

Fonksiyonel Bir Gıda Olarak Keten Tohumu

Hilal İşleroğlu Zeliha Yıldırım Metin Yıldırım

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 60240, Tokat

Özet: Son yıllarda tüketiciler gıdaları sadece temel beslenme aracı olarak değil, aynı zamanda sağlık üzerinde faydalı etkileri bulunan maddeler olarak da görmeye başlamışlardır. Bu açıdan incelendiğinde keten tohumu sağlığa yararlı bileşikler içeren önemli bir bitkisel kaynaktır. α -linolenik asit ve iyi kaliteli protein açısından zengin olan keten tohumu flavonoid, lignan ve fenolik asitler gibi fitokimyasalların da doğal kaynağıdır. Keten tohumu genellikle “fonksiyonel gıda”, “biyoaktif gıda” ve/veya “endokrin aktif gıda” olarak gruplandırılır. Bu makalede keten tohumunun yapısında bulunan biyolojik olarak aktif bileşikler ile bunların sağlık için yararları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel gıdalar, keten tohumu, α -linolenik asit, fitokimyasallar

Flaxseed As A Functional Food

Abstract: In recent years, consumers have begun to look at food not only for basic nutrition, but also for health benefits. In this regard, flaxseed is an important plant source containing beneficial compounds for health besides being rich in α -linolenic acid and good quality protein, flaxseed has potential as a natural source of phytochemicals such as flavonoids, lignans and phenolic acids. Flaxseed is often grouped into one of several categories: “functional food”, “bioactive food” and/or “endocrine active food”. In this article, bioactive components of flaxseed and their health benefits were discussed.

Key words: Functional foods, flaxseed, α -linolenic acid, phytochemicals

1. Giriş

Son yıllarda hasta olma riskinin azaltılması, sağlıklı bir yaşam sürdürme isteğinin artması ve sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi gibi nedenlerle tüketiciler gıdalardan beslenmenin yanında sağlık açısından faydalar sağlamayı da beklemektedirler. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler doğrultusunda yeni ingrediyentlerin keşfi, bunların sağlıklı ilişkilendirilmeleri, ekonomik nedenler ve tedavi masraflarının artması ile tüketicilerin yeni ürünlere ve kaliteye gösterdikleri ilgiden dolayı fonksiyonel gıdalar, gıda sanayinin en hızlı gelişen sektörlerinden birisi olmuştur (1,2).

Fonksiyonel gıdalar, vücudun temel besin öğeleri gereksinimini karşılamamanın ötesinde insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde ilave faydalar sağlayan, böylelikle hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada katkı sağlayan gıdalar veya gıda bileşenleridir (1).

Nutrasötik gıda tanımı, genel olarak fonksiyonel gıdalar ile eş anlamlı olarak kullanılabilen, izole edilmiş besin öğeleri, besin destekleri, “tasarlanmış” gıdalar, fonksiyonel gıdalar, bitkisel ürünler, tahıl, çorba ve içecekler gibi işlenmiş ürünleri içermektedir. Gıdalardaki vitamin olmayan, yararlı kimyasallar olarak tanımlanan nutrasötiklerden bitkisel kaynaklı olanlarına

fitokimyasal adı verilmektedir. Gıdaların bileşiminde 900’den fazla fitokimyasal bulunmuştur. Bitkisel ürünlere dayalı beslenmenin kronik hastalık, özellikle kanser riskini azaltabildiğine dair çok sayıda *in vivo*, *in vitro* ve klinik deneme verileri vardır. Sağlık otoriteleri tahıl, taze sebze ve meyveler bakımından zengin, hayvansal et ve yağ oranının azaltıldığı diyetleri önermektedir. Keten tohumu bu açıdan incelendiğinde, α -linolenik asit ve iyi kaliteli protein bakımından zengin olmasının yanı sıra, flavonoid, lignan ve fenolik asitler gibi fitokimyasalların da doğal kaynağı durumundadır (1, 2, 3).

Keten (*Linum usitatissimum*), 30-100 cm boyunda, mavi çiçekli ve tek yıllık bir kültür bitkisidir. Keten, Mısırlılardan beri tarımı yapılan ve çok değişik amaçlarla kullanılan bir bitkidir. Tohumları, 4-6 mm uzunlukta, yumurta biçiminde, yassı, parlak, kırmızımtırak esmer renkli, kokusuz, yağlı ve lezzetlidir. Amerika Ulusal Kanser Enstitüsü, kanser önleyici gıdalar arasına aldığı ve üzerinde çalışılmasını öngördüğü 6 bitkisel materyalden birisi olarak keteni belirlemiştir. Ayrıca ketenin oldukça küçük bir genom (yaklaşık eşit boyda 15 çift küçük kromozomlu) sahip olması hastalıkların önlenmesi ve tedavisini de kapsayan sağlığa yararlı etkilere sahip gıda veya ingredientlerin

gen mühendisliği ile üretimini nispeten kolaylaştırmaktadır (3, 4).

Keten tohumu genellikle “fonksiyonel gıda”, “biyoaktif gıda” ve/veya “endokrin aktif gıda” olarak gruplandırılır. Keten tohumunun besin değeri ve koruyucu etkisi onun kompleks doğasından kaynaklanmaktadır. Keten tohumu, besin değeri olan ve olmayan bileşenler içerir. Bu bileşenlerin, tüketilen doza, zamana ve sıklığa bağlı olarak hem yararlı hem de zararlı etkileri görülebilir (5). Keten tohumu genel olarak öğütülmemiş (tüm) tohum, öğütülmüş tohum ve keten tohumu yağı şeklinde bulunur. Ketenin bu üç şeklinin besin değeri Tablo 1’de verilmiştir (6).

