

6704



**POLİPROPİLEN AMBALAJLI BİSKÜVİDE  
RAF ÖMRÜNÜN MATEMATİK-İSTATİSTİKSEL  
YOLLA BELİRLENMESİ**

**Nihal TEMUR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ  
ANA BİLİM DALI  
1989**

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

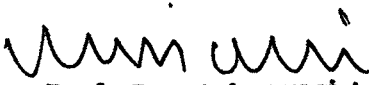
POLİPROPİLEN AMBALAJLI BİSKÜVİDE  
RAF ÖMRÜNÜN MATEMATİK-İSTATİSTİKSEL  
YOLLA BELİRLENMESİ


Nihal TEMUR

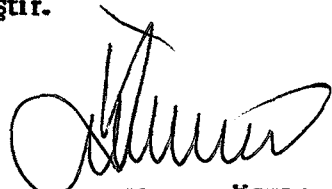
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ  
(GIDA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ)  
(ANA BİLİM DALI)

**T. C.**  
**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU**  
**Dokümantasyon Merkezi**

Bu tez 14.04.1989 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından 85 (Seksenbeş) Not  
Takdir Edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

  
Prof. Dr. Aziz EKŞİ  
(Danışman)

  
Prof. Dr. Sezgin ÜNAL

  
Doç. Dr. Hazım ÖZKAYA

1989  
ANKARA



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### POLİPROPİLEN AMBALAJLI BİSKÜVİDE RAF ÖMRÜNÜN MATEMATİK-İSTATİSTİKSEL YOLLA BELİRLENMESİ

Nihal TEMUR

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Ürünleri Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Aziz EKŞİ

1989, Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Aziz EKŞİ

Prof. Dr. Sezgin ÜNAL

Doç Dr. Hazım ÖZKAYA

35 µm. kalınlığında oryante edilmiş polipropilende (OPP) ambalajlanmış şekerli bisküvide (Petit Beurre) matematiksel-istatistiksel yöntem kullanılarak raf ömrü belirlenmiştir. Bu yöntem, gıdada kalite değişimini karakterize eden özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesine dayanmaktadır. Bisküvide kalite değişim kriteri olarak nem miktarı ve duyusal özellikler (renk, tad, koku, gevreklik) tayin edilmiştir.

Bulgulara göre raf ömrünü sınırlayan özellik birinci derecede nem miktarı, ikinci derecede koku ve tad, üçüncü derecede ise gevrekliktir. Nem kriterine bisküvide belirlenen raf ömrü 172 gündür.

**ANAHTAR KELİMELER:** Bisküvi, raf ömrü, polipropilen, matematik-istatistiksel yöntem, oksijen geçirgenliği, su buharı geçirgenliği.

**ABSTRACT  
MASTERSTHESIS**

**DETERMINATION OF SHELF-LIFE OF BISCUIT  
PACKED IN POLYPROPYLENE BY MATHEMATICAL STATISTICAL METHOD**

**Nihal TEMUR**

**Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Agricultural Product Technology**

**Supervisor: Prof.Dr. Aziz EKŞİ  
1989, Pages**

**Jury: Prof. Dr. Aziz EKŞİ  
Prof. Dr. Sezgin ÜNAL  
Assoc. Prof. Dr. Hazım ÖZKAYA**

In this thesis, shelf-life of sugared biscuit packaged in oriented polypropylene (OPP) of 35  $\mu\text{m}$  thickness is determined by mathematical-statistical method. This method is based upon determining the relationship between the properties which characterize quality changes in food. Moisture content and sensoric properties (colour, taste, odour, crispness) are determined as quality change criterion in biscuit.

According to the findings, the most important shelf-life limiting property is moisture content, second one is taste and odour and then crispness. Determined shelf-life which is based on moisture criterion is 172 days.

**KEYWORDS: Biscuit, shelf-life, polypropylene, mathematical-statistical method, oxygen permeability, water vapor permeability.**

## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminden, son aşamaya gelinceye dek değerli bilgi ve yardımlarından yararlandığım tez danışmanım Prof. Dr. Aziz EKŞİ '(Ankara Üniversitesi Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü)ye, çalışmalarım sırasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm Türk Standardları Enstitüsü Ambalaj Araştırma, Geliştirme ve Deney Merkezi Müdürü Gülden TARHAN'a(Y.Kim.Müh.), araştırmada gerekli deneyleri yapabilmem için her türlü laboratuvar imkanlarını sağlayan Türk Standardları Enstitüsü'ne, çalışmalarında değerli yardımlarını gördüğüm Türk Standardlar Enstitüsü'nde çalışan arkadaşlarıma, ayrıca Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı öğretim elemanlarına içtenlikle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMEL VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOD.....	26
3.1. Materyal .....	26
3.2. Metod.....	26
3.2.1. Nem Tayini.....	26
3.2.2. Şeker Tayini.....	27
3.2.3. Protein Tayini.....	27
3.2.4. Yağ Tayini.....	27
3.2.5. Kül Tayini.....	27
3.2.6. Tuz Tayini.....	27
3.2.7. Duyusal Analiz.....	27
3.2.8. Su Buharı Geçirgenliği Tayini.....	28
3.2.9. Oksijen Geçirgenliği Tayini.....	29
3.2.10. Raf Ömrünün Hesaplanması.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	31
4.1. Bisküvinin Kimyasal Bileşimi ve Ambalaj Malzemesinin Geçirgenlik Özellikleri.....	31
4.2. Depolama Süresi ve Sıcaklığına Bağlı Olarak Bisküvi Özelliklerindeki Değişme- ler .....	32
4.3. Bisküvide Matematik-İstatistiksel Yolla Hesaplanan Raf Ömrü .....	33
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR.....	52
EK-1.....	57

## TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Petit-Beurre Tipi Yerli Bisküvinin Kimyasal Bileşimi.....	5
Tablo 2.2. Gıdaların Raf Ömrü Deneylerinde Tavsiye Edilen Depolama Sıcaklıkları.....	14
Tablo 2.3. 2 um Kalınlığında Oryante PP'nin Teknik Özellikleri.....	25
Tablo 3.1. Duyusal Analizde Kullanılan Puanlandırma Şeması.....	26
Tablo 4.1. Bisküvinin (Petit Beurre) Kimyasal Bileşimi.....	31
Tablo 4.2. Ambalajlamada Kullanılan OPP Filmin Geçirgenlik Değerleri.....	32
Tablo 4.3. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Rutubet Miktarındaki (%) Değişme (20°C, % 55 RH).....	35
Tablo 4.4. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Rutubet Miktarındaki (%) Değişme (40°C, % 55 RH).....	35
Tablo 4.5. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Renk Puanındaki Değişme (20°C, % 55 RH).....	36
Tablo 4.6. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Renk Puanındaki Değişme.... (40°C, % 55 RH).....	36

Tablo 4.7. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Tat Puanındaki Değişme (20°C, % 55 RH).....	37
Tablo 4.8. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Tat Puanındaki Değişme (40°C, % 55 RH).....	37
Tablo 4.9. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Koku Puanındaki Değişme (20°C, % 55 RH).....	38
Tablo 4.10. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Koku Puanındaki Değişme (40°C, % 55 RH).....	38
Tablo 4.11. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Gevreklik Puanındaki Değişme (20°C, % 55 RH).....	39
Tablo 4.12. Depolama Süresine Bağlı Olarak Bisküvide Gevreklik Puanındaki Değişme (40°C, % 55 RH).....	39
Tablo 4.13. Rutubet Miktarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü..... (20°C, % 55 RH).....	40
Tablo 4.14. Rutubet Miktarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (40°C, % 55 RH).....	40
Tablo 4.15. Renk Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (20°C, % 55 RH).....	42
Tablo 4.16. Renk Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (40°C, % 55 RH).....	42



Tablo 4.17. Tat Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(20°C, % 55 RH).....	44
Tablo 4.18. Tat Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(40°C, % 55 RH).....	44
Tablo 4.19. Koku Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(20°C, % 55 RH).....	46
Tablo 4.20. Koku Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(40°C, % 55 RH).....	46
Tablo 4.21. Gevreklik Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(20°C, % 55 RH).....	48
Tablo 4.22. Gevreklik Puanlarına Bağlı Olarak	
Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü	
(40°C, % 55 RH).....	48
Tablo 4.23. Değişik Özelliklere Göre Hesaplanan	
Raf Ömrü Değerleri.....	50

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Bisküvinin Üretim Şeması.....	6
Şekil 2.2. Neme Göre Gıda Grupları.....	7
Şekil 2.3. Raf Ömrü Açısından Toplam Sistem.....	10
Şekil 2.4. Farklı Su Aktivitelerinde Düşük Asitli Bir Gıdanın Denge Nem Miktarları.....	11
Şekil 2.5. Ambalajlama İçin Plastik Film Seçimi.....	13
Şekil 2.6. Bisküvi İçin Pencere Modeli.....	13
Şekil 2.7. Farklı Plastik Filmlerin Sıcaklığa Bağlı Olarak Su Buharı Geçirgenlikleri.....	14
Şekil 2.8. Farklı Ambalaj Malzemelerinin Sıcaklığa Bağlı Olarak Oksijen Geçirgenlikleri.....	15
Şekil 2.9. Sıcaklığa Bağlı Olarak PP Filmin Su Buharı Ve Gaz Geçirgenlik Sabitlerinin Değişimleri.	23
Şekil 4.1. Rutubet Miktarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (20°C, % 55 RH).....	41
Şekil 4.2. Rutubet Miktarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (40°C, % 55 RH).....	41
Şekil 4.3. Renk Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (20°C, % 55 RH).....	43
Şekil 4.4. Renk Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü(40°C, % 55 RH).....	43
Şekil 4.5. Tad Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü(20°C, % 55 RH).....	45
Şekil 4.6. Tad Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü(40°C, % 55 RH).....	45

Şekil 4.7. Koku Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü(20°C, % 55 RH).....	47
Şekil 4.8. Koku Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü(40°C, % 55 RH).....	47
Şekil 4.9. Gevreklik Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü (20°C,% 55 RH).....	49
Şekil 4.10.Gevreklik Puanlarına Bağlı Olarak Bisküvinin Hesaplanan Raf Ömrü.....	49



## SİMGELER

$a_w$	Su aktivitesi
PP	Polipropilen
OPP	Oryante polipropilen
RH	Bağıl nem
S	Standard sapma
S.H(A)	A değerinin standard hatası
S.H(B)	B değerinin standard hatası
S.H( $\bar{y}$ )	$\bar{y}$ değerinin standard hatası
S.D	Serbestlik derecesi
G.L	Güvenilirlik limiti
$S_{n-1}$	Örneğin standard sapması
$S_n$	Popülasyonun standard sapması

## 1. GİRİŞ

Kısaca bir ürünün satış özelliğini koruduğu süre olarak tanımlanan raf ömrü (Heiss 1980), son yıllarda özellikle gıda muhafaza açısından önem kazanan konulardan birisidir (Labuza 1982). Bunun nedeni, tüketicinin korunması açısından her gıda için beklenen raf ömrünün üretici firma tarafından deklare edilme zorunluluğudur (Anonymous 1984 a).

Bu durumda, kullanılan ambalaj ve içindeki gıdanın özelliğine göre raf ömrünün doğru olarak belirlenmesi ve belirlenen süre, beklenen süreden daha kısa ise ambalaj ve ürün formülasyonunda değişiklik yapılması gerekmektedir.

Bisküvi, hem yurt içinde tüketimi fazla olan ve hem de ihracatı söz konusu olan gıdalardan birisidir. Türkiye'de bisküvi sanayii son yıllarda gelişme göstermiş, tüketime sunulan çeşit fazlalığı yanında, özellikle modern teknoloji ve bilimsel yöntemler uygulayan belirli firmalarca kalite düzeyinin yükseltilmesi sonucu bisküvi herkesce aranan bir gıda maddesi olmuştur (Anonymous 1987 b).

Bisküvi sektöründe 1983 yılına göre toplam üretim kapasitesi 180 bin ton olup, 1986 yılında 280.000 tona ulaşmıştır. Toplam fabrika sayısı 26'dır. Bunlardan 4 adedi büyük, 10 adedi orta ve 12 adedi küçük kapasiteli işletmedir. 1983 yılında 11.140 ton olan bisküvi ihracatı, 1986 yılında 12500 tona ulaşmıştır (Anonymous 1987 b). Ambalajlama açısından bisküvi, öncelikle, neme duyarlı olan kuru gıdalar arasında yer almaktadır (Anonymous 1984 b, Ekşi ve Tarhan 1986). Ülkemizde daha çok polipropilen (PP) filmde ambalajlanmaktadır. Genel olarak bisküvinin kimyasal bileşimi bilinmekle (Özkaya vd. -1984) ve bisküvi için beklenen raf ömrü 180-210 gün ola-

rak verilmekle birlikte (Smith 1972), bisküvinin bu malzeme ile raf ömrü konusunda yapılmış herhangi bir araştırma bulunmamaktadır.

Bu nedenle, en çok tüketilen bisküvi çeşidinde (şekerli), en yaygın olarak kullanılan malzeme (PP) ile ambalajlandığı zaman beklenen raf ömrünün belirlenmesi, raf ömrünün mevcut koşullarda doğru deklarasyonuna olanak sağlanması ve ambalaj malzemesinin beklenen raf ömrü için uygunluğunun irdelenmesi açısından önem taşımaktadır.

Konu, ambalajlı bisküvinin iki ayrı koşulda depolanması, belirli aralıklarda duyuşal analiz ve nem miktarı tayini yapılması ve bulguların matematik-istatistiksel yöntemle değerlendirilmesi ile araştırılmış bulunmaktadır.

## 2. KURAMSAL TEMEL VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bisküvi, unun içine kabarmayı sağlayıcı maddeler, şeker, tuz, yağ ve gıda maddeleri ile ilgili Tüzükte izin verilen diğer maddelerden biri veya birkaçı katıldıktan sonra su ile yoğrularak tekniğine uygun bir biçimde işlenmesi, şekil verilmesi ve pişirilmesi sonucunda elde olunan bir gıda maddesi olarak tanımlanmaktadır. Bisküvi, içindeki tuz ve şeker oranına göre tuzlu, şekerli ve tuzlu-şekerli olmak üzere çeşitlere; katkı maddesi konulup konulmadığına (hamura, arasına ve üstüne) göre de sade (katkısız) ve katkı maddeli olmak üzere tiplere ayrılmaktadır (Anonymous 1976).

Bisküvi hamuru rulo haline getirilmekte; istenilen şekilde kesilerek pişirilmekte ve ambalajlanmaktadır (Şekil-2.1). Hamurun bileşimi ve kullanılan unun tipi, bisküvinin yumuşaklığını veya sertliğini belirlemektedir (Sacharow ve Griffin 1980).

Bisküvi; gevrek, bir örnek yapı ve görünüşte, kendine özgü renk, tad ve kokuda olmalı, yabancı tad ve koku bulunmamalı, boyanmış, kirlenmiş, acımış, sabunlaşmış, küflü, kurtlu, böcek ve zararlılarca yenik olmamalıdır. Bisküvide nem miktarı için öngörülen maksimal limit kütlece % 6 dır (Anonymous 1976, Anonymous 1952). En uygun kabul edilen rutubet miktarı ise % 2.5 - % 4.5 arasındadır (Caims, Oswin ve Paine 1974).

Bisküvinin birincil özelliği bağıl neminin çok düşük olmasıdır ve nem absorpsiyonunun, önlenmesi için yüksek bir nem engeli gerekmektedir (Sacharow ve Griffin 1980). Nem miktarı yükseldiğinde gevrekliğini yitirerek yumuşamaktadır.

