

Gıdalarda Bulunan Fitosterol / Fitastanoller ve Sağlık Üzerine Etkileri

İlkay Koca, Ahmet Faik Koca

O.M.Ü. Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 55139, Kurupelit- SAMSUN

ÖZET: Fitosterol ve fitastanoller, bitkisel yağlar, tohumlar ve sert kabuklu meyveler ile bazı meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bunlar, güçlü kolestrol düşürücü ajanlardır. Çeşitli çalışmalar, fitosterol ve fitastanollerin günde 2-3 g tüketimiyle toplam kolesterolda % 8-17, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterol seviyesinde % 9-20 oranında azalma olduğunu göstermiştir. Fitosterol ve fitastanoller, kolesterolün ince barsaktan absorpsiyonunu inhibe ederek toplam ve LDL kolesterolu düşürürler. Genel olarak, günlük diyetle 2-3 g fitosterol ve fitastanol almak zor olduğundan mayonez, margarin, yoğurt gibi çeşitli gıdalara ilave edilirler.

Anahtar Kelimeler: Fitosterol, fitostanol, kolesterol, fitosterolemia

PHYTOSTEROLS/PHYTOSTANOLS IN FOODS AND THEIR EFFECT ON HUMAN HEALTH

ABSTRACT: Phytosterols and phytostanols are groups of compounds naturally present in vegetable oils, seeds, and nuts, and some fruits and vegetables. Phytosterols and phytostanols are potent hypocholesterolemic agents. Several studies have shown that a daily consumption of 2 to 3 g phytosterols or phytostanols reduce total serum cholesterol by 817% and low density lipoprotein (LDL) cholesterol by 920%. They decrease total serum and LDL-cholesterol levels in humans by inhibiting the absorption of cholesterol from small intestine. Because it is generally difficult to meet the

daily recommended phytosterols/phytostanols of 2-3 grams, it is usually added in several foods such as mayonnaise, margarine, yoghurt.

Key words: Phytosterol, phytostanols, cholesterol, phytosterolemia

GİRİŞ

Koroner kalp hastalıkları, gelişmiş ülkelerde ölüme yol açan en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Koroner kalp hastalıklarında, serum kolesterolünün özellikle LDL (low density lipoprotein) kolesterolün yüksekliği en büyük risk faktörüdür [1, 2, 3, 4]. LDL kolesterol seviyesinin azaltılmasıyla kalp hastalıklarına karşı önemli ölçüde koruma sağlanabilir [5]. Serum kolesterol düzeyinin % 10 düşmesiyle 70 yaşındaki insanlarda % 20, 40 yaşındaki insanlarda % 50 oranında hastalık riskinin azaltılabildiği bildirilmektedir [6]. Bu hastalıkların önlenmesinde değişik risk faktörlerinin kontrolü yanında diyetteki yağ asitleri kompozisyonun değiştirilmesi ve fitosteroller/ fitostanollerce zengin gıdaların tüketimi toplam ve LDL kolestrol seviyesini düşürürerek önemli ölçüde etkili olmaktadır [7].

Fitosterol ve fitastanoller, bitkisel yağlar, tohumlar ve sert kabuklu meyveler ile bazı meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan lipit benzeri bileşiklerdir [8]. Normal diyetle günlük 150-450 mg fitosterol alınmakta olup [9], bunun % 65'i β -sitosterol, % 30'u

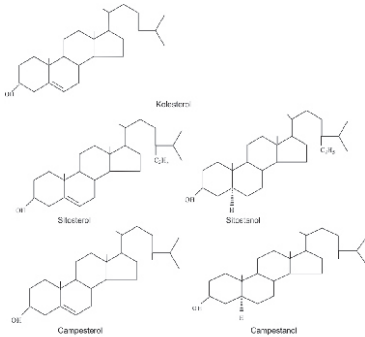
vejeteryanlarda daha yüksektir [10]. Fitosteroller, doğada fitosterollere göre daha az bulunurlar [11, 12].

Fitosterol ve fitosteroller doğal olarak birçok gıdada bulunmaları yanı sıra, sağlık üzerine pozitif etkilerinden dolayı son yıllarda gıdalara katkı olarak ilave edilmektedirler. Günümüzde, yoğurt, dondurma, çikolata, mayonez ve margarin gibi ürünler fitosterol ve fitosterollerce zenginleştirilmektedirler [13].

Bu makalede, fitosterol ve fitosterollerin özellikleri, gıdalarda bulunuşu, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasındaki değişimleri ile sağlık üzerine etkileri incelenmiştir.

FİTOSTEROL VE FİTOSTANOLLERİN YAPISI VE GIDALARDA BULUNUŞU

Doğal bitki bileşenlerinden olan fitosteroller oldukça geniş bir kimyasal grup olan izoprenoidler içerisinde yer almaktadır [14]. Fitosteroller steroid alkaloidler ve yapısal olarak kolesterole benzerlik göstermektedirler. Ancak kolesterolden farklı olarak yapılarındaki yan zincirde, etil veya metil grubu içermektedirler (Şekil 1) [7, 15]. Fitosteroller hücre zarının geçirgenliğini düzenleyici ve bitki gelişmesinde biyogenetik prokürsör olarak bitki hücresinde önemli fonksiyonlara sahiptir. Ayrıca, glikoalkoidler ve saponinler gibi sekonder bitki metabolitlerinin sentezi için substrattırlar. Fitosteroller, kolesterol gibi hayvan ve insan bünyesinde sentelenemezler, ancak bitkisel gıdalarla birlikte vücuda alınırlar [14].



Şekil 1. Kolesterol ve bazı Bitkisel ve Bitkisel ürünlerin kimyasal yapıları [13]

Fitosteroller kimyasal yapılarına göre 3 gruba ayrılmaktadırlar [16]:

- 4-desmetil steroller (metil grubu içermezler)
- 4-monometil steroller (bir metil grubu içerirler)
- 4,4'-dimetil steroller (iki metil grubu içerirler)

Bitkisel gıdalarda yaygın olarak bulunan fitosteroller, 4-desmetil sterol grubuna ait olup bunların başlıcaları; sitosterol, kampesterol ve stigmasteroldur [12, 15, 17, 18]. 4-monometil steroller ve 4,4'-dimetil steroller doğada çok az miktarda bulunurlar

[15].

