

SOYA UNU KATKILI EKMEKLERİN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ¹

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOY ADDED BREAD

A. Sinan ÇOLAKOĞLU, İnci ÇINAR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 46100, Kahramanmaraş

ÖZET: Soya unu katılmış (%20) ekmeklerde meydana gelen fiziko-kimyasal değişiklikler -80 ile 200°C arasında araştırılmıştır. Kontrol olarak soya unu katısız "standart ekmek" örnekleri kullanılmıştır. Örnekler, DSC (Differential Scanning Calorimetry), DMA (Dynamic Mechanical Analyzer) ve TGA (Thermogravimetric Analyzer)'da analizleri yapılmış ve ayrıca % nem içeriği ölçülmüştür.

Ekmeğe soya unu katılması donabilen su miktarında ve amilopektin kristalizasyonunda azalmaya neden olmuştur. Tan δ piki 0 °C civarında oluşmuş ve soya unu katılı ekmekte daha düşük sıcaklıklara kaymıştır. Sertlik hakkında bilgi veren depolama modülü (E') soya unu katılı ekmekte daha yüksek bulunmuştur. TGA ile belirlenen ağırlık kaybı ve ağırlık kaybı sıcaklığı soya unu katılı ekmekte biraz daha yüksek olup, vakum fırını ile elde edilen nem miktarı sonuçları ile benzer bulunmuştur.

Anahtar Kelime: Amilopektin kristalizasyonu, Donabilen su, Ekmek, Soya

ABSTRACT: The physico-chemical changes occurring in bread upon addition of soy (20%) was studied over a large temperature scale (-80 °C to 200 °C). Thermal analysis of wheat (standard) and soy breads by DSC, DMA and TGA provided information about phase transition, volume and mass changes during heating.

DSC results showed that addition of soy decreased the amount of "freezable" water and amylopectin recrystallization. The main tan δ peak occurred around 0 °C and was shifted to lower temperatures in soy bread. Storage module (E') which indicates stiffness was higher in soybread than standart bread. Weight loss and the temperature of weight loss in TGA were slightly higher for soybread than standard bread. Moisture content of soy and wheat breads determined by the conventional vacuum oven method were similar to the former paralleling weight losses determined by TGA.

Keywords: Amylopectin crystallization, Bread, Freezable water, Soy

GİRİŞ

Türkiye'nin hızla artan nüfusuna paralel olarak dengeli ve sağlıklı beslenmeye olan ihtiyaç da hızla artmaktadır. Bu yüzden tahılların, özellikle ekmeğin besin kaynağı olarak tüketildiği toplumumuzda, besin değerlerinin iyileştirilmesi ve zenginleştirilmesi, yetersiz ve sağlıksız beslenme sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Soya unu, ekmeğin besin değerinin ve kalitesinin yükseltilmesi amacıyla günümüzde kullanılan en uygun alternatif katkı maddelerinden birisidir. Teknolojik yönden, soya unu, su tutma kapasitesini artırıp ekmeğin daha yumuşak olmasını sağlamakta ve bayatlamasını geciktirmektedir. Besinsel yönden de ekmeğin amino asit kompozisyonunu dengelemekte ve protein değerini artırmaktadır (Lusas ve ark. 1995, Garcia ve ark. 1997).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, soyanın, obezite, osteoporoz, kalp ve böbrek hastalıklarının önlenmesinde fayda sağladığı, kan basıncının ve su-tuz dengesinin regüle edilmesinde önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Omi ve ark. 1994, Draper 1997, Clarkson ve Anthony 1998, Yamakoshi ve ark. 2000, Goodman ve Silverstein 2001). Soyanın beslenmedeki önemini artıran diğer bir yeni bulgu ise izoflavon olarak adlandırılan, estrojenik ve hipokolesterolemik aktivite gösteren bitkisel kimyasalları içermesidir. İzoflavonların kolesterolü düşürdüğü, göğüs ve prostat kanserlerinin önlenmesinde kemopreventiv olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Fukutake ve ark 1996, Appelt ve Reicks 1999, Goodman ve ark. 2001). 1999 yılında, Amerikan Gıda ve

¹ Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

İlaç Dairesi (FDA), soya içeren gıdaların ambalajlarına soyanın bu yararlarının yazılarak tüketicilerin bilgilendirilmesi kararını almış (Federal Register 64 FR 57699) ve dolayısı ile soya tüketimini teşvik etmiştir.

Ekmeğe soya ununun katılması teknolojik yönden sınırlıdır. Buck ve ark. (1987), %10, 20 ve 30 oranındaki soya unu katılan ekmeğin somun hacminin düştüğünü, renklerinin koyulaştığını, sertliğinin arttığını ve fasulyemsi bir tada sahip olduklarını ve soya unu miktarının artması ile bu olumsuz etkiler daha da arttığını bildirmişlerdir. Ancak ekmeğin net protein miktarlarında, hazmedilme oranlarında ve PER (Protein Efficiency Ratio) değerlerinde belirgin artışlar olduğunu vurgulamışlardır.

Soyanın ekmeğin üzerine olumsuz etkileri hamur geliştiriciler ve yüzey aktif maddeler kullanılarak giderilebilir. Bunlar arasında etoksillenmiş monogliseridler (EMG), sodyum stearoil-2-laktilat (SSL), sukroz monotallovat (SMT) ve lesitin en çok kullanılan yüzey aktif maddelerdir (Chavan ve ark. 1993). Erdman ve ark. (1977), %12 soya unu içeren ekmeğin, sodyum stearoil-2-laktilat eklenmesi ile somun hacimlerinin arttığını, renk, koku, aroma ve tekstür gibi özelliklerin iyileştiğini bildirmiştir.

Bir çok araştırmacı tarafından soya unu katılmış ekmeğin duyu ve yapısal özellikleri, somun hacmi ve yoğunluğu çalışılmıştır (Erdman ve ark. 1977, Fleming ve Sosulski 1977, Klein ve ark. 1980, Buck ve ark. 1987, Brewer ve ark. 1992, Porter ve Skarra 2000). Son yıllarda, termal ve termomekanik analiz teknikleri, önceki çalışmalara ek olarak, ekmeğin ve bileşenlerinde sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen fiziko-kimyasal değişimlerin incelenmesinde önemli bir yer almıştır. DSC, DMA ve TGA ekmeğe meydana gelen kristalleşme, su ve ağırlık değişimlerinin, camsı geçiş (glass transition; T_g) sıcaklığının ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde geniş ölçüde kullanılmaktadır (Levine ve Slade 1990, Chinachoti 1996, Vodovotz ve ark. 1996, Vodovotz ve Chinachoti 1996 ve 1998, Baik ve Chinachoti 2000).

Bu çalışmanın amacı soya unu katılan ekmeğin fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin termal ve termomekanik metodlarla belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Ekmeğin Üretimi

Çalışmada kullanılan materyaller (un, tuz, maya, soya unu v.b.) lokal bir marketten satın alınmıştır. %20 yağsız soya unu katılmış ekmeğin (1 kg), ev tipi otomatik ekmeğin pişirme makinesinde (Zojirushi America Corp, Commerce, California, US) yapılmış ve oda sıcaklığına soğuması bekledikten sonra analiz edilmiştir. Soya unu katılmamış ekmeğin (standart ekmeğin) kontrol olarak kullanılmıştır.

Nem Tayini

Ekmeğin nem tayini AOAC 925.09 (AOAC 2002) metoduna göre vakum fırınında yapılmıştır.

DSC Analizi

10-15 mg ekmeğin içi örnekleri hermetik olarak kapatılmış alüminyum kutulara konulduktan sonra DSC 2920 (TA Instrument, New Castle, Delaware, USA)'de 2 °C/dak sıcaklık artışı ile -50 ile 110 °C arasında taranmıştır. Elde edilen termogramlardan "donabilen su miktarı" ve "amilopektin kristalleşmesi" belirlenmiştir. Donabilen su miktarı, % olarak aşağıdaki formülasyon kullanılarak hesap edilmiştir;

$$\text{Donabilen Su (\%)} = \left[\frac{\Delta H}{\Delta H_{\text{buz}}} \right] \times 100$$

Burada; ΔH buzun erimesi için gerekli olan toplam ısıyı (J/g), ve ΔH_{buz} buzun latent ısısını (334 J/g) ifade etmektedir.

DMA Analizi

Ekmeğin içinden alınan örnek yaklaşık 2-3 mm kalınlığında olacak şekilde preslendikten sonra 3x10x20 mm ebatlarında kesilmiş ve "3 point bending" ölçüm sistemi içeren DMA 2980 (TA Instrument, New Castle, De-

laware, USA)'e yerleştirilmiştir. Örnek sıvı azot gazı ile $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulmuş ve daha sonra $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ sıcaklık artışı ile -80 ile $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında taranmıştır. Elde edilen termogramdan depolama (E') ve kayıp (E'') modülü ile $\tan \delta(E'/E'')$ kaydedilmiştir.

TGA Analizi

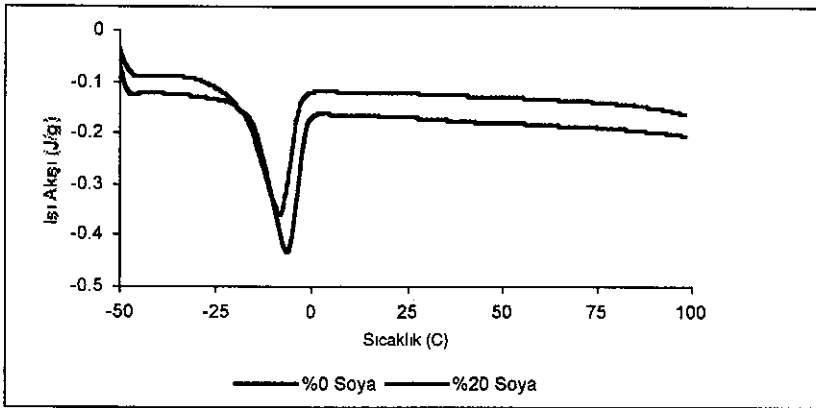
Ekmek içinden alınan yaklaşık 10 mg örnek, TGA 2950 (TA Instrument, New Castle, Delaware, USA)'nin hassas terazisine yerleştirildikten sonra $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dak}$ sıcaklık artışı ile $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısıtılmış ve ağırlık kaybı belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

DSC termogramında $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında görülen büyük endotermik pik buzun erimesinden kaynaklanmaktadır (Vodovotz ve ark. 1996). Standart ve soya unu katkılı ekmeklerde buz-erime geçişi Şekil 1'de verilmiştir. Her ikisi de aynı şekli vermekle birlikte, soya unu katkılı ekmekte başlangıç ve maksimum sıcaklıklar standart ekmeğe göre biraz daha düşüktür (Çizelge 1). Termogramdan elde edilen donabilen su miktarı soya unu katkılı ekmekte %15.12, standart ekmekte %16.21 bulunmuştur. Soya ununun su tutma kapasitesini artırdığı bilinmektedir. Bundan dolayı, ekmeğe soya unu eklenmesi hem suyun donma aralığını ve hem de donabilen su miktarını azaltmıştır.

Bayatlamış ekmeklerde, zamana bağlı olarak, amilopektin kristalizasyonu artmaktadır. DSC termogramında $30\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında entalpideki artış, amilopektin kristalizasyonunu vermektedir (Şekil 1). Taze ekmeklerde bir miktar amilopektin kristalizasyonu görülmektedir.

Bunun nedeni hamurda bir kısım amilopektinin jelatinize olmaması ve kristal yapısını korumasından kaynaklanır. Ayrıca ekmeğin içinde su hareketli olup, fazlar arasında yer değiştirerek "plasticizer" etkisi gösterir. Dolayısıyla amilopektin zincirleri daha kolay hareket edeceklerinden kristal yapı oluşumu hızlanır (Zeleznaç ve Hoseney 1986). Soya unu ortamdaki suyu bağlayarak amilopektin zincirlerinin hareketliliğini kısıtlayıp kristal yapı oluşturmalarını önler. Soya unu katkılı ekmekte amilopektin kristalizasyonu 0.07 J/g iken standart ekmekte 0.25 J/g bulunmuştur.

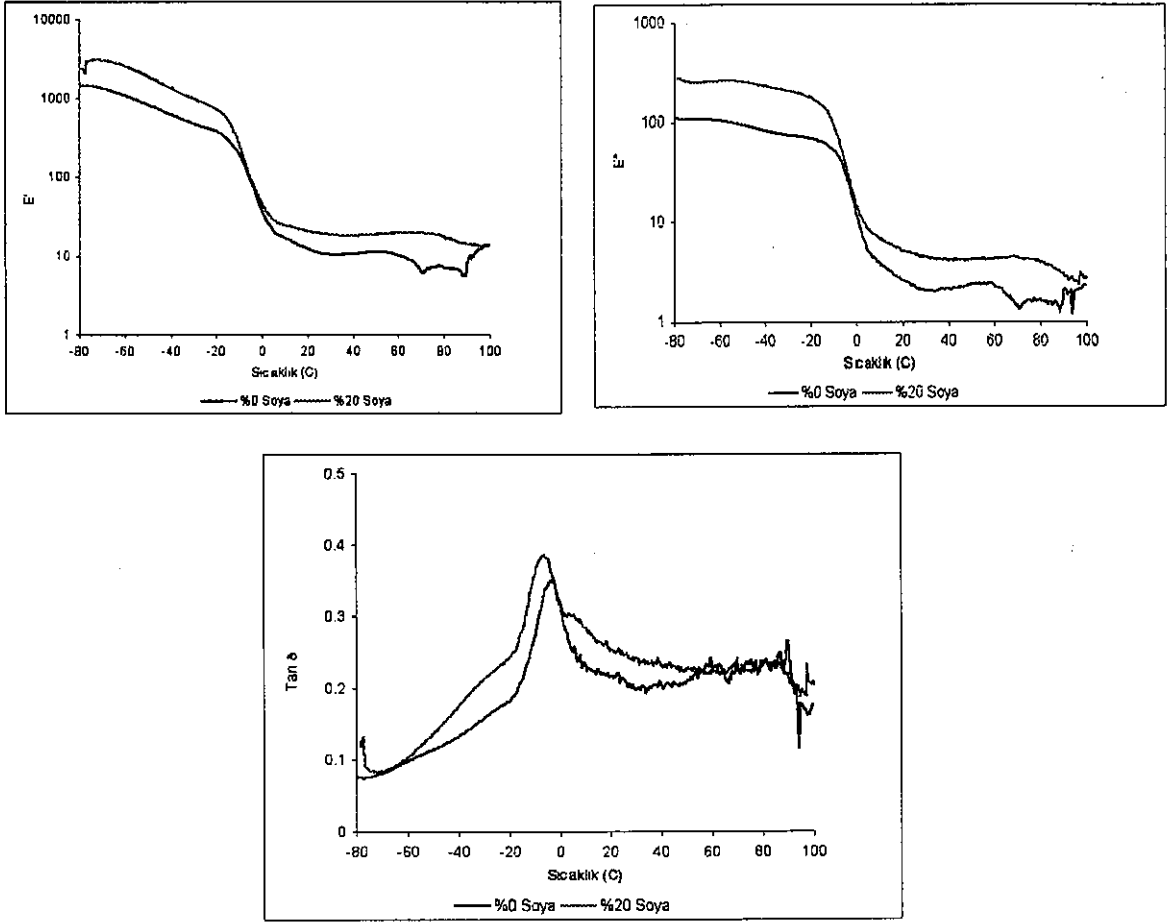


Şekil 1. Standart ve soya unu katkılı ekmeklerin DSC termogramı

katkılı ekmeklerin DMA termogramları Şekil 2'de verilmiştir. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarlarında E' ve E'' değerlerinde düşüş ve $\tan \delta$ 'da bir pik görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda bu geçişin buzun erimesinden olmakla birlikte T_g gibi ikinci bir geçişinde olabileceği bildirilmektedir (Hallberg ve Chinachoti 1992, Vodovotz ve Chinachoti 1996). Ekmek örnekleri $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerine ısıtıldığında sertleşmekte ve yapıda kırılmalar oluşmaktadır. Standart ve soya

Çizelge 1. Standart ve soya unu katkılı ekmeklerde donabilen su miktarları ve amilopektin kristalizasyon entalpileri

	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)		Alan	
	Başlangıç	Maksimum	J/g	%
<i>Donabilen Su</i>				
Standart Ekmek	-13.51	-4.63	53.96	16.21
Soya Katkılı Ekmek	-15.48	-5.23	50.34	15.12
<i>Amilopektin Kristalizasyonu</i>				
Standart Ekmek	32.02	43.47	0.25	
Soya Katkılı Ekmek	35.08	44.61	0.07	



Şekil 2. Standart ve soya unu katkılı ekmeklerin DMA termogramları

unu katkılı ekmekler benzer bir grafik göstermekle birlikte soya unu katkılı ekmekte geçiş sıcaklıkları daha düşük sıcaklıklara kaymıştır. E' değeri soya unu katkılı ekmeğin için daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni soya unu katkılı ekmeğin suyu tutarak elverişli su miktarını azaltması ve daha sıkı bir ekmeğin yapısını oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Standart ekmekte 40-70 °C arasında amilopektin kristalizasyonundan kaynaklanan ikinci küçük bir pik gözlenmiştir.

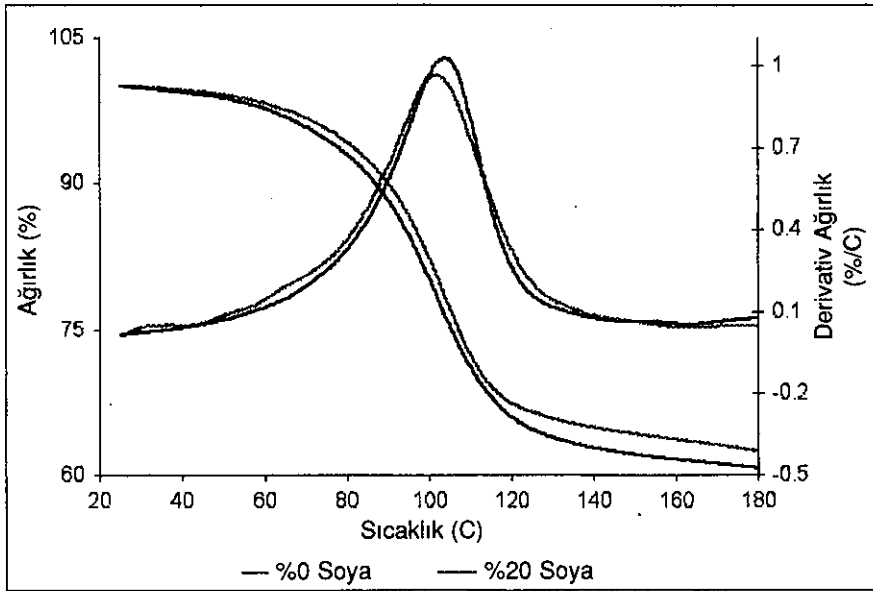
Şekil 3'te standart ve soya unu katkılı ekmeklerin TGA termogramları verilmektedir. Her iki ekmekte de sadece bir pik görülmüştür. Ekmeğe soya unu eklenmesi, ağırlık kaybında azalmaya neden olmuş ve sıcaklık aralığını yükseltmiştir. Her iki ekmekte formülasyonunda aynı miktarda su oranına sahipken, vakum fırını ile yapılan nem tayininde soya unu katkılı ekmeğin standart ekmeğe göre biraz daha az nem içerdiği bulunmuştur (Çizelge 2). Bunun nedeni, daha önce de bahsedildiği gibi, soyanın elverişli suyu bünyesinde tutması ve sıcaklıkla, bu suyu, standart ekmeğe göre daha zor kaybetmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2. Standart ve soya unu katkılı ekmeklerin nem içeriklikleri

	Ağırlık Kaybı ^a (%)	Nem ^b (%)
Standart Ekmeğin	36.32	36.29
Soya Katkılı Ekmeğin	34.86	35.17

^a TGA

^b Vakum fırını



Şekil 3. Standart ve soya unu katkılı ekmeklerin TGA termogramları

SONUÇ

Ekmeklere soya unu eklenmesi fiziko-kimyasal özelliklerinde değişmeye neden olmuştur. Soya unu amilopektin kristalizasyonunda ve donabilen su miktarında azalmaya neden olmaktadır. Soya unu ekmekleri daha sıkı hale getirdiğinden somun hacimleri düşmektedir. DMA analizleri bu sıkı yapının daha sert olduğunu göstermiştir. TGA ve vakum fırını ile yapılan ağırlık kaybı ve nem tayininden benzer sonuçlar elde edilmiş fakat soyanın ekmekteki suyu daha bağlı hale getirdiğini göstermiştir. Bütün bunlardan, soyanın ekmeğin bayatlamasını geciktirebileceği görülmüştür. Ancak depolama süresince bayatlamaya bağlı olarak gelişen fiziko-kimyasal değişikliklerin ve soya ununun bu değişikliklere etkisinin termal ve termomekaniksel analiz yöntemlerinin kullanılarak incelenmesi daha fazla bilgi edinilmesi için gereklidir.

KAYNAKLAR

- AOAC 2002. Official Methods of Analysis. 17th ed. Assoc. Official Anal. Chemists, Washington DC.
- Appelt, L.C., and Reicks M.M. 1999. Soy induces phase II enzymes but does not inhibit dimethylbenz[a]anthracene-induced carcinogenesis in female rats. *J. Nutr.* 129:1820-1826.
- Baik, M.Y., and Chinachoti, P. 2000. Moisture distribution and phase transitions during bread staling. *Cereal Chem.* 77(4): 484-488.
- Brewer, M.S., Potter, S.M., Sprouls, G., Reinhard, M., 1992. Effect of soy protein isolate and soy fiber on color, physical and sensory characteristics of baked products. *J. Food Quality.* 15:245-262.
- Buck, J.S., Walker, C.E., and Watson, K.S. 1987. Incorporation of corn gluten meal and soy into various cereal-based foods and resulting product functional, sensory, and protein quality. *Cereal Chem.* 64(4):264-269.
- Chavan, J.K. and Kadam, S.S. 1993. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. *CRC Cr. Rev. Food Sci.* 33(3):189-226.
- Chinachoti, P. 1996. Characterization of thermomechanical properties in starch and cereal products. *J. Thermal Anal.* 47:195-213.
- Clarkson, T.B., and Anthony, M.S. 1998. Phytoestrogens and coronary heart disease. *Bailliere Clin. Endoc.* 12(4):589-604.
- Draper, C.R., Edel, M.J., Dick, I.M., Randall, A.G., Martin, G.B., and Prince, R.L. 1997. Phytoestrogens reduce bone loss and bone resorption in oophorectomized rats. *J. Nutr.* 127:1795-1799.
- Erdman, J.M., O'Connor, M.P., Solomon, L.W., Nelson, A.I., 1977. Production, Nutritional Value and Baking Quality of Soy-Egg Flours, *J. Food Sci.* 964-968.
- Fleming, S.E. and Sosulski, F.W., 1977. Breadmaking properties of flour concentrated plant proteins. *Cereal Chem.* 54(5):1124-1140.

- Fukutake, M., Takahashi, M., Ishida, K., Kawamura, H., Sugimura, T., and Wakabayashi, K. 1996. Quantification of genistein and genistin in soybeans and soybean products. *Food Chem. Toxicol.* 34:457-461.
- Garcia, M.C., Torre, M., Marina, M.L., and Laborda, F. 1997. Composition and characterization of soybean and related products. *CRC Cr. Rev. Food Sci.* 37(4):361-391.
- Goodman, G. D., and Silverstein, K.D. 2001. Usual Dietary Isoflavone Intake Is Associated with Cardiovascular Disease Risk Factors in Postmenopausal Women. *J. Nutr.* 131:1202-1206.
- Goodman, M.T., Wilkens, L.R., Hankin, J.H., Lyu, L.C., Wu, A.H., and Kolonel, L.N. 1997. Association of soy and fiber consumption with the risk of endometrial cancer. *Am. J. Epidemiol.* 146(4):294-306.
- Hallberg, L.M., and Chinachoti, P. 1992. Dynamic mechanical analysis for glass transitions in long shelf-life bread. *J. Food Sci.* 57:1201-1204.
- Klein, B.P., Perry, A.K., and Van Duyne, F.O. 1980. Composition and palatability of breads made with ground soybean products. *Home Economic Research J.* 9(1):27-35.
- Levine, H. and Slade, L. 1990. The influences of the glassy and rubbery states on the thermal, mechanical, and structural properties of doughs and baked products. In *Dough Rheology and Baked Product Texture*, H. Faridi and J.M. Faubion (eds.), pp. 157-330, AVI Publishing Co., New York.
- Lusas, E.W., and Riaz, M.R. 1995. Soy protein products: processing and use. *J. Nutr.* 125:573S.
- Omi, N., Aoi, S., Murata, K., and Ezawa, I. 1994. Evaluation of the effect of soybean milk and soybean milk peptide on bone metabolism in the rat model with ovariectomized osteoporosis. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 40:201-211.
- Porter, M.A., and Skarra, L.L. 2000. Reducing costs through the inclusion of soy flour in breads. *Cereal Foods World.* 44(9):632-637.
- Vodovotz, Y. and Chinachoti, C. 1998. Glassy-rubbery transition and recrystallization during aging of wheat starch gels. *J. Agr. Food Chem.* 46(2):446-453.
- Vodovotz, Y. and Chinachoti, P. 1996. Thermal transitions in gelatinized wheat starch at different moisture contents by dynamic mechanical analysis. *J. Food Sci.* 61(5):932-937.
- Vodovotz, Y., Hallberg, L. and 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 Chem.* 73(2):264-270.
- Yamakoshi, J., Piskula, M.K., Izumi, T., Tobe, K., Saito, M., Kataoka, S., Obata, A., and Kikuchi, M. 2000. Isoflavone aglycone-rich extract without soy protein attenuates atherosclerosis development in cholesterol-fed rabbits. *J. Nutr.* 130:1887-1893.
- Zeleznek, K.J., and Hosney, R.C. 1986. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.* 63:407-411.