

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİNDE  
ADSORBANT KULLANIMININ  
KIZARTMALIK YAĞLARIN  
KULLANIM SÜRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Özge ÖNDER**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Fahri YEMİŞÇİOĞLU**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Bilim Dalı Kodu: 614.02.00.**

**Sunuş Tarihi: 16 Mart 2011**

**Bornova-İZMİR**

**2011**



Özge Önder tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “Derin Yağda Kızartma İşleminde Adsorbant Kullanımının Kızartmalık Yağların Kullanım Süreleri Üzerine Etkisi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve ..... tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:****İmza****Jüri Başkanı**

:.....

.....

**Raportör Üye**

:.....

.....

**Üye**

:.....

.....



**ÖZET****DERİN YAĞDA KIZARTMA İŞLEMİNDE ADSORBANT  
KULLANIMININ KIZARTMALIK YAĞLARIN KULLANIM  
SÜRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

ÖNDER, Özge

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Fahri YEMİŞÇİOĞLU

Haziran 2011, 109 sayfa

Bu çalışmada, atık yağların kullanım sürelerinin uzatılması amacıyla yağın adsorbant madde ile muamelesinin etkinliği incelenmiştir. Bu amaçla, ev tipi kızartma işlemi ve seçilen 2 restaurantta yapılan kızartma işlemleri sonrasında elde edilen yağa kızartma işlemi sırasında gerçekleşen oksidasyon işlemi sonucunda oluşan oksidasyon ürünlerinin uzaklaştırılması için adsorbant uygulaması yapılmıştır. Önce adsorbant madde olarak son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan sentetik magnezyum silikat çeşitli konsantrasyonlarda kullanılarak farklı tip kızartma işlemleri sonucunda meydana gelen atık yağlardaki etkinliği belirlenmiştir. 3 farklı restaurantta yapılan kızartma işlemleri sonucu elde edilen atık yağlarda magnezyum silikat, aktifleştirilmiş kalsiyum bentonit ve Geohellas Mak 200 Super Flo adsorbantlarının farklı konsantrasyonlardaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Adsorbantların adsorpsiyon performansını değerlendirmek için toplam polar madde, dielektrik sabiti, serbest asit ve Hunter renk analizleri yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Derin yağda kızartma işlemi, Oksidasyon, Adsorbant, Magnezyum silikat, Freundlich izotermi



**ABSTRACT**

**THE EFFECT OF ADSORBANT TREATMENT ON FRYING  
PERFORMANCE OF OILS IN DEEP FAT FRYING**

ÖNDER, Özge

MSc in Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fahri YEMİŞÇİOĞLU

June 2011, 109 pages

Frying is a thermal process, in order to change the physical and sensory characteristics of frying foods. Also it gives the taste, appearance and texture to food. It has widespread use in ready food industry and restaurants. Frying oil is used as a frying media.

Some reactions have occurred in food and oils with effect of temperature during frying. At the beginning of this reaction, oxidation reaction takes place. As a result of oxidation, oil become unusable due to oxidation products. The amount of waste frying oils is too much, that's is a big problem for the environment. Using of adsorbant is a method in order to prolong the use of waste oils.

**Keywords:** Deep frying, Oxidation, Adsorbant, Magnesium silicate, Freundlich isotherm



**İÇİNDEKİLER**

ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Derin Yağda Kızartma İşlemi.....	3
2.2 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Yağda Oluşan Reaksiyonlar.....	4
2.2.1 Oksidasyon.....	5
2.2.1.1 Oksidasyon Aşamaları.....	5
2.2.2 Kızartma İşlemi Sırasında Yağda Oluşan Reaksiyonlara Etki Eden Etmenler.....	8
2.3 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Yağda Meydana Gelen Değişimler...9	
2.4 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Gıdada Meydana Gelen Değişimler.11	
2.5 Derin Yağda Kızartma İşleminin Beslenme Ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi.....	12
2.5.1 Beslenme Üzerine Etkisi.....	12

**İÇİNDEKİLER (devam)**

2.5.2 Sağlık Üzerine Etkisi.....	13
2.6 Kızartmalık Yağların Oksidasyon Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	14
2.6.1 Kızartmalık Yağların Oksidasyon Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	14
2.6.1.1 Fiziksel Analiz Yöntemleri.....	14
2.6.1.2 Kimyasal Analiz Yöntemleri.....	15
2.7 Derin Yağda Kızartma İşlemi ile İlgili Yasal Düzenlemeler.....	19
2.8 Kızartmalık Yağların Adsorpsiyon ile Geri Kazanılması.....	21
2.8.1 Adsorpsiyon Mekanizması.....	21
2.8.1.1 Fiziksel Adsorpsiyon.....	22
2.8.1.2. Kimyasal Adsorpsiyon .....	23
2.8.1.3 Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyon Arasındaki Farklar .....	23
2.8.1.4 Adsorpsiyon Denklemleri .....	24
2.8.2 Adsorbantlar .....	25
2.8.2.1. Sentetik Magnezyum Silikat .....	26
2.8.2.2. Aktifleştirilmiş Kalsiyum Bentonit .....	26
2.8.2.3. Geohellas Mak 200 Super Flo .....	27

**İÇİNDEKİLER (devam)**

2.9. Rejenerasyon .....	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	29
3.1. Materyal .....	29
3.1.1 Ev tipi kızartma işlemi .....	29
3.1.1.1. İşlem .....	29
3.1.2 Sanayi tipi kızartma işlemi .....	32
3.1.2.1 İşlem .....	32
3.1.3 Analiz Planı .....	33
3.1.3.1 Örneklerin kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonu açısından değerlendirilmesi .....	33
3.1.3.2 Örneklerin adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu açısından değerlendirilmesi .....	33
3.2 Yöntem .....	34
3.2.1 Yapılan analizler .....	34
3.2.1.1 Yüzde Asitlik Tayini .....	34
3.2.1.2 Toplam Polar Madde Tayini .....	35
3.2.1.3 Dielektrik Sabiti Tayini .....	36
3.2.1.4 Renk Analizi .....	36

**İÇİNDEKİLER (devam)**

4. BULGULAR .....	38
4.1. Yüzde asitlik .....	38
4.1.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun % asitlik açısından değerlendirilmesi.....	38
4.1.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının % asitlik açısından değerlendirilmesi.....	45
4.2 Renk Analizi .....	51
4.2.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun renk değerleri açısından değerlendirilmesi.....	51
4.2.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının renk değerleri açısından değerlendirilmesi.....	58
4.3 Toplam Polar Madde .....	67
4.3.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun toplam polar madde açısından değerlendirilmesi.....	67
4.3.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının toplam polar madde açısından değerlendirilmesi.....	74
4.4 Dielektrik Sabiti .....	79
4.4.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun dielektrik sabiti açısından değerlendirilmesi.....	79
4.4.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının dielektrik sabiti açısından değerlendirilmesi.....	85

**İÇİNDEKİLER (devam)**

4.5 Yüzde asitlik ve Dielektrik sabiti değerleri için Freunlich izoterm eğrilerinin oluşturulması.....	90
5. TARTIŞMA .....	101
6.SONUÇ .....	105
KAYNAKLAR.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	109



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kızartma işlemi .....	3
2.2. Kızartma sırasında yağda meydana gelen değişimler .....	4
2.3. Oksidasyon mekanizması .....	6
2.4. Oksidatif tepkimelerin sürenin fonksiyonu olarak gelişimi .....	8
3.1a Magnezyum silikat ekleme .....	31
3.1b Süzüntülerin toplanması .....	31
3.2. Testo 265 Kızartma Yağı Test Cihazı ile ölçüm .....	35
3.3. Dielektrik sabiti ölçüm cihazı .....	36
3.4. Hunter renk ölçüm cihazı .....	37
4.1. Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi .....	39
4.2 Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki % asitliknin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	40
4.3 Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	41
4.4. Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	42

4.5.	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	44
4.6.	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	45
4.7	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	47
4.8	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	49
4.9	Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	51
4.10	Ev tipi kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	52
4.11	Ev tipi kızırtma iŒleminde atık yağdaki renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	53
4.12	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	54
4.13	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	55
4.14	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	56
4.15	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	57
4.16a	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	60

4.16b	Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	60
4.16c	Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	61
4.17a	Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	63
4.17b	Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	63
4.17c	Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	64
4.18a	Restaurant C'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	66
4.18b	Restaurant C'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	66
4.18c	Restaurant C'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	67
4.19	Ev tipi kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	68
4.20	Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	69
4.21	Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	70
4.22	Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	72

4.23	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	73
4.24	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	74
4.25	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	75
4.26	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	77
4.27	Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	78
4.28	Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	80
4.29	Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	81
4.30	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	82
4.31	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	83
4.32	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	84
4.33	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	85
4.34	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	86

- 4.35 Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....88
- 4.36 Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....89
- 4.37 Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....90
- 4.38 Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensen ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....91
- 4.39 Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....91
- 4.40 Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....92
- 4.41 Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensen ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....92
- 4.42 Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....93
- 4.43 Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....93

- 4.44 Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....94
- 4.45 Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi.....94
- 4.46 Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....95
- 4.47 Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....96
- 4.48 Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....96
- 4.49 Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....97
- 4.50 Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....97
- 4.51 Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....98
- 4.52 Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....98

- 4.53 Restaurant C’de gerekleſen kızırtma iſlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....99
- 4.54 Restaurant C’de gerekleſen kızırtma iſlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi.....99
- 5.1 Magnezyum silikat konsantrasyonuna bağlı olarak yağdaki renk deđiſimi.....104



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kızartma işlemi sırasında yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler.....	10
2.2. Kızartma yağının sağlık üzerine etkisi.....	13
2.3. Fiziksel Analiz Yöntemleri.....	14
2.4. Kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	19
2.5. Bazı Avrupa ülkelerinde kızartma yağları için limitler .....	20
2.6. Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon arasındaki farklar.....	24
2.7. Yapılan çalışmalar.....	28
3.1. Enerji ve Besin Öğeleri (100 g'da).....	29
3.2. Toplam polar maddenin sıcaklıkla değişimi.....	35
4.1 Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	39
4.2 Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	40
4.3 Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	41

4.4	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	42
4.5	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	43
4.6	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	44
4.7	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	46
4.8	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	48
4.9	Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	50
4.10	Ev tipi kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	52
4.11	Ev tipi kızırtma iŒleminde atık yağdaki renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	53
4.12	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	54
4.13	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	55
4.14	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin kızırtma sayısına bağlı deđiŒimi.....	56
4.15	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deđiŒimi.....	57

4.16	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	59
4.17	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	62
4.18	Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	65
4.19	Ev tipi kızırtma iŒleminde toplam polar maddenin kızırtma sayısına bağlı deęiŒimi.....	68
4.20	Ev tipi kızırtma iŒleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	69
4.21	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar maddenin kızırtma sayısına bağlı deęiŒimi.....	70
4.22	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	71
4.23	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar maddenin kızırtma sayısına bağlı deęiŒimi.....	72
4.24	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	73
4.25	Restaurant A’da gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	75
4.26	Restaurant B’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	76
4.27	Restaurant C’de gerekleŒen kızırtma iŒleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı deęiŒimi.....	78

4.28	Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	79
4.29	Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	80
4.30	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	81
4.31	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	82
4.32	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi.....	83
4.33	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	84
4.34	Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	86
4.35	Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	87
4.36	Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi.....	89
4.37	Dielektrik sabiti değerleri için K ve n değerleri.....	95
4.38	Yüzde asitlik değerleri için K ve n değerleri.....	100

## 1. GİRİŞ

Günümüzde atıklar çevre için önemli bir sorun oluşturmaktadır. Atık kızartma yağları da çevreyi olumsuz etkileyen atıkların başında gelmektedir. Avrupa Birliğinde (EU) toplanan yemeklik atık kızartma yağlarının miktarı tahmini olarak yılda yaklaşık 700.000 – 1.000.000 ton' dur (Uslan ve ark., 2007). Bu miktar doğrudan doğaya bırakılmayacak kadar çoktur. Bundan dolayı atık yağların geri dönüşümü veya kullanım sürelerinin uzatılması çevre için çok önemlidir. Ayrıca gıda kaynaklarının etkin kullanımı için de çok önemlidir.

Yağın, nem ve oksijenin bulunduğu bir ortamda kızartma sıcaklığına kadar ısıtılması ile oluşan oksidatif ve hidrolitik tepkimeler ile uçucu karbonilli bileşikler, kısa zincirli asitler,oksi asitler, keto asitler, epoksi asitler ve alkoller oluşur. Bunlar da tat ve koku bozulması yanında dönme ve renk koyulaşmasına neden olurlar. Bu nedenle renk, köpüklenme ve viskozite kızartmanın durdurulmasının belirlenmesi için temel kriterlerdir. Toplam polar madde analizi de kızartma yağlarının durumunun değerlendirilmesi için kullanılan en önemli analizdir.

Yabancı maddeler de yağın bozulmasını hızlandırmaktadır. Özellikle gıdada kızartma etkisiyle oluşan kırıntı serbest yağ asidi oluşumunu hızlandırmaktadır. Uzun süre kullanım sonunda siyah bir hale gelmiş yağ; ısı transferini engellemekte ve gıdanın görünüşünde bozukluklara neden olmaktadır (Blumenthal, 1996).

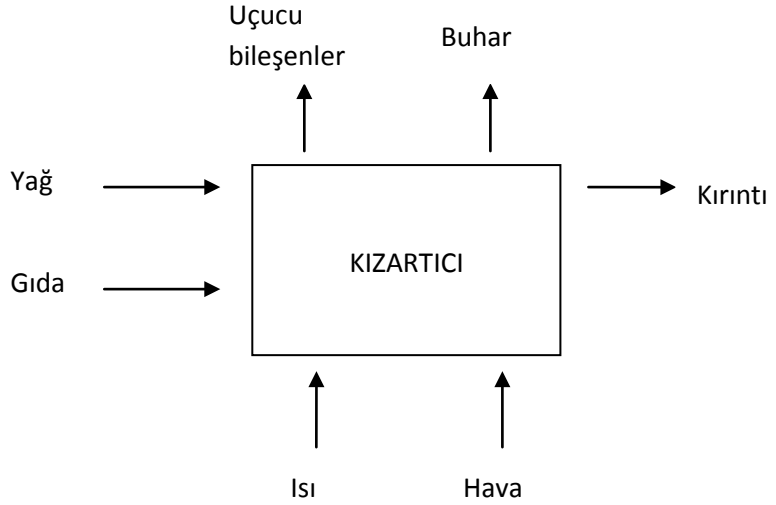
Pasif ve aktif filtrasyon sistemleri kızartma sonucu yağda oluşan istenmeyen maddeleri uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Pasif sistemde filtrasyon yardımcı maddesiyle kaplanmış çelik elek sistemler kullanılarak filtrasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde 5  $\mu$ 'dan büyük parçacıklar uzaklaştırılmaktadır. Ancak aktif filtrasyon sisteminde adsorbant kullanımı söz konusudur. Bu nedenle daha etkin bir sistemdir. Aktif sistemde aktifleştirilmiş karbon, kalsiyum silikat, magnezyum silikat, diatome toprağı ve silika gibi adsorbant maddeler kullanılmaktadır.

Adsorbantlarla yapılan alışmalarda kızartma sonrasında yağa eklenen adsorbantın yağın rengi, toplam polar maddesi ve asitliğinde önemli miktarda düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde yağın kullanım süresinin de uzadığı görölmüştür.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Derin Yağda Kızartma İşlemi

Derin yağda kızartma bir gıda maddesinin kızgın yağda pişirilmesi olarak tanımlanmıştır (Alım, 1978). Derin kızartma; ısı iletim ortamının tüm yağ kütlesi olduğu; başka bir deyişle gıdanın tamamının ya da tamamına yakınının yağın içine daldırıldığı bir işlemdir. Kızartma işlemi gıda maddesinin yüksek sıcaklıkta yağ içerisinde hızlı bir buhar distilasyonu sonucunda dehidrasyona uğradığı ve yağ ile gıda maddesi arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle yüzeyde daha sert, iç kısımlarda ise daha nemli ve yumuşak bir yapının olduğu bir pişirme tekniğidir. (Franke ve Reimerdes, 2004) Bu işlemde ısı ve kütle iletimi birlikte yürür. Isı yağdan gıdaya transfer olurken; su buharlaşır ve yağ gıda tarafından absorplanır. Bu işlem Şekil 2.1’ de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Kızartma İşlemi

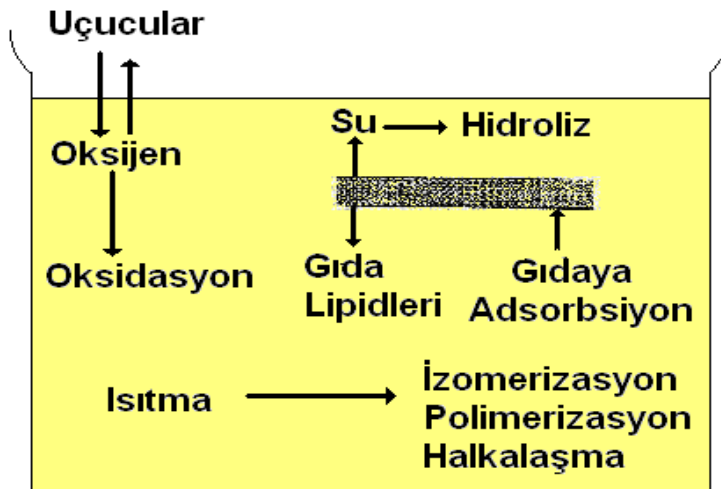
Kızartma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklıkla (160-180°C); gıdadaki suyun büyük kısmı uçurularak hedeflenen renk, lezzet, doku ve kabuk yapısı gibi özelliklere ulaşılır. Ayrıca bu sayede büyük ölçüde mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu da sağlanır. Gıda maddesinde meydana gelen aromatik ve tekstürel değişikliklerin yanı sıra kızartma işleminin hızlı ve verimli bir pişirme yöntemi

olması, endüstriyel bir gıda hazırlama tekniği olarak tercih edilmesini sağlamaktadır (Franke ve Reimerdes, 2004).

Gıda, sıcak yağın içine daldırıldığında, gıdanın yüzey sıcaklığı yağın sıcaklığına kadar yükselirken; gerçekleşen ısı transfer hızı, gıda ile yağ arasındaki sıcaklık farkına ve kızartılan gıdanın ısı transfer katsayısına bağlıdır. Bu sıcaklık değişimi sırasında gıdanın bünyesindeki su, buharlaşarak uzaklaşmaya başlar. Kısa süre sonunda gıdanın yüzeyinde oluşan kuruma sonucu, içe doğru ilerleyen bir kabuk oluşumu gerçekleşir. Oluşan kabuk değişik çaplarda kapiler kanallar içeren gözenekli bir katmandır. Gıdadan uzaklaşan su buharı, özellikle geniş çaplı gözeneklerden uzaklaşırken oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulur. Buhar, gıda yüzeyinde yağdan oluşan ince film tabakasını aşarak distile olur. Bu film tabakasının kalınlığı yağın viskozitesine bağlıdır ve ısı transfer hızını belirlemektedir. Bu arada gıda maddesi içinde oluşan su buharı basıncı, kızartma süresinde gerçekleşen nem kaybını etkileyen en önemli faktördür (Anon, 2008).

## 2.2 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Yağda Oluşan Reaksiyonlar

Kızartma işlemi sırasında yüksek sıcaklığa tabi tutulan yağ, ortamda bulunan hava ve nemin de etkisiyle oksidasyon, hidroliz ve polimerizasyon gibi çeşitli kimyasal değişimlere uğramaktadır. Kızartma sırasında yağda oluşan değişimler Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2. Kızartma sırasında yağda meydana gelen değişimler

## 2.2.1 Oksidasyon

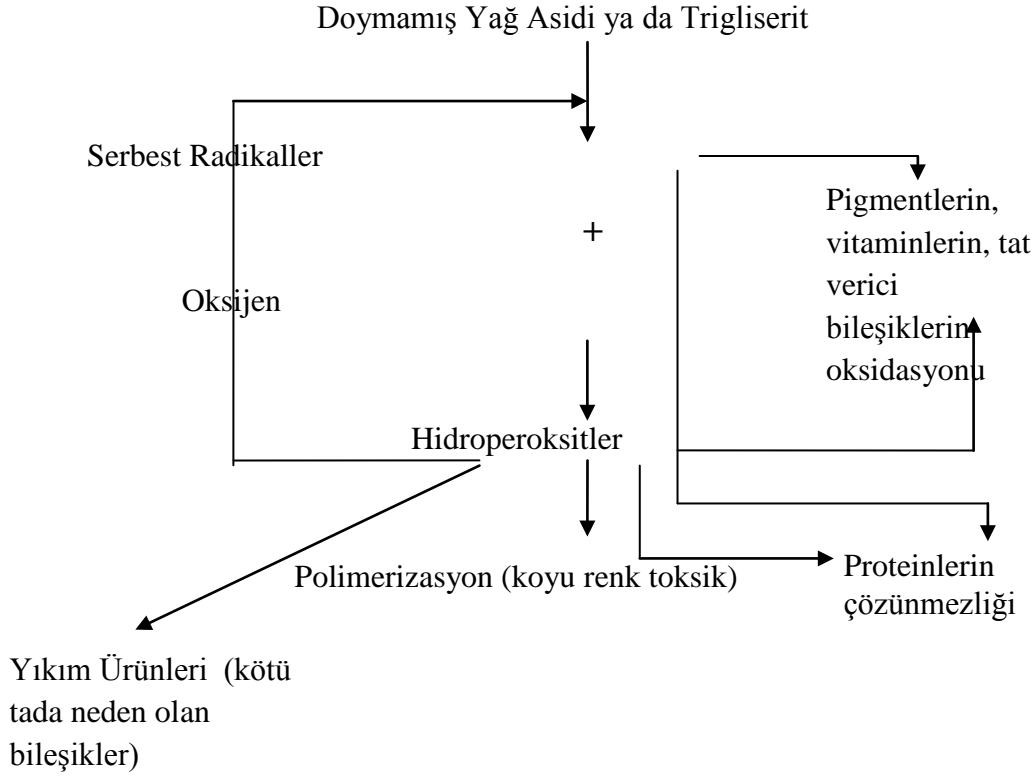
Oksidasyon yağlardaki çift bağların havadaki oksijen ile tepkimeye girmesi olarak ifade edilen bir bozunma reaksiyonudur. Yağların raf ömrünü belirleyen temel ölçütlerden biri olan otooksidasyon yavaş seyreden bir reaksiyondur. Ancak kızartma işleminde uygulanan yüksek sıcaklık, yağın hızla bozunduğu ısıl (termal) oksidasyona yol açmakta ve yağ kısa sürede bozularak atık haline gelmektedir. Oksidasyon ürünlerini yüksek miktarda içeren yağlarda kızartılan gıda maddeleri absorpsiyon yoluyla bu bileşikler bünyesine almakta ve kızartılan ürünün renk, tat ve koku gibi duyuşal özelliklerinde olumsuz değişmeler meydana gelmektedir. Gıda maddesinde yoğunlaşan bu bileşikler sağlığa zararlı unsurları da içerdii için tüketilmeleri insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

### 2.2.1.1 Oksidasyon aşamaları

Oksidasyon reaksiyonu; zincirleme bir tepkime olup üç aşamada gerçekleşir.

- Birinci aşamada; yağda çözünmüş halde bulunan oksijen yağdaki çift bağlara bağlanarak epoksitler, peroksitler ve hidroperoksitler meydana gelmektedir.
- İkinci aşamada; oluşan bu bileşikler birleşerek daha büyük yapıdaki viskoz dimerik ve polimerik maddeler meydana gelir (polimerizasyon).
- Üçüncü aşamada; oluşan peroksit ve hidroperoksitler parçalanarak aldehitler, ketonlar, organik asitler ve alkoller meydana gelmektedir.

Şekil 2.3' de yağ oksidasyon mekanizmasının aşamaları görölmektedir. Serbest radikaller, oksijen ile reaksiyona girerek peroksit ya da hidroperoksitlerin oluşumuna neden olur. Fakat peroksitler stabil bileşikler olmadıkları için parçalanırlar ve daha fazla serbest radikal meydana gelerek reaksiyon zinciri başlamış olur (Labuza, 1971).



- Ketonlar
- Aldehitler
- Alkoller
- Hidrokarbonlar
- Asitler
- Epoksitler

Şekil 2.3 Oksidasyon mekanizması

Yağlarda oluşan oksidatif tepkimeler, oluşum şekli ve koşullarına bağlı olarak kimyasal ve enzimatik olabildiği gibi termik, otokatalitik, ya da bunların karışımı şeklinde de ortaya çıkabilmektedir. Bu reaksiyonların başlamasına neden olan iki temel faktör, trigliseridlerin yapısında yer alan doymamış yağ asitleri ve ortamdaki oksijendir. Oksidatif bozulma tepkimelerinden, bir zincirleme oluşum şekli gösteren otooksidatif tepkimeler, oksijen içeren aktif radikallerin oluşumundan itibaren, sürekli yeni aktif radikallerin oluşması şeklinde sürmektedir. Bu oluşan aktif radikallerin peroksitlere dönüşmesinden sonra, yeni aktif radikal oluşumuna neden olmadan hidrojenle birleşmesi, ancak ortamda bulunan antioksidanların tümünün tükenmesine kadar sürmektedir. Ortamdaki antioksidanların tükenmesinden sonraki süreçte tepkimelerin oluşumu ise, ortamdaki serbest peroksitlerin yağın doymamış bileşenlerinden kopardığı

hidrojeni bağlayarak gerçekleşmektedir. Bu oluşum, yağda bulunan yağ asitlerinden yeni aktif radikallerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Otoksidasyonu açıklayan zincir tepkimeleri üç aşamada oluşmaktadır (Kayahan, 2006). Radikal zincir tepkimelerinin ilk aşaması doymamış yağ asitlerinde bulunan allil grubuna (-C=C-) komşu olan karbon atomlarından bir hidrojenin ayrılması ile başlar. Hidrojenin kopması, ilerleyen oksidasyon reaksiyonlarından göreceli olarak daha yüksek aktivasyon enerjisine sahip olduğu için daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu süreye “indüksiyon periyodu” denmektedir.



Serbest radikal oluşumu için hidrojen bağının koparılmasında gerekli olan aktivasyon enerjisinin aşılmasında, ışık, ısı ve metal iyonları katalizör etkisi göstererek reaksiyonun ilerleyişini önemli ölçüde hızlandırmaktadır.

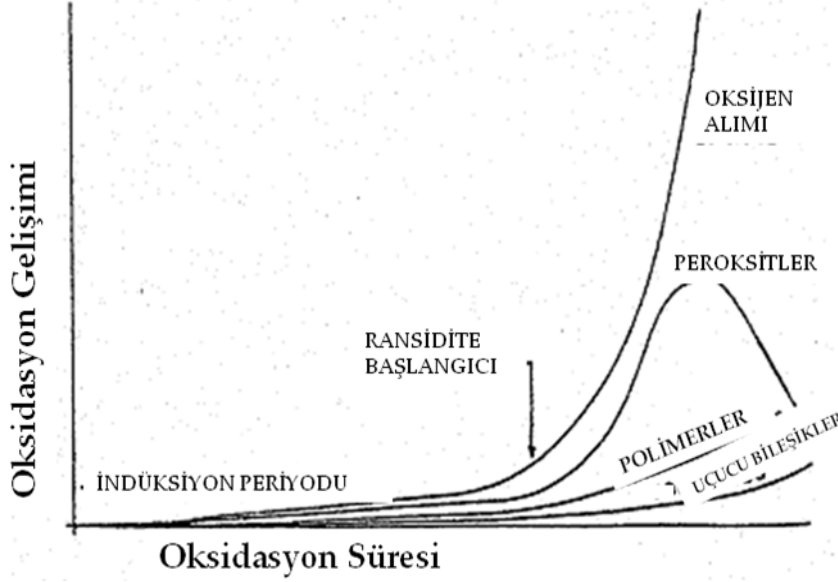
Katılma tepkimelerinin oluşturduğu ikinci aşamada, oluşan bu bileşikler birleşerek daha büyük yapıdaki molekülleri oluştururlar. Radikal zincirindeki katılma tepkimeleri sonucu oluşan hidroperoksitlerin büyük bir kısmı ortamda depolanır. *Polimerizasyon* olarak bilinen bu olay sonucu viskoz yapıdaki dimerik ve polimerik maddeler meydana gelmekte, yağ kuruyan bir yapı kazanmaktadır. Bir kısmı da ikinci derecedeki tepkimelerle parçalanma ürünlerine dönüşerek yeni radikalleri ve peroksit radikallerini vermektedir.