Fitosterollerin ana kaynağı, bitkisel yağlar ve bunlardan üretilen margarinler ile tahıl ürünleri, fitosterollerin ise buğday, mısır ve çavdar gibi tahıllardır (Çizelge 1) [8]. Fitosteroller, bitkilerde serbest veya yağ asitleri ve glikozitlerle esterleşmiş olarak yer alırlar [16, 18]. Fitosteroller suda çözünmezler, yağda ise yaklaşık %2 gibi az bir oranda çözünürler [19]. Uzun zincirli yağ asitleriyle fitosterollerin esterifikasyonu, onların yağdaki çözünürlüğünü 10 kat artırmaktadır [19, 20]. Bu nedenle, fitosterollerin yağ asiti esterleri gıdalarda serbest sterollere göre daha yaygın kullanılır [13]. Fitosteroller, lesitinle emülsifiye edildikten sonra su içerisinde dağılılabilmek özelliği kazanmaktadır [20]. Bu durum, fitosterollerin yağsız veya az yağlı gıdalar ile meşrubatlarda kullanımını kolaylaştırmaktadır [21].

Fitosteroller, doymuş steroller olup, doğada fitosterollere göre daha az bulunurlar. Gıdalarda en yaygın bulunanları sitosterol ve kampesterol (Şekil 1) [11]. Bunlar, fitosterollerin hidrojenasyonu ile üretilirler [10, 12]. Fitosteroller gibi fitosterollerin de yağda çözünme-bilirliği oldukça düşük (% 1'in altında) olup, esterifikasyonla çözünürlükleri artmaktadır. Erime noktası 140-150°C olan kristalimsi toz şeklindeki fitosteroller, esterifikasyon sonucunda yağlara benzer özellikler kazanmaktadırlar [8].

Çizelge 1. Bazı bitkisel gıdaların fitosterol ve fitosterol içeriği (mg/kg) [9,15,22,23,24]

| | Toplam fitosterol | Sitosterol | Kampesterol | Stigmasterol | Kampesterol | Sitosterol |
|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------|------------|
| Meyve - Sebzeler | | | | | | |
| Brokoli | 367; 390 | 285; 310 | 67; 69 | 8; 11 | - | - |
| Havuç | 153; 160 | 104; 110 | 20; 22 | 27; 28 | - | - |
| Karnabahar | 310; 400 | 216; 260 | 72; 95 | 16; 37 | - | - |
| Maydanoz | 288 | 136 | 12 | 115 | - | - |
| Patates | 51 | 32 | - | 3 | - | - |
| Kırmızı biber | 220 | 164 | 42 | 2 | - | - |
| Domates | 74 | 33 | 5 | 16 | - | - |
| Bezelye | 297 | 212 | 36 | 12 | - | - |
| Fasulye | 124 | 54 | 8 | 36 | - | - |
| Elma | 183 | 157 | 9 | - | - | - |
| Muz | 116 | 84 | 13 | 13 | - | - |
| Yeşil üzüm | 200 | 143 | 14 | 2 | - | - |
| Portakal | 228 | 170 | 34 | 9 | - | - |
| Yaban mersini | 264 | 222 | 10 | - | - | - |
| Ahududu | 274 | 233 | 9 | - | - | - |
| Çilek | 100 | 73 | 2 | - | - | - |
| Yer fıstığı | 1176 | 716 | 162 | 120 | - | - |
| Badem | 1384 | 1175 | 33 | 6 | - | - |
| Bitkisel yağlar | | | | | | |
| Zeytinyağı | 1440-1150; 1830 | 1180-1210; 1560 | 50; 53 | 10; 16 | - | - |
| Soya yağı | 2290-4590 | 1220-2310 | 620-760 | 450-760 | - | - |
| Ayçiçeği yağı | 3740-7250 | 4650 | 690 | 750 | - | - |
| Kolza yağı | 7640 | 1960 | 620 | 7 | - | - |
| Tahıl ve ürünleri | | | | | | |
| Buğday | 603-690 | 309 | 88 | 15 | - | - |
| Arpa | 586-830 | 289 | 111 | 150 | - | - |
| Çavdar | 910-1100 | 421 | 159 | 17 | - | - |
| Yulaf | 350-491*; 329-520 | 237-321*; 167-282 | 32-46*; 24-40 | 11-21*; 12-15 | - | - |
| Mısır | 1780 | 1200 | 320 | 210 | - | - |
| Tam buğday unu | - | 440 | 140 | 17 | 0 | 110 |
| Buğday germi | - | 2300 | 940 | 32 | 69 | 99 |
| Çavdar unu | - | 480 | 170 | 33 | 73 | 110 |
| Mısır unu | - | 260 | 88 | 22 | 45 | 100 |
| Pirinç unu | - | 150 | 40 | 35 | 0 | 0 |

GIDALARIN FİTOSTEROL VE FİTOSTANOLLER İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Günümüzde birçok gıda, fitosterol ve fitostanollerce zenginleştirilmektedir. ABD ve Avrupa Topluluğu Ülkeleri fitosterol ve fitostanollerin gıdalarda kullanımı ile ilgili çeşitli düzenlemeler yapmışlardır. Amerika Birleşik Devletlerinde FDA (Food and Drug Administration) birçok fitosterol/fitostanol ingredientine GRAS (Generally Recognized as Safe) statüde onay verirken, Avrupa Topluluğu Gıda Bilimsel Komitesi (SCF) de fitosterol, fitostanol ve bunların esterlerinin tamamen güvenilir olduğunu bildirmiştir (Çizelge 2). Şimdiye kadar Avrupa Topluluğu'nun fitosterol ve fitostanollerce zenginleştirilmesine onay verildiği başlıca gıda maddeleri şu şekilde sıralanabilir: Sürülebilir margarinler, makarnalar, süt bazlı meyve içecekleri, içme sütleri, fermente edilmiş süt ürünleri, peynirler, yoğurtlar, baharatlı soslar, mayonez içeren salata sosları, soya içecekleri, fırın ürünleri, sosis ve salamalar, pirinç içecekleri, meyve suyu ve nektarları [14].

Gıdalarda fitosterol ve fitostanollerin serbest veya esterifiye formları kullanılmaktadır. Bunların yağ asiti esterleri (steril veya stanil yağ asiti esterleri) gıda

uygulamaları için yüksek eriyebilirliğinden dolayı serbest formlara göre daha fazla tercih edilirse de, salata sosları, margarinler, mayonez, yoğurt gibi gıdalar için serbest formları kullanılmaktadır [18].

