

## SOYA VE SOYA ÜRÜNLERİNİN FONKSİYONEL GIDA BİLEŞENLERİ

### FUNCTIONAL FOOD COMPONENTS OF SOY AND SOY PRODUCTS

Dilara NİLÜFER, Dilek BOYACIOĞLU\*

İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Geliş tarihi: 20.09.2007

**ÖZET :** Soya ürünleri, yüksek miktarda soya proteini, izoflavonlar, omega-3-yağ asitleri ve diyet lifi içerikleri ile çok önemli fonksiyonel gıda bileşenleri veya ürünleridir. Sağlığa olumlu etkilerinden dolayı, ürün geliştirmede soyanın geleneksel gıdalara tamamen veya kısmen ilave edilmesi veya diğer bileşenlerle yer değiştirmesi yönünde eğilimler giderek artış göstermektedir. Soyanın sağlığa yararlı etkileri tüketicilere yaygın olarak tüketilen ve kabul edilebilir nitelikteki soya ürünleri ile ulaştırılabilir. Çok çeşitli soya esaslı bileşen dünya pazarında mevcut olup, formülasyonların optimizasyonu için her birinin fonksiyonu, besin değeri, maliyet ve lezzet özellikleri tam olarak anlaşılmalıdır. Bu çalışmada; soya ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşenlerinin sağlığa olan etkileri, gıda süreçlerinden etkilenmeleri ve ürünlerde uygulamalarının irdelenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Soya proteini, diyet lifi, izoflavon, fenolik maddeler

**ABSTRACT :** Soy products, with their high content of soy protein, isoflavones, omega-3-fatty acid and dietary fiber are potential functional food ingredients. Consequently, for all their positive effects on health, there is an increasing trend in product development to integrate soy into conventional foods either as a complete or partial replacement. Positive health effects of soybean can be supplied to consumers via soy products that are widely consumed and having acceptable quality. As variety of soy ingredients are available in the world market, it is critical to understand their functions for optimization of product nutrition, functionality, taste and cost. The objective of this study is to evaluate the functional food components of soy ingredients by means of their health effects, process effects and applications on several products.

**Keywords:** Soy protein, dietary fiber, isoflavones, phenolic compounds

### GİRİŞ

Soya "Leguminosae" familyasına aittir. Ekilen çeşidi *Glycine max* (L.) Merrill yıllık olarak yetişir (1). Soya tohumu tipik bir baklagil tohumu olup, kabuk, bir çift kotiledon ve embriyo olmak üzere üç kısımdan meydana gelmiştir (2).

Uzun yaşamları olan Uzakdoğu ülkeleri halklarının sıkça tükettiği soyanın, bilimsel çalışmalarla kanıtlanmış sayısız yararı bulunmaktadır. Etten daha yüksek protein içeren, düzenli kullanıldığında kolesterolü düşüren, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruma sağlayan, düşük yağ oranı sayesinde kilo kontrolüne yardımcı olan, menopoz sorunlarını ve kanser riskini azaltan soya, mucize bitki olarak benimsenmektedir (1).

Soya birçok çeşit ürüne işlenebilmekte olup, soya esaslı gıdalar dünya ve ABD pazarlarında temel olarak 6 kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar, soya yağı, geleneksel soyalı gıdalar, soya protein ürünleri, modern soya gıdaları, soya ile zenginleştirilmiş gıdalar ve fonksiyonel soya bileşenleri/besin takviyeleridir (1).

2005 üretim döneminde, dünya soya ekim alanı 93,4 milyon hektar olurken, üretim miktarı 214,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın yaklaşık %39,6'sı, soyada söz sahibi ülke olan ABD'ye ait iken, Brezilya, Arjantin, Çin ve Hindistan diğer üretici ülkelerdir (3). Türkiye'de soyanın gıda sektöründe kullanımı yaygınlaş-

\* E-posta : boyaci@itu.edu.tr

ma eğiliminde olup, ağırlıklı olarak yem sektöründe tüketilmektedir (4). Türkiye'de çok az üretilen soya ve soyanın kırılması sonucunda elde edilen soya küspesi talebi ağırlıklı olarak ithalat ile karşılanmaktadır. 2003-2005 yılı döneminde soya üretiminde 85000 tondan 29000 tona düşüşler yaşanmış olup, 2006 yılı itibarı ile soya üreticilerine verilen teşviklerle bu rakamların artması beklenmektedir. Soya ithalatında (2005 yılı için 1,15 milyon ton, 328,5 milyar dolar) tedarikçi ülkeler başta ABD olmak üzere, mahsul dönemlerine göre Brezilya, Arjantin ve zaman zaman Romanya'dır (3, 4).