Yeni radikal ve peroksit radikallerinde oluşan bu parçalanma tepkimeleri üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. Hidroperoksitlerin parçalanması sonucu oluşan yeni radikaller, birbirleriyle birleşerek stabil ürünler oluştururlar.

Son aşamada oluşan çeşitlilik oldukça fazladır. Keskin kokulu bileşikler (aldehit ve ketonlar), malon aldehitler, alken ve alkan yapısındaki hidrokarbonlar şeklinde üç ana grupta toplanabilmektedir.

Katılma tepkimelerinin oluşturduğu ikinci aşamada oluşan hidroperoksitler birincil oksidasyon ürünleri; zincir reaksiyonunun üçüncü aşamasında oluşan aldehit, keton ve hidrokarbonlar, ikincil oksidasyon ürünleri olarak adlandırılırlar. Şekil 2.4' de oksidatif tepkimelerin sürenin fonksiyonu olarak gelişimi görülmektedir.



Şekil 2.4 Oksidatif tepkimelerin sürenin fonksiyonu olarak gelişimi

### 2.2.2 Kızartma işlemi sırasında yağda oluşan reaksiyonlara etki eden etmenler

#### Yağ / Gıda / Katkı

- Yağ tipi ve kalitesi
- Kızartılacak gıdanın bileşimi, yüzey alanı, kaplama materyali kullanımı
- Yağdaki bozunma ürünleri
- Antioksidanlar
- Köpük önleyici katkıları

### İşlem

- Yağ sıcaklığı
- Kızartma süresi
- Yağın hava ile temas yüzeyi
- Kızartma ekipmanı
- Kızartma hızı
- Yeni yağ ilavesi
- Filtrasyon uygulaması
- Ekipman temizliği

### **2.3 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Yağda Meydana Gelen Değişimler**

Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen derin yağda kızartma işleminde hava ve nem varlığıyla yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri; hidroliz, oksidasyon ve ısıl değişimler nedeniyle oldukça değişir ve bunlar yağın fonksiyonel, duyu ve besleyici özelliklerini etkiler. Bu bozulma reaksiyonlarına gıdanın bileşimi, gıdanın su oranı, kızartma derecesi, yağın kompozisyonu gibi faktörler etki etmektedir (Ramadan, 2007).

Kızartma işlemi sırasında, çeşitli reaksiyonlar sonucu fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler Çizelge 2.1’ de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.1** Kızartma işlemi sırasında yağda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler

<b>Fiziksel Değişimler</b>	*Viskozite artar
	*Renk koyulaşır
	*Köpük oluşumu görülür
	*Dumanlanma noktası azalır
<b>Kimyasal Değişimler</b>	*Serbest yağ asitleri, karbonil bileşikleri, yüksek molekül ağırlıklı bileşikler artar
	*Doymamış yağ asitleri azalır
	*Duyusal özelliklerde değişiklikler görülür
	*Esansiyel yağ asitleri azalır

Kızartılan gıdada nemin bulunması, yağın hidrolizle olması sonucu serbest yağ asitlerinin, mono ve digliseridlerin ve gliserinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Ortamda nemin bulunması yağın üzerinde buhar tabakası oluşturarak yağın hava ile temasını engellemekte, peroksitlerin, tat ve koku bileşenlerinin yağdan uzaklaşmasına neden olarak, kızartılan yağda bu bileşenlerin birikmesini önlemektedir (Stevenson ve ark, 1984).

Yüksek sıcaklıklarda hızlanan oksidasyon sonucunda oluşan hidroperoksitler degradasyona uğrayarak önemli parçalanma ürünlerini oluştururlar. Parçalanma sonucu aldehitler, alkoller, asitler, kızartmada kullanılan yağın rengini karartan ve tat değişimlerine neden olan hidrokarbonlar meydana gelmektedir. Dehidrasyon yolu ile ketonlar, dimerler, trimerler, epoksitler, alkoller ve hidrokarbonların

serbest radikalleri oluşmaktadır. Bu oluşan bileşenler kızartılan yağın kalitesinde değişikliklere neden olmaktadır (Stevenson ve ark, 1984; Fritsch, 1981).

Kızartma sırasında oluşan uçucu parçalanma ürünleri, su buharı yardımı ile yağdan uzaklaşmaktadır (Düzakar, 1995). Ancak az da olsa bir kısmı kalmakta ve kızartılan gıda maddesi ile tüketiciye kadar ulaşmaktadır. Bu bileşiklerin kimyasal yapılarının anlaşılması, insan sağlığı üzerine olan etkilerinin ne yönde olacağını belirlenmesi açısından da önemlidir. Ayrıca derin yağda kızartılan gıdaların duyu özelliklerindeki değişimler, uçucu komponentlerden ileri gelmektedir. Bu nedenle; bu bileşiklerin kimyasal yapılarının bilinmesi, kızartılmış gıdaların tatlarını zenginleştirmek için sentetik tatların geliştirilmesine ya da kızartma işlemine gerek kalmadan üretilen gıdalara kızartma tadını veren yapay tatların geliştirilmesine yardımcı olacaktır (Chang ve ark, 1978).

#### **2.4 Derin Yağda Kızartma İşlemi Sırasında Gıdada Meydana Gelen Değişimler**

Kızartma işlemi sırasında gıdanın bileşiminde meydana gelen ana değişim su ile yağın yer değiştirmesi ile oluşan su kaybıdır. Su sıcak kızartma yağı ile temas ettiğinde hızla buhar fazına geçmektedir (Karakaya, 2009).

Yüzeydeki su miktarı %3'ün altına düştüğünde kabuk oluşumu gözlenir. Kabuk yüzeyi altın sarısı kahverengi arası bir renge sahiptir. Isı etkisi ile ürünlerdeki protein ve şeker arasında oluşan Maillard reaksiyonu veya esmerleşme sonucu bu rengi alır. Esmerleşme derecesi gıdanın kimyasal kompozisyonuna, kullanılan yağın çeşidine ve kızartma sıcaklığı ile süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.(İşçioğlu, 1988)

Gıdanın iç kısmının sıcaklığı suyun kaynama noktasına ulaşmadığı için su kaybı orta düzeydedir. Gıdada suyun buharlaşması nedeniyle oluşan alan, yağ ile dolduğu için gıdanın enerji değerinde artış meydana gelmektedir. Eğer kızartma işleminde taze yağ kullanılmış ise yağda bulunan zorunlu yağ asitleri ve tokoferol gıdaya transfer olan yağ nedeniyle gıdaya geçmekte ve gıdada bu besin öğelerinin konsantrasyonu artmaktadır (Karakaya, 2009 ).

Eğer yağ içeriği zengin gıdalar (ör: Balık, sosis vb.) kızartılırsa, gıdada bulunan yağ kızartma yağına geçmektedir. Balık kızartılmış yağda eikosapentaenoik ve dokosahegzaenoik asitler saptanmıştır. Benzer olarak kolesterolün de kızartma yağına geçtiği belirlenmiştir (Karakaya, 2009 ).

Gıdaların yapısında bulunan lipitlerin dekompozisyonu ise çok düşüktür. Bunun nedeni kızartma işlemi süresinin kısa olması ve gıdanın iç kısmına girebilen oksijenin yetersiz olmasıdır (Karakaya, 2009 ).

Nişasta ve nişasta olmayan karbonhidratlar kızartma işlemi sırasında kısmen tahrip olmakta ve nişasta-lipit kompleksleri oluşmaktadır. Sakaroz ise glukoz ve fruktoza hidrolizlenmekte ve Maillard reaksiyonu için reaktant görevi yapmaktadır (Karakaya, 2009).

Proteinler gıdanın yüzey kısmında hızla, iç kısmında ise oldukça yavaş denatüre olmakta; enzimler ise tamamen inaktive olmaktadır. Eğer protein kızartma tavasının sıcak yüzeyi ile direkt temas halinde olursa dehidrasyon ve piroliz reaksiyonları ile polisiklik aromatik bileşikler oluşmaktadır (Karakaya, 2009).

## **2.5 Derin Yağda Kızartma İşleminin Beslenme ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi**

### **2.5.1 Beslenme üzerine etkisi**

Tokoferoller, C vitamini ve B grubu vitaminleri kızartma işleminde tahrip olmaktadır. Karoten ve karatenoid pigmentleri ise kolaylıkla okside ve polimerize olmaktadır. Bu reaksiyon yağdaki renk değişimiyle takip edilebilmektedir (Karakaya, 2009 ).

Mineraller kızartma işleminden etkilenen besin öğeleri arasında yer almaktadır. Demir ve diğer ağır metaller gıdada genel olarak kompleks formda bulunmaktadır. Bu form kızartma işlemi sırasında kısmen dekompoze olmakta ve

metal iyonları yağa geçerek oksidasyona karşı direncin azalmasına neden olmaktadır (Karakaya, 2009).

Selenyum ve civa türevleri gibi uçucu mineral bileşenler yüksek kızartma sıcaklıklarında kısmen kaybolmaktadır (Karakaya, 2009 ).

### 2.5.2 Sağlık üzerine etkisi

Kızartma işlemi sonucu yağda ve gıdada oluşan bileşikler ve sağlık üzerine etkileri Çizelge 2.2' de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.2** Kızartma yağının sağlık üzerine etkisi

Oluşan Bileşikler	Kaynak	Sağlık Üzerine Etkisi
<i>Trans yağ asitleri</i>	Taze yağ (kısmi hidrojene yağ), Et ürünleri (Yüksek sıcaklıkta uzun süre kızartma)	Toplam kolesterol ve LDL'yi artırırken HDL'yi azaltır (Mensink ve ark., 2002). Kalp-damar hastalıklarına yol açar
<i>Heterosiklik Aminler</i>	Proteince zengin gıdalar (et)	Karsinojen
<i>Akrilamid</i>	170 °C'den büyük sıcaklıkta pişirilen nişastalı gıdalarda (patates kızartması)	Mutajen Karsinojen
<i>Halkalı yapıda yağ asitleri</i> <i>Hidroperoksitler</i> <i>Aldehidler, ketonlar</i>	Kızartma yağı	sitotoksik* <sup>1</sup> , hepatoksik* <sup>2</sup> karsinojen ve mutajenik etkiler

\*1: hücreye toksik şekilde etki edip hücreyi öldüren ya da fonksiyonunu durduran maddelerdir. \*2: karaciğere zehirli etkisi olan

## 2.6 Kızartmalık Yağların Oksidasyon Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Derin yağda kızartma işleminde olduğu gibi, yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalan yağların kalitesinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesinde; bu yağların fiziksel, kimyasal, duyuşal özelliklerinden faydalanılmaktadır. Yağların oksidasyon düzeyini belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerde yağların mevcut oksidasyon düzeyi ve oksidatif stabilitesi belirlenmektedir.

### 2.6.1 Kızartmalık yağların oksidasyon düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

#### 2.6.1.1 Fiziksel analiz yöntemleri

Kızartmalık yağların oksidasyon düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan fiziksel analiz yöntemleri Çizelge 2.3' de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.3** Fiziksel Analiz Yöntemleri

Fiziksel Testler	
Renk	Dumanlanma noktası
Köpürme	Köpük yüksekliği
Dumanlanma Noktası	Viskozite
Kızartılan yağın kokusu	Kızartılan ürünün tadının, kokusunun ve tekstürel yapısının duyuşal olarak test edilmesi
Kullanılan yağın kullanım süresi	Refraktif indeks

### **2.6.1.2 Kimyasal analiz yöntemleri**

Yağlardaki mevcut oksidasyon düzeyinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler iki ana başlık altında toplanmaktadır. İlk grupta toplanan analizler, birincil oksidasyon ürünlerinin, ikinci grup ise ikincil oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemleri oluşturmaktadır.

Birincil oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir.

#### **a. Peroksit sayısı**

Yağdaki hidroperoksit miktarının tespiti, peroksit değeri tayini ile yapılır. Peroksit değeri, 1kg yağın içerdiği oksijenin miliekivalent cinsinden değeridir.

Peroksit değerinin tayininde kullanılan en yaygın metod, yağdaki peroksitler tarafından, potasyum iyodattan üretilen iyot miktarının ölçülmesi ilkesine dayanan, iyodimetrik titrasyon metodudur.

Peroksit değeri yağın kalitesinin belirlenmesinde önemli bir ölçüdür. Yeni rafine edilmiş yağda peroksit değeri 1' den az olmalıdır. Yağlar rafine dildikten sonra belli bir süre depolandıklarında peroksit değeri, 10' un üzerine çıkar ama lezzette bir bozukluk hissedilmez. Bunun sebebi peroksitlerin tek başına lezzete sahip olmamalarıdır. Eğer peroksitler parçalanıp aldehit ve ketonlara dönüşürlerse, lezzet bozuklukları meydana gelir (Cocks, 1966).

Fritsch ve ark. (1979), derin yağda kızartma sırasında yağın bozulma derecesini belirlemek için peroksit sayısının kullanılmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir. Çünkü peroksitler stabil bileşikler olmayıp, karbonil ve hidroksil gibi bileşiklerin oluşumu için ara ürünlerdir. Ancak peroksitler oksidasyonun başlangıcını göstermeleri açısından iyi bir belirteçtir. Bununla birlikte kızartma işlemi devam ettikçe peroksit sayısı zamanla en yüksek pik değerine ulaşmakta ve daha sonra azalmaktadır. Peroksit değerinin belirlenmesinde diğer bir problem de yağ örneği alındıktan sonra kısa süre içerisinde peroksit sayısının çok hızlı şekilde yükselmesidir (Gray, 1978; Stevenson ve ark, 1984).

Peroksit değeri bir yağın oksidasyon derecesini tam olarak belirlemede yetersizdir; çünkü oksidasyonun birinci aşaması olan peroksit oluşumunu; ikinci ve üçüncü derece oksidasyon reaksiyonları izlemektedir. Bu nedenle yağların oksidasyon düzeylerinin saptanması için başka kimyasal ve fiziksel analizlerin uygulanmasına gerek duyulmaktadır.

### **b. Reaktanların değişimi**

Yağlarda gerçekleşen oksidasyon reaksiyonlarının belirlenmesinde, yağ asidi kompozisyonundaki değişim incelenebilmektedir. Bu yöntemin temel prensibi, yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografisinde kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmesidir. Benzer şekilde oksidasyon reaksiyonları sonucu yağlardaki doymuşluğun artması ile iyot sayısında meydana gelen değişim yağların oksidasyonu ile ilgili bilgi vermektedir.

### **c. Ağırlık artışı**

Oksidatif reaksiyonlar sonucu oluşan hidroperoksitler, yağlarda ağırlık artışına sebep olmaktadır. Bu nedenle induksiyon periyodunda ağırlık artışının belirli zaman aralıklarıyla belirlenmesi, yağlarda gerçekleşen oksidatif reaksiyonların bir indikatörü olabilmektedir. Bu yöntemde analiz edilecek yağ örneklerinin eşit düzeyde oksijene maruz kalması gerekmektedir. Yöntemin uzun zaman alması, ısıtma sıcaklığının ölçümler sırasında değişmesi başlıca olumsuz yönleridir.

### **d. Konjuge dienler**

Yağlarda meydana gelen oksidasyon derecesinin belirlenmesinde spektrofotometrik metotlar da kullanılmaktadır. Linoleik asit ve linolenik asit, hidroperoksitlerini oluşturmak için okside olduğunda yapılarında bulunan çift bağlar konjuge olurlar. Konjuge durumdaki asitler UV ışınlarını absorbe ederler. Konjuge dienler 232 nm, konjuge trienler 268 nm dalga boyundaki ışını absorbe ederler.

Plesis ve ark. (1981) yaptıkları çalışmada, patates cipslerinin kızartılması için pamuk yağı ve yerfıstığı yağı kullanmışlardır. Endüstriyel ölçülerde

gerçekleştirilen kızartma işleminde yağlardan alınan örneklerin; UV absorpsiyon, peroksit sayısı ve asit değerlerine bakılmıştır. Kızartma süresi 3 periyoda bölünerek, sonuçlar değerlendirilmiştir. İlk 20 saatte pamuk yağının  $A_{232}$ ,  $A_{268}$ , peroksit sayısı ve % asitlik değerlerinde yerfistığı yağına nazaran daha hızlı bir yükseliş olduğu gözlenmiş, 20. ve 80. saatler arasında ise değerlerdeki artışın yavaşladığı, 80. saatten sonra ise yerfistığı yağına ait değerlerde pamuk yağına nazaran daha hızlı bir artışın olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak derin yağda kızartma işleminde pamuk yağının daha stabil bir yapı gösterdiği ve bu nedenle yerfistığı yağı yerine tercih edilebileceği belirtilmiştir.

Birincil oksidasyon ürünleri stabil bileşikler olmayıp, ikincil oksidasyon ürünlerine parçalanırlar. Bu nedenle peroksitler oksidasyonun başlangıcını göstermeleri açısından iyi bir belirteç olmakla birlikte, mevcut oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde yetersiz bilgi vermektedirler. İkincil oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir;

#### **a. Anisidin değeri**

Okside olmuş yağlarda, peroksitler, karbonil bileşiklerine ve diğer bileşiklere parçalanırlar. Bu ürünlerin miktarları yağdaki aldehitlerin benizidin asetat ile tepkimeye girmesi ilkesine dayanan bir yöntemle belirlenmektedir. Bu yöntemde yağ; iso-oktan çözeltisinde p-anisidin ile muamele edilmekte ve reaksiyon ürünleri spektrofotometrik olarak 350 nm' de tesbit edilmektedir. İyi kalitede bir yağ için anisidin değeri 10'dan az olmalıdır (Cocks, 1966).

#### **b. Totox değeri**

Anisidin değerinin (AV), peroksit değeri ile birlikte ifade edilmesiyle toplam oksidasyon değerini belirten totox değeri elde edilmiştir.

$$\text{Totox değeri} = 2\text{PV} + \text{AnV}$$

Peroksit, anisidin ve totox değeri; iyi bir yağda 10'un altında olmalıdır. Totox değeri yağın geçmiş tarihi (anisidin değeri ile) ve şimdiki hali (peroksit değeri ile) hakkında bilgi verir (Cocks, 1966).

### **c. Tepe boşluğu analizi**

Linoleik ve diğer  $\omega$ -6 yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşan hekzanal bileşiğinin yağdaki miktarının belirlenmesi, son yıllarda kullanım alanı bulan bir metot olmaktadır. Shahidi ve Pegg (1994) pişirilmiş tavuk kıyması ile yaptıkları çalışmada, yağlardaki hekzanal miktarı ve TBA değeri arasında bir korelasyon olduğunu bulgulamışlardır. Balık yağıyla yapılan başka bir araştırmada  $\omega$ -3 yağ asitlerince zengin balık yağlarında oksidatif reaksiyonlar sonucu propanal miktarında bir artış gözlenmiştir.

Yağlarda oksidasyon sonucu oluşan hidrokarbonların belirlenmesi mevcut oksidasyon düzeyi hakkında bilgi vermektedir. (Synder ve ark., 1988) soya yağında termal oksidasyon sonucu kısa zincirli hidrokarbonların oluştuğunu saptamışlardır. Gaz kromatografisi kullanılarak belirlenen pentan miktarı ile duyuşal değerlendirmeler arasında korelasyon saptanmıştır.

### **d. Dielektrik sabiti**

Bitkisel sıvı yağlar yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında oksidasyon reaksiyonları hızlanmaktadır. Bunun sonucunda oksipolimerizasyon ve termik oksidatif bozulmalar meydana gelmektedir. Bu tepkimelerin tümü “termal oksidatif parçalanma” olarak adlandırılmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan yağların kalitesinin belirlenmesinde hızlı sonuç veren test yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemlerden biri yağın parçalanması sonucu oluşan polar maddelerin artması ile yağın dielektrik sabitindeki değişimin saptanması esasına dayanmaktadır.

Yüksek sıcaklıklara maruz kalan yağların kalitelerinin belirlenmesinde; kullanımı kolay, eğitimli kişilere ihtiyaç duyulmayan, laboratuvar koşulları gerektirmeyen yeni test yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemlerden biri de “Food – Oil Sensor Oil Quality Analyzer” aleti yardımı ile yağın dielektrik sabitindeki değişimin saptanmasıdır. Yağın parçalanması sırasında oluşan polar moleküllerin miktarının artması ile yağın dielektrik sabiti de yükselmektedir (Stevenson ve ark., 1984).

Paradis ve Nawar (1981) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar, aletten okunan değerler ile yağdaki polar ve polar olmayan maddeler arasında net bir denge olduğunu göstermektedir. Okumalarda pozitif değerlere; nemin, okside olmuş dimerik bileşiklerin, polar uçucu maddelerin, digliseridlerin, negatif değişikliklere ise; serbest yağ asitlerinin, hidrodimer asitlerin ve polar olmayan uçucu bileşiklerin neden olduğu vurgulanmıştır.

Fritsch ve ark. (1979) yapmış oldukları denemelerde, “Food Oil Sensor” aletini kullanarak yağ örneklerinin dielektrik sabitlerini ölçmüşlerdir. Denemeler; soya yağı, hayvansal – bitkisel şortening ve hidrojene bitkisel şortening olmak üzere üç değişik yağ çeşidi kullanılarak yapılmıştır. Denemeler iki grup halinde gerçekleştirilmiştir. İlk grupta örnekler 4 gün boyunca 8 saat süre ile 190<sup>0</sup>C ye kadar ısıtılarak patateslerin kızartılması amacıyla kullanılmış, dördüncü günde bu yağlar 8 saat süre ile 190<sup>0</sup>C de sadece ısıtılmışlardır. İkinci grupta ise örnekler yine 4 gün boyunca 8 saat süre ile 190<sup>0</sup>C ye yalnızca ısıtılmışlardır. Periyodik olarak alınan örneklerin dielektrik sabiti, serbest yağ asitleri içeriği, peroksit değeri, % dienoik asit içeriği, toplam polar madde miktarı, köpük yüksekliği, iyot sayısı, aktif oksijen metodu ile indüksiyon periyodu ve nem gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

## 2.7. Derin Yağda Kızartma İşlemi ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Türkiye' de kızartma yağlarına ilişkin ilk düzenleme 28 Ağustos 2007 tarihli Resmi Gazete' de yayınlanmış ve yayınlandığı tarihte yürürlüğe girmiştir. Bu tebliğde yalnızca polar madde miktarı ve dumanlanma noktasına ilişkin limitler belirtilmiştir. Bu limitler Çizelge 2.4'de gösterilmektedir (Resmi Gazete, Sayı: 26627, No: 2007/41).

**Çizelge 2.4** Kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özellik	Limit
Polar Madde	≤ % 25
Dumanlanma Noktası	> 170 °C

Ülkemiz mevzuatında yağ ürünlerinin etiketlenmesine yönelik düzenlemeler bulunmaktadır. Avrupa Parlamentosu, 2001 yılında yayınladığı bir direktifle; kullanılmış kızartma yağlarının hayvan yemi üretiminde kullanılmasını yasaklayarak, söz konusu toksik maddelerin gıda zincirinden çekilmesini sağlamıştır.

Türkiye’de de 2005 yılında yürürlüğe giren Çevre ve Orman Bakanlığının "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" uyarınca aynı yasak uygulanmaya başlanmıştır. Kullanılmış kızartma yağlarına ilişkin olarak, Avrupa ülkelerinin yönetmeliklerinde de bazı limitler kullanılmaktadır ve bu limitlerden bazıları Çizelge 2.5’ de gösterilmiştir.

**Çizelge2.5** Bazı Avrupa ülkelerinde kızartma yağları için limitler (Fox, 2001).

Limitler	Avusturya	Belçika	Fransa	Almanya	İtalya	Portekiz
Maks. Kızartma sic. (°C)	180	180	180		180	180
Dumanlanma Nok. (min. °C)	170			170		
Serbest Yağ Asitleri (%)		2,50				
% asitlik (maks.)	2,50			2		
Polar Bileşikler (maks. %)	27		25	24	25	25
Okside Yağ Asitleri (maks.%)	1			0.7		
Dimerler ve Polimerler (maks.%)		25				
Viskozite 50 °C (maks. mPa.s)	37					

Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), gıdalardaki doymuş yağ ve kolesterol miktarlarının etiket üstünde belirtilmesi gereğini 1993’de ifade etmiş, ancak trans yağ asitlerinin etikette belirtilmesi uygulamasını 1 Haziran 2006 itibariyle zorunlu kılmıştır (FDA Reg. Sayı:68, no:133). İnsanların fazla miktarlarda doymuş yağ, trans yağ ve kolesterol tüketmeleri sonucunda taşıyacakları sağlık riskleri konusunda FDA sürekli olarak tüketicileri etiket yoluyla bilgilendirmektedir.

## 2.8 Kızartmalık Yağların Adsorpsiyon ile Geri Kazanılması

Kızartma işlemi günümüzde pek çok toplu beslenme yerinde, yemek fabrikalarında ve cips üretiminde yaygın olarak tercih edilen endüstriyel bir prosestir ve bu işlemle yağların kısa sürede atık haline geldiği bilinmektedir. Bu durum iki açıdan sorun yaratmaktadır.

- Kullanılan yağ miktarına, kızartılan ürünün nitelik ve niceliğine, kızartma sıcaklığına bağlı olarak yağın kısa sürede atık haline gelmesi ekonomik bir kayıp oluşturmaktadır.
- Karmaşık bir zincirleme reaksiyonu olan oksidasyon sonucunda yağda oluşan karsinojenik bileşikler ürün tarafından adsorbe edilen yağla birlikte tüketilmekte ve bu durum sağlık açısından önemli sakıncalar oluşturmaktadır (Yemişçioğlu, 2008).

Yağdan bozulma sonucu oluşan ürünleri uzaklaştırmak için aktif ve pasif filtrasyon sistemleri kullanılmaktadır. Pasif yöntem filtrasyon yardımcı maddeleri kullanılarak yapılmaktadır ve 5  $\mu$ 'dan büyük katı parçacıkları uzaklaştırmaktadır. Aktif yöntemde, yüzey aktif madde kızartma sonucu yüzeyde oluşan öncü polimer gibi maddeleri uzaklaştırmaktadır. Bu yöntemde genellikle diatome toprağı, magnezyum ve kalsiyum silikat riyolit zeolit gibi adsorbantlar kullanılmaktadır. Aktif yöntem pasif yönteme göre daha etkindir ve ticari olarak kullanılmaktadır. Hazırlanan adsorbant karışımı kızartıcıda bulunan kızartma yağıyla karıştırılmakta ve yeteri kadar beklenmektedir. Bu sürenin sonunda yağ adsorbant karışımı filtreden geçirilmekte ve temizlenmiş yağ tekrar kızartıcıya pompalanmaktadır (Bhattacharya ve ark., 2008).

