

## Soya esaslı bileşenlerin soya ekmeği özelliklerine etkilerinin incelenmesi

**Dilara NİLÜFER\***, **Dilek BOYACIOĞLU**

*İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul*

### Özet

*Bu çalışmada, soya ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşenlerinin belirlenmesi ve özellikle yeni bir soya ürünü olan Soya Sütü Tozunun (SST) ekmek özellikleri üzerine etkilerinin açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla SST'nin içerdiği bileşenleri ayrı ayrı içeren çeşitli ticari soya ürünleri ekmeğe ilave edilerek kalite özellikleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Fonksiyonel bileşenler kapsamında soya ürünlerinde; fenolik madde miktarı ve profili, izoflavon miktarı ve profili ve antioksidan aktiviteler analizlenmiş ve kimyasal kompozisyon belirlenmiştir. Daha sonra SST'nin içerdiği bileşenlerle soya ekmekleri üretilmiş, taze ve depolanmış ekmeklerde kaliteyi etkileyen fiziksel ve fizikokimyasal özelliklere her bileşenin etkileri belirlenmiştir. Soya Sütü Tozu (SST), Soya Unu (SU), Soya Lifleri (Çözünür-ÇSL ve Çözünür Olmayan-ÇOSL) ve Soya Protein İzolatları (SPI, farklı denatürasyon derecelerinde) ile üretilen soya ekmeklerinde kompozisyon analizleri (nem, kül, protein, diyet lifi), fiziksel özellikler (ekmek hacmi, sertliği, ekmek içi ve kabuk rengi) ve fizikokimyasal özellikler (su aktivitesi, nem içeriği, dondurulabilir/dondurulabilir olmayan su miktarları, amilopektin kristallenmesi, sıklık) depolama süresince analizlenmiştir. Soya ürünlerinde en yüksek fenolik madde, izoflavon miktarları ve antioksidan aktiviteleri SU ve SST için elde edilmiştir. Ekmeklerde hacim artışı ve yumuşaklığa ÇSL neden olurken, SPI 1 ve ÇOSL olumsuz etkiler göstermiştir. Depolama süresinde SST'nin bayatlamayı geciktirdiği ve bu etkinin çözünür lif ve yağ içeriğinin birlikte etkileriyle olduğu ve ÇOSL'nin ise bayatlamayı olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Soya sütü tozu ilavesi hem fonksiyonel bileşenler açısından zenginleştirme, hem de ekmek özelliklerinin geliştirilmesi açısından ekmek formülasyonlarında yararlı bir bileşen olarak ortaya çıkmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** Soya ürünleri, soya ekmeği, bayatlama.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Dilara NİLÜFER. niluferd@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 60 15.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programında tamamlanmış olan "Soya Ürünlerinde Fonksiyonel Bileşenlerin Karakterizasyonu ve Soya Ekmeği Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 09.03.2007 tarihinde dergiye ulaşmış, 28.05.2007 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 01.03.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Evaluating the effects of soy ingredients on soy bread properties

### Extended abstract

Positive health effects of soybean can be supplied to consumers via soy products that are widely consumed and having acceptable quality. Nowadays, soy bread is becoming one of the best food product for presenting those advantages to consumers. Use of soy ingredients in bakery products is quite limited as they yield breads having less acceptable sensory, textural and quality characteristics.

The objectives of this study were to determine the functional food components of soy products and examine the role of each soy milk component on the functionality of soy-containing bread in order to understand the impact of soy milk powder (SMP) on physical and physicochemical properties of soy bread. In this content, firstly the properties of functional components in soy based ingredients were characterized. Afterwards, soy breads were produced by additions of soy based ingredients at levels that were simulating the components of SMP, and the effect of each component was determined on fresh and stale soy breads by evaluating the physical and physicochemical properties that were effective in bread quality.

Chemical compositions; soluble and insoluble fiber fractions, protein and moisture contents of soy ingredients such as SMP, soy flour (SF), soy fibers (soluble-SDF and insoluble-ISDF), and soy protein isolates (SPI, at different denaturation levels) were determined. In the extent of functional component evaluation in soy products, phenolic contents/profile and isoflavone contents/profile were determined using reversed phase HPLC methods and antioxidant activities were analyzed by DPPH and ABTS radical scavenging activity methods.

Soy breads were produced by addition of each ingredient as SMP, SF, soy fibers (SDF and ISDF) and SPIs (at different denaturation levels) in order to simulate SMP, and breads were stored for 7 days. In those breads, proximate analysis (moisture, ash, protein, dietary fiber) were carried out. In addition, physical properties (loaf volume, firmness, crumb and crust color) and physicochemical properties (water activity, moisture content, freezable water content, unfreezable water content, amylopectin crystallisation, stiffness) of breads were determined during storage by thermal analysis techniques.

Soy products were found to be significantly different in their functional components and properties. SMP, in addition to its lower insoluble fiber content (14.2%) compared to that of SF (21.3%) also involved little more soluble fiber than SF. The highest phenolic contents in soy products were obtained for SF (3.15 mg GA/g sample), SMP (2.80 mg GA/g sample), and partly denatured SPI ingredients (2.02 mg GA/g sample). In addition, SF (2860.1 ppm) and SMP (1917.1 ppm) contained higher amounts of isoflavones and antioxidant activities than all other soy products.

Insoluble fiber (10.4%) and soy protein additions (9.7-13.0%) significantly decreased loaf volumes. On the other hand, soluble fiber addition increased loaf volume (1.3%). The negative effect of SMP addition on loaf volume was associated to the higher insoluble soy fiber and soy protein contents. Addition of SPI, with its high protein content, increased bread firmness. On the other hand, soluble fiber addition provided significant softness in soy breads. At the end of storage significant differences in crumb and crust colors were found in each formulation. Generally, staling induced slight changes in crumb color. However, crust color got darker in all formulations.

Moisture contents of breads decreased during staling. As the content of soy based ingredients increased, the amount of water held in bread matrix also increased. Highest moisture contents in breads were obtained with insoluble fiber (47.27%) and soy protein additions (47.63%). Soluble and insoluble fiber additions increased freezable water content in all fresh breads with respect to SF (10.0-16.3%). Lowest unfreezable water contents were observed in fiber added breads (12.3-14.3%). It was obvious that fiber additions significantly changed bread firmness during 7 days of storage. This change in firmness was found to be highest for soluble soy fiber (approximately 5 fold) and lowest for SMP (12.3%) additions. Amylopectin crystallisation increased in all breads during storage. Insoluble fiber additions significantly increased amylopectin crystallisation (from 0.01 W/g to 0.57 W/g). Soluble fiber additions (0.30 W/g) retarded staling with respect to SF bread (0.39 W/g). Especially, the lowest enthalpy obtained for SMP (0.12 W/g) added bread was attributed to possible synergistic effect of its soluble fiber and/or oil content of this ingredient.

**Keywords:** Soy products, soy bread, bread staling.

## **Giriş**

Soya ürünleri, yüksek miktarda soya proteini, izoflavonlar, omega-3-yağ asitleri ve diyet lifi içerikleri ile çok önemli fonksiyonel gıda bileşenleri veya ürünleridir (Riaz, 2001; Liu, 2004). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), soya proteini tüketiminin kalp hastalıkları riskini azalttığı yönünde ilişkiler belirtmiştir (FDA, 1999). Ayrıca, soya ürünlerinin kanser, osteoporoz, böbrek hastalıkları gibi kronik hastalıkları önleyici veya tedavi edici ve menopoz rahatsızlıklarını azaltıcı etkisi olduğu da belirtilmiştir (Garcia vd., 1997; FDA, 1999).

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 (Godfrey, 2002). Gıda formülasyonlarına soyanın ilave edileceği miktarlar, sağlığa olumlu etkileri sağlarken, aynı zamanda duyu kaliteyi de korumalıdır. Çok çeşitli soya esaslı bileşen mevcut olup, ürünlerin formüle edilmesinde her birinin fonksiyonu, besleyicilik, maliyet ve lezzet özellikleri tam olarak anlaşılmalıdır (Godfrey, 2002).

Kalp damar hastalıkları üzerine FDA onaylı, sağlık iddiasını karşılayacak miktarlarda soya proteini içeren, kabul edilebilir özelliklerde bir soya ekmeği Ohio Devlet Üniversitesi (OSU) laboratuvarlarında geliştirilmiştir (Zhang vd., 2003). Bu soya ekmeği, hem Soya Unu (SU) hem SST içeren patentli bir formülasyondur (Vodovotz ve Ballard, 2004). Soya sütü tozunun unlu mamullerdeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için SST bileşenlerinin her birinin ekmeğin fizikokimyasal özelliklerine etkisinin çalışılması gerekli olmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda soya esaslı ürünlerin ekmeğe ilavesi kabul edilebilir olmayan sonuçlar vermiştir. Bu nedenle sağlığa faydalı düzeylerde kullanımı sınırlı kalmıştır (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Örneğin, soya unu ilavesi ile ekmeğin hacminde önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. Bu azalma temel olarak, soya esaslı bileşenlerin farklı su absorplama özelliklerinin olmasına ve/veya gluten fraksiyonlarının seyrelmesine dayandırılmıştır (Brewer vd., 1992; Doxastakis vd., 2002; Vittadini ve Vodovotz, 2003).

Unlu mamüllerde soya esaslı bileşenler, çeşitli fonksiyonel ve besleyici sebeplerle kullanılmakta olup, yağsız SU daha pahalı olan yağsız süt tozuna kısmi ikame olarak en yaygın tercih edilen soya ürünüdür. Soya unu, ekmeğin protein değerini geliştirici olmasının yanı sıra, su absorpsiyonunu ve hamur işleme özelliklerini iyileştirici, yağsız süt tozu gibi gevrekleştirici etkiye sahiptir. Soya proteini, pişme aşamasında serbest nemi tuttuğundan ekmeğin tazeliğini korumakta ve bayatlamayı geciktirdiğinden raf ömrünü uzatmaktadır. Soya protein ürünleri ekmeğin kabuk rengini, ekmeğin içi yapısını, esnekliğini ve kabuk oluşumu özelliklerini de iyileştirmektedir (Endres, 2001; Stauffer, 2002; Boyacıoğlu, 2006). Soya sütü tozunun geleneksel SU'yu ikame etmek üzere kullanımına ait mevcut literatür çok sınırlıdır (Perez-Munoz ve Flores, 1998).

Bu çalışmada, soya ürünlerinin, özellikle SST'nin, fonksiyonel bileşenlerinin (diyet lifi, soya proteini, antioksidanlar, fenolik maddeler, izoflavonlar) miktarları tayin edilerek ve karakterizasyonu yapılarak, SST'nin ekmeğin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etkilerinin ayrıntılı şekilde incelenmesi amaçlanmıştır.

## **Materyal ve yöntem**

### **Materyal**

Soya ekmeğinin formülasyonunda kullanılan soya ürünleri 2003 yılı üretimidir. Buğday unu General Mills (ABD) firmasına ait üründür. Yağsız Soya Unu (SU) olarak ADM Ingredients firmasına (ABD) ait ve ısı işlem görmemiş ürün (PDI 90) ve Soya Sütü Tozu (SST) olarak da Devansoy Farms firmasına (ABD) ait Benesoy marka soya sütü tozu kullanılmıştır. Çözünür Soya Lifi (ÇSL) ticari olarak mevcut olan SOYAFIBE® DA 100 ve SOYAFIBE® RA 100 (Fuji Oil Co. Ltd., Japonya), Çözünür Olmayan Soya Lifi (ÇOSL) olarak FIBRIM® 1260 IP (Solae Company, ABD), soya proteini izolatları olarak ise Soya Protein İzolatı (SPI 1) PROLISSE TM 500 (Cargill Inc., ABD) ve Soya Protein İzolatı (SPI 2) PRO-FAM® 891 (ADM Ingredients, ABD) seçilmiştir. Bu malzemeler soya sütü tozunu benzetmek üzere soya ekmeği formülasyonlarında kullanılmışlardır.

## Yöntemler

- *Kompozisyon analizleri:* Tüm soya esaslı ürünlere protein tayini AACC 46-10 numaralı Kjeldahl metodu esas alınarak uygulanmıştır (AACC, 2000). Toplam Diyet Lifi (TDL), Çözünür Olmayan Diyet Lifi (ÇODL) ve Çözünür Diyet Lifi (ÇDL) analizleri AACC 32-07/AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik metoduna göre yapılmıştır (AACC 2000). Nem tayini için ağırlık kaybını esas alan TGA ile analiz uygulanmıştır. Numuneler (~20 mg) tavaçıklar içerisine tartılmış ve TGA 2950 (TA instruments, New Castle, Del., ABD) cihazında 25°C'den 180°C'ye 20°C/dk tarama hızında taranmıştır.

- *Fonksiyonel bileşen analizleri:* Örneklerden fenolik madde ve izoflavon ekstraksiyonunda Lee ve diğ. (2004), Zhang ve diğ. (2003) ve Walsh ve diğ. (2003)'in uyguladıkları metotlar küçük modifikasyonlar ile uygulanmıştır. Ekstraktlarda toplam fenolik madde miktarının tespitinde Folin Ciocalteau metodu kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965).

Örneklerin toplam antioksidan aktivitelerinin hesaplanmasında DPPH % Radikal Yakalama Aktivitesi yöntemi kullanılmıştır (Brand-Williams vd., 1995; Sanchez-Moreno vd., 1998; Mathew ve Abraham, 2004). Yöntem her bir örneğe 3 deney tekrarıyla uygulanmış olup, antioksidan aktivitesi %DPPH radikal yakalama aktivitesi olarak ifade edilmiştir. Örneklerin toplam antioksidan aktivitelerinin hesaplanmasında ayrıca ABTS radikal yakalama yöntemi de kullanılmıştır (Wettasinghe vd., 2002; Mathew ve Abraham, 2004). Antioksidan aktiviteleri mM troloks eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.

Örneklerin fenolik profillerini belirlemede bazı modifikasyonlar uygulanarak Dragovic-Uzelac ve diğ. (2005)'ne ait metot kullanılmıştır. İzoflavonlar için ise Lee ve diğerleri (2004)'nin uyguladığı ters faz HPLC yöntemi uygulanmıştır. Numunelerdeki izoflavonoid pikleri HPLC kromatogramındaki alıkonma süreleri ile saf standart izoflavon bileşiklerinin UV spektralleri karşılaştırılarak teşhis edilmiştir.

- *Soya ekmeklerinin üretimi:* Soya ekmeğinin üretimi buğday ununun %60'ını ikame edecek şekilde SU ve SST kullanan ABD 2004/0071852 A1 numaralı patentli prosedürüne göre yapılmıştır (Vodovotz ve Ballard, 2004; Zhang vd., 2004). Soya sütü tozunun soya ekmeğindeki fonksiyonunu irdelemek üzere biri yalnızca SU (ADM Ingredients, USA) diğeri ise SU (ADM Ingredients, USA) ve SST (Devansoy, USA) içeren iki kontrol soya ekmeği iki tekrarlı olarak üretilmiştir. Soya sütü tozunun temel bileşenleri olan protein ve liflerine (çözünür ve çözünür olmayan) karşılık olarak ticari soya protein izolatları (PROLISSE™ 500 ve PRO-FAM®891) ve soya lifleri (SOYAFIBE®DA 100 ve FIBRIM®1260 IP) tek tek SU içeren kontrol soya ekmeğine, SST'nin içerdiği miktarlarda, buğday ununu ikame ederek ilave edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Soya ekmeği formülasyonlarındaki farklılıklar, %

FORMÜLASYON	BUĞDAY UNU	SOYA UNU	İLAVE BİLEŞEN
ÇSL	23.9	19.9	0.3
ÇOSL	22.8	19.9	1.4
SPI 1	20.9	19.9	3.3
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	19.3	19.9	4.9
SPI 2	20.9	19.9	3.3
SST	17.6	19.9	6.6
SU	24.2	19.9	-

- *Ekmeklerde fiziksel analizler:* Soya ekmeklerinin hacmi tohum yer değiştirme metodu kullanılarak AACC 10-05 metoduna göre ölçülmüştür (AACC, 2000). Numunelere taze halde ve depolamanın 7. gününde sertlik ölçümleri yapılmıştır. Sertlik ölçümleri Instron 5542 Ünlversal test cihazı (Instron Corporation, Canton, Massachusetts) kullanılarak AACC 74-09 metoduna göre %25 basma uygulanarak yapılmıştır (AACC, 2000). Her bir ekmek numunesinin ekmek içi ve ekmek kabuğunda Minolta Chromameter CR 300 cihazı ve DP 301 data işlemcisi (Minolta Co., Ltd., Japonya) ile 10 farklı noktadan beş okuma yapılmıştır. HL, a ve b değerleri kaydedilmiştir.

- *Ekmeklerde fizikokimyasal analizler:* Soya ekmeklerinde su aktivitesi depolamanın tüm günlerinde 25°C'de Decagon Aqualabmetre TE 8255 (Decagon Devices, Inc., Pulman, WA) kullanılarak çiğlenme noktası prensibine göre ölçülmüştür (Fontana, 2000). Termal analizler soya ekmeği numunelerinin pişme sonrasında 3 saatlik soğuma sürelerinin hemen ardından (0. gün) ve depolamanın 1., 2., 4. ve 7. günlerinde uygulanmış olup, her bir ekmek somunu için iki analiz yapılmak suretiyle elde edilmiştir.

Diferansiyel taramalı kalorimetre eğrileri azot gazı verilerek TA enstrümanın DSC 2920 modeli (New Castle, Del., ABD) ile elde edilmiştir. Ekmek numuneleri (10-15 mg) hermetik olarak kapatılan alüminyum tavaçıklar (Perkin Elmer Instruments LLC, Shelton, Conn., ABD) içerisine tartılmıştır. DSC fırınının içerisinde soğutma ünitesi ile soğutulduktan sonra 5°C/dk ısıtma hızıyla -60°C'den 150°C'ye ısıtılmıştır. DSC termogramlarından dondurulabilir/dondurula-bilir olmayan su miktarları ve amilopektin yeniden kristallenme entalpileri elde edilmiştir (Vodovotz vd., 1996; Hallberg ve Chinachoti, 2002).

Ekmek numuneleri (20 mg) tavaçıklar içerisine tartılmış ve TGA 2950 (TA instruments, New Castle, Del., ABD) cihazında 25°C'den 180°C'ye 20°C/dk tarama hızında taranmıştır. Sıcaklığın fonksiyonu olarak ağırlık kaybı ve ağırlık kaybı türevleri elde edilmiştir. Nem miktarı ve maksimum nem kaybının olduğu sıcaklıklar bu veriler yardımı ile saptanmıştır.

Ekmek numunelerinin 2.9 x 9.3 x 14.285 mm boyutlarına kalıp ile kesilmiştir. Daha sonra örnek DMA cihazının (DMA 2980, TA Instruments) çift yönlü kaldıraç başlığına serbest olarak yerleştirilmiş ve bağlantı noktalarında sıkıştırılmıştır. Numune DMA hücrelerinde sıvı azot kullanılmak suretiyle öncelikle -80°C'ye soğutulmuştur, daha sonra ise 180°C'ye 2°C/dk ısıtma hızında bükme modunda ısıtılmıştır. Depolama modülü (E'), kayıp modülü (E'') ve tan  $\delta$  (E' / E'') verileri cihaz tarafından kaydedilmiştir (Vodovotz vd., 1996).

- *İstatistiksel analiz:* Her soya ürününün analizlenen fonksiyonel özelliklerindeki farklılıklar ve her kalite özelliği için ekmek formülasyonları arasında farklılıklar SPSS (SPSS 12.0) istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analizlenmiştir. Farklılığın önemli olduğu özelliklerde formülasyonlar veya bileşenler arasındaki farklılığın incelenmesi amacıyla işlem ortalamalarına Duncan'ın yeni çoklu aralık testi uygulanmıştır (P<0.05).

## Deneysel çalışma sonuçları

### Soya ürünlerinin kompozisyonu ve fonksiyonel bileşenleri

Soya ürünlerinin hem fonksiyonel bileşenler hem de kompozisyon açısından farklı oldukları saptanmıştır. Soya ürünlerinde analizlenen mevcut nem ve protein miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Tüm soya ürünlerinin nem içerikleri %4.85-%9.98 aralığında değişmiştir. Çalışmada kullanılan SST %44.0 ve SU ise %52.8 protein içermektedir. Soya protein izolatlarının yüksek düzeylerde protein içerdiği (%90.3-90.5) ve diyet lifi bileşenlerindeki protein miktarlarının ise düşük (%4.7-6.1) olduğu görülmüştür.

Tablo 2. Soya esaslı bileşenlerde nem ve protein miktarları, %<sup>1</sup>

Numune	Nem İçerikleri	Protein İçerikleri
SST	4.85	44.0
SU	7.81	52.8
SPI 1	6.21	90.5
SPI 2	6.60	90.3
ÇSL	8.74	4.7
ÇOSL	9.98	6.1

<sup>1</sup> Elde edilen değerler iki analiz sonucunun ortalamasıdır.

Soya sütü tozunda, çözünür olmayan lifin (%14.2) soya ununa (%21.3) göre daha düşük olmasına karşın, çözünür lif miktarı az bir miktar daha yüksektir. Toplam diyet lifi miktarının soya sütü tozunda (%17.1) soya ununa (%23.9) kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Bu farklılıkların SST ilave edilen soya ekmeklerindeki kalite gelişimine etki ettiği düşünülmek-

tedir. Soya ununun protein içeriği (%52.8) SST'den (%44.0) daha yüksek bulunmuştur. Beklenildiği gibi lif bileşenlerinin protein miktarları (%4.7-6.1) en düşük ve soya protein izolatlarının (%90.3-90.5) en yüksektir (Tablo 2 ve 3).

Tablo 3. Soya esaslı bileşenlerin diyet lifi içerikleri, %<sup>1</sup>

Numune	Çözünür lif	Çözünür olmayan lif	Toplam lif
SST	2.9	14.2	17.1
YAĞSIZ SU	2.6	21.3	23.9
SOYAFIBE® DA100	77.3	0.5	77.8
SOYAFIBE® RA 100	56.7	0.6	57.3
FIBRIM® 1260 IP	6.8	69.5	76.3

<sup>1</sup> Sonuçlar yaş bazda iki analizin ortalama değerleridir.

Soya ürünleri için toplam fenolik madde miktarları en yüksek SU (3.15 mg GA/g numune), SST (2.80 mg GA/g numune) ve kısmen denatüre soya proteini (2.02 mg GA/g numune) bileşenlerinde tespit edilmiştir (Tablo 4). Antioksidan aktiviteleri her iki yöntemde de en yüksek SU ve SST bileşenlerinde saptanmıştır.

Soya protein izolatları (81.7-109.5 mg/kg) ve soya liflerinin (49.8-57.8 mg/kg) HPLC yöntemi ile ölçülen fenolik madde içeriklerinin düşük olması, uygulanan süreçlerden kayıplara uğradıklarını göstermektedir (Tablo 5). Soya ürünlerinde tanımlanan başlıca fenolik maddeler gallik asit, şiringik asit, klorojenik asit, p-hidroksi benzoik asit, kafeik asit, kumarik asit, ferulik asit, rutin ve izoflavonlardır. Ayrıca SU (2860.1 ppm) ve SST (1917.1 ppm), tüm diğer soya ürünlerine göre, yüksek miktarda toplam izoflavon içermektedir (Tablo 5). Bu bileşenlerin izoflavonoid kompozisyonu ağırlıklı olarak β-glikozitler, malonil glikozitler ve asetil glikozitlerden ibarettir (Şekil 1). Soya liflerinin ise izoflavon kaynağı olmadığı açıktır.

Tablo 4. Soya ürünlerinin toplam fenolik madde miktarları ve 0.02 g/ml konsantrasyonu için antioksidan aktiviteleri<sup>1</sup>

Numune	Toplam fenolik (mg GA <sup>2</sup> /g)	DPPH metodu (% YA) <sup>3</sup>	ABTS metodu (mM Troloks)
SU	3.15±0.06 a	7.77±1.07 a	1.51±0.07 a
SST	2.80±0.09 b	4.65±0.72 b	1.29±0.05 b
SPI 1	1.18±0.05 d	0.94±0.17 d	0.42±0.01 d
SPI 2	2.02±0.09 c	1.57±0.22 c	0.90±0.01 c
ÇSL	0.82±0.02 e	1.65±0.16 c	0.39±0.02 d
ÇOSL	0.58±0.01 f	0.10±0.19 e	0.25±0.01 e

<sup>1</sup>Değerler çift ekstraksiyon ve üç analiz tekrarının ortalama değerleri ve standart sapmalarıdır. Her özellik için kolonlarda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0.05). <sup>2</sup>GA: Gallik asit. <sup>3</sup>YA: Yakalama aktivitesi.

Tablo 5. Soya ürünlerinde HPLC ile saptanan toplam fenolik ve izoflavon bileşiklerin miktarları<sup>1,2</sup>

Numune	Toplam fenolik madde (mg/kg)	Toplam izoflavon miktarı (ppm)
SU	430.8 a	2860.1 a
SST	369.4 a	1917.1 b
SPI 1	109.5 b	753.6 c
SPI 2	81.7 b	754.4 c
ÇSL	57.8 b	TE <sup>3</sup>
ÇOSL	49.8 b	95.1 d

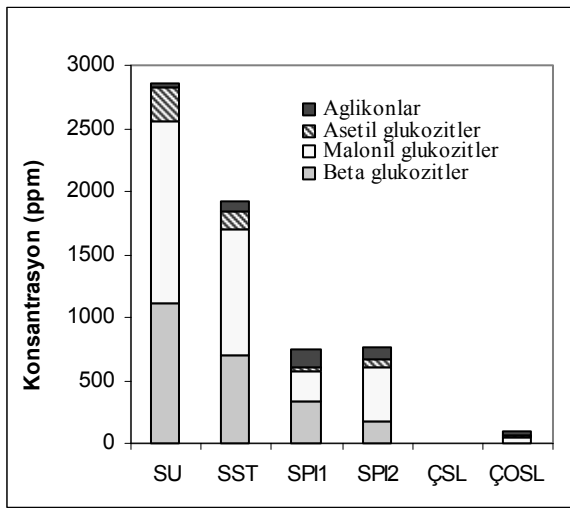
<sup>1</sup>Değerler iki ekstraksiyon ve ikişer enjeksiyon ortalama değerleri ve standart sapma değerleridir. Her özellik için satırlarda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0.05). <sup>2</sup>Sütunlarda aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0.05). <sup>3</sup>TE: tespit edilmedi.

### Soya ekmeğinin fiziksel özellikleri

Ekmeklerin fiziksel özellikleri incelendiğinde; çözünür olmayan lif (%10.4) ve soya proteini ilavelerinin (%9.7-13.0) ekmek hacmini önemli düzeylerde azalttığı görülmüştür (Tablo 6). Özellikle denatüre olmamış protein ilavesi ekmek hacmini daha da azaltmıştır (%13). Soya sütü tozu ilavesinin ekmek hacmine olumsuz etkisi, daha fazla ÇOSL ve protein içermesiyle ilişkilendirilmiştir.

Diğer araştırmacılar da soya ilavesi ile ekmek hacminin önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Azalmanın nedenini ise, soya esaslı bileşenlerin su absorplama özelliklerinin farklılığı-

na, gluten fraksiyonunun seyrelmesine, soya lifinden ötürü gluten yapısında kusurların oluşumuna, soya ve gluten proteinleri arasındaki disülfid bağlarındaki değişimlere ve/veya soya lifi tarafından suyun absorplanması sonucu hamur viskozitesinin artmasına dayandırmışlardır (Brewer vd., 1992; Vittadini ve Vodovotz, 2003; Shogren vd., 2003; Basman vd., 2003). Chavan ve Kadam (1993) soya protein izolatının, soya protein konsantrasyonu ve soya unlarına kıyasla, eşit düzeylerde ilavesinde, ekmek hacminde en fazla düşmeyi sağladığını bildirmiştir.



Şekil 1. Soya ürünlerinde izoflavon miktarları ve dağılımları

**-Sertlik:** Soya protein izolatının, yüksek protein içeriği nedeniyle ilavesi ekmeğin sertliğini arttırmaktadır (Tablo 6). Ancak proteinin kısmen denatürasyonu ve/veya çözünür olmayan lif ilavesi ekmeğin sertliğine aynı etkiyi daha düşük düzeylerde yapmaktadır. Öte yandan çözünür lif ilavesi ise, soya ekmeğine önemli ölçüde yumuşaklık sağlamaktadır.

Taze ekmeklerin sertliği değerlendirildiğinde, formülasyonlar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Genel olarak daha yüksek hacimli ekmeklerin daha yumuşak ve daha düşük hacimli ekmeklerin ise daha sert olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonrası tüm ekmeklerin belirgin şekilde sertliği artmıştır. Lif ilavelerinin ekmek sertliğini 7 günlük depolama süresinde önemli ölçüde değiştirdiği anlaşılmaktadır. Bu

değişimin çözünür soya lifi ilavesi ile en fazla (yaklaşık 5 kat) ve soya sütü tozu ile en düşük (%12.3) olduğu saptanmıştır.

Kim ve Moon (1999), ÇSL içeriği fazla olan soya sütü posalı lifi ilave ettikleri ekmeklerde 5 gün depolama sonucunda kontrol ekmeğe göre daha yumuşak ekmekler elde ettiklerini belirtmişlerdir. Gomez ve diğ. (2003) ekmeklerde depolama sonucu lif cinsi ve özelliklerine göre değişimle birlikte, su kaybının önlenmesine bağlı olarak amilopektin kristalizasyonunun gecikmesi sonucu genellikle sertlikte azalma tespit etmişlerdir (Gomez vd., 2003).

Brewer ve diğ. (1992) yüksek soya proteini içeriğinin ekmeklerde sertliği arttırdığını belirtmişlerdir. Basman ve diğ. (2003) artan miktarlarda soya unu (%0-15) ilave edilen yumuşak buğday unu ekmeklerinde sertliğin azaldığını, ancak sert buğday ekmeklerinde çok az bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Ekmek hacminde, hamurun uzayabilirliği ve uzama direncinde ise düşme söz konusudur (Basman vd., 2003). Nelson (2001) çözünür lif içeriği yüksek liflerin ekmek içi yumuşaklığını olumlu yönde etkilediğini belirtmiş ve bu etkiyi nem tutmaya yardımcı olmak suretiyle ekmek içi nemliliğini arttırdığı şeklinde açıklamıştır.

**-Renk:** Ekmek içi rengi soya proteini ve çözünür olmayan lif ilavesi ile açılmakta, kabuk rengi ise koyulaşmaktadır (Tablo 6). Taze soya ekmeklerinde a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri de benzer şekilde protein ve lif içerikleri ile artmaktadır. Tüm formülasyonlarda depolama sonunda, ekmek içi ve kabuk renginde önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bayatlama ile soya lifinin ilave edildiği ekmeklerde ekmek içi rengi koyulaşmakta, protein ilave edilen ekmeklerde ise açılmaktadır. Genel olarak bayatlama ile ekmek içi renginde değişim çok az gözlenmiştir. Ancak kabuk rengi tüm formülasyonlarda koyulaşmıştır. Soya unu, ÇSL ve ÇOSL formülasyonlarında daha parlak (HL) ekmek içi ve daha düşük a ve b değerleri tespit edilmesinin lipoksigenaz aktivitesi nedeniyle ağartma etkisinden olabileceği düşünülmektedir (Boyacıoğlu, 2006).

### **Soya ekmeğinin fizikokimyasal özellikleri**

- *Nem içerikleri:* Tüm formülasyonlarda su aktivitesi değerleri birbirine yakındır (0.97). Ekmeklerin depolama süresinde de su aktivitesi değerleri değişmemiştir. Bununla birlikte bayatlama ile nem içeriği azalmıştır. Daha fazla soya esaslı bileşen varlığında ekmek yapısı içerisinde daha fazla su tutulmuştur. Depolamanın son gününde çözünür olmayan lif ve protein varlığının ekmeğin nem kaybını azaltıcı etkileri olduğu açıktır. Ekmekte en yüksek nem miktarı çözünür olmayan lif (%47.27) ve soya proteini (%47.63) ilaveleriyle gözlenmiştir (Tablo 7). Nem kaybının depolama süresince en fazla olduğu soya unu (%6.4), çözünür soya lifi (%3.9) ve denatüre olmamış soya protein izolatu (%4.9) ekmeklerinde, sertlikteki değişimler de en fazla olmuştur. Vittadini ve Vodovotz (2003) soya unu ilave miktarındaki artışın (%20'den %40'a) buğday ekmeğine (%4.3) kıyasla 7 günlük depolama sonucunda nem kayıplarında azalmaya (%1.7-3.1) neden olduğunu rapor etmişlerdir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda da soya ilavesinin standart ekmek formülasyonlarında su tutma kapasitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır (Porter ve Skarra 1999; Doxastakis vd., 2002).

- *Dondurulabilir/Dondurulabilir olmayan su:* Şekil 2'de verilen DSC termogramındaki ilk pik buz erime piki olup dondurulabilir su miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çözünür olmayan ve çözünür soya lifi ilavesi taze ekmeklerde dondurulabilir su miktarını kontrol soya unu ekmeğine göre arttırmıştır (%10.0-16.3). Ancak depolama sırasında dondurulabilir su miktarları tüm ekmeklerde azalma gösterirken (%2.2-11.5), denatüre olmayan soya protein izolatu içeren ekmeklerde artış (%4.9-15.3) göstermiştir (Tablo 7). Ekmeklere lif ilaveleri en düşük dondurulabilir olmayan su içeriklerini vermiştir (%12.3-14.3). Bayatlama sonucunda ise sadece soya protein izolatu içeren ekmekte dondurulabilir olmayan su içeriği en düşük bulunmuştur (%10.7). Vittadini ve Vodovotz (2003), SU içeren ekmeklerde depolama boyunca dondurulabilir su miktarında benzer şekilde azalma gözlemlerken, buğday ekmeğine göre soya ekmeklerinde daha yüksek dondurulabilir su miktarını daha fazla nem içermelerine dayandırmışlardır. Dondurulabilir su miktarında

düşmenin depolama sonunda az oluşu, dayanıklılığın daha fazla olduğunun göstergesi olarak belirtilmiştir (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Buna dayanarak SPI 1 ve ÇSL içeren ekmeklerde dayanıklılık daha azdır. Soya sütü tozu ve SU'da ise dayanıklılık (stabilite) en fazladır.

- *Amilopektin kristalizasyonu:* Şekil 2'de görülen tipik DSC termogramından yararlanılarak amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisi hesaplanmıştır. Amilopektin kristalizasyonu tüm ekmeklerde depolama süresince artmıştır. Özellikle soya sütü tozu içeren ekmekte elde edilen en düşük entalpi, çözünür lif ve kısmen denatüre soya proteinlerinin ve/veya muhtemelen soya yağı içeriğinin sinerjik etkileri nedeniyledir. Çözünür olmayan lif ilavesi amilopektin yeniden kristalizasyonunu arttırmaktadır. Çözünür lif ilavesi bayatlamayı geciktirmektedir.

Depolama sonunda çözünür soya lifi içeren ekmekte ve soya sütü tozu içeren ekmekte sertlik değerlerinin en düşük bulunmasında en düşük amilopektin kristalizasyonuna sahip olmaları etkili olmuştur.

Vittadini ve Vodovotz (2003) yaptıkları çalışmada buğday ekmeğine göre soya ekmeklerinde daha düşük amilopektin yeniden kristalizasyonu tespit etmişlerdir. Ancak, soya ekmeğinde daha az amilopektin bulunmasının tek faktör olarak bu sonuçta etkili olmadığını savunmuşlardır. Diğer bir ifade ile araştırmacılar amilopektin kristalizasyonundaki azalmayı doğrudan amilopektin miktarı ile ilişkilendirmemektedirler. Bu çalışmada da; formülasyonlar arasında amilopektin miktarları açısından (%17.5-24.1 buğday unu) çok büyük farklılıklar olmaması bu teoriyi desteklemektedir.

Diğer araştırmacılar ise farklı ilişkiler ortaya koymuşlardır. Nişasta kristalizasyonunun çirşlenme sırasında mevcut olan su miktarı ile kontrol edildiği ve maksimum kristal oluşumunun %40-50 nem içeriğinde gerçekleştiği rapor edilmiştir (Zeleznaek ve Hosenev, 1987). Soya ekmeklerinin de nem içerikleri bu aralıkta olup (Tablo 7), soya esaslı bileşenlerin de suya olan ilgileri sonucu nişasta bileşeni için daha az suyun kalmasına neden olması muhtemeldir.



Tablo 6: Soya ekmeğinin depolamanın 7. günündeki fiziksel özellikleri<sup>1,2</sup>

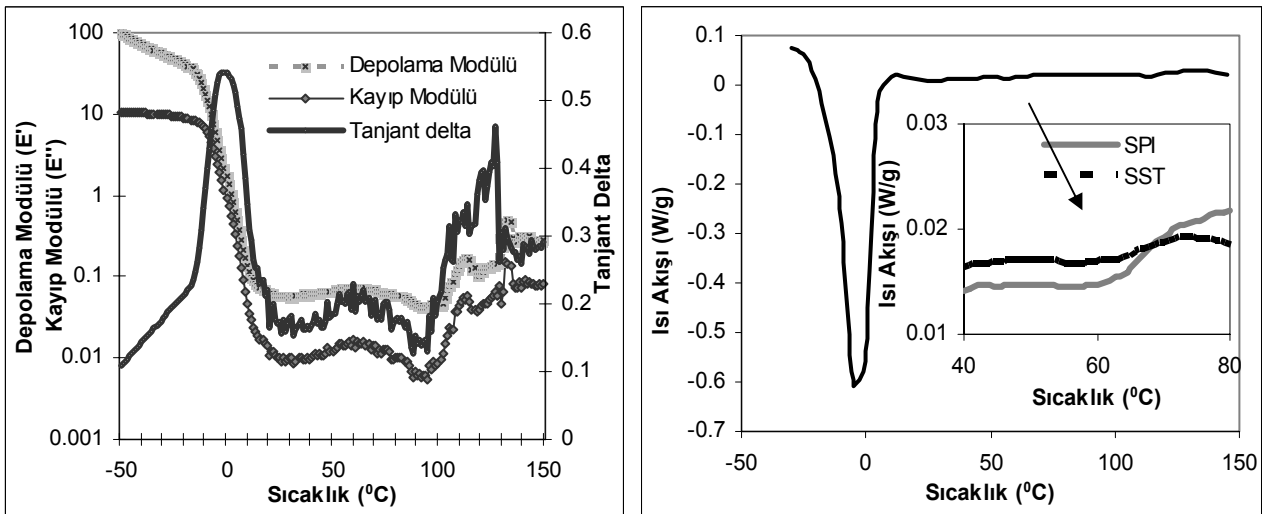
Formülasyon	Hacim (cc)	Sertlik	Ekmek içi rengi			Kabuk rengi		
		Maksimum yük (N)	HL	a	b	HL	a	b
ÇSL	1950 a	2.90±0.90 d	55.5 e	1.30 c	16.8 d	21.9 b	7.60 b	5.75 c
ÇOSL	1725 b	4.59±1.13 ab	58.9 c	1.35 c	17.2 c	21.6 c	8.70 a	6.22 b
SPI 1	1675 c	5.70±1.13 a	61.3 a	1.98 a	17.8 b	22.6 a	8.71 a	6.82 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	1488 e	4.99±1.74 ab	59.1 c	1.99 a	17.7 b	21.6 c	7.12 c	5.28 d
SPI 2	1738 b	3.71±1.07 bc	60.6 b	1.54 b	17.8 b	20.3 e	6.99 c	5.29 d
SST	1613 d	3.37±0.79 cd	60.0 b	1.98 a	19.1 a	20.4 e	7.55 b	5.64 c
SU	1925 a	3.48±0.87 cd	57.0 d	0.77 d	16.5 e	21.2 d	6.81 c	5.09 d

<sup>1</sup> Değerler iki ekmeğin elde edilen değerlerin ortalamasını temsil etmektedir. <sup>2</sup> Aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0.05).

Tablo 7: Soya ekmeğinin depolamanın 7. günündeki fizikokimyasal özellikleri<sup>1,2</sup>

Formülasyon	Toplam Nem İçeriği (%)	Dondurulabilir Su İçeriği (%)	Dondurulabilir Olmayan Su İçeriği (%)	Amilopektin Yeniden Kristalizasyonu (W/G)	Sıklık Depolama Modülü
ÇSL	45.33 ab	30.9 b	14.4 a	0.30 b	0.10 a
ÇOSL	46.18 a	31.4 b	14.7 a	0.57 a	0.10 a
SPI 1	45.30 ab	34.6 a	10.7 b	0.35 b	0.07 a
SPI1+ÇSL+ÇOSL	46.30 a	32.3 ab	14.0 a	0.34 b	0.08 a
SPI 2	45.51 ab	29.8 bc	15.7 a	0.32 b	0.07 a
SST	44.93 b	30.6 bc	14.3 a	0.12 c	0.07 a
SU	43.55 c	27.9 c	15.7 a	0.39 b	0.07 a

<sup>1</sup> Değerler iki ekmeğin için ikiye bölünmüş ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. <sup>2</sup> Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0.05).



Şekil 2. Soya ekmeğine ait tipik DMA ve DSC termogramları

- *Sıklık (Depolama modülü)*: Soya ekmekleri için depolama süresince DMA ile ölçülen sıklık değerleri Şekil 2’de soya ekmekleri için verilen tipik DMA termogramından 25°C’deki depolama modülü yardımı ile saptanmıştır. Sıklık değerleri Tablo 7’de görülmektedir. Dinamik mekanik analiz sonuçları, bayatlama ile ekmeklerdeki sıklık değerlerinin az miktar arttığını ortaya koymuştur. Depolama günleri tek tek dikkate alındığında formülasyonlar arası farklılık önemli bulunmamıştır ( $P < 0.05$ ). Her formülasyon dikkate alındığında ise günler arası farklılıklar da önemli bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ).

Vittadini ve Vodovotz, (2003) soya ekmeklerinde aynı parametreyi incelediklerinde depolama sürecinde buğday ekmeğinin daha sert olduğunu rapor etmişlerdir. Katina (2003) ise, lif ilavesinin ekmek hacminin düşmesine, ekmek içinin elastisitesinin azalmasına neden olduğunu belirtmiştir.

## Sonuçlar

Soya sütü tozu, fonksiyonel gıda bileşenleri açısından zengin bir soya ürünü olup, ekmek üzerinde her bileşenin birleşik etkileri mevcuttur. Soya sütü tozunun ekmeğin bayatlamasını önleyici etkisi, yüksek çözünür soya lifi ve yağ içeriği ile ilişkilidir. Soya proteini ve diğer soya esaslı fonksiyonel bileşen (diyet lifi, fenolik maddeler, izoflavon, antioksidan özellik) miktarlarının formülasyonlarda arttırılması hedeflendiğinde yalnızca soya unu ilavesi ile kabul edilebilir kalitede ekmek üretimi zordur. Bu nedenle, ekmek kalite özelliklerini de iyileştirici etkiye sahip ve aynı fonksiyonel bileşenleri içeren soya sütü tozu ilavesi önerilmektedir.

Elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı üzere, her bir bileşenin soya ekmeğine farklı etkileri vardır. Soya sütü tozunda, soya esaslı bileşenlerin birleşik etkileri mevcuttur ve fonksiyonel gıda bileşenleri açısından da zengin bir soya esaslı bileşendir. Ekmeğin bayatlamasını önleyici olduğu tespit edilmiş olup, çözünür soya lifi içeriğinin yüksek olması ve yağ içermesinin etkili bileşenler olduğu düşünülmektedir. Soya proteini ve diğer soya esaslı yararlı bileşenlerin (diyet lifi, fenolik maddeler, izoflavon, antioksidan

özellik) miktarının formülasyonlarda arttırılmak istenildiği durumlarda, yalnızca soya unu ilavesi ile kabul edilebilir kalitede ekmek üretimi zor olduğundan ekmek kalite özelliklerini de iyileştirici etkiye sahip soya sütü tozu ilavesi önerilmektedir.

Soya fasulyesi içerdiği protein, iz bileşenler ve lif ile birlikte kolesterol düşürücü ve kansere karşı koruyucu özelliklere sahiptir. Fırıncılık ürünleri sağlığa duyarlı tüketicilere yönelik olarak soya proteinin eklenmesinde en yararlı taşıyıcı gıda olarak düşünülmektedir. Soya ürünlerinin fırıncılık ürünlerine ilavesi küçük teknolojik değişikliklere gerek duyabilmekte ancak aynı ekipmanlar kullanılabilir. Soya ununa ilaveten soya sütü tozu ilavesi de ekmeğin kalite özelliklerinde bozulmaya neden olmaksızın soya proteini ve diğer fonksiyonel gıda bileşenlerince ekmeğin zenginleştirilmesinde etkili bir yol olarak ortaya çıkmıştır.

## Teşekkür

Bu doktora tez çalışmasının bir kısmının ABD’de gerçekleştirilmesi için gerekli burs desteğini sağlayan İTÜ Rektörlüğü’ne, laboratuvar ve malzeme imkanlarını sunarak desteğini esirgemeyen Ass. Prof Dr. Yael Vodovotz’a ve Ohio State Üniversitesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü’ne, çalışmada kullanılan soya bileşenlerini temin ederek gerekli teknolojik desteği sağlayan Fuji Oil Company Ltd., Japonya; The Solae Company; Cargill Inc. ve ADM Company, ABD firmalarına teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- AACC, American Association of Cereal Chemists, (2000). *Approved methods of the AACC*, 10<sup>th</sup> ed, St.Paul, MN, ABD.
- Basman, A., Köksel, H., ve Ng, P.K.W., (2003). Utilization of transglutaminase to increase the level of barley and soy flour incorporation in wheat flour blends, *Journal of Food Science*, **68**, 8, 2453-2460.
- Boyacıoğlu, M.H., (2006). Soy ingredients in baking, in *Soy Applications in Food*, 63-81, Ed. M.N. Riaz, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. ve Berset, C., (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, **28**, 25-30.
- Brewer, M.S., Potter, S.M., Sprouls, G., Reinhard, M., (1992). Effect of soy protein isolate and soy fiber on colour, physical and sensory characteristics of baked products, *Journal of Food Quality*, **15**, 245-262.
- Chavan, J.K. ve Kadam, S.S., (1993). Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **33**, 3, 189-226.
- Doxastakis, G., Zafiriadis, I., Irakli, M., Marlani, H., Tananaki, C., (2002). Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties, *Food Chemistry*, **77**, 219-227.
- Dragovic-Uzelac, V., Delonga, K., Levaj, B., Djakovic, S., Pospisil, J., (2005). Phenolic profiles of raw apricots, pumpkins, and their purees in the evaluation of apricot nectar and jam authenticity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 12, 4836-4842.
- Endres, J.G., (2001). *Soy Protein Products Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization*. AOCS Press, Champaign, IL.
- Fontana, A.J., (2000). Understanding the importance of water activity in food, *Cereal Foods World*, **45**, 1, 7-10.
- FDA, Food and Drug Administration, (1999). *Food Labelling: health claims; soy protein and coronary heart disease*. Final rule. 21 VFR Part 101. Washington, D.C., Dept. Of Health and Human Services.
- Garcia, M.C., Torreü, M., Marina, M.L. ve Laborda, F., (1997). Composition and characterization of soyabean and related products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **37**, 4, 361-391.
- Godfrey, P., (2002). Soy products as ingredients – farm to the table, *Innovations in Food Technology*, **14**, 10-13.
- Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A. ve Apesteguia, A., (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality, *European Food Research and Technology*, **216**, 51-56.
- Hallberg, L.M. ve Chinachoti, P., (2002). A fresh perspective on staling: The significance of starch recrystallization on the firming of bread, *Journal of Food Science*, **67**, 3, 1092-1096.
- Katina, K., (2003). High-fibre baking, E-book, Chapter 23, in *Bread Making Improving Quality*, Ed: S.P. Cauvain, CRC Press ve Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- Kim, H. ve Moon, T.W., (1999). Quality attributes of bread with soymilk residue dietary fibre, *Food Science and Biotechnology*, **8**, 245-250.
- Lee, J., Renita, M., Fioritto, R.J., Martin, S.K.S., Schwartz, S.J. ve Vodovotz, Y., (2004). Isoflavone characterization and antioxidant activity of Ohio soybeans, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 2647-2651.
- Liu, K., (2004). *Soybean as Functional Foods and Ingredients*, 1-51, AOCS Press, Champaign, IL.
- Mathew, S. ve Abraham, T.E., (2004). Study on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models, *Food Chemistry*, **94**, 520-528.
- Nelson, A.L., (2001). *High-fiber Ingredients*, pp. 29-62, Eagan Press, St. Paul, Minnesota.
- Perez-Munoz, F. ve Flores, R.A., (1998). Effect of storage time on solubility and colour of spray-dried soy milk, *Journal of Food Protection*, **61**, 231-234.
- Porter, M.A. ve Skarra, L.L., (1999). Reducing costs through the inclusion of soy flour in breads, *Cereal Foods World*, **44**, 632-637.
- Riaz, M.N., (2001). Uses and benefits of soy fiber, *Cereal Foods World*, **46**, 98-100.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A. ve Saura-Calixto, F., (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **76**, 270-276.
- Shogren, R.L., Mohamed, A.A. ve Carriere, C.J., (2003). Sensory Analysis of whole wheat/soy flour breads, *Journal of Food Science*, **68**, 6, 2141-2145.
- Stauffer, C.E., (2002). *Soy protein in baking*, pp. 4 ve 14, Ed. ASA Europe ve Maghreb, Cincinnati, 10 July 2002.
- Singleton, V.L. ve Rossi, J.A., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, **16**, 144-158.
- Vittadini, E. ve Vodovotz, Y., (2003). Changes in the physicochemical properties of wheat and soy containing breads during storage as studied by thermal analysis, *Journal of Food Science*, **68**, 6, 2022-2027.
- Vodovotz, Y. ve Ballard, C., (2004). Compositions and processes for making high soy protein-containing bakery products, Patent No US 2004/0071852 A1.
- Vodovotz, Y., Hallberg, L., ve Chinachoti, P., (1996). Effect of aging and drying on

- thermomechanical properties of white bread as characterized by dynamic mechanical analysis (DMA) and differential scanning calorimetry (DSC), *Cereal Chemistry*, **73**, 264-270.
- Walsh, K.R., Zhang, Y.C., Vodovotz, Y., Schwartz, S.J. ve Failla, M.L., (2003). Stability and bioaccessibility of isoflavones from soy bread during in vitro digestion, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 4603-4609.
- Wettasinghe, M., Bolling, B., Plhak, L. ve Parkin, K., (2002). Screening for phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of common vegetables, *Journal of Food Science*, **67**, 7, 2583-2588.
- Zeleznač, K.J. ve Hosney, R.C., (1987). The glass transition in starch, *Cereal Chemistry*, **64**, 2, 121-124.
- Zhang, Y. C., Albrecht, D., Bomser, J., Schwartz, S.J. ve Vodovotz, Y., (2003). Isoflavone profile and biological activity of soy bread, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 7611-7616.
- Zhang, Y. C., Lee, J.H., Vodovotz, Y., Schwartz, S.J., (2004). Changes in distribution of isoflavones and  $\beta$ -glucosidase activity during soy bread proofing and baking, *Cereal Chemistry*, **81**, 6, 741-745.