2. Keten Tohumunda Bulunan Biyoaktif Bileşikler ve Faydaları

2.1. Lipitler

Keten tohumu yağı, yağ asitlerinin yaklaşık %55’ini oluşturan omega 3 (n-3) yağ asitlerinden α -linolenik asidin (ALA) en zengin kaynaklarından birisidir (6). Keten tohumuna gösterilen ilgi soğuk presleme ile elde edilen yağında %50 oranında omega-3 yağ asidi bulunduğunun anlaşılmasından sonra başlamıştır. Kanada’da yetiştirilen keten tohumları %5 palmitik asit (16:0), %3 stearik asit (18:0), %17 oleik asit (18:1n-9), %15 linoleik asit (18:2n-6) ve %59 α -linolenik asit (ALA; 18:3n-3) içermektedir. Keten tohumunun yağ içeriği ve kalitesi türe ve kalıtsal özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca çevresel faktörlerden sıcaklık, toprak koşulları, kültürel uygulamalar ve bitki hastalıkları da yağ içeriği ve kalitesini etkilemektedir. Yağ asidi kompozisyonunda en fazla değişkenlik oleik asit (%14-60), linoleik asit (%3-21) ve linolenik asitte (%31-72) gözlenmiştir (3).

Keten tohumu yağı yüzyıllardır Hindistan, Çin ve Avrupa’da tüketilmesine karşın çoğu

batı ülkelerinde hızlı okside olabilmesi ve polimerleşmesinden dolayı yenmeyen bir yağ olarak değerlendirilmektedir ve GRAS (genel olarak güvenilir kabul edilir) statüsüne sahip değildir. Bu yüzden hem stabilitesini hem de salata ve yemeklik yağlar arasındaki rekabet gücünü artırmak üzere linolenik asit içeriğini <%3 gibi düzeylere düşürmek amacıyla keten tohumu yağında modifikasyonlar yapılmıştır. Solin tipi varyetelerinde yapılan başarılı modifikasyonlarla linolenik asit içeriğinde (<%3) azalma, linoleik asit içeriğinde ise artma sağlanmıştır (3, 6).

Tablo 2’de doğal olarak yüksek miktarda ALA içeren gıdalar verilmiştir. ALA’nın keten tohumundaki yüzde olarak miktarı kendinden sonraki en iyi kaynaktan 5,5 kat daha fazladır (6).

ALA ve linoleik asit (LA, n-6)’in her ikisi de esansiyel yağ asitleridir ve diyetle alınmaları gerekir. Bir kere alındıklarında, LA ve ALA, iltihap oluşumu, platelet agregasyonu ve vasokonstriksiyon üzerine farklı etkileri olan, eikosanoidlerin farklı sınıflarına dönüşürler. LA bir seri desaturasyon (çift bağ oluşumu) ve zincir uzama basamakları ile araşidonik asite dönüşebilir (Şekil 1)(5, 6). Bu zincir uzama ve desaturasyon işlemleri insan lökositlerinde ve karaciğerinde gerçekleşmektedir (3).

Araşidonik asitten oluşan eikosanoidlerin tersine eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)’den oluşan eikosanoidler platelet agregasyonu, vasokonstriksiyon ve thrombosis’i azaltmada önemli rol oynamaktadırlar. Diyetle alınan ALA, EPA ve DHA’nın artışı n-6/n-3 oranını düşürmekte ve böylece daha az enflamatuvar olan eikosanoidlerin biyosentezini artırmaktadır (6).

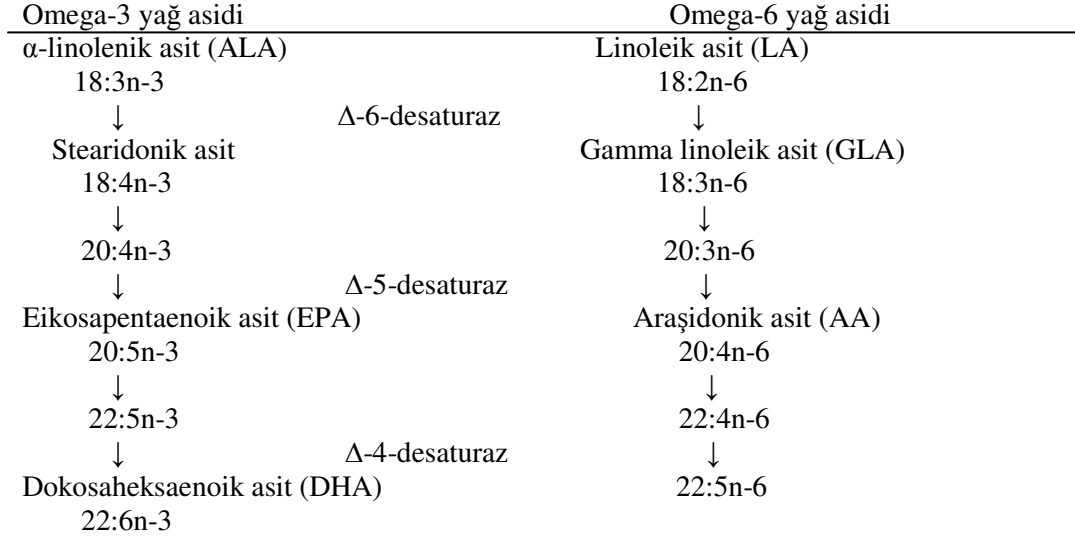
Tablo 1. Keten tohumu ürünlerinin kompozisyonu (100 g için)