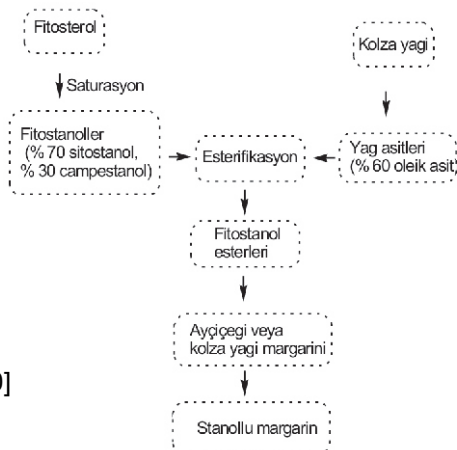
Ticari fitosterol eldesinde en önemli kaynak bitkisel yağların rafinasyonu sırasında elde edilen deodorizasyon destilatları ve ağaç işleme endüstrisi yan ürünleridir. Deodorizasyon destilatlarının % 15-30 oranında fitosterol içerdiği bildirilmektedir [25]. Bitkisel yağ ve ağaçlardan elde edilen fitosterol ve fitostanollerin kompozisyonu birbirinden farklıdır. Ağaç kaynaklı fitosteroller % 72 sitosterol, % 8.2 campesterol, % 0.3 stigmasterol ve % 15.3 sitastanol, bitkisel yağ kaynaklılar ise % 45 sitosterol, % 26.8 campesterol, % 19.3 stigmasterol ve % 2.1 sitastanol içermektedirler [26]. Bitkisel yağ fitosterollerini, başlıca palm, pamuk, yerfıstığı, soya, mısır, ayçiçeği, kanola yağı deodorizasyon destilatlarından elde edilmektedir [14]. Deodorizasyon destilatından fitosterol izolasyonu, sıvı-sıvı ekstraksiyon, esterifikasyon/transesterifikasyon, moleküler destilasyon ve kristalizasyon gibi karmaşık işlemleri içermektedir. Süperkritik akışkan tekniği de fitosterollerini elde etmede kullanılan alternatif bir metottur [13].

Çizelge 2. Avrupa Komisyonu tarafından onay verilen fitosterol/fitostanol ingredientleri [14]

| İngredientin üreticisi | markası/ | Aktif bileşikler | Aktif bileşiklerin kaynağı |
|---|----------|--|---|
| Benecol®/ Raissio Plc. | | Fitostanol esterleri | Tall yağı, bitkisel yağlar |
| Cardio Aid™/ Archer Daniels Midland (ADM) | | Fitosteroller, fitosterol esterleri | Soya, kolza, palm, ayçiçeği ve mısır yağı |
| Corowise™/ Cargill Inc. | | Fitosteroller, fitosterol esterleri, fitostanoller | Bitkisel yağlar |
| Danacol®/Danone | | Fitosteroller, fitostanoller | - |
| Diminicol®/Teriaka Ltd. | | Fitosteroller, fitostanoller | Tall yağı, bitkisel yağlar |
| Multibene®/ Pharmaconsult Ltd. | | Fitosteroller, fitosterol esterleri ve mineraller | Tall yağı, bitkisel yağlar |
| Pro.activ™/Unilever | | Fitosterol esterleri | Soya, kolza, ayçiçeği ve mısır yağı |
| Procolol/Triple Crown | | Fitosteroller | Soya yağı ve Tall yağı |
| Reducol™/Forbes Medi-Tech Inc. | | Fitosteroller, fitostanoller | Coniferous ağaçları |
| Vegapure®/Cognis | | Fitosteroller, fitosterol esterleri | Soya, kolza, ayçiçeği ve mısır yağı |

Fitosterol ve fitostanollerle zenginleştirilen gıdaların başında margarinler gelmektedir. Bunların margarin üretiminde kullanımına ait bir akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, önce soya kaynaklı fitosteroller katalitik olarak stanollere hidrojenizasyonu

uğratılır. Daha sonra kolza yağı kaynaklı yağ asitleriyle transesterifiye edilir. Bu şekilde elde edilen stanol esterleri ayçiçeği yağı veya kolza yağından elde edilen margarinlere katılır.



Şekil 2. Fitostanollerin margarin üretiminde kullanımı [10]

Genel olarak fitostanol ve fitosterollerce zenginleştirilerek satışa sunulan ürünlerde, fitostanol ve fitosterol içeriği % 0.3-8.0 arasında değişmektedir. En

düşük stanol/sterol katkılanması süt ve meyve suyu gibi içeceklere yapılırken, en yüksek katkılama ise margarinlere yapılmaktadır [18] (Çizelge 3).

Çizelge 3. Fitosterol ve fitostanolce zenginleştirilen çeşitli gıdalardaki fitostanol/fitosterol miktarı [18]

| Fitosterol ve Fitostanolce zenginleştirilen gıdalar | Fitosterol / Fitostanol içeriği (g/100 g) |
|--|---|
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş margarin | 8.0 |
| Steril yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş margarin | 8.0 |
| Serbest sterol ile zenginleştirilmiş margarin | 3.2 |
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş yoğurt | 1.3 |
| Steril yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş yoğurt | 0.6 |
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş süt | 0.4 |
| Steril yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş süt | 0.3 |
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş makarna | 1.4 |
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş sosis | 1.6 |
| Serbest sterol ile zenginleştirilmiş portakal suyu | 0.4 |
| Stanil yağ asiti esterleri ile zenginleştirilmiş sürülebilir krem peynir | 5.0 |

GIDA İŞLEME VE DEPOLAMANIN FİTOSTEROL VE FİTOSTANOLLER ÜZERİNE ETKİSİ

Gıdaların işlenmesi sırasında meydana gelen çeşitli reaksiyonlar, fitosterol içeriğinin azalmasına, fitosterol kompozisyonunun değişmesine veya fitosterollerin oksidasyon, hidroliz gibi reaksiyon ürünlerine dönüşmesine yol açmaktadır [15].