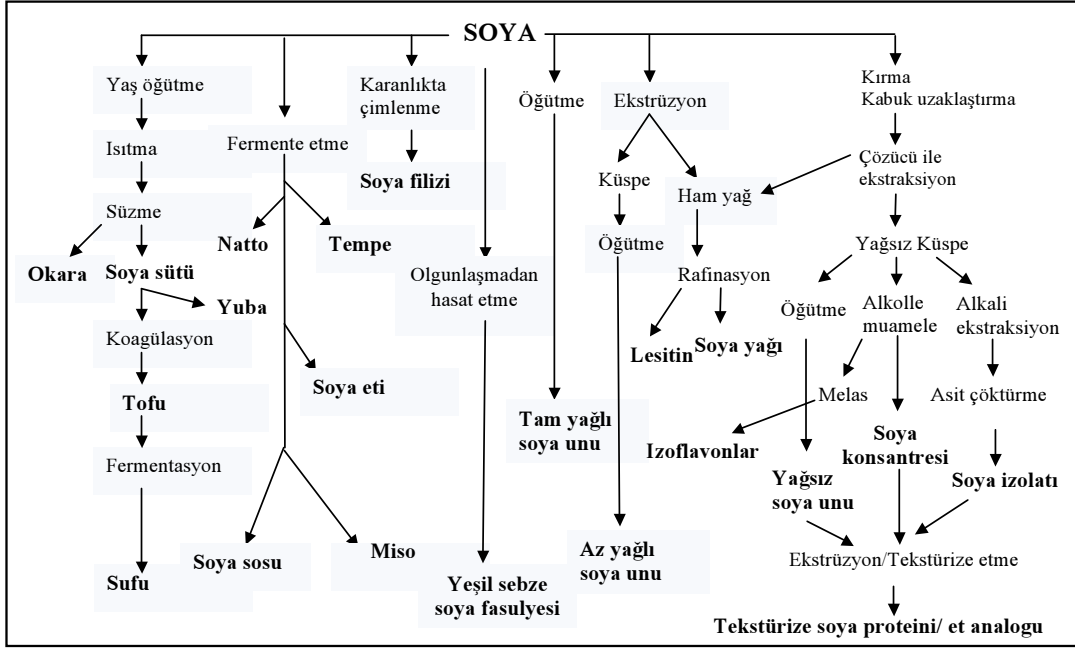
### SOYA KOMPOZİSYONU VE ÜRÜNLERİ

Soya, diğer hububat ve baklagillere kıyasla daha yüksek oranda (%38-40) protein içermesi nedeniyle, protein ihtiyacının karşılanması açısından önemli olmakla birlikte, %18-20 oranında yağ miktarı ile de baklagiller arasında ikinci sırada olan önemli bir yağlı tohumdur (1, 4). Soya fasulyesine ait besin öğeleri Çizelge 1'de verilmiştir. Son yıllarda, soya fonksiyonel gıda kavramı içerisinde önem kazanmıştır (1, 5). Soya; içermekte olduğu yüksek kaliteli protein, diyet lifi ve izoflavonlar açısından zengin olmasının yanında, kolesterol ve doymuş yağ içermemesi gibi nedenlerden ötürü de tercih sebebi olmuştur (1, 6).

**Çizelge 1.** Soyadaki besin öğelerinin ve fitokimyasalların kuru madde bazında konsantrasyonları (1).

<b>Protein (%)</b>	30-50 (40)	<b>Kül (%)</b>	4.61-5.94 (5.0)
<b>Amino asitler (%)</b>		<b>Karbonhidratlar (%)</b>	26-38 (34)
Alanin	1.49-1.87 (1.69)	Sakaroz	2.5-8.2 (5.5)
Arginin	2.45-3.49 (2.90)	Rafinoz	0.1-0.9 (0.9)
Aspartik asit	3.87-4.98 (4.48)	Staçiyoz	1.4-4.1 (3.5)
Glutamik asit	6.10-8.72 (7.26)	<b>Vitaminler (µg/g)</b>	6.26-6.85
Glisin	1.88-2.02 (1.69)	Tiamin	0.92-1.19
Sistein	0.56-0.66 (0.60)	Riboflavin	10.9-28.4
Prolin	1.88-2.61 (2.02)	α-tokoferol	150-190
Serin	1.81-2.32 (2.07)	τ-tokoferol	24.6-72.5
Histidin	0.89-1.08 (1.04)	<b>Yağ (%)</b>	12-30 (20)
İzölösin	2.16-2.12 (1.76)	<b>Yağ asidi kompozisyonu</b>	<b>(toplam yağın %)</b>
Lösin	2.71-3.20 (3.03)	Palmitik asit	4-23 (11)
Lisin	2.35-2.86 (2.58)	Stearik asit	3-30 (4)
Metionin	0.49-0.66 (0.54)	Oleik asit	25-86 (25)
Fenilalanin	1.70-2.08 (1.95)	Linoleik asit	25-60 (53)
Treonin	1.33-1.79 (1.58)	Linolenik asit	1-15 (7)
Triptofan	0.47-0.54 (0.49)	İzoflavonlar (%)	0.1-0.4 (2.5)
Tirozin	1.12-1.62 (1.43)	Saponinler (%)	0,1-0,3
Valin	1.52-2.24 (1.83)	Fitik asit (%)	1.0-1.5 (1.1)
Fitosteroller (mg/g)	0.3-0.6	Lektin (Hemaglutinin ünitesi/mg protein)	1.2-6.0 (3.0)
Tripsin inhibitörleri (mg/g)	16.7-27.2 (22.3)	Lunasin (% yağsız un)	0.33-0.95 (0.65)

Gıda formülasyonlarına çeşitli şekillerde ilave edilmek üzere birçok araştırmaya konu olan soya başlıca 3 ana ürün çeşidi olarak kullanılmaktadır: yağ ürünleri (gliserol, rafine soya yağı, soya lesitini), tam soya ürünleri (soya, soya filizi, soya sütü, soya unu, tofu vb.) ve soya protein ürünleri (soya unu, soya proteini konsantresi ve izolatları) (1, 5, 7). Şekil 1'de soya ürünlerinin üretim basamakları verilmektedir.



### **Soya sütü tozu**

Soya sütü tozu, soya sütünden suyun uzaklaştırılmasıyla veya soya proteini ve soya yağı tozlarının karıştırılmasıyla üretilen konsantre bir soya ürünü olup, fonksiyonel bileşenleri (soya proteini, çözünür lif, çözünmeyen lif, izoflavon, antioksidan, soya yağı vb.) yüksek miktarda içeren bir ürün olması açısından dikkat çekicidir. Soya sütü tozu, %38'den az soya proteini ve %90'dan az toplam katı madde içermemelidir (9). Soya sütü tozu ticari olarak üç şekilde elde edilebilmektedir. Birinci yöntemde; izole edilen soya proteini bitkisel yağ, emülgatör ve diğer bileşenlerle birleştirilmektedir. İkinci yöntemde ise, soya sütü doğrudan püskürtmeli kurutucuda kurutulmaktadır. Son olarak, enzimle muamele edilen soya ekstraktının püskürtülerek kurutulması tekniği de tercih edilebilmektedir (11).

