

**OMEGA-3 YAĞ ASİDİ NANOPARTİKÜLLERİNİN
EKMEK FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMI**

**UTILIZATION OF OMEGA-3 FATTY ACID
NANOPARTICLES IN BREAD FORMULATIONS**

GÜLİZ (ÇÖMLEKCİOĞLU) BALIK

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2011

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda**
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
Prof. Dr. Emir Baki DENKBAŞ

Üye(Danışman) :.....
Prof. Dr. Vural GÖKMEN

Üye :.....
Prof. Dr. Yaşar Kemal ERDEM

Üye :.....
Prof. Dr. Hami ALPAS

Üye :.....
Doç. Dr. Eylem ÖZTÜRK GÜVEN

ONAY

Bu tez / / Tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Adil DENİZLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

OMEGA-3 YAĞ ASİDİ NANOPARTİKÜLLERİNİN EKMEK FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMI

ÖZ

İlk defa 1980'lerin ortalarında Japonya'da kullanılmaya başlanan "Fonksiyonel Gıda" terimi; FAO tarafından "Besleyici olmanın yanında belirli vücut fonksiyonlarına yardımcı maddeler içeren işlenmiş gıdalar" olarak tanımlanmıştır. Bu gıdalar; fonksiyonel içerik eklenmesiyle, işlem aşamasında çeşitli modifikasyonlarla ya da biyoteknolojik yöntemlerle elde edilir.

Omega 3 ve omega 6 yağ asitleri vücut tarafından üretilemeyen ancak dışarıdan besinlerle alınması gereken elzem yağ asitleridir. Hücre zarının esnekliği ve akışkanlığı elzem yağ asitlerinin miktarına bağlıdır. Omega-3 yağ asitlerinin özellikle de DHA(dokosaheksaenoik asit) ve EPA'nın belli kanser risklerinin azaltılması, hamilelikte sağlıklı bebek gelişimi, eklem sağlığı gibi çeşitli sağlık yararları olduğuna dair çalışmalar mevcuttur. Bu tür yararları nedeniyle tüketicilere yönelik olarak omega-3 yağ asitleri, margarinden ekmeğe geniş bir çeşitlilikte ürünlerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılan omega yağ asitlerinin işlem sonuna kadar bozulmadan korunup korunmadığını belirlemek ve nanoenkapsülasyon ile termal oksidasyona dayanıklılığın artışının araştırılmasıdır. Omega 3 kaynağı olarak keten tohumu yağı kullanılmıştır.

Bu çalışmada ekmeğin pişirme koşullarının işlem sırasında omega 3 yağ asitlerinin termal oksidasyona uğramasına olanak sağladığı belirlenmiştir. Nanoenkapsülasyon yöntemi kullanıldığında ise; termal oksidasyonun belirteçlerinin miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca farklı termal yük etkileri ve nişasta yapısında olan nanokapsüller üzerinde amilaz enziminin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ekme formülasyonuna (1)%10 oranında nanoenkapsüle edilmiş keten tohumu yağı ve bunun eşdeğeri kapsülsüz keten tohumu yağı; (2)%10 nanokapsül eklenmiş örneklere fungal amilaz enzimi ilave edilmiştir. Son olarak da (3) %10 nanoenkapsüle edilmiş keten tohumu yağı ilave edilen ekme kabuğu modelleri farklı sıcaklık ve zaman parametrelerinde pişirilmiştir. Kontrolle kıyaslandığında termal oksidasyon belirteçleri hekzanal ve nonanal miktarlarındaki değişim sırasıyla (1) %52 ve %58 azalma (2) %38 ve % 55 artma (3) % 5 ve %82

azalma olarak tespit edilmiştir. Bu da enkapsülasyonun termal oksidasyondan korunma yolunda başarı sağladığı ve amilaz enziminin nişasta yapısındaki nanokapsüller üzerinde etkili olduğu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte termal yükün artmasıyla esmerleşmenin arttığı belirlenmiştir. Buna göre; amilaz enzimi yönüyle düşük aktiviteli bir un kullanıldığında, %10 oranındaki nanoenkapsülasyon omega yağ asitlerinin termal oksidasyonunu %55 düzeyinde azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel ekmek, kabuk model, nanoenkapsülasyon, omega 3 yağ asitleri, termal lipid oksidasyonu, amilaz enzimi

Danışman: Prof. Dr. Vural GÖKMEN, Hacettepe Üniversitesi, Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı

UTILIZATION OF OMEGA-3 FATTY ACID NANOPARTICLES IN BREAD FORMULATIONS

ABSTRACT

The term "Functional Foods" is defined by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) as "processed foods containing ingredients that aid specific body functions, in addition to being nutritious" and was introduced for the first time in Japan in mid-80s. These foods are obtained by adding functional contents, by various modifications during the process or biotechnological methods.

Omega-3 and omega 6 are essential fatty acids that can not be produced by the body but must be taken with the diet. Flexibility and fluidity of the cell membrane depends on the amount of the essential fatty acids. There are studies showing the health benefits of Omega 3 fatty acids especially DHA (Docosahexaenoic acid) and EPA (Eicosapentaenoic acid), such as reducing the risks of certain cancers, development of healthy newborns during pregnancy and joint health. Because of such benefits for the consumers, omega-3 fatty acids are used to enrich a wide variety of products from margarine to bread. The purpose of this study is to determine whether omega fatty acids used for enriching bread were maintained intact until the end of the process and to investigate the increase in resistance to thermal oxidation by nanoencapsulation. Flax seed oil was used as a source of Omega 3.

In this study, it was shown that the conditions of bread baking process causes the thermal oxidation of omega-3 fatty acids. When the nanoencapsulation method was used, the amount of thermal oxidation markers was found to be decreased. In addition, the effects of amylase enzyme on starch structure of nanoparticules and the effects of different thermal loads were investigated. For this purpose, (1) 10% nanoencapsulated flax seed oil and equivalent amount of flax seed oil, (2) fungal amylase enzyme in addition to 10% nanoencapsulated flax seed oil were added to bread formulation. Finally, (3) 10 % nanoencapsulated flax seed oil supplemented bread crust model samples were baked in different temperature and time parameters. The change in the amount of thermal oxidation markers hexanal and nonanal were identified as (1) 52% and 58% decrease (2) 38% and 55% increase

(3) 5% and 82% decrease respectively, as compared to control. These mean that nanoencapsulation provided success by means of protection from thermal oxidation and amylase enzyme was effective on nanocapsules of starch structure. In addition, it was determined that, with increasing of thermal load increase in browning occurred. According to this, if flour with low amylase activity is used, 10 % nanoencapsulation reduces the thermal oxidation of omega fatty acids level by 55%.

Key Words: Functional bread, crust model, nanoencapsulation, omega 3 fatty acids, thermal lipid oxidation, amylase enzyme.

Danisman: Prof. Dr. Vural GÖKMEN, Hacettepe University, Nanotechnology and Nanomedicine Section

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında görüş ve yardımlarından dolayı değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Vural GÖKMEN'e,

Hiç bir zaman desteğini esirgemeyen değerli hocam, Prof. Dr. Emir Baki DENKBAŞ'a,

Deneysel çalışmalarım boyunca katkılarından dolayı Araş. Gör. Burçe ATAÇ MOĞOL'a,

Manevi desteklerini eksik etmeyen yakınlarım ve iş arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olduklarını bildiğim, eğitim hayatım boyunca ellerinden gelen her türlü desteği sağlayan aileme,

Hayatıma kattığı tüm güzelliklerden dolayı sevgili eşime tüm içtenliğimle sonsuz teşekkür ederim.

Güliz (ÇÖMLEKCİOĞLU)BALIK

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Fonksiyonel Gıda Nedir?.....	3
2.1.1 Neden Fonksiyonel Gıdalar?	3
2.1.2 Dünyada Fonksiyonel Gıda Kavramı	4
2.1.3 Fonksiyonel Gıda Elde Etmek Amacıyla Yetiştirilen Bitkiler.....	7
2.1.4 Fonksiyonel Gıda Elde Etmek Amacıyla Yetiştirilen Hayvanlar	11
2.1.5 Fonksiyonel Gıda Geliştirme.....	12
2.2 Yağ Asitleri.....	14
2.2.1 Omega Yağ Asitleri ve Fonksiyonel Gıdalar	16
2.2.2 Keten Tohumu, Omega Yağ Asitleri ve Fonksiyonel Gıdalar.....	20
2.3 Fonksiyonel Ekmek.....	21
2.4 Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin Termal Oksidasyonu	22
2.5 Mailard Reaksiyonunun Renk Üzerine Etkisi	23
2.6 Enkapsulasyon ve Nanoenkapsulasyonun Gıdalarda Kullanımı	25
3. MATERYAL VE METOT	30
3.1 Materyal	30
3.2 Metot.....	30
3.2.1 Ekmekler ve Kabuk Modellerin Hazırlanması	31
3.2.1.1 Keten Tohumu Yağı İçeren Nanopartiküllerin Hazırlanması... 31	
3.2.1.2 Ekmek Örneklerinin Hazırlanması	32
3.2.1.3 Kabuk Modellerin Hazırlanması.....	33

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

3.2.2 Duyusal Özellikler ve Temel Kalite Parametrelerinin İncelenmesi ..	35
3.2.3 Renk Analizi.....	35
3.2.4 Doku Profil Analizi.....	38
3.2.5 Termal Lipid Oksidasyonu Analizi.....	42
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	45
4.1 Duyusal Özellikler	45
4.2 Renk.....	48
4.3 Doku Profil	49
4.4 Termal Lipid Oksidasyonu.....	52
4.4.1 Ekmek Örneklerinde Nanoenkapsülasyon Etkisi	52
4.4.2 Kabuk Model Örneklerinde Termal Yük Etkisi	56
4.4.3 Nişasta Yapısındaki Nanokapsüller Üzerine Amilaz Etkisi.....	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
6. KAYNAK	62
7. EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Fonksiyonel gıdaların fonksiyonelliğini etkileyen teknolojik faktörler....	14
Şekil 2.2 Omega 3 ve Omega 6 Yağ Asitleri	16
Şekil 2.3 ALA, EPA ve DHA İlişkisi.....	17
Şekil 2.4 Mailard reaksiyonlarında akrilamid, renk ve tat maddelerinin oluşumunun şematik gösterimi	24
Şekil 3.1 Hazırladığımız hamurun fermantasyon şeması	33
Şekil 3.2 Bilgisayar görüntüleme tekniği ile renk analizi	37
Şekil 3.3 Ekmek dilimlerinin doku profili analizinin şematik gösterimi.....	38
Şekil 3.4 TPA test aleti kullanılarak elde edilmiş bir tekstür profil kurvesi.....	39
Şekil 3.5 Tekstür profili analizi sonuç değerlendirme örneği.....	40
Şekil 3.6 Ekmek benzeri kabuk modeli örneklerinde tepe boşluğundaki uçucu bileşenlerin analizinin şematik gösterimi	43
Şekil 3.7 Araştırma Deneme Planı	44
Şekil 4.1 Duyusal analiz değerlendirme sonuçlarının grafik gösterimi.....	47
Şekil 4.3 Farklı koşullarda ısıtma işlemi sırasında %10 HACs Omega 3 partikülleri içeren toplam renk farklarının değişimi.....	49
Şekil 4.4 Keten tohumu yağı içermeyen ekmek aroma profilini gösteren GC-MS kromatogramı	54
Şekil 4.6 HACs-Omega 3 kompleks nanopartikülleri içeren ekmek örneğinin aroma profillerini gösteren GC-MS kromatogramı	54
Şekil 4.7 GC-MS cihazı ile elde edilen kromatogram sonuçlarının grafik gösterimi...	55
Şekil 4.8 GC-MS kromatogramları sonuçlarının grafik gösterimi	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Unlu mamüllerdeki fonksiyonel deniz öğeleri.....	26
Çizelge 3.1 AACC 10.10.B no'lu metoda göre ekmek formülasyonu.....	32
Çizelge 3.2 Kabuk model formülasyonu	34
Çizelge 3.3 Hazırlanan kabuk modeller kontrol ve %10 nanokapsül içeren örneklerle uygulanansıcaklık ve süre parametreleri	34
Çizelge 4.1 Duyusal değerlendirme sonuçlarına ait ortalama puan değerleri	46
Çizelge 4.2 Duyusal değerlendirme ve fiziksel özellikler	47
Çizelge 4.3 Ekmek örneklerinin tekstür profil analiz sonuçları sayısal değerleri	51
Çizelge 4.4 Ekmek örneklerinde tespit edilen uçucu bileşikler	53
Çizelge 4.5 Kontrol ve %10 HACCS Omega 3 kompleks nanopartikülleri içeren ekmek örneklerinin aroma profillerini gösteren GC-MS kromatogramları sayısal sonuçları.....	55
Çizelge 4.6 Kapsülsüz ve nanoenkapsüle edilmiş keten tohumu yağlarının ısıtılma sırasındaki önemli lipid oksidasyonu belirteçleri olan hekzanal ve nonanal konsantrasyonlarının artışı (x sürede)	57
Çizelge 4.7 %10 enkapsüle keten tohumu yağı içeren amilaz ilaveli ve ilavesiz örneklerin GC-MS kromatogram sonuçlarının karşılaştırması	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ΔE	İki nokta arasındaki $L^*a^*b^*$ değerlerinin Öklidsel Uzaklığı
a^*	Kırmızıdan (+) yeşile (-) değişimi ifade eder
AA	Araşidonik asit
AACC	Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
ALA	α -Linolenik Asit
b^*	Sarıdan (+) maviye (-) değişimi ifade eder
CIE	Commision Internationale d'Eclairge
DHA	Dokosaheksaenoik asit
EPA	Eikosapentaenoik asit
FDA	Food and Drug Administration – Gıda ve İlaç Dairesi
GC-MS	Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi
HACS	High Amiloz Corn Starch - Yüksek Amiloz Mısır Nişastası
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
H-NMR	Hidrojen-1 Nükleer Manyetik Rezonans
KKH	Kroner Kalp Hastalığı
KLA	Konjuge Linoleik Asit
KVH	Kardiyovasküler Hastalıklar
LA	Linoleik Asit
LDL	Az Yoğunluklu Lipoprotein
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
RGB	Kırmızı Yeşil Mavi
SPME	Katı Faz Mikro Ekstraksiyonu
TPA	Tekstür Profil Analizi

1. GİRİŞ

Beslenme hiç kuşkusuz insan tarihi kadar eskidir. Tarih boyunca insanlığın en önemli sorunlarından biri besin ihtiyacını karşılamak olmuştur. İlk insanlar doğadan bitki ve meyve toplayarak, avlanarak beslenmişlerdir. Zaman içinde tarım ve hayvancılık, araç yapımı, besinlerin yenilebilecek hale getirilmesi, işlenmesi gibi konularda gelişme sağlanmıştır. Tarihte büyük uygarlıkların verimli ve sulak bölgelerde kurulduğu, bu amaçla büyük savaşlar yapıldığı ve göçler olduğu bilinmektedir.

Tarihi kalıntılar eski çağlardan beri beslenmenin sağlıkla ilişki içinde olduğunu bildiğini ortaya koymaktadır. Belirli hastalıkların iyileştirilmesi için bazı besinlerden faydalandığına dair kalıntılar bulunmaktadır. MÖ 400'de Hippocrates; "Let food be your medicine and medicine be your food (Gıdanız ilaç, ilacınız gıda olsun)", "Whoever gives these things/foods no consideration and is ignorant of them, how can be understand the diseases of man? (Gıdayı bilip, tanımayan hastalıkları nasıl anlayabilir?)" demiş, aradaki ilişkiye dair vurguda bulunmuştur. Aynı şekilde bir Çin atasözü de şöyle der; "Medicine and food are isogenic (İlaç ile gıda ikizdir)" (Boyacıoğlu, 2006).

Her ne kadar beslenme ve sağlık arasındaki ilişki eski çağlardan beri bilinse de bu alandaki bilimsel verilere ancak 19. yüzyılda ulaşılmıştır. 18. yüzyılda bilim alanında kaydedilen gelişmeler, beslenme alanına da yansımış ve 19. yüzyılda besinlerin bileşimindeki öğeler açığa çıkarılmıştır. Karbonhidrat, yağ, protein, vitamin ve minerallerin işlevlerine dair bilgilere 20. yüzyılda bilimin gelişmesi sayesinde yapılan deneysel çalışmalarla ulaşılmıştır. Günümüzde biyoteknoloji ve nutrigenomik sayesinde besinlerin bireylerin genom yapısına göre nasıl bir etki oluşturacağını belirleme çalışmaları dahi yapılmaktadır (Carpenter, 2003).

Dengeli beslenme ve aktif bir yaşam sürme insan sağlığını destekleyen iki kilit unsurdur. Temel beslenme; normal büyüme ve gelişme ihtiyaçlarının karşılanması konusuna yoğunlaşır. Vitaminler, mineraller, karbonhidratlar, proteinler ve yağlar vücudun ihtiyacı olan temel besin maddeleridir. Temel gıdalar da besleyicilik anlamında fonksiyoneldir ancak 'fonksiyonel gıda' olarak tanımlanan gıdalar zenginleştirilmiş, geliştirilmiş, kuvvetlendirilmiş ve bu sayede daha sağlıklı hale getirilmişlerdir. 'Fonksiyonel gıdalar' minimum günlük besin ihtiyacının

karşılanmasından öte işlev görür. Beslenmede hem yaşlanmaya bağlı hastalık riskinin azaltılması, hem de besin öğelerinin eksikliğinin önüne geçilmesi amacıyla bitkisel ve hayvansal kaynaklı fonksiyonel gıdalar kullanılmaya başlanmıştır.

Japonya, Amerika, İngiltere gibi bazı gelişmiş ülkelerde fonksiyonel gıdalar ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır. Ülkemizde henüz yasal bir düzenleme bulunmamaktadır ancak sağlık üzerindeki olumlu etkisi bilimsel olarak kanıtlanan gıdaların üretimi için Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan izin alınması gerekmektedir.

Çeşitli bitki hayvanlardan gerek fonksiyonel gıda, gerekse nutrisötik üretiminde faydalanılmaktadır. Birçok deniz ürünü ve keten tohumu, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından oldukça zengindir. Son dönemde PUFA'ların, özellikle omega-3 yağ asitlerinin insan sağlığına etkisine dair birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda omega-3 takviyesinin retina, beyin, kalp başta olmak üzere birçok organın çalışmasını desteklediği ve bazı kanser türlerinin oluşmasını engellediği gösterilmiştir (Fedorova, 2006).

Faydaları bilimsel olarak kanıtlanmış omega-3 yağ asitlerinin (ALA, EPA, DHA) fonksiyonel gıdalar yoluyla diyeteye daha fazla katılması amaçlanmaktadır. Unlu mamüller, özellikle de ekmek, bu yağ asitleri için iyi bir taşıyıcıdır. Ancak omega-3 bakımından zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmek üretiminde bu yağ asitlerinin hem atmosferik hem de termal oksidasyona yatkınlığı problem çıkarmaktadır. Fonksiyonel gıda üretiminde karşılaşılan bu gibi problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla kullanılan çeşitli yöntemlerden bazıları; enkapsülasyon, nanokapsülasyon ve spreylemedir (Vargas, 2008).

Yapılan çalışmalarda; omega-3 ile zenginleştirilmiş ekmek üretiminde enkapsülasyonun termik oksidasyona engel olarak zenginleştirme ingrediyesinin işlem sonuna kadar bozulmadan korunmasını sağlandığı görülmüştür.

2.LİTERATÜR ÖZETİ

2.1.Fonksiyonel Gıda Nedir?

İçerikleri konusunda küçük farklılıklar bulunsa da fonksiyonel gıdalar; sağlık gıdaları, tıbbi gıdalar, düzenleyici gıdalar, farmakolojik gıdalar, nutrisötikler, özel beslenme amaçlı gıdalar olarak da bilinmektedir (Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaiaroglou, 2005). Henüz tüm dünyaca kabul edilmiş kesin bir tanımlama olmamasına karşın fonksiyonel gıdalar geniş anlamda faydalı öğeler eklenerek ya da zararlı öğeler çıkarılarak faydalı hale getirilen besin maddelerini kapsamaktadır (Love ve ark., 2000).

Sloan'a göre fonksiyonel gıda; sağlığı destekleyen, herhangi bir hastalığı engelleyen ya da hastalığın tedavisine yardımcı olan, fiziksel veya zihinsel performansı güçlendiren gıdalardır. Bu gıdalar fonksiyonel öğe eklenmesiyle, proses aşamasında çeşitli modifikasyonlarla ya da biyoteknolojik yöntemlerle elde edilir (Sloan, 2000). Kanada Sağlık Birimi'ne göre fonksiyonel gıdalar görünüş ve tüketim şekli açısından diğer gıdalara benzeyen ancak fizyolojik açıdan çeşitli faydaları olan ve/veya temel beslenmenin ötesinde kronik bir hastalık riskini azaltan gıdalardır (Kanada Terapötik Ürünler Programı, 1998).

2.1.1.Neden Fonksiyonel Gıdalar?

Fonksiyonel gıda geliştirmeye yönelik yapılan araştırmaların ardındaki temel düşünce; belirli gıdaların daha fazla tüketilmesi ile hastalığa neden olan faktörleri kontrol altına alabilmek ve bu sayede yaşlı nüfusun artan sağlık masrafları üzerinde etkili olabilmektir. Bunun yanı sıra;

- hastalıklardan doğan iş gücü kayıplarının önüne geçmek,
- yaşam süresinin uzaması,
- insanların kaliteli bir yaşam sürme arzusu,
- tüketicinin gün geçtikçe beslenme ve sağlık arasındaki ilişki konusunda daha çok bilinçlenmesi ve arayış içine girmesi,
- sürekli gelişmekte olan beslenme biliminin; hem araştırmacıları hem de sektördeki kişileri heyecanlandırması, yeni bilgileri ürünlere uygulama isteği uyandırması fonksiyonel gıda alanında beklentileri artırmıştır (EUFIC, 2006).

2.1.2.Dünyada Fonksiyonel Gıda Kavramı

Fonksiyonel gıda” kavramı ilk olarak Japonya’da ortaya çıkmıştır. 1984’te Eğitim, Bilim ve Kültür Bakanlığı tarafından başlatılan ulusal bir proje ile öncelikli olarak 20 üniversitede fonksiyonel gıdalar üzerinde temel ve uygulamalı araştırmalar yapılması desteklenmiştir (Farr, 1997). Japonya, fonksiyonel gıdalar konusunda özel düzenlemelere giden ilk ülkedir. 1991’de onaylanan ‘Sağlıklı Gıda Tüzüğü’ne (Foods for Specified Health Use[FOSHU]) göre 35 ürün Japonya’da fonksiyonel gıda lisansı almıştır ancak piyasada 300’den fazla fonksiyonel gıda, lisansı olmasa da tüketiciyle buluşmaktadır (Farr, 1997).

Bir ürünün FOSHU(Sağlıklı Gıda Tüzüğü) uygunluk lisansı alabilmesi için gerekli olan özellikler aşağıda özetlenmiştir:

1. Ürün bireyin beslenmesine katkıda bulunmalı; sağlığının korunması ve daha iyi duruma getirilmesine yardımcı olmalı,
2. Ürünün ya da içerdiği öğelerin sağlığa katkısının beslenme bilimi ve tıp açısından bir temeli olmalı,
3. Söz konusu besin veya besin ögesi için günlük uygun alım miktarları tıbben ve beslenme bilgileriyle belirlenmeli,
4. Ürünün ya da içerdiği öğelerin güvenilirliği ortaya konulmuş olmalı,
5. İlgili bileşenlerin fizikokimyasal özellikleri, niceliksel ve niteliksel özellikleri belirlenmiş olmalı,
6. Ürünün fonksiyonel özelliği işlenerek kazandırılmışsa bu aşamada besleyici özelliğinde kayıp olmamalı,
7. Ürün günlük beslenmede sıkça tüketilen bir besin olmalı, seyrek olarak tüketilmemeli,
8. Ürün doğal olarak tüketildiği şekilde olmalı,
9. Ürün ya da bileşeni ilaç olarak kullanılan bir madde olmamalıdır. (Kqjima, 1995)

Fonksiyonel gıda pazarında ikinci sırada bulunan Avrupa Birliği’nde fonksiyonel gıdaların pazardaki varlığına ilişkin ilk adım uluslararası bir sivil toplum kuruluşu olan ILSI (International Life Sciences Institute – Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü) tarafından atılmıştır. 1995 yılında FUFOS (Functional Foods Science in Europe – Avrupa’da Fonksiyonel Gıda Bilimi) şeklinde adlandırılan çalışma ile

belirli gıdaların ve bileşenlerinin vücut fonksiyonlarını desteklediğini bilimsel temellere dayandırmak, kullanılan bilimsel metodların ürün bazlı değil fonksiyonel olduğunu ortaya koymak ve bahsi geçen gıdalara uygulanan modifikasyonlar üzerinde ortak bir karara varmak amaçlanmıştır (ILSI, 1998).