Fitosterollerinin oksidasyonu, fitosterol içeren ürünlerin işleme ve depolamasında meydana gelen en önemli reaksiyondur. Bu reaksiyonun yapısal benzerlikten dolayı kolesterol oksidasyonuna benzediği sanılmaktadır [15]. Stuchlik ve Žák [16], fitosterollerin havanın varlığında oksidasyona uğradığını ve termo-oksidasyon ürünleri olarak başlıca sitosterol ve campesterolden 7-hidroksi, 7-keto ve 5, 6- epoksi bileşikler meydana geldiğini bildirmişlerdir. Soupas ve ark. [27] ise, fitosterolün oksidasyon ürünleri olarak; bazı bitkisel yağlarda 7 α - ve 7 β - hidroksisitosterol, 5 α -, 6 α - ve 5 β -, 6 β -epoksisitosterol ve 7-ketositosterol; süttozunda 7 α - ve 7 β -

hidroksisitosterol; yağsız inek sütünde 7 α - ve 7 β - hidroksisitosterol ve 7-ketositosterol; fitostanollerin oksidasyon ürünleri olarak da yağsız inek sütünde 6 α -hidroksisitostanol oluştuğunu saptamışlardır.

Johnson ve Dutta [28], 180 °C'de 2 saat bekletme süresince çeşitli yağların okside olmuş sitosterol içeriğini incelemişlerdir. Araştırmacılar, bekletme süresi arttıkça okside olmuş fitosterol içeriğinin arttığını ve 2 saat sonunda zeytin yağında 17.6 μ g/g, yer fıstığı yağında 6.8 μ g/g ve mısırözü yağında 12.2 μ g/g toplam okside olmuş sitosterol bulunduğunu belirlemişlerdir.

Soupas ve ark. [29], % 1 fitosterol ve fitostanolce zenginleştirilmiş tripalmitinin farklı sıcaklık derecelerinde bekletilmesiyle fitosterol/fitostanoldeki oksidasyon derecelerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, 2 sıcaklıkta da hem sitosterol hem de campesterolün serbest ve esterleşmiş formları önemli ölçüde okside olmuştur (Çizelge 4). Özellikle 100 °C'de süre uzadıkça esterleşmiş fitosterollerin daha yüksek

Çizelge 4. Farklı ısıtma uygulamalarında serbest ve esterleşmiş fitosterollerin oksidasyonu [29]

| İşlem | Serbest fitosteroller | | Esterleşmiş fitosteroller | |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | Okside olmuş sitosterol (%) | Okside olmuş campesterol (%) | Okside olmuş sitosterol (%) | Okside olmuş campesterol (%) |
| 180 °C 0 saat | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 3 saat | 26.5 | 24.7 | 22.4 | 21.0 |
| 100 °C 0 saat | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 48 saat | 1.2 | 1.3 | 16.8 | 16.0 |

Çizelge 5. Farklı ısıtma uygulamalarında serbest ve esterleşmiş fitostanollerin oksidasyonu [29]

| İşlem | Serbest fitostanoller | Esterleşmiş fitostanoller |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Okside olmuş sitostanol (%) | Okside olmuş sitostanol (%) |
| 180 °C 0 saat | 0.003 | 0.001 |
| 6 saat | 0.4 | 0.5 |
| 100 °C 0 saat | - | 0.001 |
| 48 saat | - | 0.04 |

Soupas ve ark. [27], 4 farklı yağ çeşidine (kolza yağı, süt yağı, hindistan cevizi yağı ve palm tohumu yağı) % 18 ve 30 oranlarında fitosterol ilave ettikten sonra 100-110 °C'ye ısıtıp soğutmuşlar ve daha sonra bu yağları 4 °C depolayarak 12 ay süresince toplam fitosterol ve okside olmuş sitosterollerini belirlemişlerdir. Bu çalışma sonunda, depolama süresince, 4 yağ örneğinde de okside olmuş sitosterol içeriğinde artış olmadığı saptanmıştır. Aynı araştırmacılar, % 7 fitosterol içerecek şekilde hazırladıkları tam yağlı süttozlarını, oda sıcaklığı ve 38 °C'te depolayarak 12 ay süresince toplam fitosterol ve okside olmuş sitosterol değişimini incelemişlerdir. Oda sıcaklığında depolanmış süttozların fitosterol içeriğinde önemli bir değişim olmadığı, ancak 38 °C'te bekletilenlerde fitosterollerin çok hızlı okside olduğu saptanmıştır. Ayrıca araştırmacılar, yağsız inek sütüne, farklı oranlarda serbest fitosterol, fitosteril esterleri ve fitostanol esterleri kattıktan sonra 127 °C'de 2 saniye ısıtarak oda ve buzdolabı sıcaklığında 6 ay depolamışlardır. Çalışma sonunda, fitostanol esterleri ile zenginleştirilmiş sütlerin ısıtılmaları ve depolanmaları ile fitostanol içeriğinde önemli değişim olmadığı saptanmıştır. Serbest fitosterol ve fitosteril esterleriyle hazırlanan örneklerin ısıtılması ve depolanmasında okside olmuş fitosterollerin miktarının arttığı ve en fazla artışın ise fitosteril ester içeren örneklerde olduğu

bulunmuştur. Araştırmacılar, sitosterolün esterleşmiş formunun serbest formundan daha çok okside olduğunu bildirmişlerdir.

Thanh ve ark. [30], yağların β -sitosterol içeriği üzerine ısıtmanın etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 100 °C'de 1 saat ısıtılan zeytin ve ayçiçeği yağının β -sitosterol içeriğinde herhangi bir değişimin olmadığını, ancak 200 °C'de 1 saat ısıtılan zeytinyağının sitosterol içeriğinde % 25.20 ve ayçiçek yağında ise % 57.80 oranında kayıp olduğunu saptamışlardır.

Soupas ve ark. [31], % 8 oranında serbest fitosterol, fitosteril esterleri ve fitostanol esterleri ile zenginleştirilmiş yağların (kolza yağı, sıvı margarin ve tereyağı) 160 ve 180 °C'de 10 dakika ısıtılması ile fitosterol ve fitostanoldeki değişimleri ve bunların oksidasyon ürünlerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, en fazla okside olmuş sitosterol içeriği, serbest fitosterol ile zenginleştirilmiş tereyağda 180 °C'de 10 dakika ısıtılan örneklerde saptanmıştır.