### **Soya protein izolatları**

Soya protein izolatları alkali ekstraksiyonu ve bunu takiben asidik pH'da çöktürme ile elde edilmektedir. Sonuç olarak işlem sırasında çözünür ve çözünür olmayan karbonhidratlar ayrılmaktadır. Son ürün %90 düzeylerinde protein içermekte olup, açık renkli ve hafif aromaya sahiptir (1). Soya protein izolatlarının taşıdıkları teknolojik özellikler: çözünürlük, jel oluşturma, emülsifikasyon, dağılılabirlik, viskozite ve şiddetli işlemlere dayanıklılıktır (7). Bu özellikleri ile gıda sanayinde işlenmiş etler, et analogları, çorba ve soslar, besleyici içecekler, mama formleri ve süt ikameleri gibi geniş bir kullanım alanında uygulama bulurlar (1). İzoflavon içerikleri, üretim sürecinden ötürü soya ununa göre yaklaşık olarak %50 oranında daha azdır (12).

### **Soya protein konsantreleri**

Soya protein konsantreleri geleneksel olarak yağı alınmış soya parçacıklarının sulu alkol (%20-80) ile ekstraksiyonu ile elde edilir. Son ürünün protein içeriği %70 düzeyinde olup, geri kalan kısım çoğunlukla çözünür olmayan karbonhidratları içermektedir (1, 12). Soya protein konsantreleri soya kotiledonundan şekerler, çözünür karbonhidratlar ve mineraller gibi çözünür bileşenlerin ekstraksiyon ile uzaklaştırılması ile üretilir ve yüksek lif içerikli bir bileşen olarak da kullanılırlar. Yaklaşık %20 civarında olan toplam diyet lifinin %14-18'ini çözünür olmayan lif ve %2-6'sını çözünür lif bileşenleri oluşturmaktadır (13).

### **Soya lifi**

Soya hücre duvarının %30 pektin, %50 hemiselüloz ve %20 selüloz içerdiği tespit edilmiş olup, çoğu soya karbonhidratı diyet lifi kategorisi içerisinde yer almaktadır. Ticari uygulamalar için çok çeşitli soya lifi (soya kabuğu lifi ve soya kotiledon lifi) üretilmektedir. Uygun süreçlerin kullanımı ile su tutma ve su bağlama gibi diğer birçok özellik kontrol edilebilmektedir (12).

### **Soya yağı**

Soya üretiminin büyük bir kısmı yağ üretiminde kullanılmaktadır. Soya yağı yüksek oranlarda oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerini içerir. Çok yüksek linolenik asit (%7-10) içeriği nedeniyle oksidasyona ve istenmeyen aroma oluşumuna duyarlıdır (1). Soya yağının yağ asidi kompozisyonunda doymuş yağ asitleri %15, tekli doymamış yağ asitleri %24 ve çoklu doymamış yağ asitleri %61 oranlarında yer almaktadır. Çoklu doymamış yağ asitleri içinde elzem yağ asiti olan a-linolenik asit mevcuttur. Soya yağ asitlerinin fitosteroller ve kalp damar hastalıklarına koruyucu etkisi olduğu ve kötü huylu kolesterolü düşürücü etkiye sahip olduğu tahmin edilmektedir (14).

### **Diğer soya ürünleri**

Okara, soya pulpu olarak da bilinen soya sütünün işlenmesi sırasında süzme sonrası oluşan çözünmeyen kalıntıdır. Tofu ve soya sütü işlemede yan ürün olarak ortaya çıkar. Hayvan yemi olarak kullanıldığı gibi, gıda olarak kullanımına Çin'de tuz ve baharatla birlikte turşu olarak veya et ve sebze yemeklerine ilave edilmesi şeklinde rastlanılmaktadır. Tofu geleneksel soya sütünün koagülan ajan yardımı ile koagüle edilmesi sonucu elde edilmektedir. Yumuşak beyaz peynir veya sıkı yapıda bir yoğurda benzer yapıdadır. Taze tofu *Mucor hiemalis*

veya *Actinomucor elegans* ile fermente edildiğinde ise sufu veya Çin peyniri olarak bilinen ürün elde edilmektedir. Soya sütünden elde edilen diğer bir soya esaslı ürün yuba ise, kremi sarı renkli hafif aromalı protein-yağ filmi olup taze, yarı kuru ve kuru formları mevcuttur. Çoğunlukla diğer gıdaları sarmak üzere veya çorbalarda kullanım bulmaktadır. Natto ise, genellikle Japonya'da kullanım bulan soya sosu ve hardal ile yenilen ve pirinç ile birlikte servis edilen fermente edilmiş soya ürünüdür. Pişirilerek yumuşatılmış soyanın *Bacillus natto* ile inoküle edilmesi sonucu tanelerin beyaz yapışkan bir şekilde bakteri ile kaplanması sonucu oluşur. Tempe de, pişirilmiş soyanın *Rhizopus* sp. küf ile fermente edilmesi ile üretilir. Taze tempe keke benzer bir yapıda olup miseller ile kaplanmıştır. Dilimlenip kızgın yağda kızartılarak et analogu veya ana yemek olarak tüketilmektedir. Miso, soya ezmesi olarak da bilinen fermente bir üründür. Çin ve Japon mutfağında tüm yemek ve çorbalarda lezzet verici olarak kullanılmaktadır. Hammadde olarak yalnız soya kullanılabilirdiği gibi buğday unu, pirinç, arpa gibi hububatlarla da karıştırılarak, *Aspergillus oryzae* sporları ile fermentasyonu takiben pastörize edilerek üretilmektedir (Şekil 1) (1).