Katkı maddesi kompozisyonu farklı olsa bile, çoğu bisküvi çeşidi ve tipi aynı zamanda yağ içerdiğinden (Tablo-2.1) oksijene karşı da duyarlıdır (Palling 1980). Işık, renk solmasına veya yağ oksidasyonuna neden olmaktadır. Meyveli bisküvide küflenme, fındıklı bisküvide ise acılaşıma meydana gelebilmektedir (Sacharow ve Griffin 1980).

Klimatik etkilere karşı duyarlı gıdalarda depolama sırasında kalite kayıpları biyolojik ve abiyotik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Biyolojik bozulma tipleri; besin elementlerinin azalması, aroma, renk ve tekstürel özelliklerin değişmesi ve fonksiyonel özelliklerin (kabartma gücü, sineresis vb.) etkilenmesidir (Ekşi 1986). Abiyotik bozulma ise fiziksel ve kimyasal değişimlerden kaynaklanmaktadır. Şeker ve proteinler arasındaki tepkime (Maillard tepkimesi) hidrolitik parçalanma, lipit oksidasyonu, kuruma, şişme, çözünme gibi fiziksel değişiklikler abiyotik bozulma örnekleridir. Bu bozulmaların bazıları yalnızca uygun gıda muhafaza yöntemi ve ambalajlama ile önlenmektedir. Ancak istenilen raf ömrüne ulaşabilmek için genellikle sıcaklığın kontrol edilmesi gerekmektedir (Paine ve Paine 1983).

Su, gıdaların çoğunda ağırlıkça en fazla bulunan bileşendir ve muhafaza amacıyla ya da özelliklerin değiştirilmesi açısından proses sırasında gıdadaki su oranı düşürülse bile önemini korumaktadır. Bu nedenle su, gıda kalitesi üzerinde birçok açıdan önemli rol oynamakta ve içerdikleri su miktarına göre gıdalar kuru, orta nemli ve yaş olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmaktadır (Paine ve Paine 1983).

Nem kazanma veya kaybetmenin neden olduğu başlıca değişiklikler fiziksel, mikrobiyolojik veya kimyasaldır. Fiziksel değişiklikler, kristal yapıdaki gıdaların ıslanması ve ardından kurummasının neden olduğu sertleşme veya kekleşme yada

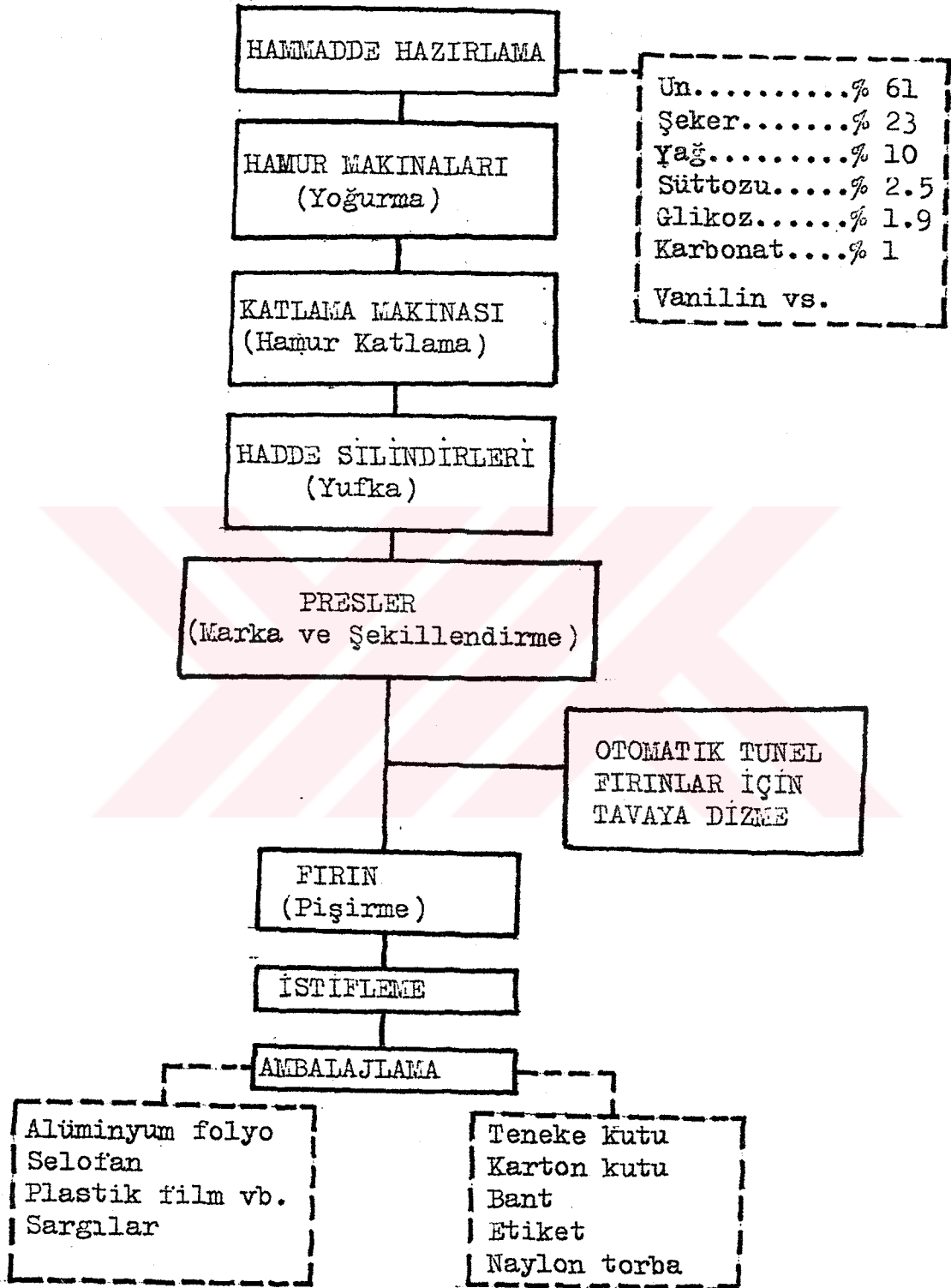


bisküvide olduğu gibi nem kazanma neticesinde meydana gelen gevreklik kaybıdır. Mikrobiyolojik değişiklikler, gıdanın nem miktarı kritik seviyenin üzerine çıktığında veya herhangi bir noktada ambalaj içerisinde oluşan su kondensasyonundan kaynaklanan küf veya bakteri gelişmesidir. Kimyasal değişiklikler, yalnızca nemin varlığında meydana gelmektedir ve çok yavaştır. Şekerler ve proteinler arasındaki reaksiyonlar veya enzimlerin katalize ettiği reaksiyonlar bunların başlıca örneğidir (Paine ve Paine 1983).

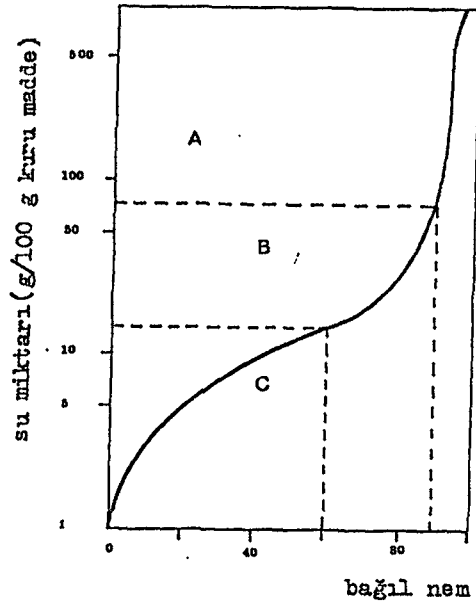
Bir gıdanın nem miktarı, sabit sıcaklıkta bağıl denge nemine veya su aktivitesine karşılık çizildiğinde elde edilen eğriye (Şekil 2.2) sorbsiyon izotermi denir (Duckworth 1975). Bir gıda maddesinin su aktivite değeri ( $a_w$ ), havanın denge bağıl neminin 100 e oranıdır. Başka bir tanıma göre su aktivitesi, gıdadaki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır (Pala ve Saygı 1983).

TABLO 2.1. Petit-beurre tipi yerli bisküvinin kimyasal bileşimi  
n = 3 (Özkaya vd. 1984).

Özellik	Minimum	Maksimum	Ortalama
Rutubet, %	3.4	3.7	3.6
Kül, %	0.53	0.91	0.68
Protein, %	6.4	7.3	7.0
H.Selüloz, %	0.25	0.96	0.64
Tuz, %	0.18	0.59	0.33
Yağ, %	3.5	12.7	7.6
Tiamin, µg/g	0.50	1.54	0.90
Riboflavin, µg/g	0.41	0.85	0.61
Fe, ppm	15.6	23.8	20.4
Cu, ppm	2.4	3.6	2.9
Zn, ppm	5.2	10.7	7.2
Mn, ppm	6.5	11.4	9.4
Mg, %	0.022	0.044	0.030
P, %	0.082	0.162	0.116
Ca, %	0.027	0.112	0.057



ŞEKİL 2.1 - Bisküvi üretiminde başlıca işlem basamakları  
(ANONYMOUS 1977).



Şekil 2.2. Neme göre gıda grupları (Paine ve Paine 1983).

- A : yüksek nemli gıdalar
- B : orta nemli gıdalar
- C : düşük nemli gıdalar

Değişik gıdalar için sorpsiyon izotermeleri, hem eğri- nin biçimi hem de her bağıl nemde mevcut su miktarı bakımın- dan farklılık gösterir. Herhangi bir gıdanın bağıl nemi suda çözünebilen bileşiklerin ve kolloidle- rin bulunup bulunmadığına bağlıdır. Gıdadaki suda çözünen maddeler serbest su miktarını düşürerek su buharı basıncını azaltır. Şeker bakımından zengin olan gıdaların, düşük bağıl nemlerdeki nem miktarları da düşüktür. Ancak bağıl nem belir- li bir değerin üzerine çıkınca nem miktarı dik olarak yükse- lir ve artmaya devam eder (Paine ve Paine 1983).

Bir gıdanın belirli bir  $a_w$  değerine kadar kurutulmasıyla elde edilen desorpsiyon eğrisi ile yine aynı  $a_w$  değerine kadar nemlendirilmesiyle elde edilen adsorpsiyon eğrisi ara- sında fark vardır. Bu olaya histerisis adı verilmektedir (Yiğit 1986) ve çoğu gıda bu özelliği göstermektedir. Bu olgu esas olarak suyun kılcallarda kondense olma etkisin- den kaynaklanmaktadır (Deman 1980).

Bisküvi gibi kuru gıdalar, atmosferik koşullarda suyu tekrar absorbe etme özelliğindedir. Bu tip gıdalar higroskopik olarak adlandırılır (Caims vd. 1974). Higroskopik gıda kapalı bir ortamda ise, dengeye ulaşıncaya kadar atmosferden gıdaya veya gıdadan atmosfere su transferi sözkonusudur. Açık bir ortamda ise gıdadaki son su miktarı, atmosferin bağıl nemiyile belirlenmektedir (Paine ve Paine 1983).

Genellikle gıdanın korunma derecesini belirlemek için gerekli bütün bilgiyi veren nem izotermleri sigmoid tipi veya S-şekillidir (Paine ve Paine 1983).

Ambalajlama, gıda teknolojisinin önemli ve ayrılmaz bir parçasıdır. Değişen derecelerde mikrobiyolojik, nedenlerle atmosfer şartlarından veya doldurma-boğaltma işleminden dolayı bozulan gıdalar için ambalajlama, gıdanın tüketiciye kabul edilebilir ve güvenli bir şekilde ulaşabilmesini sağlamaktadır. Bunlara ek olarak ambalajlama, artıkları, kayıpları ve sızıntıları minimize ederek gıdaların tüketimini ve dağıtımını kolaylaştırmaktadır. (Srivatsa, vd. 1986 )

Gıdanın duyarlık durumu ve malzemenin geçirgenlik özellikleri bilinmeden teknik ve ekonomik açıdan yeterli bir ambalajdan söz edilemez. Yani ambalajda engel özellikleri ve düzeyi gıdanın duyarlılık durumuna göre yönlendirilmektedir (Ekşi 1986).

Raf ömrü, belirlenen depolama şartlarında ambalajlı ürünün özelliklerinin satılabilir veya kabul edilebilir durumda kaldığı süredir (Anonymous 1985 b ve gıdanın hem duyuşsal özellikleriyle ve hem de bileşimiyle ilgilidir (Charalambous 1986)

ve Dünya Sağlık Teşkilatı (W.H.O) tarafından 1969'da ambalajlı gıdaların etiketlenmesiyle ilgili olarak tavsiye niteliğinde genel bir standart yayınlanmış bulunmaktadır. Bu standarda raf ömrüyle ilgili olarak belirtilen hususlardan bazıları şunlardır (Charalambus 1986).

1- Son Satış Tarihi : Ürünün satıldıktan sonra evde de belirli bir muhafaza süresine dayanabilmesi gereken tarihtir.

2- Minimum Dayanma Süresi : Ürünün belirtilen depolama şartları altında tamamen pazarlanabilir halde kaldığı ve beyan edilmiş bütün özelliklerini koruyarak dayanabildiği sürenin sonudur. Bununla birlikte gıda bu tarihten sonra da hala tamamen uygun durumda olabilmektedir.

3- Önerilen Son Tüketim Tarihi : Belirlenen depolama şartları altında mamulün muhtemelen tüketicinin beklediği normal kalite özelliklerine sahip olamayacağı tahmin edilen sürenin sonunu belirleyen tarihtir. Bu tarihten sonra gıda pazarlanabilir olarak kabul edilemez.

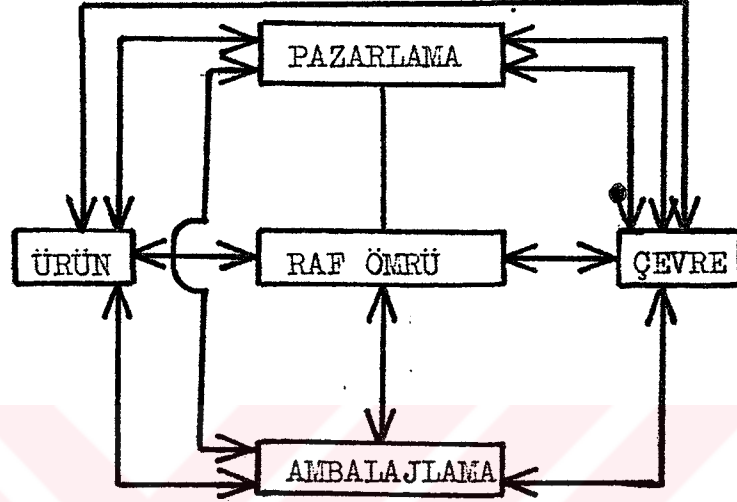
Ortak Pazar'da gıdaların raf ömürlerinin etiketlerde gösterilmeleriyle ilgili olarak bir Konsey Direktifi bulunmaktadır(Charalambous 1986).

Ülkemiz'de de bu konuyla ilgili olarak TS 4331 sayılı standard yayınlanmış ve zorunlu yürürlüğe girmiştir (Anonymous 1984 a).

Muhtemel iklimatik şartlarda beklenen raf ömrünün sağlanması, gıda ambalajlamanın temel kuralıdır(Ekşi 1986).

Bir mamulün tüketiciye kullanılabilir sağlığa zarar vermeyecek şekilde iletilebilmesi, bir başka deyişle son kullanım tarihi veya dayanma süresinin belirlenmesi tüketici

kadar üretici ve pazarlamacı içinde önemli bir konudur. Gıda maddesini istenilen biçimde koruyabilecek ambalaj, ambalajlama ile tüketim arasındaki değişik süreleri kapsayan karmaşık dağıtım sistemini ayakta tutabilecek nitelikte olmalıdır (Şekil 2.3).