Avrupa Birliği Komisyonu geliştirilme aşamasında fonksiyonel gıdaların tüm diyeteye dahil olmalarını ve normaldeki tüketim miktarının göz önünde bulundurulmasını temel almıştır. Bu bağlamda fonksiyonel gıdalar iki gruba ayrılmıştır (Babaoğul ve Şener, 2008):

1. A Tipi: Fonksiyonları zenginleştirilmiş ürünler

Bu ürünler belirli fizyolojik, psikolojik ve biyolojik aktiviteler ile vücudun normal büyüme, gelişme ve diğer fonksiyonlarına katkıda bulunduğu kanıtlanmış olan ürünlerdir. Bu tip ürünlerin sağlık iddialarında herhangi bir hastalık adı geçmez. Örneğin, “kafein algısal performansı artırır” ya da “bazı sindirilemeyen oligosakkaritler bağırsakta belirli bakteri florasının büyümesini teşvik eder” şeklinde ifadeler ile lanse edilirler.

2. B Tipi: Hastalık riskini azaltan ürünler

Bu ürünler; içerdikleri besin maddeleri veya besin olmayan maddeler (örneğin; folat hamileliklerde nöral tüp hasarını azaltır, kalsiyum osteoporoz riskini düşürür) ile belirli bir hastalığın riskini azaltmaya yardımcı olurlar.

Pazarda sayısı gittikçe artan sağlık ve beslenme beyanı içeren gıdaların tüketiciyle buluşmasında olası olumsuzluklara karşı tüketiciyi korumak ve bu gıdaların tanıtımında kullanılabilecek yanıltıcı reklamların önüne geçmek amacıyla 2006 yılında Avrupa Birliği 1924/2006 sayılı ‘Beslenme ve Sağlık Beyanları Direktifi’ hazırlanmıştır (Casgrove, 2010).

Amerika Birleşik Devletleri’nde fonksiyonel gıda kategorisi yasal olarak tanınmamaktadır. Durum bu şekilde olsa da birçok kuruluş bu yeni ve gelişmekte olan gıda ve beslenme bilimi için tanımlar önermiştir. Tıbbi Gıda ve Beslenme Kurulu (IOM / FNB, 1994) Enstitüsü, fonksiyonel gıdaları "içerdiği geleneksel besinler ötesinde sağlık yararı sağlayan herhangi bir gıda veya gıda bileşeni"

şeklinde tanımlamıştır. Sağlık konusunda bilinçli yeni nesil fonksiyonel gıdaları ABD gıda sanayinde önde gelen trend haline getirmiştir (Meyer, 1998).

ABD’de 1990 yılında Gıda Etiketlemesi ve Eğitim Yasası dahilinde ilk kez bir gıda etiketi üzerinde sağlık desteği ya da hastalık önleme iddiaları için izin verilmiştir. Bu kapsamda, sağlık iddiaları araştırmalar ile desteklenmeli ve bu iddialar Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmalıdır (Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaiaroglou, 2005). Bugüne kadar, sadece sınırlı sayıda iddia onaylanmıştır. Fonksiyonel olduğu düşünülen gıda ve besin öğelerinin yararlarını araştırmalar ile ortaya koymak için daha fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır. (Decision Reports, 1998).

Ülkemizde fonksiyonel gıdalar ancak 2000’li yıllarda marketlerdeki yerini almaya başlamıştır. “5179 No’lu Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun”da fonksiyonel gıdalar; “Besleyici etkilerinin yanı sıra bir ya da daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyucu, düzeltici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkiye sahip, bu etkileri bilimsel ve klinik olarak kanıtlanmış gıdalar” olarak tanımlanmaktadır (www.kkgm.gov.tr/kanun/5179.html).

22 Ocak 2006 tarihli 26057 sayılı Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından çıkarılan 2006/3 No.lu “Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ”de; “şekersiz ürünler dış sağlığının korunmasına yardımcı olur, kalsiyum kemik yapısını güçlendirmeye yardımcı olur, düşük doymuş yağ asidi düşük sodyum kalp ve damar sağlığına yardımcı olur, lif-pre/probiyotik bakteriler sindirim sistemini düzenlemeye yardımcı olur.” şeklinde sağlık beyanları yer almaktadır (www.kkgm.gov.tr/TGK, 2011).

7 Temmuz 2006 tarihli 26221 sayılı Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından çıkarılan 2006/34 No.lu “Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ”de ise daha geniş kapsamlı bir sağlık beyanı tablosu yayınlanmıştır (www.rega.basbakanlik.gov.tr). Yayınlanan bu tebliğ ile prebiyotik, probiyotik bakteri, probiyotik gıda, prebiyotik gıda tanımları eklenmiş ve bunların sağlık beyanı tanımları üzerinde açıklamalara yer verilmiştir. Yine aynı tebliğ ile

kolesterol, kalsiyum, bitkisel sterol, soya proteini, omega 3 yağ asidi gibi gıda bileşenleri için de beyan koşullarına yer verilmiştir.

2.1.3. Fonksiyonel Gıda Elde Etmek Amacıyla Yetiştirilen Bitkiler

Fonksiyonel gıda üretiminde ya da nutrisötik olarak kullanılan birçok bitki vardır. Bunlardan en önemlileri soya, yulaf, keten tohumu, üzüm, domates, sarımsak, çay, kızcılık ve turpgillerdir. Bu bitkilerin insan sağlığı üzerindeki fizyolojik etkileri şöyle özetlenebilir:

Soya: Soyanın bilinen en önemli fizyolojik etkisi kolesterolü düşürmesidir. 1995 yılında yapılan ve 743 denek içeren 38 ayrı çalışmada soya proteini tüketiminin total kolesterol (% 9,3), az yoğunluklu lipoprotein kolesterolü (LDL) (% 12,9) ve trigliseritte (% 10,5) belirgin azalmaya neden olurken yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterolünde (HDL) (% 2,4) önemsiz bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir (Anderson ve ark., 1995). Soya fasulyesinde; proteaz inhibitörleri, fitosteroller, saponinler, fenolik asitler, fitik asit ve izoflavonlar dahil çeşitli sınıflardan antikanserojenler bulunmaktadır (Messina ve Barnes, 1991). Bunlardan izoflavonlar (genistein ve daidzein) özellikle dikkat çekicidir çünkü soya fasulyesi bu bileşikleri içeren tek önemli besin kaynağıdır. İzoflavonlar, yapılarında heterosiklik fenoller bulundurlar ve bu anlamda östrojenik steroidlere benzerler. Zayıf östrojenler olduklarından dolayı, vücuttaki doğal östrojenlere karşı antiöstrojen şeklinde yarışarak östrojen reseptörüne bağlanmaya çalışırlar. Bu yüzden önemli miktarda soya tüketen popülasyonlarda (örneğin Güneydoğu Asya) östrojene bağlı kanser riski azalmaktadır (Trock, 2006).

Yulaf: Yulaf ürünleri üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Yulaf, kolesterol düşürücü çözümlü lif b-glukan kaynağıdır. Bu özel bitkinin tüketiminin total ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolünü azalttığı ve bu şekilde koroner kalp hastalığı (KKH) riskini düşürdüğü üzerinde bilimsel anlaşmaya varılmıştır (Keogh, 2003). Bu yüzden, FDA 1997 Ocak ayında Quaker Yulaf Şirketi (Chicago) tarafından iletilen bir dilekçeye yanıt olarak bu firmanın ilk sağlığa özel yiyecek iddiasını ödüllendirmiştir (DHHS/FDA, 1997).

Şarap ve Üzüm: Şarabın, özellikle kırmızı şarabın, kardiyovasküler hastalıkları (KVH) riskini düşürdüğüne dair gün be gün artan kanıtlar

bulunmaktadır. Şarap tüketimi ve KVH arasındaki bağlantı ilk olarak 1979'da St. Leger ve arkadaşlarının 18 ülkede yaptıkları araştırmada hem erkek hem de kadınlarda şarap tüketimi ve iskemik kalp rahatsızlığından ölümler arasında negatif bir bağlantı olduğu belirlenince ortaya çıkmıştır (Leger, 1979).

Özellikle Fransa'da, yağ oranı yüksek besinlerle beslenme yaygınken KVH oranı diğer yerlere göre düşüktür (Renaud ve Lorgeril, 1992). Bu 'Fransız Paradoksu'; alkolün HDL kolesterolü artırdığı şeklinde kısmen açıklanabilirken, yapılan daha yeni araştırmalar şarabın alkol olmayan bileşenlerine, özellikle flavonoidlere odaklanmıştır. Kırmızı şarabın, beyaz şaraba göre 20-50 kat yüksek fenolik içeriği, üretim sırasında üzüm kabuklarının da fermentörde bulunmasına bağlıdır. Siyah çekirdeksiz üzümün ve kırmızı şarabın yüksek oranda fenolik içerdiği belirtilirken (sırasıyla 920 mg/L ve 1800 mg/mL); yeşil Thomson üzümünün sadece 260 mg/kg fenolik içerdiği belirtilmiştir (Kanner ve ark., 1994). Frankel ve arkadaşları (1993); kırmızı şarabın faydalarını fenolik maddelerin, ateroskleroz için kritik bir evre olan LDL oksidasyonunu engellemesine bağlamaktadırlar.

Domates:1997'de "Eating Well" dergisi tarafından Yılın Sebzesi seçilen domatesle son yıllarda özellikle ilgilenilmektedir. Bunun nedeni, meyvesinde birincil karotenoid olan likopen bulunması ve likopenin kanser riskini azaltmadaki rolüdür (Weisburger, 1998). 47000'den fazla erkek üzerinde yapılan bir çalışmada haftada 10 taneden fazla domates tüketen kişilerde prostat kanseri oluşması riskinin yarı yarıya düştüğü görülmüştür (Giovannucci, 1995). Likopen, prostat bezinde en çok bulunan karotenoiddir (Clinton, 1996). Serviks, mesane ve sindirim sistemi kanserlerinde serum ve dokudaki likopen seviyesi ile kanser riski arasında ters bir ilişki bulunmaktadır (Clinton, 1998). Likopen ile kanser riski arasındaki muhtemel mekanizma likopenin antioksidan olarak işlev görmesine bağlanmaktadır. Likopen, biyolojik sistemlerde tek elektronlu oksijenleri en etkin şekilde tutabilen maddedir (Srivastava ve ark., 1995).

Sarımsak: Sarımsak, literatürde tıbbi özelliklerinden en yaygın olarak bahsedilen bitkilerdendir. Sarımsağın antibiyotik, anti-hipertansif, kolesterol düşürücü, kanser önleyici olduğuna dair sağlık iddiaları bulunmaktadır (Reuter ve ark., 1996). Sarımsağın bileşenlerinin tümör önleyici özellikleri birçok deneysel modelde gösterilmiştir (Atmaca, 2003). Yapılan başka çalışmalarda sarımsağın,

antioksidatif etkisi ile kanserojenlerin oluşturduğu oksidatif hasarları engelleyerek kanseri önlediği bildirilmektedir (Nagourney, 1998). Epidemiyolojik çalışmalar, sarımsak tüketiminin artması ile kanser vakalarının azalması arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Harbowy ve Balentine, 1997). Sarımsak bileşenlerinden; ajoen, allisin, DAS, DADS, DATS gibi organik sülfiterin antikanserojen etkilerinin güçlü olduğu ve bu etkide NAD(P)H-kinonoksidoredüktaz uyarılmasının önemli bir yeri olabileceği düşünülmektedir (Graham, 1992).

Çay: Çay, dünyada sudan sonra en çok tüketilen içecektir. Araştırmalarda tüm ilgi başta yeşil çay olmak üzere, çayın polifonik bileşenleri üzerinde yoğunlaşmıştır (Harbowy ve Balentine, 1997). Polifenoller taze çay yapraklarının kuru ağırlığının yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Katesinler tüm çay polifenoller arasında en baskın ve en önemlileridir (Graham, 1992).

Brokoli ve Diğer Turpgiller: Epidemiyolojik kanıtlar turpgillerin sık tüketiminin kanser riskini azalttığını göstermektedir. 87 vaka-kontrol çalışmasıyla yapılan bir derlemede, Verhoeven ve arkadaşları (1996) lahanaya, şalgama, turp, brokoli gibi sebzelerin tüketilmesiyle kanser riski arasında ters bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. 1997'de Verhoeven, bu sebzelerin antikanserojen özelliklerinin yüksek miktarda glukozinolat içermelerine bağlı olduğunu göstermiştir. Birçok doğal veya sentetik izotiyosiyanatın hayvanlarda kanseri önlediği daha önce gösterilmiş olsa da, brokoliden izole edilen özel bir izotiyosiyanat olan sülforafan üzerinde yoğunlaşmıştır. Sülforafanın bir Faz II enzimi olan kinonredüktazın başlıca başlatıcısı olduğu gösterilmiştir (Hecht, 1995). Fahey ve arkadaşları (1997) 3 günlük brokoli filizlerinde yetişkin bitkilere göre 10-100 kat fazla glukorafin (sülforafanın glukozinolatı) bulunduğunu ortaya koymuştur.

Turunçgiller: Portakal, limon ve greyfurtun C vitamini, folat ve lifin temel kaynaklarından olduğu bilinse de 1993'te Elegbede ve arkadaşları bunların kanser önleyici rolünden bir başka öğenin sorumlu olduğunu belirtmişlerdir. Turunçgillerde limonoid olarak bilinen bir fitokimyasal sınıfının oranı oldukça yüksektir (Hasegawa ve Miyake 1996). Limonenin kanser önleyici etkisine dair kanıtlar da açığa çıkmaktadır (Gould, 1997). Bu bileşiğin çeşitli spontane ve kimyasal olarak başlatılan tümörlere karşı etkili olabildiği gösterilmiştir (Crowell, 1997). Bu bulgulardan yola çıkarak ve insanlarda az ya da hiç toksik etkisi olmadığı göz

önünde bulundurularak, limonenin kanserin klinik kimyasal engelleme çalışmalarında kullanabileceği düşünülmektedir. Limonenin bir metaboliti olan perillil alkolden faydalanılarak habis tümörlü hastalar üzerinde Faz I çalışmaları yapılmaktadır (Ripple, 1998).

Kızılıcık: 1914'te Blatherwick'in benzoik asit açısından zengin bu meyvenin ürede asidifikasyona sebep olduğunu belirlemesinden sonra kızılıcık suyunun üriner yol enfeksiyonlarının tedavisinde etkili olduğu fark edilmiştir. Sonraki araştırmalar, kızılıcık suyunun *Escherichia coli*'nin üroepitelyal hücrelere tutunmasının engellenmesinde faydalı olup olmadığı üzerine yoğunlaşmıştır (Schmidt ve Sobota, 1988). Bu olayda iki bileşiğin rol aldığı sanılmaktadır: fruktoz ve diyaliz edilemeyen bir bileşik. Daha sonra kızılıcık ve yabanmersini suyundan izole edilen bu ikinci bileşenin belirli patojenik *Escherichia coli*'lerin yüzeyinde bulunan adhezinleri inhibe ettiği bulunmuştur (Ofek, 1991).

Keten Tohumu: Temel tohum yağları arasında keten tohumu 57% ile en fazla omega-3 yağ asidi içeren tohumdur. Son araştırmalar daha çok lignanlar olarak bilinen life benzer bileşikler üzerinde yoğunlaşmıştır. Memelilerdeki iki ana lignan, enterodiol ve bunun oksidasyon ürünü enterolakton, bitkilerdeki ligan öncülerinin bağırsak yolunda bakterilerle etkileşmesi sayesinde üretilir (Thompson, 1991). Keten tohumu lignan öncülerinin en zengin kaynağıdır (Thompson, 1995). Enterodiol ve enterolakton hem doğal, hem de sentetik östrojenlere yapısal olarak çok benzediklerinden ve zayıf östrojenik/antiöstrojenik etkileri olduğundan östrojene bağlı kanserlerin önlenmesinde rol oynayabilirler. Fakat, bu hipotezi destekleyecek epidemiyolojik kaynaklar ve hayvan çalışmaları çok azdır. Kemirgenlerde keten tohumunun kolon ve meme bezlerindeki tümörleri azalttığı gösterilirken, Yan ve arkadaşları bunun akciğer için de geçerli olduğunu ortaya koymuştur (Yan, 1998). Keten tohumu kan pulcuğu agregasyonunu sağlamasının yanı sıra total ve LDL kolesterolü de düşürmektedir.

2.1.4.Fonksiyonel Gıda Elde Etmek Amacıyla Yetiştirilen Hayvanlar

Fonksiyonel gıda üretiminde ya da nutrisötik olarak kullanılan birçok hayvan/hayvansal ürün vardır. Bunlardan en önemlileri balık, süt ürünleri ve sığır etidir. Bu ürünlerin insan sağlığı üzerindeki fizyolojik etkileri şöyle özetlenebilir:

Balık: Omega-3 (n-3) yağ asitleri birincil olarak balık yağından elde edilen çoklu doymamış yağ asitlerinin önemli bir sınıfıdır. n-6/n-3 oranının 10:1 olduğu Batı tipi diyetinin n-3 yağ asitleri açısından eksik olduğu, insanlığın başlangıcında bu oranın 1:1 olduğu ortaya atılmıştır (Simopoulos, 1991). Bu, araştırmacıları bir dizi hastalıkta (özellikle kanser ve KVH) n-3 yağ asitlerinin rolünü incelemeye yöneltmiştir. n-3 yağ asitlerinin KVH'larda önemli bir rol oynadığı ilk olarak 1970'lerde Bang ve Dyerberg tarafından belirtilmiştir (Bang, 1972). Eskimolar'da yüksek oranda yağlı besinler içeren bir diyet hakim olmasına rağmen KVH oranı düşüktür. Bu sayede balık tüketiminin kalbi koruyucu özelliği olduğu gözlenmiştir (Daviglus, 1997). Otuz yıl devam eden Chicago Western Electric çalışmasında ise,günde en az 35 g balık tüketen erkeklerde öldürücü kardiovasküler hastalıklariskinin hiç balık tüketmeyenlerden % 40 daha az olduğu saptanmıştır (Orencia, 1996).

Süt Ürünleri: Süt ürünlerinin fonksiyonel gıda olduğuna dair herhangi bir şüphe yoktur. Bu ürünler osteoporoz ve kolon kanserini önlemede önemli bir etken olan kalsiyum için en iyi kaynaktır. Kalsiyumun yanı sıra son araştırmalar probiyotik olarak bilinen fermente süt ürünleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Probiyotikler 'faydalı olan intestinal mikrobiyal dengeyi geliştirerek konak hayvanı olumlu yönde etkileyen canlı mikrobiyal katı' olarak tanımlanmaktadır (Fuller, 1994).

Probiyotiklerin, özellikle kolon kanseri riskini azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Mital ve Garg, 1995). Bu bulgu, laktik asit kültürlerinin kolon kanserinin gelişmesinde rol oynayan fekal enzimlerin (örneğin β -glukuronidaz, azoredüktaz, nitroredüktaz) aktivitesinde değişikliğe yol açmasıyla açıklanabilir. Bazı çalışmalarda mayalı süt ürünleri tüketimi ile meme kanseri riski arasında ters bir ilişki olduğu gösterilmişse de bu konu üzerine yoğunlaşılması (Gibson, 1996).

Probiyotiklere ek olarak, bağırsaktaki iyi mikroflorayı besleyen fermente karbonhidratlara da ilgi artmaktadır. Gibson ve Roberfroid (1995) tarafından 'kolondaki bir ya da birkaç çeşit bakterinin büyümesini/aktivitesini destekleyerek konağa faydası bulunan sindirilemeyen besin öğeleri' şeklinde tanımlanan bu probiyotiklerden bazıları nişasta, lifler, emilemeyen şekerler, şeker alkoller ve oligosakkaritlerdir (Gibson ve Roberfroid, 1995). Bunlar arasında en çok ilgi çeken ve en çok faydası olduğu düşünülen ürün oligosakkaritlerdir (Gibson ve ark., 1996).

Sığır Eti: Konjuge linoleik asit (KLA) olarak bilinen bir antikanserojen yağ asidi ilk defa ızgara danadan izole edilmiştir (Ha ve ark., 1987). KLA, linoleik asidin (18:2 n-6) geometrik ve pozisyon izomerlerinin bir karışımıdır ve tipik metilen kesintili yapılandırmadan farklı olarak çift bağlar konjugedir. Besinlerde doğal olarak bulunan 9 farklı KLA izomeri belirlenmiştir. KLA geviş getiren hayvanlarda çok fazla bulunur (Decker, 1995).

KLA'nın farelerde ön mide tümörlerinde, sığırlarda meme kanserinde etkili olduğu gösterilmiştir (Ip ve Scimeca, 1997). Meme tümörü modelinde, KLA diyetinde %0.1-1 oranında bulunduğunda antikanserojen etki yapmıştır. Ancak bu oran günlük tüketim miktarından fazladır. Bu yüzden sığırlarda beslenmeyi modifiye ederek süt ürünlerindeki KLA içeriğini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (Kelly ve ark., 1998).

2.1.5.Fonksiyonel Gıda Geliştirme

Fonksiyonel gıda geliştirmesinde temel olarak iki yol vardır (Siro, 2008):

1. Sağlığa faydalı besin öğelerinin ham maddeden eldesi ile belirli bir grubun tüketmesi için tasarlanan taşıyıcı gıdaya eklenmesi,
2. Sağlık üzerinde olumsuz etkisi olduğu bilinen bir/birkaç gıda bileşeninin söz konusu gıdadan uzaklaştırılması.

Bu bağlamda, fonksiyonel gıda üretilebilmesi için zenginleştirme ve/veya ekstrasyon teknolojilerinden yararlanılması gerekmektedir (Siro, 2008).

Zenginleştirme için besin öğelerinin yanı sıra besin ögesi olmayan bileşikler de kullanılabilir. Besinlerin zenginleştirilmesinde sıklıkla kullanılan besin öğelerinden biri antioksidanlardır. Antioksidanlar, vücutta hemen her türlü biyokimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkan serbest radikallerin elimine edilerek doku ve organlara zarar vermesini engelleyen koruyucu bileşiklerdir (Sies, 1997). Ancak, her ne kadar fizyolojik açıdan çok faydalı olsalar da, stabil olmamaları belirli koşullar dışında hızla okside olmalarına neden olmaktadır. Bu da beklenen biyolojik aktiviteyi kaybetmeleriyle sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla; antioksidan örneğinde olduğu gibi, gıdalara eklenecek fonksiyonel bileşenlerin biyolojik aktivitelerinin çeşitli yöntemlerle korunarak ilgili besin maddesinde stabil kalmalarını sağlayacak teknolojilerin kullanılması şarttır. Bunlardan bazıları ambalaj teknolojisi, bileşenin daha stabil formlarının geliştirilmesi, enkapsülasyon/ mikrokapsülasyon/ nanoenkapsülasyon gibi yöntemlerdir. Taşıyıcı besin ile bu besine eklenmesi planlanan bileşene en uygun yöntem kullanılarak bu tür problemler ortadan kaldırılabilir (Siro, 2008).

Gıdalara eklenen ve besin ögesi olmayan bileşikler arasında fitokimyasal ve mikroorganizmalar (probiyotikler) bulunmaktadır. Probiyotiklerin etkin olarak görev yapabilmeleri için, fonksiyonel gıda üretiminde kullanılan suşların tüketicinin gastrointestinal sisteminde varlıklarını sürdürebilmeleri, fizyolojik ortamdaki değişikliklerden (özellikle pH ve sıcaklık) etkilenmeyerek çoğalmaları gerekmektedir. Probiyotikler özellikle süt ürünlerinde tercih edilmektedir. Bu tür fonksiyonel gıdaların üretiminde de uygun teknolojilerin geliştirilmesi önem kazanmıştır (Çakır, 2006).

Ekstraksiyon ve ayırma yöntemleri ile birçok gıdadan istenilen bileşeni ekstre etmek mümkündür. Bu sayede söz konusu bileşen yoğun bir şekilde elde edilerek taşıyıcı olması planlanan bir gıdaya eklenebilmektedir. Bu konuda oldukça fazla örnek bulunmaktadır. Bunlardan biri, bitkisel gıdalardan sterollerin klasik yöntemlerle ekstrakte edilmesi ve yine bitkisel yağlardan elde edilen yağ asitleriyle birleştirilerek lipid ortamda sınırlı olan sterol çözünürlüğünü artırmaktır (IFIC, 2003). Ekstraksiyondaki bir diğer amaç da zararlı bileşenleri gıdadan uzaklaştırmaktır. Örneğin, süper kritik karbondioksit ekstraksiyonu yöntemi kullanılarak yumurta sarısından kolesterol uzaklaştırılmaktadır (Froning, 1990).



Şekil 2.1 Fonksiyonel gıdaların fonksiyonelliğini etkileyen teknolojik faktörler
(Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaiaroglou adapte edilmiştir, 2005)

Son yıllarda; özellikle glutenle tetiklenen çölyak hastalığı hakkında tüketicinin daha fazla bilgi edinmesiyle buğday, arpa gibi mahsullerin tüketiminde glutensiz ürünler tercih edilir hale gelmiştir. Glutene karşı intoleransı olan ya da glutensiz gıdaların daha sağlıklı olduğunu düşünen bazı tüketiciler bu ürünlere rağbet göstermektedir (Sedej, 2010).