## FONKSİYONEL BİLEŞENLER

Geleneksel besinlerin yanı sıra bazı gıda ürünlerinin sağlığı korumada ve kronik hastalıkları önlemede etken olduğu kanısı giderek artmaktadır. Bu tür gıdalar genel olarak fonksiyonel gıdalar olarak adlandırılmaktadırlar (15). Soya ve ürünlerinde mevcut fonksiyonel bileşenler başlıca diyet lifleri, fenolik bileşikler, izoflavonlar ve soya proteinleridir.

### Diyet lifi

Diyet lifi tanım olarak yıllar boyunca değişimlerden geçmiştir. Ancak 2001 yılında AACC (Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği) tarafından yapılan tanım günümüzde halen kabul görmektedir. Bu tanıma göre; "insan ince bağırsağında emilime ve sindirime dirençli, kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente olabilen, bitkilerin yenilebilir kısımları veya karbonhidrat analoglarıdır. Polisakkaritleri, oligosakkaritleri, lignin ve ilgili maddeleri kapsar. Boşaltımın kolaylaşması ve/veya kan kolesterolünü düzenleme ve/veya kan şekerini düzenleme gibi faydalı fizyolojik etkileri teşvik eder". Diyet lifinin tipik bileşenleri; selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin, gamlar ve müsilağdır. Lignin dışında diğer tüm bileşenler polisakkarit yapısındadır (13, 16-19).

### Diyet lifi kompozisyonu

Diyet lifi insan sindirim sistemindeki çözünürlüklerine bağlı olarak birçok bileşeni içermektedir. Çözünür diyet lifi, moleküler anlamda suda çözünmeyen özellikte ancak suda koloidal süspansiyon halinde olan bileşikleridir. Çözünür ve çözünür olmayan lifler farklı kimyasal karakteristiklere ve insan vücudunda farklı fizyolojik etkilere sahiptirler. Toplam diyet lifi ise hem çözünür hem çözünür olmayan diyet liflerini içermektedir. Çözünür olmayan lifler, insan sindirim sistemindeki enzimlerin sudaki çözeltisinde çözünmeyen özelliktedirler. Mide bağırsak sisteminde hacmi artırıcı ve dışkı atılımını kolaylaştırıcı etkiye sahiptirler. Çözünür olmayan lifler; selüloz, hemiselüloz, lignin, kutin, suberin, diğer bitki mumlarını; kitin ve kitosan ve dirençli nişastaları içerirler. Çözünür lifler ise, insan sindirim sistemindeki enzimlerin sudaki çözeltisinde çözünür özelliktedirler. Bir çok çözünür lif, enzimlerin sulu çözeltisi ve alkol karışımında (1:4) çöktürülebilmektedir. Çözünür lifler; pektin, b-glukan, gamlar ve inülinde oluşmaktadır (13).

Soyanın en temel karbonhidratı oligosakkaritler ve kompleks polisakkaritler olup diyet lifi kategorisinde değerlendirilirler (1). Soya lifi, soya kabuğu ve soya endosperminden olmak üzere iki kaynaktan elde edilir. Soya kabuğunun büyük çoğunluğu çözünür olmayan liften oluşurken, endospermden elde edilen diyet lifi hem çözünür (%21,1) hem de çözünür olmayan lif (%56,5) içermektedir (12, 13).

### Diyet lifinin sağlığa etkileri

Diyet lifinin karmaşık nitelikteki bileşenlerinden dolayı fizyolojik etkilerinde de çeşitlilik söz konusudur. Diyet lifi temel kaynakları; meyveler, sebzeler, baklagiller, yağlı sert kabuklu meyveler ve hububat taneleridir. Batı ül-

kelerinde diyet lifi alımının yeterli olmaması nedeniyle, beslenme alışkanlıklarında diyet lifi miktarını artırmak yönünde tavsiyelerde bulunmaktadır (13, 20, 21).

Birçok farklı popülasyonda yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, yüksek lif alımı düşük ölüm oranı ile ilişkilendirilmiştir. Lif miktarının yanı sıra lif çeşidinin de etkilerinin farklı olduğu saptanmıştır. Yüksek lif içerikli gıdaları tüketen kişilerde, ortalama enerji alımının da daha düşük olduğu saptanmış olup, kilonun korunması ve obeziteyi önlemesi ile ilişkilendirilmektedir (22). Toplam diyet lifi alımının diyabet ile ilişkisinin araştırıldığı çok sayıda epidemiyolojik çalışmada, Tip-2 diyabet riskinin az miktarda lif tüketen rafine karbonhidrat alımı fazla olan kişilerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Kalp damar hastalıkları faktörlerinin de diyet lifi, hububat lifi ve tam hububat tanesi tüketiminden etkilendiği bilinmektedir. Kan kolesterol düzeylerinde azalma sağlaması, karbonhidrat alımı ile ilişkili trigliserit düzeylerinin artışını önlemesi bu riski azaltmada etkilidir (22). Diyet lifinin kalp ve damar hastalıklarına etkisi kolesterol düzeylerini düşürmesi ile ilişkilendirilmekte olup, bu etki kolesterol emilimini ve biyosentezini değiştirmesi, safra asidi sentezini ve salgılanmasını arttırması şeklindedir. Vücuttaki toplam sterol havuzunu değiştirmesi nedeniyle hipokolesterolemik olarak ifade edilirler (23). Çözünür lif, mide ve bağırsak içeriğinin viskozitesini arttırmakta, yüksek viskoziteye sahip kimüs midenin boşalmasını geciktirmekte ve besin emilim hızını azaltmaktadır. Bu şekilde safrayı bağlamakta ve bağırsaktan emilimini önlemek suretiyle daha fazla kolesterol vücuttan atılarak kan kolesterolü azalmaktadır. Kolon mikroflorası çözünür lifler üzerine etki ettiğinde, asetik, propiyonik ve butirik asit oluşturmaktadır. Propiyonik asit karaciğer tarafından endojen kolesterol sentezini önleyici etkiye sahiptir (13).