### 2.8.1 Adsorpsiyon mekanizması

Bir katı-sıvı veya katı-gaz ara yüzeyindeki konsantrasyon değişimine adsorpsiyon denir. Konsantrasyonun artışı halinde pozitif adsorpsiyon, azalışı halinde negatif adsorpsiyon oluşur. Yüzeyde konsantrasyonu artmış olan cisme *adsorplanmış madde*, adsorplayıcı maddeye de *adsorban* ya da *adsorplayıcı*

*madde* adı verilir. Sıvıların, yüzeydeki mikroskobik çatlaklarda ve gözeneklerde yoğunlaşmasına *kılcal adsorpsiyon* denir.

Adsorbsiyon olayı, maddenin ara yüzeyinde bulunan moleküller arasındaki kuvvetlerin dengelenmemiş olmasından ve Van der Walls kuvvetlerinden ileri gelir.

Adsorbsiyonun tipi, adsorplayıcı kuvvetlerin cinsine göre, fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon olarak ikiye ayrılır.

### **2.8.1.1 Fiziksel adsorpsiyon**

Katı yüzey ile adsorplanan madde molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri sonucu oluşan adsorpsiyon olayıdır. Burada zayıf Van der Walls kuvvetleri etkindir.

Fiziksel adsorpsiyonu tanımlamak için yararlı bazı özellikler şunlardır:

- Fiziksel adsorpsiyon bütün katı/sıvı sistemlerde oluşur. Bazı özel moleküler etkileşimlerden oluşsa da; adsorbantın belirli geometrik ya da elektronik özelliklerinden de oluşabilir.
- Adsorbantın elektronik durumundaki bir düzensizliğin kanıtıdır.
- İşlem tersinirdir.
- Adsorbant molekülü ve adsorbant arasındaki etkileşim enerjisinin büyüklüğü aynıdır, ancak; adsorpsiyon sonucu yoğunlaşma enerjisinden biraz fazla ısı açığa çıkar.
- Gaz fazda fiziksel adsorpsiyonda başlangıç aşaması aktivasyon enerjisini içermez.
- Fiziksel adsorpsiyonda denge adsorbant ve sıvı faz arasında oluşur. Çok yüksek basınçta olmayan katı/gaz sistemlerinde fiziksel adsorpsiyonun uzunluğu gaz basıncının artışıyla artarken, genellikle sıcaklık artışıyla düşmektedir.

### **2.8.1.2 Kimyasal adsorpsiyon**

Kimyasal adsorpsiyon, adsorplanan madde ile katı yüzey arasındaki fonksiyonel grupların kimyasal etkileşimi ile oluşan adsorpsiyondur.

Kimyasal adsorpsiyonu tanımlamak için kullanılan bazı özellikler şunlardır;

- Kimyasal adsorpsiyon kimyasal özgüllük ile karakterize edilir.
- Elektronik durumdaki değişikliklerin tespiti mikrodalga veya kızılötesi spektroskopisi, elektriksel iletkenlik, manyetik duyarlılık gibi bazı fiziksel analizler ile yapılabilir.
- Tersinir bir reaksiyon değildir.
- Kimyasal adsorpsiyon sırasında enerjide meydana gelen değişikliklerle; katı ve sıvı arasındaki kimyasal reaksiyon sonucu meydana gelen enerji değişimi aynı büyüklüktedir. Bu nedenle aynı kimyasal reaksiyonlarda oldu gibi; kimyasal adsorpsiyonda da ekzotermik ya da endotermik enerji büyüklüğü çok geniş bir aralıkta olabilir.
- Genellikle kimyasal adsorpsiyonun başlangıç aşaması aktivasyon enerjisini içerir.
- Aktivasyon enerjisinin çok büyük olduğu durumlarda doğru denge haline ya çok yavaş ulaşılır ya da hiç ulaşamaz.
- Adsorbe olan moleküller yüzeye değerlik bağı ile bağlıdır ve genelde yüzeyde belirli adsorpsiyon bölgelerinde yer alırlar. Kimyasal adsorbe moleküller sadece bir katman oluştururlar.

### **2.8.1.3 Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki farklar**

Fiziksel ve Kimyasal adsorpsiyon arasındaki farklar Çizelge 2.6' de gösterilmiştir.

### Çizelge 2.6 Kimyasal ve fiziksel adsorpsiyon arasındaki farklar

<b>Fiziksel adsorpsiyon</b>	<b>Kimyasal adsorpsiyon</b>
Oluşan çekim kuvveti vander Waals kuvvetidir.	Oluşan kuvvet kimyasal bağ kuvvetidir.
Düşük adsorpsiyon entalpisi (20 - 40 k.J/mol)	Yüksek adsorpsiyon entalpisi (200 - 400 k.J/mol)
Düşük sıcaklıkta gerçekleşebilir.	Yüksek sıcaklıkta gerçekleşir.
Belirleyici değildir.	Oldukça özgüdür.
Çoklu moleküler tabakalar oluşabilir.	Genellikle, tekli moleküler tabaka oluşur.
Tersinir bir işlemdir.	Tersinir bir işlem değildir.

#### 2.8.1.4 Adsorpsiyon denklemleri

##### a. Freundlich izotermi

Yağların fiziksel adsorpsiyon esasına göre adsorbant ile renklerin açılmasında bağlı olduğu ilkeler Freundlich eşitliği ile açıklanmaktadır. Denge noktasına ulaşıldığında Freundlich eşitliği aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Gümüskesen ve Yemişçioğlu, 2010).

$$\frac{X}{m} = K \times C^n$$

X= adsorplanan madde miktarı

m= adsorbant miktarı

C= adsorplanamayan madde miktarı

K,n sabit

### **b. Langmuir izotermi**

Atom veya moleküllerin kinetiğine, adsorplayıcı yüzeyinde aktif merkezler tarafından tutulduğunu ve oluşan filmin monomoleküler olduğu kabul edilir. Sıvılara uygulanan izoterm şu şekildedir:

$$Q = \frac{KC}{1+KC}$$

Q = Birim adsorbant tarafından tutulan madde miktarı

K= Adsorpsiyon denge sabiti

C = Adsorplanamayan madde miktarı

### **2.8.2 Adsorbantlar**

Adsorbantlar doğal ve asitle aktifleştirilmiş ağartma toprakları olmak üzere iki tiptir. Doğal ağartma toprakları; magnezyum, kalsiyum, sodyum ve demir içeren alüminyum silikat yapısındaki bentonitlerdir. Montmorillonit ve attapulgit minerallerini içeren doğal yapıdaki killer buharla ısıtılıp kurutuldukları zaman, tabakalar halindeki moleküler kafes gibi açılarak, su, yağ, fosfatidler, sabun, renk maddeleri gibi bileşenleri kolayca adsorplayabilen aktif noktaların yer aldığı makroporlar oluşmaktadır (Gümüşkesen ve Yemişçioğlu, 2004).

Asitle aktifleştirilmiş ağartma topraklarının üretiminde sülfirik veya hidroklorik asit kullanılmaktadır. Doğal yapıdaki killerin asidik çözeltilerle yüksek sıcaklıklarda muamele edilmesi, metaller tarafından işgal edilen aktif noktaların serbest hale geçmesine neden olmaktadır. Asitle muamele edilen kil daha sonra fazla asidin giderilmesi için su ile yıkanarak kurutulmaktadır (Gümüşkesen ve Yemişçioğlu, 2004).

### **2.8.2.1 Sentetik magnezyum silikat**

Sentetik magnezyum silikat; sodyum silikat ve çözümlü magnezyum tuzu arasında oluşan reaksiyon sonucunda elde edilen çökeltiden üretilir. Sulu süspansiyon halinde olan çökelti filtreden geçirildikten sonra; yıkanır, kurtulur ve parçacık boyutuna göre sınıflandırıldıktan sonra paketlenir.

Sentetik magnezyum silikatın ilk kez 1978 yılında 4, 112, 129 ABD patent numarasıyla diğer adsorbantlarla karışım şeklinde kullanıldığı görülmektedir. 1987 yılında ise 4, 681, 768 numaralı ABD patentleriyle tek başına bir filtrasyon ajanı olarak kullanımı yer almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün raporunda, sentetik magnezyum silikatla ilgili olarak Codex Alimentarius Komisyonun uzman değerlendirilmesine yer verilmektedir. Bu değerlendirmeye göre; magnezyum silikatın, kullanılmış kızartma yağları ile karıştırılması durumunda ortamdaki serbest yağ asitlerini ve diğer polar maddeleri adsorbe ederek, bu maddelerin filtrasyonla uzaklaştırılmasında yardımcı olduğunun; magnezyum silikatla düzenli filtrasyonun, kullanılan yağın tipi ve kızartılan gıdanın miktarına bağlı olarak kızartma yağının kullanım süresini %50'ye kadar uzattığının ortaya konulduğu belirtilmektedir.

### **2.8.2.2 Aktifleştirilmiş kalsiyum bentonit**

Bentonit, sanayi, tarım, madencilik ve mühendislik jeolojisinde kullanılan çok yönlü bir kildir. Düşük maliyeti ve ülkemizde bolca bulunması, bu kile olan talep artışı, bentoniti ilginç kılmaktadır. Volkanik kil veya tüf gibi camsı volkanik gercin kimyasal ayrışmasıyla ve başlıca montmorillonit (smektit) grubu minerallerden oluşan bentonit kısmen koloidal silisten ibaret, yumuşak, şekillenebilir, açık renkli bir kil taşıdır. Ca, Na ve Na-Ca montmorillonitlerden oluşmasına göre bentonitin jeolojik özellikleri değişmektedir. Sodyum bentonit ve kalsiyum bentonit olarak iki farklı kimyada olabilen bu kil, kullanılacağı sahaya göre uygulanan kimyasal işlemler ve mineral katkıları ile değişik nitelikler kazandırıldıktan sonra kullanılmaktadır. Kalsiyum bentonitler ağartma vb. işlerde kullanılmaktadır. Ağartma toprağı olarak kullanılan kalsiyum bentonitlerin

ağartma gücünü istenen düzeye ıkarmak iin asitle aktiflendirme yapılmaktadır.  
(Anon, 2001)

### **2.8.2.3 Geohellas Mak 200 Super Flo**

Geohellas firması tarafından üretilen bir adsorbanttır. Adsorpsiyon özelliği kazandırmak iin yapılan aktiflendirme işlemi asitle değil ısıl işlemlerle gerekleştirilmektedir.

## **2.9 Rejenerasyon**

Kızartmalık yağların rejenerasyonu ile ilgili yapılan alışmalar izelge 2.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7 Yapılan çalışmalar

Yapılan Çalışmalar	Kullanılan Adsorbentler	Kullanılan Yağ Örneği	Çalışmayı Yürütenleri ve Çalışma Yılı	Ülke
Adsorbent kullanım ı ile kızartma yağının kalitesinin artırılması	Aktif karbon ve Silika	Kızartma Yağı	McNeill, J. ve ark., 1986	Kanada
Aktif filtrasyon yardımıyla kızartma yağının karışımının ası	Sentetik magnezyum silikat, Alüminyum oksit, Ağartma toprağı, Aktif karbon ve Silika çeşitleri	Soya Yağı	Yates, R.A. ve ark., 1993	A.B.D. (Indiana)
Çeşitli adsorbent kombinasyonları için optimum şartların belirlenmesi	Britersorb, Hübersorb, Frypowder, Magnesol	Soya Yağı	Lin, S. ve ark., 1999	Yunanistan
Kızartma yağlarının serbest yağ asidi içeriğinin azaltılması	Silikat filmi	Soya Yağı	Kalpathy, U. ve ark., 2000	A.B.D. (Arkansas)
Kızartma yağının adsorbentlerle geri kazanılması	Silikajel, Magnezyum oksit, Aktif kil, Alüminyum hidroksit	Soya Yağı	Miyagi, A. ve ark., 2003	Japonya
Kızartma yağlarının geri kazanımı için kullanılan adsorbentlerin etkisi	Kalsiyum oksit, Magnezyum oksit, Magnezyum silikat, Aktif bentonit	Ayçiçeği Yağı	Bağcı, H. ve ark., 2003	Türkiye
Polimerleşmiş kızartma yağının adsorbentlerle geri kazanılması	Alüminyum oksit, Alüminyum hidroksit, Silikajel, Aktif karbon, Frypowder, Britersorb, Magnesol	Palm Yağı	Tiwari, S.R. ve ark., 2008	Hindistan

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Ev tipi kızartma işlemi

- Kızartma yağı
- Adsorbant (Sentetik Magnezyum silikat)

Analizde yerel marketten sağlanan üç litre Orkide markalı Rafine Yemeklik Soya Yağı kullanılmıştır. Kullanılan soya yağının enerji ve besin öğeleri (etiket bilgileri) Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1** Enerji ve Besin Öğeleri (100 g’da)

Enerji Değeri	900 kcal-3.700 kJ
Protein	0 g
Yağ	100 g
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri	58 g
Tekli Doymamış Yağ Asitleri	26 g
Doymuş Yağ Asitleri	16 g
Kolesterol	0 mg
Karbonhidrat	0 g

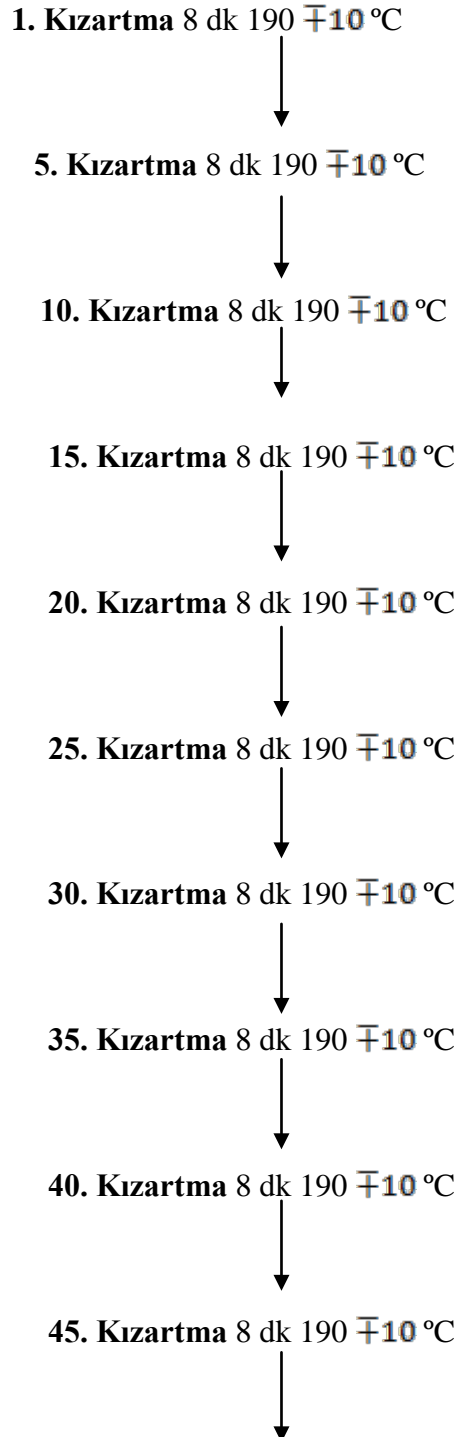
- Kızartılacak materyal olarak hazır dondurulmuş parmak patates seçilmiştir.
- Kızartıcı olarak Arçelik marka üç litrelik hazneli ev tipi fritöz kullanılmıştır.
- Kızartma işlemi sırasında kızartıcının kapağı kapalı olarak tutulmuştur.

##### 3.1.1.1 İşlem

- Kızartılacak örnek miktarı: 200 g patates/ 3litre yağ

- Kızartma süresi: 8 dakika
- Alınan örnek miktarı: 50 ml
- Kullanılan adsorbant miktarı: 60. Kızartmaya %1, %3, %5, %7, %10 konsantrasyonlarında eklenmiştir.
- Kızartma işlemi sırasında azalan yağ toplam yağ miktarı 3 litre olacak şekilde tamamlanmıştır.

Kızartma işlemi aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir:



### 3.1.3 Analiz planı

#### 3.1.3.1 Örneklerin kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonu açısından değerlendirilmesi

a. Ev tipi kızartma işleminde başlangıç yağından ve kızartma esnasında 60. dakika sonuna kadar her 5 dakika sonunda örnek alınmıştır. Seçilen A restaurantında başlangıç yağından ve 1., 2. ve 3. gün sonunda, B restaurantında başlangıç yağından ve 1., 2., 3, 4. ve 5. gün sonunda örnek alınmıştır. Alınan örneklere yöntem kısmında tanımlanan analizler uygulanmıştır.

b. Yapılan kızartma işlemleri sonunda elde edilen atık yağlara adsorbant madde olarak sentetik magnezyum silikat aşağıdaki konsantrasyonlarda eklenmiştir.

- Kullanılan adsorbant miktarı: Ev tipi kızartma işlemi sonunda elde edilen atık yağa %1, %3, %5, %7, %10, A restaurantından alınan atık yağa %1, %3, %5, %10 B restaurantından alınan atık yağa %1, %3, %5; konsantrasyonlarında eklenmiştir.

#### 3.1.3.2 Örneklerin adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu açısından değerlendirilmesi

3 farklı restauranttan temin edilen kızartmalık atık yağlara %0.3, %0.6, %1, %2, %3 konsantrasyonlarında 3 farklı adsorbant eklenmiştir. Karışımlar süzgeç kağıdından süzülerek elde edilen süzüntüler yöntem kısmında tanımlanan analizler ile değerlendirilmiştir.

- Restaurantlar

Ege Üniversitesi Gıda Cafe (Restaurant A)

Forum Bornova Wingstop (Restaurant B)

Ege Üniversitesi Tekstil Cafe (Restaurant C)

- Kullanılan adsorbantlar

Magnezyum silikat (Adsorbant 1)

Bensan (Adsorbant 2)

Geohellas Mak 200 Super Flo (Adsorbant 3)

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Yapılan analizler

- % asitlik tayini
- Toplam polar madde tayini
- Dielektrik sabiti tayini
- Renk analizi

#### 3.2.1.1 Yüzde asitlik tayini

% asitlik analizleri potansiyometrik yöntemle yapılmıştır (AOCS 1989). 2,5 g.lık örneği çözmek için 100 milimetrelık dietileter/etanol 1:1(V/V) çözeltisi kullanılmıştır ve 0,1 N'lik KOH ile titre edilmiştir. İndikatör olarak fenolftalein kullanılmıştır.

Yapılan kızartmaların % asitlik şu formüle göre hesaplanmıştır;

$$\% \text{ asitlik} = \frac{2.8 \times N \times (S-K)}{m}$$

N: KOH'un Normalitesi

S:Titrasyon sonucu elde sarfiyat

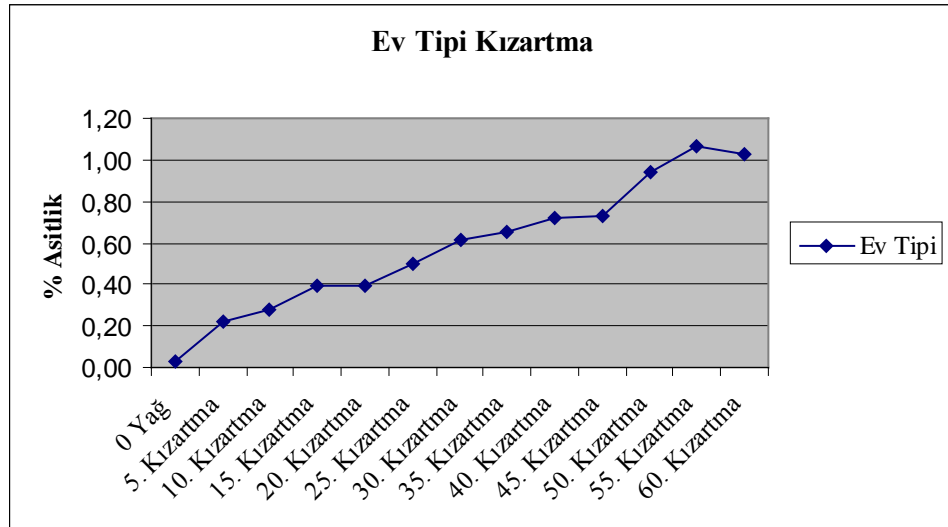
K:Kör sarfiyat

m: Örnek miktarı

**Çizelge 4.1** Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	% Asitlik
Başlangıç	0,0280
5. Kızartma	0,2236
10. Kızartma	0,2797
15. Kızartma	0,3919
20. Kızartma	0,3913
25. Kızartma	0,5017
30. Kızartma	0,6107
35. Kızartma	0,6553
40. Kızartma	0,7201
45. Kızartma	0,7271
50. Kızartma	0,9400
55. Kızartma	1,0639
60. Kızartma	1,0301

Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1** Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

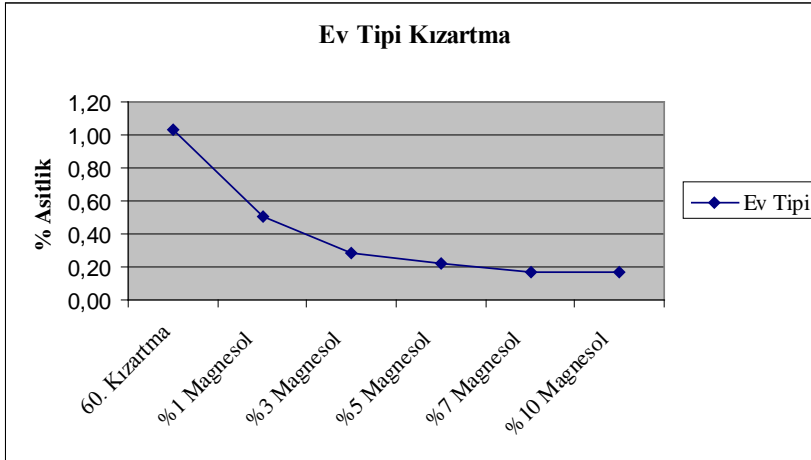
% asitlik kızartma sayısına bağılı olarak Şekil 4.1'de görüldüğü gibi bir artış göstermektedir. Başlangıç yağıında 0,0280 olan % asitlik 60. kızartma sonucunda yaklaşık 35 kat artmıştır.

Çizelge 4.2'de ev tipi kızartma işleminde atık yağıdaki % asitliğin magnezyum silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.2** Ev tipi kızartma işleminde atık yağıdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi

Kızartma Sayısı	% Asitlik
Atık Yağ	1,0301
%1 Mg silikat	0,5055
%3 Mg silikat	0,2795
%5 Mg silikat	0,2237
%7 Mg silikat	0,1676
%10 Mg silikat	0,1678

Ev tipi kızartma işleminde % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.2** Ev tipi kızartma işleminde atık yağıdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi

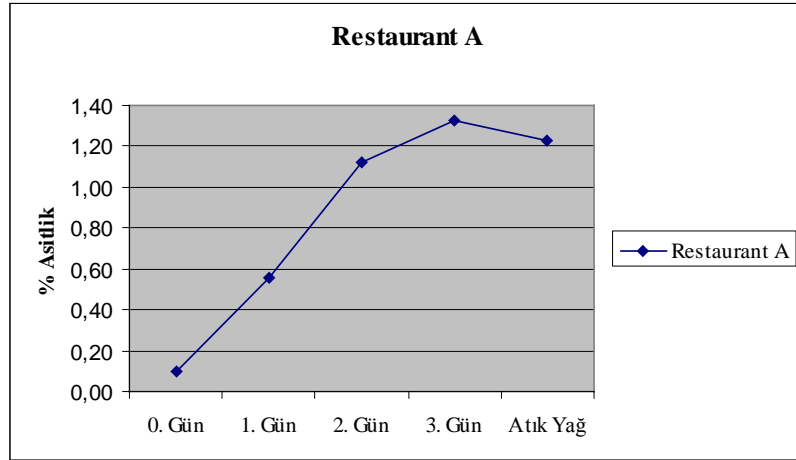
Magnezyum silikatla muamele edilen atık yağın % asitlik değerlerinde Şekil 4.2’de görüldüğü gibi ani bir düşüş gerçekleşmiştir. % 1 Mg silikat kullanımı ile % asitlik değerinde yaklaşık yarı yarıya bir düşüş görülmüştür. Mg silikat konsantrasyonunun artmasıyla % asitlikte giderek azalan bir düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3’de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.3** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	% Asitlik
Başlangıç	0,0979
1. Gün	0,5527
2. Gün	1,1188
3. Gün	1,3268
Atık yağ	1,2313

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.3’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.3** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

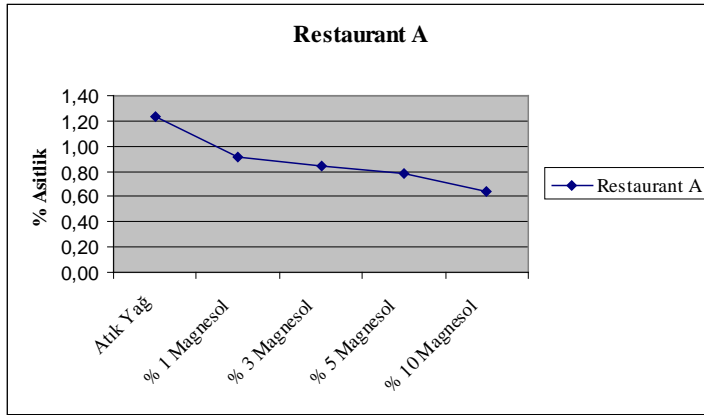
Restaurant A’da yapılan kızartmalarda % asitlik kızartma sayısına bağılı olarak Şekil 4.3’de görüldüğü gibi bir artış göstermektedir. Başlangıç yağında 0,0979 olan % asitlik 3. gün sonunda yaklaşık 12 kat artarak 1,3268’e ulaşmıştır.

Çizelge 4.4’de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işlemini sonunda atık olarak toplanan yağdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.4** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi

<b>Kızartma Sayısı</b>	<b>% Asitlik</b>
Atık Yağ	1,2313
% 1 Mg silikat	0,9085
% 3 Mg silikat	0,8469
% 5 Mg silikat	0,7807
% 10 Mg silikat	0,6437

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.4’de gösterildiğı gibidir.



**Şekil 4.4** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağılı değişimi

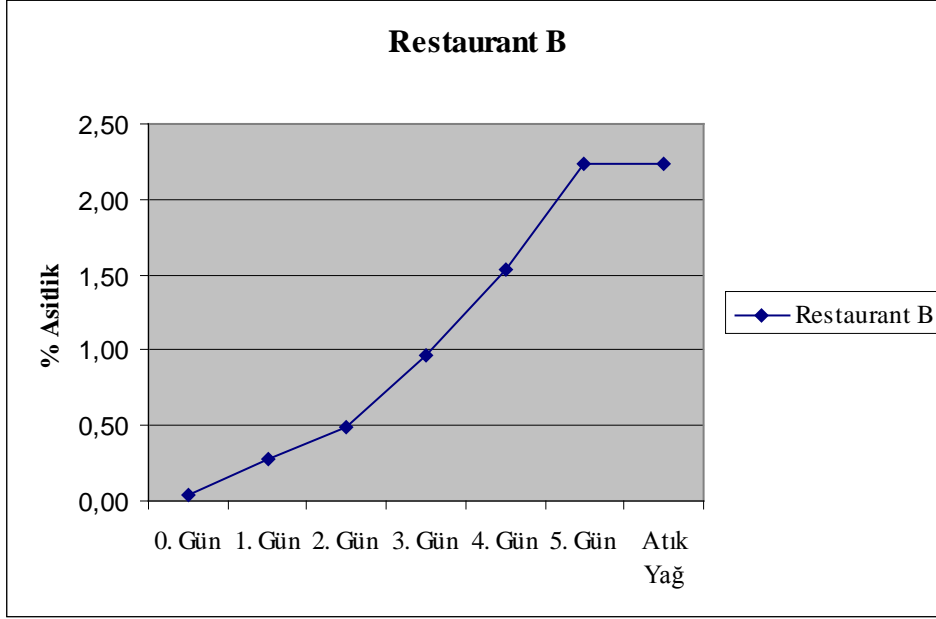
Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağ % 1 Mg silikat ile muamele edildiğinde % asitlik değerinde Şekil 4.4'de görüldüğü gibi düşüş gerçekleşmiştir. Bu muamele sonucunda atık yağın % asitlik değeri yaklaşık % 26'lık bir düşüş göstererek 2. gün sonundaki değer altına ulaşmıştır. Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere % 1 Mg silikat muamelesi ile yaklaşık % 26 düşen % asitlik değeri % 3 , % 5 ve % 10 Mg silikat muamelesi ile sırasıyla % 31,2 , %36,6 ve % 47,7 lik düşüş göstermiştir.