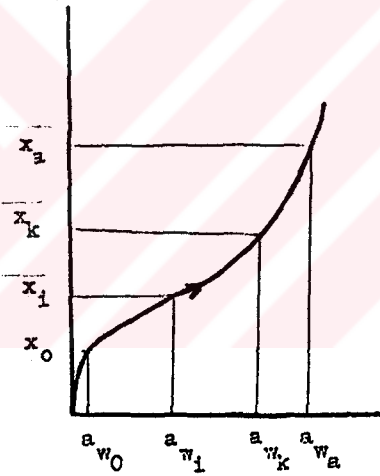
Şekil 2.3. Raf Ömrü Açısından Toplam Sistem (Anonymous 1985 c)

Raf ömrünü etkileyen başlıca faktörler, ürünün özellikleri, ambalaj malzemesinin özellikleri, ambalajın şekli, depolama ve dağıtım koşulları, hizmet verilen pazar ve maliyettir. Raf ömrünü uzatmak için ise iki temel yol vardır. Birincisi, ambalajlama da dahil muhafaza teknolojisinin geliştirilmesi, ikincisi sıcaklık, bağıl nem, ışık gibi depolama ve taşıma parametrelerinin optimizasyonudur (Anonymous 1985 c).

Su miktarı ile raf ömrü arasındaki ilişkiyi konu alan araştırmalar, 1 ve 2 yıllık raf ömrü için izin verilebilir nem miktarının oldukça farklı olduğunu göstermektedir. Su buharı geçiren malzemede ambalajlanmış gıdada raf ömrünün hesaplanması için, depolama sırasında gıda tarafından kazanılan su buharı miktarının öncelikle göz önüne alınması gerekmektedir. Bunun azaltılabilmesi için ise, ambalaj malzeme-

sinin su buharına karşı difüzyon direncinin, ambalajlı gıda içindeki difüzyon direncinden daha yüksek olması zorunludur. Böylece su buharının taşınma hızı, ambalaj malzemesinin su buharı geçirgenliği tarafından sınırlanmaktadır(Mathlouthi 1986).

Bu açıklamalar doğrultusunda, neme duyarlı ambalajlı gıdanın raf ömrü  $t$ (gün) ambalajın su buharı geçirgenliği  $P_w$ (g/gün), başlangıç ve kritik su aktiviteleri ile ambalajlı gıdanın nem miktarı bilinerek hesaplanabilmektedir. Bu veriler sorpsiyon izoterminden (Şekil 2.4) türetilmektedir (Mathlouthi 1986).



Şekil 2.4. Farklı su aktivitelerinde düşük asitli bir gıdanın denge nem miktarları (x) (Mathlouthi 1986).

$a_{w0}$  = başlangıçtaki su aktivitesi,

$a_{wi}$  = depolama süresine bağlı olarak depolama sırasındaki su aktivitesi,

$a_{wk}$  = kritik su aktivitesi,

$a_{wa}$  = dış ortamın su aktivitesi

Sorpsiyon izotermi üzerinde (Şekil 2.4),  $a_{w_0}$  ve  $a_{w_k}$  arasında yaklaşık bir düz çizgi çizilerek raf ömrünün aşağıdaki denklemden hesaplanabilmesi mümkündür (Heiss 1980, Heiss ve Eicher 1984) :

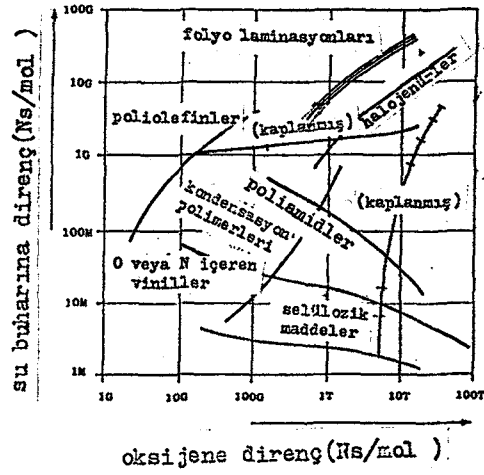
$$t = \frac{m_D \Delta a'_w}{100 P_w} \left( \frac{x_k - x_0}{a_{w_k} - a_{w_0}} \right) 2.303 \log \left( \frac{a_{w_a} - a_{w_0}}{a_{w_a} - a_{w_k}} \right)$$

Burada ; ( $m_D$ ), ambalajlı gıdanın kuru ağırlığı (g); (P), ambalajın su buharı geçirgenliği (g/gün); ( $\Delta a_w$ ),  $P_w$ 'nin tayini için deney koşulları altında su aktivitesi farkı; ( $x_0$ ), ambalajlı gıdanın başlangıçtaki su miktarı ve ( $x_k$ ), ambalajlı gıdanın kritik su miktarıdır.

Sıcaklıktaki sapmalar, ambalajın iç duvarında su buharı kondensasyonuna neden olabilmektedir. Bunun sonucunda mikroorganizmalar gelişebilmekte veya su aktivitesinin yöresel artması neticesinde istenmeyen fiziksel veya kimyasal değişimler meydana gelebilmektedir ve bunun sonucunda raf ömrü büyük ölçüde kısalmaktadır (Mathlouthi 1986).

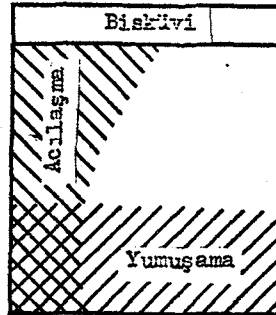
Düşük nemli gıdaların oksijen ve subuharına spesifik duyarlılık ve tolerans değerleri bilinirse, beklenen süre içerisinde kaliteyi korumak için uygun ambalaj seçilebilir. Bu sebeple, ambalajların su buharı ve oksijen geçirgenliklerine göre iki boyutlu olarak değerlendirilmesi gereklidir (Şekil 2.5).





Şekil 2.5 Ambalajlama için plastik film seçimi, 25  $\mu$ m lik filmin engelleme özellikleri (Paine ve Paine 1983 ).

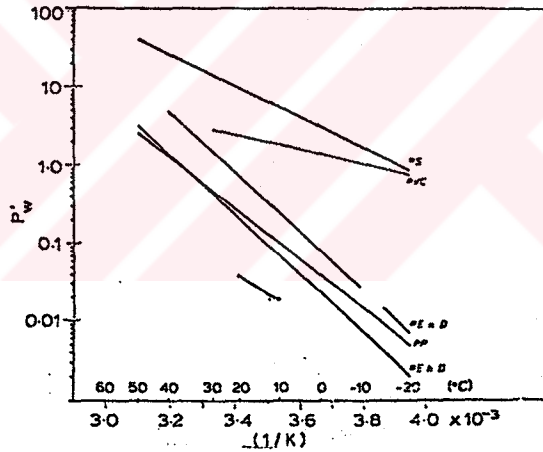
Laminasyonlar ve kaplama filmler haricinde, direnç yaklaşık olarak kalınlıkla doğru orantılıdır. Eldeki bilgiler kullanılarak (Şekil 2.4), su buharına dirençleri çok düşük olanlar veya oksijene dirençleri çok düşük olanlar elimine edilerek, bir "pencere" meydana getirilebilmektedir. Genelleştirme çok hassas olmamakla birlikte malzeme seçiminde önemli bir yardımcıdır (Şekil 2.6). Modelde sıcaklık göz ardı edilmiştir; ancak potansiyel gradientini etkileyen faktörler arasında sıcaklık, direnç ve bozulma hızı da bulunmaktadır (Paine ve Paine 1983).



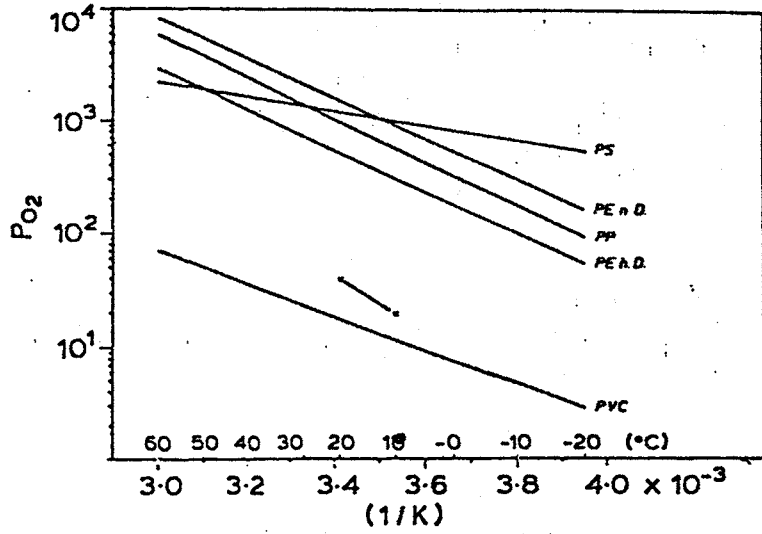
Şekil 2.6. Bisküvi için pencere modeli (Paine ve Paine 1983).

Farklı ambalaj malzemelerinin su buharı geçirgenlikleri, bir Arrhenius diyagramı üzerinde zamanın fonksiyonu olarak çizilmiştir (Şekil 2.7). Su buharı geçirgenlikleri sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle sıcaklıktaki bir artış, ambalaj malzemesinin geçirgenliğini artıracığından ambalajlı gıdanın su buharı almasını hızlandırdığı kadar raf ömründe de bir kısalma-ya sebep olur. Ayrıca sıcaklıktaki artış, gıdanın  $a_w$  değerini artırmakta; çevrenin  $a_w$  değerini ise azaltmaktadır (Mathlouthi 1986).

Düşük nemli ve oksijene çok duyarlı gıdaların ambalajlanmalarında yalın film yetersiz kalmaktadır (şekil 2.8). Bu nedenle çok katlı film kombinasyonları kullanılmaktadır(Mathlouthi 1986).



Şekil 2.7 . Farklı plastik filmlerin sıcaklığa bağlı olarak su buharı geçirgenlikleri (Mathlouthi 1986). ( $P_w'$  (g/m<sup>2</sup> gün) = su buharı geçirgenliği (kalınlık 100  $\mu$ m)).



Şekil 2.8. Farklı ambalaj malzemelerinin sıcaklığa bağlı olarak oksijen geçirgenlikleri (Mathlouthi 1986). ( $P_{O_2}(\text{Ncm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün bar}) = \text{oksijen geçirgenliği (kalınlık } 100 \mu\text{m})$ ).

Raf ömrü deneylerinde çeşitli gıdalar için tavsiye edilen sıcaklıkların kullanılması problemleri minimize etmektedir (Tablo 2.2 ).

Tablo 2.2 . Gıdaların Raf Ömrü Tayinlerinde Tavsiye Edilen Depolama sıcaklıkları (Labuza ve Schmidl 1985).

Dondurulmuş Gıdalar	Kuru ve Orta Derecede Nemli Gıdalar	Isıl İşlem Uygulanmış Gıdalar
- 40°C(Kontrol)	0°C(Kontrol)	5°C(Kontrol)
- 15°C	23°C(Oda sıcaklığı)	23°C(Oda sıcaklığı)
- 10°C	30°C	30°C
- 5°C	35°C	35°C
	40°C	40°C
	45°C	

Gıdalarda raf ömrü belirleme çalışmalarında, matematik istatistiksel yöntem ve tahmin yöntemi olmak üzere başlıca iki yol izlenmektedir. Tahmin yöntemleri, hızlandırılmış deney ve simülasyon modeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. ( Anonymous 1985 c).

(1) Matematik- İstatistiksel Yöntem : Bu yöntemin prensibi, farklı ambalajlarda ve/veya farklı depolama şartlarında depolanan aynı ürünün karakteristik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin, depolama süresinin bir fonksiyonu olarak tayin edilmesidir. Gıdanın cinsine bağlı olarak, biyolojik değeri belirleyen özellikler (protein, yağ, vitamin miktarı vb.) kimyasal ve fiziksel özellikler (kıvam, pH değeri, su miktarı, renk), mikrobiyolojik durum ve duyuşal özellikler ( görünüş, koku, tad, renk) de meydana gelen değişimler belirlenmektedir (Anonymous 1986 b, Varsanyi 1986).

Değişikliklerin tipini ve miktarını belirlemek için, bağımsız değişken olarak depolama süresi ile kalite değişimlerini karakterize edecek özellikler arasındaki tahmini ilişkiler araştırılmaktadır. Bu sebeple gıda kalitesini karakterize etmek için en çabuk değişen önemli bir özellik matematik-istatistiksel metodla seçilmekte; ambalajlama ve depolama sabit kabul edilerek bu özellik belirlenmektedir. Seçilen bu özellik kritik kabul edilerek, ölçülen değerler zamanın bir fonksiyonu olarak formüle edilmektedir.

Değişik gıdalar ve gıda gruplarının kalite değişimlerini zamana göre açıklayan bağıntıların analiz edilmesi için kullanılan başlıca modeller aşağıdaki gibidir:

Lineer Model	: $y = a+bx_2$
İkinci Derece Model	: $y = a+bx^2$
Hiperbolik Model	: $y = \frac{ax}{a+bx}$
Üslü Model	: $y = ae^{-bx_2}$
Sigmoid Model	: $y = \frac{ae^{-bx}}{1+e^{-bx}}$

Burada; (y), kalite değeri ;(x), depolama süresi;(a), regresyon sabiti; (b), regresyon katsayısıdır ve kalite değışme hızını karakterize etmektedir.

Model güvenilirliği, gerektiğinde transformasyon kullanılarak varyans hatasıyla hesaplanmaktadır.

$$S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}_i)^2}{n-2}$$

Burada; ( $S_y^2$ ), varyans değeri; ( $Y_i$ ), "i" zamanında ölçülen karakteristik kalite değeri; ( $\bar{Y}_i$ ) "i" zamanındaki tahmini hesaplanan kalite değeri ve (n), ölçüm sayısıdır.

Raf ömrünü etkileyen faktörler, Matematik-İstatistiksel analiz metodlarıyla güvenilir bir şekilde belirlenebilmektedir. Raf ömrü açısından regresyon sabitini (a) etkileyen faktörler; hammadde kalitesi ve ambalajlı ürünün kalitesini etkileyen muhafaza tekniğinin uygulanmasından gelen toplam etkilerdir. Hammadde kalitesindeki farklar ne kadar az ise, raf ömrü o kadar uzundur.

Regresyon katsayısı (b)'yi etkileyen faktörler; ürünün hijyen durumu (mikroorganizma yükündeki değışme), gıdanın oksidasyon ve diğer etkilerle (ışık gibi) renginin değışmesi, kıvam (su miktarı) ve tad değışmesi (enzimatik reaksiyonlardır (Varsanyi 1986).

Bu yöntemle kalite değışim mekanizmasının belirlenmesindeki güvenilirlik % 90 dır ve kesin raf ömrü beyanında kullanılır. Ancak bu tayin metodu uzun süre aldığı, çok eleman gerektirdiği ve pahalıya mal olduğu için tahmin yöntemleri geliştirilmiştir (Varsanyi 1986).

(2) Tahmin Yöntemleri : Uzun süreli depolama yönteminin yerini doldurmamakla birlikte, kullanılması muhtemel ambalaj sisteminin kısa sürede değerlendirilmesinde, mevcut bir ürünün formülasyonu veya ambalajın modifiye edilmesinde ve belirli bir raf ömrü tayini için engelleme özelliklerinin tespitinde kullanılmaktadır (Tarhan 1987).