Çeşitli kanser türleri ile ilişkisinin incelendiği çok sayıda çalışma sonucunda ise, çelişkili sonuçlar elde edilmekle birlikte, rektum, kolon, üst solunum yolu, gırtlak, yemek borusu ve mide kanserlerine koruyucu etkisi olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (22). Özellikle çözünür olmayan lifin kolon kanserini önlemeye etkili olduğunu destekleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Çözünür diyet lifinin kolonda fermentasyonu sonucu kısa zincirli yağ asitleri, karbondioksit, hidrojen, metan, butirat, propiyonat ve asetat ortaya çıkmaktadır. Soya oligosakkariti içeren lif, diğer liflere göre daha çok butirat oluşturma özelliğine sahiptir. Butiratin kolon kanserinin oluşumunda önleyici etkisi olabileceği konusunda iddialar da mevcuttur (24).

Soya polisakkaritlerinin çoğunlukla çözünür olmayan diyet lifi içeriğine rağmen, klinik çalışmalarla hem çözünür hem çözünür olmayan lif özelliklerine sahip oldukları kanıtlanmıştır. Çözünür lifin kolesterol düşürücü ve diyabet kontrolüne etkisinin yanı sıra, çözünür olmayan lifin bağırsak hareketlerini düzenleyici etkisi soya lifinde mevcuttur. Soya protein konsantreleri de hem çözünür hem çözünür olmayan diyet lifi içerikleri ile iyi bir lif kaynağıdır (12).

#### **Fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite**

Fenolik bileşikler bitkilerde yaygın olarak bulunurlar. Bitkilerde normal gelişim ve herhangi bir yaralanma veya enfeksiyona karşı savunma açısından önemlidirler (25). Yaralanmaya uğrayan bir bitkide fenolik maddelerin varlığı oksidatif dayanıklılık ve mikrobiyal güvenlik açısından da önem taşımaktadır. Bitkilerde fenilalanin ve tirozin amino asitlerinden türeyen çok çeşitli fitokimyasallar olan fenolik bileşikler insan sağlığına antioksidan potansiyelleri nedeniyle büyük yararlar sağlamaktadırlar (26). Bitki fenolikleri; basit fenoller, fenolik asitler, kumarinler, flavonoidler, stilbenler, hidrolize edilebilir ve yoğunlaştırılmış tanninler ve ligninlerden oluşurlar (25).

Soyada çok çeşitli fenolik bileşiklerin konjüge formları mevcuttur: bunlar tanninler, fenolik asitler, fitoöstrojenler ve saponinlerdir. Tanninler çoğunlukla kabuk kısmında yer alırlar ve 45 mg/100 g seviyelerindedirler. Aynı zamanda fenolik bileşikler soyada anti besinsel faktörler olarak kabul edilmekte ve protein ve karbonhidratların sindirilebilirliğini ve minerallerin emilimini azaltmaktadırlar. Bu istenilmeyen etkiyi ortadan kaldırmak için kabuk soyma işlemi ile tanninler uzaklaştırılmaktadır. Günümüzde fenolik maddelerin tümör oluşumunu engelleyici özelliklerinin yanı sıra prebiyotik etkilerini de inceleyen çalışmalar gündeme gelmektedir (27, 28). Fenolik asitler soyanın renk, lezzet ve aroma özelliklerinden sorumlu olmakla birlikte çok düşük düzeylerde bulunurlar. Soyada bulunan başlıca fenolik asitler (mg/100g): *p*-hidroksi benzoik asit (10,6), vanilik asit (0,6), genistik asit

(0,2), o-kumarik asit (0,4), şiringik asit (0,3), sinapik asit (16), fenolik asit (0,5) ve kafeik asit (0,5) (29). Soya ve ürünlerinde izoflavonlar haricindeki diğer polifenoller üzerine yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Soya bitkisinin çeşitli kısımlarında yapılan incelemede, yaprakta, dış kabukta ve gövdede flavonoller sınıfından kamferol ve kuersetin ve kumarinlerden kumesterol türevleri tespit edilmiştir. Soyada ise izoflavonlar haricinde fenolik asitlerden kafeik asit türevleri belirlenmiştir (30).

Antioksidasyon; yaşlanma, kanser, kalp hastalıkları, katarakt, unutkanlık/bunama gibi temel dejeneratif hastalıkların başlangıçlarını geciktirme veya önleme gibi en önemli mekanizmalardan biridir. Fenolik maddelerden, özellikle kateşinler, flavonoller, antosiyaninler ve tanninlerin bu fonksiyonlara sahip olduğu bilinmektedir (31).

### **İzoflavonlar**

İzoflavonlar bitkilerden izole edilen renksiz ve kristal fenolik keton yapılarıdır. Fenolik maddelerin en yaygın olarak bulunan flavonoid sınıfı içinde yer alırlar. Zayıf östrojenik aktivite gösterirler. Soya ve ürünleri en yaygın olarak buldukları (1,0-4,0 mg/g km) kaynaklar olup, kırmızı yonca, alfalfa, kudzu kökü, keten tohumu ve nohut gibi diğer bitkisel kaynaklar da vardır. Soya esaslı ürünlerde izoflavonlar hem serbest halde (aglikon; daidzein, genistein ve glisitein) hem de asetil, malonil, veya  $\alpha$ -glikozit konjüгатlar (genistin, daidzin, glisitin) halinde bulunurlar (1).

### **İzoflavonların sağlığa etkileri**

Soya esaslı gıdalarda mevcut olan östrojen benzeri izoflavonoidlerin kalp-damar hastalıkları, kemik sağlığı ve menopoz sonrası rahatsızlıklara iyi geldiği belirtilmektedir. Bazı araştırmacılar ise çeşitli tip kanserlerin ilerleyişini önlediği konusunda hemfikirlerdir, ancak bu konuda daha çok çalışma sonucuna ihtiyaç vardır (1, 5, 6). Sağlığa etkileri konusunda, en önemli olarak vücuttan serbest radikalleri uzaklaştırdıkları bilinmektedir. Östrojen hormonunu artırarak, ateş basma gibi menopoz belirtilerini hafifletme ve kemik yoğunluğunu artırma özelliklerinin yanı sıra, damardaki plakların oluşmasını teşvik eden hücrelerin gelişimini önleyerek ve soya proteini ile birlikte kan kolesterolünü düşürerek kalp hastalıkları riskini azalttığı da iddia edilmektedir. Ayrıca prostat kanseri gelişimini yavaşlatarak kanser hücrelerinin ölümüne neden olduğu, osteoporozu karşı koruduğu, prostat, göğüs ve kolon kanseri azalttığı (%54) bilinmektedir. Öte yandan olası olumsuz etkileri ise hipotiroidizm, guatr, tiroid kanseri, karaciğer hastalıkları, kandaki limfositlerin azalması ve erkeklerde kısırlık riskleri tartışma halindedir (32).

Soya izoflavonlarının biyoyararlılığı ve biyoaktivitesi tüketilen miktara, izoflavon profiline, gıda matrisi gibi fiziksel özelliklere ve diğer bileşenler ile etkileşime bağlıdır. Glikozilat formlarından çok, aglikon halleri sindirim sistemindeki epitel hücrelerin apikal membranlarından taşınabilmektedirler. İnce bağırsaktaki  $\beta$ -glukozidaz aktivitesi ve kalın bağırsaktaki mikroflora, glikozit formları aglikon türevlerine çevirmektedirler. Daha fazla biyoyararlılık için  $\beta$ -glukozidaz uygulanması ile veya bifidobakteriler ile fermentasyon sonucu aglikon ile zenginleştirilen ürünler oluşturulmaktadır. Yağ ve protein içeriği yüksek gıdalardan alınan izoflavonların safra salgısını arttırmaları nedeniyle tablet halinde alınan izoflavonlara (nutrasötik) göre biyoyararlılığının daha fazla olduğu düşünülmektedir (33).

### **İzoflavonlara işlem etkileri**

Soyanın işlenmesi sırasındaki süreçler izoflavon izomerlerinin dağılımını ve alıkonmasını etkilemektedir. Sağlığa olumlu etkileri, tüketimlerinden sonra absorpsiyon için hazır halde bulunmalarına bağlıdır. İnsan vücudunda izoflavon aglikonları glikozitlere göre daha hızlı ve yüksek miktarlarda emilime maruz kalmaktadırlar. İzoflavonlar ısı etkisi ile zarar görmemektedirler (34). Pişirme sırasında izoflavonlardaki kayıplar pişirme suyuna geçmeleri ile ilişkilidir. Ekmek yapımı sırasında izoflavonlar dayanıklı olup, parçalanmamaktadırlar. Fermentasyon aşaması,  $\beta$ -glikozitleri aglikonlara dönüştürmektedir. Pişirme sırasında ise malonil glikozitler azalma gösterirken,  $\beta$ -glikozitler artış göstermektedirler (34). İzoflavonlarda tofu üretiminde, koagülasyon sırasında (%44), tempe üretiminde daldırma (%12) ve ısıtma (%49) aşamalarında, soya protein izolatinin elde edilmesinde alkali

ekstraksiyon işleminde (%53) kayıplar söz konusudur. Fermentasyon, yağı uzaklaştırma, kabuk soyma gibi işlemlerde de önemli kayıplar olabilmektedir (5). Soya esaslı bileşenler arasında yağsız soya unu, en yüksek izoflavon miktarına sahiptir. Soya yağında izoflavon tespit edilememiştir. İzoflavonlar soyadaki protein ile birlikte bulunma eğilimindedir. Sulu süreçlerde izoflavon kayıpları söz konusudur. Soya proteini konsantreleri, yağsız soya unundan alkollü veya sulu ekstraksiyon ile elde edilmektedir. İzoflavonların alkolde çözünür olmalarından ötürü kullanılan ekstraksiyon çözgeninin etkisi önemlidir. Soya sütü ise başlangıç hammaddesi ile kuru madde bazında aynı düzeylerde izoflavon içermektedir (35).

### **Soya proteini**

Soya proteini, hayvansal proteine eşdeğer özelliğe sahip tek bitkisel proteindir. Soya esaslı ürünler elzem amino asitlerin hepsini içerirler. 1999 yılında ABD Tarım Bakanlığı Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) soya proteini içeren gıdaların kalp-damar hastalıkları riskini azalttığını belirtmiştir. Soya konusunda FDA'nın sağlık beyanına göre; günde 25 g soya proteini alımı, düşük miktarda doymuş yağ ve kolesterolden oluşan bir diyetle birlikte kan kolesterol düzeyini düşürerek kalp hastalıkları riskini azaltabilmektedir. Soya proteini ürünleri; soya unu ve kırmaları, soya konsantreleri, soya protein izolatları ve tekstürize soya proteinleri bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır (7).

### **Soya proteininin bileşimi / moleküler yapısı**

Soya proteini ürünleri 1960'lı yıllardan bu yana besleyici ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak çeşitli gıda ürünleri ile tüketiciye ulaşmaktadır. Soya proteini ürünlerine olan eğilimin başlıca nedeni ekonomik olmasının ve yaygın olarak bulunmasının yanı sıra emülsifikasyon, su bağlama ve doku oluşturma gibi çeşitli teknolojik özellikleri nedeniyledir. Besin değeri ve sağlığa olan etkileri nedeniyle soya proteini Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır (7, 36). Sedimentasyon özelliklerine bağlı olarak soya proteinleri fraksiyonları 4 ana sınıfta toplanmaktadır. Bunlar 2S, 7S, 11S ve 15S protein fraksiyonlarıdır. Bulunma oranları sırasıyla toplam proteinin %8, %35, %52 ve %5'i kadardır. Bu nedenle üzerinde sıklıkla çalışılan soya proteini fraksiyonları  $\beta$ -konglisinin (7S) ve glisinin (11S)'dir (35). Soya proteinleri genel olarak karışık moleküler yapıya sahiptir ve denatürasyona hassastır. Isıya karşı dayanıklı, ancak asidik pH'da dayanıksızdırlar (37).

### **Soya proteininin önemi/sağlığa etkileri**

Soya proteini ürünleri hububat proteinlerini tamamlayıcı nitelikte bazı elzem amino asitlerin ideal kaynağıdır. Önemli fonksiyonel özellikleri, bulunabilirlikleri ve maliyetlerinin düşük olması nedenleri ile kabul edilebilirlikleri giderek artmaktadır. Mükemmel nitelikteki besleyici özellikleri FDA ve USDA tarafından ilan edilmiştir. Soya proteini ürünlerinin sağlığa olumlu etkileri kolesterol içermemesi nedeniyle kalp sağlığı ile ilişkilidir. Ayrıca diyet lifi kaynağı olmaları nedeniyle de kan kolesterolünü düzenleme, kolon kanserine karşı koruma ve glikoz toleransını arttırma gibi üstünlüklere sahiptirler. Soya protein ürünleri, sağlığa olumlu etkileri olan izoflavonlar, saponinler ve fitik asit gibi diğer bileşenleri de içermektedirler (7).

### **Soya proteini uygulamaları**

Soya proteini ürünleri her çeşit gıda kategorisinde besleyici ve fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanım alanı bulmaktadır. Gıdalarda sağladıkları başlıca fonksiyonlar; emülsifikasyon, su/yağ bağlama ve doku oluşturma şeklindedir (7). Soya proteinlerinin özellikle unlu mamullerde önemli olarak ortaya çıkan teknolojik özellikleri; çözünürlük, emülsifikasyon, köpük oluşturma, jel oluşturma, su bağlama kapasitesi, su tutma kapasitesi ve renk kontrolü (lipoksigenaz enziminin ağartma özelliği) gibi özelliklerdir (38).

1940'lı yıllarda unlu mamullerde ilk kez kullanılmaya başlayan soya esaslı bileşen soya unu olmuştur. Mükemmel fonksiyonel karakteristikleri ve besin değeri nedeniyle de o zamanlardan günümüze unlu mamullerde çeşitli soya bileşenleri uygulama bulmaktadır (38). Soya proteininin pişirme sırasında serbest suyu tutmasından ötürü ekme tazelikliğini geliştirici etkisi de mevcuttur. Ayrıca, soya proteinleri ekme kabuğu rengini geliştirici etkilere de sahiptir. Teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıkan soya protein konsantreleri ve soya protein izolatlarının %5 düzeylerinde ilavesi ile "Doğrudan Hamur" (Straight Dough) yöntemi kullanılarak iyi kalitede ekme üre-



tilebilmektedir. Besleyici ve çekici özellikte ekmekek, %30-40 soya unu ve soya sütü tozu ilavesi ile kolay ve ekonomik şekilde üretilebilmektedir (39). Glutensiz ekmekek üretiminde de SPI'lar oldukça önemli işlevlere sahiptir. Yapılan çalışmalarla buğday nişastası ve %40 SPI ile iyi kalitede glutensiz ekmekek üretilebilmiştir (38).

## SONUÇ

Soya ürünleri, yüksek miktarda soya proteini, izoflavonlar, omega-3-yağ asitleri ve diyet lifi içerikleri ile çok önemli fonksiyonel gıda bileşenleri veya ürünleridir. Sağlığa tüm bu olumlu etkilerinden dolayı, ürün geliştirmede soyanın geleneksel gıdalara tamamen veya kısmen ilave edilmesi veya diğer bileşenlerle yer değiştirmesi yönünde eğilimler giderek artış göstermektedir. Soyanın sağlığa yararlı etkileri tüketicilere yaygın olarak tüketilen ve kabul edilebilir nitelikteki soya ürünleri ile ulaştırılabilmektedir. Gıda formülasyonlarına soyanın ilave edileceği miktarlar, sağlığa olumlu etkileri sağlarken, aynı zamanda duyu kaliteyi de korumalıdır. Formülasyona ilave edilmek üzere herhangi bir soya esaslı bileşenin seçimi öncesinde gıda ürünüde istenilen karakteristikler dikkatle incelenmelidir. Ülkemizde henüz yaygınlaşmamış olan soya ürünlerinin, tüketicinin damak zevki de dikkate alınarak geliştirilmesi hedeflerden biri olmalıdır. Soya unu ve soya sütü tozunun, içermekte oldukları yüksek miktarlardaki çeşitlilik gösteren fonksiyonel gıda bileşenleri ile, özellikle fonksiyonel unlu mamul formülasyonlarının geliştirilmesinde olumlu etkiler göstereceği tahmin edilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Liu K. 2004. Soybeans as a Powerhouse of Nutrients and Phytochemicals and Edible Soybean Products in the Current Market. In *Soybean as Functional Foods and Ingredients*, K. Liu, (ed). pp.1-51, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
2. Çırak C, Esenal E. 2005. Soyada bitki gelişim dönemleri. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 20: 57-65.
3. FAO. 2007. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Faostat database. <http://faostat.fao.org/site/340/DesktopDefault.aspx?PageID=340> (13.09.2007).
4. Anaç H, Ertürk YE. 2003. Soya fasulyesi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2: 1-4.
5. Liu K. 1999. *Soybeans Chemistry, Technology, and Utilization*. Aspen Publishers, Inc., 532 s, Gaithersburg, Maryland.
6. Descheemaeker K, Debruyne I. 2001. *Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications*. Garant Publisher, 198 s, Leuven, Belgium.
7. Endres JG. 2001. *Soy Protein Products Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization*. pp.1-40, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
8. Liu K, Limpert WF. 2004. Soy flour: varieties, processing, properties, and applications. In *Soybeans as Functional Foods and Ingredients*, K. Liu, (ed). pp.101-120, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
9. SAA. 1996. Voluntary standards for the composition and labelling of soy milk in the United States, accepted by the Soy foods Association of America <http://www.soyfoods.org/technical/SMStandards.pdf>
10. Zhang H, Tatsumi LLE, Isobe S. 2005. High-pressure treatment effects on proteins in soy milk, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 38: 7-14.
11. Debruyne I. 2006. Soy base extract: soymilk and dairy alternatives. In *Soy Applications in Food*. M.N. Riaz (ed), pp.111-132, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
12. Riaz MN. 2006. Processing of soybeans into ingredients. In *Soy Applications in Food*, M.N. Riaz, (ed), pp. 40-62, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
13. Nelson AL. 2001. *High-fiber Ingredients*. Eagan Press, pp. 29-62, Minnesota, USA.
14. Lecerf JM. 2001. Effects of soybean oil on plasma lipoprotein and cardiovascular risk in men and women. In *Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications*. K. Decheemaeker ve Ignace Debruyne (eds), pp. 93-100, Garant Publication, Leuven.
15. Mazza G. 1998. *Functional foods: biochemical and processing aspects*. Technomic Publishing, Lancaster, PA.
16. DeVries JW, Prosky L, Li B, Cho S. 1999. A Historical perspective on defining dietary fiber. *Journal of AACC*, 44: 367-369.
17. Prosky L. 2000. What is dietary fiber, *Journal of AOAC Int.*, 83: 985-987.
18. AACC. American Association of Cereal Chemists. 2001. *The definition of dietary fibre*. American Association of Cereal Chemists Report, March 2001, 46: 112-129.

19. Asp NG. 2004. Definition and analysis of dietary fibre in the context of food carbohydrates. In *Dietary Fibre bio-active carbohydrates for food and feed*. J.W. van der Kamp, J. Miller Jones ve G. Schaafsma (eds), pp. 21-26, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland.
20. Gibney MJ. 2000. Nutrition and Diet for Healthy Lifestyles in Europe. In *Advanced Dietary Fibre Technology*. McCleary BV, Prosky L. (Eds.), pp. 1-12, Blackwell Science.
21. Dreher ML. 2001. Dietary Fiber Overview. In: *Handbook of Dietary Fiber*. Sungsoo Cho S, Dreher ML. (eds), pp. 1-16, Marcel Dekker, Inc., N.York, USA.
22. Miller Jones J. 2004. Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion. In *Dietary Fibre bioactive carbohydrates for food and feed*. N.G. A. J.W. van der Kamp, J. Miller Jones ve G. Schaafsma (eds), pp. 143-164, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland.
23. Marlett JA. 2002. Dietary fiber and cardiovascular disease. In *Handbook of Dietary Fiber*, S.S.Cho ve M.L. Dreher (Eds), pp.17-30, Marcel Dekker, New York, USA.
24. Slavin JL. 2002. Dietary fiber and colon cancer, In *Handbook of Dietary Fiber*, S.S.Cho ve M.L. Dreher (Eds), pp.31-46, Marcel Dekker, New York, USA.
25. Naczek M, Shahidi FC. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food, review. *Journal of Chromatography A*, 1054: 95-111.
26. Karakaya S, El SN, Taş AA. 2001. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52: 501-508.
27. Lee HC, Jenner AM, Low CS, Lee YK. 2006. Effect of tea phenolics and their aromatic fecal bacterial metabolites on intestinal microbiota. *Research on Microbiology*, 157: 876-884.
28. Friedman M, Mackey BE, Kim H, Lee I, Lee K, Lee S, Kozukue E, Kozukue N. 2006. Structure-activity relationships of tea compounds against human cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, published on web DOI:10.1021/jf062276h.
29. Garcia MC, Torreü M, Marina ML, Laborda F. 1997. Composition and characterization of soybean and related products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37: 361-391.
30. Romani A, Vignolini P, Galardi C, Aroldi C, Vazzana C, Heimler D. 2003. Polyphenolic content in different plant parts of soy cultivars grown under natural conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 5301-5306.
31. Girard B, Mazza G. 1998. Functional grape and citrus products. In *Functional Foods Biochemical and Processing Aspects*. G. Mazza (ed), pp139-191, Technomic Publishing, Lancaster, Basel.
32. Kardinaal AFM. 2001. Soy Isoflavones: Impact on Health and Disease. In *Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications*. Koen Descheemaekere ve Ignace Debruyne (eds), pp.157-163, Garant, Leuven, Belgium.
33. Walsh KR, Zhang YC, Vodovotz Y, Schwartz SJ, Failla ML. 2003. Stability and bioaccessibility of isoflavones from soy bread during in vitro digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4603-4609.
34. Zhang YC, Lee JH, Vodovotz Y, Schwartz SJ. 2004. Changes in distribution of isoflavones and  $\beta$ -glucosidase activity during soy bread proofing and baking. *Cereal Chemistry*, 81: 741-745.
35. Hendrich S, Murphy PA. 2001. Isoflavones: source and metabolism. In *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. R.E.C. Wildman (ed), pp. 55-76, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
36. Khatib KA, Herald TJ, Aramouni FM, Macritchie F, Schapaugh WT. 2002. Characterization and functional properties of soy  $\beta$ -conglycinin & glycinin of selected genotypes. *Journal of Food Science*, 67: 2923-2929.
37. Barraquio V L, van de Voort FR. 1988. Milk and soy proteins: their status in review. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 21: 477-493.
38. Boyacıoğlu MH. 2006. Soy ingredients in baking. In *Soy Applications in Food*. M.N. Riaz (ed), pp. 63-81, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
39. Vodovotz Y, Ballard C. 2004. Compositions and processes for making high soy protein-containing bakery products, Patent No US 2004/0071852 A1.