Çizelge 4.5'de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.5** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	% Asitlik
Başlangıç	0,0420
1. Gün	0,2796
2. Gün	0,4890
3. Gün	0,9702
4. Gün	1,5329
5. Gün	2,2350
Atık yağ	2,2378

Restaurant B'de gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.5'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.5** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi

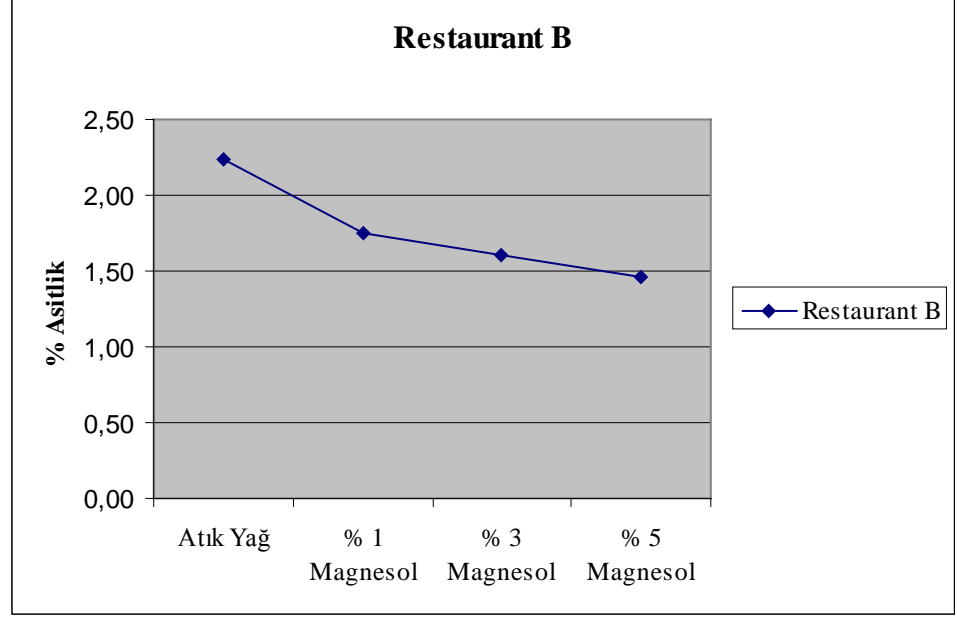
Restaurant B’de yapılan kızartmalarda atık yağda % asitlik Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi 2,2378 değerine ulaşmıştır.% asitliğin kızartma sayısına bağlı olarak arttığı şekil 4.2’de görülmektedir. Başlangıç yağında 0,0420 olan % asitlik atık yağda yaklaşık 52 kat artmıştır.

Çizelge 4.6’da gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.6** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	% Asitlik
Atık Yağ	2,2378
% 1 Mg silikat	1,7455
% 3 Mg silikat	1,6013
% 5 Mg silikat	1,4627

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.6’da gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.6** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki % asitliğin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağın % asitlik değeri % 1 Mg silikat ile muamele edilmesi sonucunda Şekil 4.4’de görüldüğü gibi % 22’lik bir düşüş gerçekleşmiştir. Atık yağın % 5 konsantrasyonda Mg silikat ile muamelesi sonucunda % asitlik değerinin 4. gün sonundaki değere yaklaştığı görülmüştür.

#### **4.1.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının % asitlik açısından değerlendirilmesi**

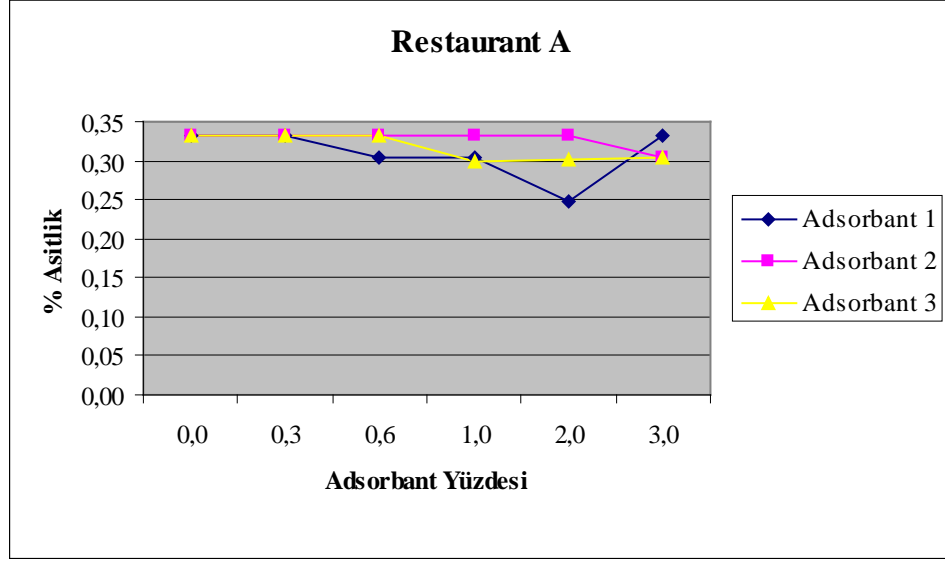
A, B ve C restaurantlarında yapılan kızartmalar sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda 3 farklı adsorbantla muamele edilerek adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu bazında % asitlik açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7’de Restaurant A’da gerçekleşen kızırtma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.7** Restaurant A’da gerçekleşen kızırtma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	% Asitlik
	Atık	0,3330
Restaurant A Adsorbant 1	0,3	0,3326
	0,6	0,3319
	1	0,3045
	2	0,3047
	3	0,2477
Restaurant A Adsorbant 2	0,3	0,3326
	0,6	0,3311
	1	0,3322
	2	0,3331
	3	0,3039
Restaurant A Adsorbant 3	0,3	0,3328
	0,6	0,3325
	1	0,2999
	2	0,3026
	3	0,3049

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızırtma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.7’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.7** Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

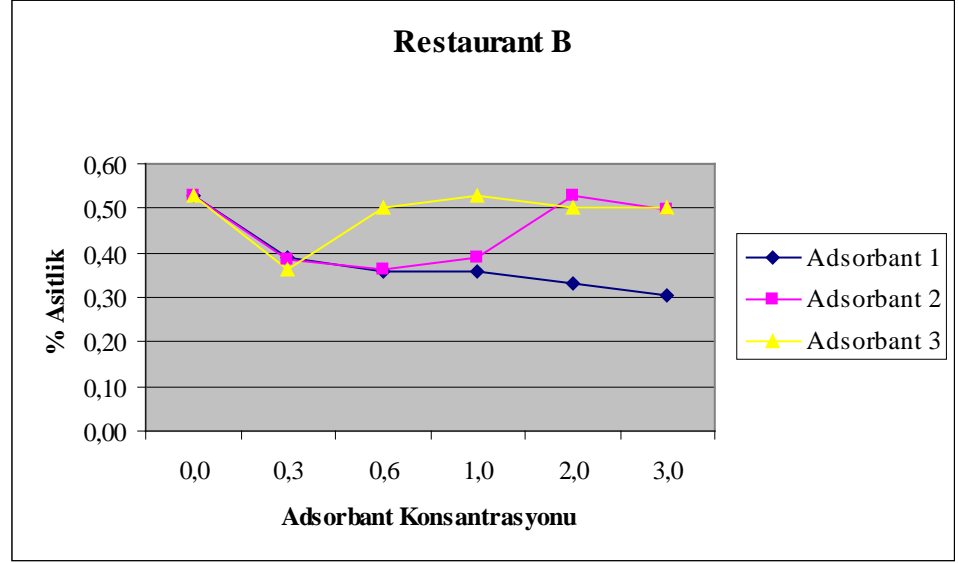
Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağa uygulanan Adsorbant 1 ve 3’ün %1 konsantrasyona kadar uygulanmasının % asitlikte bir düşüşe neden olmadığı, 2 Adsorbantın da %1’lik konsantrasyonda uygulanmasının ise atık yağın % asitlikte yaklaşık %9’luk bir düşüşe neden olarak atık yağı yaklaşık aynı % asitlik değerlerine ulaştırdığı Çizelge 4.7’de görülmektedir. Adsorbant 2 ile muamele edilen atık yağın % asitlik %3’lük konsantrasyona kadar yaklaşık aynı değerlerde kalmıştır. %3’lük Adsorbant 2 uygulaması ise Adsorbant 1 ve 3’ün %1’lik konsantrasyonlarda gösterdiği etkiye yakın etki göstermiştir. Atık yağın % asitlikte en etkili düşüşün %3’lük Adsorbant 1 muamelesi ile gerçekleştiği de Çizelge 4.7’de görülmektedir.

Çizelge 4.8’de Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.8** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızırtma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	% Asitlik
	Atık	0,5281
Restaurant B Adsorbant 1	0,3	0,3880
	0,6	0,3578
	1	0,3594
	2	0,3313
	3	0,3029
Restaurant B Adsorbant 2	0,3	0,3869
	0,6	0,3609
	1	0,3875
	2	0,5285
	3	0,4979
Restaurant B Adsorbant 3	0,3	0,3606
	0,6	0,5001
	1	0,5285
	2	0,4997
	3	0,4999

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızırtma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.8’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.8** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

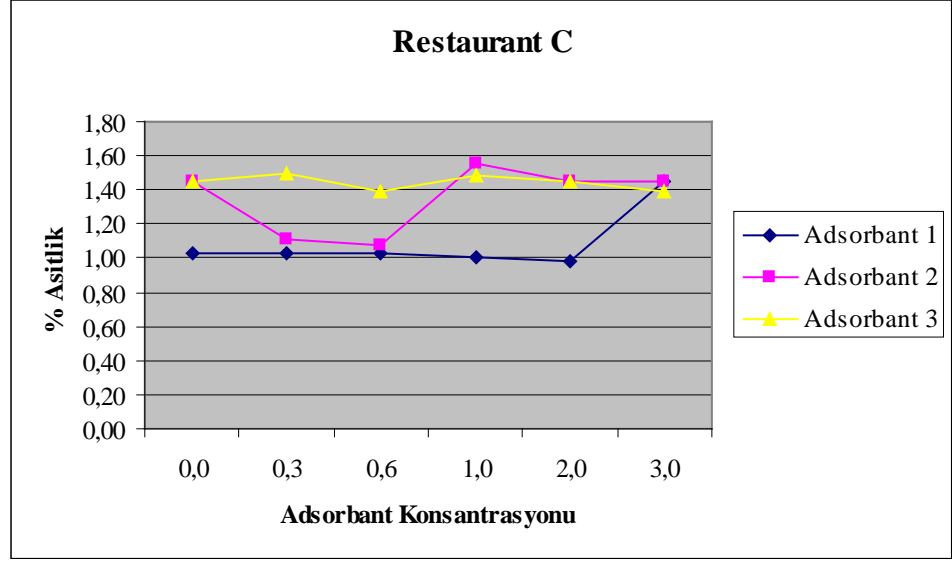
Şekil 4.8’de Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda elde edilen atık yağa Adsorbant 1 uygulamasının konsantrasyonla doğru orantılı olarak % asitlikte düşüşe neden olduğu görülmektedir. %3’lük Adsorbant 1 ve Adsorbant 2 muamelesi ile atık yağın % asitlik yaklaşık aynı değerlere ulaşmıştır. %0,3’ün üzerinde uygulanan Adsorbant 2 ve 3 atık yağın % asitliğinde düzensiz bir değişime neden olmuştur. Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi atık yağın % asitlik değerindeki en etkili düşüş %3’lük Adsorbant 1 muamelesi ile gerçekleşmiş, bu uygulama ile atık yağın % asitliğinde yaklaşık %43 ‘lük azalma görülmüştür.

Çizelge 4.9’da Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.9** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	<b>Adsorbant Konsantrasyonu (%)</b>	<b>% Asitlik</b>
	Atık	1,4499
Restaurant C Adsorbant 1	0,3	1,0255
	0,6	1,0284
	1	1,0323
	2	1,0046
	3	0,9766
Restaurant C Adsorbant 2	0,3	1,1161
	0,6	1,0695
	1	1,5494
	2	1,4466
	3	1,4451
Restaurant C Adsorbant 3	0,3	1,5016
	0,6	1,3965
	1	1,4786
	2	1,4480
	3	1,3960

Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.9’da gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.9** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliğin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

Şekil 4.9’da Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda elde edilen atık yağda Adsorbant 1 uygulamasının konsantrasyonla doğru orantılı olarak % asitlikte düşüşe neden olduğu görülmektedir. %0,6’ya kadar uygulanan Adsorbant 2’nin atık yağın % asitliğini düşürdüğü ancak %1 konsantrasyondan itibaren düzensiz bir değişime neden olduğu Çizelge 4.9’da görülmektedir. Adsorbant 3 muamelesi ise atık yağın % asitliğinde Şekil 4.9’da görüldüğü gibi düzensiz bir değişime neden olmuştur.

## 4.2 Renk analizi

Kızartma işlemi ile yağda gerçekleşen oksidasyon sonucunda yağın renginde koyulaşma görülmektedir. Toplam renk değerlerindeki artış yağdaki oksidasyonun bir ölçütüdür.

### 4.2.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun renk değerleri açısından değerlendirilmesi

Ev tipi kızartma işlemiyle Restaurant A ve B’den analiz planına göre belirlenen sürelerde alınan kızartmalık yağ örnekleri kızartma sayısı bazında ve 3 tip kızartma sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen

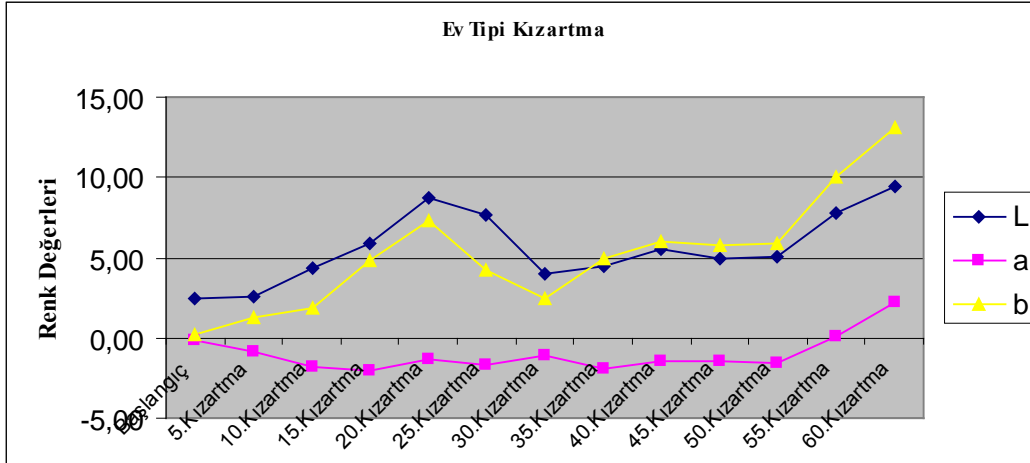
konsantrasyonlarda magnezyum silikat ile muamele edilerek konsantrasyon bazında renk değerleri açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.10'da ev tipi kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.10** Ev tipi kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Başlangıç	2,50	-0,20	0,23
5.Kızartma	2,57	-0,85	1,30
10.Kızartma	4,33	-1,82	1,84
15.Kızartma	5,91	-2,00	4,88
20.Kızartma	8,78	-1,37	7,36
25.Kızartma	7,71	-1,69	4,29
30.Kızartma	4,01	-1,10	2,41
35.Kızartma	4,51	-1,90	4,92
40.Kızartma	5,57	-1,43	5,95
45.Kızartma	4,89	-1,48	5,76
50.Kızartma	5,01	-1,55	5,94
55.Kızartma	7,81	0,12	10,05
60.Kızartma	9,47	2,27	13,08

Ev tipi kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



**Şekil 4.10** Ev tipi kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

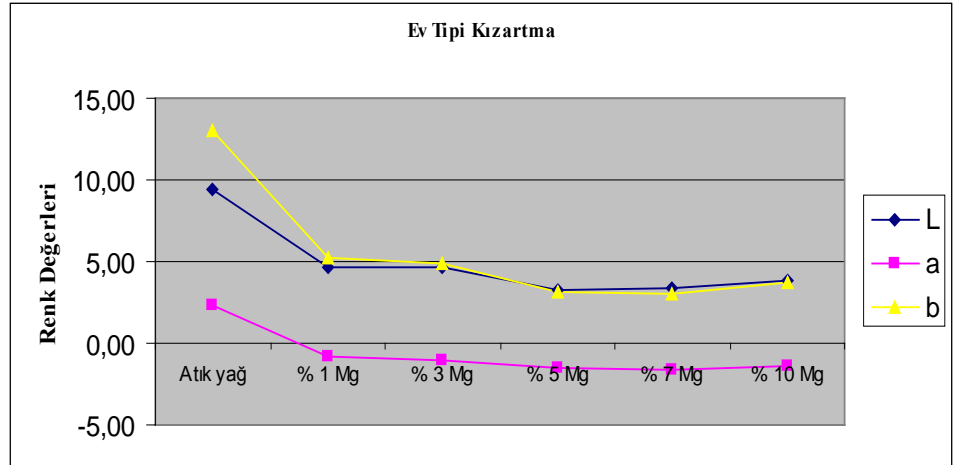
Ev tipi düzenekte yapılan kızartmalar sonucunda L, a, b renk değerlerinde Şekil 4.10'da görüldüğü gibi düzensiz bir değişim gözlenmiştir. Kızartma esnasında eklenen taze yağın renk değerlerinin düzensiz değişimine neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.11'de ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.11** Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Atık yağ	9,47	2,27	13,08
% 1 Mg	4,63	-0,87	5,20
% 3 Mg	4,62	-1,01	4,92
% 5 Mg	3,27	-1,52	3,12
% 7 Mg	3,39	-1,60	3,05
% 10 Mg	3,84	-1,43	3,71

Ev tipi kızartma işleminde renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.11** Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

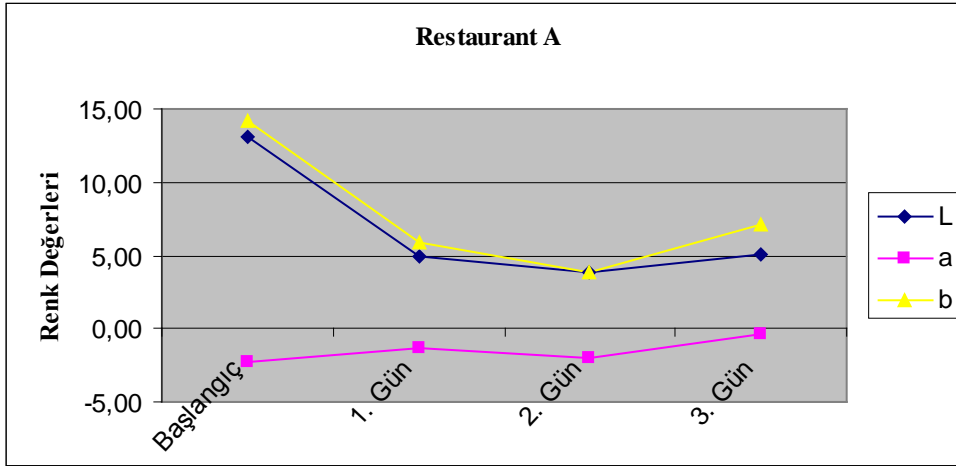
Magnezyum silikatla muamele edilen atık yağın renk değerlerinde Şekil 4.11’de görüldüğü gibi ani bir düşüş gözlenmiştir. % 5 Mg silikat muamelesi ile L, a ve b değerlerinde sırasıyla % 65,47, %166,96 ve % 76,15’lik düşüş görülmüştür.

Çizelge 4.12’da gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.12** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Başlangıç	13,15	-2,29	14,17
1. Gün	4,96	-1,29	5,94
2. Gün	3,86	-1,99	3,91
3. Gün	5,10	-0,44	7,11

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.12’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.12** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

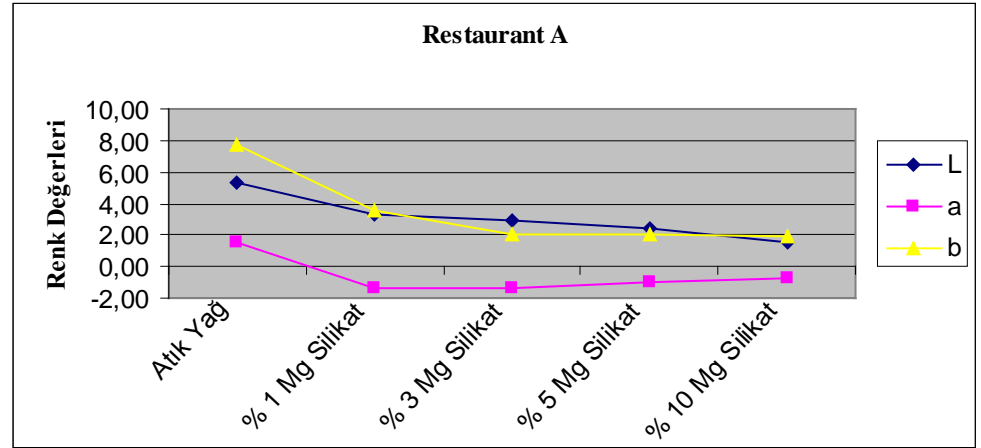
Restaurant A’da yapılan kızartmalarda renk değerleri Şekil 4.12’de görüldüğü gibi düzensiz bir değişim göstermiştir.

Çizelge 4.13’de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.13** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Atık Yağ	5,35	1,57	7,78
% 1 Mg Silikat	3,25	-1,38	3,50
% 3 Mg Silikat	2,90	-1,36	2,10
% 5 Mg Silikat	2,41	-0,93	2,02
% 10 Mg Silikat	1,54	-0,80	1,89

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.13’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.13** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

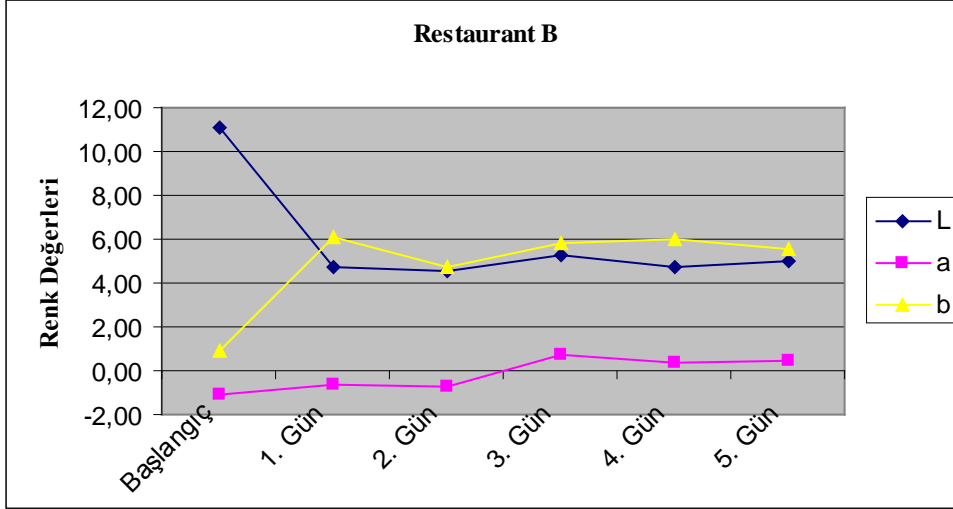
Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağ mg silikat ile muamele edildiğinde renk değerlerinde Şekil 4.13’de görüldüğü gibi önemli bir değişiklik görülmemiştir.

Çizelge 4.14’de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.14** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Başlangıç	11,13	-1,09	0,93
1. Gün	4,74	-0,59	6,10
2. Gün	4,53	-0,69	4,74
3. Gün	5,31	0,74	5,84
4. Gün	4,76	0,37	5,97
5. Gün	4,99	0,41	5,56

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.14’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.14** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Restaurant B’de yapılan kızartmalarda renk değerlerinde Şekil 4.14’de görüldüğü gibi önemli bir değişiklik görülmemiştir.

Çizelge 4.15’de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.15** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	L*	a*	b*
Atık Yağ	5,14	-0,80	5,48
% 1 Mg Silikat	4,34	-1,21	4,91
% 3 Mg Silikat	4,67	-1,43	4,52
% 5 Mg Silikat	6,48	-0,19	8,22

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.15’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.15** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki renk değerlerinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağ mg silikat ile muamele edildiğinde renk değerlerinde Şekil 4.15’de görüldüğü gibi önemli bir değişiklik görülmemiştir.