Ürün	Enerji (kcal)	ALA (g)	Toplam diyet lifi (g)	Çözünür lif (g)	SDG (mg)
Öğütülmemiş (tüm) tohum	454,5	22,7	27,3	6,82	8,8
Öğütülmüş tohum	450,0	22,5	27,5	6,88	6,4
Keten tohumu yağı	885,7	57,1	0,0	0,00	0,0

ALA: α -linolenik asit, SDG: Sekoisolarikiresinol diglukosid

Tablo 2. α -linolenik asit içeren temel gıda kaynakları

Gıda	α -linolenik asit içeriği (%)
Keten tohumu	55
Kanola yağı	10
Ceviz	10
Soya fasulyesi	7
Domuz yağı	1



Şekil 1. Omega-3 ve omega-6 serilerinin çoklu doymamış yağ asitleri ile ilişkileri

ALA, EPA ve DHA beyin ve retinanın ilk gelişimlerinde elzemdirler. ALA'dan türeyen DHA beyin gelişimi ve görsel fonksiyonlar için elzem iken LA'dan türeyen araşidonik asit (AA) neonatal büyüme ve ovulasyon için esansiyeldir (5). Omega-3 yağ asitleri vücutta nabız dahil kan basıncı, bağışıklık sistemi tepkisi ve yağların yıkılması gibi çeşitli düzenleyici fonksiyonları yerine getirir. Eksikliğinde yavaş büyüme, görme zayıflığı, öğrenme yeteneğinde zayıflık, kol ve bacaklarda uyuşukluk hissi ve davranış değişiklikleri görülür (2). ALA'dan oluşan EPA, prostaglandinleri ve lökotrienleri azaltmasıyla tümör inhibisyonunda önemli rol oynamaktadır (3). ALA ve diğer omega-3 yağ asitleri üzerine yapılan araştırmalarda, eikosanoidlerin kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağladıkları saptanmıştır. ALA'nın kardiyovasküler hastalığı önleme mekanizmaları, enflammatuar yanıtı düşürmeleri, platelet agregasyonu ve thrombosis'i inhibe etmeleri, kan basıncını düşürmeleri, serum lipidlerini geliştirmeleri ve kardiyak arhythmias'ı önlemelerini

içermektedir (6). Fareler üzerine yapılan bir çalışmada, fareler %10-20 keten tohumu içeren yüksek yağ-kolesterol diyetleri ile beslenmiş ve sonuçta HDL ile trigliserid miktarları değişmezken serum kolesterolünün yükseldiği görülmüştür (5). Keten tohumu ve ayçiçeği tohumları ile yapılan bir başka çalışmada ise sadece keten tohumu ile yapılan diyet (%14.7) LDL kolesterolünün belirgin ölçüde düşürüldüğü, serum HDL kolesterolü ve trigliserid konsantrasyonunun her iki tohumla yapılan diyetten etkilenmediği görülmüştür (7). Omega-3 yağ asitleri, interleukin-1 (IL-1), tümör nekrosis faktörü, leukotrin B4, polimorfonukleer lökositler ve monositlerin serbest oksijen radikallerinin oluşumunu baskılamaktadır. Keten tohumu serbest oksijen radikallerinin miktarını azaltarak hiperkolesterolemik atherosclerosis gelişimini önlemektedir (8). Omega-3 yağ asitleriyle zenginleştirilen dokuda eikosanoid sentezi, glukoz sentezi için substrat kullanımı, insülin reseptörüne karşı insulinin afinitesi veya pankreatik islet fonksiyonu artabilmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmada günde 3 g keten

tohumu yağı ile beslenen yetişkinlerde kan glukoz düzeyinin artmadığı görülmüştür (9).

ALA'nın kanser üzerine etkisi için diğer bir alternatif mekanizma yağ asitlerinin sitokin üretimi üzerindeki etkileri ve α -linolenik asidin diğer immunomodulator etkilerine dayanmaktadır (3).

Son zamanlarda çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunun ikincil ürünlerinin kanser hücrelerine zarar verdiği gösterilmiştir. α -linolenik asit gibi yağ asitlerinin bu inhibitör etkisinin meme tümörü gelişimini önleyebildiği ve bunun kısmen lipit peroksidasyonu sonucu oluşan toksik bileşiklerden kaynaklandığı belirtilmiştir (10, 11).

Keten tohumunun içerdiği yağ asitleri (omega 3-6-9) vücut sıcaklığının korunması, miyelin kılıflarının yapılması, dokuların korunması ve enerji üretimi için hayati önem taşımaktadır. Keten tohumu yağı, kronik kabızlığa karşı da kullanılır. Çok etkili müshil ilaçlarının sürekli kullanımının bağırsak mukozasını tahriş etmesi neticesinde organizma için gerekli olan özellikle potasyum gibi minerallerin kaybına neden olurken keten tohumu yağı kullanımında bu etkilerin söz konusu olmadığı görülmüştür (1,3,6,10).