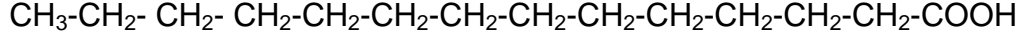
2.2.Yağ Asitleri

Yağ asitleri; genellikle çift sayıda karbon atomu içeren, dallanmamış, değişik zincir uzunluğuna sahip karboksilik asitler şeklinde tanımlanabilir. Doğada bulunan ve yapıları bu güne değin açıklığa kavuşturulabilen yağ asitlerinin sayısı 200'den fazladır. Ancak bu doğal yağ asitleri yanında, bunların çeşitli kimyasal tepkimelere uğramaları sonucu yapıları ile fiziksel ve kimyasal özellikleri değişen farklı yağ asitleri de oluşabilmektedir. Bugüne değin yapıları açıklığa kavuşturulmuş yağ asitleri en az iki ve en çok yirmi altı karbon atomu içerirler (IOM-Academy Press, 2002). Mumlar; uzun zincirli (C14→C36) satüre ve ansatüre yağ asitlerinin, uzun zincirli (C16→C30) alkollerle esterleşmesiyle oluşan esterlerdir (Erkoç, 2009).

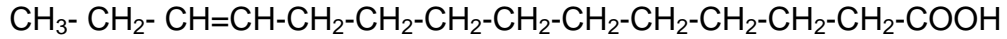
Yağ asitleri kimyasal anlamda farklı şekillerde gruplandırılabilirler (Academy Press, 2002):

a. *Karbon zincirinde çift bağı bulunmasına göre:*

- Doymuş yağ asitleri (çift bağı bulundurmayan)

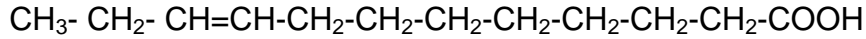


- Doymamış yağ asitleri (bir ya da daha fazla çift bağı bulunan)

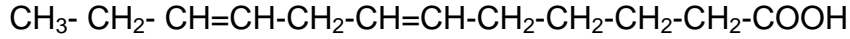


b. *Çift bağların sayısında göre:*

- Tekli doymamış yağ asitleri (sadece bir çift bağı)

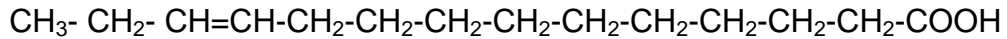


- Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) (birden fazla çift bağı)

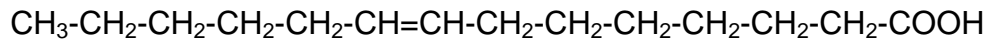


c. *Zincirin son karbonuna ile çift bağı bulunduğu konuma göre:*

- Omega-3 (çift bağı zincirin son karbonundan 3 karbon ötededir)



- Omega 6 (çift bağı zincirin son karbonundan 6 karbon ötededir)

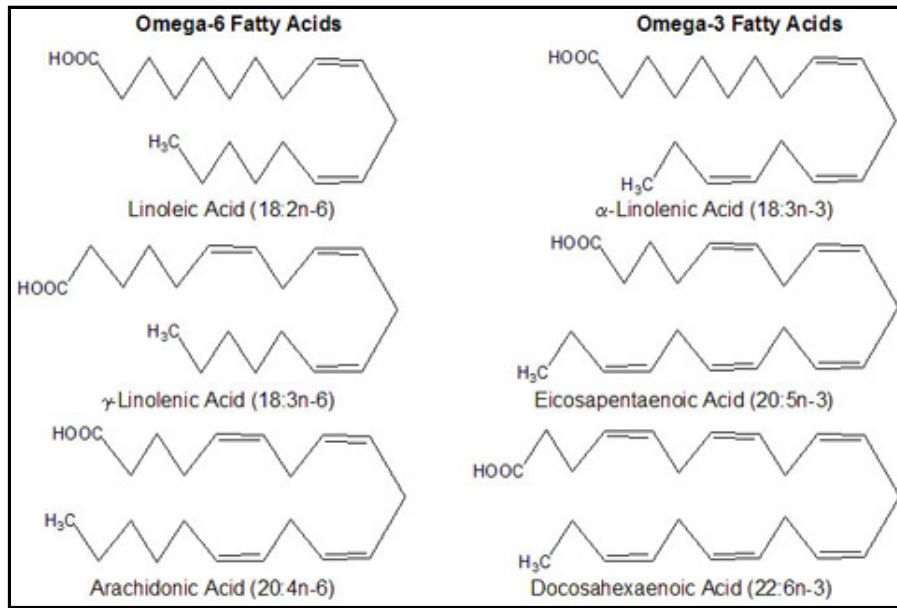


d. *Geometrik konfigürasyona göre:*

- Cis yağ asitleri (çift bağı her iki tarafındaki zincir çift bağı ile aynı taraftadır)
- Trans yağ asitleri (çift bağı iki tarafındaki zincir çift bağı ile farklı taraftadır)

2.2.1. Omega Yağ Asitleri ve Fonksiyonel Gıdalar

Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri çoklu doymamış yağ asitleridir (PUFA), birden fazla *cis* çift bağına sahiptirler. Bütün omega-3 yağ asitlerinde, ilk çift bağ yağ asidinin (n-3) metil kısmından sayılmaya başlandığında üçüncü ve dördüncü karbon atomu arasında bulunur. Benzer şekilde, tüm omega-6 yağ asitlerinde (n-6) de aynı şekilde sayıldığında altıncı ve yedinci karbon atomları arasında ilk çift bağ bulunur (Açıköz, 2006).



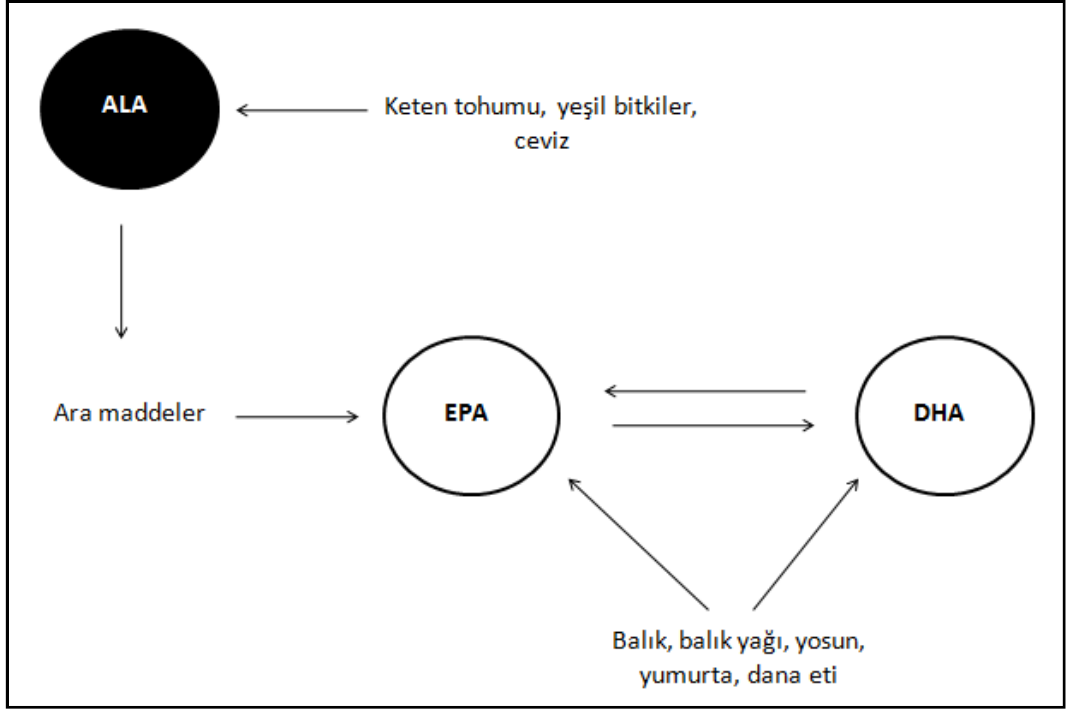
Şekil 2.2 Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri

(<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/othernuts/omega3fa/fig1.html>, 2011)

İnsanlar ve diğer memeliler doymuş yağ asitleri ile bazı tekli doymamış yağ asitlerini karbonhidrat ve proteinlerdeki karbon gruplarından sentezleyebilirler ancak yağ asitlerinin (n-6) ya da (n-3) pozisyonuna *cis* çift bağını eklemelerini sağlayacak enzimleri yoktur (Ratnayake ve Gilani, 2004). Bu yüzden omega-3 ve omega-6 yağ asitleri esansiyeldir.

α -linolenik asit (ALA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA) üç temel omega-3 yağ asididir (Terry ve ark., 2003). Omega-6 serisinin ana yağ asidi linoleik asitken (LA; 18:2n-6), omega-3 için ana yağ asidi α -linoleik asittir

(ALA; 18:3n-3). İnsanlarda uzun zincirli (20 karbon ya da daha fazla) omega-6 yağ asitleri dihomogama-linolenik asit (DGA; 20:3n-6) ve araşidonik asit (AA; 20:4n-6) LA'dan sentezlenebilir. Aynı şekilde ekisapentanoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokosahekzianoik asit (DHA; 22:6n-3) de ALA'dan sentezlenebilir (Erkkila ve ark., 2003). Bu olay Şekil 2.3'te özetlenmiştir.



Şekil 2.3. ALA, EPA ve DHA ilişkisi

ALA belirli kanser türlerinde etkilidir; EPA kalbin korunmasında ve bağışıklık savunma sisteminin tüm faaliyetlerinde öncü rol oynar; DHA ise bebeklerin erken dönemde beyin dokusu ve retina gelişiminde yardımcıdır (Özdemir ve Denктаş, 2003).

Yayınlanan bir vaka araştırmasında; eser miktarda ALA içeren lipid emülsiyonu verilen bir gençte görme problemleri ve duyuşal nöropati gelişirken bu durumun daha fazla ALA verildiğinde zamanla düzeldiği görülmüştür (Holman, 1982). Omega-3 yağ asidi alımı yetersiz olduğu zaman plazmadaki DHA konsantrasyonu düşmektedir. İzole omega-3 yağ asidi eksiklişinin plazmadaki oranları artırmadığı görülmüştür (Academy Press, 2002). Kemirgenlerde yapılan çalışmalarda, n-3 PUFA eksiklişinin öğrenme ve hafızada belirgin şekilde

bozukluğa sebep olduğu gösterilmiştir (Fedorova, 2009). Bu çalışmalar insanlarda omega-3 PUFA'nın algısal gelişim ve bozukluk üzerindeki rolünün araştırılması için klinik çalışmalar başlatılmasına öncü olmuştur.

Uzun zincirli (n-3) ve (n-6) yağ asitleri; biyolojik membranların yapısal bileşenleri olmalarının yanı sıra prostaglandinler, prostosiklinler, tromboksanlar ve lökotriyenlerin öncüleri olarak görev yaparlar. Omega-3 yağ asitleri memeli dokularında öncelikli olarak DHA formunda bulunurlar ve genellikle fosfolipitlerde konsantredirler. Retinada, serebral kortekste, testislerde ve spermde yüksek düzeyde bulunurlar. Beyindeki ve retinal fosfolipidlerdeki DHA seviyesi diyetten bağımsız olarak memelilerde birbirlerine benzemektedir. Bu durum, DHA'nın beyin ve retina fonksiyonlarında önemli bir rolü olduğunu göstermektedir. DHA, bebeğin beyin gelişimi ve fonksiyonelliğinde kritik rol oynar (Fedorova 2006). DHA insan sütünde yeterli miktarda bulunduğundan emziren bebeklerde gelişme ve algıda, sözel yetenekte ve okul performansında üstünlük görülmektedir (PUFA Newsletter, 2010). DHA'nın diyetlere eklenmesi görüş özelliklerinin yanı sıra öğrenme kabiliyetini de geliştirmektedir. DHA eksikliği fetal alkol sendromunun, dikkat eksikliği, hiperaktivite, sistik fibroz, fenilketanuri, unipolar depresyon ile alakalı olabileceği düşünülmektedir (PUFA Newsletter, 2010).

Beyinde DHA seviyesinin düşmesi ilerleyen yaşlarda ortaya çıkan algıda gerilik ve sporadik Alzheimer hastalığının başlangıcıyla ilgili olabilir (PUFA Newsletter, December 2010). Son yıllarda, yüksek oranda EPA ve DHA içeren balık ve balık yağlarının hipertansiyon, hiperlipidemi, tromboz, koroner kalp hastalıkları ve bağışıklığa bağlı problemlerde faydalı olduğu görülmüştür. Balık yağlarının hem normal hem de hipertrigliseridemik hastalarda hipotrigliseridemik bir etkisi olduğu tüm dünyada bilinmektedir (PUFA Newsletter, 2010). Bunun, çok düşük yoğunluklu lipoprotein sentezinin baskılanmasının ve yüksek yoğunluklu lipoprotein üretiminin uyarılmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Omega-3 yağ asitleri kan pulcuğu agregasyonunu engelleyerek kanama süresini uzatmaktadır ancak bu inhibisyonun hangi mekanizmayla olduğu aydınlatılamamıştır.

Harvard Halk Sağlığı Merkezi'nde yapılan bir çalışmada, yılda binlerce kişinin omega-3 oranı eksik diyetler dolayısıyla önlenebileceği halde öldüğü ortaya

çıkarılmıştır. Bu çalışmada günlük yaşamı, beslenmeyi ve metabolizmayı içeren 12 risk faktörü üzerinde yapılan araştırma ile omega-3 eksikliğinin Amerika'da ölüm sebepleri arasında altıncı sırayı aldığı görülmüştür. Her yıl önlenebileceği halde 72000-96000 kişi bu sebeple ölmektedir. Omega-3 yağ asidi eksikliği bu anlamda yüksek trans yağ tüketiminin de önüne geçmektedir. Amerika'da her yıl 63000-97000 kişi yüksek trans yağ tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan hastalıklar dolayısıyla ölmektedir (PUFA Newsletter, 2010).

DHA ve EPA, osteoartrit semptomlarını (kıkırdak dejenerasyonu, enflamasyon, eklemlerde ağrı) azaltabilmektedir. İngiltere'de yapılan bir çalışmaya göre düşük miktarda EPA ve DHA dokuya ayrı ayrı verildiğinde, kıkırdak yıkımıyla ilgili protein üretiminde azalma olduğu ve bu sayede enflamasyonun da azaldığı belirlenmiştir (Farr, 1997).

Omega-3 yağ asitlerinin günlük beslenmenin ne kadarını oluşturması gerektiği net olarak belirlenmemiştir. Haftada birkaç kere 120-170 gram balık tüketilmesinin sağlığa faydalı olduğu düşünülmektedir. Somon, uskumru, kefal, alabalık, sardalya, ton balığı ve kabuklu deniz ürünleri DHA açısından zengin olduğu için bunların tüketimi omega-3 açısından destekleyici olacaktır. Diyet lipidlerinin kalitesinin toplum sağlığı ile yakından alakalı olduğu kabul edilmiştir. Bu konuda toplumun bilinçlendirilmesi, insanların diyetlerine daha fazla doymamış yağ asitlerini katmalarını sağlayacaktır (PUFA Newsletter, 2010).

Bitkisel yağlarda linoleik asit gibi omega-6 yağ asitleri çoktur ve omega-3 yağ asitlerine ulaşım daha zor olduğundan, artan omega-6 tüketimi (n-6)/(n-3) oranını da yükseltecektir. Bu orandaki dengesizlik kronik sağlık sorunlarıyla ilintilendirilmiştir (Calder,2006). Bu durumunun önüne geçmenin bir yolu (n-3) açısından zengin soya fasulyesi ya da kanola gibi yağların promosyonun yapılmasıdır. Diğer bir olasılık, besinlerin (n-3) yağ asitleriyle güçlendirilmesidir. Balık yağından elde edilen uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin (LC-PUFA) besinlere eklenmesi bu maddelerin besin değerlerini artıracaktır. Ancak, LC-PUFA oksidatif ve termal degradasyona karşı çok hassastır. Bu yüzden rafine yağın kalitesi büyük oranda uygulama koşullarına bağlı olacaktır (Fournier, 2007).

2.2.2. Keten tohumu, omega yağ asitleri ve fonksiyonel gıdalar

Keten (Latince Linum), Ketengiller familyasından, çok değişik amaçlarla kullanılan bir bitkidir. Latince ismi “**çok faydalı bitki**” anlamına gelmektedir bu bitkinin tarımı Mısırlılar’dan beri yapılmaktadır.

Keten tohumu yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitleri, düşük oranda doymuş yağ asiti, yüksek oranda lifle birlikte bol miktarda potasyum, az miktarlarda ise magnezyum, demir, bakır, çinko ve çeşitli vitaminler içerir. 100 gram keten yağı 13.4 mg E vitamini içerirken yaklaşık 450 kcal gelmektedir. Keten tohumunun amino asit profili soya ununa benzer özellikler gösterir. İçerdiği (n-3) yağ asiti oranı, (Omega-6 nın yaklaşık dört katıdır), çözünebilir ve çözünemez liflerce zenginliği ve bir çeşit bitkisel östrojen olan lignanların en zengin kaynağı olması nedeniyle keten tohumu beslenme uzmanları tarafından sıklıkla önerilir. Kayahan, yaptığı çalışmada keten tohumu yağının bileşiminin yetiştirildiği iklime göre değişiklik gösterdiği; ancak temelde daha çok linolenik asitten oluşmakta olup doymamış yağ asitlerinin %84-95 oranında kaldığını belirtmiştir (Kayahan, 2004). Keten yağında %59.77 linolenik asit, %17.11 oleik asit, %14.82 linoleik asit, %4.58 palmitik asit, %3.02 stearik asit, %0.24 araşidik asit, %0.17 gadoleik asit, %0.16 henikosanoik asit, %0.08 behenik asit ve %0.05 miristik asit belirlenmiştir (Kıralan, 2005).

Keten tohumunda bulunan lignanlar birer doğal SERM’dir (östrojeni seçerek alan modülatörler); östrojen kullanımının zararlarından korunurken tüm diğer olumlu etkilerinden de yararlanmayı sağlarlar. Örneğin; östrojenin kemiklerde bağlantı kurup büyümeyi sağlamasına izin verirken; hasar verebileceği göğüs ve rahim içi gibi hassas bölgelere girmesine izin vermezler. Fazladan bir hücre büyümesi olmadığında kanser riski azalır (Kıralan, 2005).

Omega-3 yağ asitlerinden EPA ve DHA en fazla balık yağlarında bulunurken, ALA bitkisel yağlar içinde en çok keten tohumunda bulunur. Bitkisel yağlar genellikle omega-6 yönünden zengindir ancak keten yağı bunlardan farklı olarak omega-3 açısından zengindir. Keten yağındaki ALA, bu bitkideki yağların %57’sini oluşturur. İçeriğindeki omega-6/omega-3 yağ asitleri oranları 0.3/1 şeklindedir. Diğer bitkisel yağlarda bu oran genellikle omega-6 yönünde baskındır (Kıralan, 2005).

Keten, kanser riskini önlemesi açısından önemli üç öge içerir; ağırlıklı omega-3 yağ asidi, diyet lifleri ve sekoisolarisiresinoldiglikozit (SDG)'dir. 2005'te Morris'in yaptığı bir araştırmada en az dört hafta süreyle günlük olarak alınan ketenin kandaki total ve LDL kolesterolü belirgin şekilde azalttığı belirlenmiştir. Bunun yanında ALA alımı kalp-damar hastalıklarını, kalp krizi riskini ve koroner kalp rahatsızlıklarını azaltmaktadır.

Potansiyel bir antioksidan olan DHA, diğer çoğu antioksidan gibi oksijenle reaksiyona girme eğilimindedir. DHA'nın oksijen ile reaksiyona girmesi sonucunda balık yağına özgü koku ortaya çıkar. Bu durum, üreticilerin besinleri DHA ile güçlendirmelerinde zorluk çıkarmaktadır. LycoRed şirketi, beadlet teknolojisini geliştirerek DHA'yı jelatin bazlı bir matrisler koruma yoluna gitmiştir. Yapılan testlerde bu yöntemle DHA'nın oda sıcaklığında iki yıla kadar stabil kaldığı görülmüştür (<http://www.lycored.com/web/content/dha.asp>, 2011).

2.3. Fonksiyonel Ekmek

1998-2003 yılları arasında Euromonitor tarafından yapılan araştırmaya göre fonksiyonel gıdalarda unlu mamüller ve aperatifler, içecekler ve süt ürünlerinden sonra %18'lik bir payla üçüncü sırayı almaktadır. Bu sektör temel olarak fonksiyonel şekerlemeler, sakızlar, güçlendirilmiş ekmek ve bisküvilerden oluşmaktadır. Şekerlemeler çıkarıldığında fırın ürünleri toplam fonksiyonel ürün satışının %3'ünden azını teşkil etmektedir. 2008'de yapılan Euromonitor Uluslararası tahminlerine göre bu sektör % 35 büyüyecek ancak toplam pazarın yalnızca %23'lük kısmını oluşturacaktır (http://www.euromonitor.com/Functional_bread_in_Europe_a_niche_market_with_potential, 2010).

Fonksiyonel ekmek günümüzde bu sektördeki satış değerleri açısından en az kısmı teşkil eden üründür. Diğer sektörlerle karşılaştırıldığında unlu mamüller ve aperatifler alanında daha az gelişme sağlanmış ve bu ürünler tüketici tarafından daha az kabul görmüştür. Bu ürünlerin tüketicinin gözünde 'sağlık' ile ilişkilendirilmesi konusu üreticiyi zorlamaktadır (http://www.euromonitor.com/Functional_bread_in_Europe_a_niche_market_with_potential, 2010). Bu yüzden, bu alanda çok daha fazla çaba harcanması gerekmektedir.

İşleme ve madde teknolojisindeki gelişmeler ile ekmek matris olarak kullanılarak belirli besin öğeleri ya da bileşikler optimum miktarda eklenmiş ve fizyolojik yarar sağlayacak fonksiyonel ekmek haline getirilmiştir. Gelişmiş yağ rafine teknikleri ve mikroenkapsülasyon yönteminin kullanılması sayısız beyaz ekmek tipinin pazara girmesine olanak sağlamıştır (Alldrick, 2006). Bunlar, beslenme açısından önemli miktarda uzun zincirli omega-3 yağ asitleri içermektedir ve deniz ürünleriyle özdeşleşmiş kokularından arındırılmışlardır. Fizyolojik fayda sağlayan fonksiyonel içerik açısından ekmekte kullanılan maddelerden ikisi soya ve keten tohumudur. İlk olarak Avusturalya'da geliştirilen "Sheila" ekmeğinde yüksek miktarda fitoöstrojen bulunmaktadır ve menopoz semptomlarının giderilmesinde faydalanılmaktadır (Ashby, 1998).

2.4. Çoklu Doymamış Yağ Asitlerinin Termal Oksidasyonu

Yağlar, doğal ortamlarından izole edildikleri andan itibaren bozunmaya başlayarak kötü bir tat ve koku açığa çıkarırlar. Atmosferik oksidasyon yağların bozunmasına sebep olan en önemli etkidir. Oksidasyona bağlı kokuşma; sıcaklık, ışık, nem ve geçiş metallerinin varlığına bağlı olarak hızlanabilmektedir (Fera, 1978). Yağların kızartılması termal oksidasyona bağlı degradasyona sebep olur, bozunma ürünleri ortaya çıkar ve yağın fiziksel özellikleri değişir (Eldin, 1996). Oksijen yağla temas ettiğinde yağ tarafından emilir ve özellikle çift bağlarla tepkimeye girer. Bu yüzden yağların çoklu doymamış bileşenleri, doymuş olanlara göre daha hızlı okside olur (Tyagi, 1996). Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, yenilebilir bir yağın ısıtmaya ya da kızartmaya maruz kalmasının, trigliseritlerin doğal halini önemli derecede değiştirdiği görülmektedir. Doymamışlık derecesinin düşmesi, yağın ilk halinde içerdiği esansiyel PUFA'ların transformasyona uğradığının göstergesidir. Buna bağlı olarak yağların besleyiciliği de düşmektedir (Dobson, 1996).