#### **4.2.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının renk değerleri aısından değerlendirilmesi**

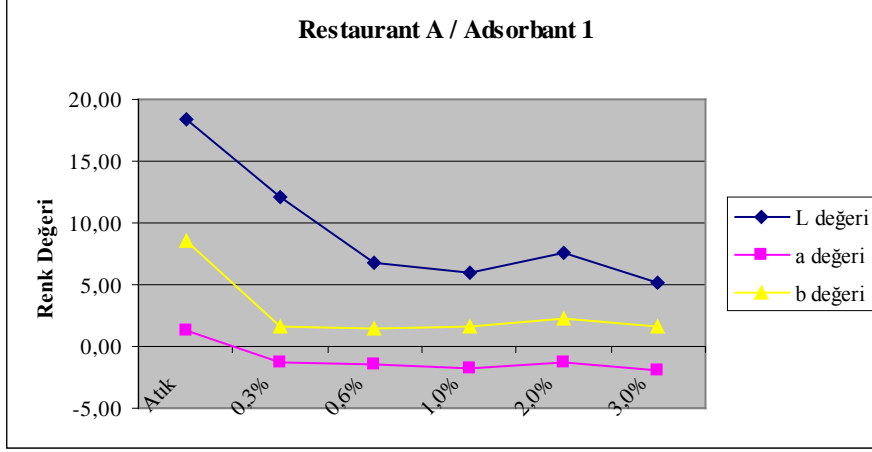
A, B ve C restaurantlarında yapılan kızırtmalar sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında açıklanan analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda 3 farklı adsorbantla muamele edilerek adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu bazında renk değerleri aısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.16’da Restaurant A’da gerçekleşen kızırtma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

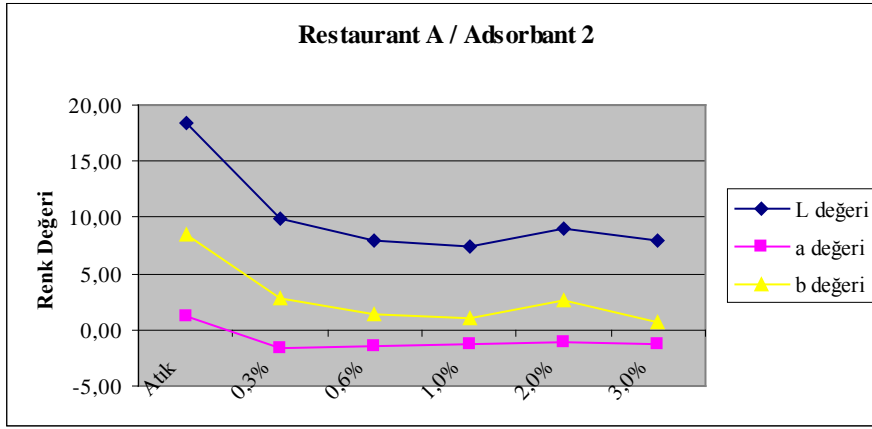
**Çizelge 4.16** Restaurant A'da gerçekleşen kızırtma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	L*	a*	b*
Restaurant A Atık	18,3575	1,29	8,4975
Restaurant A Adsorbant 1 %0,3	12,0725	-1,225	1,5325
Restaurant A Adsorbant 1 %0,6	6,8375	-1,4725	1,485
Restaurant A Adsorbant 1 %1	5,935	-1,7625	1,54
Restaurant A Adsorbant 1 %2	7,645	-1,3625	2,195
Restaurant A Adsorbant 1 %3	5,2125	-1,9225	1,56
Restaurant A Adsorbant 2 %0,3	9,8225	-1,59	2,8725
Restaurant A Adsorbant 2 %0,6	7,8875	-1,435	1,46
Restaurant A Adsorbant 2 %1	7,42	-1,33	1,0725
Restaurant A Adsorbant 2 %2	9,0675	-1,1525	2,65
Restaurant A Adsorbant 2 %3	7,8725	-1,27	0,73
Restaurant A Adsorbant 3 %0,3	6,74	-1,61	1,9525
Restaurant A Adsorbant 3 %0,6	6,4975	-1,575	2,5125
Restaurant A Adsorbant 3 %1	5,8875	-1,7775	2,345
Restaurant A Adsorbant 3 %2	6,2125	-1,635	1,6725
Restaurant A Adsorbant 3 %3	6,765	-1,515	1,9175

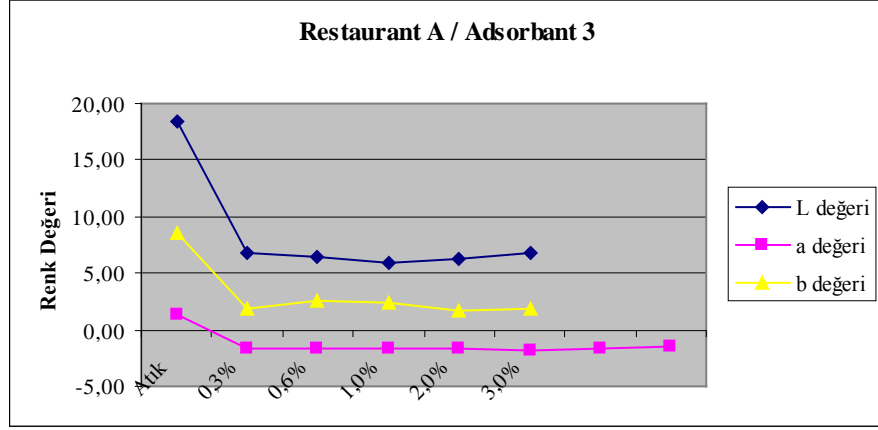
Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.16'da gösterildiği gibidir.



Şekil 4.16a Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



Şekil 4.16b Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



**Şekil 4.16c** Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

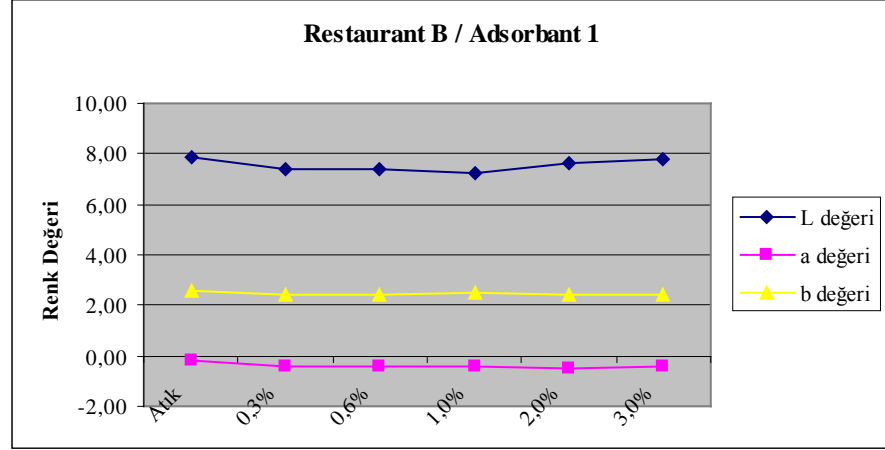
Çizelge 4.16'da görüldüğü gibi Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemi sonunda elde edilen atık yağa Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulaması ile L değerinde beklenen artış görülmemiştir. %3 Adsorbant 1 uygulaması ile a değeri 2,5 kat düşmüştür. Adsorbant 2 ve 3 uygulaması ile sırasıyla Şekil 16b ve 16c'de görüldüğü gibi a değerinde düzensiz bir düşüş görülmüştür. Adsorbant 2 ve 3 uygulaması ile sırasıyla Şekil 4.16b ve 4.16c'de görüldüğü gibi b değerinde düzensiz bir değişim görülmüştür.

Çizelge 4.17'de Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

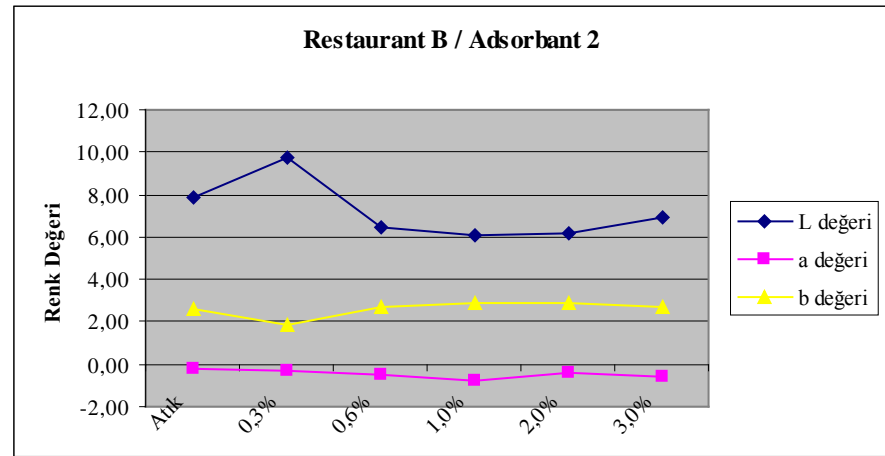
**Çizelge 4.17** Restaurant B’de gerçekleşen kızırtma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	L*	a*	b*
Restaurant B Atık	7,895	-0,215	2,5775
Restaurant B Adsorbant 1 %0,3	7,4	-0,42	2,43
Restaurant B Adsorbant 1 %0,6	7,4	-0,42	2,43
Restaurant B Adsorbant 1 %1	7,2375	-0,4375	2,475
Restaurant B Adsorbant 1 %2	7,65	-0,5	2,4325
Restaurant B Adsorbant 1 %3	7,79	-0,42	2,4175
Restaurant B Adsorbant 2 %0,3	9,785	-0,285	1,8625
Restaurant B Adsorbant 2 %0,6	6,43	-0,54	2,7325
Restaurant B Adsorbant 2 %1	6,0525	-0,765	2,8625
Restaurant B Adsorbant 2 %2	6,22	-0,4475	2,88
Restaurant B Adsorbant 2 %3	6,9475	-0,6325	2,7
Restaurant B Adsorbant 3 %0,3	10,03	-0,2925	1,8675
Restaurant B Adsorbant 3 %0,6	7,8825	-0,5	2,295
Restaurant B Adsorbant 3 %1	8,0025	-0,555	2,3325
Restaurant B Adsorbant 3 %2	8,385	-0,5025	2,1775
Restaurant B Adsorbant 3 %3	9,0875	-0,4875	1,84

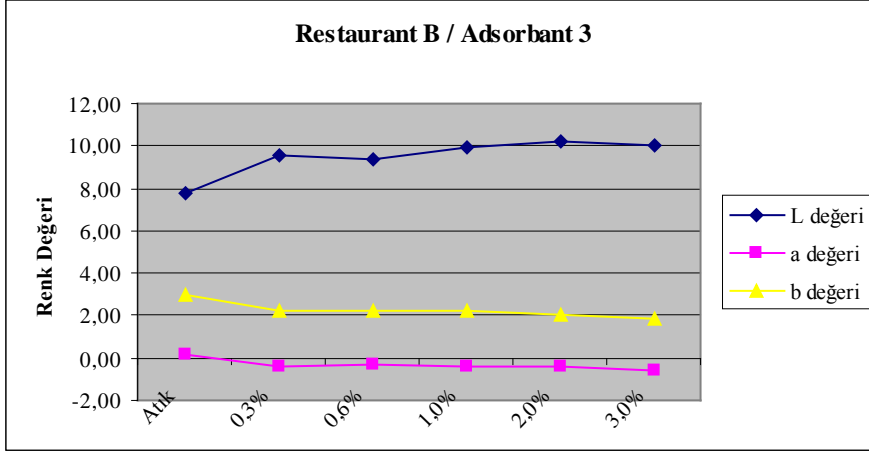
Restaurant B’de gerçekleştirilen kıztartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.17’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.17a Restaurant B’de gerçekleştirilen kıztartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



Şekil 4.17b Restaurant B’de gerçekleştirilen kıztartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



**Şekil 4.17c** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

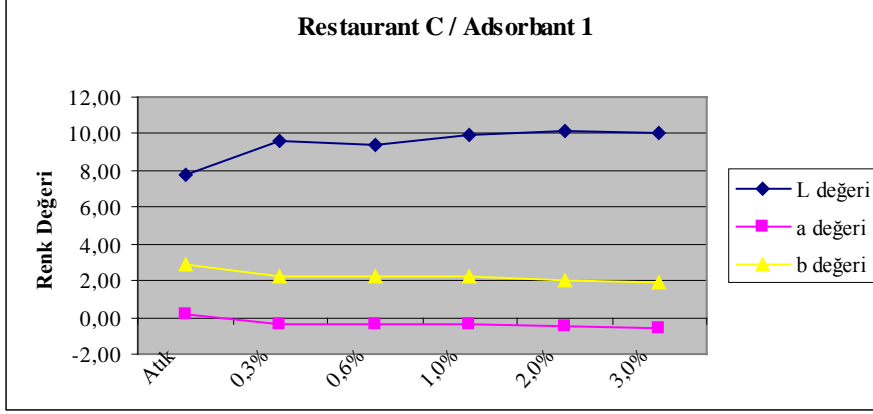
Şekil 4.17a’da görüldüğü gibi Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda elde edilen atık yağa Adsorbant 1 uygulaması ile L ve b değerlerinde belirgin bir değişim görülmemiştir. Atık yağa % 2 Adsorbant 1 uygulaması ile a değerinde Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi yaklaşık 1,3 kat artış görülmüştür. Adsorbant 2 ve 3’ün atık yağa %0,3 uygulanması ile L değeri sırasıyla yaklaşık %24 ve %27 , %1 uygulanması ile a değeri sırasıyla yaklaşık 2,5 kat ve 1,5 kat artmıştır. Adsorbant 2’nin %2 uygulanması ile b değeri yaklaşık %11 artarken Adsorbant 3 uygulamasının b değeri üzerinde Şekil 17c’de görüldüğü gibi düzensiz bir değişime neden olmuştur.

Çizelge 4.18’de Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

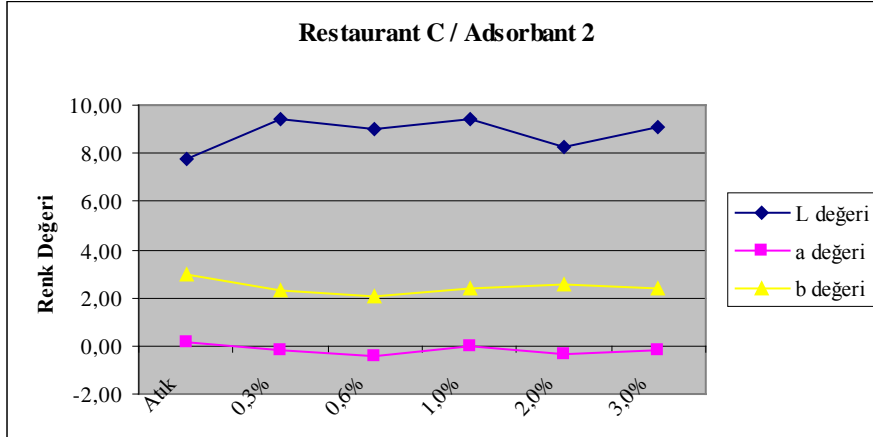
**Çizelge 4.18** Restaurant C’de gerçekleşen kızırtma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	L*	a*	b*
Restaurant C Atık	7,785	0,18	2,9375
Restaurant C Adsorbant 1 %0,3	9,5775	-0,4225	2,1925
Restaurant C Adsorbant 1 %0,6	9,3575	-0,32	2,2225
Restaurant C Adsorbant 1 %1	9,8875	-0,36	2,195
Restaurant C Adsorbant 1 %2	10,2025	-0,435	2,0425
Restaurant C Adsorbant 1 %3	10,04	-0,6325	1,875
Restaurant C Adsorbant 2 %0,3	9,38	-0,145	2,28
Restaurant C Adsorbant 2 %0,6	9,02	-0,44	2,0875
Restaurant C Adsorbant 2 %1	9,39	-0,025	2,405
Restaurant C Adsorbant 2 %2	8,3	-0,3675	2,5875
Restaurant C Adsorbant 2 %3	9,0875	-0,2	2,4275
Restaurant C Adsorbant 3 %0,3	9,35	-0,0975	2,3825
Restaurant C Adsorbant 3 %0,6	9,36	-0,1675	2,235
Restaurant C Adsorbant 3 %1	9,495	-0,1125	2,33
Restaurant C Adsorbant 3 %2	9,39	-0,085	2,3125
Restaurant C Adsorbant 3 %3	10,255	-0,2075	2,085

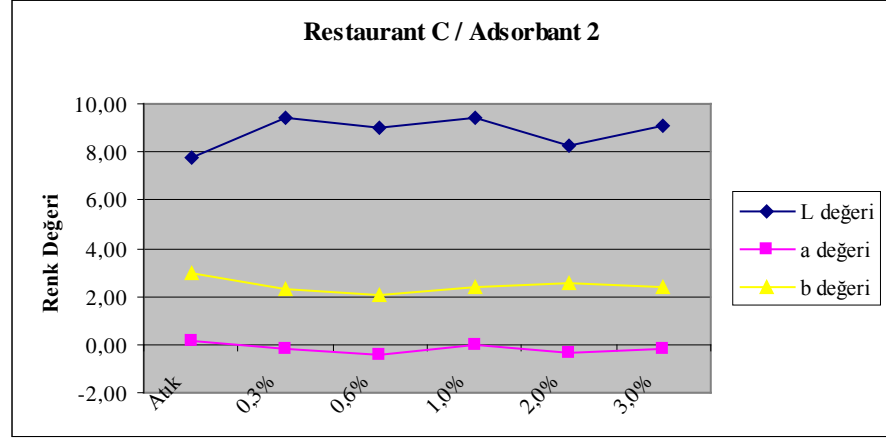
Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.18’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.18a** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



**Şekil 4.18b** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi



**Şekil 4.18c** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde renk değerlerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi Restaurant C’de yapılan kızartma sonrasında elde edilen atık yağa %1 Adsorbant 1 ve 2 uygulaması ile L değeri sırasıyla yaklaşık %31 ve %21 artarken %3 Adsorbant 3 uygulaması ile %32 artmıştır. Adsorbant 1 ve 3’ün % 3 uygulanması ile a değeri sırasıyla yaklaşık 4,5 ve 2,2 kat artarken Adsorbant 2 uygulaması ile a değeri Şekil 4.18b’de görüldüğü gibi konsantrasyonla doğru orantılı olmayan bir azalma göstermiştir. Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulamalarının atık yağın b değeri üzerinde beklenen artışa yol açmadığı görülmektedir.

### 4.3 Toplam polar madde

Toplam polar madde elektriksel iletkenliğin bir fonksiyonu olarak ölçülmektedir. Toplam polar madde Türk Gıda Kodeksine göre kızartmalık yağların kullanılmalığını belirlemede kullanılan bir kriterdir.

#### 4.3.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun toplam polar madde açısından değerlendirilmesi

Ev tipi kızartma işlemiyle Restaurant A ve B’den analiz planına göre belirlenen sürelerde alınan kızartmalık yağ örnekleri kızartma sayısı bazında ve 3 tip kızartma sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen

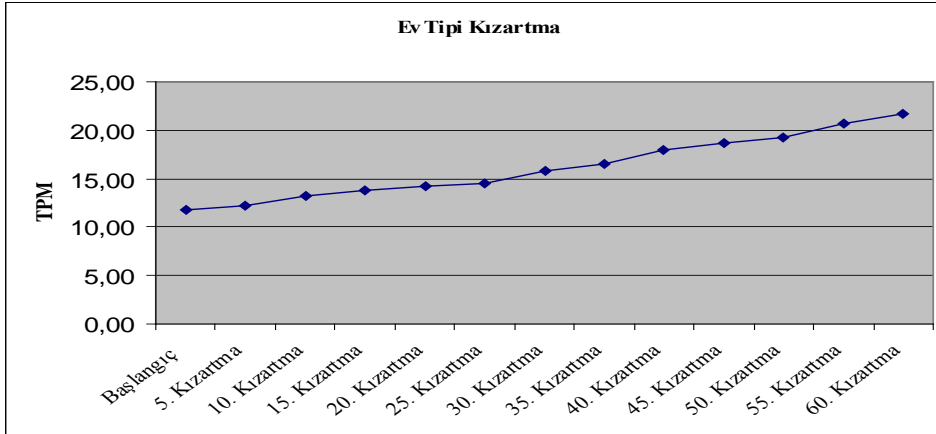
konsantrasyonlarda magnezyum silikat ile muamele edilerek konsantrasyon bazında toplam polar madde açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.19’da Ev tipi kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.19** Ev tipi kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

<b>Kızartma Sayısı</b>	<b>TPM</b>
Başlangıç	11,85
5. Kızartma	12,25
10. Kızartma	13,25
15. Kızartma	13,75
20. Kızartma	14,25
25. Kızartma	14,50
30. Kızartma	15,75
35. Kızartma	16,50
40. Kızartma	18,00
45. Kızartma	18,75
50. Kızartma	19,25
55. Kızartma	20,75
60. Kızartma	21,75

Ev tipi kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.19’da gösterilmektedir.



**Şekil 4.19** Ev tipi kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

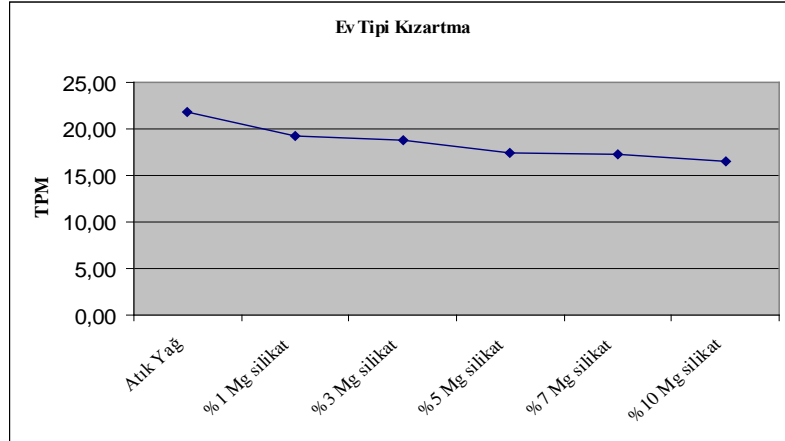
Toplam polar madde kıztartma sayısına bağlı olarak Şekil 4.19’da grldği gibi bir artış göstermektedir. BaŐlangıĉ yağında 11,85 olan toplam polar madde 60. kıztartma sonucunda yaklaşık 2 katına çıkmıştır.

ĉizelge 4.20’de ev tipi kıztartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin magnezyum silikat konsantrasyonuna bağlı değişimini görülmektedir.

**ĉizelge 4.20** Ev tipi kıztartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimini

Kıztartma Sayısı	TPM
Atık Yağ	21,75
% 1 Mg silikat	19,25
% 3 Mg silikat	18,75
% 5 Mg silikat	17,50
% 7 Mg silikat	17,25
% 10 Mg silikat	16,50

Ev tipi kıztartma işleminde toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.20’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.20** Ev tipi kıztartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimini

Magnezyum silikatla muamele edilen atık yağın toplam polar madde değerlerinde Şekil 4.20’de grldği gibi bir düşüş gerĉekleŐmiŐtir. % 10 Mg

silikat kullanımı ile toplam polar madde değerinde yaklaşık %24'lük bir düşüş görülmüştür.

Çizelge 4.21'de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.21** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	TPM
0. Gün	9,25
1. Gün	11,25
2. Gün	14,50
3. Gün	15,25
Atık Yağ	21,50

Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.21'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.21** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

Çizelge 4.21'te görüldüğü gibi restaurant A'da yapılan kızartmalarda kullanılan yağın toplam polar madde değeri 9,25 olarak ölçülmüştür. Kızartma sayısına bağlı olarak kullanılan yağın toplam polar madde değeri Şekil 4.21'te

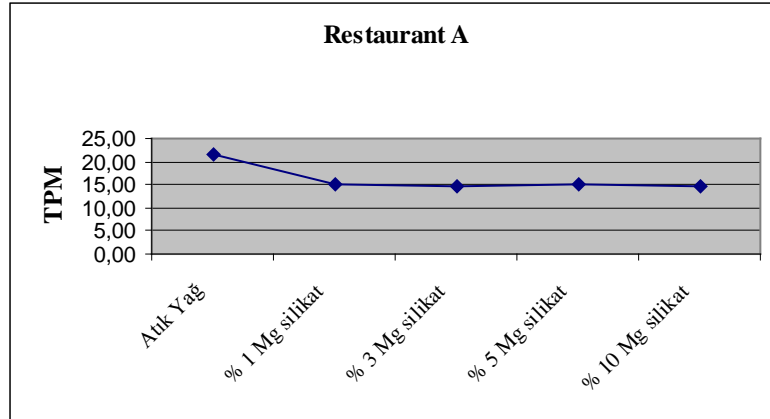
görüldüğü gibi bir artış göstermektedir. Başlangıç yağında 0,1962 olan % asitlik 3. gün sonunda yaklaşık 12 kat artarak 2,6584'e ulaşmıştır.

Çizelge 4.22'de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.22** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

<b>Kızartma Sayısı</b>	<b>TPM</b>
Atık Yağ	21,50
% 1 Mg silikat	15,25
% 3 Mg silikat	14,75
% 5 Mg silikat	15,00
% 10 Mg silikat	14,50

Restaurant A'da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.22'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.22** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Seçilen A restaurantında kızartmalık yağın değiştirilmesi için Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen toplam polar madde değerine ulaşmasının beklenmediği

görülmektedir. Bu restaurantta gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağ %1 Mg silikat ile muamele edildiğinde % asitlik değerinde Şekil 4.22’de görüldüğü gibi ani bir düşüş gerçekleşmiştir. Atık yağa ilave edilen magnezyum silikat konsantrasyonunun artırılması ile toplam polar madde değerinde anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir. Magnezyum silikat konsantrasyonunun 10 kat dahi artırılması atık yağın toplam polar madde değerlerinin başlangıç yağı değerlerine ulaşmasını sağlayamamıştır.

Çizelge 4.23’de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.23** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

<b>Kızartma Sayısı</b>	<b>TPM</b>
0. Gün	12,25
1. Gün	13,50
2. Gün	15,75
3. Gün	15,25
4. Gün	18,50
5. Gün	17,25
Atık Yağ	25,25

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.23’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.23** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde toplam polar maddenin kızartma sayısına bağlı değişimi

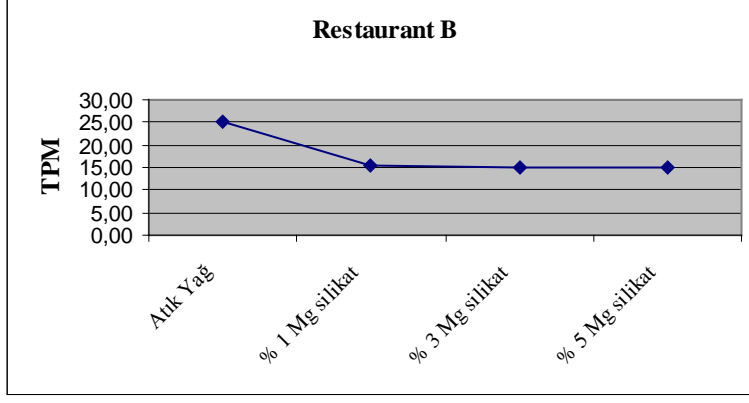
Restaurant B’de yapılan kızartmalarda başlangıç yağında 12,25 olan toplam polar madde değeri Çizelge 4.23 de görüldüğü gibi her gün sonunda artarak 6. gün sonunda yaklaşık 2 katına ulaşmıştır.