2.2. Gamlar: Çözünabilen Polisakkaritler

Keten tohumu 100 g'da yaklaşık 28 g diyet lifi içerdiğinden iyi bir kaynak durumundadır. Keten tohumu gamları, keten tohumunun sıcak suyla muamele edilmesi ve bunu takiben alkol presipitasyonu ve dondurarak kurutma işlemlerinin uygulanması ile ekstrakte edilebilir (3, 10). Keten tohumunun fibröz kabuğu tohum ağırlığının %30-39'unu oluşturur ve çok az miktarlarda protein ve yağ içerirken polisakkaritlerce zengindir. Kabuk dış yüzeyi musilaj içeren epidermle sarılmıştır ve iç kısımda ise endosperm bulunur. Musilaj heterojenik bir polisakkarit olup keten tohumunun çözünabilir lif fraksiyonunun büyük bir kısmını oluşturur ve insanlarda hipoglisemik etkiye sahiptir (12).

Keten tohumu lifinin yaklaşık %24'ünü suda çözünabilir fraksiyon oluşturmaktadır (10). Keten musilajı 2:1 oranında asidik ve nötr karakterde iki polisakkarit bileşeninden oluşur. Nötral fraksiyon dallanmış yapıda olup L-arabinoz, D-ksiloz ve D-galaktozu 3,5:6,2:1 oranında içermektedir. Asidik fraksiyon L-

ramnoz, L-fruktoz, L-galaktoz ve D-galakturonik asidi 2,6:1:1,4:1,7 oranlarında içermektedir. Keten tohumunun çözünabilir polisakkaritleri glukoz, ksiloz, galaktoz, ramnoz, arabinoz ve fruktozu sırasıyla azalan miktarlarda içermektedir. Musilaj koyulaştırıcı ve stabilize edici madde olarak da kullanılmaktadır (11).

Keten tohumu lifi, guar gamı, yulaf gamı ve diğer viskoz liflere benzer şekilde serum kolesterolünü düşürmekte ve kan glukoz düzeyini artırmamaktadır. Çözünür lif, ince bağırsak içeriğinin viskozitesini artırarak ve karbonhidratların absorpsiyonu ile sindirimi geciktirerek glisemik indeksi azaltmaktadır (4, 10). Diyet lifi olarak keten tohumu gamlarının, koroner kalp hastalığı için risk faktörleri olan serum kolesterolü ve lipit üzerine etkileri kısmen fizyokimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca keten tohumunun hipokolestrolemik etkileri, kolonda fermentasyon sırasında yüksek miktarda oluşan kısa zincirli yağ asitlerinden de kaynaklanmaktadır (3). Liflerin etki yolları; toplam kolesterol ve LDL kolesterolünü düşürmelerinin yanında, gastrik boşalımını geciktirmeleri, geçiş zamanını artırmaları, yağların yığın faz difüzyonu ile karışmalarını ve safra asidinin salgılanmasını artırmalarını da içermektedir (6). Lif olarak keten tohumunun kullanıldığı bir çalışmada günlük 50 g keten tohumu alımı ile bağırsak hareketlerinin haftada %30 oranında arttığı görülmüştür. Keten tohumunun suda çözünabilir lifleri kan glukoz düzeyini sabit tutmaya yardımcı olabilmektedir (10).

2.3. Proteinler

Keten tohumunun protein içeriği genetiksel ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Soğukta gelişme koşulları düşük protein, sıcakta gelişme koşulları ise yüksek protein içeriğine neden olmaktadır (3, 13). Yapılan çalışmalar keten tohumunun, tuzda çözünen yüksek molekül ağırlıklı (11-12 S) ve suda çözünen düşük molekül ağırlıklı (1,6-2 S) olmak üzere iki ana depo protein grubunu içerdiğini göstermektedir (14, 15). Protein fraksiyonu uygun oranlarda amino asitler içermesine karşın lizin, treonin ve tirozin açısından fakirdir. İyi bir metionin ve sistein kaynağıdır. Yağsız keten tohumunun esansiyel amino asit indeksi 69'dur. Keten tohumu

protein konsantrasyonu ve izolasyonu laboratuvar koşullarında üretilmekle birlikte henüz ticari olarak mevcut değildir (3).

Tohum azotunun %25'i destile suda, yaklaşık %30'u 1 M NaCl'de, %42'si 0,1 N NaOH'de ve %4'ü ise etil alkolde çözünmektedir. Keten tohumu proteinlerinin %70-85'ini globulinler oluşturmaktadır (14, 16).

Keten tohumu protein ürünleri uygun su absorpsiyonu, emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi göstermektedirler. Bu belirtilen nitelikler açısından soya fasülyesi ürünlerine göre daha üstündürler. Alkali ekstraktı ve asit presipitasyonu ile elde edilen keten tohumu protein izolasyonu yüksek su ve yağ absorpsiyon özelliği göstermektedir. Keten tohumu proteinlerinin emülsifiye etme özelliği pH'ya bağlıdır ve NaCl ile olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca yüksek köpürme özelliğine sahiptirler. Soya proteinlerine göre yapısal olarak daha fazla lipofilik ve daha düşük tripsin inhibitör aktivitesine sahiptirler (3, 16). Keten tohumu proteini ve soya proteinin, plazma trigliserid ve ürik asit miktarları üzerine etkilerinin belirlendiği bir araştırmada, keten tohumunun soya proteinine göre trigliserid konsantrasyonunda iki kat daha fazla azalma sağladığı ve keten tohumunun soya proteininden çok daha fazla hipotrigliseridemik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten keten tohumu serum ürik asit miktarında belirgin bir düşüşe sebep olurken soya proteinin ters etkiye sahip olduğu görülmüştür (17).