Doymamış yağ asitlerinin termal atmosferik oksidasyonu kararsız protonların çıkarılması ile peroksidasyona, serbest radikal zincir mekanizması aracılığıyla da yağ monohidroperoksitlerinin oluşumuna yol açar (Mounts, 1970). Bunların hemen bozunma eğilimleri vardır ve bozduklarında birçok ikincil ürün oluştururlar: aldehido, keto, hidroksi, epoksi, karboksi ve peroksi bileşikleri ile çapraz bağlarla oluşan yüksek moleküler ağırlıklı polimerler gibi (Esterbauer, 1993). Bu bileşiklerin

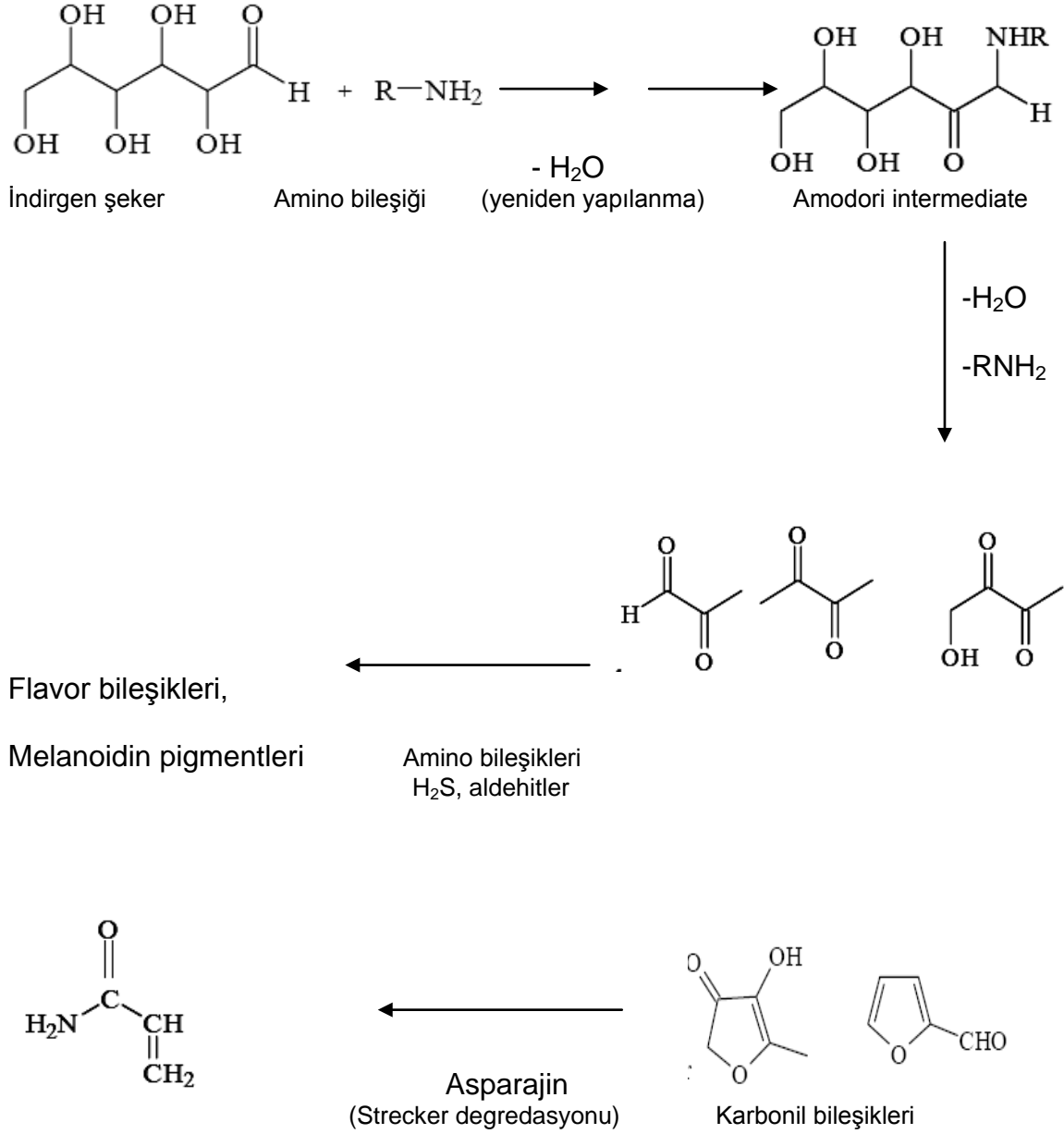
bazıları (malondialdehit (MDA) ve 4 hidroksi-2-nonenal (HNE) gibi) *in vitro* ortamda hücrelere toksik etki yapmaktadır ve büyük ihtimalle kanserojendir (Esterbauer, 1991). Yüksek çözünürlüklü H-NMR spektroskopisi yöntemiyle okside yağların kantitatif analizi yapılabilmektedir.

Beslenmedeki yağların oksidasyonu ile ortaya çıkan değişiklikler ısıtma ve saklama koşullarının sebep olduğu toksik etkilerin tek yönlü olmadığını göstermiştir. Yağların toksisitesi; ortaya çıkan toksik maddenin gıdanın diğer bileşenleriyle etkileşimine ve daha toksik potansiyeli olan bileşiklerin (hidroperoksitler ve aldehitler gibi) oluşumuna bağlıdır (Bergman, 1970). Aynı zamanda, kolayca okside olabilen (n-3) çoklu doymamış yağ asitlerinin kaybı artabilir. Kolon kanserinin engellenmesinde rol oynayan bu yağ asitlerinin azalması kanseri tetikleyecektir (Narisawa, 1994). Okside yağların toksisitesi, kanseri engellediği bilinen birçok hayvan modelinde konjuge çoklu doymamış yağ asitleri oluşumunu azaltmaktadır (Chin, 1992). Bu yağ asitleri aynı zamanda polimerik çapraz bağlı yağ asitlerinin oluşumunu azaltarak emilmelerini ya da toksik serbest yağ asitlerine dönüşmelerini azaltmaktadır.

Fındık yapısındaki çoklu doymamış yağ asitleri, şekerler ve amino asitler dolayısıyla kavurma ılımlı koşullarda yapılsa bile furan oluşabilmektedir. Gökmen'in yaptığı araştırmada farklı fındık çeşitlerinde furan oluşturabilecek öncül maddelerin seviyeleri ölçülmeye çalışılmıştır. Aynı çalışmada, farklı zaman-süre kombinasyonlarının fındıkta furan oluşumundaki etkileri araştırılmıştır. Sonuçta, fındığın yağ asidi kompozisyonunda ısıtma işleminden sonra herhangi bir değişiklik oluşmadığı belirlenmiştir. Isıtma sırasında az miktarda ortaya çıkan furanın serbest yağ asitlerinin kompozisyonlarını bozacak derecede etkili olmadığı sonucuna varılmıştır (Şenyuva ve Gökmen, 2007).

2.5. Maillard Reaksiyonunun Renk Üzerine Etkisi

Maillard reaksiyonu, pişirme gibi ısı işlemler sırasında gıdalarda meydana gelen en önemli tepkimelerden biridir. Ekmek gibi unlu gıdalardaki önemli aroma maddeleri, renk ve tat oluşumundan sorumludur.



Şekil 2.4 Maillard reaksiyonunda akrilamid, renk ve tat maddelerinin oluşumunun şematik gösterimi (Granda, 2005)

Maillard reaksiyonunda akrilamid, renk ve tat maddelerinin oluşumunun şematik gösterimi Şekil 4.2'de verilmiştir (Granda, 2005). Reaksiyonun üçüncü basamağında polimerizasyon gerçekleşir. Bu basamaktaki reaksiyonlar renk gelişimi için önemlidir çünkü bu basamakta kahverengi azotlu polimerler ve kopolimerler oluşmaktadır (Grivas ve ark., 2002).

2.6. Enkapsulasyon ve Nanoenkapsulasyonun Gıdalarda Kullanımı

Fonksiyonel gıda geliştirilmesi ve pazarlanmasında en önemli koşullardan biri besin ögesi gereksiniminin yanı sıra tüketicinin duyuşal tercihlerinin de karşılanmasıdır. Bu amaçla, tercih edilen ögelerin eklenip toksik olanların çıkarıldığı ve istenilen lezzetin açığa çıkacağı gıdalar konusundaki çalışmalar yoğun bir şekilde sürmektedir. Bu konuda potansiyel nanoteknoloji uygulamalarından yararlanılmaktadır. Tıp, bilim ve mühendisliğin ortak çalışması gereken bu alanda akıllı sensörler içeren ambalaj materyalleri gibi yeni fikirler üzerinde de durulmaktadır. Hidrofobik nutrasötiklerin korunması ve çözünmesi için nano-araçlardan faydalanılmaktadır. Omega-3 çoklu yağ asitlerinin özellikle aköz gıda sistemlerinde kullanılması problem yaratmaktadır (Zimet, 2010).

Mikro- ve nanoenkapsülasyon; katı, sıvı ya da gaz maddelerin minyatür, sarılmış kapsüllerde paketlenerek içeriğinin belli koşullarda kontrollü hızla salınımına olanak sağlayan sistemlerdir. Ortamın (pH, sıcaklık, osmotik basınç gibi) koşullarından alınan sinyallere göre ya da çözücüler ile salınım başlatılabilir (Vargas, 2008). Bu teknikler gıda endüstrisinde gün be gün daha fazla kullanılmaktadır çünkü enkapsüle materyaller nem, sıcaklık ve diğer aşırı koşullardan korunmakta ve bu sayede stabiliteleri sürdürülmektedir. Yöntem, özellikle enzim, pro- ve prebiyotikler, lipid oksidasyonuna duyarlı ögeler gibi değerli maddelerin gıdaya eklenmesinde ya da istenmeyen koku ve tadın gizlenmesinde kullanılır (Lopez- Rubio, 2006).

Enkapsülasyon teknikleri arasında en çok tercih edilen sistem yağ-tabanlı nanoenkapsülasyon sistemleridir. Kitosan ve aljinat-tabanlı taşıyıcılar ile yağ-tabanlı taşıyıcılar karşılaştırıldığında, yağ-tabanlı taşıyıcıların farklı çözünürlükteki maddeleri kaplayabilmesinin, doğal bileşenlerden oluşturulabilmesinin ve belirli bir hedefe özgü üretilebilmesinin bu tür sistemi daha kullanışlı kıldığı görülmektedir (Yurdugul, 2004).

Mikroenkapsülasyon uygulamasıyla gıdanın duyuşal bileşenleri bozulmadan ögeler eklemek mümkündür. Fakat mikroenkapsülasyon için kullanılacak protein, karbonhidrat ve yağ gibi bileşikler oldukça sınırlıdır. Enkapsülasyon ajanları ile belirlenen hedef salınım özelliklerinde başarı sağlanmasında bazı

problemlerle karşılaşılabilmektedir. Mühendislik uygulamaları kullanılarak elde edilecek nanoparçacıklar sayesinde daha kontrollü sistemler oluşturularak yüzeyler ile kolloidal sistemler arasındaki birliktelik sağlanmaktadır.

Omega-3 yağları unlu mamüllere, makarnaya, süt ve yoğurt gibi süt ürünlerine katılabilir. Ocean Nutrition Canada tarafından hazırlanan ve MEG 3 olarak bilinen mikroenkapsül; çevrelediği yağ, sindirim sistemine ulaşana kadar çevresel etkilerden korunacak şekilde tasarlanmıştır (Young ve Conquer, 2005).

Ekmek, nutrasötiklerin ya da tıbbi gıdaların eklenmesine en iyi şekilde olanak sağlayan bir besindir. Son zamanlarda esansiyel yağ asidi tüketimini artırma amacıyla omega-3 PUFA'lar ekmeğe katılmıştır. Avrupa'da omega-3 PUFA tüketimi yavaş yavaş artmaktadır çünkü Avrupalılar bu tür ürünlerin sağlık açısından faydalarını keşfetmektedirler. Bu yüzden, yakın zamanda ekmekler farklı mikrobelerin tüketimini daha da arttırmak için sıklıkla araç olarak kullanılacaktır.

Çizelge 2.1 Unlu mamüllerdeki fonksiyonel deniz öğeleri

İçerik	Ürün
Mikroenkapsüle ton balığı yağı (MTO)	Ekmek
Deniz hidrokoloitleri	Ekmek
Balık yağı konsantresi	Ekmek
Balık yağı	Ekmek
(n-3) PUFA	Ekmek
DHA	Bisküvi, kraker

2003 yılında Yan, omega-3 yağlarının stabilitesini desteklemede kullanılacak bir enkapsülasyon metodu için patent almıştır (Yan, 2003). Bu yöntemde, omega-3

yağları öncelikle enkapsüle edilmekte, sonrasında enkapsüle edilen omega-3 yağları ikinci bir kabukla çevrilerek topak haline getirilmektedir. Bu yaklaşımla ürünün çok katmanlı korunması sağlanmıştır. Günümüzde, Ocean Nutrition Canada bu teknolojiyi Powder-loc markası altında enkapsüle edilmiş stabil omega-3 tozları hazırlamada kullanmaktadır. Bu şekilde üretim bir gram kuru toz ile 500-800 mg yağın taşınmasını sağlamaktadır. Tersine, spreyle kurutulmuş enkapsüle tozlar ile gram başına yalnızca 200-350 mg yağ taşınmaktadır. Amaçlandığı gibi aynı miktarda besinle daha fazla omega-3 tüketimi sağlanmaktadır.

Los Angeles'taki Wright Grubu, Super Micro Atomization Retention Technology (SMART) adını verdikleri bir teknoloji kullanarak Super Coat omega-3 ürünleri üretmektedir. Belirli yağ asitlerinin ekmeğe uygulanması daha fazla omega-3'ün diyetle sokulması açısından yeni bir yaklaşım olabilir. 2002'de Yep ve arkadaşları, mikroenkapsül kullanılarak ton balığı yağı (MTO) ile zenginleştirilmiş ekmeğin DHA'yı arttırdığını göstermişlerdir (Yep ve ark., 2002). Yeni bir iletim şekli kullanılmış ve düşük dozda uzun zincirli omega-3 PUFA'nın (100 mg/gün) plazma üzerine akut ve kronik etkileri belirlenmiştir. Çalışmalarında düşük dozda mikroenkapsüle ton balığı yağı ile zenginleştirilmiş ekmeğin tüketiminin sağlıklı bireylerde uzun zincirli n-3 PUFA durumunu geliştirip geliştiremeyeceğine bu yağ asitlerinin plazmadaki seviyeleri ölçülerek karar verilmeye çalışılmıştır. Sonuçta mikroenkapsüle ton balığı yağı ile zenginleştirilmiş ekmeğin bu bireylerde plazmadaki uzun zincirli n-3 PUFA seviyesini hem akut hem de kronik çalışmada artırdığı belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, mikroenkapsüle ton balığı yağı ile zenginleştirilmiş ekmeğin biyolojik açıdan ulaşılabiliridir.

Liu ve arkadaşları (2001) günlük ekmeğin tüketimi ile alınan az miktardaki balık yağının, 36 hiperlipidemi hastası üzerindeki etkisi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Hastalar rastgele üçe ayrılmış ve yulaf lifi içeren stabil balık yağı grubu, yulaf lifi ile kontrol grubu ve buğday lifi ile kontrol grubu oluşturulmuştur. Fosfolipid yağ asitleri, trigliseritler, kolesterol ve malondialdehit (MDA) değerleri ölçülmüştür. 2 ve 4 hafta boyunca günde 1.3 gram stabil balık yağı içeren 93 gram ekmeğin tüketildiğinde EPA, DHA ve total omega-3 yağ asidinin plazmadaki seviyesinde artış görülmüştür. Aynı grupta, trigliserit seviyesi düşerken HDL kolesterolde artış olmuştur. Her iki kontrol grubunda da belirgin bir değişiklik olmamıştır. Stabil balık yağı içeren ekmeğin tüketen grupta lipid peroksidasyonunu

işaret eden herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Tersine, her çeşit ekmek tüketiminden sonra plazmadaki malondialdehit (MDA) değerlerinde hafif bir düşüş görülmüştür. Bu çalışma, hiper lipidemisi olan hastalarda az miktarda balık yağı içeren ekmek tüketiminin omega-3 yağ asitlerinde ve HDL-kolesterolde belirgin artışa neden olurken trigliserit ve malondialdehit seviyesini düşürdüğünü göstermiştir. Bu düşüş aynı zamanda iskemik kalp hastalığı riskini de azaltacaktır.

Neilsen 1992 yılında jelatinle kaplanmış balık yağı halindeki n-3 yağ asidi ile zenginleştirilmiş ve 1990'dan beri 'Omega Ekmeği' adıyla Danimarka'da satılan ekmeğin etkisini incelemiştir. Bu ekmeğin daha fazla (n-3) PUFA için güvenilir ve önemli bir kaynak olduğu gösterilmiştir.

Saldeen ve arkadaşları (1998) balık yağının sıvı şekilde ya da kapsül içinde tutulabileceğini, kardiovasküler hastalıklara neden olan birçok risk faktörü üzerinde etkili olabileceğini göstermiş ancak bunların tüketiminin günlük diyetteki yağ miktarını artıracığını belirtmiştir.

Harrison ve arkadaşlarının 2004'te ortaya attıkları hipoteze göre uzun zincirli bir omega-3 yağ asidi olan DHA ile güçlendirilmiş ekmek, kraker ve bisküviler kolesterol seviyesi ve kan basıncı üzerinde olumlu etki etmelidir. Araştırmanın sonucunda, beklenen etkiler gözlenmiş ve koroner kalp rahatsızlığı gelişmesi olası popülasyonlar için fonksiyonel gıdalar geliştirilmiştir.

Enkapsülasyon ya da mikroenkapsülasyon enzimlerin hidrolizi ve otooksidasyonun geciktirilmesi, yağ stabilitesinin artırılması ve kokuların kontrolü için kullanılabilir (Matsuno ve Adachi, 1993). Son zamanlarda, balık yağı gibi aktif bileşikleri enkapsüle ederek stabilize etmek amacıyla birçok kaplama materyali üzerinde fiziksel ve kimyasal çalışmalar yapılmaktadır (Desai ve Park, 2005). Bunlar arasında en sık kullanılan ve en ucuz olan metot spreyle kurutmadır (Gharsallaoui ve ark., 2007). Kurutma sırasındaki yüksek sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkan omega-3 oksidasyonunu en aza indirebilmek için liyofilizasyon (Heinzelmann,2000) ya da ultrasonik otomizasyon (Klaypradit&Huang, 2008) gibi yöntemler geliştirilmiştir. Mikroenkapsülasyon işleminde süperkritik sıvıların kullanılmasının da balık yağındaki aktif bileşikleri ılımlı sıcaklıklara ve atmosfere karşı koruyacağı düşünülmektedir.

Süper kritik Solusyonların Hızlı Genişlemesi (RESS), Süper kritik Solusyonların Impregnasyonu (SSI), Gaz ile Doyurulmuş Solusyonlardan Taneciklere (PGSS), Süperkritik Anti-çözücü Çöktürme (SAS) ya da Süperkritik Sıvı Özütlemesi (SFEE) enkapsülasyon ve kopresipitasyon işlemleri arasındadır (Cocero ve ark., 2009). Bu metotlar üzerindeki araştırmalara devam edilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Ekmek ve kabuk-model yapımında kullanılan un, yağ, şeker, tuz ve maya yerel süpermarketlerden satın alınmıştır. Ekmekler yoğurma ardından 4 aşamalı fermantasyona tabi tutulmak suretiyle ekmek kalıbında, kabuk-modeller ise maya içermeyen 6cm çapında, yaklaşık 0,7 cm yüksekliğindeki kalıplarda hazırlanmış; ekmekler kalıp içinde, kabuk modeller ise kalıptan çıkarılarak pişirilmiştir.

Çalışmada kullanılan serbest ve enkapsüle keten tohumu yağı (Karmat, İsrail); fungal amilaz enzimi (Novo, Danimarka) tarafından sağlanmıştır. Ayrıca ölçümler Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC-MS) (Agilent 6890, ABD) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Carboxen-polidimetilsiloksan katı faz mikro ekstraksiyon fiberleri ve 20 ml headspace (tepe boşluğu) vialeri Supelco (Bellefonte, PA, ABD) firmasından satın alınmıştır. HP-INNOWAX kapiler kolonu (30 m x250µm i.d., 0,25 µm film kalınlığı) Agilent Teknolojileri (Wilmington, DE, USA) tarafından temin edilmiştir. Deney boyunca ultra saf su (MilliQ sistemi, Millipore, Bedford, MA, ABD) kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler Merck (Damstat, Almanya) firmasından sağlanmıştır.

3.2. Metot

Çalışma iki farklı örnek serisi üzerinde iki ana başlık altında gerçekleştirilmiş ve bütün pişirme ve ölçme deneyleri iki kez tekrar edilmiştir. Örneklerden ilki olan ekmek; un, şeker, yağ, tuz, maya ve su; ikincisi olan kabuk model ise, maya hariç aynı içerik baz alınarak hazırlanmıştır.

Birinci başlıkta; nanoenkapsülasyonun çoklu doymamış yağ asitlerinin termal oksidasyonuna etkisini incelemek amacıyla ekmek formulasyonuna keten tohumu yağı içeren nanokapsüller eklenmiştir. Böylece omega yağ asitlerince zengin

fonksiyonel bir ekmek hazırlanmıştır. Kontrol örneği olarak da keten tohumu yağının doğrudan ilavesi ile hazırlanan ekmek pişirilmiştir.

Çalışmanın ikinci başlığında; nanokapsüller üzerine termal yük etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 6 cm çapında yaklaşık 0,7 cm kalınlığında mayasız kabuk modeller hazırlanmış ve farklı sıcaklık, zaman parametrelerinde pişirilmişlerdir. Yine kontrol olarak nanokapsül içermeyen keten tohumu yağı ilavesi ile kabuk modeller hazırlanmış ve aynı parametrelerde pişirilmişlerdir.

Çalışmanın üçüncü başlığında ise nişasta yapısındaki nanokapsüller üzerine unda bulunan amilaz enziminin etkisi incelenmiştir. Amilaz enziminin nanokapsüllerin yapısına etki ederek omega yağ asitlerinin termal oksidasyonunu kolaylaştırması araştırılmıştır. Bu amaçla amilaz ilaveli ve ilavesiz ekmek örnekleri hazırlanıp pişirilmiştir.

3.2.1 Ekmekler ve Kabuk Modellerin Hazırlanması

3.2.1.1 Keten Tohumu Yağı İçeren Nanokapsüllerin Hazırlanması

Çalışmamızda kullanılan ve İsrail tarafından hazırlanan keten tohumu yağı içeren nanobileşenlerin oluşumunda %70 amilaz ve %28 amilopektin içeren HACS (Yüksek Amiloz Mısır Nişastası) (HYLON® VII, Ulusal Nişasta Kurumu, ABD) ve %56 α -linolenic asit içeren keten tohumu yağı (Jerusalem LeSomsom, İsrail) kullanılmıştır.

V tipi nişasta-yağ kompleksi daha önceki çalışmalarda tanımlanmış alkali çözeltide nişasta ve keten tohumu yağı karışımı metodu baz alınarak hazırlanmıştır (Karkalas et al., 1995; Snape et al., 1998; Lalush, 2005; Lesmes et al. 2008).

Buna göre; 0,1 M potasyum hidroksit (KOH) içinde %10'luk (w/v) HACS çözeltisine yaklaşık 80°C'de 30 dk. ön ısıtma işlemi yapılmış ve ardından 30°C'ye soğutulmuştur. Sabit hızla karışmakta olan çözeltiye, keten tohumu yağı %10 oranında (10 g yağ / 100 g HACS) eklenmiştir. Bu alkali karışım yüksek-basınç homojenizatöründe (Mikro DeBee, Uluslararası BEE, MA, ABD) basınca tabi tutulmuş, eş zamanlı olarak bulutsu bir nanopartikül dispersiyonu oluşturmak

amacıyla 0,1 M fosforik asit (H₃PO₄) ile muamele edilmiştir. Bu nanopartikül süspansiyonu sprey kurutma ile mikropartikül ununa dönüştürülmüştür. Sprey kurutma (NiroAtomizer, Danimarka) işlemi hava giriş sıcaklığının 200°C, çıkış sıcaklığının yaklaşık 80°C olduğu koşullarda gerçekleşmiştir.

3.2.1.2 Ekmek Örneklerinin Hazırlanması

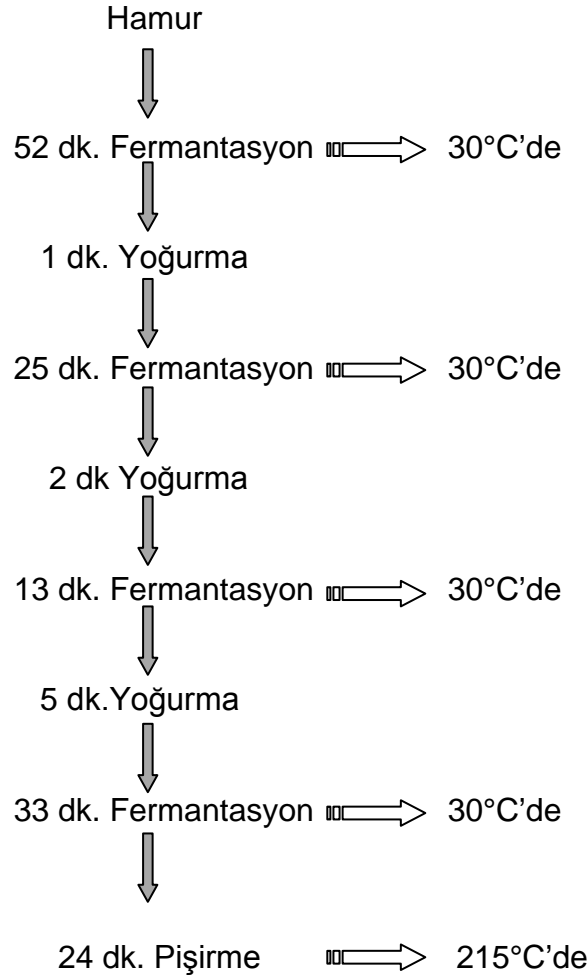
Ekmekler Çizelge 3.1’de görülen AACC (Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği)’nin 10-10.B no’lu metodu baz alınarak hazırlanmıştır. Kontrol hamuru % 1 keten tohumu yağı katılarak hazırlanırken, birinci gruptaki diğer hamura formülasyon içeriğine ilave olarak eşdeğer miktarda keten tohumu yağı içeren %10’luk nanokapsüller; ikinci gruptaki hamurlara ise ek olarak %10’luk fungal amilaz enzimi çözeltisinden %1 oranında eklenmiştir. Buna göre hamurlara ilave edilen amilaz enzimi (un kütlesi bazında) % 0,1 oranındadır.