Çizelge 4.24’de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.24** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	TPM
Atık Yağ	25,25
% 1 Mg silikat	25,25
% 3 Mg silikat	15,25
% 5 Mg silikat	15,00
% 10 Mg silikat	15,00

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.24’te gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.24** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki toplam polar maddenin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Çizelge 4.24'de görüldüğü gibi Seçilen B restaurantında kızartmalık yağın için Türk Gıda Kodeksi'ne göre atık hale geldiğini belirleyen 25 değerini aştığı görülmektedir. %1'lik magnezyum silikat uygulamasının bu değeri düşürmeye yeterli olmadığı Şekil 4.24'de görülmektedir. %3'lük magnezyum silikat muamelesi ile yaklaşık %39 azalarak 15,25'e ulaşan toplam polar madde değerinin magnezyum silikat konsantrasyonunun daha fazla artırılması ile anlamlı bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

### 4.3.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının toplam polar madde açısından değerlendirilmesi

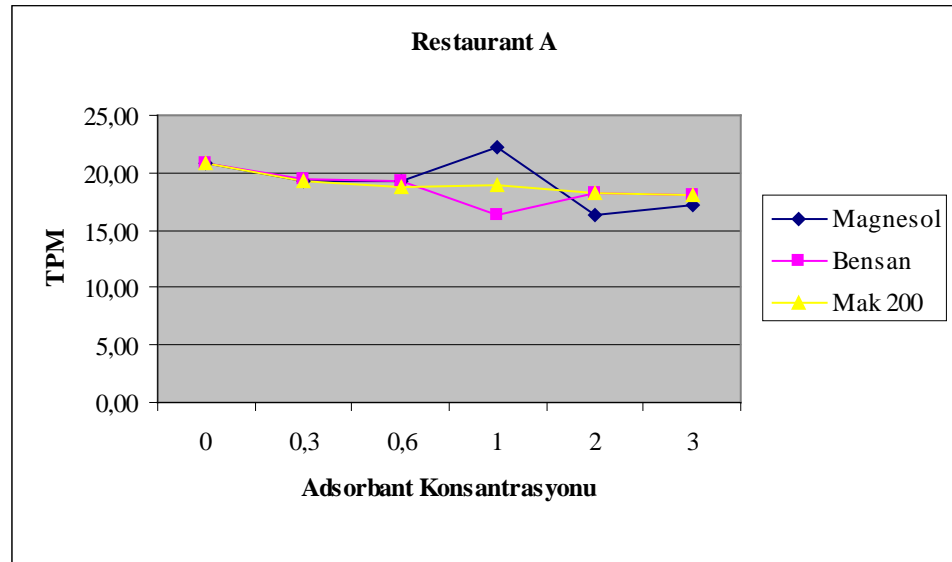
A, B ve C restaurantlarında yapılan kızartmalar sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda 3 farklı adsorbantla muamele edilerek adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu bazında renk değerleri açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.25'de Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.25** Restaurant A’da gerçekleştirilen kızırtma işleminde % asitliknin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	TPM
	Atık	20,75
Restaurant A Adsorbant 1	0,3	19,25
	0,6	19,25
	1	22,25
	2	16,25
	3	17,25
Restaurant A Adsorbant 2	0,3	19,50
	0,6	19,25
	1	16,25
	2	18,25
	3	18,00
Restaurant A Adsorbant 3	0,3	19,25
	0,6	18,75
	1	19,00
	2	18,25
	3	18,00

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızırtma işleminde % asitliknin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.25’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.25** Restaurant A’da gerçekleştirilen kızırtma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

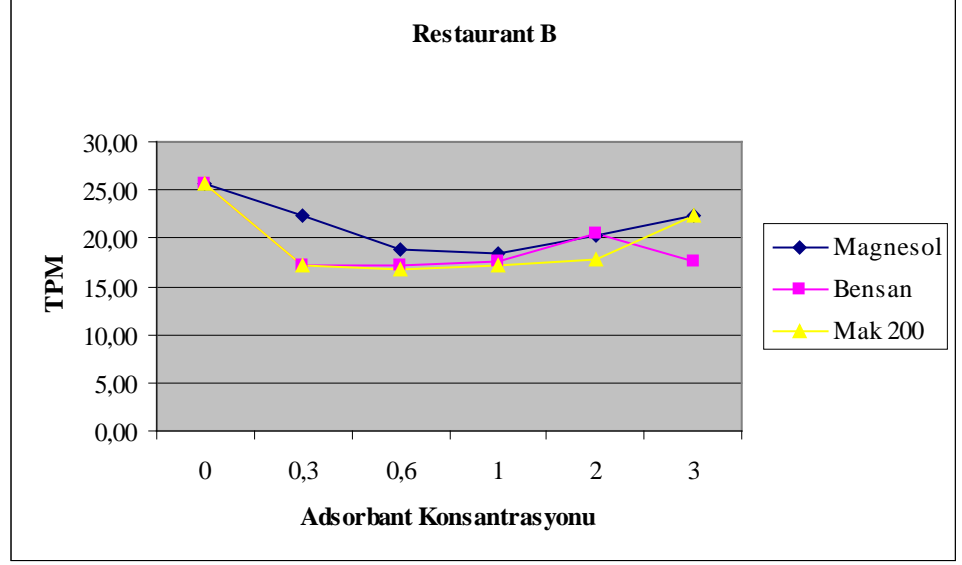
Restaurant A'da yapılan kızartma işlemi sonucu elde edilen atık yağa uygulanan Adsorbant 3 uygulaması ile atık yağın TPM değerinde Şekil 4.25'de görüldüğü gibi konsantrasyonla doğru orantılı bir düşüş görülmüştür. Atık yağın TPM değerinde en etkili düşüşün %2 Adsorbant 1 muamelesi ile %1 Adsorbant 2 muamelesi ile gerçekleştiği Çizelge 4.25'te görülmektedir.

Çizelge 4.26'de Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.26** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	TPM
		Atık
Restaurant B Adsorbant 1	0,3	22,25
	0,6	18,75
	1	18,50
	2	20,25
	3	22,25
Restaurant B Adsorbant 2	0,3	17,25
	0,6	17,25
	1	17,50
	2	20,50
	3	17,50
Restaurant B Adsorbant 3	0,3	17,25
	0,6	16,75
	1	17,25
	2	17,75
	3	22,25

Restaurant B'de gerçekleştirilen kızartma işleminde % asitliknin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.26'da gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.26** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

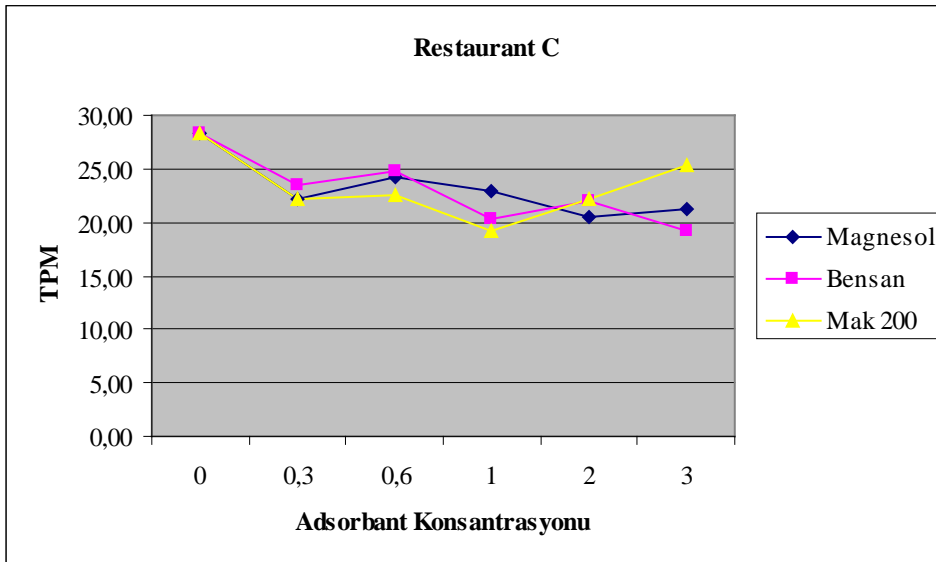
Restaurant B’de yapılan kızartma işlemi sonucu elde edilen atık yağa Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulamasının atık yağın TPM değerlerinde düzenli bir değişim sağlamadığı Şekil 4.26’da görülmektedir.

Çizelge 4.27’de Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.27** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızırtma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	TPM
	Atık	28,25
Restaurant C Adsorbant 1	0,3	22,25
	0,6	24,25
	1	23,00
	2	20,50
	3	21,25
Restaurant C Adsorbant 2	0,3	23,50
	0,6	24,75
	1	20,25
	2	22,00
	3	19,25
Restaurant C Adsorbant 3	0,3	22,25
	0,6	22,50
	1	19,25
	2	22,25
	3	25,25

Restaurant C’de gerçekleştirilen kızırtma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.27’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.27** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızırtma işleminde toplam polar madde değerinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

Restaurant C’de yapılan kızartma işlemi sonucu elde edilen atık yağa Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulamasının atık yağın TPM değerlerinde düzenli bir değişim sağlamadığı Şekil 4.28’da görülmektedir.

#### 4.4 Dielektrik sabiti

##### 4.4.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun dielektrik sabiti açısından değerlendirilmesi

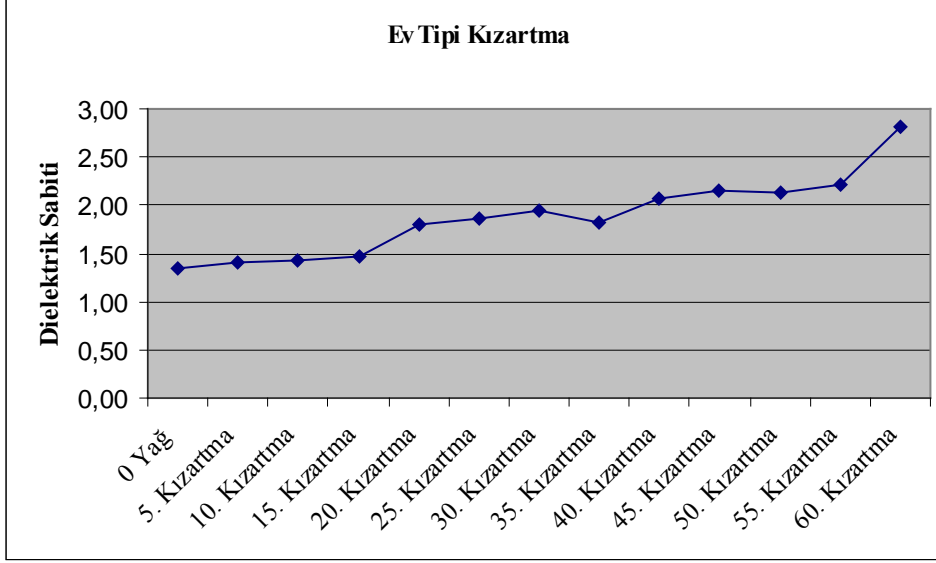
Ev tipi kızartma işlemiyle Restaurant A ve B’den analiz planına göre belirlenen sürelerde alınan kızartmalık yağ örnekleri kızartma sayısı bazında ve 3 tip kızartma sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda magnezyum silikat ile muamele edilerek konsantrasyon bazında % asitlik açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28’da ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.28** Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
Başlangıç	1,34
5. Kızartma	1,42
10. Kızartma	1,43
15. Kızartma	1,46
20. Kızartma	1,80
25. Kızartma	1,87
30. Kızartma	1,94
35. Kızartma	1,83
40. Kızartma	2,07
45. Kızartma	2,16
50. Kızartma	2,13
55. Kızartma	2,21
60. Kızartma	2,81

Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.28’de gösterilmektedir.



Şekil 4.28 Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

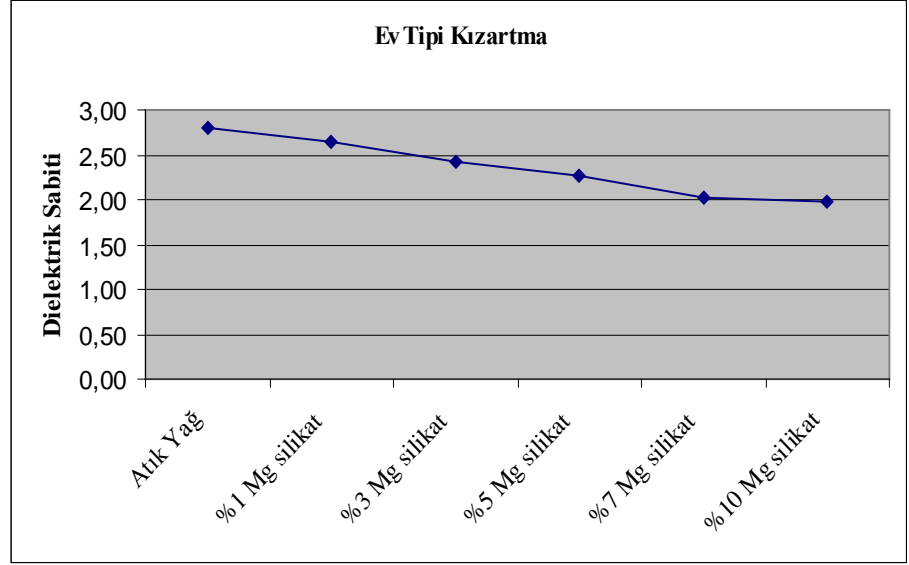
Dielektrik sabiti kızartma sayısına bağlı olarak şekil 4.28’de görüldüğü gibi düzenli bir artış göstermektedir. Başlangıç yağında 1,34 olan dielektrik sabiti 60. kızartma sonunda yaklaşık 2 katına çıkarak 2,81 değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.29’da ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin magnezyum silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

Çizelge 4.29 Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
Atık Yağ	2,81
%1 Mg silikat	2,64
%3 Mg silikat	2,42
%5 Mg silikat	2,28
%7 Mg silikat	2,03
%10 Mg silikat	1,97

Ev tipi kızartma işleminde dielektrik sabitinin mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.29’da gösterilmektedir.



**Şekil 4.29** Ev tipi kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

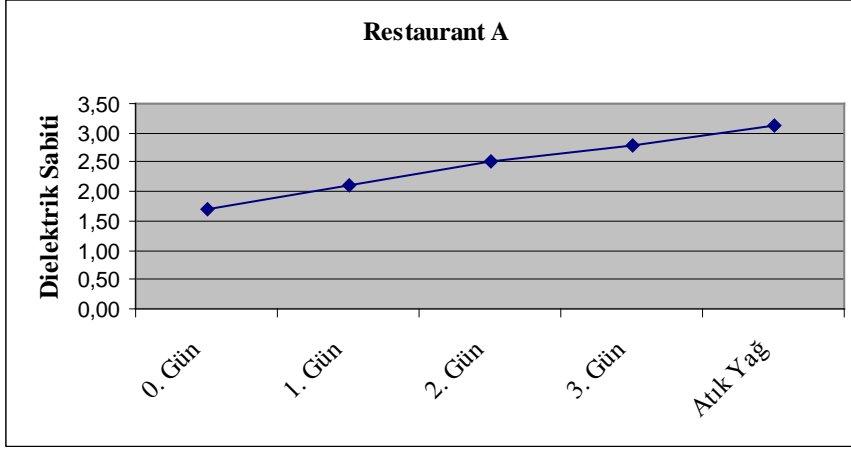
Şekil 4.29’da görüldüğü gibi atık yağın dielektrik sabiti değeri % 10 Mg silikat kullanımı ile neredeyse 30. kızartma sonucundaki değerlere ulaşmıştır.

Çizelge 4.30’de gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.30** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
0. Gün	1,71
1. Gün	2,10
2. Gün	2,52
3. Gün	2,79
Atık Yağ	3,12

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.30’da gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.30** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

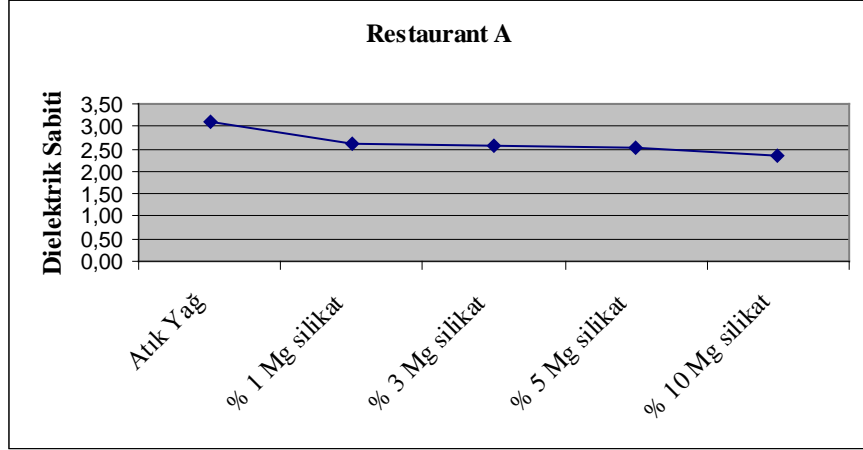
Restaurant A’da yapılan kızartmalarda dielektrik sabiti değerlerinin kızartma sayısına bağlı olarak şekil 4.30’da görüldüğü gibi bir artış göstermektedir. Başlangıç yağında 1,71 olan dielektrik sabiti değeri yaklaşık %82 artış göstererek atık yağda 3,12’ye ulaşmıştır.

Çizelge 4.30’da gözlem için seçilen A restaurantında gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.31** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
Atık Yağ	3,12
% 1 Mg silikat	2,64
% 3 Mg silikat	2,58
% 5 Mg silikat	2,51
% 10 Mg silikat	2,34

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.31’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.31** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

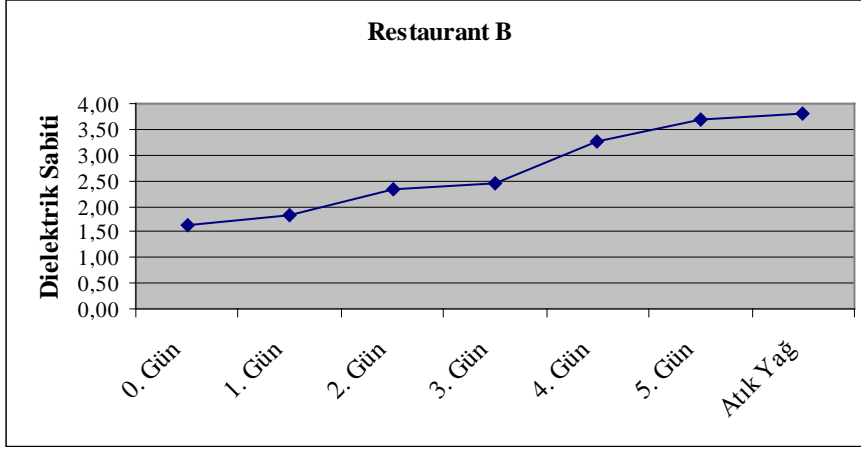
Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağın dielektrik sabiti değeri 3,12 iken %1 Mg silikat ile muamele edildiğinde çizelge 4.31'de görüldüğü gibi 2,64'e düşmüştür. Atık yağla muamele edilen magnezyum silikat konsantrasyonu arttıkça dielektrik sabiti değerlerinin düzenli olarak azaldığı Şekil 4.31'de görülmektedir.

Çizelge 4.32'de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.32** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
Başlangıç	1,62
1. Gün	1,84
2. Gün	2,33
3. Gün	2,45
4. Gün	3,28
5. Gün	3,70
Atık Yağ	3,81

Restaurant B'de gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.32'de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.32** Restaurant B’de2 gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin kızartma sayısına bağlı değişimi

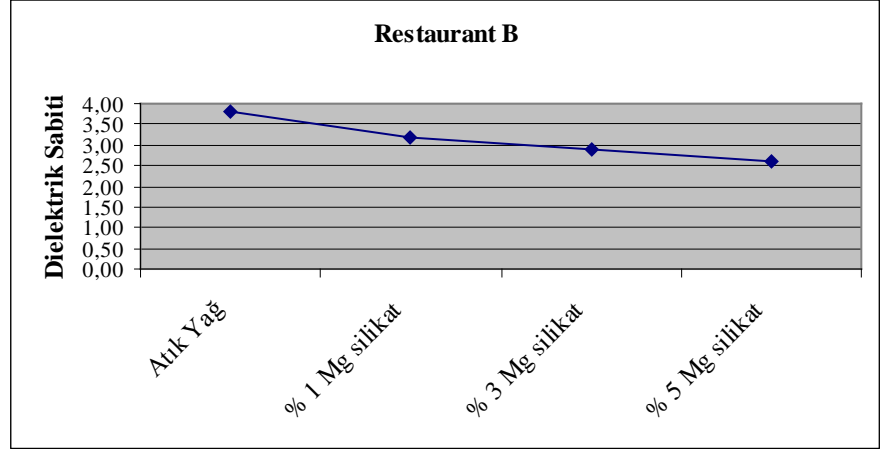
Çizelge 4.32’de görüldüğü gibi restaurant B’de yapılan kızartmalar sonunda başlangıçta 1,62 olan dielektrik sabiti değeri atık yağda 3,81’e ulaşmıştır.

Çizelge 4.33’de gözlem için seçilen B restaurantında gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.33** Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Kızartma Sayısı	Dielektrik Sabiti
Atık Yağ	3,81
% 1 Mg silikat	3,18
% 3 Mg silikat	2,89
% 5 Mg silikat	2,61

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.33’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.33** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde atık yağdaki dielektrik sabitinin Mg silikat konsantrasyonuna bağlı değişimi

Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonunda atık olarak toplanan yağın dielektrik sabiti değeri % 5 Mg silikat ile muamele edilmesi sonucunda Şekil 4.33’de görüldüğü gibi % 31’lik bir düşüş gerçekleşmiştir.

#### **4.4.2 Farklı adsorbant tiplerinin ve konsantrasyonlarının dielektrik sabiti açısından değerlendirilmesi**

A, B ve C restaurantlarında yapılan kızartmalar sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda 3 farklı adsorbantla muamele edilerek adsorbant çeşidi ve konsantrasyonu bazında % asitlik açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.34’de Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.34** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	Dielektrik Sabiti
		Atık
Restaurant A Adsorbant 1	0,3	2,59
	0,6	2,53
	1	2,41
	2	2,12
	3	2,09
Restaurant A Adsorbant 2	0,3	2,48
	0,6	2,25
	1	2,21
	2	2,16
	3	2,12
Restaurant A Adsorbant 3	0,3	2,50
	0,6	2,45
	1	2,42
	2	2,35
	3	2,33

Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.34’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.34** Restaurant A’da gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

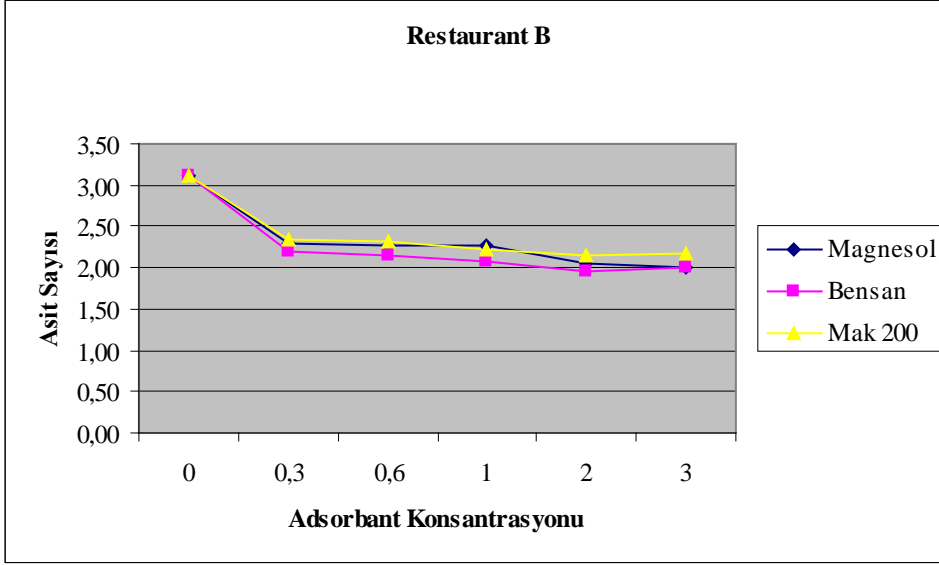
Şekil 4.34’de görüldüğü gibi Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemi sonrasında elde edilen atık yağa Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulamalarının dielektrik sabitinde konsantrasyonla doğru orantılı olarak düşüşe neden olduğu görülmektedir. En etkili düşüşün ise % 23 ile %3’lük Adsorbant 1 muamelesi olduğu Çizelge 4.34’de görülmektedir.

Çizelge 4.35’de Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.35** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	Dielektrik Sabiti
		Atık
Restaurant B Adsorbant 1	0,3	2,30
	0,6	2,27
	1	2,26
	2	2,06
	3	2,02
Restaurant B Adsorbant 2	0,3	2,20
	0,6	2,14
	1	2,07
	2	1,96
	3	2,01
Restaurant B Adsorbant 3	0,3	2,35
	0,6	2,31
	1	2,23
	2	2,15
	3	2,18

Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.35’de gösterildiği gibidir.



**Şekil 4.35** Restaurant B’de gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

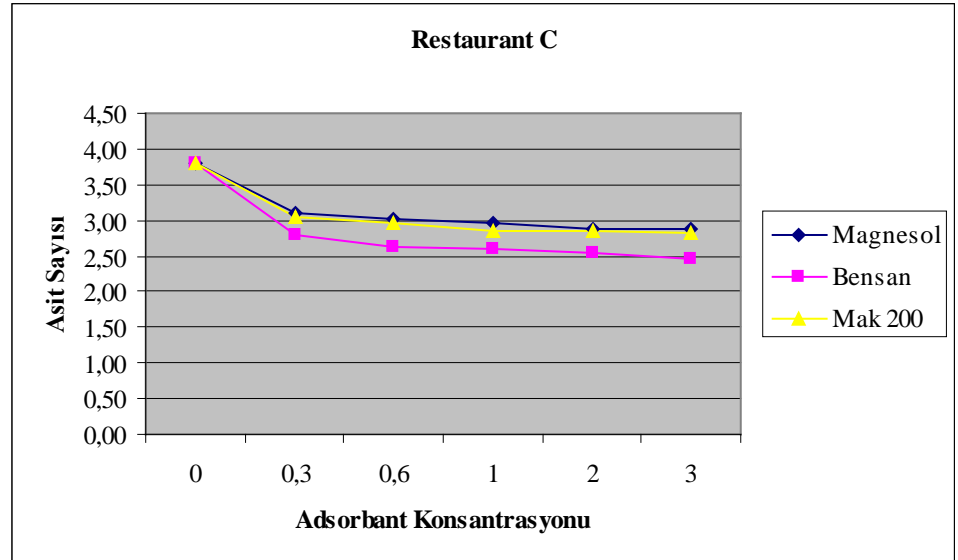
Şekil 4.35’de görüldüğü gibi Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemi sonrasında elde edilen atık yağa Adsorbant 1 uygulamasının dielektrik sabitinde konsantrasyonla doğru orantılı olarak düşüşe neden olduğu görülmektedir. Dielektrik sabitindeki en etkili düşüşün %2 Adsorbant 2 uygulaması ile olduğu Çizelge 4.34’de görülmektedir, bu muamele ile başlangıçta 3,12 olan atık yağın dielektrik sabiti 1,96’ya düşmüştür.

Çizelge 4.36’da Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi görülmektedir.

**Çizelge 4.36** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

	Adsorbant Konsantrasyonu (%)	Dielektrik Sabiti
	Atık	3,81
Restaurant C Adsorbant 1	0,3	3,09
	0,6	3,03
	1	2,96
	2	2,89
	3	2,88
Restaurant C Adsorbant 2	0,3	2,79
	0,6	2,63
	1	2,59
	2	2,53
	3	2,46
Restaurant C Adsorbant 3	0,3	3,05
	0,6	2,96
	1	2,86
	2	2,85
	3	2,83

Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişiminin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.36’da gösterildiği gibidir.

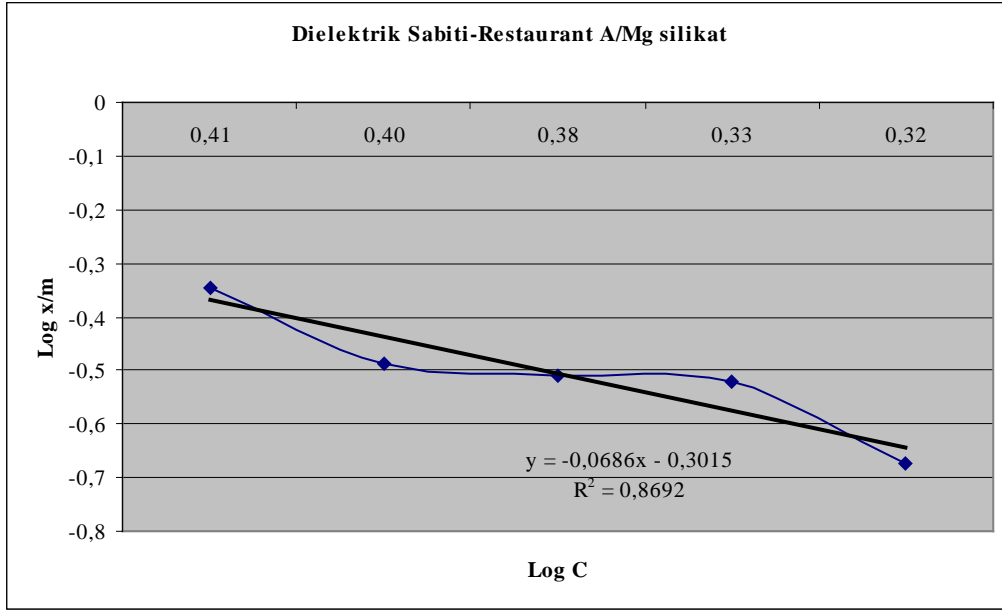


**Şekil 4.36** Restaurant C’de gerçekleştirilen kızartma işleminde dielektrik sabitinin adsorbant tipi ve konsantrasyonuna bağlı değişimi

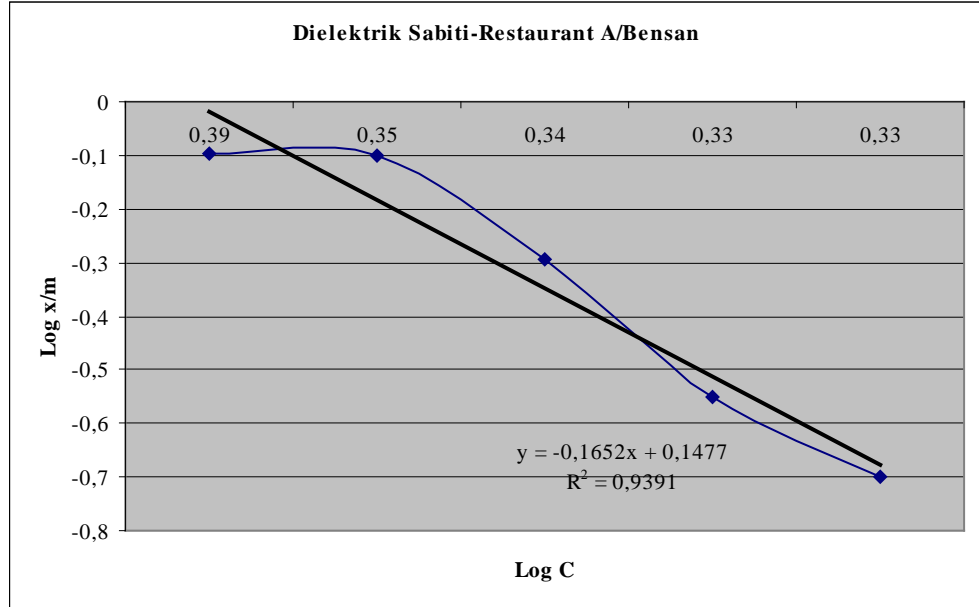
Şekil 4.36'de görüldüğü gibi Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemi sonrasında elde edilen atık yağa Adsorbant 1, 2 ve 3 uygulamalarının dielektrik sabitinde konsantrasyonla doğru orantılı olarak düşüşe neden olduğu görülmektedir. En etkili düşüşün ise yaklaşık % 35 ile %3'lük Adsorbant 2 muamelesi olduğu Çizelge 4.36'da görülmektedir.

#### 4.5 Yüzde asitlik ve Dielektrik sabiti değerleri için Freundlich izoterm eğrilerinin oluşturulması

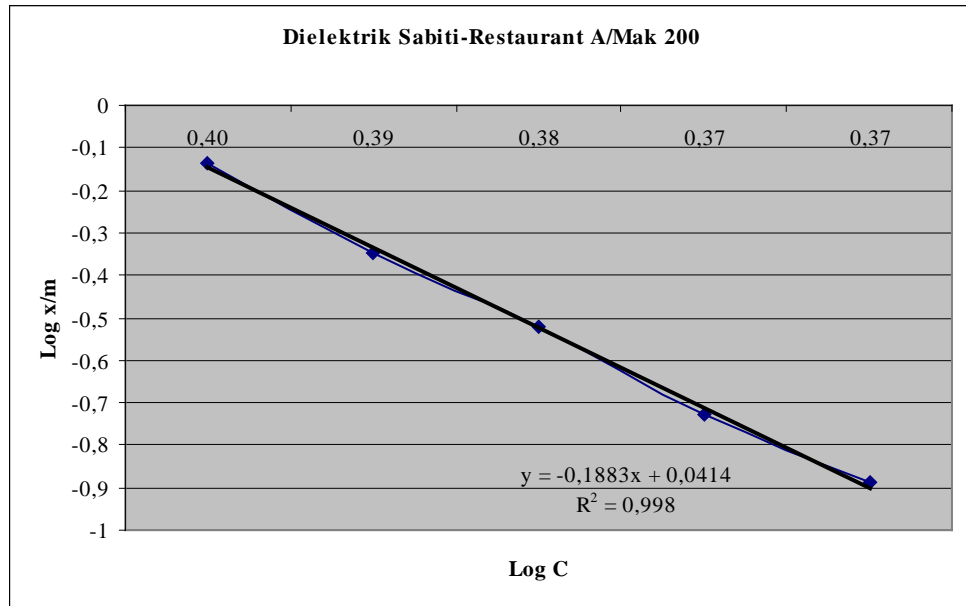
Restaurant A, B ve C'de yapılan kızartmalardaki atık yağlarda 3 farklı adsorbantın farklı konsantrasyonlarıyla muamelesi sonucu elde edilen yağların dielektrik sabiti değerleri ile Freundlich izotermi oluşturulup K ve n değerleri elde edilmiştir. Elde edilen K ve n değerleri arasında düzenli bir bağlantı kurulamamıştır.



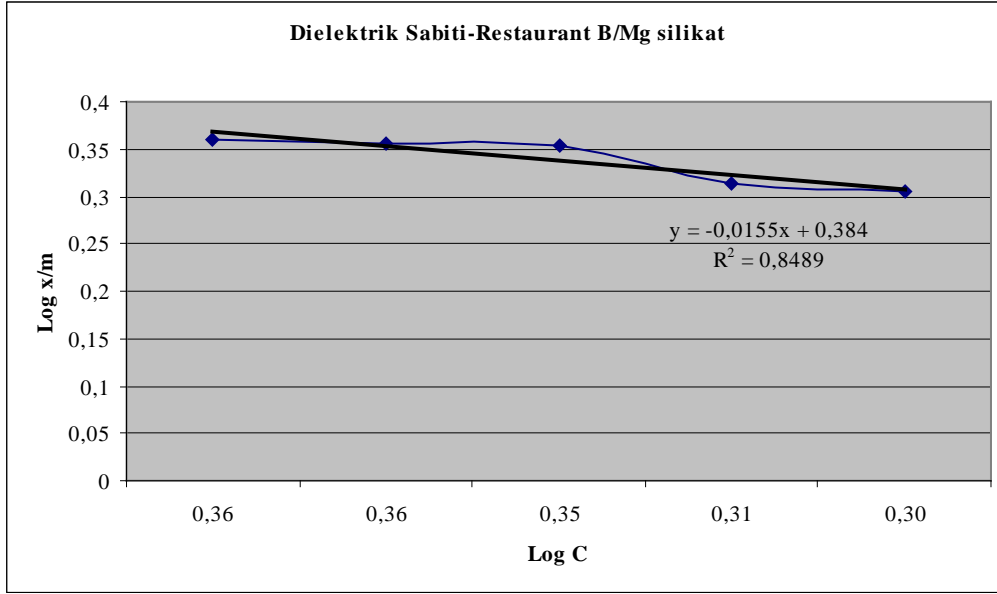
Şekil 4.37 Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi



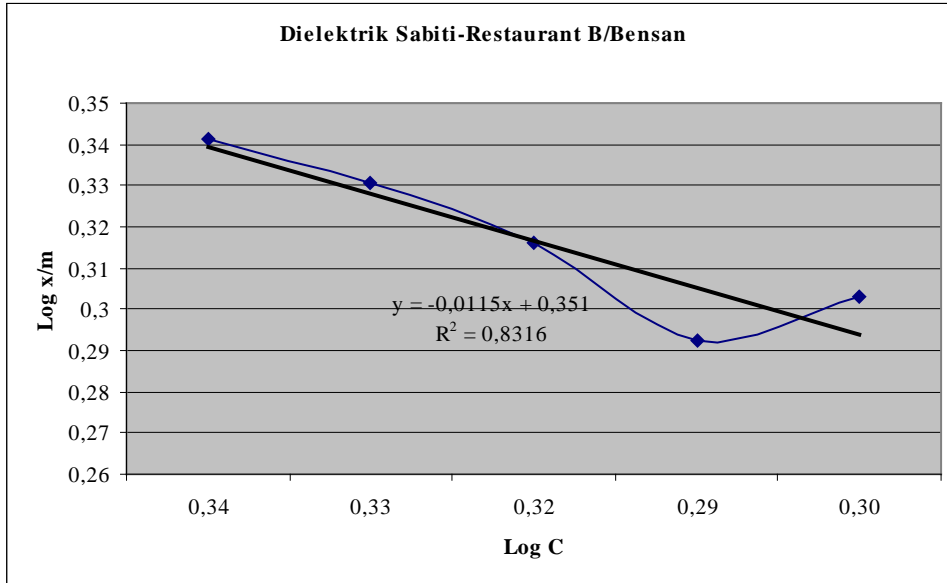
**Şekil 4.38** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi



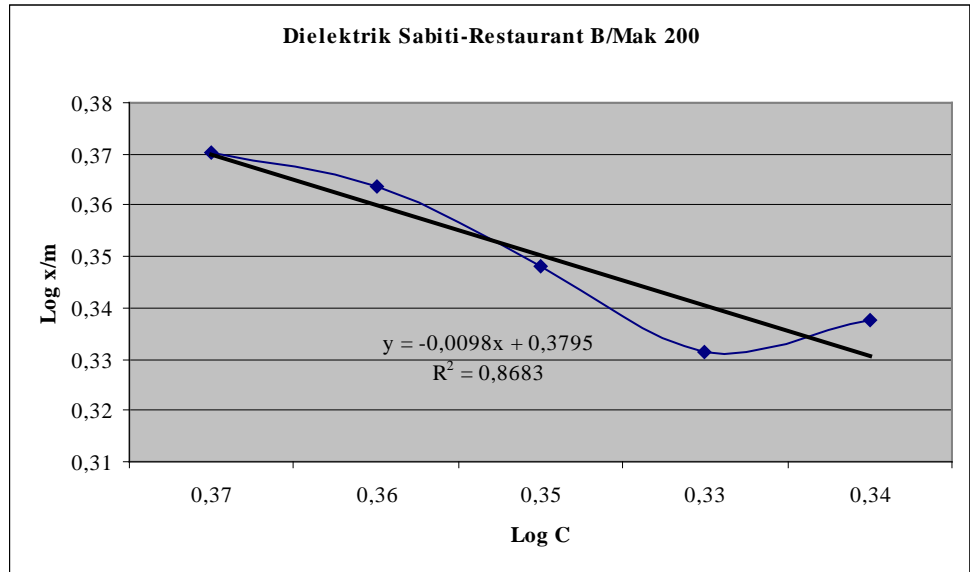
**Şekil 4.39** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi



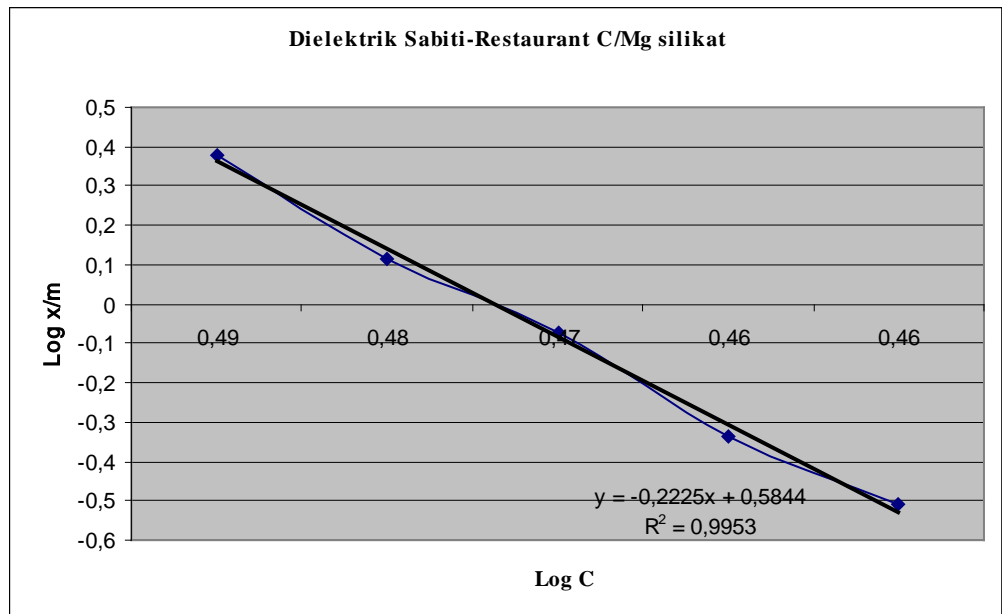
**Şekil 4.40** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi



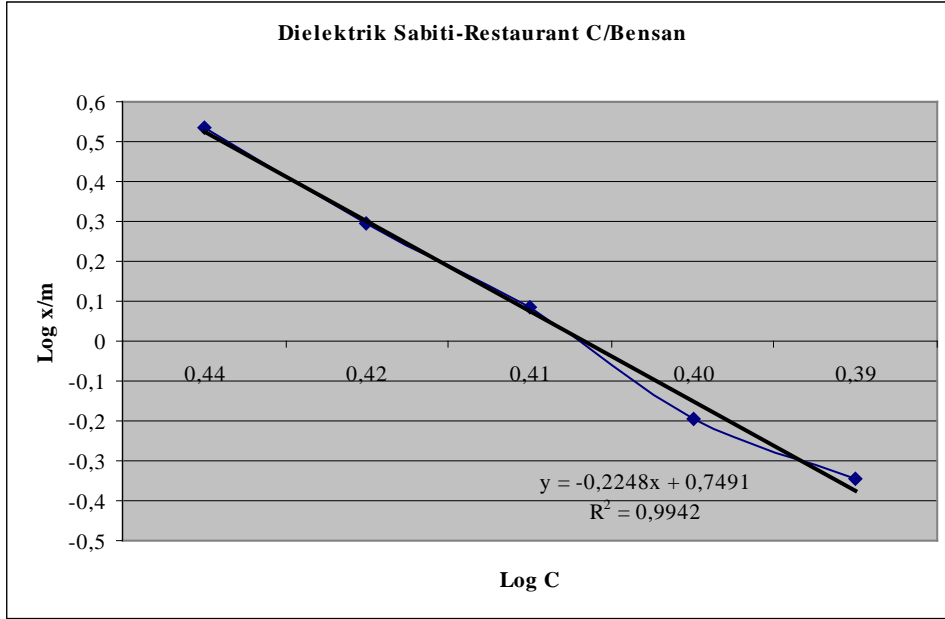
**Şekil 4.41** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi



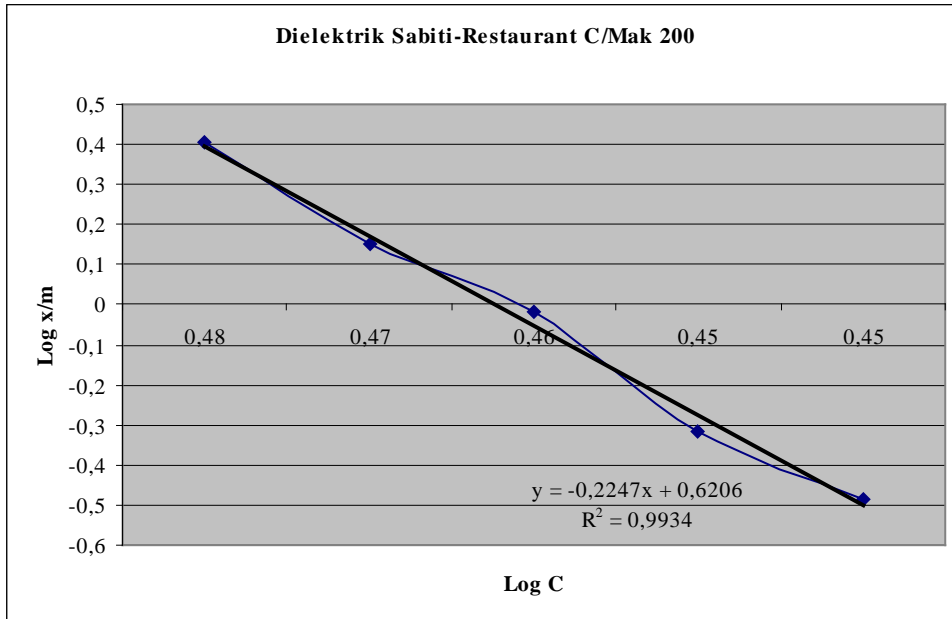
**Şekil 4.42** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermleri



**Şekil 4.43** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermleri



**Şekil 4.44** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi

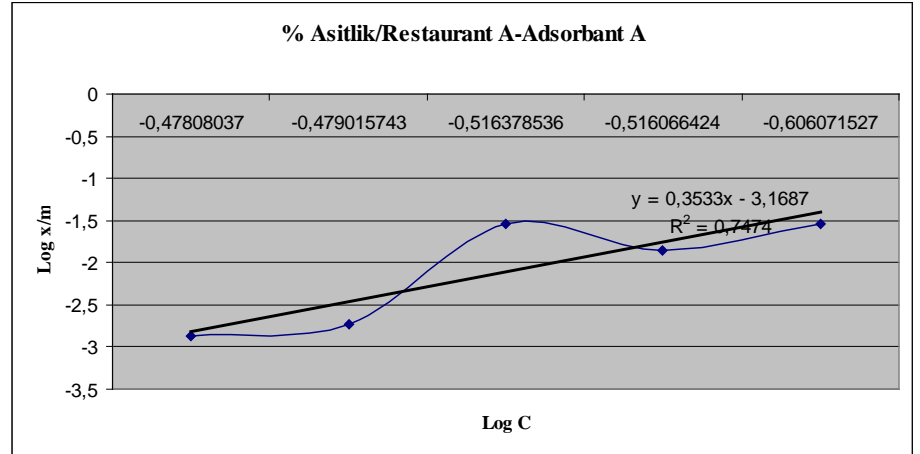


**Şekil 4.45** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 muamelesi sonucunda dielektrik sabiti değerlerinin freundlich izotermi

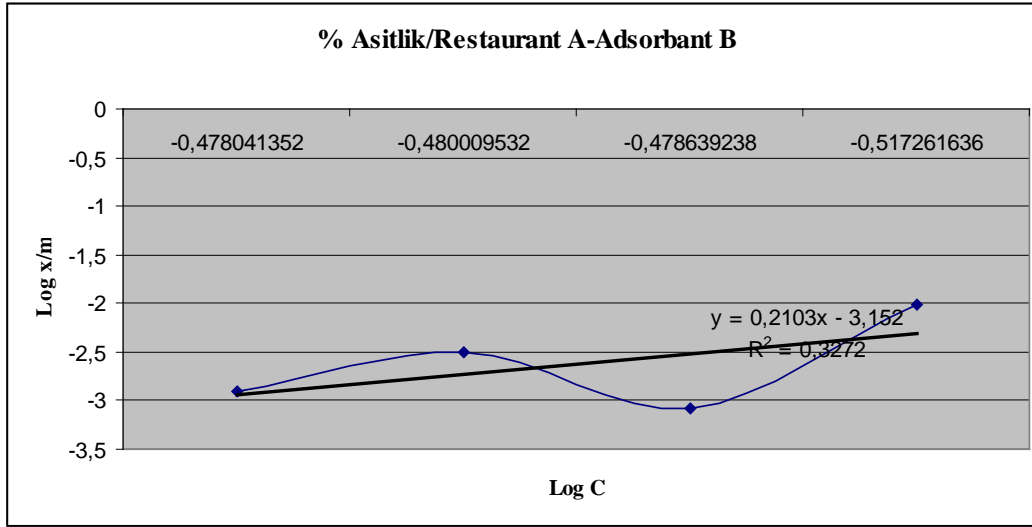
**Çizelge 4.37** Dielektrik sabiti değerleri için K ve n değerleri

	N	K
Restaurant A Magnezyum silikat	-0,0686	0,499459
Restaurant A Bensan	-0,1652	1,405077
Restaurant A Mak 200	-0,1883	1,100019
Restaurant C Magnezyum silikat	0,2225	3,840608
Restaurant C Bensan	-0,2248	5,611772
Restaurant C Mak 200	-0,2247	4,174457
Restaurant B Magnezyum silikat	0,0155	2,421029
Restaurant B Bensan	0,0115	2,243882
Restaurant B Mak 200	-0,0098	2,396073

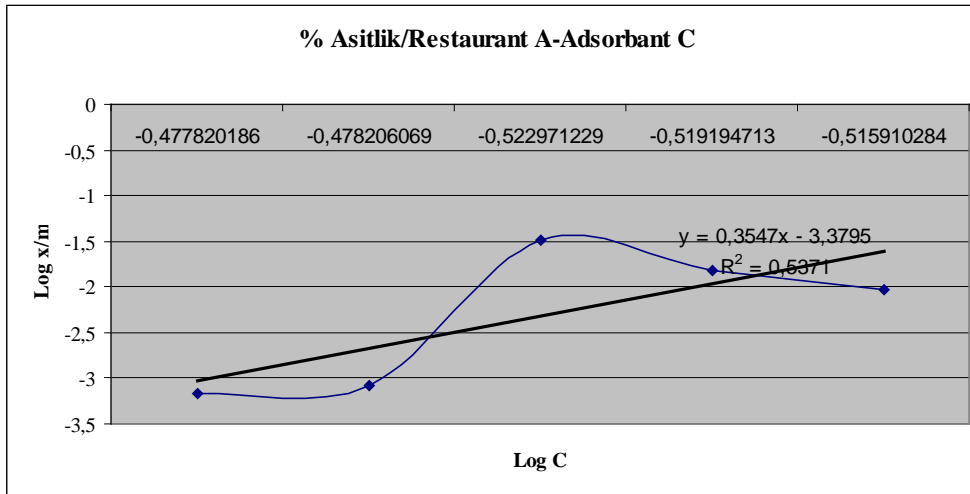
Restaurant A, B ve C’de yapılan kızartmalardaki atık yağlarda 3 farklı adsorbantın farklı konsantrasyonlarıyla muamelesi sonucu elde edilen yağların % asitlik değerleri ile Freundlich izotermi oluşturulup K ve n değerleri elde edilmiştir. Elde edilen K ve n değerleri arasında düzenli bir bağlantı kurulamamıştır.



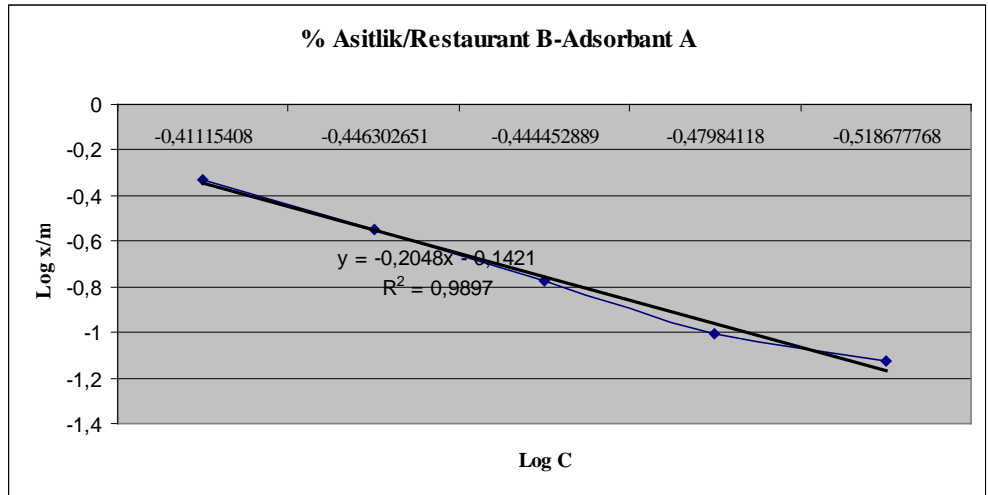
**Şekil 4.46** Restaurant A’da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin Freundlich izotermi



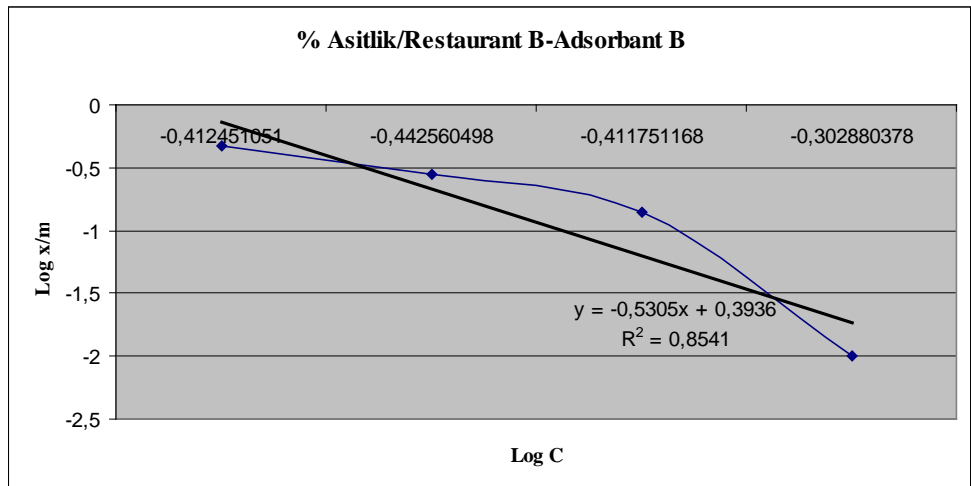
**Şekil 4.47** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



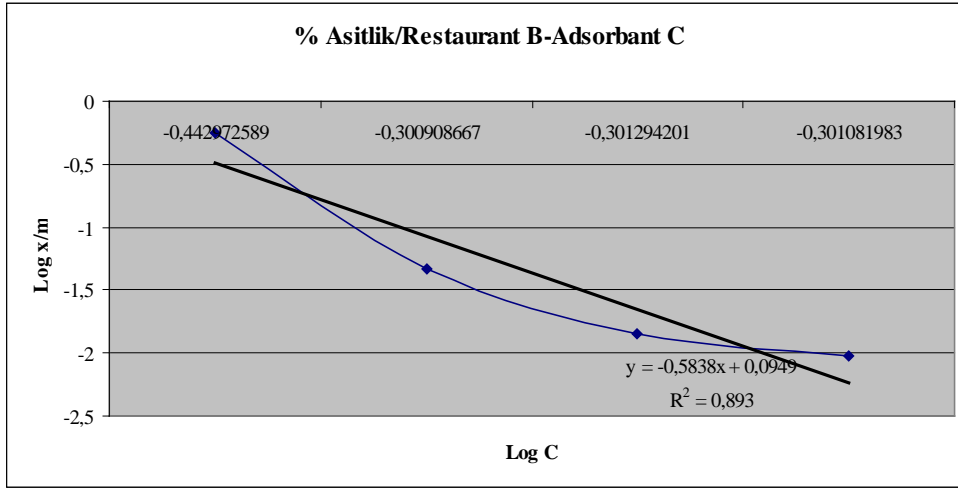
**Şekil 4.48** Restaurant A'da gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



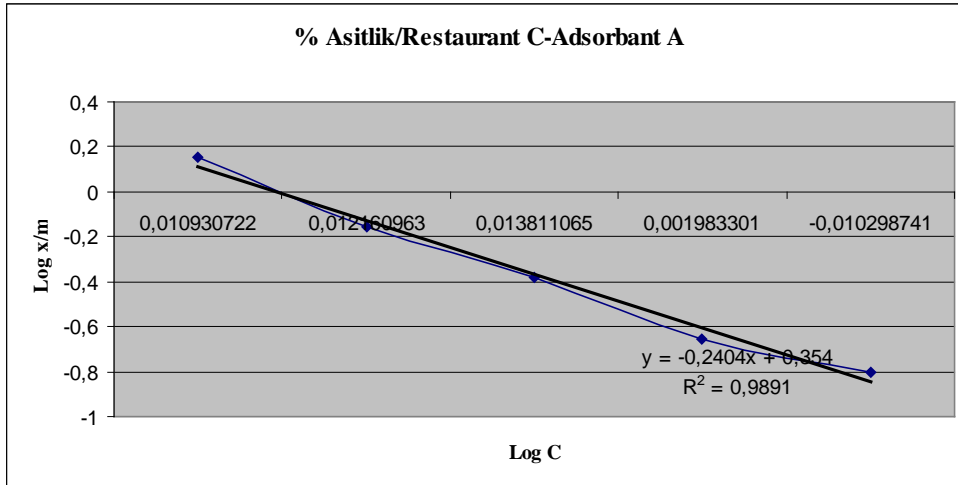
**Şekil 4.49** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



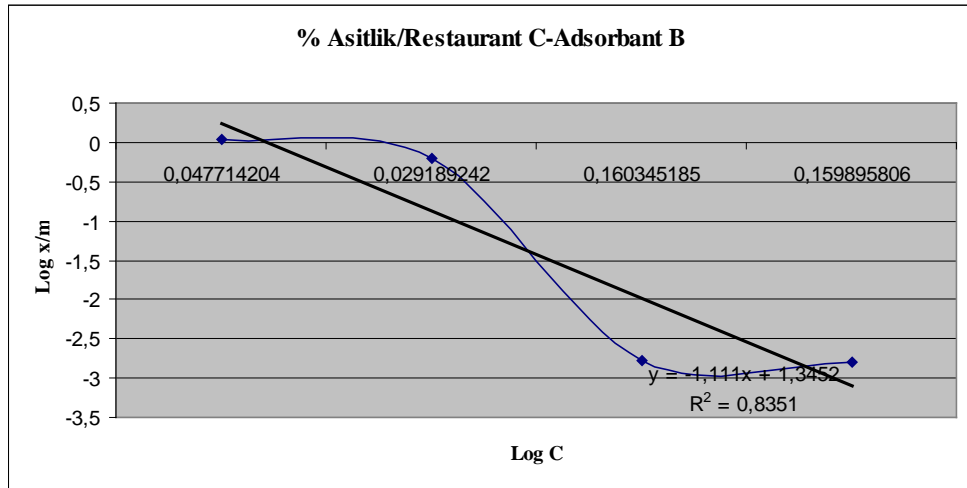
**Şekil 4.50** Restaurant B'de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensen ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



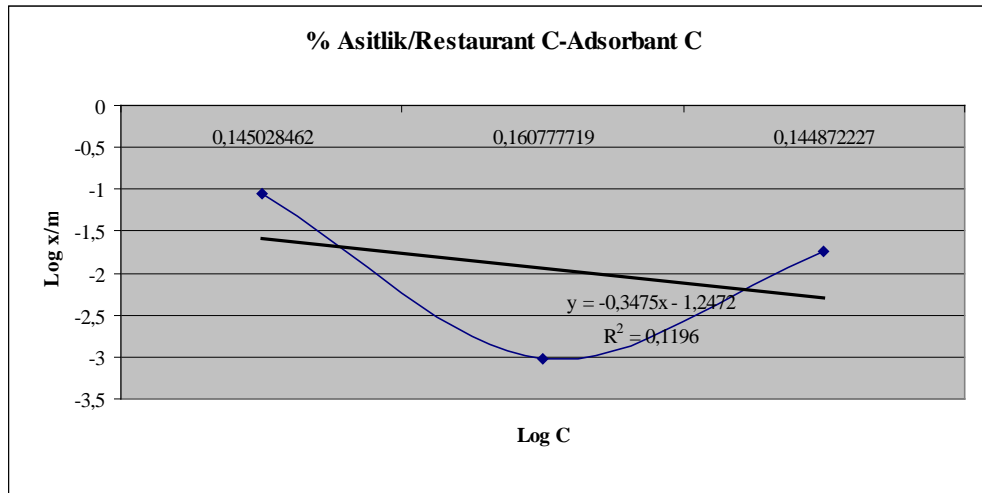
**Şekil 4.51** Restaurant B’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



**Şekil 4.52** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların magnezyum silikatla muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermi



**Şekil 4.53** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların bensan ile muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermeleri



**Şekil 4.54** Restaurant C’de gerçekleşen kızartma işlemleri sonucundaki atık yağların Mak 200 muamelesi sonucunda % asitlik değerlerinin freundlich izotermeleri

**Çizelge 4.38** Yüzde asitlik değerleri için K ve n değerleri

	n	K
Restaurant A- Adsorbant A	0,3533	0,006794
Restaurant A- Adsorbant B	0,2103	0,00706
Restaurant A- Adsorbant C	0,3547	0,004181
Restaurant B- Adsorbant A	-0,2048	7,222707
Restaurant B- Adsorbant B	-0,5305	24,79705
Restaurant B- Adsorbant C	-0,5838	12,46522
Restaurant C- Adsorbant A	-0,2404	22,63602
Restaurant C- Adsorbant B	-1,111	221,8196
Restaurant C- Adsorbant C	-0,3475	0,567022

Kızartma işlemi tamamlanmış yağ örneklerine farklı oran ve sürelerde Mg silikat eklenmiş ve yağın dielektrik sabiti ve yüzde asitlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın fiziksel adsorpsiyon mekanizmasına uyduğu saptanmış ve analizler için K-n değerleri belirlenmiştir. Ancak saptanan K ve n değerleri arasında korelasyon saptanamamıştır.

## 5. TARTIŞMA

Yapılan analizlerde kızartma yağı olarak yerel marketten sağlanan yemeklik soya yağı kullanılmıştır. Soya yağının kızartma yağı olarak kullanım nedeni; soya yağının bozunmaya karşı daha hassas olmasıdır. Kızartılacak materyal olarak hazır dondurulmuş parmak patates seçilmiş ve analiz bitimine kadar derin dondurucuda -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Kızartma sırasında alınan yağ örnekleri ise oluşabilecek bozulmalara karşı koyu renk cam şişelerde saklanmış ve analizleri yapılana kadar buzdolabında tutulmuştur. Yapılan kızartma işlemi 60. kızartma sonrasında durdurulmuştur. Bu değer kızartma sırasında yağın toplam polar maddesinin toplam polar madde ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmesi ile saptanmıştır. 60.kızartma yağından alınan örneklerle belirlenen konsantrasyonlarda adsorbant madde eklenmiştir. Belirli bir aralıkta farklı konsantrasyonlarda magnezyum silikat eklenmesini nedeni adsorbant maddenin farklı konsantrasyonlardaki etkinliğinin incelenmesidir.

Bu araştırmada kızartmalık yağın bozunma durumunun ölçüldüğü başlıca analiz toplam polar madde analizidir. 5. 10. 15. 20. 25. 30. 35. 40. 45. 50. 55. 60. kızartmalar sonrasında alınan örneklerin toplam polar maddesi Testo 265 Kızartma Yağı Test Cihazı ile ölçülmüştür.

Çizelge 4.19'da görüldüğü üzere 5. kızartma sonrası alınan örneğin toplam polar maddesi 12,25 olarak ölçülmüştür. 60. kızartmaya gelindiğinde ise toplam polar maddenin 21,75 olduğu görülmektedir. Kızartma sayısı arttıkça toplam polar madde artmaktadır. Yağ bozuldukça içindeki polar maddeler arttığından kızartma yapıldıkça yağ daha da bozulmakta ve toplam polar madde değeri artmaktadır.

Sentetik magnezyum silikat eklenmesinin ardından toplam polar madde değerinde önemli ölçüde bir azalma olmuştur. Eklenen adsorbant maddenin konsantrasyonu arttıkça toplam polar maddedeki düşüş de artmaktadır. %1 konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesinin ardından toplam polar madde değeri 21.75 den 19,5 e düşmüştür. %10 konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesinin ardından ise bu değer 16,5 e kadar düşmüştür. Bu değerde 35. kızartmadaki toplam polar madde ile aynıdır.

% 5'lik konsantrasyonda eklenen magnezyum silikatdan sonra toplam polar maddedeki azalış daha az değerlerde olmaktadır. Adsorbant madde eklenmesinin ekonomik yönü de düşünülecek olursa % 5 konsantrasyondan daha yüksek konsantrasyonlarda magnezyum silikat eklenmesine ihtiyaç yoktur. %5 konsantrasyonda eklenen magnezyum silikat de toplam madde değerini 17,5 a düşürmüştür.

Kızartma yağlarının kalitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biride yağın dielektrik sabitindeki değişimin saptanmasıdır. Kızartma sırasında oluşan polar moleküllerin miktarının artması ile yağın dielektrik sabiti yükselmektedir. Kızartmalar sonucu alınan yağ örneklerinin dielektrik sabiti Food – Oil Sensor Oil Quality Analyzer aleti ile ölçülmüştür.

Çizelge 4.28'e göre 5. kızartma sonunda alınan yağ örneğinin dielektrik sabiti 1,415 iken 60. kızartma sonunda alınan yağ örneğinin dielektrik sabiti 2,81 olarak bulunmuştur. Bu durum bize kızartma yapıldıkça dielektrik sabitinin büyük ölçüde arttığını göstermiştir. Son kızartma yağına magnezyum silikat eklenmesinin ardından ise dielektrik sabiti eklenen adsorbant maddenin konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak azalmıştır. %1 konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesi sonucunda dielektrik sabiti 2,635'e düşerken %10 konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesi sonucunda ise 1,97'ye kadar düşmektedir. Bu değerde 30. kızartmayla yaklaşık olarak aynı değerlere gelmektedir.

Kızartma yağının durumunu ölçmek için kullanılan bir diğer analiz de yağın asitliğinin ölçülmesidir. Çizelge 4.1'de görüldüğü üzere kızartma yapılmamış yağda % asitlik 0,056 iken 5. kızartmada bu değer 0,44'e çıkmıştır. Bu da yaklaşık 8 katlık bir artış anlamına gelmektedir. İlk 5 kızartmada bu artış çok hızlı iken sonrasında daha yavaş ama sürekli bir artış söz konusudur. 60. Kızartmaya gelindiğinde % asitlik 2,06 olarak hesaplanmıştır. %1 konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesiyle % asitlik 1,012'ye düşmüştür. Sadece % 1'lik bir konsantrasyonla % asitlikte yarı yarıya bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşüş magnezyum silikat konsantrasyonunun artışıyla hızla devam etmektedir ve %10'luk konsantrasyonda magnezyum silikat eklenmesiyle 0,33'e kadar

## 5. SONUÇ

Yapılan araştırmada elde edilen sonuçlar maddeler halinde verilmektedir.

- Kızartma süresince, kızartma yağının toplam polar maddesine bakılarak 60. kızartmada yağın kullanılamaz hale geldiği tespit edilmiştir.
- Kızartmaya sayısına bağlı olarak yağın % asitlik, dielektrik sabiti ve toplam polar maddesinde artış, renginde ise koyulaşma görölmüştür.
- Bozulmuş yağa adsorbant madde olan sentetik magnezyum silikat eklenmesiyle yağın % asitlik, dielektrik sabiti ve toplam polar maddesinde önemli ölçüde düşüş ve renginde ise açılma tespit edilmiştir.
- Magnezyum silikat konsantrasyonun artmasına bağlı olarak bu düşüşler artmaktadır.
- Ekonomik yön göz önünde bulundurulacak olursa maksimum %5 konsantrasyonda sentetik magnezyum silikat eklenmesi yeterlidir. Bu konsantrasyona kadar değişimler konsantrasyonun artmasına bağlı olarak hızla değişmekte iken bundan sonra değişim yavaşlamaktadır.
- Adsorbant madde kullanımı kızartmalık yağların kullanım sürelerini arttırmaktadır.
- Kızartma işleminin tamamlanmış yağ örneklerine farklı oran ve sürelerde Mg silikat eklenmiş ve yağın dielektrik sabiti ve yüzde asitlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın fiziksel adsorpsiyon mekanizmasına uyduğu saptanmış ve analizler için K-n değerleri belirlenmiştir. Ancak saptanan K ve n değerleri arasında korelasyon saptanamamıştır.

## KAYNAKLAR

- Anon,2008,“E553:Magnezyum silikatlar” <http://www.food-info.net/tr/e/e553.htm>. (Erişim tarihi: 3 Mayıs 2010)
- Bhattacharya, A.B., Sajilata, M.G., Tiwari, S.R. and Singhal, R.S., 2008, Regeneration of thermally polymerized frying oils with adsorbents.
- Chang, S.S., Robert J.P. and Chi-Tang H., 1978, Chemical Reactions Involved in the Deep Fat Frying of Foods, JAOCS, 55(10): 718-727p.
- Cocks,.L.V. and Van Rede,C., 1966, Laboratory Handbook for Oil and Fat Analysis, Academic Pres, London.
- Cooke, B.S., 2006, Adsorbent Treatment of Frying Oil and the Impact on Health and Nutrition, The Dallas Group America, Inc.
- Demir, C., 2008, Bitkisel Atık Yağların Kullanım Yerlerine Göre Gerekli Standartlar ve Kontrol Yöntemleri, Uludağ Üniversitesi.
- Demirbaş Ö., 2007, Kil Mineralleri Yüzeyine Bazı Biyomoleküllerin İmmobilizasyonu ve Elektrokinetik Özellikleri, Doktora Tezi .
- Düzakar H., 1995, Bitkisel Sıvı Yağların Termik Oksidasyon Kinetiğinin Matematiksel Modellenmesi, İzmir, 4-5s.
- FDA Reg. Sayı:68, no:133.
- Franke, K. and Reimerdes, E.H., 2004, Possibilities in Simulating Frying Processes with respect to Minimizing Acrylamide Contents, 4th International Symposium on Deep Frying- Tastier and Healthier Fried Foods.
- Fristch, C. W., D. C. Egberg and J. S. Magnuson, 1979, Changes in Dielectric Constant as a Measure of Frying Oil Deterioration, JAOCS, 56(8): 746-750p.
- Fritsch C.W., 1981, Measurements of Frying Fat Deterioration, JAOCS, 58: 272p.
- Gıda Forum, “Kızartma Yağları”, <http://www.gidacilar.net/kizartma-yaglari-t573.html>. (Erişim tarihi: 19 Nisan 2010)
- Gıda Güvenliği Derneği, <http://www.ggd.org.tr/icerik.php?id=199>. (Erişim tarihi: 5 Nisan 2010)
- Gray, J. I., 1978. Measurement of Lipid Oxidation: A Review, JAOCS, 55(6), 539-545p.
- Gümüşkesen, A. S. and Yemişçioğlu, F., 2004, Bitkisel Yağ Teknolojisi, Asya Tıp Yayıncılık, 2. Baskı, İzmir, 214-215s.

- Hein, M., Henning, H. and Isengard, H.D., 1998, Determination of total polar parts with new methods for the quality survey of frying fats and oils Institute of Food Technology, University of Hohenheim
- Igarashi T., Aursand M., Hirata Y., Gribbestad I.S., Wada S. and Nonaka M.J. JAOCS, 2000:77-737.
- İşçioğlu, B., 1988, Çeşitli Yağların Kızartmaya Uygunluğu Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü.
- IUPAC, “Adsorption”, <http://goldbook.iupac.org/A00155.html>. (Erişim tarihi: 10 Mayıs 2010)
- IUPAC, “Chemical Adsorption”, <http://goldbook.iupac.org/C01048.html>. (Erişim tarihi: 12 Mayıs 2010)
- IUPAC, “Physical Adsorption”, <http://goldbook.iupac.org/P04667.html>. (Erişim tarihi: 12 Mayıs 2010)
- Karakaya, S. , 2009, Gıda İşlemede Besin Öğelerinde Değişimler Ders Notları.
- Kayahan, M., 2006, Yağ Kimyası, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, İstanbul, 40-45s.
- Labuza, T.P., 1971, Kinetics of Lipid Oxidation in Foods, CRC Critical Reviews in Food Technology, 10(2): 355-594p.
- Laubli, M.W., Bruttel, P.A. and Schalch, E., 1988, A Modern Method of Determining the Oxidative Stability of Fats and Oils, International Food Marketing and Technology, No:1.
- Miyagi, A. and Nakajima, M., 2003, Regeneration of Used Frying Oils Using Adsorption Processing, JAOCS 80:91–96p.
- Miyake, Y., Yokomizo K., and Matsuzaki N. J., 1998, JAOCS.:75:15p.
- Paradis, A. J. and W. Nawar, 1981, A Gas Chromatographic for the Assessment of Used Frying Oils: Comparison with Other Methods, JAOCS, 5:635-638p.
- Plessis, L.M., Twisk, P., Niekerk, P. J. and Steyn,M., 1981, Evaluation of Peanut and Cottonseed Oils for Deep Frying, JAOCS, 64:575-578p.
- Perkins, E.G. and Lamboni, C.,1998, Magnesium Silicate Treatment of Dietary Heated Fats:Effects on Rat Liver Enzyme Activity, Lipids 33:683–687p
- Pokorny, J., 1999, Changes of Nutrients at Frying Temperatures
- Boskou D. and Elmadfa I., Frying of Food, Technomic Publishing Co., Lancaster, 69-103p.

- Porter N.A., Caldwell S.E. and Mills K.A., 1995, Mechanisms of Free Radical Oxidations of Unsaturated Lipids, *Lipids*, 30:277–290p.
- Ramadan, M. F., 2007, Monitoring Deep Frying Oils, *International News on Fats, Oils and Related Materials*, Vol.18(2):139-141p.
- Resmi Gazete, Sayı: 26627, No: 2007/41.
- Stevenson, S.G., Vaisey-Genser M. And Eskin N.A.M., 1984, Quality Control in the Use of Deep Frying Fats, *JAOCS*, 61:1102-1108p.
- Shahidi, F. and Pegg, R.B., 1994, Hexanal as an Indicator of Meat Flavor Deterioration, *Journal of Food Lipids* 1:177–186p.
- Snyder, M., Frankel, E. N., Sekle, E. and Warner, K., 1988, Comparison of Gas Chromatographic Methods for Volatile Lipid Oxidation Compounds in Soybean Oil, *JAOCS*, 65:1617-1620p.
- Sundberg, S., Hämäläinen, T., Mäkinenb, M., Kaltiaa, S., Hasea, T. and Hopiab, A., 2001, Hydroperoxide Formation During Autoxidation of Conjugated Linoleic Acid Methyl Ester, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 103:588–593p.
- Swern, D., 1979, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, A Division of John Wiley and Sons, USA, Vol:1.
- Sacco, A, Brescia, M.A., Liuzzi, V., Reniero, F., Guillou, C., Ghelli, S. and Van Der Meer, P.J., 2008, *JAOCS*, 2000:77-619p.
- Webb, P. A., 2003, *An Introduction to Chemical Adsorption Analytical Techniques and Methods*, WHO Technical Report Series, 922p.
- Yemişçioğlu, F., 2008, *Yağ Teknolojisi Ders Notları Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği*, İzmir.
- Yurawecz, M.P., Seha, N., Mossob, M.M., Roach, J.A.G. and Ku, Y., 1997, Oxidation Products of Conjugated Linoleic Acid and Furan Fatty Acids, *New Techniques and Applications in Lipid Analysis*, AOCS Press, Champaign, IL (USA), 183–215p.

## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Merzifon'da doğan Özge Önder 2002 yılında Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde başladığı Lisans Eğitimi'ni 2007 yılında tamamlamıştır. Yüksek Lisans Eğitimi'ni yine Ege Üniversite'si Gıda Mühendisliği Bölümü'nde başlayan Özge Önder halen İzmir'de özel bir şirkette Gıda Mühendisi olarak çalışmaktadır.

50. Kızartma 8 dk 190  $\pm$ 10 °C



55. Kızartma 8 dk 190  $\pm$ 10 °C



60. Kızartma 8 dk 190  $\pm$ 10 °C

Kızartma işlemi yapılan yağlara magnezyum silikat eklenmesi aşağıdaki gibi yapılmıştır.

<i>% 1'lik Mg silikat</i>	<i>% 3'lük Mg silikat</i>	<i>% 5'lik Mg silikat</i>	<i>% 7'lik Mg silikat</i>	<i>% 10'luk Mg silikat</i>
60 g yağ + 0,6 g Mg silikat	60 g yağ + 1,8 g Mg silikat	60 g yağ + 3 g Mg silikat	60 g yağ + 4,2 g Mg silikat	60 g yağ + 6 g Mg silikat

Mg silikat eklendikten sonra tüm örnekler 50 °C'de 30 dk karıştırılırlar. Karıştırma işleminde süzgeç kâğıdı yardımıyla süzülerek, süzüntü toplanır.



Şekil 3.1a Mg silikat ekleme



Şekil 3.1b Süzüntülerin toplanması

### 3.1.2 Sanayi tipi kızartma işlemi

- Analiz örneği: Kızartma yağı  
Restaurant A ve C: Ayçiçek yağı  
Restaurant B: Sanayi tipi kızartma yağı (Frita marka)

Seçilen 3 farklı restauranttan örnekler aşağıdaki gibi temin edilmiştir.

#### 3.1.2.1 İşlem

Örnek alma işlemi aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir. Restaurantlardan aşağıdaki örnekler temin edilmiştir.

<u>Restaurant A</u>	<u>Restaurant B</u>
0.gün sonundaki yağ	0.gün sonundaki yağ
1.gün sonundaki yağ	1.gün sonundaki yağ
2.gün sonundaki yağ	2.gün sonundaki yağ
3.gün sonundaki yağ	3.gün sonundaki yağ
Atık yağ	4.gün sonundaki yağ
<u>Restaurant C</u>	5.gün sonundaki yağ
Atık yağ	Atık yağ

Restaurantlardan temin edilen kızartmalık atık yağ örneklerine mg silikat ekleme

<i>% 1'lik Mg silikat</i>	<i>% 3'lük Mg silikat</i>	<i>% 5'lik Mg silikat</i>	<i>% 7'lik Mg silikat</i>	<i>% 10'luk Mg silikat</i>
60 g yağ +	60 g yağ +	60 g yağ +	60 g yağ +	60 g yağ +
0,6 g mg silikat	1,8 g mg silikat	3 g mg silikat	4,2 g mg silikat	6 g mg silikat

### 3.2.1.2 Toplam polar madde tayini

Toplam polar madde analiz sonuçları Şekil 3.3’de görüldüğü gibi Testo 265 Kızartma Yağı Test Cihazı ile ölçülmüştür.



**Şekil 3.2** Testo 265 Kızartma Yağı Test Cihazı ile Ölçüm

Bu cihaz toplam polar maddeyi elektriksel iletkenliğin bir fonksiyonu olarak ölçmektedir. Elektriksel iletkenlik sıcaklık ile önemli ölçüde değişmektedir. Buna bağlı olarak toplam polar madde de sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Analizler boyunca toplam polar madde  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ’de ölçülmüştür. Ölçülecek sıcaklık belirlenirken kızartma sıcaklığına yakın; ancak takip edilebilir bir sıcaklık olmasına ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilmesine dikkat edilmiştir. Toplam polar madde değeri sıcaklık arttıkça artmaktadır, bu nedenden dolayı ölçümlerin kızartma sıcaklığına yakın sıcaklıkta olması istenmiştir. Çizelge 8’de 60. kızartmada farklı sıcaklıklarda ölçülen toplam polar madde değerleri görülmektedir.

**Çizelge 3.2** Toplam polar maddenin sıcaklıkla değişimi

Sıcaklık °C	Toplam polar madde %
40	14
55	17
65	17,5
71	18
180	22
200	24,5

### 3.2.1.3 Dielektrik sabiti tayini

“Food – Oil Sensor Oil Quality Analyzer Model NI 21A” aleti ile yağın dielektrik sabitindeki değişmeler saptanmıştır.



Şekil 3.3 Dielektrik sabiti ölçüm cihazı

### 3.2.1.4 Renk analizi

Kızartma yağı örneklerinin renk ölçümü HunterLab Colorflex (CFLX 45-2 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA) cihazının kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Ekipman her ölçüm öncesi siyah ve beyaz levhaların kullanımı ile kalibre edilmiştir. Örneklerin renk değerleri L, a, ve b değerleri cinsinden alınmıştır. Bu değerlerden “L ” parlaklığı (0’dan 100’e), “a” yeşillik/kırmızılığı (–60’dan +60’a) ve “b” ise mavilik/yeşilliği (–60’dan +60’a) singeler.



Şekil 3.4 Hunterlab renk ölçüm cihazı

## 4. BULGULAR

Kızartma işlemi sonucunda yağdaki değişimi gözlemlemek amacıyla laboratuvar ortamında ev tipi kızartma düzeneği kurulmuş, bu düzenele gerçekleşen kızartma işleminde kullanılan yağın atık hale gelmesi için 60 kızartma gerçekleştirilmiştir. Her 5 kızartmada bir alınan örnekler ile kızartma işleminin yoğun olarak gerçekleştiği düşünülen 2 restauranttan temin edilen yağlar aşağıdaki analizlere tabi tutulmuştur.

### 4.1 Yüzde Asitlik

Yüzde asitlik kızartma işlemi sırasında gelişen hidroliz reaksiyonunun bir ölçütüdür. Kızartma işlemi sırasında kızartılan gıdada bulunan su hızla distile olmaktadır. Bu sırada yağla temas ederek serbest yağ asitlerinin oluşumunu hızlandırmaktadır.

#### 4.1.1 Kızartma sayısı ve magnezyum silikat konsantrasyonunun % asitlik açısından değerlendirilmesi

Ev tipi kızartma işlemiyle Restaurant A ve B'den analiz planına göre belirlenen sürelerde alınan kızartmalık yağ örnekleri kızartma sayısı bazında ve 3 tip kızartma sonucu elde edilen atık yağlar analiz planında belirtilen konsantrasyonlarda magnezyum silikat ile muamele edilerek konsantrasyon bazında % asitlik açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1'de ev tipi kızartma işleminde % asitliğin kızartma sayısına bağlı değişimi görülmektedir.

düşmektedir. Bu düşüşle birlikte 60. kızartmadaki kızartma yağının % asitlik 5. kızartmadaki % asitliknden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum magnezyum silikat eklemenin % asitlik üzerinde oldukça iyi bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada kızartma yağının durumunu belirlemek için yapılan başka bir analiz renk analizidir. Çünkü kızartma boyunca yağın renginde değişiklik gözlemlenmektedir.

Örneklerdeki renk değişimini saptamak amacıyla Hunter renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu ölçümler sonucu elde edilen verilerden “L ” parlaklığı (0’dan 100’e), “a” yeşillik/kırmızılığı (-60’dan +60’a) ve “b” ise mavilik/yeşilliği (-60’dan +60’a) simgelemektedir. Ölçümler 4 paralelde okunmuş ve ortamalarına göre kızartma yağının rengindeki değişim saptanmıştır. Çizelge 11’de görüldüğü üzere 5. kızartmadaki yağın L değeri 2,57, a ve b değerleri de -0,85 ve 1,30 olarak ölçülmüştür. Genel olarak kızartma sayısı arttıkça L,a ve b değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Ancak Şekil 4.10’da görüldüğü gibi bu artış sürekli bir artış halinde değil inişli çıkışlı bir durumda olmaktadır. Her 5 kızartmada bir fritözden 50 ml örnek alınmış ve üzeri taze yağla tamamlanmıştır. Bundan dolayı renkte bu iniş ve çıkışlar gözlenmiş olabilir. 60. kızartmadaki ölçümlere bakıldığında L=9,47, a=2,27 ve b=13,08 olarak kaydedilmiştir. Aradaki değişim irdelendiğinde L değerindeki artışa bağlı olarak yağın parlaklığını yitirdiği, a değerindeki değişime göre de yağın renginin yeşilden kırmızıya doğru değiştiği gözlenmektedir. Magnezyum silikat eklenmesiyle L, a ve b değerlerinde sürekli bir azalış gözlenmiştir. %10’luk magnezyum silikat konsantrasyonuyla yağın renginin yaklaşık olarak 5. ve 10. kızartma yağı rengine geldiği görülmüştür. Bu değişim açık bir biçimde Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1 Magnezyum silikat konsantrasyonuna bağlı olarak yağıdaki renk değişimi