Keten tohumu proteini kan glukozunu iki farklı yolla etkileyebilmektedir; (i) insülin salgısını teşvik ederek glisemik indekste azalmaya neden olabilir, (ii) polisakkaritlerle interaksyona girerek gıdaların glisemik indeksinde etkili olabilir. Keten tohumu proteinlerinin antifungal özelliğe sahip oldukları da belirlenmiştir. Bu nedenle bazı gıda sistemlerinde küf gelişimini engellemek amacıyla kullanım olanağına sahiptirler (18).

2.4. Fitokimyasallar

2.4.1. Lignanlar

Bitkisel kökenli bir kimyasal madde grubu olan lignanlarla ilgili ilk çalışma 1980'li yıllarda yayınlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, araştırmacılar vejeteryanlarda vejeteryan olmayanlara göre daha fazla lignan tespit

etmişlerdir. Keten tohumunun kabuklarında bol miktarda lignan bulunmakta ve en yakın rakibinden bile 100 kat daha fazla lignan içermektedir (19, 20).

Lignanlar iki sinnamik asit kalıntısının birleşmesi ile 2,3-dibenzilbutan çekirdeğinden oluşan fenolik bileşiklerdir. Karbonhidratlarla konjuge halde bulunan bitki lignanları, bağırsakta bakteriler tarafından memeli lignanları olan enterediol ve enterolaktona dönüştürülür (6). Keten tohumu memeli lignan ön maddesi olan sekoisolarikiresinol diglukosid (SDG) açısından en zengin kaynaktır (0,2-3,7 mg/g tohum). Keten tohumunda bulunan SDG vücuda alındığında bağırsaktaki fakültatif aerobik bakteriler tarafından dehidroksilasyon ve demetilizasyonla enteredirole dönüştürülür. Enterediol daha sonra enterolaktona okside olur (3). Bu lignanlar, bağırsak bakterileri tarafından sentezlendikten sonra absorbe edilerek karaciğere taşınır ve buradan safra kesesine gönderilir. Keten tohumu ayrıca, isolarikiresinol, pinoresinol ve matairesinol'ü de kapsayan minor lignanları da içermektedir (6, 19).

Keten tohumu ve bileşiminde bulunan lignanların, tümör oluşumunu önleme mekanizmasının tam olarak belirlenememesine karşın bu konuda birkaç mekanizma önerilmektedir. Lignanlar, fito-estrogenler olarak adlandırılan ve vücuttaki estrogen hormonuna benzer yapıya sahip olan bitkisel kökenli maddelerden biridir (19). İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalar, keten tohumunun endokrin fonksiyonu üzerine etkilerinin kısıtlandığını fakat ketenin, 17 β -estradiol (insan estrogeni) ve estrone sulfatın serum konsantrasyonlarını azalttığı ve menapoz sonrası dönemde prolaktin miktarını artırdığını gösterirken menstural döngüdeki kadınlarda böyle bir etkinin olmadığını ortaya koymuştur (6). Fito-estrogenleri içeren çevresel endokrin aktif bileşiklerin üreme ve verimlilik üzerine etkilerini inceleyen araştırmalarda fazla miktarda fito-estrogen tüketen Japon kadınlarının Amerikalı kadınlardan daha uzun menstural döngüye sahip oldukları belirlenmiştir (21). Keten tohumunun toplam testosteron miktarını ve prostat kanserinde serbest androjen indeks değerlerini azalttığı görülmüştür (6). Menapoz sonrası kadınlarda estrogen lipoprotein (a) miktarını düşürürken keten tohumunda bulunan lignanların da serum

lipoprotein (a) konsantrasyonunda benzer etkiye sahip oldukları görülmüştür. Kardiyovasküler hastalığın güçlü işaretçisi olan lipoprotein (a) konsantrasyonu keten tohumu uygulaması ile belirgin ölçüde azalmıştır (7). Yapılan bir çalışmada, %10 keten tohumu uygulaması ile insan meme tümörleri aktarılmış farelerde tümör gelişiminin ve mastitisin azaldığı görülmüştür. Keten tohumunun tümör gelişimi ve mastitisi düşürücü etkisinin vasküler endothelial gelişme faktörünün ekstraselüler miktarlarını azaltmasından kaynaklanmaktadır (11, 22). Diyetle %5 keten tohumu uygulamasının memeli canlılarda tümör oluşumuna neden olan dimetilbenzantirasin miktarını azalttığı tespit edilmiştir. Bu biyolojik etkilere sahip olması ile lignanlar hormona dayalı kanserlerin önlenmesi ve tedavisinde geleneksel estrogen terapilerine alternatif oluşturmaktadırlar (6, 19). Lignanlar ayrıca, membran ATPaz aktivitesini bastırabildiğinden ve hücre çoğalması ile ilişkili enzimleri inhibe edebildiğinden tümör hücrelerinin çoğalmasını engellemektedir. Yüksek keten tohumu alımı ile yapılan çalışmalarda SDG veya memeli tip lignanların genotoksik etkisinin olup olmadığı araştırılmış ve lignanların herhangi bir genotoksik etkisinin bulunmadığı görülmüştür (1, 3).