Çizelge 3.1 AACC 10.10.B no’lu metoda göre ekmek formülasyonu (eklenen nanokapsüller, keten tohumu yağı ve amilaza göre adapte edilmiş miktarları ile birlikte)

İÇERİK	UN BAZ ALINARAK (%)			
	AACC 10-10.B ye Göre	Kontrol Ekmeği (Ket.Toh.Y ağ)	Nanokapsüllü Ekmek (%10)	Amilaz İlaveli
Buğday Unu	100	99	90 (Kapsüllerden gelen nişasta ile 100)	90 (Kapsüllerden gelen nişasta ile 100)
Su	Değişken (optimum)	Değişken (optimum)	Değişken (optimum)	Değişken (optimum)
Maya	5,3	5,3	5,3	5,3
Sakkaroz	6,0	6,0	6,0	6,0
Tuz	1,5	1,5	1,5	1,5
Margarin	3,0	3,0	3,0	3,0
Keten Tohumu Yağı	–	1	–	–
Nanokapsüllü Keten Toh. Yağı	–	–	10 (1g K.T.Y içeriyor)	10 (1g* K.T.Y içeriyor)
Amilaz Enzimi	–	–	–	0,1

*K.T.Y: Keten Tohumu Yağı

Kalıba alınan hamur metotta tarif edildiği gibi 30°C'deki etüvde (Memmert UNE 400, Almanya) Şekil 3.1'deki şemada belirtilen şekilde fermantasyona tabi tutulmuştur.



Şekil 3.1 Hazırlanan hamurun fermantasyon şeması

3.2.1.3 Kabuk Modellerin Hazırlanması

Kabuk modeller Çizelge 3.2 de görülen formülasyon baz alınarak hazırlanmıştır. Kontrol hamuru % 1 keten tohumu yağı ilave edilerek hazırlanırken, diğer hamura formülasyon içeriğine ilave olarak %10 oranında nanokapsül (%1 keten tohumu yağı içeren) eklenmiştir.

Çizelge 3.2 Kabuk model formülasyonu (eklenen nanokapsül ve keten tohumu yağı miktarları ile birlikte)

İÇERİK	UN BAZ ALINARAK (%)	
	Kontrol Model (Ket.Toh.Y ağ)	Nanokapsüllü Kabuk Model (%10)
Buğday Unu	99	90
Su	Değişken (optimum)	Değişken (optimum)
Sakkaroz	6,0	6,0
Tuz	1,5	1,5
Margarin	3,0	3,0
Keten Tohumu Yağı	1	–
Nanokapsüllü Keten Toh. Yağı	–	10 (1g ket.t.y.içeriyor)

Malzemeler KitchenAid Artisan Model 5KSM 150 (St. Joseph, Michigan, ABD) ile iki defa dördüncü kademedede 30 saniye süre ile ve ikinci kademedede 2 dakika süre ile karıştırılarak -aralarda müdahale edilerek- hamur elde edilmiştir. Elde edilen hamurlara kalıplar yardımı ile 6 cm. çapında yaklaşık 0,7 cm yüksekliğinde şekiller verilerek kabuk modeller hazırlanmıştır. Hazırlanan bu örnekler Çizelge 3.3'te belirtilen sıcaklık ve zaman parametrelerinde ısıl işleme tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.3 Hazırlanan kontrol ve %10 nanokapsül içeren kabuk modeller örneklerine uygulanan sıcaklık ve süre parametreleri

Sıcaklık (°C)	Zaman(dk)
150	30
150	60
200	15
200	30
240	5
240	10

3.2.2 Duyusal Özellikler ve Temel Kalite Parametrelerinin İncelenmesi

Duyusal değerlendirme pişirmeden 2 saat sonra başlatılmış ve sekiz eğitimli panel değerlendircisi tarafından yürütülmüştür. Her ekmek örneği görünüm, kırıntı öznelikleri (esneklik, ekmek içi tane yapısı), kırıntı rengi, tat ve koku özellikleri temelinde değerlendirilmiştir.

Ekmek analizleri serisi temel kalite parametreleri ve duysal özelliklerini belirlemek için iki somun ile yapılmıştır. Değerlendirme ölçekleri 1'den 10'a kadar verilen puanlarla gerçekleştirilmiştir. Ekmek hacmi, kolza tohumu ile yer değiştirme yöntemi kullanılarak bir ekmek hacim ölçeri ile belirlenmiştir. Spesifik Hacim ölçümü bu yöntemle göre belirlenen ekmek hacminin (cm^3) ekmek ağırlığına (g) bölünmesiyle saptanmıştır (Uluöz, 1965).

Pişirme kalitesi karşılaştırmaları kontrol örneği ile %10 oranında nanoparçacık ilave edilmiş ekmek örnekleri arasında yapılmıştır. Değerlendiriciler tarafından verilen not ortalaması her bir parametre için hesaplanmıştır. Örnekleri karşılaştırabilmek amacıyla kontrol örneği ve nanopartikül içeren ekmek örneğine ait her parametrenin ortalama değerleri örümcek ağı diyagramında işaretlenmiştir.

3.2.3 Renk Analizi

Renk, fırıncılık ürünlerinin önemli kalite kriterlerindedir. Heterojen olan yüzeyde ortalama renk değerinden çok farklı renklere sahip bölgeler bulunmaktadır (Gökmen ve Süğüt, 2007). Bu olumsuzluğu gidermek için yüzeyin rengi, bilgisayar görüntüleme tekniği kullanılarak ifade edilmiştir.

Oda sıcaklığında 2 saat soğumaya bırakılan ekmek kabuk modellerinin Kodak marka bir dijital kamera ile resimleri çekilmiş ve bir bilgisayara aktarılmıştır.

Bu yöntemle göre, uygun ışık kaynaklarıyla aydınlatılan örnek yüzeyi, örnekle 90° açı yapacak şekilde üstten fotoğrafı çekilerek dijital görüntü elde edilmiştir. Dijital fotoğraf makinesiyle elde edilen görüntü piksel adı verilen sıralı vektörlerden meydana gelir. Her pikselin kırmızı, yeşil ve mavi renk değerleri vardır. Dijital

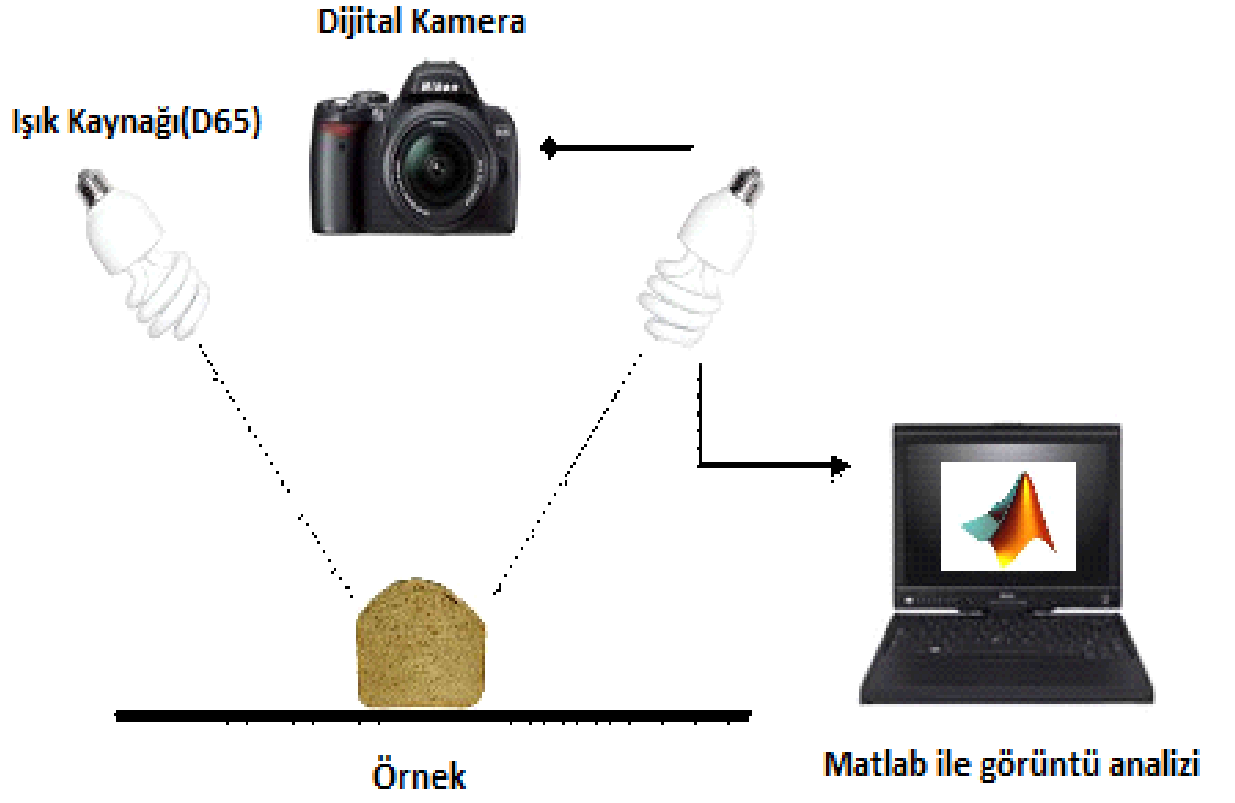
fotoğraf makinesiyle elde edilmiş RGB değerleri bir bilgisayar algoritması kullanılarak $L^*a^*b^*$ değerlerine dönüştürülebilir.

" L^* " (Luminans) parlaklık bileşenidir ve 0 ile 100 arasında değişen bir değer alırken; " a^* " parametresi kırmızıdan yeşile ve " b^* " parametresi sarıdan maviye (+120) ile (-120) arasında değişen değerler alabilmektedir (Pedreschi ve ark.,2006 a).

Renk ölçümleri MatLab.7 (Mathworks, ABD) programında daha önce bölümümüzde geliştirilen Color_Lab.m kodu (Gökmen ve Süğüt, 2007) kullanılarak yapılmıştır. Renk uzayı parametreleri Lab birimlerinde hesaplanmıştır. Kontrol örneklerinin renk değerleri, nanoparçacıklar içeren ekmeklerin renk farklılıklarını hesaplamak için referans olarak alınmıştır. Toplam renk değişimi (ΔE) değeri iki nokta arasındaki $L^*a^*b^*$ değerlerinin Öklidsel uzaklığını (Euclidean distance) verir ve aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

L_0^* , a_0^* , ve b_0^* kontrole ait CIE renk parametrelerini temsil ederken; L^* , a^* , ve b^* nanopartikül içeren ekmeklere ait CIE renk parametrelerini göstermektedir. Bir dijital kamera, dijital görüntüleri yakalamış ve yakalanan görüntüler jpeg biçiminde bir bilgisayara aktarılmıştır. Şematize edilmiş gösterimi Şekil 3.2'de görülmektedir.



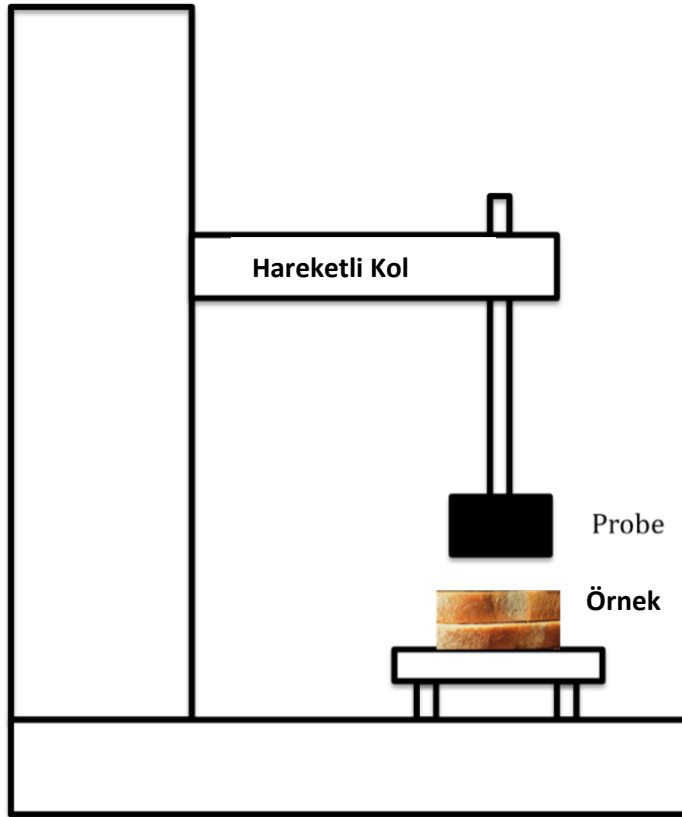
Şekil 3.2 Bilgisayar görüntüleme tekniği ile renk analizi

Görüntülerin renk ölçümü için CIE Lab birimlerinde Matlab kodu (Color_Lab.m) kullanılarak işlenmesi Şekil 3.3'te verilmiştir:

3.2.4 Doku Profil Analizi

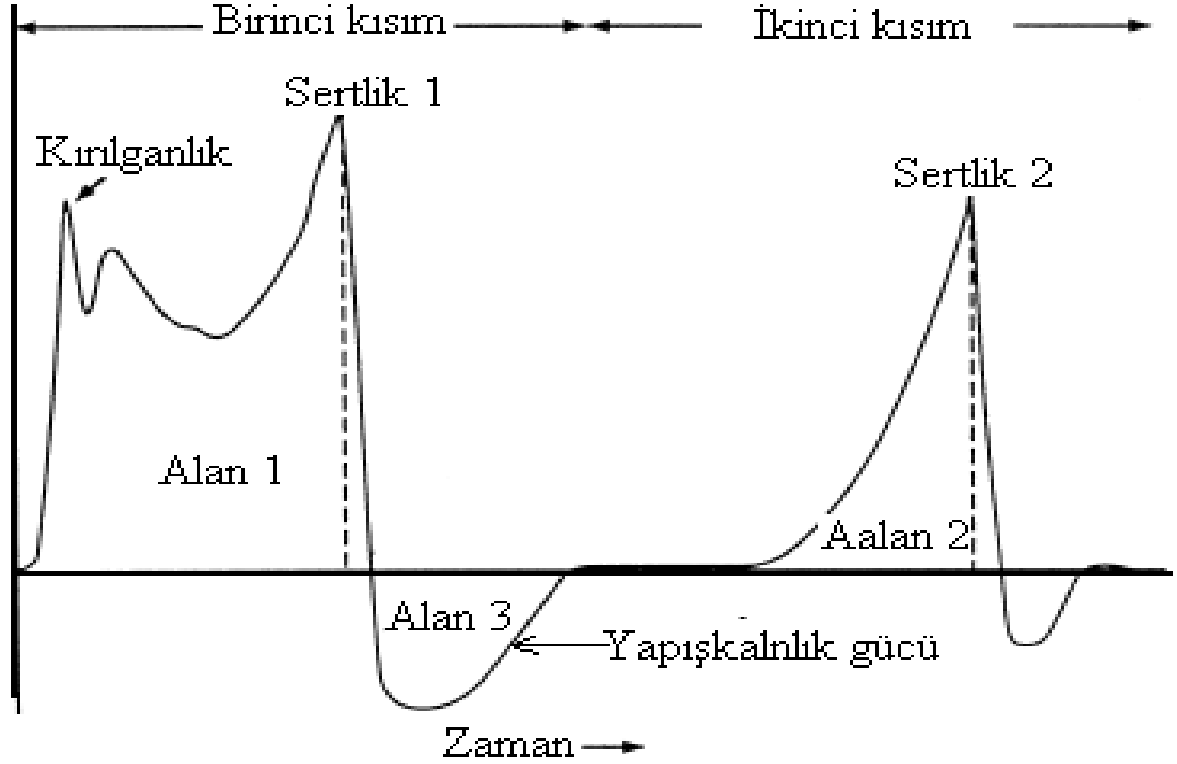
Tekstür, gıdanın yapısal ve mekaniksel özellikleriyle yakından ilişkili kalite özelliklerini kapsamaktadır. Gıdaların mekaniksel özelliklerini bilmek, onun tekstürel özelliklerini ve ölçüm tekniklerini anlamada önemlidir. Tekstür profil analizi (Texture Profile Analyze, TPA), 1960'lı yılların başında gıdanın mekanik özellikleri ve bunların gıdanın tekstürü ile olan ilişkisinin araştırılması ile gelişmiştir.

Oda sıcaklığında 2 saat soğutulan ekmeğin somunları bu çalışmalar ile geliştirilen enstrümantal analizlere ve duyu testlere tabi tutulmuşlardır. Ekmeğin bir kısmı ekmeğin dilimleme makinesi ile mekanik olarak 10 mm kalınlığında dilimler halinde kesilmiştir. Merkezi dilimler tekstür profil analizi (TPA) testleri için kullanılmıştır. TPA ölçümleri 50N yüklü pil ile donatılmış bir tekstür analiz cihazı (TA Plus, Lloyd Instruments, İngiltere) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekmeğin dilimleri, 10 mm çapında bir silindirik prob kullanılarak 55 mm/dk hızla % 25 oranında sıkıştırılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ekmeğin dilimlerinin doku profili analizinin şematik gösterimi

TPA testinde özel boyutlarda olan örnek tek eksenli bir şekilde sıkıştırılır, sıkıştırıcı güç kaldırılır ve örnek sonra yeniden sıkıştırılır. Test süresince sıkıştırıcı güç sıkıştırma miktarının bir fonksiyonu olarak kaydedilir. Örnek bir TPA tekstür profili Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

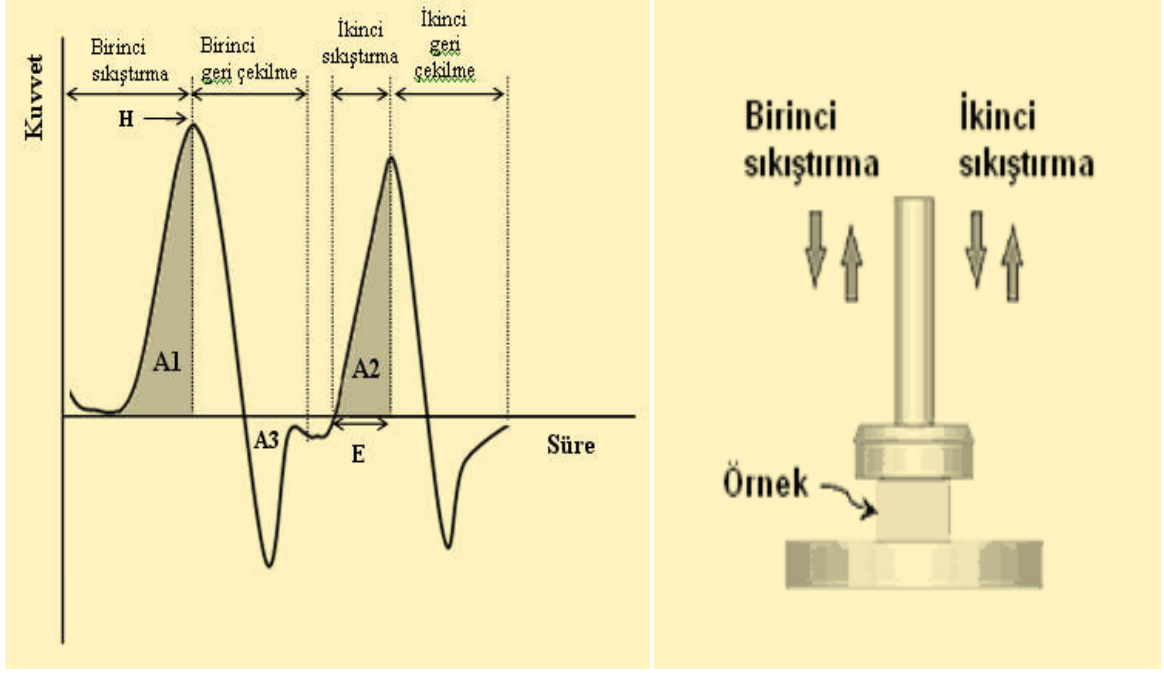


Şekil 3.4 TPA Test Aleti kullanılarak elde edilmiş bir tekstür profil kurvesi (<http://www.drkc.n.110mb.com/teksture%20analysis.pdf>, 2011).

Bu kurveden birkaç enstrümental tekstür parametresi elde edilebilir. Bunlar:

- Maksimum güç (H), ilk sıkıştırma sonucunda oluşur ki bu da sertlikle aynı anlama gelir.
- İlk pikin gücü (F) (fracturability) olarak adlandırılır (bütün gıdalar bu piki göstermez).
- Pik alanları altında kalan alanlar (A1 ve A2). A2/A1 oranı yapışkanlıkla ilgilidir.
- Negatif alan (A3) yapışkanlığın göstergesidir.

Yapılan tekstür analizinde gıda maddesinde kırılgenlık özelliği yoksa Şekil 3.5 ve takip eden hesaplamalardan faydalanılmaktadır.



Şekil 3.5 Tekstür profili analizi sonuç değerlendirme örneği

(<http://www.drkcn.110mb.com/teksture%20analysis.pdf>, 2011).

Birincil parametreler:

Hardness (Sertlik): Gıda maddesinin yapısında belirli bir deformasyonu sağlamak için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Duyusal olarak, azı dişleri arasında gıdanın sıkıştırılması için gereken güçtür. Tekstür profili analizinde ise ilk sıkıştırmanın bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir (H). Gıdalar sertlik değerlerine göre yumuşak, sıkı ve sert olarak sınıflandırılmaktadır.

Springiness (Elastikiyet): Gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ve bunu takiben ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zaman aralığına karşılık gelmektedir (S).

Adhesiveness (Tutunabilirlik): Gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey (diş, dil, damak veya probe) arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gerekli iş

olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırımda gözlenen negatif alandır (A3).

Cohesiveness (Bağlılık/Yapışkanlık): Gıda maddesinin yapısını oluşturan iç bağların gücünü göstermektedir. Tekstür profili analizinde ikinci sıkıştırımda gözlenen pozitif kuvvetin (A2) ilk sıkıştırımda gözlenen pozitif kuvvete (A1) oranıdır.

$$\text{(Yapışkanlık)Cohesiveness} = \frac{A2}{A1}$$

İkincil parametreler:

Fracturability/Brittleness (Gevreklik, Çabuk kırılma): Bir maddenin kırılması için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Tüm gıdalarda gözlenen bir parametre değildir. Gevrek olan gıda maddelerinin tekstür profili analizinde, ilk sıkıştırma sırasında görülen pozitif pikte bir omuz şeklinde belirir.

