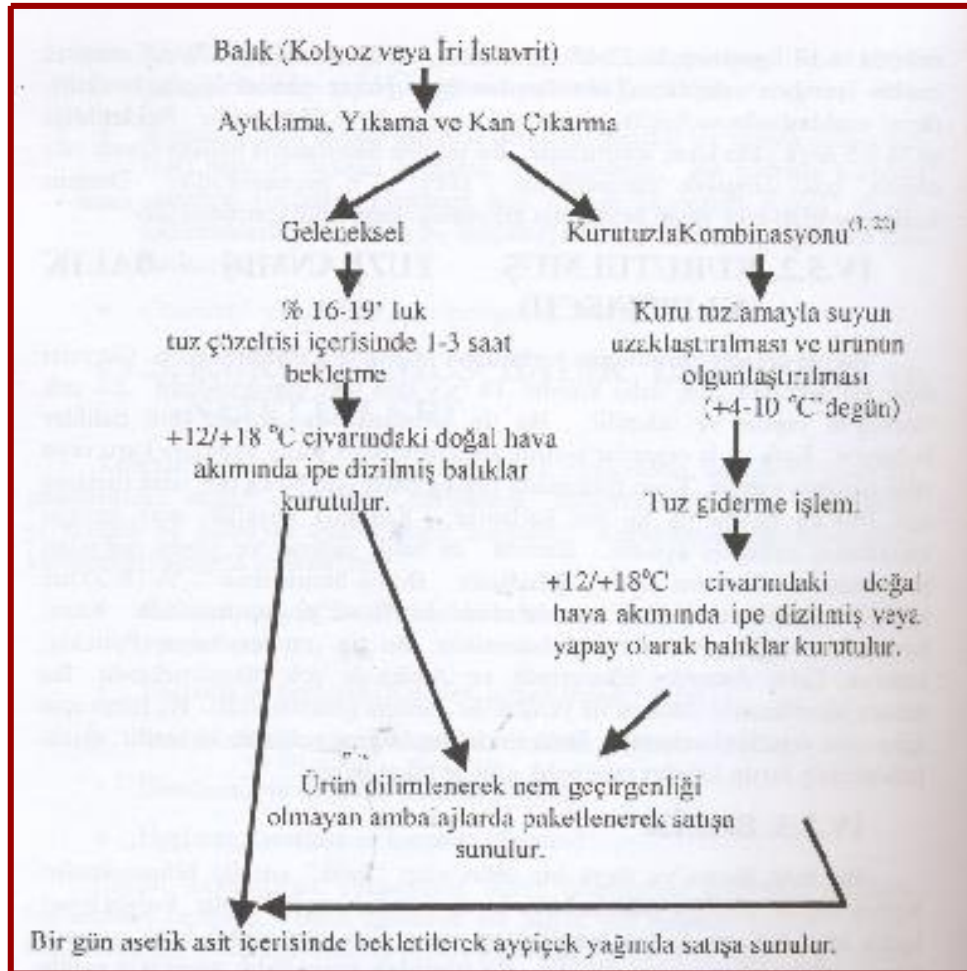
- Özellikle tuzlama işlemi yapılmamış balıklarda güvelenmeye karşı dikkatli olunmalıdır
- Yağ oranı yüksek olan kurutulmuş su ürünlerinde oksidatif bozulmadan korumak için nem ve oksijen geçirmeyen ambalaj materyeli ile vakum veya inert gaz altında ambalajlanmalıdır
- Kurutulmuş ürünlerin nem geçirgenliği olmayan uygun ambalajlarda muhafazası mikrobiyolojik gelişmenin engellenmesi açısından önemlidir
- Uygun koşullarda depolanan kurutulmuş ürünlerde mikrobiyel gelişme gözlenmez ve ürün kalitesi uzun süre stabil tutulabilir



Gıdaların depo kararlılıklarına su aktivitesinin etkisi

# Kurutulmuş bir balık ÇİROZ

- Çiroz Marmara bölgesine has bir üründür
- Genellikle doğal kurutma yöntemi ile kolyoz balığından hazırlanır
- Çiroz yapım işlemi balıkların ayıklama, yıkama, kan akıtma prosesleri sonrası geleneksel veya kuru tuzlama ile kombinasyonu olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilir
- Çiroz ürünleri tüketime; daha önce asetik asitte bekletilmemişse tüketim aşamasında 24-48 saat sirkede bekletilerek sunulur



## Çiroz yapım tekniği