Yağlı tohumların yağ işlenmesi sırasında, % 10-70 arasında fitosterol kaybı olduğu bildirilmektedir [15]. Bu kaybın en önemli kısmı rafinasyon işlemleri sırasında

Çizelge 6. Rafinasyon işleminin fitosteroller üzerine etkisi [15]

| | Toplam fitosterol (g/kg) | Sitosterol (g/kg) | Campesterol (g/kg) | Stigmasterol (g/kg) |
|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Mısır yağı | | | | |
| Ham | 8.09-15.57 | 9.89 | 2.59 | 0.98 |
| Rafine edilmiş | 7.15-9.52 | 6.90 | 1.58 | 0.76 |
| Pamuk yağı | | | | |
| Ham | 4.31-5.39 | 4.00 | 0.26 | İz halde |
| Rafine edilmiş | 3.27-3.97 | 3.03-3.43 | 0.20-0.31 | İz halde |
| Kolza yağı | | | | |
| Ham | 5.13-9.79 | 2.84-3.58 | 1.56-2.48 | 0.02-0.04 |
| Rafine edilmiş | 2.50-7.31 | 1.38-3.73 | 0.76-2.70 | İz halde |
| Soya yağı | | | | |
| Ham | 2.29-4.59 | 1.22-2.31 | 0.62-0.76 | 0.45-0.76 |
| Rafine edilmiş | 2.21-3.28 | 1.23-1.73 | 0.47-0.82 | 0.47-0.52 |

Çizelge 7. Fındık yağının rafinasyonu süresince fitosterollerdeki değişimler [32]

| Rafinasyon işlemi | Toplam fitosterol (mg/100g) | β -sitosterol (mg/100g) | Campesterol (mg/100g) | Stigmasterol (mg/100g) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Ham yağ | 168.04 | 141.81 | 9.15 | 1.84 |
| Asit giderme | 150.02 | 126.94 | 8.30 | 1.68 |
| Ağartma | 146.62 | 124.91 | 7.82 | 1.54 |
| Koku alma | 141.48 | 120.28 | 7.87 | 1.57 |

Gıda işleme sırasında meydana gelen reaksiyonlar dışında, tohum, kabuk gibi fitosterol ve fitostanollerce zengin kısımların uzaklaştırılması bu maddelerin kaybına yol açmaktadır [15]. Nyström ve ark. [33], buğday ve çavdarın öğütülmesiyle elde edilen farklı fraksiyonların fitosterol ve fitostanol içeriklerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, toplam fitosterol ve sitosterolce en zengin kısmın buğdayda germ, çavdarda kepek fraksiyonu, fitostanollerce en zengin kısmın ise hem buğday hem de çavdarda kepek fraksiyonu olduğu

belirlenmiştir. Araştırmacılar, öğütme ile fitosterol ve fitostanollerce zengin bu kısımların uzaklaştırılmasının ürünlerin fonksiyonel özelliklerini azalttığını bildirmişlerdir.

Thanh ve ark. [30], çeşitli yağları karanlıkta 6 ay depolamışlar ve depolama sonunda β -sitosterol ve stigmasteroldeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda, en fazla azalmanın susam yağında meydana

Çizelge 8. Depolamanın yağların fitosteroller üzerine etkisi [30]

| Yağ çeşidi | β - sitosteroldeki azalma (%) | Stigmasteroldeki azalma (%) |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| Mısır yağı | 2 | 10.9 |
| Zeytinyağı | 16.5 | Stabil |
| Kolza yağı | Stabil | 2.4 |
| Ayçiçeği yağı | 12 | 22.3 |
| Ceviz yağı | 33.7-38 | 10-16.7 |
| Susam yağı | 36.7 | 35 |

FİTOSTEROL VE FİTOSTANOLLERİN ABSORPSİYONU VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Fitosterollerin kolesterol düşürücü etkisi yıllardır bilinmektedir [34]. 1950'li yıllarda β -sitosterol hiper kolesterolemik bireylerde kolesterol düşürmek için bir ilaç olarak kullanılmaktaydı. Daha sonraki yıllarda, serbest ve esterleşmiş formdaki fitosterol ve fitostanollerin kolesterol düşürücü etkisi klinik olarak kanıtlanmıştır [35]. Fitosterol ve fitostanollerin kolesterol düşürücü etkisini açıklamak için farklı mekanizmalar önerilmiştir. Bunlardan biri, fitosterol ve fitostanoller kolesterolden daha fazla hidrofobik olduklarından, misellerde kolesterolle yer değiştirirler. Bu yer değiştirme misellerdeki kolesterol konstrasyonunu azaltır ve sonuçta kolesterol absorpsiyonu azalır [7].

Diğer ifadeyle, fitosterol ve fitostanoller, kolesterolün ince barsaktan absorpsiyonunu inhibe ederek toplam kolesterol ve LDL kolesterolü düşürürler [1,36]. Bunlara ek olarak, fitosterol ve fitostanoller, enterositteki kolesterolün esterleşme oranını azaltır [7]. Bunlar, miseller içinde çözünürlükte kolesterol ile yarışarak, kolesterolle birlikte kristalize olarak çözünmez karışık kristaller yaparak ve lipazla hidrolizi bozarak da kolesterolü düşürmede etkili olmaktadır [37].

Kolesterol ve fitosteroller yapı bakımından benzerlikler göstermesine rağmen bunların barsakta absorpsiyonları arasında büyük fark vardır [4]. Fitosteroller kolesterole göre daha az, ancak fitostanolere göre daha fazla absorbe olurlar (Çizelge 9). Onların zayıf absorpsiyonunun nedeninin barsaktaki yetersiz esterleşmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır [8].

Çizelge 9. Sterol ve stanollerin absorpsiyonu [8]

| | Absorpsiyon (%) |
|-------------|-----------------|
| Kolesterol | 40-50 |
| Campesterol | 12-16 |
| Sitosterol | 4-5 |
| Sitastanol | <0.5 |

Çizelge 10. Alınan miktara bağlı olarak LDL kolesteroldeki ortalama azalma [11]

| Tüketilen fitosterol ve fitostanol miktarı (g/gün) | LDL kolesterol seviyesindeki azalma (%) |
|--|---|
| 0.7-1.1 | 6.7 |
| 1.5-1.9 | 8.5 |
| 2.0-2.4 | 8.9 |
| ?2.5 | 11.3 |

Çeşitli araştırmacılar, fitosterol ve fitostanollerin günde 2-3 g tüketimiyle toplam kolesterolde % 8-17, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol seviyesinde % 9-20 oranında azalma olduğunu bildirmektedir [1, 6]. Araştırmacıların bildirdiği pozitif sonuca ulaşmak için fitosterol/fitostanollerin 1-2 ay süresince tüketilmesi önerilmektedir [40].

Birçok araştırmacı, fitosterol ve fitostanol tüketiminin HDL (high density lipoprotein) kolesterol ve trigliserit seviyesi üzerine etkili olmadığını bildirmiştir [39, 41]. O'Neill ve ark. [40], 2 ay süresince düşük doz fitosterol ve fitostanol alımı ile HDL ve trigliserit seviyesinin değişmediğini, ancak yüksek doz fitostanol tüketiminin bu değerleri düşürdüğünü saptamışlardır.

Thompson ve Grundy [10], fitostanollerin LDL'yi önemli ölçüde düşürdüğünü, LDL'yi düşürmede sitostanol ile campestenol arasında önemli fark olmadığını bildirmişlerdir.

Mensink ve ark. [17] kolesterolü yüksek olmayan kişilere günde toplam 3 g fitostanolla zenginleştirilmiş düşük

yağlı yoğurt vererek LDL kolesterol seviyesini izlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kontrol gruba göre, LDL kolesterolde % 13.7 oranında azalma olduğunu kaydetmişlerdir.

Hyun ve ark. [41] normal ve biraz yüksek kolesterole (toplam kolesterol 174-251 mg/dL, trigliseritler 266 mg/dL'nin altında) sahip kişilere, 4 hafta süresince 2 g fitostanolla zenginleştirilmiş düşük yağlı yoğurt vererek toplam kolesterol ve LDL kolesterol seviyesini izlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kontrol gruba göre, toplam kolesterolde % 6, LDL kolesterolde ise % 10 oranında azalma kaydetmişlerdir.

Salo ve Wester [42] yaşları 20 ile 65 arasında normal ve biraz yüksek kolesterole (toplam kolesterol 174-270 mg/dL, trigliseritler 265 mg/dL'nin altında) sahip kişilere, 2 g fitostanolla zenginleştirilmiş düşük yağlı, 3 farklı ürün (et yemeği, makarna, yoğurtlu içecek) vererek ve bu ürünleri tüketenlerin toplam kolesterol ve LDL kolesterol seviyesini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kontrol gruba göre, et yemeği, makarna ve yoğurtlu içecek

tüketenlerde sırasıyla; toplam kolesterolde % 6.8, 8.0 ve 10.4, LDL kolesterolde ise % 10.1, 10.9 ve 12.6 oranlarında azalma olduğunu belirlemiştirlerdir.

O'Neill ve ark. [40] 2 ay süresince 3 gruba, 2 farklı doz (1.6 ve 2.6 g/gün) fitostanol esteri ve 1 doz (1.6 g/gün) fitosterol esteri verip toplam, LDL ve HDL kolesterol ile trigliserit seviyelerini belirlemiştirlerdir. Araştırmacılar, 1 ay sonunda, toplam ve LDL kolesterolü düşürmede fitosterollerin daha etkili olduğunu, fakat 2 ay sonunda düşük doz fitostanol ile fitosterol tüketenler arasında önemli bir fark olmadığını saptamışlardır. Ayrıca, düşük doz fitostanol ile fitosterol tüketen grupların HDL kolesterol ve trigliserit seviyelerinin değişmediğini, yüksek doz fitostanol tüketen grupta 2 ay sonunda bu değerlerde azalış olduğunu bulmuşlardır.

Fitosterollerin kolon kanseri gelişimini önlediği de bildirilmektedir [9, 43] β -sitosterol kolonda gelişen tümörleri azaltmakta, insanda kanser hücreleri gelişimini önlemekte, epitel hücre artışı üzerine doza bağlı olarak etki etmektedir [9].

8 hafta süresince günde 3.8-4.0 g fitostanol tüketimi ile serum karotenoid ve tokoferol konsantrasyonunun önemli derecede azaldığı bildirilmektedir. Bu durum, antioksidanları taşıyan LDL partiküllerinin azalmasıyla açıklanmaktadır [7].

Fitosterol ve fitostanollerin yağda eriyebilir vitaminler üzerine etkisi üzerine değişik görüşler vardır. Wester [8], fitosterol ve fitostanollerin serumdaki yağda eriyebilir vitaminlere etkisi olmadığını; Hyun ve ark. [41], fitosterol ve fitostanol alımıyla retinol ve β -karoten seviyesinin değişmediğini bildirmişlerdir. Mensink ve ark. [17], fitosterol ve fitostanollerin β -karoten seviyesini azalttığını, buna karşın toplam tokoferol miktarının artırdığını saptamışlardır. Clifton ve ark. [44] ise, 12 hafta süresince günde 6.6 g fitosterol esteri içeren ekmeğe, kahvaltılık tahıl ve margarin tüketen bireylerin karotenoid seviyesinin önemli derecede azaldığını bulmuşlardır.

Fitosterol ve fitostanollerin K vitamini üzerine etkisinin de farklı şekillerde olduğu bildirmektedir. Hendriks ve ark. [45] 3.5 hafta süresince 0.8, 1.6 ve 3.2 g/gün fitosterol ve fitostanol tüketimiyle serumdaki K vitamini konsantrasyonunun sırasıyla % 5.4, 7.4 ve 18 azaldığını; Plat ve Mensink [46] 8 hafta süresince 3.8 g fitostanol tüketiminin K vitamini konsantrasyonu üzerine etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Günde 25 grama kadar fitosterol tüketiminin insan sağlığı açısından herhangi olumsuz bir etki yaratmadığı bildirilmektedir. Ancak, sitosterolemia (Fitosterolemia) hastalarında fitosterol absorpsiyonunun yüksek olması nedeniyle ciddi sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir [16]. Sitosterolemia, ender görülen otozomal resesif kalıtsal bir hastalıktır. Bu hastalık, plazma ve dokularda artan fitosterol konsantrasyonu ile karakterize edilmektedir [47, 48]. Sağlıklı insanlarda, plazmadaki toplam fitosterol içeriği 1 mg/dL'den azken, sitosterolemia'lı hastalarda 12-40 mg/dL'dir [47]. Bu hastalarda, fazla fitosterol tüketimi ksantomatozis ve pramatüre koroner kalp hastalıklarının gelişimine yol açmaktadır [15, 47, 48].

Fitosterol ve fitostanollerin sözü edilen bu etkilerinin dışında, bunların okside ürünlerinin de sağlık üzerine olumsuz etkisi olabileceği bildirilmiştir. Bu okside ürünlerin vücutta kolesterolün oksidasyon ürünlerine benzer etkide bulunduğu sanılmaktadır [27, 29].

SONUÇ

Fitosterol ve fitostanoller, bitkisel yağlar, tohumlar ve sert kabuklu meyveler ile bazı meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan maddelerdir. Bu maddeler, sağlık üzerine pozitif etkiye sahiptirler. Yapılan klinik çalışmalar, günde 2-3 g fitosterol ve fitostanol tüketimiyle toplam kolesterolde % 8-17, LDL kolesterol de % 9-20 oranında azalma olduğunu göstermiştir. HDL'yi fazla etkilemeksizin toplam ve LDL kolesterolü düşürmesinden dolayı bu maddelere olan ilgi artmış ve birçok ülkede margarin yoğurt, dondurma gibi gıdalara hipokolestolemik ajan olarak katılmaya başlanmıştır.

Günümüzde, fitosterol ve fitostanol içeren margarin, yoğurt, dondurma gibi gıdaların tüketimi ile kolesterol seviyesi önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Fitosterol ve fitostanol içeren gıdaların tüketimi, normal ve biraz yüksek kolesterole sahip kişilerde kalp sağlığını koruyucu etki yaparken, kolesterolü yüksek kişiler için bu gıdalar ilaç olarak düşünülmemeli, medikal yardımlar mutlaka alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Lichtenstein, A.H., 2000. Plant stanol/sterol ester-containing foods and cardiovascular disease risk nutrition in clinical care. *Nutr Clin Care*. 3, 274278.
- [2] Wasan, K.M., Najafi, S., Peteheych, K.D., Pritchard, P.H., 2001. Effects of a novel hydrophilic phytostanol analog on plasma lipid concentrations in gerbils. *J Pharmaceutical Sci*. 90, 1795-1799.
- [3] Pritchard, P.H., Li, M., Zamfir, C., Lukic, T., Novak, E., Moghadasian, M.H., 2003. Comparison of cholesterol-lowering efficacy and anti-atherogenic properties of hydrogenated versus non-hydrogenated (Phytrol™) tall oil-derived phytosterols in Apo E-deficient mice. *Cardiovasc Drugs and Therapy*. 17, 443449.
- [4] Trautwein, E.A., Duchateau, G.S.M.J.E., Lin, Y., Mel'nikov, S.M., Molhuizen, H.O.F., Ntanos, F.Y., 2003. Proposed mechanisms of cholesterol-lowering action of plant sterols. *Eur J Lipid Sci Technol*. 105, 171185.
- [5] Fernandez, M.L., Vega-López, S., 2005. Efficacy and safety of sitosterol in the management of blood cholesterol levels. *Cardiovasc Drug Reviews*. 23, 57-70.
- [6] Wolfs, M., de Jong N., Ocke, M.C., Verhagen, H., Verschuren, W.M.M., 2006. Effectiveness of customary use of phytosterol/stanol enriched margarines on blood cholesterol lowering. *Food Chem Toxicol*. 44, 16821688.
- [7] de Jong, A., Plat, J., Mensink, R.P., 2003. Metabolic effects of plant sterols and stanols. *J Nutr Biochem*. 14, 362369.
- [8] Wester, I., 2000. Cholesterol-lowering effect of plant sterols. *Eur J Lipid Sci Technol*. 102, 3744.
- [9] Normén, W.L., Bryngelsson, S., Johnsson, M., Evheden, P., Ellegård, L., Brants, H., Andersson, H., Dutta, P., 2002. The phytosterol content of some cereal foods commonly consumed in Sweden and in the Netherlands. *J Food Composit Analysis*. 15, 693704.
- [10] Thompson, G.R., Grundy, S.M., 2005. History and development of plant sterol and stanol esters for cholesterol-lowering purposes. *The American Journal of Cardiol*. 96, 3D-9D.
- [11] Katan, M.B., Grundy, S.M., Jones, P., Law, M., Miettinen, T., Paoletti, R., 2003. Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. *Mayo Clin Proc*. 78, 965-978.
- [12] Colgan, H.A., Floyd, S., Noone, E.J., Gibney, M.J., Roche, H.M., 2004. Increased intake of fruit and vegetables and a low-fat diet, with and without low-fat plant sterol-enriched spread consumption: effects on plasma lipoprotein and carotenoid metabolism. *J Hum Nutr Dietet*. 17, 561569.
- [13] King, J.W., Dunford, N.T., 2002. Phytosterol-enriched triglyceride fractions from vegetable oil deodorizer distillates utilizing supercritical fluid fractionation technology. *Separation Science and Technol*. 37, 451-462.
- [14] Soupas, L., 2006. Oxidative stability of phytosterols in food models and foods. EKT-series 1370. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology. 110 + 58 pp.
- [15] Piironen, V., Lindsay, D.G., Miettinen, T.A., Toivo, J., Lampi, A.-M., 2000. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *J Sci Food Agric*. 80, 939-966.