Lignanlar serum kolesterolünü, kolesterol metabolizmasında yer alan 7 α -hidroksilaz ve açılCoA kolesterol transferaz enzimlerinin aktivitesini düzenleyerek düşürebilirler. Ketendeki lignanlar ayrıca oksidatif stresi de azaltabilirler. SDG, enterediol ve enterolakton in vivo koşullarda çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunu inhibe ederek antioksidan etki gösterirler (6).

Keten tohumunda bulunan SDG lignan sadece anti-kanser ve anti-oksidan özelliğe sahip değil, aynı zamanda anti-viral, anti-bakteriyel ve anti-fungal özelliklere de sahiptir. Ayrıca güçlü bir antioksidan ve farklı hastalıklara karşı bağışıklık sistemini güçlendirici bir maddedir. Keten tohumu ekstraktları ve özellikle saflaştırılmış lignanlar, cilt kanserine karşı koruyucu olma ve promotajenler ile prokarsinojenlerin aktivasyonunun inhibisyonu şeklinde antioksidan etki gösterebilmektedirler. Bunlara ilaveten kolesterolden safra asidinin oluşumunda rol oynayan enzimin inhibisyonunu da sağlayarak kolesterol

homeostatis'ini etkilemekte ve bu sayede de kolon kanseri riskini azaltabilmektedirler (3, 6, 21).

2.4.2. Fenolik Asitler

Yağlı tohum ürünlerinde fenolik asitler, benzoik ve sinnamik asitlerin hidroksile edilmiş türevleri olarak oluşurlar. Keten tohumunda 8-10 g/kg toplam fenolik asit, 5 g/kg esterleşmiş fenolik asit ve 3-5 g/kg eterleşmiş fenolik asit bulunmaktadır. Toplam ve esterleşmiş fenolik asitlerin düzeyi kabuksuz ve yağsız keten tohumunda ise 81 ve 73,9 mg/100 g'dır (23). Bu ürünlerde bulunan başlıca fenolik asitler trans-ferulik (%46), trans-sinapik (%36), p-kumarik (%7,5) ve trans-kaffeik (%6,5) asittir. Fenolik asit içeriğindeki varyasyon mevsimsel etkilerden kaynaklanmaktadır (24). Yağsız keten tohumu tozunda belirlenen fenolik asitler ferulik asit (10,9 mg/kg), klorojenik asit (7,5 mg/g), gallik asit (2,8 mg/g) ve 4-hidroksibenzoik asit (iz miktarda)'tır (3, 25). Doğal olarak bulunan kaffeik ve gallik asit gibi fenolik asit ve analogların karsinojenin modülasyonu ile bağlantılı çok çeşitli biyolojik fonksiyonlar gösterdikleri bilinmektedir. Kaffeik asit fenetil ve benzil esterleri gibi sinnamik asit esterleri kanser hücrelerinin bazı tiplerine karşı çoğalmayı önleyici etki göstermektedir. Gallik asit ve esterleri hidroksibenzoik türevleri olup hem gıda hem de ilaç endüstrisinde antioksidant olarak kullanılmaktadırlar. Keten tohumunun biyoaktif fonksiyonlardan antioksidant, antimikrobiyal ve anti-kanser etkiler yapısında bulunan fenolik asitlerden kaynaklanmaktadır. Bunlara ilaveten fenolik ve fitik asitler hipokolestolemik etkiye sahip olduğu gibi meme ve kolon kanser riskinde de azalmaya neden olmaktadır (3, 23, 28).

2.4.3. Flavonoidler

Flavonoidler, doğal benzo- γ -piran türevlerinin bir grubudurlar ve fotosentez yapan hücrelerde yer alırlar (27). Flavonoidler alerjilere, iltihaba, serbest radikallere, hepatotoksinlere, mikropalara, virüslere, ülsörlere ve trombosit kümeleşmesine karşı biyolojik aktiviteye sahiptir. Ayrıca flavonoidler lipit peroksidasyonu, kapılar geçirgenliği ve kırılabilirliği azaltmakta, siklo-oksigenaz ve lipoksigenaz da dahil olmak üzere enzim sistemlerinin aktivitesini de inhibe

etmektedirler (1, 28). Bazı bitki flavonoidleri gastrointestinal sistemde karsinojenlerle interaksyona girebilmekte ve böylece bunların adsorpsiyonunu azaltabilmektedirler (27). Bunlara ilave olarak, flavonoidler hücrelerden belirli karsinojenlerin pompalanmasını artırarak veya detoksifikasyon enzimlerini uyararak hücreleri karsinojenlere karşı koruyabilmektedir (3, 28). Yüksek miktarda flavonoid alımı (yaklaşık 30 mg/gün) ile düşük miktarda alım (<19 mg/gün) karşılaştırıldığında koroner kalp hastalıklarında yaklaşık %50 oranında bir azalma görülmüştür. Bu etkinin varsayılan mekanizması ise LDL oksidasyonu ile platelet agregasyonunun inhibisyonunu içermektedir (20).

Keten tohumunda bulunan başlıca flavonoidler flavan C- ve O-glikositlerdir (3). Keten tohumunda flavonoidlerin içeriği 35 ile 71 mg/100 g arasında değişmektedir. Bu düzeye kültür çeşitliliği ve çevresel faktörler etki etmektedir (28).