Gumminess (Yarı-katı maddenin çiğnenebilirliği): Yarı katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Düşük sertlik (hardness) değerine sahip gıdalarla ilgili bir parametredir. Gumminess değerine sahip yarı katı gıda maddeleri kalıcı deformasyona uğrayacaklarından, springiness parametreleri yoktur. Tekstür profili analizinde okunan Hardness ve Cohesiveness değerleri çarpılarak hesaplanır.

$$\text{Gumminess} = \text{Hardness} \times \text{Cohesiveness}$$

$$\text{(Y.K.M.Çiğnenebilirliği} = \text{Sertlik} \times \text{Yapışkanlık)}$$

Chewiness (Katı maddenin çiğnenebilirliği): Katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Bu değer Hardness, Cohesiveness ve Springiness'in çarpımı ile hesaplanır.

$$\text{Chewiness} = \text{Hardness} \times \text{Cohesiveness} \times \text{Springiness}$$

$$\text{(K.M.Çiğnenebilirliği} = \text{Sertlik} \times \text{Yapışkanlık} \times \text{Elastikiyet)}$$

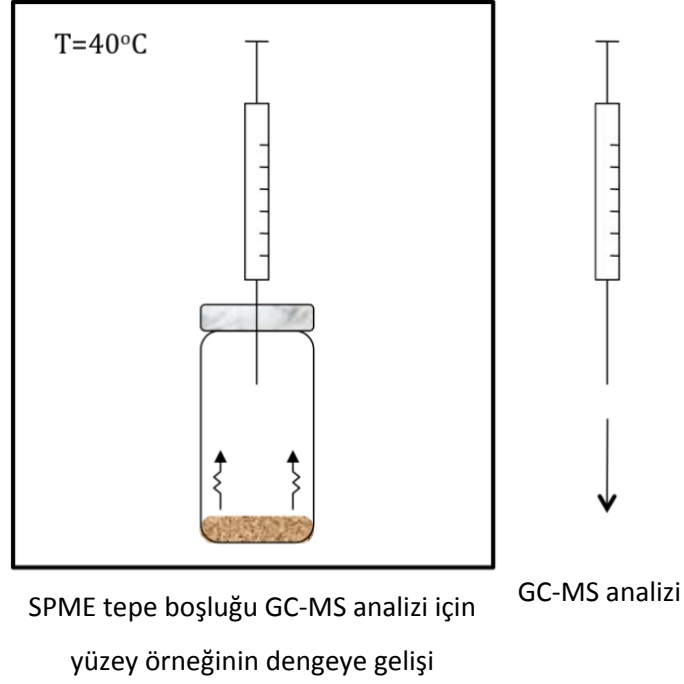
Zamana karşı kuvvet değerleri, nanoparçacık içeren ekmek örneklerinin doku parametrelerini (sertlik, iç yapışkanlık, esneklik, yapışkanlık ve katılık) hesaplamak için kullanıldı (<http://www.drkc.110mb.com/teksture%20analysis.pdf>, 2011).

3.2.5 Termal Lipid Oksidasyonu Analizi

Lipidlerin oksidasyonu ve peroksidasyonu genellikle tiyobarbitürik asit (TBA) yöntemiyle tayin edilmektedir. GC-MS ve TBA benzer şekillerde, benzer amaçlarla kullanılan yöntemlerdir. Ancak, GC-MS diğer yöntemlere göre daha hassastır. Bu yüzden günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Bu yöntem, örneklerdeki malondialdehitli (MDA) doymamış yağ asitleri ölçümüne dayanır. Kısaca, pentaflorofenil hidrazin kullanılarak malondialdehit daha stabil bir türeve dönüştürülür ve bu türev GC-MS'teki negatif kimyasal iyonizasyon moduyla belirlenir (Halliwell, 1989). Modifiye sistemlerle statik ve dinamik Headspace-SPME (Tepe Boşluğu-Katı Faz Mikro Ekstraksiyonu) ve soğutulmuş sorbent yakalama yöntemleri kullanılarak lipid peroksidasyonu in vitro ve in vivo olarak tayin edilmektedir (Stashenko, 2002). Bu yöntemler diğer kromatografik yöntemlere göre çeşitli avantajlar sağlar. Örneğin, uzun temizleme zamanına ve türevleme adımlarına ihtiyaç yoktur. Lipid oksidasyon reaksiyonlarının kinetiği, mekanizması ve ürünleri hakkında bilgi alınabilir (Amunugama, 2004).

Gaz kromatografisinde belirteç olarak hekzanal kullanılması gıda endüstrisinde geniş alanda yaygındır (Marsili, 1999). Hekzanal ve nonanal, nanopartiküller içeren ürünlerde lipid oksidasyonunu tespit etmede en kullanışlı gösterge olarak tanımlandığından, çalışmamızda nanoparçacıkların işlem sırasında yüksek sıcaklıklardaki lipid oksidasyon ürünleri oluşumu açısından kararlılığı, Headspace GC-MS kullanılarak bu bileşiklerin aranması ile test edilmiştir.

Homojenize edilen headspace vial'ine (20 ml) 1.0 g örnekten tartılmış, vial sıkı bir kapak ile kapatılmıştır. Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) fiberi, örnekten ayrılan uçucu bileşenlerin tutunmasında kullanılmıştır. Uçucu bileşiklerin analizi için ise Carboxen(CAR)-Polidimetilsilokzan(PDMS)-SPME fiber kullanılmıştır. GC-MS analizinden önce vialin içine dikkatlice yerleştirilen fiberin, 30 dakika 40°C 'de dengeye gelmesi sağlanmıştır. Tekniğinin şematize edilmiş hali Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Ekmek benzeri kabuk modeli örneklerinde tepe boşluğundaki uçucu bileşenlerin analizinin şematik gösterimi

Bir Agilent 6890 gaz kromatografisi (GC), bir Agilent 5973 tekli kuadrupol kütle spektrometresi (MS) ile birleştirilerek lipid oksidasyon belirteçleri olan hekzanal ve nonanal tayini için kullanılmıştır. Fibere adsorplanan uçucu bileşenlerin, GC-MS enjeksiyon bölümünde 5 dakika süre ile 250°C 'ye tabi tutulmasıyla desorbe edilmesi sağlanmıştır. Kromatografik ayrışma HP-INNOWAX kolonunda (30 m x 250 μm i.d., 0.25 μm film kalınlığı) gerçekleştirilmektedir. GC için sıcaklık programı şöyledir: 5 dakika boyunca 50°C 'de, 50°C 'den 150°C 'ye $5^{\circ}\text{C}/\text{dk}$ artış hızı ile, 150°C den 220°C ' ye $10^{\circ}\text{C} / \text{dk}$ artış hızı ile ve 5 dakika aynı sıcaklıkta sabit. Taşıyıcı gaz olan helyumun akış hızı 1,2 ml / dk.'dır. Analiz, elektron iyonizasyon (70 eV) tarama modu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GC-MS kromatogramlarında hekzanal ve nonanal piklerinin varlığı NIST ve Wiley kütüphaneleri kullanılarak tespit edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Duyusal Özellikler

Ekmek örnekleri oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra, önceden belirlenen duysal analiz değerlendirme parametrelerine göre panelistler tarafından duysal değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme ölçekleri; görüntü için 1 (kabul edilemez)'den 10 (kabul edilebilir)'a, kırıntı elastikiyeti için 1 (kabul edilemez)'den 10 (kabul edilebilir)'a, kırıntı granülasyon ve bütünlüğü için 1 (pütürlü, homojen olmayan)'den 10 (düzgün ve homojen)'a, tat ve koku için 1 (kabul edilemez)'den 10 (kabul edilebilir)'a, ekmek içi rengi için 1 (gri)'den 10 (beyaz)'a, kabuk rengi için 1 (sarımsı)'den 10 (kahverengimsi)'a kadar derecelendirilmiştir. Buna ek olarak tüm bu kabul edilebilirlikler de toplamda 1 (kabul edilemez)'den 10 (kabul edilebilir)'a kadar ölçeklendirilerek değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına ait ortalama puan değerleri Çizelge 4.1'de, söz konusu değerlerin örümcek ağı diyagramında gösterimi de Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, en yüksek toplam puan nanopartikül içermeyen kontrol ekmek örneğine, en düşük puan ise %10 nanopartikül içeren zenginleştirilmiş ekmek örneğine ait olmuştur. Puanlama kriterleri ayrı ayrı incelendiğinde, ekmeklerde hacim ve şekil simetrisi bakımından kontrol ekmeği, diğer ekmeğe göre daha fazla beğenilmiştir. Kabuk rengi bakımından yine kontrol örneği daha parlak ve koyu kabuk rengi ile nanokapsüllü ekmek örneğinden daha yüksek puanlar almıştır. Pişme düzgünlüğü, kabuk düzgünlüğü ve kenar özellikleri bakımından ekmekler arasında farklılıklar gözlenmiştir. Ekmek içi rengi, tat ve aroma yönünden de en fazla beğeniyi kontrol örneği kazanmıştır.

Ekmek içi sıkı bir yapı gösterdikçe, başka bir ifadeyle ekmek içi yoğunluğu arttıkça, ürünün çiğnenebilirliği azalmaktadır. %10 nanopartikül kullanılan ekmek örneği de ağızda çiğneme özelliği bakımından kontrol ekmeğine göre daha düşük puanlar almıştır.

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi ekmek örneklerinin pişme kaybına bağlı olarak ürün ağırlıkları kıyaslandığında en az pişme kaybı %10 nanopartikül içeren ekmekte

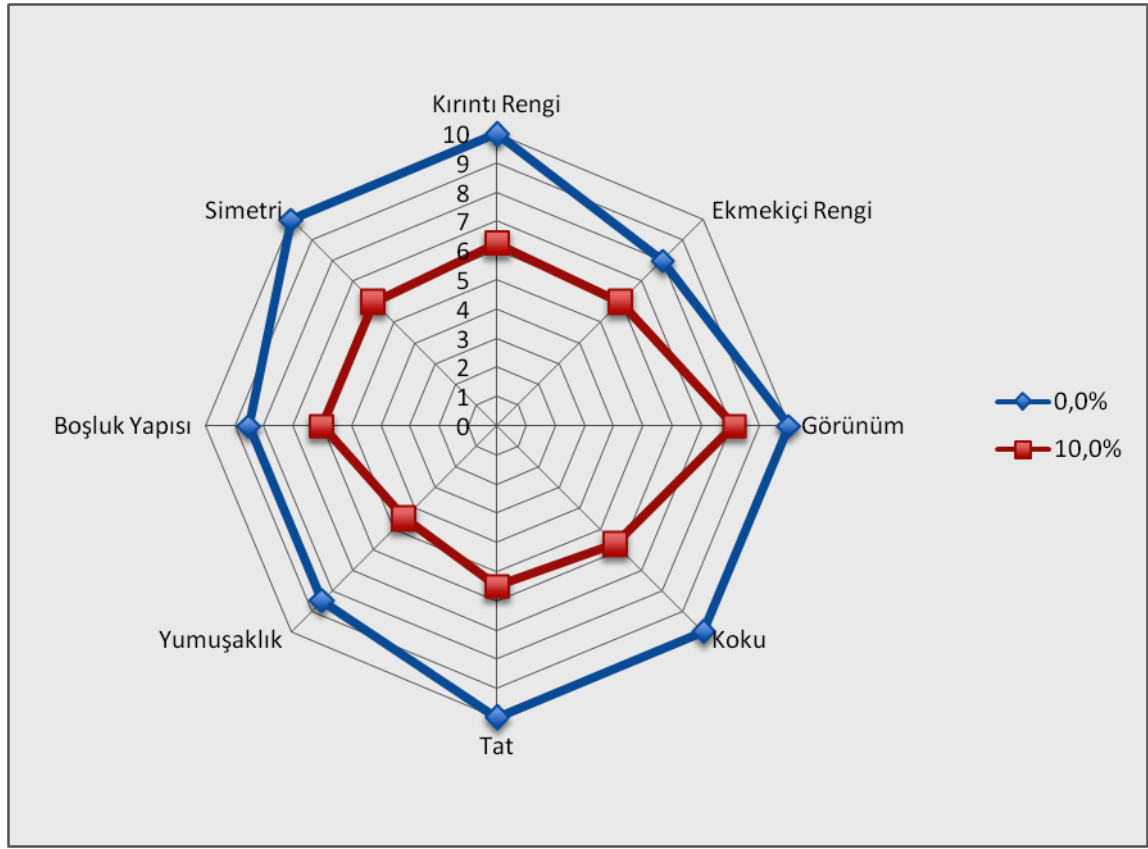
meydana gelmiştir. Hacim değerlerine bakıldığında ise kontrol ekmeğinin hacminin daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu da özgül hacmin de nankapsüllü örnekten daha büyük değer alması sonucunu doğurmuştur. Kontrol ekmeğinin hacminin daha büyük olması %10 nanopartiküllü ekmeğinin somun yoğunluğunun daha yüksek olmasına sebep olmuştur.

Nişasta, protein ve lipitlere etki eden çeşitli enzimler, gaz üretimi sonucunda hamurun jeolojik yapısında meydana gelen değişiklikler ve havadaki oksijen gibi faktörler hamurun olgunlaşmasını etkilemektedir (Boyacıoğlu, 1996).

Bu değerler doğrultusunda; kontrol örneği ile %10 nanopartikül içeren örneğimiz arasındaki farklılıkların nanopartiküllerin nişasta yapısında olmasının yanında keten tohumu yağından kaynaklanan ve tüketicinin beğenisine hitap eden renk oluşumlarının enkapsüle edilen örnekte görülmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1 Duyusal Değerlendirme Sonuçlarına Ait Ortalama Puan Değerleri

	Nanopartikül Miktarı	
	Kontrol %0,0	%10,0
Kabuk Rengi	10	6,25
Kırıntı Rengi	8	6
Görünüm	10	8,125
Koku	10	5,75
Tat	10	5,5
Yumuşaklık	8,5	4,5
Boşluk Yapısı	8,5	6
Simetri	10	6
TOPLAM	75	48,125



Şekil 4.1 Duyusal Analiz Değerlendirme Sonuçlarının Grafik Gösterimi

Çizelge 4.2 Duyusal Değerlendirme ve Fiziksel Özellikler

	Nanopartikül Miktarı	
	Kontrol	%10,00
Ağırlık, g	144	150,1
Hacim, cm ³	562	343
Özgül Hacim, cm ³ /g	3,903	2,285
Somun yoğunluğu, g/cm ³	0,256	0,437
Simetri	10	6
Kabuk Rengi	10	6,25
Kırıntı Rengi	8	6
Kırıntı üniformiti	8,5	7
Kırıntı Elastikiyeti	8,5	4,5

4.2 Renk

Piştirme; ısı ve kütle transferlerinin eşzamanlı gerçekleştiği, ilgili kimyasal reaksiyonlar açısından nihai üründe belli sonuçları olan karmaşık bir prosestir.

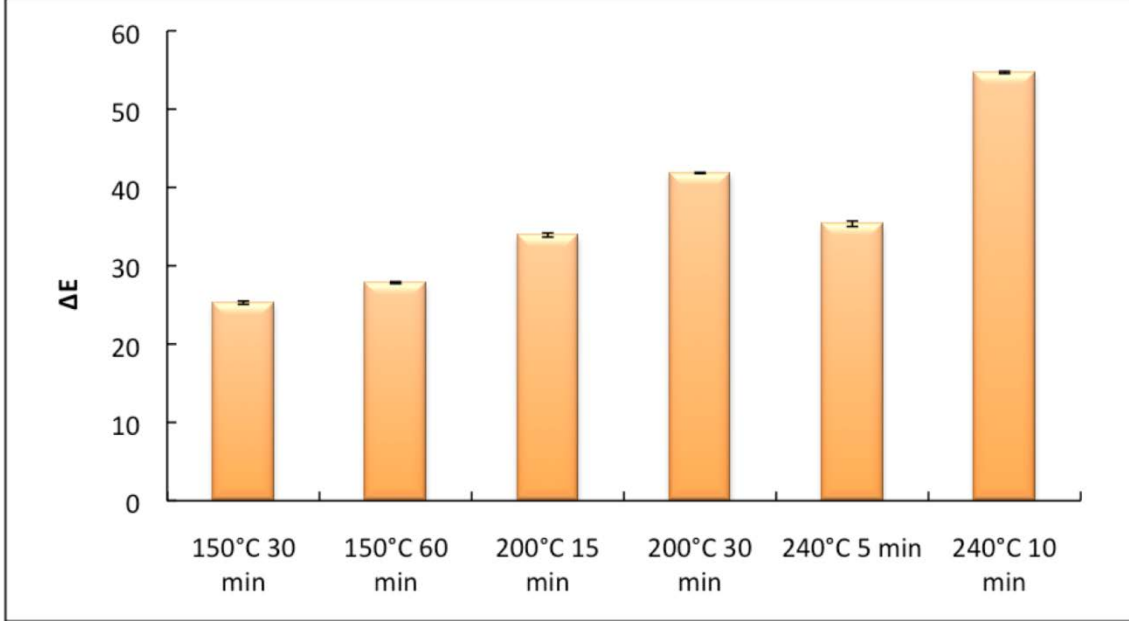
Mailard reaksiyonunun üçüncü basamağı renk gelişimi için önemlidir çünkü bu basamakta kahverengi azotlu polimerler ve ko-polimerler oluşmaktadır (Grivas ve ark., 2002).

Termal lipid oksidasyonunu azaltma amacıyla uygulanan nanoenkapsülasyon işleminin kabuk modellerde rengi nasıl etkilediğini belirlemek için yapılan çalışmanın sonuçlarını Şekil 4.2'deki grafikte özetlemek mümkündür. Bu analiz ile HACs-Omega3 kompleks nanoparçacıkları varlığında geliştirilmiş kabuk modeli örneklerinde Maillard reaksiyonunun ilerlemesinin tespiti amaçlanmıştır. Buna göre kontrol örneğinin nanopartikül içeren ekme örneklerimizden daha koyu olduğu, genel olarak termal yük artışından kontrol örneğinin %10 nanopartikül içeren ekme kabuk modellerine kıyasla daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca kabuk modellerin rengindeki koyulaşma; piştirme süresi ve piştirme sıcaklığının artışı ile belirgin bir şekilde artmaktadır.

Benzer bir çalışma Borlu (2009) tarafından yapılmıştır. Borlu, Lavaş ekmeğine keten tohumu ilavesi üzerine yaptığı çalışmada hamura eklenen keten tohumu unu miktarının artmasıyla lavaş renginin koyulaştığını bildirmiştir (Borlu, 2009). Keten tohumu unu ve çimlenmiş keten tohumu unu ikamesiyle renkte koyulaşma görülmesinin ana sebebi bileşimlerindeki flavonoidlerden kaynaklanmaktadır. Flavonoidler, doğal benzo- γ - piran türevlerinin bir grubudurlar ve fotosentez yapan hücrelerde yer alırlar. Keten tohumunda bulunan başlıca flavonoidler flavan C- ve O- glikositlerdir. Keten tohumunda flavonoidlerin içeriği 35 ve 71 mg/ 100 g arasında değişmektedir. Ayrıca keten tohumunun bileşiminde sarı renkli yağlı bir bileşen olan tokoferoller bulunmaktadır (İşleroğlu ve ark., 2005, Doğan 2006).

Bütün bu çalışmalar ışığında kontrol örneğimiz ile nanopartikül içeren örnekler arasındaki renk farkının iki sebepten kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlardan ilki nanoparçacık içeren ekmekte mailard reaksiyonunun enkapsülasyon ile kısmen

engellenmesi iken, ikincisi ise keten tohumu yağının kontrol örneğine direk ilavesi ile yapısındaki flavonoidler ve tokoferollerin renk üzerine etkisi olarak tespit edilmiştir.

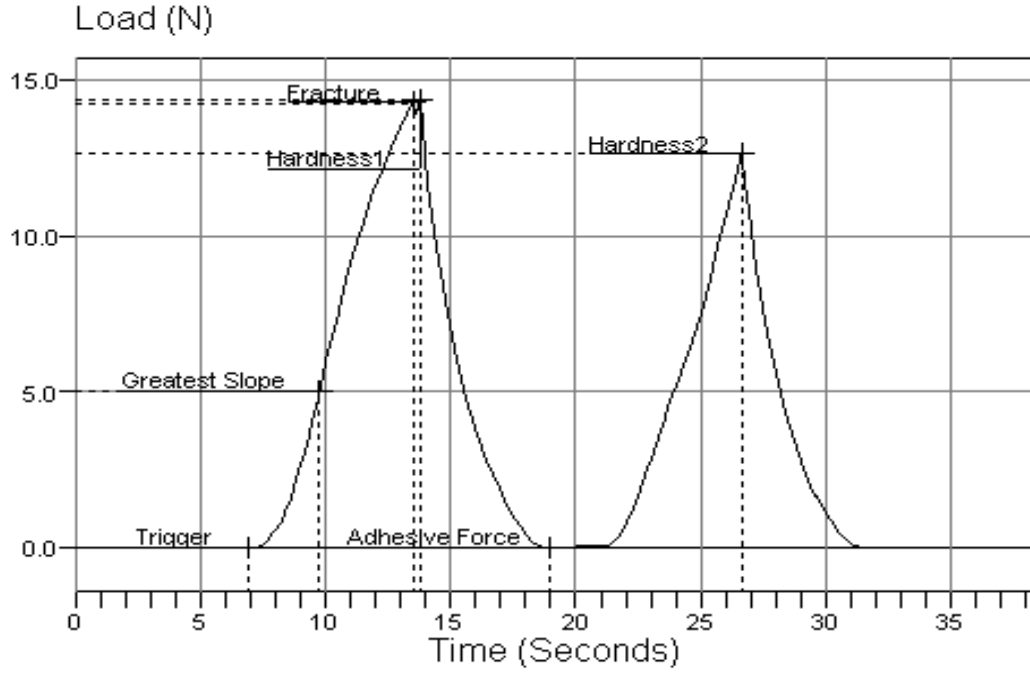


Şekil 4.2 Farklı koşullarda ısıtma işlemleri sırasında ağırlıkça %10 HACS-Omega3 partikülleri içeren ekmekek kabuk modellerinin toplam renk farklarının değişimi

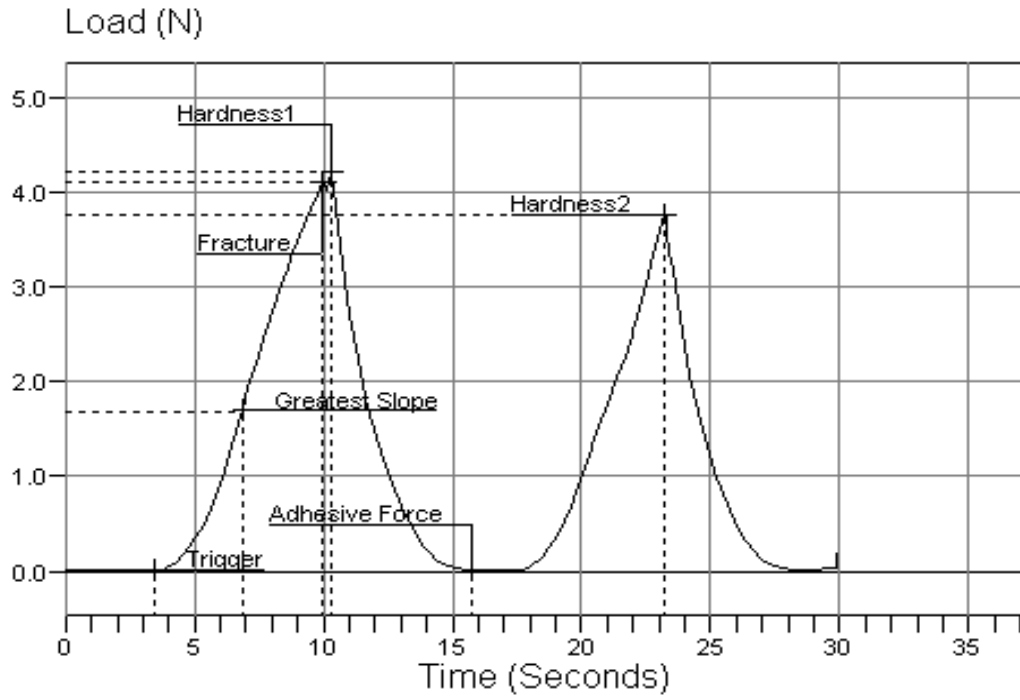
4.3 Doku Profili

Enstrümantal TPA, General Foods Corporation Technical Center (Szczeniak ve Kleyn, 1963) isimli merkezde bir grup tarafından kullanılmış daha sonra da Bourne tarafından geliştirilmiştir (Bourne, 1978)

Tekstür analizinde amaç ürünün sertliğinin ve esnekliğinin belirlenmesiyle ürünün ne kadar gevrek bir yapı kazandığını tespit etmektir. TPA ile yapılan ölçümler sonucunda kontrol ekmeği ve %10 nanoparçacık içeren ekmekek örneklerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.3 (a) ve (b)'de gösterilmiştir.



(a) kontrol ekmeği örneği



(b) %10 nanopartikül içeren ekmeđ örneği

Şekil 4.3 Ekmeđ örneklerinin tekstür profil analiz sonuçları

Çizelge 4.3 Ekmek örneklerinin tekstür profil analiz sonuçları sayısal değerleri

	Nanopartikül Miktarı	
	Kontrol	%10,00
Sertlik-1 (N)	4,2	14,373
Sertlik-2 (N)	3,77	12,742
İç Yapışkanlık	0,537	0,485
Elastikiyet İndeksi	0,936	0,84
Y.K.M.Çiğnenebilirliği (N)	2,257	6,974
K.M.Çiğnenebilirliği(Nmm)	13,531	37,759
Katılık (N/mm)	1,019	3,401

Ekmek örneklerinin TPA sayısal sonuçları Çizelge 4.3'te gösterilmektedir. Sertlik 1 ve 2 değerleri incelendiğinde %10 nanopartikül içeren ekmek örneğinin kontrol ekmeğine göre çok daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Kohezyon (iç yapışkanlık) ve Springiness (elastikiyet) değerlerinin birbirlerine yakın oldukları görülürken stiffness (katılık) değerinin %10 nanopartiküllü ekmek örneğinin kontrol ekmeğine oranla yaklaşık 3 katı değerinde olduğu tespit edilmiştir. İkincil parametreler olan Gumminess (Yarı katı madde çiğnenebilirliği) ve Chewiness (Katı maddenin çiğnenebilirliği) değerleri de %10 nanopartiküllü ekmekte kontrol örneğinden yüksek değerler almışlardır.