- [16] Stuchlík, M., Žák, S., 2002. Vegetable Lipids as Components of Functional Foods. *Biomed. Papers* 146: 310.
- [17] Mensink, R.P., Ebbing, S., Lindhout, M., Plat, J., van Heugten M.M.A., 2002. Effects of plant stanol esters supplied in low-fat yoghurt on serum lipids and lipoproteins, non-cholesterol sterols and fat soluble antioxidant concentrations. *Atherosclerosis*. 160, 205213.
- [18] Laakso, P., 2005. Analysis of sterols from various food matrices. *Eur J Lipid Sci Technol*. 107, 402410.
- [19] Ntanos, F., 2001. Plant sterol-ester-enriched spreads as an example of a new functional food. *Eur J Lipid Sci Technol*. 103, 102-106.
- [20] Ostlund, R.E. Jr., 2002. Phytosterols in human nutrition. *Annual Review of Nutrition*. 22, 533-549.
- [21] Ostlund, R.E. Jr., 2004. Phytosterols and cholesterol metabolism. *Current Opinion in Lipidology*. 15, 37-41.
- [22] Piironen, V., Toivo, J., Puupponen-Pimiä, R., Lampi, A-M., 2003. Plant sterols in vegetables, fruits and berries. *J Sci Food Agric*. 83, 330-337.
- [23] Gül, M.K., Şeker, M., 2006. Comparative analysis of phytosterol components from rapeseed (*Brassica napus L.*) and olive (*Olea europaea L.*) varieties. *Eur J Lipid Sci Technol*. 108, 759765.
- [24] Määttä, K., Lampi, A-M, Petterson, J., Fogelfors, B.M., Piironen, V., Kamal-Eldin, A., 1999. Phytosterol content in seven oat cultivars grown at three locations in Sweden. *J Sci Food Agric*. 79, 1021-1027.
- [25] Moreau, R.A. 2004. Plant sterols in functional foods. In: *Phytosterols as Functional Food Components and Nutraceuticals*, P.C. Dutta (ed.), pp. 317-345. Marcel Dekker, Inc., New York.
- [26] Salo, P., Wester, I., Hopia, A., 2002. Phytosterols. In: *Lipids for Functional Foods and Nutraceuticals*, F.D. Gunstone (ed.), pp. 183-224. The Oily Press, Bridgwater.
- [27] Soupas, L., Huikko, L., Lampi, A-M., Piironen, V., 2006. Oxidative stability of phytosterols in some food applications. *Eur Food Res Technol*. 222, 266-273.
- [28] Johnson, L., Dutta, P.C., 2006. Determination of phytosterol oxides in some food products by using an optimized transesterification method. *Food Chem*. 97, 606-613.
- [29] Soupas, L., Huikko, L., Lampi, A-M., Piironen, V., 2005. Esterification affects phytosterol oxidation. *Eur Food Res Technol*. 107, 107-118.
- [30] Thanh, T.T., Vergnes, M-F, Kaloustian, J., El-Moselhy, T.F., Amiot-Carlin, M-J., Portugal, H., 2006. Effect of storage and heating on phytosterol concentrations in vegetable oils determined by GC/MS. *J Sci Food Agric*. 86, 220-225.
- [31] Soupas, L., Huikko, L., Lampi, A-M., Piironen, V., 2007. Pan-Frying may induce phytosterol oxidation. *Food Chem*. 101, 286-297.
- [32] Karabulut, I., Topcu, A., Yorulmaz, A., Tekin, A., Ozay, D.S., 2005. Effects of the industrial refining process on some properties of hazelnut oil. *Eur J Lipid Sci Technol*. 107, 476480.
- [33] Nyström, L., Paasonen, A., Lampi, A-M., Piironen, V., 2007. Total plant sterols, steryl ferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rye. *J Cereal Sci*. 45, 106-115.
- [34] Mel'nikov, S.M., ten Hoorn, J.W.M.S., Bertrand, B., 2004. Can cholesterol absorption be reduced by phytosterols and phytostanols via a cocrystallization mechanism? *Chemistry and Physics of Lipids*. 127, 15-33.
- [35] Lagarda, M.J., García-Llatas, G., Farré, R., 2006. Analysis of phytosterols in foods. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41, 1486-1496.
- [36] Hallikainen, M., Lyyra-Laitinen, T., Laitinen, T. Ågren, J.J., Pihlajamäki, J., Rauramaa, R., Miettinen, T.A., Gylling, H., 2006. Endothelial function in hypercholesterolemic subjects: Effects of plant stanol and sterol esters. *Atherosclerosis*. 188, 425432.
- [37] Coşkun, T., 2005. Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*. 48, 69-84.
- [38] Agahta, W.K.Ng., Lukic, T., Pritchard, P.H, Wasan, K.M., 2003. Development of novel water-soluble phytostanol analogs: Disodium ascorbyl phytostanyl phosphates (FM-VP4): Preclinical pharmacology, pharmacokinetics and toxicology. *Cardiovasc Drug Reviews*. 21: 151168.
- [39] Miettinen, T.A., Gylling, H., 2004. Plant stanol and sterol esters in prevention of cardiovascular diseases. *Annals of Medicine*, 36, 126-134.
- [40] O'Neill, F.H., Brynes, A., Mandeno, R., Rendell, N., Taylor, G., Seed, M., Thompson, G.R., 2004. Comparison of the effects of dietary plant sterol and stanol esters on lipid metabolism. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 14, 133-142.
- [41] Hyun, Y.J., Kim, O.Y., Kang, J.B., Lee, J.H., Jang, T.Y., Liponkoski, L., Salo, P., 2005. Plant stanol esters in low-fat yogurt reduces total and low-density lipoprotein cholesterol and low-density lipoprotein oxidation in normocholesterolemic and mildly hyper-cholesterolemic subjects. *Nutrition Research*. 25, 743753.
- [42] Salo, P.M.D, Wester, I., 2005. Low-Fat Formulations of Plant Stanols and Sterols. *The American Journal of Cardiology*, 96, 51D-54D.
- [43] Toivo, J., Phillips, K., Lampi, A-M., Piironen, V., 2001. Determination of sterols in foods: recovery of free, esterified, and glycosidic sterols. *J Food Compos Anal*. 14, 631-643.
- [44] Clifton, P.M., Noakes, M., Ross, D., Fassoulakis, A., Cehun, M., Netsel, P., 2004. High dietary intake of phytosterol esters decreases carotenoids and increases plasma plant sterol levels with no additional cholesterol lowering. *J lipid Res*. 45, 1493-1499.
- [45] Hendriks, H.F.N., Weststrate, J.A., van Vliet, T., Meijer, G.W., 1999. Spreads enriched with three different levels of vegetable oil sterols and the degree of cholesterol lowering in normocholesterolemic and mildly hypercholesterolemic subjects. *Eur J Clin Nutr*. 53, 319-327.
- [46] Plat, J., Mensink, R.P., 2000. Vegetable oil based versus wood based stanol ester mixtures: effects on serum lipids and hemostatic factors in non hypercholesteremic subjects. *Atheroscler*. 148, 101-112.
- [47] Sudhop, T., von Bergmann, K., 2004. Sitosterolemia- a rare disease. Are elevated plant sterols an additional risk factor? *Z Kardiol*. 93, 921-928.
- [48] Rozner, S., Garti, N., 2006. The activity and absorption relationship of cholesterol and phytosterols. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspects*. 282-283, 435-456.

GIDALARDA DUYUSAL DEĞERLENDİRME

Prof.Dr.Tomris ALTUĞ
Yrd.Doç.Dr.Yeşim ELMACI

İzmir - 2005

KİTAP İSTEME ADRESİ

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi Kat: 3 D: 302 Çankaya - İZMİR
Tel: 0 232 441 60 01 - Fax: 0 232 441 61 06 - akademikgida@mynet.com