2.4.4. Tokoferoller

Tokoferoller, yağda çözünebilen en güçlü doğal antioksidantlardır. Keten tohumu yağı α , β , γ ve δ tokoferollerini içermekte ve toplam tokoferol içeriği 40-50 mg/100 g arasında değişmektedir (3). Keten tohumu yağında bulunan γ -tokoferol (toplam tokoferolün %80'den fazlasını oluşturur) *in vitro* koşullarda α -tokoferolden çok daha fazla antioksidan etkiye sahip olmasına karşın α -tokoferolün biyolojik E vitamini etkisinin sadece %10-20 kadarını göstermektedir (30). Keten tohumunda tokoferol düzeyi kültür spesifik ve çevresel koşullardan etkilenmektedir. Toplam tokoferolün %26'sı tohum kabuğunda bulunmaktadır. Tokoferoller hücre membranındaki polidoymamış yağ asitlerini oksidasyona karşı korumakta ve selenyumunu indirgen formda tutarak antioksidan kapasitesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca E vitamininin, nitrosaminlerin oluşumunu da azalttığı tespit edilmiştir (3). Keten tohumunun A vitamini ve E vitamini içerikleri sırasıyla 5,85 IU/g ve 18,17 μ g/g'dir (5).

3. Keten Tohumu İçeren Ürünlerin Olumsuz Etkileri

FDA (Gıda ve İlaç İdaresi) gıdalarda ağırlıkça %12'ye kadar keten tohumu bulunmasına izin vermektedir. Fakat keten tohumu tozu ve soğuk preslenmiş keten tohumu yağı henüz GRAS statüsüne girememiştir (6).

Keten tohumundaki besinsel bileşenlerin olası negatif etkisi yüksek miktardaki çoklu doymamış yağ asidi miktarı ile ilgilidir. Çok sayıdaki çift bağlar bu yağ asitlerini oksidasyon ve serbest yağ asidi oluşumuna uygun hale getirmektedir. Bu nedenle, uzun süre diyetle alınan yüksek miktarda keten tohumu oksidatif stresi artırabilir ve antioksidan bileşiklerin azalmasına neden olabilir. Yapılan çalışmalarda %20 keten tohumu içeren diyet ile beslenen farelerde plazma ve karaciğerde E vitamininin azaldığı kanıtlanmıştır (5, 31).

Keten tohumunda bulunan fitik asit çinko ve kalsiyum gibi pozitif yüklü minerallere bağlanarak bu minerallerin yetersizliğine neden olabilmekte ve kemik gelişimini etkileyebilmektedir (5).

Keten tohumunda anti-besinsel bileşiklerden biri olan ve B6 vitaminine bağlandığı bilinen linatin'in sağlık üzerine olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle keten tohumunun diyetle fazla miktarda alınması B6 vitamini eksikliğine ve sonuçta da homosistein ve böbrek yetmezliğinin artmasına neden olmaktadır. Keten tohumunun pişirilmeden tüketimi, hayvan ve insanlar için fazla miktarda alındığında toksik olabilecek bir bileşik olan siyanojenik glukosidlerin (HCN) üretimine neden olabilir. Yüksek miktarlarda pişirilmemiş keten tohumu kullanımı (>10 yemek kaşığı/gün) HCN miktarını 50-60 mg inorganik siyanite kadar çıkarabilir ve bu değer de yetişkinler için potansiyel olarak toksik kabul edilir. Yapılan çalışmalar sonucunda günlük 50 g'a kadar pişmiş keten tohumu alımının idrar tiyosiyonat miktarını artırmadığı bulunmuştur. Keten tohumu tüketimi nedeniyle herhangi bir akut ya da kronik siyanit toksisitesine rastlanmamıştır. Ayrıca pişirme işlemi bu riski ortadan kaldırmaktadır (5, 6).

Kaynaklar

- Berner, L. A. and O'Donnell, J. A., 1998. Functional Foods And Health Claims Legislation: Applications To Dairy Foods. *International Dairy Journal*, 8, 355-362.
- Korthals, M. 2002. The Struggle Over Functional Foods: Justice And The Social Meaning Of Functional Foods. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 15, 315-324.
- Mazza, G. 1998. Flaxseed Products For Disease Prevention. In: *Functional Foods, Biochemical and Processing Aspects*, Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company, 91-127.
- Oomah, B. D. and Mazza, G. 1997. Effect Of Dehulling On Chemical Composition And Physical Properties Of Flaxseed. *Lebensm.-Wiss.u-Techol.*, 30, 135-140.
- Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Collins, T. F. X., Sprando, R., O'Donnell, M. W., Flynn, T. J., Black, T., Olejnik, N. 2003. Flaxseed Increased A-Linolenic And Eicosapentaenoic Acid And Decreased Arachidonic Acid In Serum And Tissues Of Rat Dams And Offspring. *Food and Chemical Toxicology*, 41, 841-855.
- Bloedon, L. T. and Szapary, O.P. 2004. Flaxseed and Cardiovascular Risk. *Nutrition Reviews*, 62, 18-27.
- Arjmandi, B. H., Khan, D. A., Juma, S., Drum, M. L., Venkatesh, S., Sohn, E., Wei, L., Derman, R. 1998. Whole Flaxseed Consumption Lowers Serum LDL-Cholesterol And Lipoprotein (A) Concentrations In Postmenopausal Women. *Nutrition Research*, 18, 1203-1214.
- Prasad, K., 1997. Dietary Flaxseed In Prevention Of Hypercholesterolemic Atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 132, 69-76.
- Curan, R., Hildebrandt, L., Schoemer, S., 2002. Influence Of Flaxseed Oil Administration On Glycemic Responce In Active, Healthy Adults. *Topics in Clinical Nutrition*, Dec,
- Klotzabach-Shimomura, K., 2001. Functional Foods: The Role of Physiologically Active Compounds in Relation to Disease. *Topics in Chincinal Nutrition*, Mar,
- de Lemos, M.L. and O'Brien, R.K., 2004. Effects of Flaxseed on Breast Cancer Growth. *Journal of Oncology Pharmacy Practice*, 10, 145-147.
- Wanasundara, P.K.J. P. D. and Shahidi, F., 1997. Removal of Flaxseed Musilage By Chemical And Enzymatic Treatments. *Food Chemistry*, 59, 47-55.
- Chung, M.W.Y., Lei, B. and Li-Chan, E.C.Y., 2005. Isolation and Structural Characterizaion of The major Protein Frction From NorMan Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, 90, 271-279.
- Chung, M. W. Y., Lei, B., and Li-Chan, E.C.Y., 2005. Isolation and Structural Characterization Of The Major Protein Fraction From Norman Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, 90, 271-279.
- Oomah, B.D.,Der, T.J. and Godfrey, D.V., 2006. Themal Characteristics of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) proteins. *Food Chemistry* (In press).
- Madhusudhan, K. T. and Singh, N., 1983. Studies On Linseed Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31, 959-963.
- Bhathena, J. S., Ali, A., Mohamed, A. I., Hansen, C. T., and Velasquez, M. T., 2002. Differential Effects Of Dietary Flaxseed Protein And Soy Protein On Plasma Triglyceride And Uric Acid Levels In Animal Models" *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 684-689.
- Borgmeyer, J. R., Smith, C. E. and Huynh. O. K., 1992. Isolation and Characterization Of A 25 Kda Antifungal Protein From Flaxseed. *Biochemical and Biophysical Research Com.* 187, 480-487.
- Orcheson, L., Rickard, S. E., Seidl, M. M., and Thompson L.U., 1998. Flaxseed and Its Mammalian Lignan Precursor Cause A Lengthening Or Cessation Of Estrous Cycling In Rats. *Cancer Letters*, 125, 69-76.
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D, Bonanome, A., Coval, M. S., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A.E., and Etherton, T. D., 2002. Bioactive Compounds In Foods: Their Role In The Prevention Of Cardiovascular Disease And Cancer. *The American Journal of Medicine*, 113, 71-88.
- Collins, T. F.X., Sprando, R. L., Black, T. N., Olejnik, N., Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Bryant, M., Flynn, T. J., and Ruggles, D. I., 2003. Effects of Flaxseed And Defatted Flaxseed Meal On Reproduction And Development In Rats. *Food and Chemical Toxicology*, 41, 819-834.
- Dabrosin, C., Chen, J., Wang, L., and Thompson, L. U., 2002. Flaxseed Inhibits Metastasis And Decreases Extracellular Vascular Endothelial Growth Factor In Human Breast Cancer Xenografts. *Cancer Letters* 185,31-37.
- Dabrowski, K. J. and Sosulski, F. W., 1984. Composition Of Free And Hydrolizable Phenolic Acids In Defatted Flours Of Ten Oilseeds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 32, 128-130.
- Oomah, B. D., Kenaschulk E. O., and Mazza, G., 1995. Phenolic Acids In Flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 2016-2019.
- Haris, R. K. and Haggerty, W. J., 1993. Assays For Potentially Anticarcinogenic Phytochemicals In Flaxseed. *Cereal Foods World*, 38, 147-151.
- Fiuza, M. S., Gomes, C., Teixeira, L. J., Girao da Cruz, M. T., Cordeiro, M. N. D. S., Milhazes, N., Borges and Marques, M. P.M., 2004. Phenolic Acid Derivatives With Potential Anicanser Properties-A Structure-Activity Relationship Study. Part I: Methyl, Propyl And Octyl Esters Of Caffeic And Gallic Acids. *Bioorganic&Medicinal Chemistry*, 12, 3581-3589.
- Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A. R., Simonic, Marjana, and Knez, Z., 2004. Phenols, Proanthoyanidins, Flavones In Some Plant Materials And Their Antioxidant Activities" *Foods Chemistry*,
- Cook, N. C. and Saman, S., 1996. Flavonoids- Chemistry, Metabolism, Cardioprotective Effects And Dietary Sources. *Journal of Nutrition Biochemistry*, 7, 66-76.
- Oomah, B. D., Mazza, G. and Kenaschuk, E. O., 1996. Flavonoid Content Of Flaxseed. *Influence Of Cultivar And Environment. Euphytica*, 90, 163-167.
- Allen, D. P., Danforth, H. D., and Augustine, P. C., 1998. Dietary Modulation Of Avasian Coccidiosis. *International Journal of Parasitology*, 28, 1131-1140.
- Javouhey-Donzel, A., Guenot, L., Maupoll, V., Rochette, L., and Rocquelin, G., 1993. Rat Vitamin E Status And Heart Lipid Peroxidation: Effect Of Dietary A-Linolenic Acid And Marine N-3 Fatty Acids. *Lipids*, 28, 651-655.