2.1. Hızlandırılmış deneyler : Hızlandırılmış raf ömrü tayin deneylerinde, öncelikle, söz konusu ürünün ömrünü sınırlandıran bozulma şekilleri tahmin edilmektedir. Bu tahmin yapılırken, literatürden, benzer ürünlerle ilgili verilerden, hammadde ile ilgili bilgilerden ve şikayet dosyalarından faydalanılmaktadır. Arrhenius modeli veya  $Q_{10}$  modeli kullanılarak, ambalajlı ürün yüksek sıcaklıkta denenmekte, bulunan sonuçtan yararlanılarak, ürünün dağıtım sırasında bulunacağı düşük sıcaklıktaki raf ömrü tahmin edilmektedir.  $Q_{10}$  değeri, aynı ürün ve ambalaj için, birbirinden  $10^{\circ}\text{C}$  farklı olan iki ayrı sıcaklıktaki raf ömrü değerlerinin birbirine oranı olarak tarif edilmektedir (Labuza ve Schmidly 1985).

$$\begin{aligned} \text{Hızlandırıcı faktör}(Q_{10}) &= \frac{(T+10)\text{sıcaklığındaki hız}}{T \text{ sıcaklığındaki hız}} \\ &= \frac{T \text{ sıcaklık derecesindeki raf ömrü}}{(T+10)\text{sıcaklık derecesindeki raf ömrü}} \\ &= \frac{\theta_s(T)}{\theta_s(T+10)} \end{aligned}$$

Burada, (T), sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve ( $\theta_s$ ) belirtilen sıcaklıklardaki raf ömrüdür.

Sıcaklık farkı ( $\Delta$ ),  $10^{\circ}\text{C}$ 'den farklı olduğu zaman :

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{e_s(T_1)}{e_s(T_2)}$$

dir.

Genellikle  $Q_{10}$  değeri bilinmez, bu nedenle matematiksel bağıntısının kurulması gerekir. Gıdaların bozulma reaksiyonlarının çoğu sıfırinci veya birinci derecedendir (Labuza 1982 ).

$$k_1 = A e^{-Ea/RT_1}$$
$$k_2 = A e^{-Ea/RT_2}$$
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{A e^{-Ea/RT_1}}{A e^{-Ea/RT_2}}$$
$$\frac{k_1}{k_2} = e^{\frac{Ea}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$
$$\frac{k_1}{k_2} = e^{\frac{Ea}{R} \left( \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \right)}$$
$$T_1 - T_2 = 10^{\circ}\text{C} \quad Q_{10} = \frac{k_1}{k_2} = e^{\frac{10Ea}{2.3 \cdot T_1 \cdot T_2}} = e^{\frac{5Ea}{T_1 \cdot T_2}}$$
$$Q_{10} = 10^{\frac{5Ea}{2.3 \cdot T_1 \cdot T_2}}$$
$$Q_{10} = 10^{\frac{2.2Ea}{T_1 \cdot T_2}}$$

Burada; (T), mutlak sıcaklık ( $^{\circ}\text{K}$ ) ve (Ea), aktivasyon enerjisidir.

Q değerinin hesaplanması için diğer bir yol da farklı

sıcaklıklardaki raf ömrü değerlerinin logaritmasının sıcaklığa ( $^{\circ}\text{C}$ ) karşı çizilmesidir. Buna raf ömrü grafiği denir. Yüksek sıcaklıklarda elde edilen veriler, daha düşük sıcaklıklardaki raf ömrü tayinleri için kullanılmaktadır. Hızlandırılmış raf ömrü tayin deneylerinin esası budur.

Hızlandırılmış raf ömrü deneyleri ile raf ömrü tahminleri sadece çok basit kimyasal sistemler için uygundur ve sonuçlar sadece yol gösterici özelliktedir (Labuza ve Schmidl 1985).

(2.2) Simülasyon modeli: Bu model , konuyu ambalajlama açısından incelemekte; ambalajların geçirgenliğini, ambalajlama sisteminin bir parçası olarak değerlendirerek kabul edilebilir hata sınırları içinde pratik olarak sonuca ulaşılmasını sağlamaktadır. Modelde; ürün, ambalaj ve çevreden meydana gelen toplam sistem dikkate alınmaktadır (Anonymous 1985 c).

Simülasyon modeli kullanılarak bir ambalaj için raf ömrü tahmin edilmekte; belirli bir sistem için (ürün+ambalaj+çevre) en uygun ambalaj seçilerek aynı ürün için çeşitli ambalaj malzemesinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

Neme duyarlı ürünlerin simülasyon modeli ile raf ömrü tayininde; ürünün raf ömrünün, sadece ürünün nem miktarı ile ilgili fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olduğu; depolama ortamının temel iki faktörle (sıcaklık ve bağıl nem) tanımlandığı; ambalaj malzemesinin plastik veya plastik kaplı lamine kağıt olduğu; model sistemin temel elemanları ve aralarındaki ilişkinin bilindiği veya kabul edilebilir duyarlılıkla tahmin edilebildiği varsayılmaktadır (Anonymous 1985c).



Neme duyarlı ürünler için geçerli olan hususlar, bazı değişikliklerle diğer sistemlere, örneğin, raf ömrü, ürün oksidasyonuna veya aroma kaybına bağlı olduğu zamanda uygulanabilmektedir.

Hesaplama da ürünün raf ömrünün sadece nem miktarına bağlı olduğu, ambalajlı ürünün neminin, ambalajın içindeki bağıl nemle denge haline geldiği ve ambalajın içindeki bağıl nemin, ambalajın geçirgenliği ile tayin edildiği varsayılmaktadır (Anonymous 1985 c).

Simülasyon konsepti kesin çözüm vermez, ancak ambalaj geliştirilmesi sırasında duruma adapte edilerek karar verme aracı olarak kullanılmaktadır (Tarhan 1987).

Raf ömrü tayinlerinde simülasyon yönteminin kullanılması nedenleri; dağıtım sisteminin sürekli değişmesi, daha az katkı maddesi kullanılma eğilimi, hammadde ve enerji maliyetlerinin sürekli artması nedeniyle gereğinden fazla ambalajlanmanın ve gereğinden az ambalajlamanın ekonomik olmaması ve arzu edilmemesi, sanayinin rekabet ortamı gereği çabuk sonuç istemesi, pazarlama açısından raf ömrü, maliyet ilişkisinin hesaplanması ve lamine ambalaj malzemesi kullanımının artmasıdır ( Tarhan 1987 ).

Nem geçirmez selofan, kaplanmış oriante polipropilen, alüminyum folyo laminasyonlar, polistirenler, mumlu-camsı kağıtlar, oluklu-camsı kağıtlar bisküvi ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Poliviniliden klorür (PVCD) kaplı selofan mükemmel nem engeli, ısı yapışma ve parlaklık sağlar. Oldukça sert bir filmidir. Kaplanmış oriante polipropilen ekonomiktir; ancak, otomatik makinalarla işlemek daha zordur. Poliviniliden klorür kaplı kağıtlar son zamanlarda bisküvi ambalajında çok kullanılmaktadır. Kağıt kolayca makinayla

işlenmekte ve kolayca kaplanmaktadır (Sacharow ve Griffin 1980).

Birçok bisküvinin raf ömrü yaklaşık üç aydır. Alüminyum folyo laminasyonlar, nemli şartlar altında daha uzun bir raf ömrü sağlarlar.

Genel bisküvi ambalajı film astarlı baskılı kağıt torbadır. Bisküvilerin çoğu baskılı kağıt veya film sargılarla kartonlar içerisinde ambalajlanmaktadır. Oldukça yeni bir ambalaj, ısıl oluşumlu polistiren plastik tepsi ve selofan sargıdan oluşmaktadır. Bisküvi bölmelerde düzgün olarak durmakta ve kolayca açılabilmesi için ambalaj uçlarından kıvrılmaktadır (Sacharow ve Griffin 1980).

Diğer ambalajlar, hediyelik dekore edilmiş teneke kutular, pencereci karton kutular, doğrudan film sargılar ve folyo-karton sargılardır. Oluklu camısı kağıt bisküvide kırılmayı önlemek için ayırıcı olarak kullanılmaktadır (Sacharow ve Griffin 1980).

Polipropilenler yapısal olarak  $\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$  den oluşmuşlardır ve naftayı propilen monomerlerine parçalayarak ve bunları polimerize ederek üretilmektedirler (Yokoyama 1985).

Polipropilenin yapısı genel olarak kristal olmakla birlikte % 5 amorf madde içerdiği için oksijen ve ışıktan etkilenmektedir. Bunu önlemek için katkı maddeleri ilave edilmiştir. Polipropilenin özgül ağırlığı 0.9 olup, plastikler içinde en hafif olanıdır. Birim ağırlıktan elde edilen alan fazla olduğu için maliyet düşüktür. Polipropilen saydamdır, yağ ve bir çok kimyasal maddeye karşı direnci fazladır. Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır. Bunu önlemek için, ekstruzyondan önce % 1-2 polietilen ilave edilir veya oryante etme iş-

lemi uygulanır; işlem uygulanan gıda ambalajları için uygundur. Ancak ısı ile kapatma zordur. Su buharı geçirgenliği düşüktür ( Hanlon 1971). Bakterilerden etkilenmez (Thompson 1987) ve çarpmaya karşı dayanıklılığı düşüktür (Heiss 1980).

Polipropilen oryante edilerek, nem engelleme, düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, boyutlarda kararlılık, yağ geçirmezliği ve optik özellikleri artırılır. Oryante etme mekanik dayanıklılığı artırma ve komşu molekülleri aynı hizaya getirme işlemidir. Oryante etme, çerçevede gerdirme ve üfleme olmak üzere iki ayrı yöntemle yapılır. Film makina doğrultusunda ve dik doğrultuda oryante edilir. Oryante polipropilen (OPP), film modifiye edilmeden veya kaplanmadan ısıyla kapatılamaz. Oryante işleminden sonra gerilim alınarak film ısıya karşı kararlı hale getirilir (Wibbens1985). Oryante etme işlemi ile oksijen ve su buharı geçirgenliği üçte bir oranına kadar azaltılmaktadır(Heiss 1980).

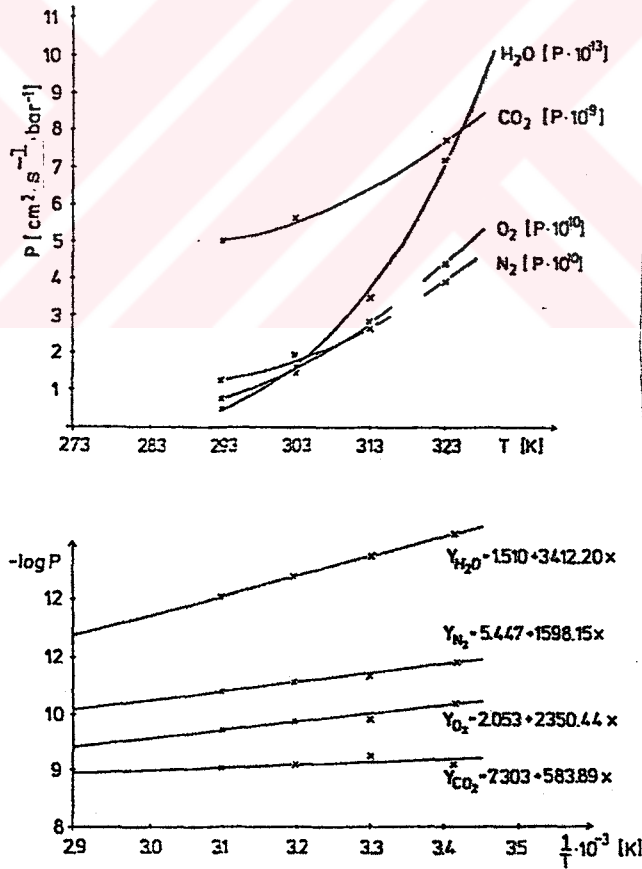
OPP film, özelliklerinin yüksek hızda çalışan makinalara uygun olması için ya koekstrüze edilir veya poliviniliden klorürle kaplanır (Guise 1987).

OPP, selofan veya glâsin yerine kullanılabilir (Thompson 1987). OPP nin makina ile işlenebilirliği selofan kadar iyi olmamakla birlikte, diğer üstünlükleri nedeniyle selofanın en ciddi alternatifidir (Heiss 1980).

Kaplanmış, ısıyla kapatılabilen, oksijen engelleme özelliği olan tip OPP, çerez tipi gıdalarda ve şekerlemelerde yaygın olarak kullanılır (Wibbens 1985). OPP için diğer bazı kullanım alanları kuru meyveler ve bisküvilerdir (Ekşi 1986).

OPP yüksek vakum altında buharlaştırılan alüminyum ile kaplanarak metalize OPP elde edilir (Heiss 1980). OPP nin metalizasyonu, filmin tipine ve üretim şekline bağlı olarak farklılık gösterir. Metalize OPP'nin geçirgenlik özellikleri de değişken olmakla birlikte, metal yapışması yeterli olduğunda, nem engelleme özelliği mükemmeldir, oksijen engelleme özelliği ise iyiden kötüye kadar farklı olabilir (Anonymous 1985 a).

Diğer plastik filmlerde olduğu gibi polipropilenin geçirgenlik özellikleri de sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 : Sıcaklığa bağlı olarak PP filmin su buharı ve gaz geçirgenlik sabitlerinin değişimleri (Mathlouthi 1986).

OPP nin ambalajlama açısından teknik özellikleri Tablo 2.3 te özetlenmiş bulunmaktadır (Anonymous 1985 a).

Tablo 2.3 25 µm kalınlığında oryante polipropilenin teknik özellikleri (Anonymous 1985 a).

Özellik	OPP
Yoğunluk(g/cm <sup>3</sup> )	0.905
Çekme dayanımı(Kg/cm <sup>2</sup> )	1760-2110
Uzama (%)	60-100
Darbe dayanımı (Kg-cm)	5-15
Yırtılma dayanımı(g/cm)	1575-2360
Su buharı geçirgenliği(g/m <sup>2</sup> .24h, 100°F ve % 90 bağıl nemde)	4.65-6.20
Oksijen geçirgenliği(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24 h, 1 at, 73 °F ve % 0 bağıl nemde)	1705
Yağ dayanımı	iyi
Isıl yapışma durumu	Kaplama veya koekstrüzyon gerekli
Maksimum kullanılma sıcaklığı (°F)	250
Minimum kullanma sıcaklığı (°F)	- 60
Yüksek bağıl nemde boyut değişimi	yok

Aktarılan bilgilerden anlaşılacağı gibi bisküvi öncelikle neme karşı duyarlı bir gıdadır. Oryante polipropilen ise su buharı geçirgenliği düşük plastik filmlerden birisidir. Bisküvinin raf ömrü 180-210 gün olarak verilmekle birlikte (Smith 1972), bunun ambalaj malzemesine göre değişeceği kuşkusuzdur ve OPP ambalajlı bisküvinin raf ömrü konusunda herhangi bir araştırma bulunmamaktadır.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak, çok tüketilmesi nedeni ile ticari olarak petit beurre diye adlandırılan ve şekerli bir çeşit olan bisküvi seçilmiştir. Ambalaj malzemesi ise OPP'dir. Kullanılan OPP, şeffaf, parlak, koekstrüze ve 35 mikron kalınlığında bir filmidir.

Bisküvi 1988 yılı Haziran ayında bir bisküvi fabrikasında (ETİ, Eskişehir) işlenmiş ve 190 gramlık paketler halinde ambalajlanmıştır.

Ambalajlı bisküvinin bir kısmı 20°C ve % 55 bağıl nemde (normal depolama koşullarının karşılığı), diğer kısmı ise 40°C ve % 55 bağıl nemde (hızlandırılmış koşul için) depolanmıştır. Bisküvi örnekleri her 15 günde bir analiz edilmiştir.