Szczensiak ve Kleyn, (1963) fiziksel olarak tekstür analiz cihazı kullanılarak ölçülen TPA sonuçları ile duyuşsal olarak algılanan TPA sonuçları arasında bir bağıntı olduğunu ancak fiziksel olarak ölçülen sonuçlar ile duyuşsal algılayış arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını bildirmişlerdir (Szczeniak ve Kleyn, 1963). Yaptığımız duyuşsal analiz ve tekstür analizi sonuçlarımız değerlendirildiğinde bu sonucu doğrulamaktadır.

İstenilen tekstürel özellikleri kazanmış, ağızda kolay çiğnenebilen, sakızlaşp topaklaşmaksızın yumuşak kalabilen ve kolay hazmedilebilen iyi bir tat ve aromaya sahip fırıncılık ürünleri ancak iyi bir hamur fermantasyonu (mayalanma) sonucu üretilebilmektedir (Elgün ve Ertugay, 2000). Bu bilgiler ışığında sonuçlarımız değerlendirildiğinde kontrol örneğimizle nanopartikül içeren örneğimizin arasındaki farkların nişasta yapısındaki nanokapsüllerin hem fermantasyona, hem de yapıya tesir etmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

4.4. Termal Lipid Oksidasyonu

4.4.1 Ekmek Örneklerinde Nanoenkapsülasyon Etkisi

GC-MS cihazı kullanılarak ekmek örneklerinde tespit edilen uçucu bileşenler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Örneklerimizin kromotogram sonuçlarını değerlendirmede kullandığımız termal oksidasyon belirteçleri hekzanal ve nonanal bileşenlerinin çıkış zamanları bu çizelge ile saptanmıştır.

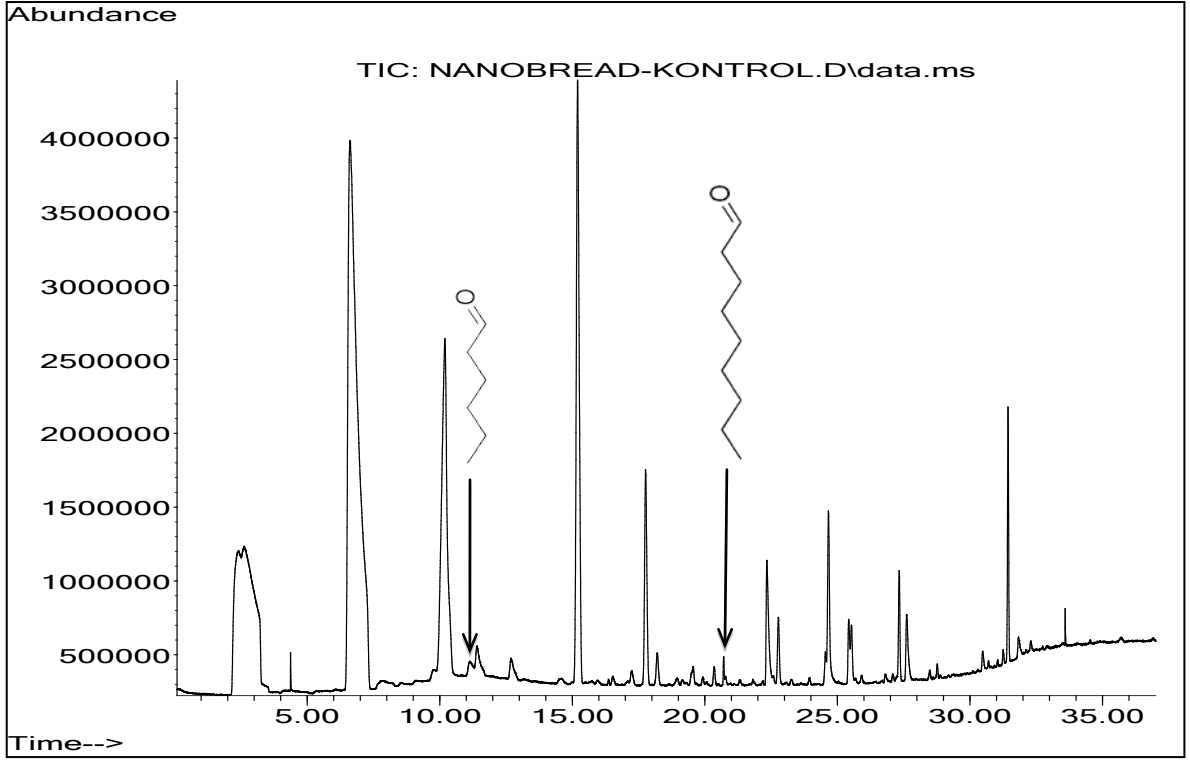
Kızartılan ekmeklerde uçucu bileşen olarak hekzanal, hekzenal, *t*-2-heptenal, *t,t*-2,4-heptadienal, nonanal, *t,t*-2,4-nonadienal, *t*-2-dekenal ve *t,t*-2,4-dekadienal tespit edilmiştir(Su and White, 2004). Fritsch and Gale (1977), hekzanalın pek çok yağlı gıda ürününde oluşan ransit lezzetin göstergesi olarak kullanıldığını ve linoleat hidroperoksitlerin parçalanma ürünlerinden biri olduğunu bildirmiştir (Brewer ve ark., 1999).

Şekil 4.4 ve 4.5'da kontrol ve %10 nanopartikül içeren ekmek örneklerine ait kromotogramlar gösterilmektedir. Çizelge 4.5'te bu kromotogramlardan elde edilen hekzanal ve nonanal sayısal değerleri belirtilirken, Şekil 4.6'de bu değerlerin grafik gösterimi verilmiştir.

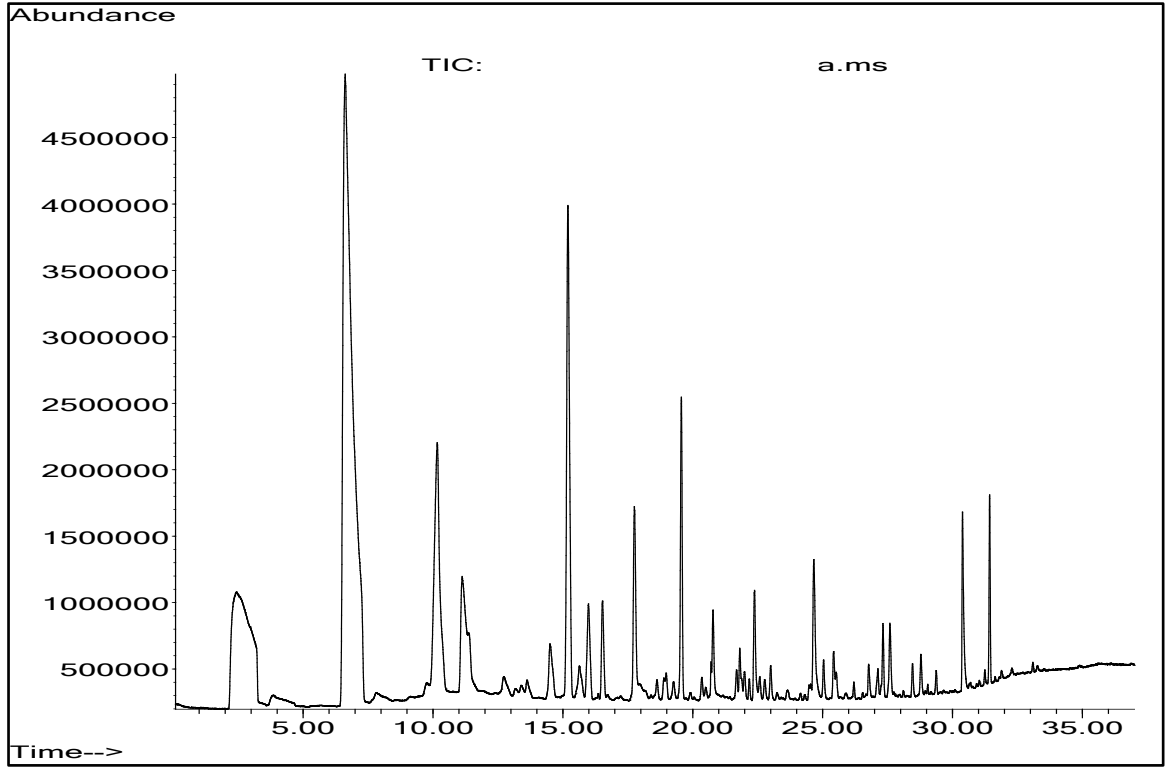
Çizelge 4.4 Ekmek Örneklerinde Tespit Ettiğimiz Uçucu Bileşikler

Çıkış zamanı, dk	Bileşik Tanımı
6.688	Ethyl alcohol
10.188	Ammonia
11.172	Hekzanal*
11.419	2-Methyl 1-propanol
12.708	1-Methoxy 2-propanol
14.580	Dodecane
15.194	3-Methyl 1-butanol
15.955	2-Pentyl furan
16.528	1-Pentanol
17.248	Methyl pyrazine
17.759	3-Hydroxy 2-butanone
18.208	1-Hydroxy 12-propanone
18.952	2,5-Dimethyl pyrazine
19.147	2,6-Dimethyl pyrazine
19.562	1-Hexanol
19.922	Isopropyl alcohol
20.351	3-Ethoxy 1-propanol
20.783	Nonanal*
21.321	Trimethylpyrazine
21.815	Octanoic acid ethylester
22.185	1-Octen-3-ol
22.339	Acetic acid
22.771	Furfural
23.937	1-(2-Furanyl)-ethanone
24.541	Benzaldehyde
24.657	2,3-Butanediol
25.425	2-Methyl propanoic acid
25.912	Propylene glycol
26.803	Hexanoic acid
27.095	Butyrolactone
27.325	2-Furanmethanol
27.616	2-Methyl butanoic acid
28.473	3-Methyl 1H-pyrrole
30.482	Heptanoic acid
30.702	Butanoic acid butyl ester
31.840	2-Ethyl hexanoic acid
32.289	Maltol

* Hekzanal ve nonanal lipid oksidasyonunun indikatörü olarak görüntülenmektedir.



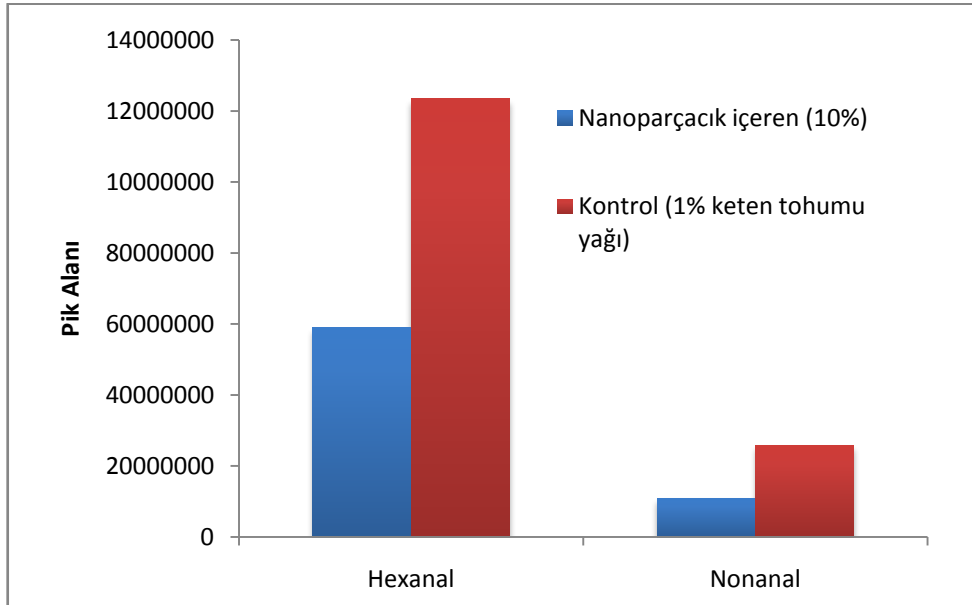
Şekil 4.4 Keten tohumu yağı içermeyen ekme aroma profilini gösteren GC-MS kromotogramı



Şekil 4.5 HACS-Omega3 kompleks nanopartikülleri içeren ekme örneğinin aroma profillerini gösteren GC-MS kromotogramı

Çizelge 4.5 Kontrol (nanopartikül içermeyen) ve %10 HACS-Omega3 kompleks nanopartikülleri içeren ekmek örneklerinin aroma profillerini gösteren GC-MS kromotogramları sayısal sonuçları

	Pik Alanı (amu)	
	Hekzanal	Nonanal
%10 Nanokapsül içeren	59012337	10931179
%1 Yağ (Kapsülsüz)	123456000	25884900



Şekil 4.6 GC-MS cihazı ile elde edilen kromotogram sonuçlarının grafik gösterimi

Sonuçlar incelendiğinde hekzanal miktarında %52, nonanal miktarında ise %58 azalma olduğu belirlenmiştir. Buna göre; keten tohumu yağının enkapsüle edilerek kullanılmasının lipidlerin termal oksidasyonu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

4.4.2. Kabuk Model Örneklerinde Termal Yük Etkisi

Hadley (1996) keten tohumu yağının kızartma uygulamalarında kullanımı ile ilgili çalışmasında çok yüksek sıcaklıklarda (177-191°C) lipid oksidasyon hızının arttığı ve α -linolenik asit içeriğinin önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir.

Hazırladığımız % 10 nanopartikül içeren kabuk model ve kontrol örneklerimizin tabii tutulduğu farklı sıcaklık ve zaman değerleri ve bunların GC-MS ile elde edilmiş hekzanal ve nonanal değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde genel olarak termal yükün artması ile hekzanal ve nonanal değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Kontrol örneklerinin sonuçları incelendiğinde hekzanal en yüksek değerini 200°C'de 30 dk. pişirilme ile alırken, nonanal 240°C'de 10 dk. pişirilme işlemi sonucunda almıştır. Hekzanal ve nonanal oluşumları açısından kontrol ve enkapsüle örnekler kıyaslandığında genel olarak sıcaklık artışı ile sonuçlar arasındaki farkın arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte kontrol ve enkapsüle örnekler arasındaki hekzanal değerleri farkı daha az iken; nonanal değerlerinde belirgin bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Termal lipid oksidasyonu açısından kontrol örnekleri enkapsüle örneklere göre termal yük artışından çok daha fazla etkilenmiştir. Nanoenkapsülasyon ile termal lipid oksidasyon belirteçlerimizden hekzanal oluşumunda ortalama %5, nonanal oluşumunda ise ortalama %82 azalma gerçekleşmiştir. Kontrol ekmeği ile %10 nanokapsüllü ekmeği örnekleri arasında hekzanal oluşumu yönüyle en büyük fark 150°C'de 60 dk. pişirme sonucunda %22 olarak görülürken; nonanal oluşumu yönüyle en büyük fark ise 240°C'de 10dk. pişirme sonucunda % 92 olarak belirlenmiştir.

Bu bilgiler ışığında termal yükün artışı ile lipid oksidasyonunun arttığı ancak enkapsülasyonun bu etkinin tesirini belirgin bir şekilde azalttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Kapsülsüz ve Nanoenkapsüle edilmiş Keten Tohumu Yağlarının Isıtılma Sırasındaki Önemli Lipid Oksidasyonu Belirteçleri olan Hekzanal ve Nonanal Konsantrasyonlarının Artışı (x sürede)

Isıl İşlem Koşulları	Hekzanal		Nonanal	
	<i>Kontrol</i>	<i>Enkapsule</i>	<i>Kontrol</i>	<i>Enkapsule</i>
150°C x 30 dk	1.42	1.72	2.44	1.22
150°C x 60 dk	2.39	1.86	3.19	1.30
200°C x 15 dk	1.94	2.04	5.14	1.20
200°C x 30 dk	2.44	1.99	7.29	0.85
240°C x 5 dk	1.73	2.17	7.10	1.16
240°C x 10 dk	1.74	1.40	9.01	0.72

4.4.3 Nişasta Yapılı Nanokapsüller Üzerine Amilaz Etkisi

Amilazlar hamura üretimin farklı aşamalarında iki amaç için katılmaktadırlar. Bunlardan birincisi fermantasyon aşamasında maya fermantasyonu için nişastadan maltoz ve glukozun substrat olarak oluşmasına yardımcı olmak; İkinci amaç ise fırınlama aşamasında amilaz katılımı ile nişastanın retrogradasyonu sonucu unlu mamulün raf ömrünü uzatmaktır (Bahar, 2001).

Amilazlar hayvansal, bitkisel veya mikroorganizma kaynaklı olabilmektedir. Nisastayı farklı tarzlarda parçalayan üç temel amilaz vardır. Bunlar; α -amilaz, β -amilaz ve glucoamilazdır (Temiz, 1998).

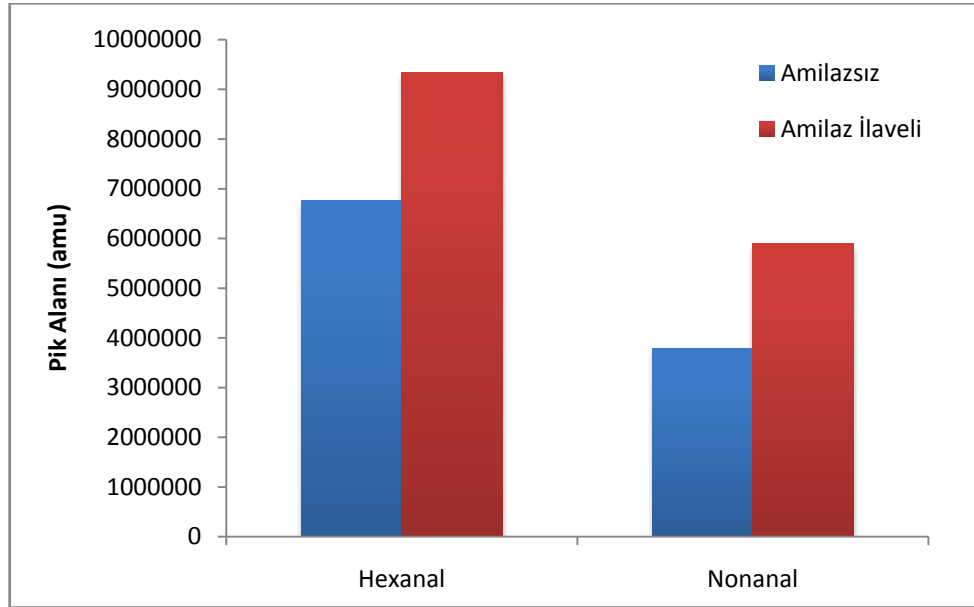
Alfa amilaz enzimi farklı üç kaynaktan elde edilebilir. Bunlar; çimlenmiş arpa veya buğdaydan elde edilen malt amilazı, bakteri kaynaklı amilaz ve en çok kullanılan çeşidi olan fungal amilazdır (Anonymus, 2001).

Yaptığımız çalışmada biz de fungal α -amilazı kullandık. %10 nanopartikül içeren ekmek örneklerinden fungal amilaz ilaveli olanlar ile olmayanların GC-MS kromotogramlarından elde edilen sayısal değerler Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Şekil 4.7’de de kromotogram sonuçları grafik ile şematize edilmiştir.

Çizelge 4.7 %10 Enkapsüle keten tohumu yağı içeren amilaz ilaveli ve ilavesiz örneklerin GC-MS kromotogram sonuçlarının karşılaştırılması

10% Encapsulated Flax Seed Oil

	Pik Alanı (amu)	
	Hekzanal	Nonanal
Amilaz içermeyen	6755435	3788500
Amilaz içeren	9345600	5888490



Şekil 4.7 GC-MS kromotogramları sonuçlarının grafik gösterimi

Yaptığımız çalışmada %10 enkapsüle edilmiş keten tohumu yağı içeren örneklere %10'luk amilaz çözeltisinden %1 oranında eklenmiştir. Amilaz enzimi içeren örnekte, içermeyen örneğe göre %38 oranında hekzanal, %55 oranında nonanal oluşumunda fark tespit edilmiştir.

Sucu (1994) fırıncılık ürünlerinin bayatlamayı geciktirmek üzerine yaptığı çalışma ile elde ettiği sonuçlarda aynı koşullar altında fungal α -amilaz enzimi kullanılan

örnekte katkısız örneğe oranla daha fazla yumuşama geliştiğini gözlemlemiştir. Fungal amilaz enzimi miktarı arttıkça hacmin artması, parçalanmış nişasta miktarının artışı ile oluşan glikozun maya faaliyeti ile CO₂ oluşumunu artırmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda sonuçlar incelendiğinde amilaz enziminin nişasta yapısındaki nanokapsüller üzerine etki ettiği ve bu parçalanma sonucu yapısı bozulan nanokapsüllerin içindeki keten tohumu yağının termal oksidasyona maruz kaldığı anlaşılmaktadır.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında tüketimi tüm dünyada yaygın, en temel besin maddesi olan ekmeğin pişirilmesinin; çoklu doymamış yapısındaki omega yağ asitlerinin termal oksidasyonuna sebep olduğu ve böylece zenginleştirme işleminin verimli olarak gerçekleştirilemediği tespit edilmiştir.

Ekmeğin omega yağ asitlerince fonksiyonel gıda haline getirilmesi yolunda termal oksidasyonun “nanoenkapsülasyon”dan yararlanarak önlenmesi ile ilgili şu sonuçlara varılmıştır:

- Bu yöntemle termal oksidasyon sonucu oluşan bileşenlerin miktarının azaltılabileceği;
- Nişasta yapısındaki nanokapsüller üzerinde amilaz enzimi faaliyetinin termal oksidasyonu kolaylaştırdığı
- Nanokapsüllerin sıcaklık ve zaman parametrelerinin değişmesinden etkilendiği.

Bu sonuçlar doğrultusunda kontrol (%1 keten tohumu yağı içeren) ekmeğe ile %10 nanokapsül ile zenginleştirilmiş ekmeğe örneklerinin GC-MS ile elde edilen sonuçları termal oksidasyon belirteçleri olan hekzanal ve nonanal yönüyle kıyaslanmıştır. Buna göre nanoenkapsülasyon uygulanan ekmeğe hekzanal miktarında %52 azalma tespit edilirken, nonanalde %58 azalma olmuştur. Amilaz etkisinin incelendiği çalışmada %10 nanokapsül içeren ekmeğe örnekleri kullanılmıştır. Bunlardan amilaz enzimi ilaveli olanda hekzanal miktarının %38 arttığı gözlemlenirken, nonanalde %55 artış tespit edilmiştir. Son olarak da farklı sıcaklık parametrelerinde kapsülsüz ve kapsüllü kabuk modellerinin kıyaslanması sonucu elde edilen sonuçlara göre; %10 nanokapsül içeren örneklerde hekzanal miktarında ortalama %5'lik bir azalma gözlemlenirken, nonanal miktarında ortalama % 82 azalma tespit edilmiştir. Bununla birlikte sıcaklık ve zaman parametrelerinin değişiminden nanokapsüllü ekmeğe örneklerinin, kontrol ekmeğelerine oranla çok daha az etkilendiği gözlenmiştir.

Mailard reaksiyonunun görsel bir sonucu olan esmerleşme MatLab programı Color_Lab.m kodu kullanılarak ölçülmüştür. Toplam renk farkı ΔE sonuçları

incelendiğinde termal yükün artmasıyla esmerleşme oranının arttığı tespit edilmiştir.

Duyusal özellikler kıyaslandığında ise %10 nanokapsül içeren ekmeklerin kontrol örneklerine göre duysal özellikleri yönüyle daha az beğenildiği gözlemlenmiştir.

Ülkemizdeki genel iyot eksikliğinin giderilmesi amacıyla iyotun NaCl (sofra tuzu)na eklenerek tüketim artışının sağlanması gibi; tüm dünyanın temel tüketim maddesi olması sebebiyle ekmeğin zenginleştirilmesi ile de eksik beslenme ile ilgili birçok problemin çözümüne ışık tutulabilir.

Çalışmamız sonucunda nanoenkapsülasyon ile izole edilen omega yağ asitlerinin termal oksidasyona karşı dirençleri artmıştır. Böylelikle proses sonuna kadar taşınması başarılı nanokapsüllerin, ekmeğin omega 3 açısından besinsel değerini artırdığı görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

Açıkgöz Z. ve Önenç S.S., 2006. Derleme: Fonksiyonel Yumurta Üretimi. Hayvansal Üretim, 47(1): 36-46.

Alldrick A.J., 2006. The Bakery: a potential leader in functional food applications. Campden & Chorleywood Food Research Association.

Amunugama M., Clifford C.D., 2004. Measurement of Hexanal Production by Myoglobin-Induced Lipid Peroxidation Using a Miniature Incubator and Cryofocusing Inlet System with Gas Chromatography and Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Chromatography*, 60 (7-8), 441-447.