#### 3.2. Metod

Bisküvinin kimyasal bileşimini ortaya koymak amacı ile nem, şeker, protein, yağ, kül ve tuz analizleri yapılmıştır. Ambalaj malzemesinde ise subuharı ve oksijen geçirgenliği belirlenmiştir. Bisküvide kalite değişimini karakterize eden özellik olduğu ve % 6 yı geçmemesi öngörüldüğü için nem miktarı (Anonymous 1952, Anonymous 1976, Smith 1972) depolama süresinde 15 gün aralıklarla tayin edilmiş ve yine aynı aralıklarla duyu analizi (test paneli) yapılmıştır. Raf ömrünün hesaplanmasında ise matematik-istatistiksel yöntem (Anonymous 1986 b Varsanyi 1986) uygulanmıştır.

3.2.1. Nem Tayini : Bisküvi kırıldıktan ve delik açıklığı 1 mm olan elekten geçirildikten sonra tartılan 5 gram numunenin 130°C lik kurutma dolabında 1 saat kurutulması ve desikatörde soğutulduktan sonra tartılması ile tayin edilmiştir (Anonymous 1976)

Kurutma sırasındaki ağırlık kaybından nem miktarı % olarak hesaplanmıştır (Anonymous 1986 c).

3.2.2 Şeker Tayini: Sakkaroz tayini için HPLC yöntemi uygulanmıştır. (IŞAK 1983).

3.2.3. Protein Tayini: Bisküvinin protein miktarı kjehldal metoduyla tayin edilmiş ve N miktarı 5.70 faktörü ile çarpılarak protein miktarı hesaplanmıştır. (Anonymous -).

3.2.4. Yağ Tayini : Yağ miktarı soxhlet cihazında, petrol eter ekstraksiyonu ile tayin edilmiştir (Anonymous-).

3.2.5. Kül Tayini : Bisküvi 600°C'de yakılarak kül tayini yapılmıştır (Anonymous 1974).

3.2.6. Tuz Tayini : Tuz tayini için AgCl metodu kullanılmıştır (Anonymous 1976).

3.2.7. Duyusal Analiz : Bisküvi örneklerinde duyusal analiz 5 kişilik panelle yapılmıştır. Değerlendirme renk, tat, koku ve gevreklik açısından yapılmış ve değerlendirmede her bir özellik için 7 puanlı şema (Tablo-3.1) seçilmiştir.

Tablo 3.1 Duyusal analizde kullanılan puanlandırma şeması

Puan	Özellik
7	Mükemmel
6	İyi
5	Orta
4	Yeterli (Kabul edilebilir)
3	Yetersiz
2	Kötü (Kabul edilemez)
1	Çok Kötü (Yenilemez)

Değerlendirmede duyuşal analiz için öngörölen genel kurallara uyulmuş (Kiermaeier ve Haevecker 1972, Işık 1988), sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiş ve 4 puan kritik değer olarak alınmıştır (Anonymous 1986 b).

3.2.8. Su buharı geçirgenliği Tayini : Deney 38°C sıcaklık ve % 90 bağıl nemde yapılmıştır (Anonymous 1987 a) ve deneyde dinamik ölçme sistemi kullanılmıştır (Anonymous 1970). Deney seti; iki geçirgenlik hücresi (MVTR Cells Model CS-141), içinde silika jel bulunan kurutucu kolonu, iki dar aralıklı TH tipi nem ve sıcaklığa duyarlı sensor, elektrik higrometre indikatörü (Model 15-3052), etüv, kauçuk hortum bağlantıları, saf su ve kronometreden meydana gelmiştir.

Deney numunesi 10.8 cm çapında, zedelenmeden kesilmiştir. Etüv 38°C sıcaklığa ayarlanmış, geçirgenlik hücresinin alt bölmesine yaklaşık 1.5 mm yüksekliğe kadar saf su konularak hücre yarım saat etüvde bekletilmiş, sonra araya conta ve deney numunesi konulmuş, geçirgenlik hücresinin üst bölümüne sensor takıldıktan sonra numunenin üzerine yerleştirilmiştir. Hava geçiş valfleri açılarak kurutucu kolondan geçirilerek kurutulmuş hava, 1 saat süreyle higrometre indikatöründen okunan bağıl nem sıfır ve sıcaklık 38°C oluncaya kadar, hücrelerden geçirilmiştir. Her iki hücre (üst bölme)de tamamen kuruyunca, kronometre çalıştırılmış, hava geçiş valfleri kapatılmıştır. Higrometre indikatörü skalasında ibre 5'i geçince değer alınmaya başlanmış, sırayla birinci hücredeki nem, ikinci hücredeki nem, birinci hücredeki sıcaklık, ikinci hücredeki sıcaklık değerleri ve okuma zaman aralığı kaydedilmiştir. İndikatörün skalasında 75'e ulaşınca kadar değerler alınmıştır.



Hesaplama; okunan hücre sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak kalibrasyon eğrisinden gerçek sıcaklık değerleri bulunmuş, gerçek sıcaklık değerlerinde, her sensor için verilen kalibrasyon eğrilerinden, her gösterge değerine karşılık gelen % bağıl nem ( % RH) hesaplanarak aşağıdaki formül yardımıyla su buharı geçirgenliği (T) bulunmuştur (Anonymous 1972) :

$$T = (296 \times 10^{-7}) \left( \% RH \times \frac{1440}{\text{Zaman Aralığı}} \right) (H)$$

Burada; (zaman Aralığı), birbirini izleyen, iki değer okuması arasında geçen süre (min), (H) deney hücresinin sıcaklığında havadaki su miktarı ( $\mu/m^3$ ) dır.

Yukarıdaki formülle bulunan su buharı geçirgenliği değerlerinin birimi g/24 h. 100 in<sup>2</sup> olduğu için bulunan değer 0.0645'e bölünerek birim g/24 h.m<sup>2</sup>'ye çevrilmiştir (Anonymous 1972).

3.2.9. Oksijen Geçirgenliği Tayini : Oksijen geçirgenliği, kulometrik sensor içeren bir cihazla oksijen geçiş hızı olarak tayin edilmiştir (Anonymous 1986 c). Ox-tran 100 Twin tipi cihaz kullanılmıştır. Deneyde % 2 H<sub>2</sub> ve % 98 N<sub>2</sub> içeren gaz karışımı taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Deney 25°C sıcaklık, 689 mmHg basınç ve kuru oksijen kullanılarak yapılmıştır. OPP malzeme için maskeleyen folyosu kullanılarak deney alanı 5 cm<sup>2</sup> ye düşürülmüştür.

Numune, yüksek vakum gres yağı kullanılarak cihazın difüzyon hücresine yerleştirildikten sonra, cihaza taşıyıcı gaz karışımı ve oksijen akışı sağlanmıştır. Deney boyunca oksijen ve taşıyıcı gaz akışı 5-10 cm<sup>3</sup>/min hızda olmuştur. Veri ölçme bölümünde gerekli ayar yapıldıktan sonra difüzyon hücresinin alt ve üst bölmesine 0.075 değerine erişinceye kadar taşıyıcı gaz verilmiştir.

Bu değere erişince derece anahtarı 10'a ayarlanarak yazıcının sıfır yazması beklenmiş sonra üst bölmeye oksijen gazı verilerek filmde oksijen difüzyonu ve kondisyonlama süresi başlatılmıştır. Filmin yapısına göre kondisyonlama süresi değişmiştir. Oksijen geçişi kararlı hale gelince, yazıcıdaki değer sabitleşince, numunenin oksijen geçiş hızı  $\text{cm}^3/\text{m}^2$ . 24 h olarak kaydedilmiştir (Anonymous 1983 ).

3.2.10. Raf ömrünün hesaplanması : Raf ömrünün hesaplanmasında daha önce ayrıntılı olarak tanımlanmış olan (Bölüm 2) matematik-istatistiksel yöntem uygulanmıştır. Bu yöntem, gıdada kalite değişimini karakterize eden özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesine dayanmaktadır. Disküvide kalite değişimi kriteri olarak nem miktarı ve duyuşsal özellikler (renk, tat, koku gevreklik) hem  $20^\circ\text{C}$  de ve hem de  $40^\circ\text{C}$  de depolanan örneklerde 15 günlük aralıklarla belirlenmiş, analiz sonuçlarının ortalaması ve varyansı hesaplanarak standardlaştırılmış, minimum kalite değerine karşılık gelen raf ömrü, en büyük regresyon katsayısını gösteren modelle hesaplanmıştır (Anonymous 1986, Varsanyi 1986 b Temur 1986).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 4.1. Bisküvinin Kimyasal Bileşimi ve Ambalaj Malzemesinin Geçirgenlik Özellikleri

Araştırma materyali olarak kullanılan petit beurre tip bisküvide depolamanın yedinci gününde yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo-4.1'de verilmiş bulunmaktadır.

Tablo 4.1 Bisküvinin ( Petite beurre )kimyasal bileşimi

Bileşim ögesi	%
Rutubet	3.60
Şeker	15.42
Protein(Nx5.70)	8.35
Yağ	4.20
Kül	0.85
Tuz	0.38

Görüldüğü gibi bisküvide nem % 3.60'dir, % 15.42 şeker, % 8.35 protein , % 4.20 yağ, % 0.85 kül ve % 0.38 tuz içermektedir.

Ambalaj malzemesi olarak kullanılan ve 35 mikron kalınlığında olan OPP in belirlenen su buharı geçirgenliği ortalama  $5.95 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ , oksijen geçirgenliği ise ortalama  $1470 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 'tir. (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Ambalajmada kullanılan OPP filmin geçirgenlik değerleri

Geçirgenlik Özelliği	Ölçüm Sayısı (n)	Değişim Aralığı	Ortalama ( $\bar{x}$ )
Su buharı g/m <sup>2</sup> 24 h(38°C, % 90 RH)	4	5.50-6.05	5.99
Oksijen cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24 h(25°C, 1 at)	4	1450-1520	1.470

#### 4.2. Depolama Süresi ve Sıcaklığına Bağlı Olarak Bisküvi Özelliklerindeki Değişmeler

Farklı iki koşulda (20°C, % 55 RH ve 40°C, % 55 RH ) depolanan bisküvi örneklerinde rutubet miktarı ile renk, tat, koku ve gevreklik puanları Tablo 4.3-4.12'de verilmiş bulunmaktadır.

Görüldüğü gibi her iki koşulda da bisküvi, depolama sırasında nem kazanmaktadır (Tablo-4.3 ve 4.4). 20°C de depolanan bisküvide depolamanın yedinci gününde % 3.60 olan rutubet miktarı 127 gün sonra % 5.5 'e ulaşmaktadır (Tablo 4.3). 40°C'de depolanan bisküvide ise depolamanın yedinci gününde % 3.60 olan nem miktarı 67 gün sonra % 5.78, 112 gün sonra ise % 6.27 düzeyine yükselmektedir(Tablo 4.4). Başka bir tanımlama ile, aynı bağıl nem düzeyinde depolama sıcaklığı arttıkça, bisküvinin aynı sürede kazandığı nem miktarının da arttığı anlaşılmaktadır.

Bisküvide, uygulanan depolama sırasında renkte önemli bir değişme ortaya çıkmaktadır (Tablo 4.5 ve 4.6). 20°C deki depolamanın 22. gününde ortalama 6.73 olarak saptanan renk puanı 127. günde 5.89 a düşmektedir(Tablo 4.5) 40°C'deki depolamanın ise 22 günde ortalama 6.59 olan renk puanı 127.

günde 5.66 ya düşmektedir (Tablo 4.6). Uygulanan depolama sıcaklığı farkına göre bisküvi renginde belirgin bir farklılık oluşmadığı görülmekte ve her iki sıcaklıkta da renk puanı 127. gün sonra kritik puana düşmemektedir.

Bisküvide tat puanları da 20°C ve 40°C deki 127 günlük depolamada belirli bir düşme göstermekte (Tablo 4.7 ve 4.8), ancak kritik puana ulaşmamaktadır. Depolamanın 127. gününde 20°C deki tat puanı ortalama 5.16 (Tablo 4.2) 40°C'deki tat puanı ise ortalama 4.53 (Tablo 4.8) tür.

Depolamanın 22. gününde bisküvide saptanan ortalama koku puanı 20°C de 6.46 (Tablo 4.7) ve 40°C de 6.26 (Tablo 4.8) iken, 127. günde 20°C deki koku puanı 5.0 e, 40°C deki ise 4.46 ya düşmektedir.

Bisküvide gevreklik puanı 20°C deki depolamada 22. günde ortalama 6.87 iken 127. günde 5.59'a (Tablo- 4.11), 40°C deki depolamada ise 22. günde ortalama 6.73 iken 127. günde 4.20'ye (Tablo 4.12) düşmektedir.

#### 4.3. Bisküvide Matematik-İstatistiksel Yolla Hesaplanan Raf Ömrü

Farklı iki koşulda ( 20°C, % 55 RH ve 40°C , % 55 RH) depolanan bisküvinin raf ömrü rutubet miktarı ile duyuşal özellikler bazında matematik-istatistiksel yolla belirlenmiş ve hesaplama sonuçları Tablo 4.13 - 4.22 ile Şekil 4.1 - 4.10 da verilmiş bulunmaktadır.

Görüldüğü gibi bisküvi 20°C'de depolandığında rutubet miktarı lineer (Tablo 4.13); 40°C'de depolandığında üslü (Tablo 4.14) bir değişim göstermektedir. 20°C'de hesaplanan raf ömrü 172. gün (Tablo 4.13) olmasına karşılık 40°C'de raf

ömrü 91 güne (Tablo 4.14) düşmektedir. Başka bir ifadeyle, aynı bağıl nem düzeyinde depolama sıcaklığı arttıkça raf ömrü kısalmaktadır.

Her iki sıcaklıkta da bisküvinin renk değişimi logaritmik (Tablo 4.15) ve 4.16) ; ancak renkte önemli bir değişme ortaya çıkmadığı için hesaplanan raf ömrü 7500 gün ( $20^{\circ}\text{C}$ 'de) ve 3315 gün ( $40^{\circ}\text{C}$ 'de) dür.

Bisküvide tad özelliği her iki sıcaklıkta lineer bir değişim göstermektedir (Tablo 4.17 ve 4.18).  $20^{\circ}\text{C}$ 'de hesaplanan raf ömrü 217 gün (Tablo 4.17);  $40^{\circ}\text{C}$  'de ise 175 gün (Tablo 4.18) dür. Koku özelliği de lineer gelişme göstermekte ve  $20^{\circ}\text{C}$ 'de 212 gün (Tablo 4.19)  $40^{\circ}\text{C}$ 'de 160 gün (Tablo 4.20) raf ömrü hesaplanmış bulunmaktadır. Bu durumda tad ve koku raf ömrünü ikinci derecede belirleyen özellikler olarak ortaya çıkmaktadır.

Bisküvinin gevreklik özelliği  $20^{\circ}\text{C}$ 'de lineer;  $40^{\circ}\text{C}$ 'de logaritmik bir değişim göstermektedir (Tablo 4.21 ve 4.22)  $20^{\circ}\text{C}$ 'de hesaplanan raf ömrü 247 gün (Tablo 4.21) olmasına karşılık;  $40^{\circ}\text{C}$ 'de raf ömrü 146 güne (Tablo-4.22) düşmektedir.

Tablo 4.3. Depolama süresine bağlı olarak bisküvide rutubet miktarındaki (%) değişme (20°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	$S_{n-1}$	$S_n$
7	5	3.60	0.028	0.020
22	5	3.72	0	0
37	5	4.29	0.193	0.172
52	5	4.45	0.219	0.155
67	5	4.48	0.540	0.410
82	5	4.78	0.120	0.085
97	5	4.84	0.057	0.049
112	5	4.87	0.305	0.272
127	5	5.58	0.505	0.440

Tablo 4.4 - Depolama süresine bağlı olarak bisküvide rutubet miktarındaki (%) değişme (40°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	$S_{n-1}$	$S_n$
7	5	3.60	0.028	0.020
22	5	4.76	0.229	0.198
37	5	4.87	0.304	0.272
52	5	5.27	0.453	0.320
67	5	5.78	0.233	0.165
82	5	5.95	0.785	0.555
97	5	5.96	0.304	0.215
112	5	6.27	0.087	0.070

Tablo 4.5. Depolama süresine bağlı olarak bisküvide renk puanındaki değişme ( 20°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S <sub>n-1</sub>	S <sub>n</sub>
22	25	6.73	7	6.66	0.152	0.136
37	25	6.46	6.66	6.33	0.181	0.162
52	25	6.00	-	-	0	0
67	25	6.00	-	-	0	0
82	25	6.00	-	-	0	0
97	25	6.00	-	-	0	0
112	25	6.00	-	-	0	0
127	25	5.89	6	5.66	0.196	0.160

Tablo 4.6 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide renk Puanındaki değişme (40°C % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S <sub>n-1</sub>	S <sub>n</sub>
22	25	6.59	6.66	6.33	0.146	0.132
37	25	6.53	6.66	6.33	0.181	0.162
52	25	6.00	-	-	0	0
67	25	6.00	-	-	0	0
82	25	6.00	-	-	0	0
97	25	6.00	-	-	0	0
112	25	5.73	6	5.66	0.152	0.136
127	25	5.66	-	-	-	0



Tablo 4.7 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide tat puanındaki değişme ( 20°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.789	7	6.33	0.300	0.269
37	25	6.396	6.66	6	0.276	0.247
52	25	6.11	6.33	6	0.191	0.156
67	25	6.0	-	-	0	0
82	25	6.0	-	-	0	0
97	25	5.93	6	5.66	0.152	0.136
112	25	5.33	-	-	0	0
127	25	5.16	6	5.66	0.724	0.687

Tablo 4.8 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide tat puanındaki değişme ( 40°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.53	6.66	6.33	0.181	0.162
37	25	5.93	6.33	5.66	0.281	0.251
52	25	5.58	5.96	5	0.525	0.469
67	25	5.33	6.33	5	0.577	0.471
82	25	5.06	5.66	4.66	0.364	0.326
97	25	5	-	-	0	0
112	25	5	5.5	4.5	0.354	0.316
127	25	4.93	5	4.66	0.152	0.136

Tablo 4.9. Depolama süresine bağlı olarak bisküvide koku puanındaki değişme (20°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.46	6.66	6.33	0.181	0.162
37	25	6.22	6.00	6.33	0.381	0.311
52	25	6	-	-	0	0
67	25	6	-	-	0	0
82	25	6	-	-	0	0
97	25	5.39	5.66	4.66	0.434	0.387
112	25	5.33	5.66	4.66	0.408	0.365
127	25	5	-	-	0	0

Tablo 4.10 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide koku puanındaki değişme (40°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.26	6.66	6	0.276	0.247
37	25	5.89	6.66	5.66	0.196	0.160
52	25	5.73	6.00	5.33	0.281	0.251
67	25	5.66	5.33	5.00	0.580	0.519
82	25	5.19	5.33	4.66	0.299	0.268
97	25	5.00	5.5	4.5	0.354	0.316
112	25	4.86	5.0	4.66	0.186	0.167
127	25	4.46	4.66	4.33	0.181	0.162

Tablo 4.11 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide gevreklik puanındaki değişme (20°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.87	7	6.33	0.299	0.268
37	25	6.86	7	6.66	0.186	0.167
52	25	6.67	7	6	0.577	0.471
67	25	6.66	-	-	0	0
82	25	6.66	-	-	0	0
97	25	5.90	6	5.5	0.224	0.200
112	25	5.66	6	4.66	0.580	0.519
127	25	5.59	5.66	5.33	0.148	0.132

Tablo 4.12 Depolama süresine bağlı olarak bisküvide gevreklik puanındaki değişme (40°C, % 55 RH)

Depolama Süresi (gün)	n	$\bar{x}$	Max	Min	S n-1	S n
22	25	6.73	7	6.33	0.367	0.328
37	25	5.59	6.66	6.33	0.148	0.132
52	25	5.13	5.33	4.33	0.447	0.400
67	25	5.11	6.33	4.66	1.169	0.954
82	25	4.73	5.00	4.33	0.281	0.251
97	25	4.66	-	-	0	0
112	25	4.53	5.00	4.00	0.379	0.339
127	25	4.20	4.50	4.00	0.274	0.245

Tablo 4.13 Rutubet miktarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

$$y = 3.559 + 0.0142 x$$

$$r = 0.961$$

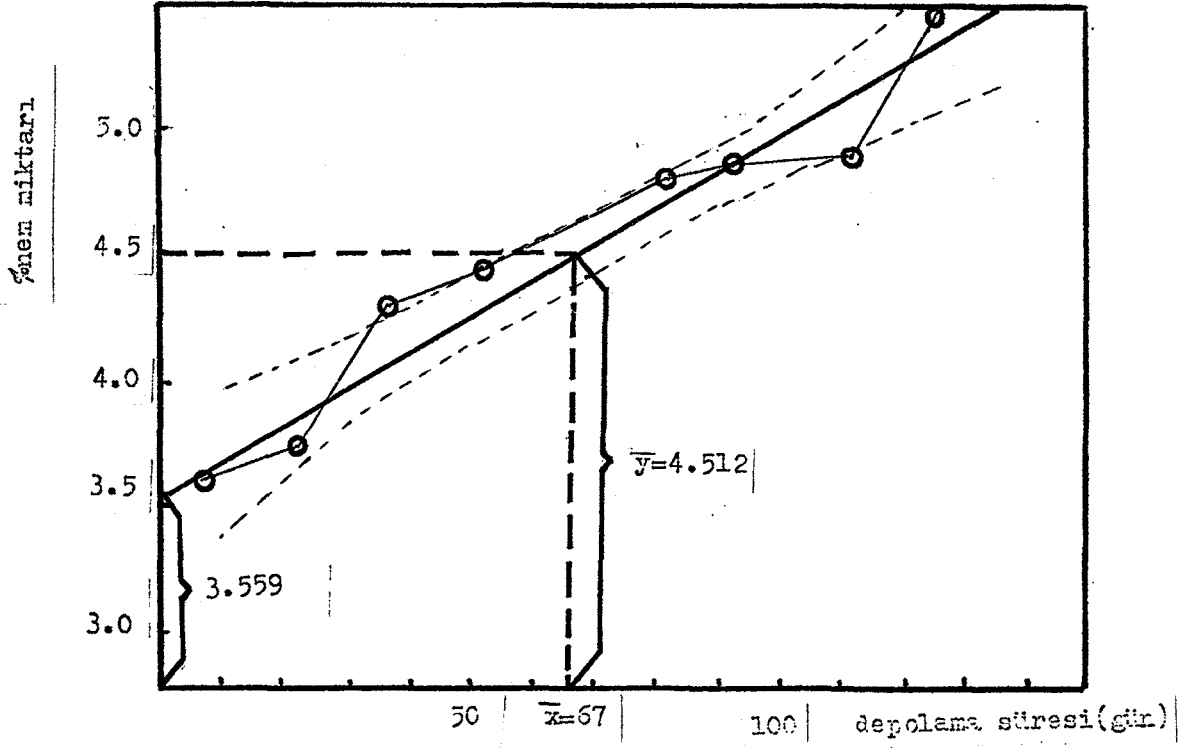
Raf ömrü 172 gün

Tablo 4.14 Rutubet miktarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

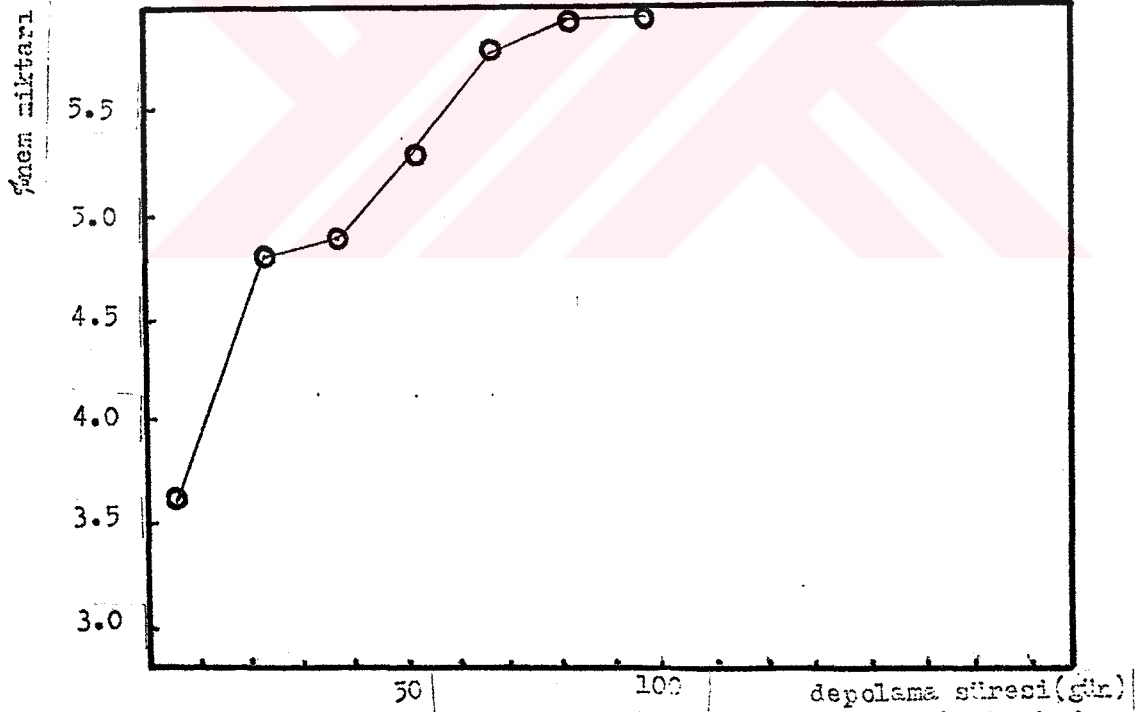
$$y = 2.498 x^{0.194}$$

$$r = 0.989$$

Raf ömrü 91 gün



Şekil 4.1 Rutubet miktarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55, RH)



Şekil 4.2 Rutubet miktarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

Tablo 4.15 Renk puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

$$y = 8.013 - 0.419 \ln x$$

$$r = - 0.909$$

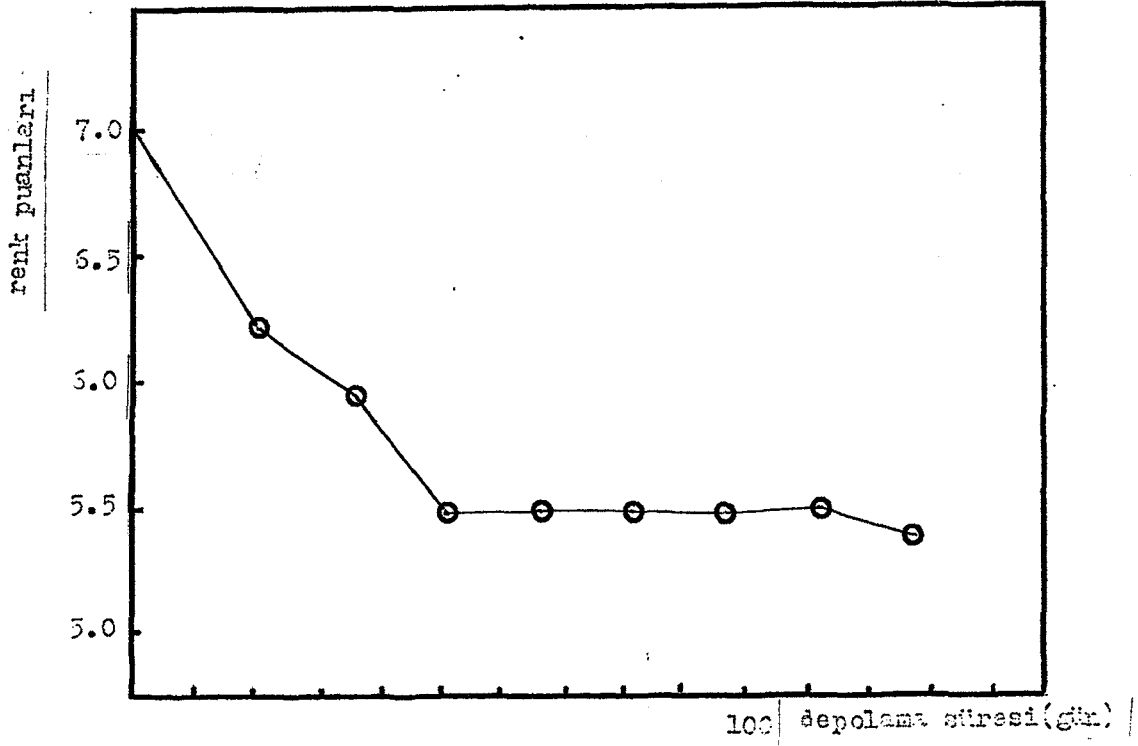
Raf ömrü 7500 gün

Tablo 4.16 Renk puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

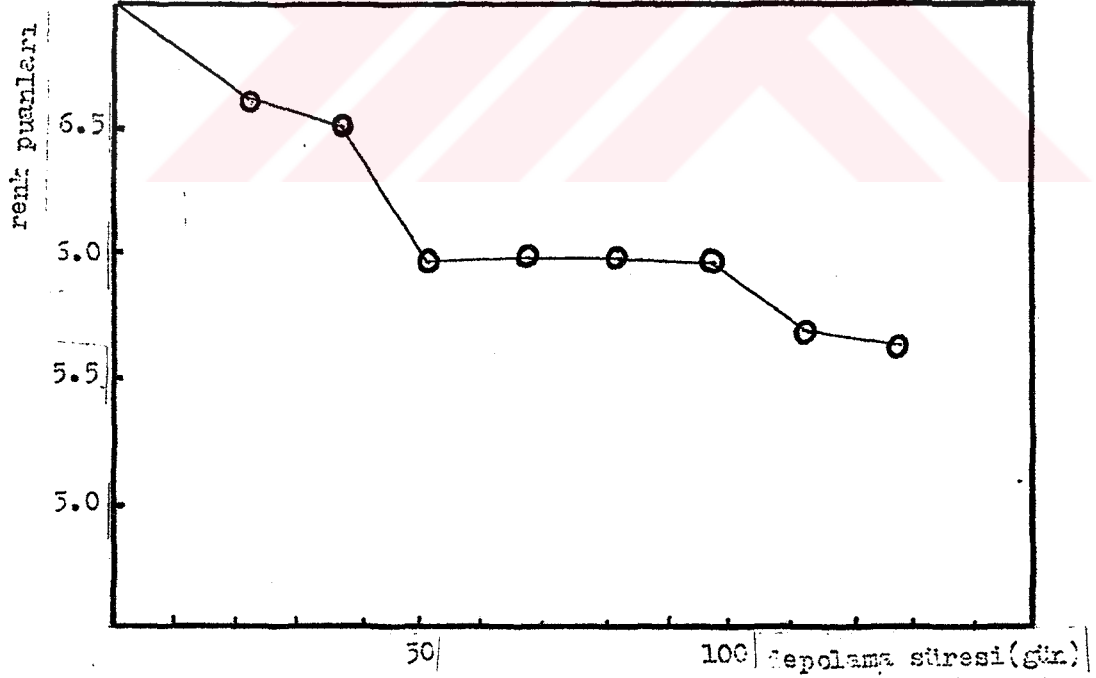
$$y = 8.257 - 0.525 \ln x$$

$$r = - 0.937$$

Raf ömrü 3315 gün



Şekil 4.3 Renk puanlarına bağlı olarak bisküvinin raf ömrü (20°C, % 55 RH)



Şekil 4.4 Renk puanlarına bağlı olarak bisküvinin raf ömrü (40°C, % 55 )

Tablo 4.17 Tat puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

$$y = 6.991 - 0.014 x$$

$$r = - 0.956$$

Raf ömrü 217 gün

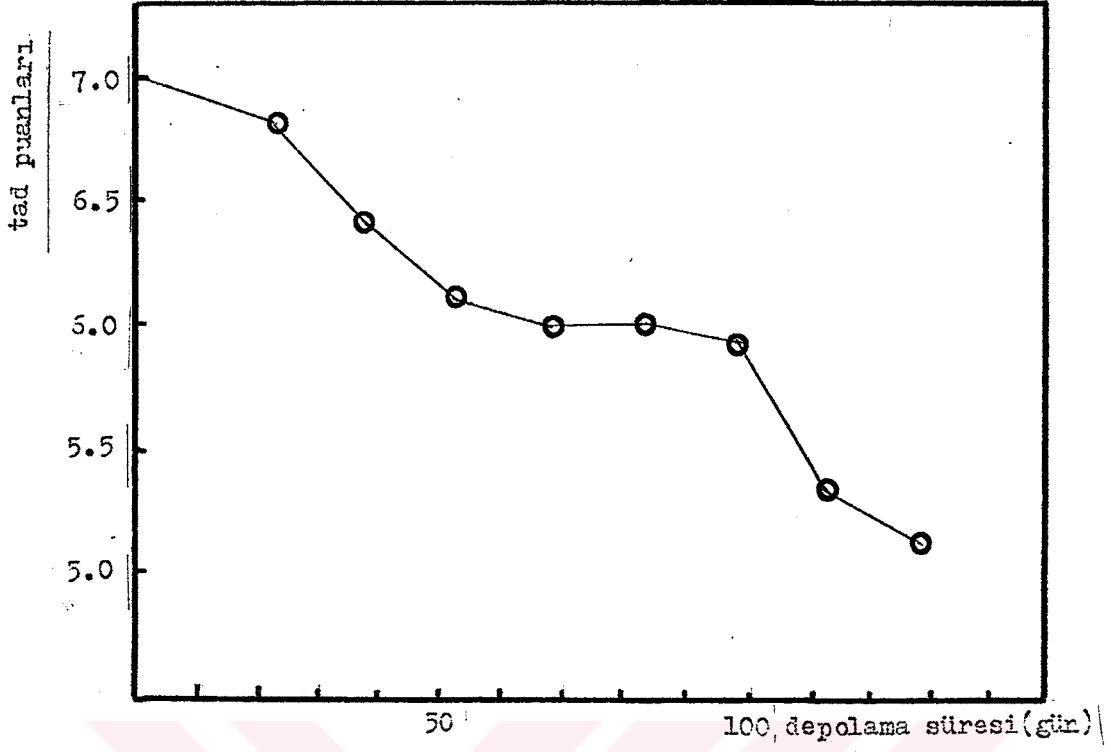
Tablo 4.18 Tad puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

$$y = 6.476 - 0.014 x$$

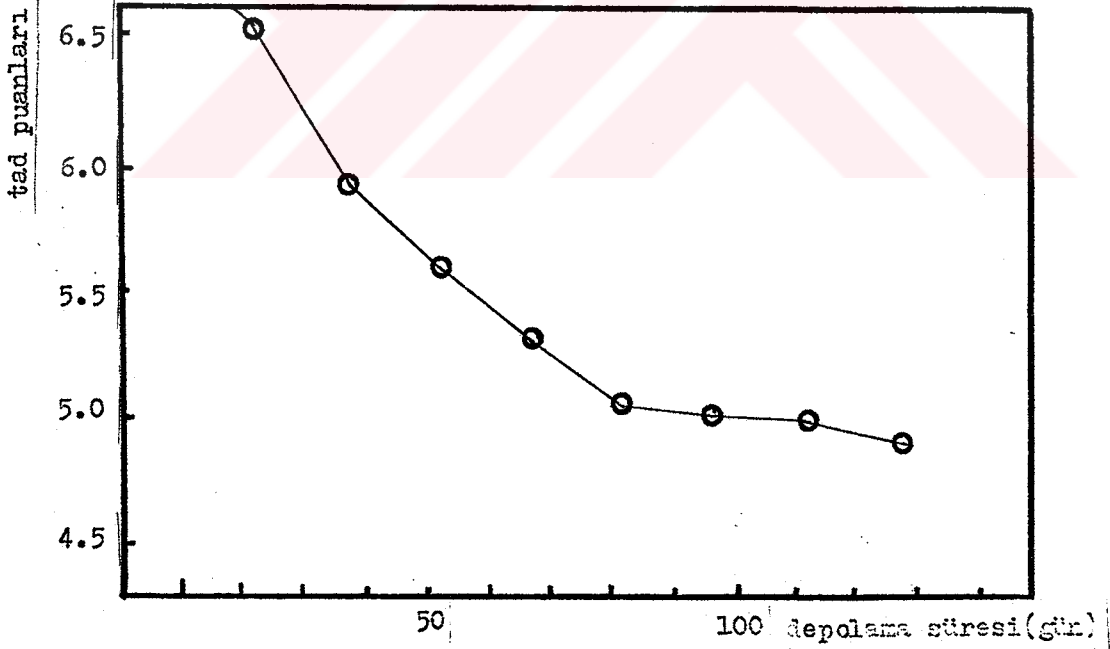
$$r = - 0.919$$

Raf ömrü 175 gün





Şekil 4.5 Tad puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)



Şekil 4.6 Tad puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

Tablo 4.19 Koku puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

$$y = 6.776 - 0.013 x$$

$$r = - 0.959$$

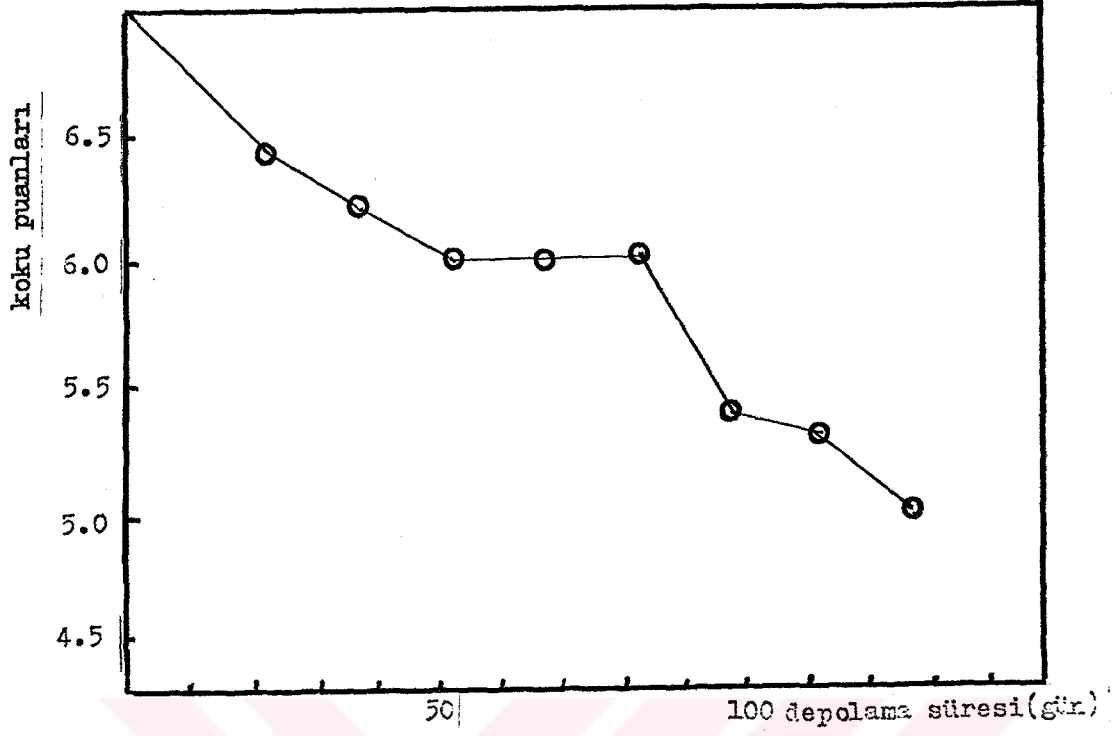
Raf ömrü 212 gün

Tablo 4.20 Koku puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

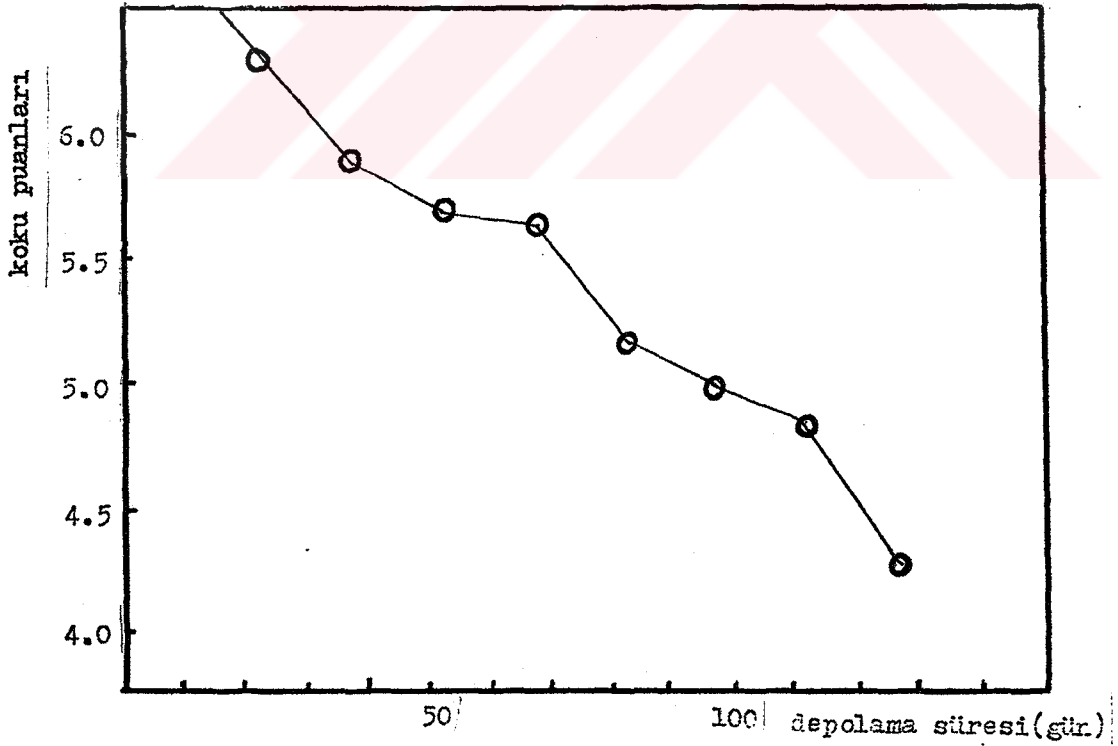
$$y = 6.590 - 0.016 x$$

$$r = - 0.989$$

Raf ömrü 160 gün



Şekil 4.7 Koku puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)



Şekil 4.8 Koku puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

Tablo 4.21 Gevreklik puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)

$$y = 7.379 - 0.014 x$$

$$r = - 0.924$$

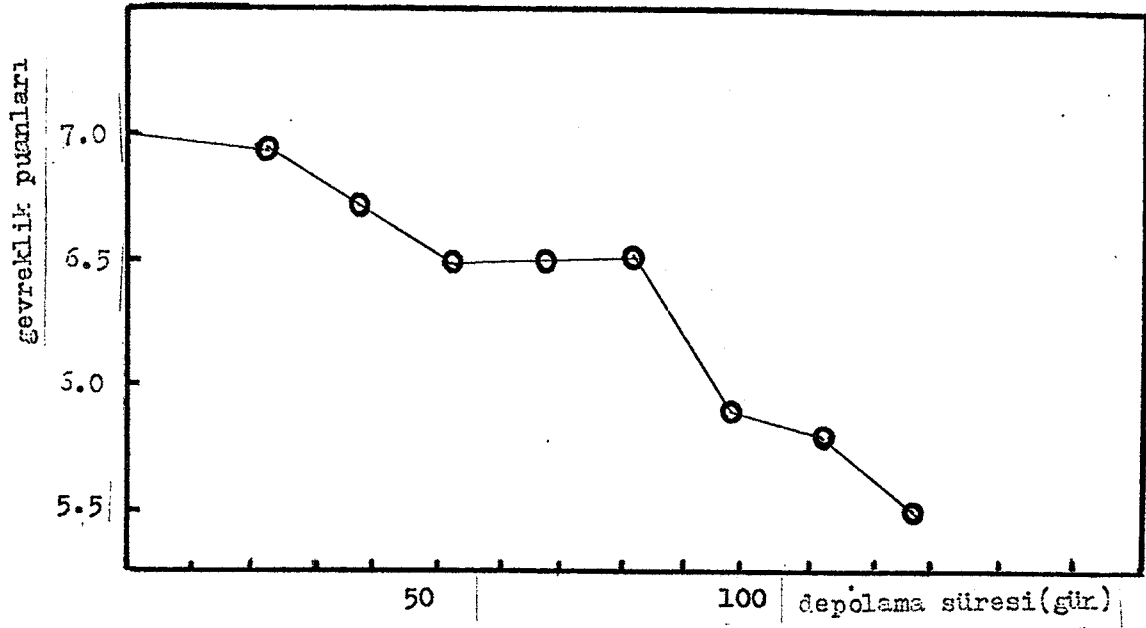
Raf ömrü 247 gün

Tablo 4.22 Gevreklik puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (40°C, % 55 RH)

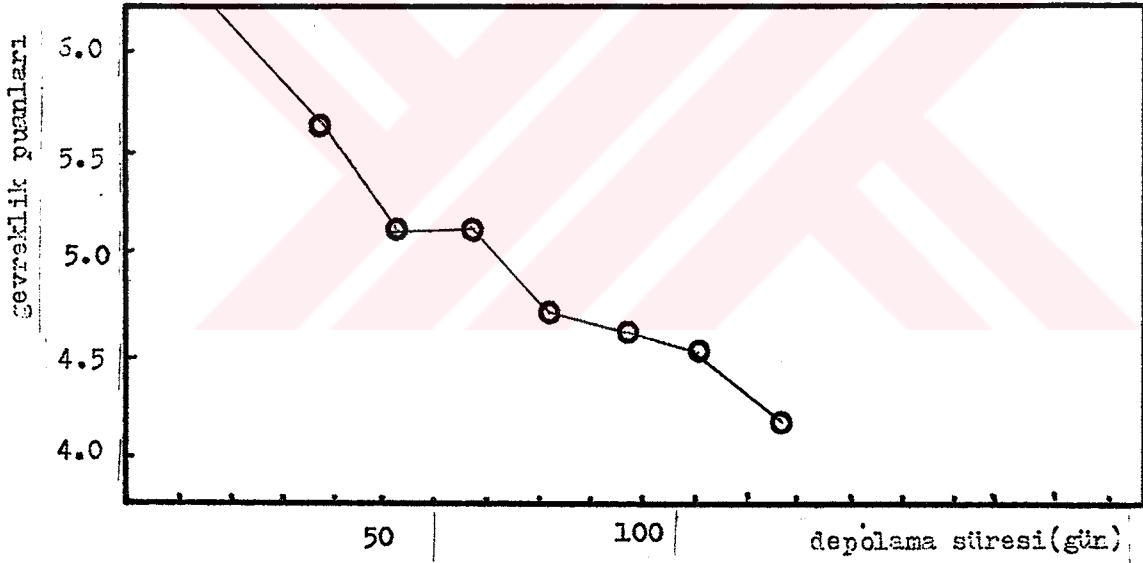
$$y = 11.542 - 1.516 \ln x$$

$$r = - 0.958$$

Raf ömrü 146 gün



Şekil 4.9 Gevreklik puanlarına bağlı olarak bisküvinin hesaplanan raf ömrü (20°C, % 55 RH)



Şekil 4.10 Gevreklik puanlarına bağlı olarak hesaplanan raf ömrü ( 40°C , % 55 RH)

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bulgulara göre OPP ile ambalajlı şekerli bisküvinin, matematik-İstatistiksel yolla belirlenen raf ömrü, depolama sıcaklığına ve seçilen kalite değişim kriterine (rutubet, renk, tad, koku, gevreklik) göre farklılık göstermektedir.

Bisküvide kalite değişimini birinci derecede yansıtan özelliğin rutubet miktarı olduğu anlaşılmaktadır. Bu kritere göre hesaplanan raf ömrü 20°C de 172 gün, 40°C'de ise 91 gündür (Tablo 4.23). Bu olgu, diğer kaynaklar tarafından da doğrulanmaktadır (Paine ve Paine 1983, Smith 1972).

Tablo 4.23. Değişik özelliklere göre hesaplanan raf ömrü değerleri

Kalite değişim Kriteri	Raf ömrü (gün )	
	20°C, % 55 RH	40°C, % 55 RH
Rutubet	172	91
Renk	7500	3315
Tad	217	175
Koku	212	160
Gevreklik	247	146

Depolamada kalite değişimini karakterize eden ikinci derece özellikler tad ve kokudur. Bu özelliklere dayanılarak hesaplanan raf ömrü değerleri birbirine yakındır ve 20°C'de 212-217 gün, 40°C'de 160-175 gündür.

Gevreklik durumuna göre bisküvide belirlenen raf ömrü değerleri 20°C'de 247 gün, 40°C'de 146 gündür ve buna göre 40°C'deki depolamada, tad ve kokuya göre daha kritik bir özelliktir. Bu durum, 40°C'de ürünün nem kazancının artması ve böylece gevrekliğin azalmasından kaynaklanmaktadır.

Buna karşılık renk değişimine göre hesaplanan raf ömrü değerleri rengin de bu açıdan kritik bir özellik olmadığını göstermektedir.

Hangi kriter esas alınırorsa alınsın, bisküvinin 20°C'deki raf ömrü 40°C'dekinin yaklaşık 2 katıdır (Tablo 4.23). Bilindiği gibi plastik filmle ambalajlı higroskopik ürünlerin nem kazancı basınç farkı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. (Caims, Oswin ve Paine 1974). Dolayısı ile depolama sıcaklığı yüksek olduğu zaman, artan nem kazancının sonucu olarak bisküvide raf ömrü özellikle rutubet ve gevreklik kriterine göre kısalmaktadır.

Öte yandan depolama sıcaklığı arttığı zaman ambalajın geçirgenlik özellikleri de artmaktadır (Heiss 1980).

Bisküvide sıcaklık artışı ile su aktivitesinin de artması, özellikle hızlandırılmış deneylerle raf ömrünün belirlenmesinde bazı hatalara yol açabilmektedir (Labuza 1985). Ancak, uygulamada matematik-istatistiksel yöntemde bu tip hatalar elimine edilmiş olmaktadır.

Bilindiği gibi, raf ömrü gıdanın özelliklerine, depolama koşullarına ve ambalaj malzemesine göre değişmektedir. Bu nedenle bulgular, ancak belirli bisküvinin (şekerli) raf ömrü açısından, belirli bir ambalaj malzemesinin (OPP) performansının değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1952."Gıda Maddelerinin ve Umumi Sağlığı İlgilendiren Eşya ve Levazımın Hususi Vasıflarını Gösteren Tüzük", Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı, Ankara.
- ANONYMOUS, 1970." Dynamic Measurement of Water Vapor Transfer Through Sheet Materials-T 523 Su-70", TAPPI, New York.
- ANONYMOUS, 1972."M.V.T.R. Cell Model CS 141", Custom Scientific Instruments, Inc. Whippany.
- ANONYMOUS, 1974."Tahıllar, Baklagiller ve Bunların Ürünleri-Kül Tayini Standardı (TS 1511)", TSE Yayını ANKARA
- ANONYMOUS, 1976. "Bisküvi Standardı (TS 2382)", TSE Yayını, Ankara.
- ANONYMOUS, 1977." İ ve Unlu Mamuller" , DPT-IV.Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu " Raporu, Ankara.
- ANONYMOUS, 1983." Operating Manual For the Ox-Tran 100 Twin", Mocon, Modern Controls, Inc., Minneapolis, Minnesota.
- ANONYMOUS, 1984 a."Ambalajlama-Genel İlkeler, Bölüm : 3, Ambalajların İşaretlenmesi ve Etiketlenmesi "(TS 4331)", TSE Yayını, Ankara.



- ANONYMOUS, 1984 b. "Barrier Co-extrusion Options", Packaging 29; 70-72
- ANONYMOUS, 1985 a. "Packaging Encyclopedia and Yearbook", Cahners Publication, Denver, Vol. 30, No, 4 64 F-65.
- ANONYMOUS, 1985 b. "Product Storage Stability Based on Permeability of the Package System", Seminer Notlari, School of Packaging, MSU, E. Lansing.
- ANONYMOUS, 1985 c. "Shelf Life Calculations", Seminer Notlari, School of Packaging, MSU, E. Lansing.
- ANONYMOUS, 1986 a. " Standard Test Method For Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor ASTM D 3985-81", Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol. 8.03, 387-394.
- ANONYMOUS, 1986 b. "Shelf-life Determination of Food", UNIDO Technical Report, Vienna.
- ANONYMOUS, 1986 c. " Manuals of Food Quality Control" Vol 7. Food Analysis; General Techniques, Additives, Contemirants and Composition-FAO Food and Nutrition Paper, Rome.
- ANONYMOUS, 1987 a. " Standard Test Methods For Water Vapor Transmission of Materials ASTM E 96-80", Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol.15.09, 893-902.
- ANONYMOUS, 1987 b. "Gıda Sanayi Özet Raporu ", T.C.San. ve Tic. Bakanlığı, I. Sanayi Şurası, Ankara.

- CAIMS, J.A., OSWIN, C.R. ve PAINE, F, A., 1974."Packaging For Climatic Protection ", Butterworth ve Co.Ltd., London.
- CHARALAMBOUS,G. 1986." The Shelf Life of Foods and Beverages", Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- DEMAN,J.M.1980."Principles of Food Chemistry",The Avi Publishing Co.Inc. Westport, Connecticut.
- DUCKWORTH, R.B., 1975. " water Relations of Foods", Academic Press, London.
- EKŞİ,A.,1986. "Gıda Ambalajlarında Geçirgenlik Özellikleri", Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, Ambalaj Özel Sayı VI, Türk Standardları Yayını, Ankara
- EKŞİ,A. ve Tarhan,G. 1986." Gıda Ambalajlamada Yeni Eğilimler", Gıda Teknolojisinde Gelişmeler Sempozyumu, ODTÜ-Gıda Müh. Bölümü, Ankara, 130-139
- GUISE,B., 1987. " Polypropylene As A Packaging Film", Grange Press, Sussex, 10-16
- HANLON,J.F., 1971. "Handbook of Package Engineering", Mc Graw Hill Book Company, New York
- HEISS,R.1980." Verpackung Von Lebensmitteln", Springer Verlag, Berlin.
- HEISS.R. ve EICHNER, K. 1984."Haltbarmachen Von Lebensmitteln, Springer-Verlag, Berlin

- IŞAK., 1983." Gıda ve Besin Maddeleri Analiz Metodları ",  
Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi  
Başkanlığı, Ankara .
- IŞIK,M.N. "Gıdaların Organoleptik Muayene Metodları ", Ta-  
rım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Baş-  
kanlığı, Ankara
- LABUZA,T.P.1982."Shelf-Life Dating of Foods Food and Nut.",  
Press. Westport, Connecticut.
- LABUZA,T.P. ve SCHMIDL,M.K.,1985."Accelerated Shelf-Life  
Testing of Foods', Food Technology, Vol :39;57-64.
- MATHLOUHI,M., 1986."Food Packaging And Preservation Theory  
And Practice", Elsevier Applied Science Publishers,  
London.
- KIERMEIER,F.ve HAEVECKER,U.1972."Sensorische Beurteilung Von  
Lebensmitteln",J.F.Bergman, München.
- ÖZKAYA.,SEÇKİN,R. ve ERCAN,R., 1984"Bazı Bisküvi Çeşitlerinin  
Kimyasal Özellikleri ile Mineral ve Vitamin İçerikleri  
Üzerinde Araştırmalar"Gıda Dergisi, 9;245-251.
- PAINE,F. ve PAINE,H.Y.,1983." A Handbook of Food Packaging",  
Leonard Hill, Glasgow.
- PALA,M. ve SAYGI,B.,1983." Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki  
Önemi, Gıda 8, 33-39.
- PALLING,S.J.1980."Developments in Food Packaging-1"Applied  
Science Publishers Ltd,London.

- SACHAROW, S. ve GRIFFIN, R.C., 1980. "Principles of Food Packaging",  
The Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- SMITH, W.H., 1972. "Biscuits, Crackers and Cookies", Applied  
Science Pub. Ltd., Vol: 1, 737, London.
- SRIVATSA, A.N., SUBRAMANIAN, V. ve SHARMA, T.R., 1986. "Packaging  
of Food Products", Indian Institute of Packaging,  
Andheri (East) Bombay.
- TARHAN, G., 1987. "Ambalajlı Gıdalarda Raf Ömrü Tayini".  
Söğem Yayını (Teksir), Ankara.
- TEMEUR, N., 1986. "Vakum Ambalajlı Sosiste Raf Ömrü Tayini", Stan-  
dard Ekonomik ve Teknik Dergisi, Ambalaj Özel Sayı  
VI, Türk Standardları Enstitüsü Yayını, Ankara.
- THOMPSON, W.R., 1987. "Polypropylene", Modern Plastics Encyclopedia,  
Mc Graw Hill, Clinton, Vol. 63. No 10A, 72-74.
- VARSANYI, I., 1986. "Principles of Shelf-Life Determination of  
Packed Food", Standard Ekonomik ve Teknik Dergisi,  
Ambalaj Özel Sayı VI, Türk Standardları Enstitüsü  
Yayını, Ankara.
- WIBBENS, R.L., 1985. "Films, Polypropylene Oriented", Packaging  
Encyclopedia and Yearbook, Cahners Publication,  
Denver, 62-63.
- YİĞİT, V., 1986. "Ekmeğin Su Aktivitesi ve Ambalajlamadaki Rolü",  
Standard Özel Sayı VII, Türk Standardları Enstitüsü  
Yayını, Ankara.
- YOKOYAMA 1985. "Plastics Packaging Films", Jica Publication, Tokyo.

EK - 1

23°C sıcaklık ve % 55 nemde raf ömrünün matematik istatistiksel yöntemle hesaplanması :

<u>Veri</u>	<u>x(gün)</u>	<u>y(Kalite değeri)</u>
	7.....	3.60
	22.....	3.72
	37.....	4.29
	52.....	4.45
	67.....	4.48
	82.....	4.78
	97.....	4.84
	112.....	4.87
	127.....	5.58

a) Lineer Regresyon :

$$B = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2}$$

$$A = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$n = 9 \quad \sum x = 603 \quad \sum y = 40.61$$
$$\bar{x} = 67 \quad \bar{y} = 4.512$$

$$\sum x^2 = 53901 \quad \sum xy = 2912.87 \quad \sum y^2 = 186.20$$

$$\sum(x-\bar{x})^2 = 13500$$

$$\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y}) = 192$$

$$\sum(y-\bar{y})^2 = 2.962$$

$$B = \frac{192}{13500} = 0.0142$$

$$A = 4.512 - (0.0142)(67)$$

$$A = 3.56$$

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2) (n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r = \frac{9(2912.87) - (603)(40.61)}{\sqrt{(9(53901) - 603^2) (9(186.20) - 40.61^2)}}$$

$$r = 0.9606$$

Varyans analizi :

$$s^2 = \frac{S_R}{n-2}$$

$$S_R = \sum (y - \bar{y})^2 - b^2 \sum (x - \bar{x})^2$$

$$= 2.962 - (0.0142)^2 (13500)$$

$$= 0.2399$$

$$s^2 = \frac{0.2399}{9-2} = 0.0343 \quad s = 0.185$$

$$\text{Standard Hata (A)} = s \left( \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x-\bar{x})^2} \right)^{1/2} = 0.123$$

$$\text{Standard Hata (B)} = \frac{s}{\sqrt{\sum (x-\bar{x})^2}} = \frac{0.185}{\sqrt{13500}} = 1.59 \times 10^{-3}$$

$$\text{Standard Hata}(\bar{y}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.185}{\sqrt{9}} = 0.062$$

Belirlenen Değerin Varyansı ve Güvenilirlik Limitleri :

$$\hat{y}_0 = \bar{y} + B (x_0 - \bar{x})$$

$$\hat{V}(\hat{y}_0) = \left( \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum (x - \bar{x})^2} \right) s^2$$

$$\hat{V}(\hat{y}_0) = \left( \frac{1}{9} + \frac{(x_0 - 67)^2}{13500} \right) 0.0343$$

$$\text{Serbestlik Derecesi (S.D)} = 9 - 1 = 8$$

$$x_0 = 22$$

$$y_0 = 4.512 + 0.0142 (22 - 67)$$

$$y_0 = 3.873$$

$$V(y_0) = \left( \frac{1}{9} + \frac{(22 - 67)^2}{13500} \right) 0.0343$$

$$V(y_0) = 8.956 \times 10^{-3}$$

$$\text{Güvenilirlik Limitleri (G.L)} = y_0 + t_{\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\hat{y}_0)}$$

% 95 Güven seviyesinde  $t_{\alpha/2} = 2.306$

$$\text{G.L} (x_0 = 22) = 3.873 + 2.306 \sqrt{8.956 \times 10^{-3}}$$

$$\text{G.L} (x_0 = 127) = 5.365 + 2.306 \sqrt{0.0129}$$

$$\text{G.L} (x_0 = 127) = 5.102 - 5.626$$

$$\text{G.L}(x_0 = 22) = 3.655 - 4.091$$





Logaritmik Regresyon :

$$B = \frac{n\sum(y\ln x) - \sum \ln x \sum y}{n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} = 0.596$$

$$A = \frac{\sum(\ln x)^2 \sum y - \sum \ln x \sum(y\ln x)}{n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} = 2.169$$

$$r = \frac{n\sum y \ln x - \sum \ln x \sum y}{\sqrt{(n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}} = 0.913$$

Eksponensial Regresyon :

$$B = \frac{n\sum x \ln y - \sum x \sum \ln y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = 3.187 \times 10^{-3}$$

$$A = \frac{\sum x^2 \sum \ln y - \sum x \sum x \ln y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} = 3.613$$

$$r = \frac{n\sum x \ln y - \sum x \sum \ln y}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum (\ln y)^2 - (\sum \ln y)^2)}} = 0.959$$

Üslü Regresyon :

$$B = \frac{n\sum(\ln x)(\ln y) - \sum(\ln x)\sum(\ln y)}{n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} = 0.137$$

$$A = \frac{\sum(\ln x)^2\sum(\ln y) - \sum(\ln x)\sum(\ln x \ln y)}{n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} = 2.61$$

$$r = \frac{n\sum(\ln x)(\ln y) - \sum(\ln x)\sum(\ln y)}{\sqrt{(n\sum(\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2)(n\sum(\ln y)^2 - (\sum \ln y)^2)}} = 0.934$$

**T. C.**  
**YÜKSEKÖĞRETİM KURUMU**  
**Dokümantasyon Merkezi**