Anderson, J.W., Johnstone, B.M., Cook-Newell, M.E., 1995. Meta-analysis of the effects of soy protein in-take on serum lipids. *New Engl. J. Med.*, 333, 276- 282.

Arvanitoyannis, I. S., Houwelingen-Koukaliaroglou, M. V., 2005, Functional Foods: A Survey of Health Claims, Pros and Cons, and Current Legislation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, 385–404.

Ashby J. and Tinwell H., 1998. Estrogenic Activity of Burgen Bread to Female Rats. *Journal of Human and Experimental Toxicology*, 17, 394-399.

Atmaca, G., 2003, Sarımsağın ve tiol içeren bazı bileşiklerin antioksidatif etkileri. *Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 20, 54–60.

Babaoğul M. Ve Bener Ö., 2008. Sürdürülebilir Tüketim Davranışı ve Çevre Bilinci Oluşturmada Bir Araç Olarak Tüketici Eğitimi. Ulaşılabilir: <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/surdurulebilirtuketimdavranisi.pdf>, 2011

Bahar, B. Gıda Katkı Maddeleri (Altug, T. Ed.).Meta Basım. İzmir. S: 241-259, 2001.

Bang H.O. and Dyerberg J., 1972. Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic west-coast Eskimos. *Acta. Med. Scand*, 192: 85-94.

Bergman J.G. and Draper H.H., 1970. Absorption and metabolism of 1-14C methyl linoleate hydroperoxide. *Lipids*, 5, 30(167), 975-982.

Bourne MC. 1978. Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32 (7): 62-72.

Borlu, M.H., 2009, Lavaş Ekmeğine Farklı Seviyelerde Keten (*Linum usitatissimum*) Tohumu Unu Katkılanmasının Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi, Omega 3, Omega 6 Yağ Asitleri ve Lignan Açısından Değişimin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi)

Boyacıoğlu, M.H. 1996. Ekmek Kalitesine Etki Eden Üretim Faktörleri. *Unlu Mamuller Dergisi*. 5(2) 14-22, 5(4) 30-40.

Boyacıoğlu, M.H., 2006. Fonksiyonel fırın ürünleri sunumu. İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü: <http://www.tekbasun.com.tr/images/resim/FonksiyonelFirinUrunleri-Final.pdf> , 2011

Brewer, M.S., Vega, J.D. and Perkins, E.G., 1999, Volatile compounds and sensory characteristics of frying fats, *J. Food Lipids*, 6, 47-61.

Calder P.C., 2006. n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *Am J Clin Nutr.*, 83:1505S-1519S.

Şenyuva, H.Z., Gökmen, V. , 2007 Potential of furan formation in hazelnuts during heat treatment, *Food Additives and Contaminants* 24 (SUPP. 1), 136-142.

Carpenter, K. J. (2003) A short history of nutritional science: Part 1, 2, 3, 4. *J. Nutr.* 133:638-645.

Casgrove J., 2010. Functional Foods Abroad: German functional food conference examined market developments and changes in consumer behaviors. Available at: <http://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view/30422>, 2011

Chin S.F., Liu W., Storkson J.M., Ha Y.L. and Pariza M.W., 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Comp*, 5, 185-197.

Clinton, S.K., Emenhiser, C., Schwartz, S.J., Bostwick, D.G., Williams, A.W., Moore, B.J., Erdman, Jr, J.W., 1996. Cis-trans lycopene isomers, carotenoids, and retinol in the human prostate. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 5, 823-833.

Clinton, S.K., 1998. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.*, 56, 35-51.

Cocero, M. J., Martín, Á., Mattea, F., & Varona, S, 2009. Encapsulation and coprecipitation processes with supercritical fluids: Fundamentals and applications. *Journal of Supercritical Fluids*, 47(3), 546–555.

Crowell P.L., 1997. Monoterpenes in breast cancer chemoprevention. *Breast Cancer Res. Treatment*, 46: 191-197.

Çakır İ., 2006. Mikroenkapsülasyon Tekniğinin Probiyotik Gıda Üretiminde Kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.

Daviglus M.L., Stammer J., Oretic A.J., Dyer AR, II, K. Greenland P., Walsh M., Morris D. and Shekelle R.B., 1997. Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. *New Eng. J. Med.*, 336: 1046-1053.

Decision Reports: Roadmaps to market: commercializing functional foods and nutraceuticals. Waltham, Massachusetts: Decision Resources, Inc., 1998.

Decker E.A., 1995. The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. *Nutr. Rev.*, 53: 49-58.

Desai, K.G.H. and H.J. Park, 2005. Preparation and characterization of drug-loaded chitosan tripolyphosphate microspheres by spray drying. *Drying Technol.*, 23, 1361.

DHHS/FDA, 'Food labelling: Health claims, oats and coronary heart disease', Department of Health and Human Services/Food and Drug Administration, Fed. Reg., 62:3584-3601, 1997.

Dobson G., Christie W.W. and Dobarganes M.C., 1996. Changes in molecular species of triacylglycerols during frying. *Grasas y Aceites*, 47(1–2), 34–37.

Elegbede, J.A., Maltzman, T.H., Elson, C.E., Gould, M.N., 1993. Effects of anticarcinogenic monoterpenes on phase II hepatic metabolizing enzymes. *Carcinogenesis*, 14, 1221–1223.

Elgün, A., Ertugay, Z. 2000. Tahıl İşleme Teknolojisi. A. Ü. Yayınları No:78 Ziraat Fakültesi No:297, Ders Kitapları Serisi No: 52, 201-343 s., Erzurum.

Erkkilä A.T., Lehto S., Pyörälä K. and Ulusitupa I.J., 2003. n-3 fatty acids and 5-y risks of death and cardiovascular disease events in patients with coronary artery disease. *Am J Clin Nutr*, 78:65-71.

Erkoç F., 2009. Lipidlerin Sınıflandırılması: http://w3.gazi.edu.tr/web/erkoc/BIYOKIMYA/LIPID/lipid_genel.pdf

Esterbauer H., Schaur R.J. and Zollner H, 1991. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radicals Biol Med*, 11, 81-182.

Esterbauer H, 1993. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *Am J Clin Nutr*, 57, 779S-786S.

Fahey, J.W., Zhang, Y., Talalay, P., 1997. Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 94, 10366-10372.

Farr, D.R., 1997. Functional foods. *Cancer Letters*. 114: 59–63.

Frankel, E.N., Kanner, J., German, J.B., Parks, E., Kinsella, J.E., 1993. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *The Lancet*, 341, 454–457.

Fedorova I., Salem N., 2006. Omega-3 fatty acids and rodent behavior. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 75(4-5):271-289.

Fedorova I., Hussein N., Baumann M.H., Di Martino C., Salem N., 2009. An n-3 fatty acid deficiency impairs rat spatial learning in the Barnes maze. *Behav Neurosci.*, 123(1):196.

Fritsch, C.W. and Gale, J.A, 1977, Hekzanal as a measure of rancidity in low fat foods, *JAOCS*, 54, 225-231.

Fournier V., Destailats F., Lambelet P., Dionisi F., Sebedio J.L. and Berdeaux O., 2007. Degradation products formed from long-chain PUFA during deodorization of fish oil. *Lipid Technology*, 19, 19.

Froning G.W., Wehling R.L., Cuppett S.L., Pierce M.M., Niemann L. and Siekman D.K., 1990. Extraction of cholesterol and other lipids from dried egg yolk using supercritical carbon dioxide. *J. Food Sci.*, 55, 1, 95–98.

Fuller R., 1994. History and development of probiotics. In "Probiotics," ed. R. Fuller, 1-8. Chapman & Hall, N.Y.

Gharsallaoui A., Roudaut G., Chambin O., Voilley A. and Saurel R., 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: an overview. *Food Res. Intl.*, 40, 1107–1121.

Gibson G. and Roberfroid M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, 125: 1401-1412.

Gibson G.R., Williams A., Reading S. and Collins M.D., 1996. Fermentation of non-digestible oligosaccharides by human colonic bacteria. *Proc. Nutr. Soc.*, 55: 899-912.

- Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Willett, W.C., 1995. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl. Cancer Inst.*, 87, 1767-1776.
- Gould, M.N., 1997. Cancer chemoprevention and therapy by monoterpenes. *Environ. Health Perspec.*, 105, 977- 979.
- Gökmen, V., Sügüt, İ., 2007. A Non-Contact Computer Vision Based Analysis Of Color İn Foods. *International Journal of Food Engineering Vol.3, ISS.5, Article 5.*
- Graham, H.N., 1992. Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry. *Prev. Med.*, 21, 334- 350.
- Granda, E., C., 2005. Kinetics of Acrylamide Formation in Potato Chips. Master Thesis, Texas A&M University, Biological and Agricultural Engineering, 171p.
- Grivas, S., Jägerstad, M., Lingnert, H., Skog, K., tornqvist, M., Aman, P., 2002. Report From Swedish Scientific Expert Committee: Acrylamide in Food- Mechanisms of Formation and Influencing Factors During Heating of Foods.
- Ha Y.L., Grimm N.K. and Pariza M.W., 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: Health-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, 8: 1881-1887.
- Halliwell B. And Gutteridge J.M.C., 1989. *Free Radicals in Biology and Medicine*, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, UK.
- Harbowy, M.E., Balentine, D.A., 1997. Tea Chemistry. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 16, 415-480.
- Harrison, R. A., Sagara, M., Rajpura, A., Armitage, L., Birt, N., Birt, C. A., et al, 2004. Can foods with added soya-protein or fish-oil reduce risk factors for coronary disease? A factorial randomised controlled trial. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases*, 14, 344–350.
- Hasegawa, S., Miyake, M., 1996. Biochemistry and biological functions of citrus limonoids. *Food Rev. Intl.*, 12, 413-435.

Heinzelmann, K., Franke, K., Velasco, J., & Marquez-Ruiz, G., 2000. Microencapsulation of fish oil by freeze-drying techniques and influence of process parameters on oxidative stability during storage. *European Food Research and Technology*, 211, 234–239.

Hadley, M. 1996. Stability of flaxseed oil used in cooking/stir frying. In “Proceedings of the 56th Flax Institute of the United States”, pp. 55–61. Fargo, ND.

Holman R.T., Johnson S.B. and Hatch T.F., 1982. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am J Clin Nutr.*, 35(3):617-623).

Hecht, S.S., 1995. Chemoprevention by isothiocyanates. *J. Cell. Biochem. Suppl.*, 22, 195-209.

ICC - 115, 1972. International Association for Cereal Chemistry. ICC Standart No:115, Verlag Moritz Schafer, Detmold, Germany.

Institute of Medicine, 2002. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Washington, D. C.: National Academies Press.

IFIC - International Food Information Council, 2003. Functional Foods Fact Sheet: Plant Stanols and Sterols. Available at: www.ific.org/publications/factsheets/sterols.cfm?renderforprint=1, 2011

Ip C. and Scimeca J.A., 1997. Conjugated linoleic acid and linoleic acid are distinctive modulators of mammary carcinogenesis. *Nutr. Cancer*, 27:131-135.

İşleroğlu, H. , Yıldırım, Z. ve Yıldırım, M. (2005). Fonksiyonel Bir Gıda Olarak Keten Tohumu. *G.O.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 23-30.

Karkalas, J., MA, S.,Morrison, W.R. and Pethrick, R.A.,1995. Some Factors Determining The Thermal Properties of Amylose Inclusion Complexs with Fatty Acids

Kamal-Eldin A., Appelqvist L.A.,1996. Aldehydic acids in frying oils: formation, toxicological significance and analysis. *Grasas y Aceites*, 47(5), 342–348.

Kanner, J., Frankel, E., Granit, R., German, B., Kinsella, J.E., 1994. Natural antioxidants in grapes and wines. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 64-69.

Kayahan M., 2004. Yağlı tohumlardan ham yağ üretim teknolojisi, Bölüm 1 Yağ üretiminde yararlanılan başlıca yağlı tohumlar. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, Kitaplar Serisi: 7, 234.

Kelly M.L., Berry J.R., Dwyer D.A., Griinari J.M., Chounard P.Y., Van Amburgh M.E. and Bauman D.E., 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *J. Nutr.*, 128: 881-885.

Keogh, G.F, Cooper, G.J., Mulvey, T.B., McArdle, B.H., Coles, G.D., Monro, J.A., Poppitt, S.D., 2003. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly beta-glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr.*, 78, 711-718.

Kıralan M., Çalikoğlu E. Ve Bayrak A., 2005. Çeşitli tohum yağlarının yağ asitleri bileşimi ve sağlık üzerine etkileri. 4. Gıda Mühendisliği Kongresi, 335-342.

Klaypradit, W. and Y.W. Huang, 2008. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41:1133-1139.

Kqjima, K., 1995. Control of health claim on foods in Japan. In: *Proceedings of the First International Conference on Eat-West Perspectives on Functional Foods*, Singapore, 75–76.

Kurt, O. , Doğan, H. ve Demir, A. (2006). Samsun Ekolojik Koşullarına Uygun Kışlık Keten Çeşitlerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. *O. M. Ü. Zir. Fak. Dergisi*, 21 (1): 1-5.

Liu, M., Wallin, R., & Saldeen, T., 2001. Effect of bread containing fish oil on plasma phospholipid fatty acids, triglycerides, HDL-cholesterol, and malondialdehyde in subjects with hyperlipidemia. *Nutrition Research*, 21, 1403–1410.

Lopez-Rubio A., Gavara R. & Lagaron J. M., 2006. Bioactive packaging: turning foods into healthier foods through biomaterials. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 567-575.

Love, J., Schafer, E., Nelson, D., 2000. What you need to know about... new food word- phytochemicals, functional foods, and nutraceuticals. Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, File: FN1.

Marsili R.T., 1999. Comparison of solid phase micro-extraction and dynamic headspace method for the gas chromatographic-mass spectrometric analysis of light-induced lipid oxidation products in milk. *J. Chromatogr. Sci.*, 1999;37:17–23.

Matsuno, R. and Adachi, S., 1993. Lipid encapsulation technology- techniques and applications to foods. *Trends Food Sci. Technol*, 4, 256-261.

Messina, M., Barnes, S., 1991. The role of soy products in reducing risk of cancer. *J. Natl. Cancer Inst.*, 83, 541-546.

Meyer, A., 1998. The 1998 top 100 R&D survey. *Food Processing*, 58, 32-40.

Mital B.K. and Garg S.K., 1995. Anticarcinogenic, hypocholesterolemic, and antagonistic activities of *Lactobacillus acidophilus*. *Crit. Rev. Micro.*, 21: 175-214.

Morris H.D., 2005. Flax-A Health and Nutrition Primer. [http://www. Flaxcouncil.ca](http://www.Flaxcouncil.ca)

Mounts T.L., McWeeny D.J., Evans C.D. and Dutton H.J., 1970. Decomposition of linoleate hydroperoxides: precursors of oxidative dimers. *Chem Phys Lipids*, 4, 197-202.

Mozafari M.R., 2004. Micro and nano carrier technologies: high quality production within pharmaceutical standards. *Cell Mol Biol Lett.*, 9(2):44–45.

Nagourney, R.A., 1998, Garlic: Medicinal food or nutritious medicine? *Journal of Medicinal Food*, 1, 13–28.

Narisawa T., Fukaura Y., Yazawa K., Ishikawa C., Isoda Y., 1994. Colon cancer prevention with a small amount of dietary oil high in α -linolenic acid in an animal model. *Cancer*, 73, 2069-2075.

Neilsen, H., 1992. n-3 polyunsaturated fish fatty acids in a fish-oil-supplemented bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59, 559-562.

Ofek I., Goldhar J., Zafriri D., Lis H., Adar R., and Sharon N., 1991. Anti-Escherichia coli adhesin activity of cranberry and blueberry juices. *New Eng. J. Med.*, 324: 1599.

Orencia A.J., Daviglus M.L., Dyer A.R., Shekelle R.B. and Stamler J., 1996. Fish consumption and stroke in men. 30-year findings of the Chicago Western Electric Study. *Stroke*, 27(2):204-209.

Özdemir N. ve Denктаş E.B., 2003. Hayat veren yağlar: Omega yağları. *Bilim ve Teknik*, 427, 78-80.

Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., 2006a. Acrylamide Content and Color Development in Fried Potato Strips. *Food Research International*, 39, 40-46.

Ratnayake W.M.N. and Gilani G.S., 2004. Nutritional and Health Effects of Dietary Fats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(4):205-212.

Renaud, W., de Lorgeril, M., 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *The Lancet*, 339, 1523-1526.

Reuter, H.D., Koch, H.P, Lawson, L.D., 1996. Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations. In: *Garlic: The Science and Therapeutic Application of Allium sativum L. and Related Species*, 2nd Ed., ed., H.P. Koch and L.D. Lawson, Williams & Wilkins, Baltimore.

Ripple G.H., Gould M.N., Stewart J.A., Tutsch K.D., Arzoomanian R.Z., Alberti D., Feierabend C., Pomplun M., Wilding G. and Bailey H.H., 1998. Phase I clinical trial of peillyl alcohol administered daily. *Clin. Cancer Res.*, 4: 1159-1164.

Saldeen, T., Wallin, R., & Marklinder, I., 1998. Effects of a small dose of stable fish oil substituted for margarine in bread on plasma phospholipid fatty acids and serum triglycerides. *Nutrition Research*, 18, 1483–1492.

Schmidt D.R. and Sobota A.E., 1988. An examination of the anti-adherence activity of cranberry juice on urinary and nonurinary bacterial isolates. *Microbios.*, 55: 173- 181.

Sedej I., Sakač M., Mandić A., Mišan A., Pestorić M., Šimurina O. and Čanadanović-Brunet J., 2010. Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 694-699.

Sies H., 1997. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Exp Physiol*, 82(2): 291–5.

Simopoulos A.P., 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54: 438-463.

Siro I., Kapolna E., Kapolna B. and Lugasi A., 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51, 456-467.

Sloan, A.E., 2000. The top ten functional food trends. *Food Technol.*, 54, 33–62.

Srivastava, K.C., Bordia, A., Verma, S.K., 1995. Garlic (*Allium sativum*) for disease prevention. *S. Afr. J. Sci.*, 91, 68-77.

St. Leger, A.S., Cochrane, A.L., Moore, F. 1979. Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *The Lancet*, 12, 1017–102.

Stashenko E.E., Puertas M.A. and Martinez J.R., 2002. SPME determination of volatile aldehydes for evaluation of in vitro antioxidant activity. *Anal Bioanal Chem*, 373:70–74.

Su, C and White, P., 2004, Flavour stability and quality of high-oleate and regular soybean oil blends during frying, *JAOCS*, 81, 853-859.

Sucu, K. , 1994, Fungal Alfa Amilazın Ekmekçilikteki Rolü. Un Mamulleri Dünyası. Sayı:2 Yıl: 3. S: 24-25.

Szczesniak, A.S. and D.W. Kleyn. 1963. Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technology 17:74.

Temiz, A. Enzimler. Gıda Kimyası (Saldamlı, İ., Ed.). Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara. S: 259-336, 1998.

Terry P.D., Rohan T.H. and Walk A., 2003. Intakes of fishand marine fatty acids and the risk of cancer ofbreast and prostate and of other hormone-relatedcancer: a review of the epidemiologic evidence. Am. J Clin Nutr, 77: 532-543.

Thompson L.U., Robb P., Serraino M., and Cheung F., 1991. Mammalian lignan production from various foods. Nutr. Cancer, 16: 43-52.

Thompson L.U., 1995. Flaxseed, lignans, and cancer. In: "Flaxseed in Human Nutrition," ed. S. Cunnane and L.U. Thompson, 219-236. AOCS Press, Champaign, IL.

Therapeutic Products Programme and the Food Directorate of the HealthProtection Branch, Health Canada., 1998. Nutraceuticals/functional foods and health claims on foods., 1-29.

Trock B.J., Hilakivi-Clarke, L., Clarke, R., 2006. Meta-analysis of soy intake and breast cancer risk. J. Natl Cancer Inst., 98, 459-471.

Tyagi V.K. and Vasishtha A.K., 1996. *Changes in characteristics and composition of oils during deep fat frying.* J. Am. Oil Chem. Soc., 73, 499–506.

Uluöz, M. 1965. Bugday, Un ve Ekmek Analiz Metodları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:57, E.Ü. Matbaası, İzmir.

Vargas M., Pastor C., Chiralt A., McClements D.J. and González-Martínez C., 2008. Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48: 6, 496 — 511.

Verhoeven, D.T.H., Goldbohm, R.A., va Poppel, G., Verhagen, H., van den Brandt, P.A., 1996. Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.*, 5, 733-748.

Verhoeven, D.T.H., Verhagen, H., Goldbohm, R.A., van den Brandt, P.A., van Poppel, G., 1997. A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. *Chem. Bio. Interactions*, 103, 79–129.

Yan L., Yee J.A., Li D., McGuire M.H. and Thompson L.U., 1998. Dietary flaxseed supplementation and experimental metastasis of melanoma cells in mice. *Cancer Lett.*, 124: 181-186.

Yan N., 2003. Encapsulated agglomeration of microcapsules and their preparation, US Patent 6,974, 592 B2.

Yep, Y., Li, D., Mann, N., Bode, O., & Sinclair, A., 2002. Bread enriched with microencapsulated tuna oil increases plasma docosahexaenoic acid and total omega-3 fatty acids in humans. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, 285–291.

Young G., Conquer J., 2005. Omega-3 fatty acids and neuropsychiatric disorders. *Reproduction, Nutrition, Development*, 45 (1), 1–28.

Yu' fera E.P., Agri'cola Q.. 1978. *Alimentos*, E.lhambra, Madrid.

Yurdugul S. and Mozafari M.R., 2004. Recent advances in micro- and nano-encapsulation of food ingredients. *Cell Mol Biol Lett.*, 9 (2):64–65.

Weisburger, J.H., 1998. Evaluation of the evidence on the role of tomato products in disease prevention. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218, 140–143.

Zimet P., Rosenberg D. And Livney Y.D., 2010. Re-assembled casein micelles and casein nanoparticles as nano-vehicles for ω -3 polyunsaturated fatty acids. *Food Hydrocolloids*, in press.

WEB SİTELERİ

EUFİC

<http://www.eufic.org/article/en/page/BARCHIVE/expid/basics-functional-foods/>,
[2006](#)

Euromonitor International

http://www.euromonitor.com/Functional_bread_in_Europe_a_niche_market_with_potential, 2010

Fatty Acid Classification

<http://biochemistryquestions.wordpress.com/2008/06/08/understanding-fatty-acids-classification/>, 2011

ILSI-International Life Science Institute – Uluslar arası Yaşam Bilimleri Enstitüsü

<http://www.ilsa.org/Europe/Pages/FUFOSE.aspx>

IOM/ FNB - Institute Of Medicine Of The National Academics

<http://www.iom.edu/About-IOM/Leadership-Staff/Boards/Food-and-Nutrition-Board.aspx>

Linus Pauling Institute

<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/othernuts/omega3fa/fig1.html>

Kanada Terapötik Ürünler Programı

www.hcsc.gc.ca/hpb-dgps/therapeut/zfiles/english/ffn/nutra_pol_e.html

Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (1)

www.kkqm.gov.tr/kanun

Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (2)

www.kkqm.gov.tr/TGK

LycoRed Company

<http://www.lycored.com/web/content/dha.asp>

PUFA Newsletter and Fats of Life e-newsletters, December 2010. Available at:
<http://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view/30495>

Renk ve Tekstür Analizi

<http://www.drkc.n.110mb.com/teksture%20analysis.pdf>, 17.01.2011 22:00

Resmi Gazete

www.resmi.gazete.gov.tr

EKLER

```
%Color_Lab.m
RGB2=im2double(RGB);
Z=roipoly(RGB);
[d1,d2]=size(Z);
c=0;
L=[];
for a=1:d1
for b=1:d2
if Z(a,b)==1
n=1;
c=c+1;
L(n,c)=a;
n=2;
L(n,c)=b;
end
end
end
cform = makecform('srgb2lab');
lab = applycform(RGB2,cform);
P=[];or n=1:c
P(n,:)=impixel(lab,L(2*n),L(2*n-1));
end
roil=[];roia=[];roib=[];
sum_l=0;sum_a=0;sum_b=0;
for n=1:c
sum_l=sum_l+P(n,1);
sum_a=sum_a+P(n,2);
sum_b=sum_b+P(n,3);
end
roil=sum_l/c;
roia=sum_a/c;
roib=sum_b/c;
Lab__value=[roil roia roib]
close all
```

Ek 1 RGB değerlerini $L*a*b$ değerlerine dönüştüren MatLab kodu

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Güliz (ÇÖMLEKCİOĞLU) BALIK

Doğum Yeri : Kdz. Ereğli / ZONGULDAK

Doğum Yılı : 1982

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 1993-2000 Kdz.Ereğli Anadolu Lisesi, ZONGULDAK

Lisans : 2000-2005 Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği
Bölümü, ANKARA

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi :

2005-2010 : Bartın İl Tarım Müdürlüğü

2010-Halen : İzmir İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü