

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOYA ÜRÜNLERİNDE FONKSİYONEL BİLEŞENLERİN
KARAKTERİZASYONU VE SOYA EKMEĞİ ÖZELLİKLERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Dilara NİLÜFER

Anabilim Dalı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Programı: GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU

MART 2007

ÖNSÖZ

Soya fasulyesinin sağlığa yararlı etkileri tüketicilere yaygın olarak tüketilen ve kabul edilebilir nitelikte soya ürünleri ile ulaştırılabilmektedir. Günümüzde, soya ekmeği bu faydaların sunulmasında en uygun gıda ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Soya esaslı bileşenlerin soya ekmeği üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar sınırlı sayıda olduğundan, çalışmanın soya içeren ürünlere etkilerin anlaşılması açısından ışık tutması ve sağlığa olumlu etkileri olan soya fasulyesi ve ürünlerinin ülkemizde kullanımının gıda sanayinde yaygınlaşmasını teşvik etmesi ümit edilmektedir.

Yıllar süren bir emeğin ve çalışmanın sonucu olan bu çalışmada hiç kuşkusuz emeği geçen çok sayıda kişi ve kuruluş oldu. Öncelikle, her zaman desteğini yanımda hissettiğim, yetişmemde ve kariyer hayatımı yönlendirmemde büyük emekleri olan, birlikte çalışmaktan onur ve zevk duyduğum çok değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Dilek BOYACIOĞLU'na doktora tez çalışmamda da göstermiş olduğu destek, ilgi ve anlayıştan ötürü teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın bir kısmını ABD'de gerçekleştirmem için gerekli burs desteğini sağlayan İTÜ Rektörlüğü'ne ve o dönemin Rektörü Prof. Dr. Gülsün SAĞLAMER'e, çalışmamın şekillenmesinde ve gerçekleştirilmesinde emeği olan, laboratuvar ve malzeme imkanlarını sunmak üzere beni kabul eden ve desteğini esirgemeyen Ass. Prof Dr. Yael VODOVOTZ'a ve Ohio State Üniversitesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü'ne, tez izleme komitemde yer alarak görüşlerini, desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU ve Prof. Dr. Hamit KÖKSEL'e teşekkürü bir borç bilirim. 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 ve SDS-PAGE analizleri sırasındaki yardımları için Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Hamit KÖKSEL ve Ar. Gör. Burcu OLANCA'ya da teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bu aşamalara gelmemde büyük emekleri olan İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki hocalarıma, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim arkadaşlarım başta Ar. Gör. Esra ÇAPANOĞLU ve Y. Müh. Nalan DEMİR olmak üzere, destek olan diğer tüm arkadaşlarıma, ABD'de yaşadığım süre içerisinde desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Dr. Nurdan K. VURMA, Y. Müh. Mustafa VURMA ve Dr. Yu Chu ZHANG'e ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam ve hayatım boyunca gösterdikleri destek ve anlayıştan ötürü başta çok sevgili annem ve teyzem olmak üzere tüm aileme ve bu mesleği seçmemde etkisi büyük olan, her zaman desteğini yanımda hissettiğim eniştem ve hocam Prof. Dr. E. Sabri KAYALI'ya da sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamı, mühendislik mesleğini seçerken örnek aldığım ve hayatta olsaydı doktor ünvanını almamdan gurur duyacağına inandığım babam merhum Y. Müh. Levent NİLÜFER'e ithaf ediyor ve bilim dünyasına yararlı olmasını diliyorum.

Ocak, 2007

Yük Müh. Dilara NİLÜFER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Soya Fasulyesi ve Soya Ürünleri	4
2.1.1. Soya fasulyesi kompozisyonu ve sınıflandırması	5
2.1.2. Soya fasulyesi üretimi	6
2.1.2.1. Dünyada soya fasulyesi ve ürünleri üretimi	7
2.1.2.2. Türkiye’de soya fasulyesi ve ürünleri üretimi.....	8
2.2. Soya Ürünleri	11
2.2.1. Soya unu	11
2.2.2. Soya sütü.....	14
2.2.3. Soya sütü tozu	18
2.2.4. Soya protein izolatları.....	19
2.2.5. Soya protein konsantreleri	20
2.2.6. Soya lifi.....	21
2.2.7. Soya yağı.....	22
2.3. Fonksiyonel Bileşenler	23
2.3.1. Diyet lifi tanımı	23
2.3.1.1. Diyet lifi kompozisyonu.....	24
2.3.1.2. Diyet lifinin sağlığa etkileri.....	24
2.3.1.3. Diyet lifi analizi ve karakterizasyonu	27
2.3.1.4. Diyet lifinin ekmek özelliklerine etkisi.....	29
2.3.2. Fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite	31
2.3.3. İzoflavonlar	33
2.3.3.1. İzoflavonların sağlığa etkileri.....	34
2.3.3.2. İzoflavonlara işlem etkileri	35
2.3.4. Soya proteini	36
2.3.4.1. Soya proteininin bileşimi / moleküler yapısı	37
2.3.4.2. Soya proteininin önemi / sağlığa etkileri	38
2.3.4.3. Soya proteini uygulamaları	39
2.3.4.4. Soya proteini karakterizasyonu	40
2.4. Lipoksigenaz.....	41
2.5. Soya Ekmeği.....	43

2.5.1. Ekmekte depolama / bayatlama	44
2.5.2. Bayatlamaya etki eden faktörler.....	45
2.5.3. Bayatlama tespit yöntemleri.....	48
2.5.4. Soya esaslı bileşenlerin bayatlamaya etkileri.....	51
3. MADDELER ve YÖNTEMLER	52
3.1. Maddeler.....	52
3.2. Soya Ürünlerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri.....	53
3.2.1. Kompozisyon analizleri	53
3.2.1.1. Protein tayini	54
3.2.1.2. Diyet lifi analizi	54
3.2.1.3. Nem içeriklerinin tayini	54
3.2.2. Soya ürünlerinin teknolojik özelliklerinin incelenmesi.....	54
3.2.2.1. Su bağlama kapasitesi	55
3.2.2.2. Yağ bağlama kapasitesi.....	55
3.2.2.3. Emülsifiye etme aktivitesi ve dayanıklılığı.....	55
3.2.2.4. Çırpılabilirlik / köpük dayanıklılığı	56
3.2.3. Soya proteini karakterizasyonu incelemeleri	56
3.2.3.1 DSC.....	56
3.2.3.2 Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE).....	56
3.2.4. Fenolik madde, izoflavon ve antioksidan aktivitesi analizleri.....	57
3.2.4.1. Fenolik madde ve izoflavon ekstraksiyonu.....	57
3.2.4.2. Toplam fenolik madde	58
3.2.4.3. DPPH radikal yakalama aktivitesi.....	58
3.2.4.4. ABTS radikal yakalama aktivitesi.....	59
3.2.4.5. Fenolik madde profili.....	59
3.2.4.6. İzoflavon analizi	60
3.2.5. Lipoksigenaz aktivitesi tayini	62
3.3. Soya Ekmeklerinin Üretimi	62
3.4. Soya Ekmeklerinde Kompozisyon Analizleri	65
3.4.1. Diyet lifi içeriği analizi	65
3.4.2. Protein ve kül analizleri	65
3.5. Soya Ekmeğinin Fiziksel ve Fizikokimyasal Özelliklerine Soya Esaslı Bileşenlerin Etkilerinin İncelenmesi	66
3.5.1. Ekmek ağırlığı	66
3.5.2. Ekmek hacmi, özgül hacmi ve yüksekliği	66
3.5.3. Su aktivitesi.....	66
3.5.4. Termal analizler.....	66
3.5.4.1. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC).....	66
3.5.4.2. Termogravimetrik analiz (TGA)	67
3.5.4.3. Dinamik mekanik analiz (DMA).....	68
3.5.5. Doku ölçümleri.....	68
3.5.6. Renk ölçümleri	69
3.6. İstatistik Analizler	70
3.6.1. Soya ürünleri fonksiyonel karakterizasyon sonuçlarının değerlendirilmesi	70
3.6.2. Soya ekmekleri kalite özellikleri sonuçlarının değerlendirilmesi.....	70

3.6.3. Soya ekmeği kalite özelliklerinin temel bileşen analizi (TBA) ile değerlendirilmesi	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	73
4.1. Soya Ürünlerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri.....	73
4.1.1. Kompozisyon analizleri	73
4.1.1.1. Diyet lifi içerikleri	73
4.1.1.2. Protein içerikleri	74
4.1.1.3. Nem içerikleri.....	75
4.1.2. Soya ürünlerinde teknolojik özelliklerin incelenmesi	75
4.1.2.1. Su bağlama kapasiteleri	76
4.1.2.2. Yağ bağlama kapasiteleri	78
4.1.2.3. Emülsifiye etme aktiviteleri ve dayanıklılıkları	79
4.1.2.4. Köpük oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılıkları.....	81
4.1.3. Soya protein karakterizasyonları	83
4.1.3.1 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile analiz.....	83
4.1.3.2. Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)... ile analiz	86
4.1.4. Fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri	88
4.1.4.1. Toplam fenolik madde içerikleri	88
4.1.4.2. DPPH radikal yakalama aktiviteleri	89
4.1.4.3. ABTS radikal yakalama aktiviteleri	90
4.1.4.4. Fenolik madde profilleri.....	93
4.1.5. İzoflavon içerikleri	99
4.1.6. Fenolik madde, izoflavon ve antioksidan yöntemleri arasındaki ilişkiler	107
4.1.7. Lipoksigenaz enzim aktivitesi.....	114
4.1.8. Su tutma özellikleri.....	116
4.2. Soya Ekmeklerinin Üretimi ve Özellikleri	119
4.2.1. Ön denemeler	119
4.2.2. Soya ekmeklerinin kompozisyonları	121
4.2.3. Ekmek ağırlık, hacim ve özgün hacimleri	122
4.2.4. Ekmek yükseklikleri	126
4.2.5. Ekmek sertliği	126
4.2.6. Ekmek içi ve kabuk rengi	128
4.2.7. Ekmeklerin su aktiviteleri.....	129
4.2.8. Ekmeklerin nem içerikleri	130
4.2.9. Dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su içerikleri	133
4.2.10. Amilopektin kristalizasyonu	135
4.2.11. Ekmeklerin DMA ile doku sıklığı	136
4.3. Soya Ekmeğinin Bayatlaması Sırasındaki Değişimler.....	137
4.3.1. Sertlik ölçümleri	138
4.3.2. Ekmek içi ve kabuğu renk özellikleri.....	140
4.3.3. Su aktiviteleri	143
4.3.4. Toplam nem içerikleri	143
4.3.5. Dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su içerikleri	146
4.3.6. Amilopektin kristalizasyonu	150
4.3.7. DMA ile doku sertliği/sıklığı.....	153

Sayfa No

4.4. Ekmek Kalite Özelliklerinin Temel Bileşen Analizleri (TBA)	158
4.4.1. Taze ekmekler için temel bileşen analizi.....	158
4.4.2. Depolama sonunda ekmekler için temel bileşen analizi.....	164
5. SONUÇLAR.....	171
KAYNAKLAR.....	178
EKLER.....	192
EK A. KALİBRASYON EĞRİLERİ	192
EK B. İSTATİSTİK TABLOLAR.....	199
ÖZGEÇMİŞ.....	215

KISALTMALAR

SST	: Soya sütü tozu
SU	: Soya unu
SPI	: Soya protein izolatu
SL	: znr soya lifi
OSL	: znr olmayan soya lifi
TGA	: Termal gravimetrik analiz
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
DMA	: Dinamik mekanik analizleyici
DPPH	: Difenilpikrilhidrazil
ABTS	: 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6sulfonik asit
PDA	: Fotodiyot dizisi dedektörü
UV-VIS	: Mor tesi-görünür bölge
DS	: Dondurulabilir su
DOS	: Dondurulabilir olmayan su
SSL	: Sodyum stearyl laktilat
DATEM	: Diasetil tartarik asit monogliseric ester
ANOVA	: Varyans Analizi
SPSS	: Sosyal bilimler için istatistik programı
AACC	: Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
AOAC	: Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları
FDA	: Gıda ve İlaç Dairesi
PDI	: Protein Dağılabilirlik İndeksi
TBA	: Temel Bileşen Analizi
USDA	: Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı
TEAC	: Troloks Eşitliği Antioksidan Kapasitesi
ORAC	: Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi
TRAP	: Radikal-Tutuklama Antioksidan Parametresi
FRAP	: Demir İyonlarını İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
HPLC	: Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
GLC	: Gaz Sıvı Kromatografisi
DMSO	: Dimetil sülfoksit
SDS-PAGE	: Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi
TDL	: Toplam Diyet Lifi
DL	: znr Diyet Lifi
ODL	: znr Olmayan Diyet Lifi
UHT	: Yüksek Isı Uygulaması
E	: Enzim nitesi
L-1	: Lipoksigenaz 1 enzimi
L-2	: Lipoksigenaz 2 enzimi
L-3	: Lipoksigenaz 3 enzimi
Da	: Dalton

BN : Bağıl nem
HL : Hunterlab aydınlık parametresi
a : Yeşil-kırmızı renk skalası
b : Mavi-sarı renk skalası

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1: Soya fasulyesindeki besin öğelerinin ve fitokimyasalların kuru madde bazında konsantrasyonları.	5
Tablo 2.2: Dünya pazarında mevcut olan soya içeren ürünlerin sınıflandırılması	6
Tablo 2.3: Soya üretiminde lider ülkeler ve üretim miktarları	8
Tablo 2.4: 2003 yılı Türkiye soya fasulyesi, soya küspesi ve soya ithalatı.	11
Tablo 2.5: Soya unu ürünlerinin kullanım alanları.	13
Tablo 2.6: Soya sütü kompozisyonu ve sınıflandırması	14
Tablo 2.7: Soya sütü, inek sütü ve anne sütünün kompozisyonları.....	17
Tablo 2.8: Soya liflerinin kompozisyonu.....	21
Tablo 3.1: SDS-PAGE uygulanan örnekler ve sıraları	57
Tablo 3.2: Uygulanan yöntemin HPLC koşulları.....	60
Tablo 3.3: HPLC gradyen koşulları	60
Tablo 3.4: Uygulanan yöntemin HPLC koşulları.....	61
Tablo 3.5: İzoflavonun HPLC analizinde gradyen sistem kompozisyonu.....	61
Tablo 3.6: Soya ekmeği formülasyonlarındaki farklılıklar	63
Tablo 3.7: Soya ekmeği formülasyonu	64
Tablo 4.1: Soya esaslı bileşenlerin diyet lifi içerikleri.....	74
Tablo 4.2: Soya esaslı bileşenlerde % protein miktarları.....	75
Tablo 4.3: Soya ekmeği yapımında kullanılan bileşenlerin TGA ile elde edilen nem miktarları.....	75
Tablo 4.4: Soya ürünlerinin teknolojik özellikleri.....	76
Tablo 4.5: Soya esaslı bileşenlerin köpük dayanıklılığı	83
Tablo 4.6: Soya ürünlerinde soya proteini fraksiyonlarına ait denatürasyon entalpi değerleri.....	86
Tablo 4.7: Soya ürünlerinin toplam fenolik madde miktarları ve 0,02 g/ml konsantrasyonu için antioksidan aktiviteleri.....	88
Tablo 4.8: Standartlara ait alıkonma süreleri.	93
Tablo 4.9: Fenolik maddelerin soya örneklerindeki kompozisyonları.	94
Tablo 4.10: Soya ürünlerinde saptanan fenolik bileşiklerin miktarları.....	97

Tablo 4.11: İzoflavon bileşiklerine ait saptanan alikonma süreleri.....	100
Tablo 4.12: Soya ürünlerinin izoflavon miktarları	105
Tablo 4.13: Antioksidan kapasitesi tayin yöntemleri ile toplam fenolik ve toplam izoflavon madde içeriklerinin soya ürünleri için elde edilen korelasyon katsayıları	108
Tablo 4.14: Soya fasulyesi ve ürünlerinde lipoksigenaz enzim aktiviteleri.....	115
Tablo 4.15: Soya ekmeğinde soya lifi ilaveleri ön denemeleri	119
Tablo 4.16: Soya lifi ilave edilerek üretilen soya ekmekleri ön denemelerinde kaydedilen gözlemler.....	120
Tablo 4.17: Soya lifi ve soya proteini ilave edilerek üretilen buğday unu ekmekleri ön denemeleri.	121
Tablo 4.18: Üretilen soya ekmeklerinin kimyasal kompozisyonları	122
Tablo 4.19: Soya ekmeklerinin ağırlık, hacim, özgün hacim ve yükseklikleri.....	123
Tablo 4.20: Taze soya ekmeklerinde maksimum yük ve gerilme değerleri.....	127
Tablo 4.21: Taze soya ekmeklerinde ekmek içi ve kabuk rengi için HL, a ve b değerleri	129
Tablo 4.22: Taze soya ekmekleri için su aktivitesi ve TGA ile ölçülen toplam nem içeriği ve maksimum nem kaybının olduğu sıcaklık değerleri	131
Tablo 4.23: Taze soya ekmekleri için DSC ile ölçülen dondurulabilir su içeriği (%), dondurulabilir olmayan su içeriği (%) ve amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisi değerleri.....	134
Tablo 4.24: Soya ekmeklerinde depolama başlangıcı ve sonunda maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri.....	138
Tablo 4.25: Soya ekmeklerinde depolama süresince ekmek içi ve kabuk rengindeki değişim	142
Tablo 4.26: Depolama süresinde ekmeklerin nem içerikleri.....	143
Tablo 4.27: Tüm soya ekmekleri için depolama günleri için en yüksek nem kayıplarının olduğu sıcaklıklar (°C).....	145
Tablo 4.28: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir su miktarları.....	147
Tablo 4.29: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir olmayan su miktarları	149
Tablo 4.30: Soya ekmeklerinde depolama süresince amilopektin yeniden kristalizasyon entalpileri.....	151
Tablo 4.31: Soya ekmeklerinde depolama süresince depolama modülünün (E') değişimi.....	154

Tablo 4.32: DMA analizinde tan delta eğrisi için pik başlangıç, maksimum ve son sıcaklıkları.....	155
Tablo 4.33: Korelasyon matrisinin öz değer analiz sonuçları	158
Tablo 4.34: Temel bileşen katsayıları ve temel bileşen skorları	160
Tablo 4.35: Korelasyon matrisinin öz değer analiz sonuçları	164
Tablo 4.36: Temel bileşen katsayıları ve temel bileşen skorları	166
Tablo B.1: Soya ürünleri karakterizasyon parametrelerinin örneklerdeki farklılıkları için tek yönlü varyans analiz tablosu	199
Tablo B.2: Toplam fenolik madde içerikleri için regresyon varyans analizi	202
Tablo B.3: Toplam izoflavon içerikleri için regresyon varyans analizi.....	202
Tablo B.4: Toplam fenolik madde (HPLC) içerikleri için regresyon varyans analizi	202
Tablo B.5: DPPH radikal yakalama aktivitesi yöntemi için regresyon varyans analizi	203
Tablo B.6: Taze soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu	203
Tablo B.7: Depolamanın 7. gününde soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu	205
Tablo B.8: Soya ekmeği özelliklerinin depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu	206
Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu	208

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Soya fasulyesinin çeşitli ürünlere işlenmesi süreçlerinin akım şeması.	7
Şekil 2.2: Soya unu üretim aşamaları.	12
Şekil 2.3: Soya sütü üretim aşamaları.	16
Şekil 2.4: Soya protein izolatları üretim yöntemi	20
Şekil 2.5: Soya liflerinin üretimi	22
Şekil 2.6: 12 adet soya izoflavonunun yapısı	34
Şekil 2.7: Soya esaslı ürünlerde izoflavon miktarları.....	36
Şekil 3.1: Soya ekmeklerinin üretim akım şeması.....	63
Şekil 3.2: Üretilen soya ekmeklerinden görünümeler.....	64
Şekil 3.3: Ekmek üretiminde kullanılan bileşenler, hamur karıştırma mikseri, fermentasyon kabini ve pişirme fırını.	65
Şekil 3.4: DSC cihazı ve hücresi.....	67
Şekil 3.5: TGA cihazı ve fırını.....	68
Şekil 3.6: DMA cihazı ve kullanılan başlığı.....	68
Şekil 3.7: Instron sertlik ölçüm cihazı.....	69
Şekil 3.8: Renk ölçüm cihazı	70
Şekil 3.9: Çalışmada uygulanan deneylerin şematik gösterimi	72
Şekil 4.1: Soya ürünlerinde su bağlama kapasiteleri.....	77
Şekil 4.2: Soya ürünlerinde yağ tutma kapasiteleri.....	79
Şekil 4.3: Soya esaslı bileşenlerin emülsifiye etme aktiviteleri.....	80
Şekil 4.4: Soya esaslı bileşenlerin emülsifiye etme dayanıklılıkları.....	81
Şekil 4.5: Soya esaslı bileşenlerin köpük oluşturma kapasiteleri	82
Şekil 4.6: Soya ürünlerinin köpük dayanıklılığı	83
Şekil 4.7: Proteinlerin DSC sonuçları a) SPI 1 ve SPI 2 b) SU ve SST.....	85
Şekil 4.8: SDS-PAGE elektroforetigramı.....	87
Şekil 4.9: Gallik asit kalibrasyon eğrisi.....	88
Şekil 4.10: Soya ürünlerin toplam fenolik madde miktarları.....	89

Şekil 4.11: Soya ürünlerinin DPPH radikal yakalama yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri.	90
Şekil 4.12: Troloks kalibrasyon eğrisi.....	92
Şekil 4.13: Soya ürünlerinde ABTS radikal yakalama yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri.	93
Şekil 4.14: SST'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram	94
Şekil 4.15: SU'nun fenolik madde profiline ait tipik kromatogram	95
Şekil 4.16: SPI 1'in fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.....	95
Şekil 4.17: SPI 2'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.....	96
Şekil 4.18: ÇSL'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram	96
Şekil 4.19: ÇOSL'deki fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.....	97
Şekil 4.20: Soya ürünlerinin fenolik madde miktarları	99
Şekil 4.21: Soya ürünlerinde toplam fenolik madde miktarı (izoflavonlar hariç).....	99
Şekil 4.22: SU'nun izoflavon profiline ait tipik kromatogram	100
Şekil 4.23: SST'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram	101
Şekil 4.24: SPI 1'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram	101
Şekil 4.25: SPI 2'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram	102
Şekil 4.26: ÇSL'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.....	102
Şekil 4.27: ÇOSL'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.....	103
Şekil 4.28: Soya ürünlerinde izoflavon miktarları ve dağılımları.....	106
Şekil 4.29: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde miktarı ile DPPH radikal yakalama yöntemi arasındaki ilişki	109
Şekil 4.30: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde miktarı ile ABTS radikal yakalama yöntemi arasındaki ilişki	110
Şekil 4.31: Soya esaslı ürünlerde DPPH radikal yakalama ve ABTS radikal yakalama yöntemleri arasındaki ilişki.....	110
Şekil 4.32: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.....	111
Şekil 4.33: Soya esaslı ürünlerde DPPH antioksidan aktivitesi yöntemi ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.	111
Şekil 4.34: Soya esaslı ürünlerde ABTS antioksidan aktivitesi yöntemi ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.	112
Şekil 4.35: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.....	112
Şekil 4.36: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve toplam fenolik madde sonuçları arasındaki ilişki.....	113

Şekil 4.37: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve DPPH antioksidan aktivitesi yöntemi sonuçları arasındaki ilişki.....	113
Şekil 4.38: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve ABTS antioksidan aktivitesi yöntemi sonuçları arasındaki ilişki.....	114
Şekil 4.39: Soya ürünlerinde lipoksigenaz enzimi aktiviteleri	116
Şekil 4.40: Soya ürünlerinin TGA termogramlarında maksimum nem kaybı sıcaklıkları.....	118
Şekil 4.41: Soya ürünlerinin TGA termogramları-nem miktarındaki değişimler.	118
Şekil 4.42: Soya ekmeklerinin ağırlıkları	123
Şekil 4.43: Soya ekmeklerinin somun hacimleri	124
Şekil 4.44: Soya ekmeklerinin özgün hacimleri	125
Şekil 4.45: Soya ekmeklerinin somun yükseklikleri.....	126
Şekil 4.46: Taze soya ekmekleri için Instron ile elde edilen maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri.....	127
Şekil 4.47: SST içeren soya ekmeğine ait tipik bir TGA termogramı	130
Şekil 4.48: Soya ekmeklerine ait TGA türev eğrileri.....	132
Şekil 4.49: SST ve SPI 1 içeren taze soya ekmeklerinde amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisindeki değişimi gösteren tipik DSC termogramları	133
Şekil 4.50: Soya ekmeği için tipik DMA termogramı.....	137
Şekil 4.51: Taze soya ekmekleri için DMA ile 25°C’de elde edilen depolama modül değerleri	137
Şekil 4.52: Soya ekmekleri taze iken ve depolamanın 7. gününde Instron ile analizlenen maksimum gerilme değerleri.....	140
Şekil 4.53: Soya ekmekleri taze iken ve depolamanın 7. gününde Instron ile analizlenen maksimum yük değerleri.....	140
Şekil 4.54: Depolama sürecinde ekmeklerde nem içerikleri	144
Şekil 4.55: Tüm soya ekmekleri için 7 gün depolama sonucundaki nem kayıpları	146
Şekil 4.56: Soya ekmeklerinde depolama süresinde dondurulabilir su miktarındaki değişim.....	147
Şekil 4.57: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir olmayan su miktarındaki değişim	150
Şekil 4.58: Soya ekmeklerinde depolama süresince amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisindeki değişim.....	152
Şekil 4.59: Soya ekmeklerinde depolama süresince DMA ile analizlenen 25°C’deki depolama modülündeki değişim.....	154

Şekil 4.60: ÇOSL içeren ekmekte depolama başlangıcı ve sonunda tan delta eğrisinin değişimi.	156
Şekil 4.61: Soya ekmekleri için depolamanın ilk ve son günlerinde tan delta eğrileri.....	157
Şekil 4.62: Korelasyon matrisi özdeğerleri yamaç eğim grafiği.....	159
Şekil 4.63: Ekmek kalite özellikleri için korelasyon matrisi yük grafiği.....	162
Şekil 4.64: Korelasyon matrisi skor grafiği.....	163
Şekil 4.65: Korelasyon matrisi özdeğerleri yamaç eğim grafiği.....	165
Şekil 4.66: Ekmek kalite özellikleri için korelasyon matrisi yük grafiği.....	168
Şekil 4.67: Korelasyon matrisi skor grafiği.....	168
Şekil A.1: HPLC ile fenolik profil analizinde şiringik asit kalibrasyon eğrisi.....	192
Şekil A.2: HPLC ile fenolik profil analizinde kafeik asit kalibrasyon eğrisi.....	192
Şekil A.3: HPLC ile fenolik profil analizinde gallik asit kalibrasyon eğrisi.....	193
Şekil A.4: HPLC ile fenolik profil analizinde p-hidroksi benzoik asit kalibrasyon eğrisi.....	193
Şekil A.5: HPLC ile fenolik profil analizinde kumarik asit kalibrasyon eğrisi.....	194
Şekil A.6: HPLC ile fenolik profil analizinde klorojenik asit kalibrasyon eğrisi.....	194
Şekil A.7: HPLC ile fenolik profil analizinde rutin kalibrasyon eğrisi.....	195
Şekil A.8: HPLC ile fenolik profil analizinde ferulik asit kalibrasyon eğrisi.....	195
Şekil A.9: HPLC ile izoflavon analizinde glisitin kalibrasyon eğrisi.....	196
Şekil A.10: HPLC ile izoflavon analizinde daidzin kalibrasyon eğrisi.....	196
Şekil A.11: HPLC ile izoflavon analizinde genistin kalibrasyon eğrisi.....	197
Şekil A.12: HPLC ile izoflavon analizinde glisitein kalibrasyon eğrisi.....	197
Şekil A.13: HPLC ile izoflavon analizinde daidzein kalibrasyon eğrisi.....	198
Şekil A.14: HPLC ile izoflavon analizinde genistein kalibrasyon eğrisi.....	198

SEMBOL LİSTESİ

E'	: Depolama modülü
E''	: Kayıp modülü
Tan δ	: Tanjant delta

SOYA ÜRÜNLERİNDE FONKSİYONEL BİLEŞENLERİN KARAKTERİZASYONU VE SOYA EKMEĞİ ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

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 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 ulaştırılabilir. Günümüzde soya ekmeği bu faydaların tüketicilere sunulmasında en uygun gıda ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Unlu mamullerde soya ürünlerinin kullanımı, neden oldukları kabul edilebilir özellikte olmayan duyuusal, dokusal ve kalite karakteristikleri açısından oldukça sınırlıdır. Çok çeşitli soya esaslı bileşen dünya pazarında mevcut olup, formülasyonların optimizasyonu için her birinin fonksiyonu, besleyicilik, maliyet ve lezzet özellikleri tam olarak anlaşılmalıdır.

Bu çalışmada, soya ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşenlerinin belirlenmesi ve özellikle yeni bir soya ürünü olan soya sütü tozunun (SST) içerdiği bileşenleri ayrı ayrı içeren soya ürünlerinin soya ekmeğinin kalite özelliklerine etkisinin ayrıntılı şekilde belirlenmesi ve böylelikle SST'nin etkilerinin açıklığa kavuşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, öncelikle soya esaslı ürünlerde fonksiyonel bileşen özelliklerinin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra soya sütü tozunun 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 izolatları (SPI, farklı denatürasyon derecelerinde) olan soya ürünlerinin kimyasal kompozisyonları çözünür olan ve olmayan diyet lifi, protein ve nem içerikleri ile belirlenmiştir. Soya proteinlerindeki denatürasyon DSC ve SDS-PAGE teknikleri ile incelenmiştir. Teknolojik özellikler kapsamında; su bağlama, yağ bağlama, emülsiyon oluşturma, köpük oluşturma aktiviteleri, emülsiyon ve köpük dayanıklılıkları belirlenmiştir. Ayrıca ürünlerdeki lipoksigenaz enzim aktivitesi de araştırılmıştır.

Fonksiyonel bileşenlerin incelenmesi kapsamında, soya ürünlerinde ters faz HPLC yöntemleri ile fenolik madde miktarı ve profili, izoflavon miktarı ve profili analizlenmiş, antioksidan aktiviteleri ise ABTS ve DPPH radikal yakalama yöntemleri ile saptanmıştır. Yöntemler arası ve fonksiyonel bileşenler arasındaki ilişkiler de basit regresyon analizleri ile incelenmiştir.

Her soya ürünü ayrı ayrı kullanılarak, SST'nin benzetimini yapmak üzere, üretilen soya ekmekleri 7 gün depolanmışlardır. Ekmeklerde kompozisyon analizleri (nem,

kül, protein, diyet lifi), fiziksel özellikler (ekmek hacmi, ağırlığı, özgül hacmi, sertliği, ekmek içi ve kabuk rengi) ve fizikokimyasal özellikler (su aktivitesi, nem içeriği, dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, amilopektin kristallenmesi, sıklık/elastisite) depolama süresince analizlenmiştir. Fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesinde termal analiz tekniklerinden Termal Gravimetrik Analiz (TGA), Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC), Dinamik Mekanik Analiz (DMA) uygulanmıştır.

Bu çalışmada; soya ürünlerinin hem fonksiyonel bileşenler hem de teknolojik özellikler açısından farklı oldukları saptanmıştır. Soya sütü tozunda, çözünür olmayan lifin (%14,2) soya ununa (%21,3) göre daha düşük olmasına karşın, çözünür lif miktarı az miktar yüksektir. Toplam diyet lifi miktarının ise soya sütü tozunda (%17,1) soya ununa (%23,9) kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların soya sütü tozu ilave edilen soya ekmeklerindeki kalite gelişimine etki ettiği düşünülmektedir. Soya ununun protein içeriği (%52,8) soya sütü tozundan (%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. Tüm soya ürünlerinin nem içerikleri %4,85-%9,98 aralığında değişmiştir.

β -konglisinin fraksiyonunun soya sütü tozunda (0,781 J/g) soya ununa (5,462 J/g) kıyasla kısmen denatüre olduğu görülmüştür. Glisinin fraksiyonunda ise soya ununun (0,422 J/g) soya sütü tozuna (4,434 J/g) göre denatürasyonu daha belirgindir. Glisinin fraksiyonlarının SDS-PAGE ile analizinde SST'nin daha zayıf bantlar verdiğinin görülmesi kısmi denatürasyonu desteklemektedir. Protein denatürasyonu soya ürünlerinde her iki yöntem ile etkin şekilde tespit edilebilmiştir.

Su bağlama kapasitesi en yüksek soya protein izolatlarında (5,3-6,1 g/g örnek) ve çözünür olmayan soya lifi bileşeninde (5,5 g/g örnek) bulunmuştur. Yağ bağlama kapasitesinin soya unu, soya protein izolatları ve çözünür soya lifinde en yüksek düzeylerde olması (1,2-1,6 g/g örnek), bu özelliğin lif ve protein fraksiyonları ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Emülsifiye etme aktivitesinin protein içeriği yüksek bileşenlerde fazla olması (%50,3-51,7), bu özelliğin öncelikli olarak soya proteinin bir fonksiyonu olduğunu açıklamaktadır. Çözünür olmayan soya lifi ve kısmen denatüre soya proteininde köpük oluşturma (8,3-13,3 ml) ve köpük dayanıklılığının (%0,0-3,3) en düşük olması, soya proteini ve çözünür lif içeriklerinin bu özellik üzerine daha etkili olması ile ilişkilidir.

Soya ürünleri için toplam fenolik madde miktarları en yüksek soya unu (3,15 mg GA/g örnek), soya sütü tozu (2,80 mg GA/g örnek) ve kısmen denatüre soya proteini (2,02 mg GA/g örnek) bileşenlerinde tespit edilmiştir. Antioksidan aktiviteleri her iki yöntemde de en yüksek soya unu ve soya sütü tozu 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. 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 soya unu (2860,1 ppm) ve soya sütü tozu (1917,1 ppm), tüm diğer soya ürünlerine göre, yüksek miktarda toplam izoflavon içermektedir. Bu bileşenlerin izoflavonoid kompozisyonu ağırlıklı olarak β -glikozitler, malonil glikozitler ve asetil glikozitlerden ibarettir. Soya liflerinin ise izoflavon kaynağı olmadığı açıktır.

Toplam lipoksigenaz aktiviteleri en düşük kısmen denatüre protein izolatında (3033 EÜ) ve en yüksek de soya fasulyesinde (3869 EÜ) saptanmıştır. Lipoksigenaz enzim

aktivitesi ve izoenzimleri soya bileşenleri arasında farklılıklar göstermiştir. Soya unundaki yüksek enzim aktivitesi diğer bileşenlere göre daha az ısıl işlem görmesi ile ilişkilidir.

Fenolik maddeler ve antioksidan aktivitesi tespit yöntemleri aralarındaki ilişkiler incelendiğinde; toplam fenolik madde içeriğinin, DPPH yöntemi ($r=0,880$), ABTS yöntemi ($r=0,993$), toplam izoflavon ($r=0,947$) ve fenolik madde miktarları ($r=0,912$) ile ilişkileri yüksektir. Benzer şekilde, toplam izoflavon içeriğinin DPPH yöntemi ($r=0,952$), ABTS yöntemi ($r=0,945$) ve toplam fenolik madde miktarı ($r=0,969$) ile ilişkileri de önemlidir.

Ekmeklerin fiziksel özellikleri incelendiğinde; ekmek ağırlıkları açısından yalnızca çözümlü lif ilavesinin ekmek ağırlığını bir miktar azalttığı (%2,6) belirlenmiştir. Çözümlü olmayan lif (%10,4) ve soya proteini ilaveleri (%9,7-13,0) ekmek hacmini önemli düzeylerde azaltmaktadır. Özellikle denatüre olmamış protein ilavesi (%13) ekmek hacmini daha da azaltmıştır. Soya sütü tozu ilavesinin ekmek hacmi ve yüksekliğine olumsuz etkisi, daha fazla çözümlü olmayan soya lifi ve soya proteini içermesi ile ilişkilendirilmiştir. Buna karşın ekmek hacmi (%1,3) ve yüksekliği çözümlü lif bileşeninin ilavesi ile artmaktadır.

Özgün hacim, su bağlama özelliği yüksek bileşenleri (çözümlü olmayan lif) içeren ve sert yapıda olan ekmeklerde daha yüksektir. Öte yandan çözümlü lif ve kısmen denatüre protein izolatu jel oluşturma özellikleri nedeniyle, yumuşak ve hacim genişlemesine izin veren yapıda ekmek oluşturularak özgün hacmi de düşürmektedir.

Soya protein izolatının, yüksek protein içeriği nedeniyle ilavesi ekmeğin sertliğini arttırmaktadır. Ancak proteinin kısmen denatürasyonu ve/veya çözümlü olmayan lif ilavesi ekmeğin sertliğine aynı etkiyi daha düşük düzeylerde yapmaktadır. Öte yandan çözümlü lif ilavesi ise, soya ekmeğine önemli ölçüde yumuşaklık sağlamaktadır.

Ekmek içi rengi soya proteini ve çözümlü olmayan lif ilavesi ile açılmakta, kabuk rengi ise koyulaşmaktadır. 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.

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 çözümlü olmayan lif ve protein varlığının ekmeğin nem kaybını azaltıcı etkileri olduğu açıktır. Ekmekte en yüksek nem miktarı çözümlü olmayan lif (%47,27) ve soya proteini (%47,63) ilaveleriyle gözlenmiştir. Nem kaybının depolama süresince en fazla olduğu soya unu (%6,4), çözümlü soya lifi (%3,9) ve denatüre olmamış soya protein izolatu (%4,9) ekmeklerinde, sertlikteki değişimler de en fazla olmuştur.

Çözümlü olmayan ve çözümlü 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. 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).

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.

Amilopektin kristalizasyonu entalpisi Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile belirlenmiş olup, tüm ekmeklerde depolama süresince artmıştır. Çözünür olmayan lif ilavesi amilopektin kristalizasyonunu önemli ölçüde arttırmaktadır (0,01 W/g'den 0,57 W/g'ye). Çözünür lif ilavesi (0,30 W/g) bayatlamayı soya ununa göre (0,39 W/g) kısmen geciktirmektedir. Özellikle soya sütü tozu içeren ekmekte elde edilen en düşük entalpi (0,12 W/g), çözünür lif ve kısmen denatüre soya proteinlerinin ve/veya muhtemelen bu bileşenin yağ içeriğinin sinerjik etkileri nedeniyledir. Depolama sonunda çözünür soya lifi ve soya sütü tozu içeren ekmekte sertlik değerlerinin en düşük bulunması amilopektin kristalizasyonun da en düşük düzeyde olması ile ilişkilidir.

Temel bileşen analizi değerlendirmeleri sonucunda, bayatlama ile birlikte protein izolatları ve lif formülasyonları kendi aralarında yaklaşma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinde parametrelerin değişimleri incelendiğinde ise; amilopektin kristalizasyonu, nem içeriği, ekmek sıklığının göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, sertliğin göstergesi olan maksimum yük ve gerilme değerleri, dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su miktarlarında farklılaşmaların olduğu açıkça görülmüştür. Bu farklılaşmalar bayatlamının sonucu olarak beklenen değişimlerdir. Bayatlama ile birlikte nem ve amilopektin kristalizasyonu ile sıklık ve sertlik göstergeleri benzer şekilde ters ilişkili olarak gözlenmiştir.

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 artırılması 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.

**CHARACTERIZATION OF FUNCTIONAL COMPONENTS IN SOY
PRODUCTS AND EVALUATION OF THEIR EFFECTS ON SOY BREAD
PROPERTIES**

SUMMARY

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. 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 it yields to less acceptable sensory, textural and quality characteristics. As a 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 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 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 soymilk powder and the effects of each component were determined for fresh and stale soy breads by evaluating the physical and physicochemical properties that are effective in bread quality.

Chemical compositions; soluble and insoluble fiber fractions, protein and moisture contents of soy ingredients such as soymilk powder (SMP), soy flour (SF), soy fibers (soluble- SDF and insoluble-ISDF), and soy protein isolates (SPI, at different denaturation levels) were determined. Denaturations in proteins were evaluated by DSC and SDS-PAGE techniques. Functional properties such as water binding, fat binding, emulsion formation, foam formation activities, emulsion stability, and foam stability were determined. Lipoxigenase enzyme activity was also investigated.

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. Relations between the methods and functional components were evaluated using simple regression analysis.

Soy breads were produced by addition of each ingredient as soymilk powder (SMP), soy flour (SF), soy fibers (soluble- SDF and insoluble-ISDF) and soy protein isolates (SPI, at different denaturation levels) in order to simulate soy milk powder and breads were stored for 7 days. In those breads, proximate analysis (moisture, ash,

protein, dietary fiber) were carried out, physical properties (loaf volume, weight, specific volume, firmness, crumb and crust color) and physicochemical properties (water activity, moisture content, freezable water content, unfreezable water content, amylopectin crystallisation, stiffness/elasticity) were analyzed during storage. For the evaluation of physicochemical properties, Thermal Gravimetric Analysis (TGA), Differential Scanning Calorimetry (DSC), and Dynamic Mechanical Analysis (DMA) were applied as thermal analysis techniques.

Soy products were found to be significantly different for their functional components as well as their functional properties. Soy milk powder, besides its lower insoluble fiber content (14.2%) with respect to that of soy flour (21.3%), involved little more soluble fiber than soy flour. However, it is noteworthy that total dietary fiber content of soy milk powder (17.1%) was less than that of soy flour (23.9%). These differences are thought to be effective in quality improvement in the soy breads. Protein content of soy flour (52.8%) was found to be higher than that of soy milk powder (44.0%). As expected, protein contents were found to be lowest in fiber ingredients (4.7-6.1%) and highest in soy protein isolates (90.3-90.5%). Moisture contents of all soy ingredients were determined in the range of 4.85-9.98%.

It was observed that β -conglycinin fraction of soy milk powder (0.781 J/g) was partly denatured with respect to soy flour (5.462 J/g). Whereas denaturation of glycinin fraction (0.422 J/g) was more apparent in soy flour than in soy milk powder (4.434 J/g). During the analysis of glycinin fractions by SDS-PAGE, weak bands that were obtained for soy milk powder also supported partial denaturation. Similarly, defatted soy flour was also partly denatured. Protein denaturations in soy products could be determined by both methods effectively.

Water binding capacity was found to be highest in soy protein isolates (5.3-6.1 g/g sample) and insoluble fiber ingredient (5.5 g/g sample). Higher fat binding properties of soy flour, soy protein isolates, and soluble soy fiber (1.2-1.6 g/g sample) were related to their fiber and protein fractions. Higher emulsification ability obtained in ingredients with higher protein contents (50.3-51.7%) explained that emulsion forming activity is primarily the function of soy protein. Lowest foam forming ability (8.3-13.3 ml) and stability values (0.0-0.3%) in insoluble soy fiber and partly denatured soy protein showed that these properties were more related with protein and soluble fiber components.

The highest phenolic contents in soy products were obtained for soy flour (3.15 mg GA/g sample), soy milk powder (2.80 mg GA/g sample), and partly denatured soy protein isolate ingredients (2.02 mg GA/g sample). Highest antioxidant activities were determined in soy flour and soy milk powder. Low phenolic contents in soy protein isolates (81.7-109.5 mg/kg) and soy fiber ingredients (49.8-57.8 mg/kg) showed that they are lost during processing applied. Basic phenolics identified in soy products were gallic acid, syringic acid, chlorogenic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, coumaric acid, ferulic acid, rutin, and isoflavones. In addition, soy flour (2860.1 ppm) and soy milk powder (1917.1 ppm) contained higher amounts of isoflavones than all other soy products. The isoflavonoid composition of those ingredients were mostly composed of β -glucosides, malonylglucosides and acetylglucosides. It was also obvious that soy fibers were not sources of isoflavones.

Total lipoxigenase activities were lowest in partly denatured protein isolate (3033 EU) and highest in soybean (3869 EU). Lipoxigenase enzyme activities and

isoenzymes showed differences between soy ingredients. High enzyme activity in soy flour was attributed to the less heat treatment during its production.

When the relations between the phenolic compounds and antioxidant activity determination methods were evaluated; total phenolic contents were found to be highly correlated with DPPH method ($r=0.880$), ABTS method ($r=0.993$), total isoflavones ($r=0.947$) and phenolic profile ($r=0.912$) results. Similarly, total isoflavone content had significant correlation with DPPH method ($r=0.952$), ABTS method ($r=0.945$) and total phenolic contents ($r=0.969$).

When the physical properties of the breads were evaluated; only soluble fiber addition was found to decrease (2.6%) loaf weight. Insoluble fiber (10.4%) and soy protein additions (9.7-13.0%) significantly decreased loaf volumes. Especially, undenatured protein incorporation yielded more decrease in loaf volume (13.0%). The negative effect of soy milk powder addition on loaf volume and height was associated to the higher insoluble soy fiber and soy protein contents. On the other hand, soluble fiber addition increased loaf volume (1.3%) and loaf height.

Specific volume was higher in breads having firmer structure and ingredients with high water binding capacity. On the other hand, additions of soluble fiber and partly denatured protein isolate resulted in low specific volumes mostly through their gel forming capacities generating soft and easily expandable bread structure.

Addition of soy protein isolate, with its high protein content, increased bread firmness. However, partial denaturation and/or insoluble fiber additions induced same effect at fairly moderate levels. On the other hand, soluble fiber addition provided significant softness in soy breads.

Crumb color lightness increased by the additions of soy protein and insoluble fiber, whereas crust lightness decreased. Similarly, in fresh soy breads a (redness) and b (yellowness) values increased by additions of protein and fiber. At the end of storage significant differences in crumb and crust colors were found for each formulation. Staling decreased crumb lightness in soluble and insoluble fiber added breads but increased in soy protein added breads. Generally, staling induced slight changes in crumb color. However crust color got darker in all formulations.

For all formulations water activity values were found to be very close to each other (0.97). Also, water activity values did not change significantly during storage of breads. Besides, 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. At the end of storage it was observed that insoluble fiber and soy protein additions resulted in lower moisture losses. Highest moisture contents in bread were obtained for insoluble fiber (47.27%) and soy protein additions (47.63%). Also, high moisture losses in soy flour (6.4%), soluble fiber (3.9%) and undenatured soy protein (4.9%) added breads resulted in significant changes in firmness values during storage.

Soluble and insoluble fiber additions increased freezable water content in all fresh breads with respect to soy flour (10.0-16.3%). But during storage freezable water contents decreased in all breads (2.2-11.5%), except for undenatured soy protein isolate (4.9-15.3%) containing breads. Lowest unfreezable water contents were observed in fiber added breads (12.3-14.3%). As a result of staling unfreezable water content was found to be lowest only for soy protein isolate added bread (10.7%).

When the initial firmness were evaluated for fresh breads no significant differences were obtained for the formulations. Generally, high bread volumes were found to be firm and lower bread volumes were found to be soft. Firmness increased for all soy breads by the end of storage. 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 soy milk powder (12.3%) additions.

Amylopectin crystallisation enthalpy which is determined by Differential Scanning Calorimeter (DSC) 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 soy flour bread (0.39 W/g). Especially, the lowest enthalpy obtained for soy milk powder (0.12 W/g) added bread was attributed to possible synergistics effect of its soluble fiber and partly denatured soy proteins and/or oil content of this ingredient. Lowest amylopectin crystallisation was found to be associated to the lowest firmness values which were obtained for soluble fiber and soy milk powder added breads at the end of storage.

As a result of evaluations by principal component analysis, protein isolate formulations and fiber formulations got closer between each other during staling. When the changes of the parameters were evaluated during storage, the differences in amylopectin crystallisation, moisture content, storage modulus at 25°C as an indicator of stiffness, maximum load and stress presenting degree of firmness, freezable and unfreezable water contents became more apparent. These findings were expected as a result of staling. Moisture and amylopectin crystallisation were becoming negatively correlated with firmness and stiffness indicators upon staling.

Soy milk powder, rich in functional food components, possesses the combined effects of soy based ingredients. Its effectiveness in retarding staling is related to its high soluble fiber and oil contents. When the amounts of soy protein and other useful soy-based components (dietary fiber, phenolic compounds, isoflavone, antioxidant property) are intended to be increased in formulations, it is difficult to produce an acceptable quality of bread by single addition of soy flour. Therefore, soy milk powder addition is recommended through its bread quality improving effect and the same functional food content.

1. GİRİŞ

Soya fasulyesi, gıda, hayvan yemi ve endüstriyel madde olarak çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. Yıllık soya üretiminin büyük bir kısmı yağa işlenirken, yağsız küspe kısmı hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Küçük bir kısmı ise direkt tüketim veya soya gıdaları üretimi için kullanılmaktadır (Liu, 2004).

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 beyan etmiştir (FDA, 1999). Ayrıca, soya ürünlerinin kanser, kemik erimesi (osteoporoz), böbrek hastalıkları gibi kronik hastalıkları önleyici veya tedavi edici ve menopoz rahatsızlıklarını azaltıcı etkisi olduğu da belirtilmiştir (Garcia ve diğ., 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).

Soya sütü tozu (SST), öğütülmüş soya fasulyesinden ekstrakte edilerek elde edilen veya yenilebilir kalitede soya proteinin soya yağı tozu ile karıştırılması ve sıvı soya sütünün kurutulması ile elde edilen bir üründür. Soya fasulyesindeki tüm bileşenler SST'de de mevcut olup, bunlar soya proteinleri, izoflavonlar, çözünen ve çözünen olmayan diyet lifidir. Soya sütü tozu, %38,0'den az soya proteini, %13,0'den az soya yağı ve %90'dan az toplam katı madde içermemelidir (SAA, 1996; Zhang ve diğ., 2005). Ancak SST'nin lif içeriği konusunda literatürde çok sınırlı bilgi vardır. Ticari SST'ler genellikle yaklaşık %15,5-16,0 toplam diyet lifi içerirler. İki tip soya fasulyesi lifi elde edilebilmektedir; bunlardan birincisi olan soya kabuğu lifi, çoğunlukla selülozdan ibarettir ve toplam diyet lifi içeriği %65-95 aralığındadır.

İkinci tip olan soya lifi kotiledondan elde edilmektedir. Kotiledon lifi hem çözünür hem çözünür olmayan lifden (çoğunlukla selülozik olmayan polisakkaritlerden) oluşmakta olup, %75-80 toplam diyet lifi içeriğindedir. Çözünür liflerin diyabet hastalarında glikoz düzeylerini ayarlamadaki etkinliklerinin yanı sıra kolesterol düşürücü özellikleri klinik çalışmalarla saptanmıştır (Nelson, 2001a).

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 ve diğ., 2003). Bu soya ekmeği, hem soya unu (SU) hem SST içeren patentli bir formülasyondur (Vodovotz ve Ballard, 2004). Bu ekmeğin geliştirilmesi sırasında soya proteini miktarını arttırmak üzere ilave edilen SST'nin ekmeğin kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiği gözlenmiştir. SST'nin 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 etki edebilecek 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 ve diğ., 1992; Doxastakis ve diğ., 2002; Vittadini ve Vodovotz, 2003).

Unlu mamullerde 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, pişirme 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 ekmeğinde daha fazla soya esaslı bileşen kullanımı ile fonksiyonel özelliği (soya proteini, soya lifi ve izoflavonları) geliştirmenin yanısıra kalite özellikleri de iyileştirilmiş fonksiyonel soya ekmeğinin üretilmesi ve bileşenlerin etkilerinin araştırılması hedeflenmiştir. Soya ürünlerinin, özellikle SST'nin, fonksiyonel bileşenlerinin (diyet lifi, soya proteini, antioksidanlar, fenolik maddeler, izoflavonlar) miktarları tayin edilerek ve karakterizasyonu yapılarak, SST'nin soya ekmeğinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etkilerinin ayrıntılı şekilde incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma, soya fasulyesi ve ürünlerinin kompozisyonu, üretimleri, özellikleri, fonksiyonel bileşenleri, lipoksigenaz enzim aktivitesi ve soya ekmeği özelliklerini derleyen kaynak araştırmasını takiben, kullanılan maddeler ve yöntemler, elde edilen bulgular, tartışmalar ve sonuçlar kısımlarını içermektedir. Ek A'da fenolik maddeler ve izoflavonlara standartlarına ait kalibrasyon eğrileri ve Ek B'de elde edilen verilerin varyans analiz tabloları sunulmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Soya Fasulyesi ve Soya Ürünleri

Soya fasulyesi “Leguminosae” familyasına aittir. Ekilen çeşidi *Glycine max* (L.) Merrill yıllık olarak yetişir. Soya fasulyesi tohumu küresel veya uzun oval şekillidir. Çoğunlukla sarı renkte olup yeşil, koyu kahve renkli, morumsu siyah veya siyah renklerde olabilmektedir (Liu, 2004). Soya tohumu tipik bir baklagil tohumu olup, kabuk, bir çift kotiledon ve embriyo olmak üzere üç kısımdan meydana gelmiştir (Çırac ve Esendal, 2005).

Tarihsel ve coğrafik bilgilere göre, soya 5000 yıl öncesinde Doğu Asya ovalarında Kuzey Çin’de keşfedilmiş olup, yüzyıllardır Asya halkının en önemli gıdası haline gelmiştir. Soya fasulyesinin toprağa ekimi ile birlikte, Çinliler bu mahsulü tofu, soya sütü, soya filizi, soya ezmesi ve soya sosu, vb gibi birçok lezzetli ve besleyici ürüne dönüştürmüşlerdir. Yaklaşık 1100 yıl öncesinde, Japonya, Kore ve diğer Uzakdoğu ülkeleri bu ürünlerle tanışmış olup, yeni yöntemlerle kendilerine özgü yeni soyalı ürünler oluşturmuşlardır. Soya fasulyesi, Avrupa ve Kuzey Amerika’da 18. yüzyılda ilk kez ortaya çıkmış, ancak 1900’lü yılların başına dek büyük ölçekli resmi bir üretim olmamıştır. 1954’lü yıllara dek soya fasulyesi üretiminde Çin dünyada lider konumda iken, bu tarihten itibaren ABD dünyada lider konuma gelmiştir. 1950’li yıllardan bu yana dünyada yıllık üretimi her geçen yıl kararlı bir şekilde artan bir mahsul olmuştur (Liu, 2004).

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. Mahsul olarak da tarımda azotu tutma yeteneğinden ötürü iyi bir dönüşüm mahsulü olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, çok çeşitli toprak ve iklim koşullarına kolayca uyum sağlayabilmektedir. Bir diğer özelliği ise, diğer mahsullere

göre toprak başına yenilebilir protein üretimi açısından kapasitesinin çok fazla oluşudur (Liu, 2004).

2.1.1. Soya fasulyesi kompozisyonu ve sınıflandırması

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 (Anaç ve Ertürk, 2003; Liu, 2004). Soya fasulyesine ait besin öğeleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Soya fasulyesindeki besin öğelerinin ve fitokimyasalların kuru madde bazında konsantrasyonları (Liu, 2004).

Bileşen	Miktar aralığı (tipik değeri)	Bileşen	Miktar aralığı (tipik değeri)
Protein (%)	30-50 (40)	Kül (%)	4,61-5,94 (5,0)
Amino asitler (%)		Karbonhidratlar (%)	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)	Vitaminler (µg/g)	
Glisin	1,88-2,02 (1,69)	Tiamin	6,26-6,85
Sistein	0,56-0,66 (0,60)	Riboflavin	0,92-1,19
Prolin	1,88-2,61 (2,02)	α- tokoferol	10,9-28,4
Serin	1,81-2,32 (2,07)	τ- tokoferol	150-190
Histidin	0,89-1,08 (1,04)	δ- tokoferol	24,6-72,5
İzolösin	2,16-2,12 (1,76)	Yağ (%)	12-30 (20)
Lösin	2,71-3,20 (3,03)	Yağ asidi kompozisyonu (toplam yağın %)	
Lisin	2,35-2,86 (2,58)	Palmitik asit	4-23 (11)
Metionin	0,49-0,66 (0,54)	Stearik asit	3-30 (4)
Fenilalanin	1,70-2,08 (1,95)	Oleik asit	25-86 (25)
Treonin	1,33-1,79 (1,58)	Linoleik asit	25-60 (53)
Triptofan	0,47-0,54 (0,49)	Linolenik asit	1-15 (7)
Tirozin	1,12-1,62 (1,43)	İzoflavonlar (%)	0,1-0,4 (2,5)
Valin	1,52-2,24 (1,83)	Saponinler (%)	0,1-0,3
Fitosteroller (mg/g)	0,3-0,6	Fitik asit (%)	1,0-1,5 (1,1)
Tripsin inhibitörleri (mg/g)	16,7-27,2 (22,3)	Lektin(Hemaglutinin ünitesi/mg protein)	1,2-6,0 (3,0)
		Lunasin (% yağsız un)	0,33-0,95 (0,65)

Son yıllarda, soya fasulyesi fonksiyonel gıda kavramı içerisinde önem kazanmıştır (Liu, 1999; Liu, 2004). 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 (Liu, 1999; Descheemaeker ve Debruyne, 2001; Liu, 2004). İnsan sağlığına faydalı etkileri nedeniyle, gıda formülasyonlarına çeşitli şekillerde ilave edilmek üzere birçok araştırmaya konu olmuştur. "Çok kullanımlı mucize bitki" olarak da adlandırılan soya fasulyesi, 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) (Liu, 1999; Endres, 2001; Liu, 2004).

2.1.2. Soya fasulyesi üretimi

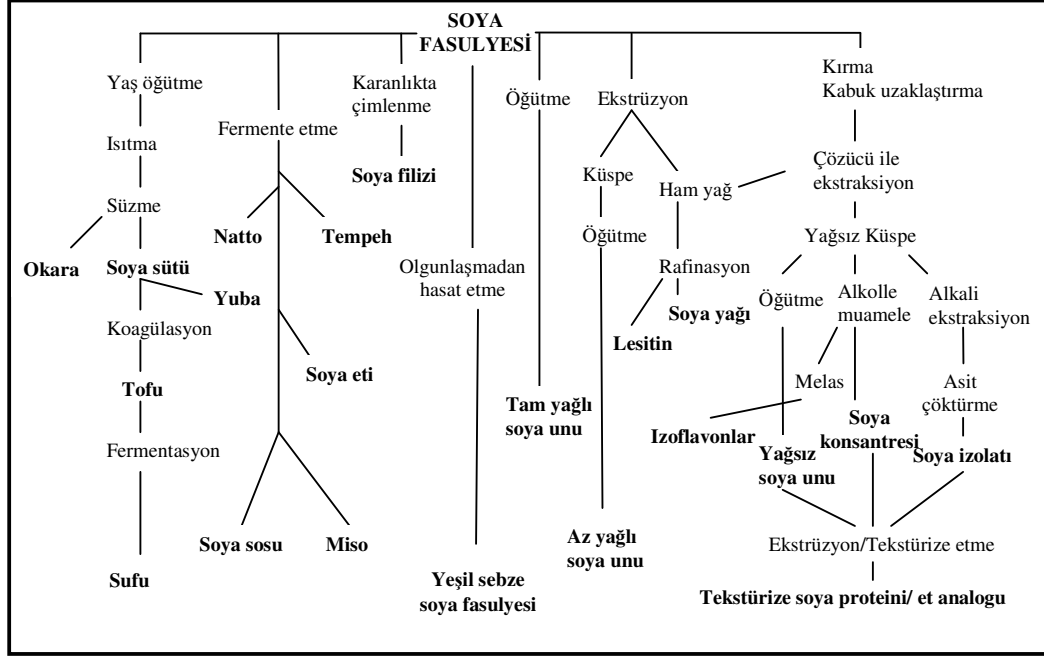
Soya fasulyesi birçok çeşit ürüne işlenebilmekte olup, soya esaslı gıdalar dünya ve ABD pazarlarında temel olarak 6 kategoride değerlendirilmektedir. Bunlar, soya yağı, geleneksel soyalı gıdalar, soya protein ürünleri, modern soya gıdaları, soya ile zenginleştirilmiş gıdalar ve fonksiyonel soya bileşenleri/besin takviyeleridir. Tablo 2.2'de bu kategoriler altında yer alan soyalı gıdalar listelenmektedir.

Tablo 2.2: Dünya pazarında mevcut olan soya içeren ürünlerin sınıflandırılması (Liu, 2004).

Kategori	Ürün örnekleri
Geleneksel soyalı gıdalar	Soya sütü, tofu, soya filizi, yuba, yeşil sebze soya fasulyesi
Soya yağı ürünleri	Salata veya pişirme yağı, yarı katı yağ, margarin
Soya proteini ürünleri	Soya unu, soya konsantresi, soya izolatı, tekstürize edilmiş soya proteini
Modern soyalı gıdalar	Soya burgeri, tofu burgeri, soya sosisi, soyalı tavuk parçaları, soya sütü, soyalı dondurma, soyalı yoğurt
Soya ile zenginleştirilmiş gıdalar	Unlu mamuller: Soya ekmeği, soyalı makarna Et ürünleri: Sosisler, hamburgerler Sütlü ürünler: Dondurma, yoğurt, meyve suyu-soya sütü veya süt-soya sütü karışımları
Soya beslenme takviyeleri ve nutrasötikler	Soya izoflavonları, lesitin, E vitamini, steroller, oligosakkaritler, soya peptitleri

Şekil 2.1'de ise soya fasulyesinin çeşitli işleme teknolojileri ile ürünlere çevrilisinin akım şeması görülmektedir (Liu, 2004).

Soya fasulyesinden elde edilen süt, yoğurt, peynir, et, dondurma, dondurma külahı, pasta, kahve, salça, yağ, margarin, alkol, soya unu, ekme, makarna, çocuk maması, hayvan yemi, yeşil gübre, plastik maddeler, iplik vb. gibi çok çeşitli ürünler vardır. Bu büyük ürün yelpazesine sahip olması, soyanın önemini ve kullanım alanının genişliğini göstermektedir (Anaç ve Ertürk, 2003).



ülkeleri daha sonra yer almaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri soya fasulyesi üretiminde güçlü olmadığı halde, soya unu ve soya yağında önemli ihracatçı konumundadır. Avrupa Birliği ülkeleri ithal ettikleri soya fasulyesine katma değer kazandırarak un, küspe ve yağ olarak ihraç etmektedirler. Soya fasulyesi ve soya fasulyesine dayalı ürünlerin tüketiminde üretimde söz sahibi ülkelerin yine ön sıralarda olduğu görülmektedir. Örneğin soya yağı tüketiminde; ABD 7,58, Çin 3,9, Brezilya 3,16, Hindistan 2,16, ve AB ülkeleri 2,1 milyon ton tüketime sahiptir (Anaç ve Ertürk, 2003).

Tablo 2.3: Soya üretiminde lider ülkeler ve üretim miktarları (USDA, 2004)

Ülkeler	Üretim (Milyon Ton)
ABD	85,5
Brezilya	53,0
Arjantin	39,0
Çin	18,0
Hindistan	6,0
Paraguay	3,8

2.1.2.2. Türkiye’de soya fasulyesi ve ürünleri üretimi

Türkiye’de soyanın gıda sektöründe kullanımı yaygınlaşma eğiliminde olup, ağırlıklı olarak yem sektöründe tüketilmektedir. İnsan beslenmesindeki öneminin yanı sıra hayvan beslenmesinde de yüksek yağ ve protein içeriği ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle soya, büyükbaş, kanatlı ve su ürünleri rasyonlarında en çok tercih edilen yem hammaddesidir. Tam yağlı soya, dengeli amino asit kompozisyonu, sağladığı enerji, temel yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriği ile hayvan beslenmesinde çok önemli bir potansiyele sahiptir. Ülkemiz gibi hayvansal ürünler üretiminde kendine yeterlilik anlamında sıkıntılar yaşayan ülkeler için, tüm besi türlerinde vazgeçilmez olan soya fasulyesi bu sorunun çözümünde çok etkili bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Anaç ve Ertürk, 2003).

Türkiye’de çok az üretilen soya fasulyesi ve soya fasulyesinin kırılması sonucunda elde edilen soya küspesi talebi ağırlıklı olarak ithalat ile karşılanmaktadır. Yaklaşık yıllık soya fasulyesi ve küspesi ithalatı 850-950 bin ton civarında olup, son yıllarda soya küspesinden soya fasulyesine doğru tercih artmaktadır. Tedarikçi ülkeler başta ABD olmak üzere, mahsul dönemlerine göre Brezilya, Arjantin ve zaman zaman

Romanya'dır. Türkiye, soya, mısır, ayçiçeği, pamuk ve kolza yetiştirip kendi ihtiyacını karşılayacak ekolojiye sahip olmasına rağmen, bu ürünlerin ithalatı için her yıl yaklaşık 1 milyar dolar döviz ödemektedir. 2003 yılında 1,3 milyon ton soya, 1,2 milyon ton mısır, 600 bin ton ayçiçeği, 800 bin ton pamuk ve 40 bin ton kolza ithal edildiği belirtilmektedir. Yağlı tohumların ithaline, 2003 yılında 831 milyon dolar ödendiği bilinmekte, gelecek yıllarda ise ödenecek miktarın 1 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Cargill Company, 2004; Kalfa, 2004).

Türkiye'de soya ekimine ilk defa 1930'lu yıllarda Karadeniz Bölgesi'nde birinci ürün olarak yetiştirilmeye başlanmış, 10-12 bin tonluk üretim seviyelerine kadar ulaşılmıştır. Ancak üretim miktarı 1970'li yılların sonuna doğru 2.000 tona kadar düşmüştür. Bu yıllarda meydana gelen bitkisel yağdaki darboğazlar nedeniyle, Tarım ve Orman Bakanlığı'nca 1981 yılında ikinci ürün araştırma projesi uygulanmış ve çiftçiye teşvikler sağlanmıştır. Bu faaliyetlerin sonucu soya üretiminde 5-6 yıl içerisinde önemli artışlar elde edilmiştir. İkinci Ürün Projesi ile Ege ve Akdeniz bölgelerinin sulanır alanlarında yetiştirilmeye başlanılan soyanın tarımı günümüzde ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesinde ve büyük çoğunluğu Adana ilimizde (%90) sürdürülmektedir. Soya fasulyesinin verim ve üretim miktarının ülkemizdeki durumuna bakıldığında, daha çok 2. ürün olarak ekiminin yaygın olmasına rağmen verim birçok ülkeden yüksektir. Üretimi ise, 1981 yılından 1987 yılına kadar istikrarlı bir şekilde artmış, ancak takip eden yıllarda önemli oranlarda azalmıştır. Son yıllarda üretim rakamları 50-60 bin ton arasında dalgalanmaktadır.

Soya üretiminin azalışında alım yapan kuruluşların depolama ve finansman gibi sorunları, uygulanan fiyat politikaları, üreticilerin mısır vb. diğer ürünlere yönelmeleri gibi sebepler etkili olmuştur (Yosmaoğlu, 2002). Bu yönelimde, soyanın fiyat olarak mısıra göre karşılıklı değeri etkili olmuştur. ABD'de bu değer 2,5 ve üzerinde gerçekleşirken, Türkiye'de 2 ve altında gerçekleşmektedir. Soya yağı üretimimiz ise 1995'te 12.600 ton üretim seviyesinden 2001 yılında yaklaşık %40 azalarak 7.500 tona kadar gerilemiştir. GAP projesi kapsamında, gerek ana ürün ve gerekse 2. ürün olarak değerlendirilerek soya fasulyesi üretim alanlarının ve üretim miktarının artırılabilmesi düşünülmektedir. Ülkemizin soya fasulyesi ve soya yağı ihracatı önemli miktarlarda olmayıp, ithalat soya fasulyesi, soya yağı ve küspesi olarak 110-170 milyon dolar arasında gerçekleşmektedir (Yosmaoğlu, 2002).

Yağlı tohum bitkileri içerisinde yer alan soyanın yetiştiği ekolojik koşullar dikkate alındığında, Türkiye’de Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgeleri’nde sulama imkanlarının geliştirilmesi ile 2. rn olarak; Karadeniz Bölgesi’nde ise yağışın nispeten azaldığı Orta Karadeniz Bölümü’nde yetiştirilebileceği görülmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü 2002 yılı verileri incelendiğinde, 16 ilde toplam 25.500 ha. alanda soya fasulyesi ekimi yapıldığı görülmektedir. Toplam soya ekim alanlarının %83,5’i Akdeniz Bölgesi’nde yer almaktadır (21.309 ha). İller itibarıyla değerlendirildiğinde; Adana 13.746 ha. ekim alanı ile ilk sırada iken, Osmaniye, Mersin, Hatay ve Kahraman Maraş bu ili izlemektedir. Akdeniz Bölgesi’nden sonra en önemli soya fasulyesi ekim alanlarına Karadeniz Bölgesi sahiptir (%14,4). Özellikle arşamba ve Bafra ovalarının içerisinde bulunduğu Samsun ili 3.666 ha. ile Türkiye soya ekim alanları içerisinde üçüncü sırada yer almaktadır. Bu bölgede ayrıca Tokat ilinde de soya fasulyesi ekimi yapılmaktadır. Doğal yetişme koşulları açısından uygun olmamakla birlikte, ekim alanları sıralamasında Doğu Anadolu Bölgesi’nin üçüncü sırada yer alması, Elazığ (129 ha.), Malatya (106 ha.), Erzincan (45 ha.) ve Bingl (14 ha.) gibi oknt ovalarına sahip illerde, soyanın özellikle hayvan yemi olarak ekilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu üç bölge dışında soya fasulyesi ekim alanları Türkiye soya ekim alanlarının %1’inden azdır. Bu ekimler, Güneydoğu Anadolu’da şanlı Urfa (117 ha.) ve Gaziantep (5 ha.), Marmara Bölgesi’nde Sakarya (18 ha.) ve Tekirdağ (2 ha.) ve İç Anadolu Bölgesi’nde Konya (85 ha.) illerimizdedir.

Türkiye bir tarım ülkesi olmasına karşın son yıllarda pek çok tarımsal ürünü ithal eder duruma gelmiştir. Özellikle endüstri bitkileri ve yağlı tohumlar bu ürünler içerisinde büyük bir paya sahiptir. 2003 yılında Türkiye’nin soya fasulyesi, soya küspesi ve soya yağı ürünlerine ödediği 387.383.000 \$ (FAO, 2003), gelişmekte olan ülkemiz için kmsenmeyecek bir değerdir. 1985-1990’lı yıllardaki ekim ve üretim artışının yeniden sağlanabilmesi mümkün olduğunda, aktarılan döviz miktarının da azaltılması söz konusu olacaktır. Soya fasulyesi, dünya yağ bitkileri üretim ve tüketimi içerisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bunun en önemli nedenlerinden biri de bitkisel yağ tüketiminin sürekli artmasıdır. Türkiye için alternatif bir yağ bitkisi olan soyanın, bitkisel yağ açığının karşılanmasında önemli bir yeri bulunmaktadır. Hammadde yetersizliği nedeniyle bitkisel ham ve rafine yağ üretimi,

hammadde ithalatına dayalı olarak sürdürülmektedir (Tablo 2.4) (Bayar ve Yılmaz, 2004).

Tablo 2.4: 2003 yılı Türkiye soya fasulyesi, soya küspesi ve soya ithalatı (FAO, 2003).

Ürün	Miktar (ton)	Değer (x 1000 \$)
Soya fasulyesi	810.110	219.328
Soya küspesi	405.997	95.385
Soya yağı	134.634	72.670

2.2. Soya Ürünleri

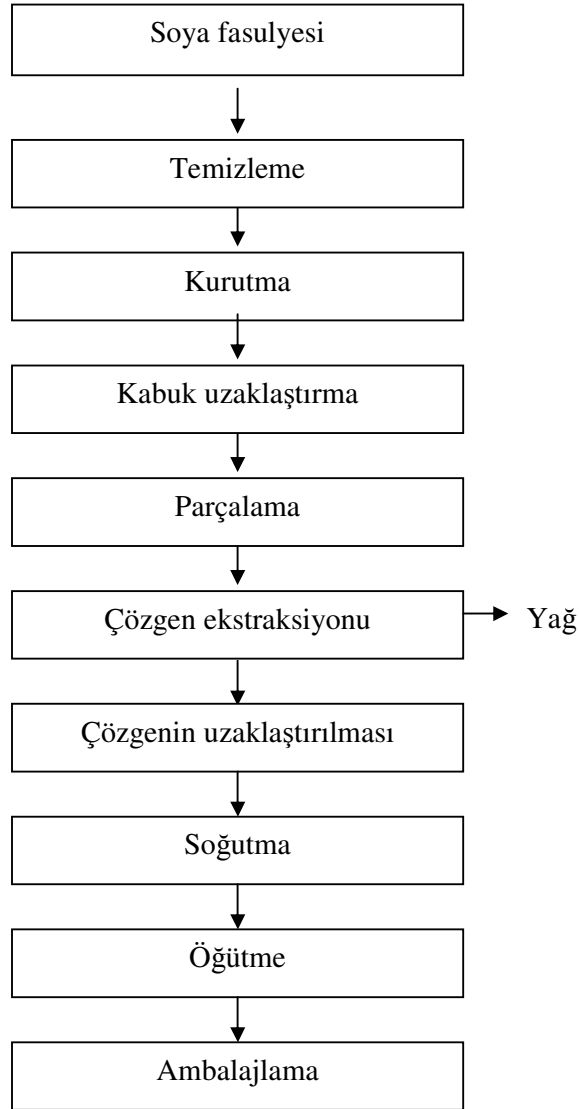
2.2.1. Soya unu

Soya unu, yağı alınmış kabuğu ayrılmış soya fasulyesinin öğütülmesini içeren basit bir süreç ile elde edilmektedir. Kabuk ve/veya yağ dışında hiçbir bileşen ayrılmadığından protein içeriği başlangıç hammaddesine göre yaklaşık olarak %55 (kuru madde bazında) düzeyinde kalmaktadır. Soya unu, çok az işlem görmesi nedeniyle diğer soya protein kaynaklarına göre daha ekonomiktir. Ayrıca soya unu fasulyeden gelen birçok besin ögesini muhafaza eder. Düşük yağlı olup, protein, izoflavon, diğer besinler ve fitokimyasalların önemli bir kaynağıdır (Liu ve Limpert, 2004).

Soya unu farklı süreç yaklaşımları ve uygulama ihtiyaçlarına göre çeşitli tiplerde üretilmektedir. Yağ içeriğine göre; tam yağlı, düşük yağlı, yağsız ve yeniden yağ ilave edilmiş olarak sınıflandırılabilir. Tanecik boyutuna göre ise soya kırmaması, soya unu ve çok ince soya unu çeşitleri bulunmaktadır. Isıl işleme bağlı olarak enzim aktif soya unu ve ısıl işlem görmüş soya unu (kavurma ve buharla muamele vb.) şeklinde çeşitleri mevcuttur. Diğer bir sınıflandırma ise, çeşitli ısıl işlem düzeylerinden etkilenen protein çözünürlüklerine göre (PDI: Protein Dağılılırılık İndeksi). Dokuya bağlı olarak sınıflandırıldığında ise, normal soya unu ve tekstürize soya unu çeşitleri mevcuttur (Liu ve Limpert, 2004).

Soya unu üretimi, soya fasulyesinin temizlenmesi, kabuğunun uzaklaştırılması, fasulyelerin kırılması, yağın hekzan ile ekstraksiyonu ve kırmalardaki çözgenin flaş çözgen giderme sistemlerinde uzaklaştırılması gibi basamaklardan sonra pişiriciden geçirilmesi süreçlerini içermektedir (Şekil 2.2). Soya ununa en az düzeyde ısı uygulandığında ısıl işlem görmemiş olarak kabul edilir ve PDI yaklaşık 90

değerindedir. Bu ürün lipoksigenaz enzimi içerir. Isıl işlem arttırıldığında, PDI değeri 70'e düşer. Bu ürün, unlu mamullerde kullanılan en yaygın soya unudur. Daha kuvvetli bir ısıl işlem uygulamasında ise PDI değeri 20'ye azalmaktadır ve özellikle teknolojik fonksiyonların yerine besin değerinin korunmasının hedeflendiği uygulamalarda tercih edilmektedir. Son olarak soya unu üretiminde, soya fasulyeleri öğütülerek istenilen tanecik boyutuna (100 veya 200 mesh) getirilmektedir (Porter ve Skarra, 1999; Riaz, 2006).



Şekil 2.2: Soya unu üretim aşamaları (Riaz, 2006).

Soya unu besleyici, fonksiyonel, teknolojik ve ekonomik bir gıda bileşenidir. Çeşitli gıda ürünlerinde besleyici değeri yükseltmek, geleneksel bileşenleri ikame etmek ve

üretim maliyetlerini düşürmek amaçlarıyla yaygın kullanım alanı bulmuştur. Fırıncılık ürünlerinde nem tutma, ekmeğin beyazlatma, ekmeğin kabuğunu koyulaştırma, raf ömrünü uzatma, pişirme süresini kısaltma ve yağ absorpsiyonunu azaltma gibi etkileri sağlamak için kullanılmaktadır. Soya unu, ayrıca pahalı olmayan süt esaslı bileşenlerle karışımlar halinde, yağsız süt tozunun veya diğer pahalı süt esaslı bileşenlerin ikamesi olarak da birçok formülasyonda yer almaktadır. Spagetti gibi düşük proteinli makarna ürünleri soya unu ile zenginleştirilerek besin değeri arttırılabilmektedir. Dünyada birçok ülkede, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etki sağlamak amacıyla, soyanın etikette belirtilebilen sağlık iddiasını karşılayacak düzeyde ürünlere ilavesi mümkündür. Fırıncılık ve hububat ürünlerinde, ekmeğin de dahil olmak üzere, toplam ağırlığın %35'i düzeylerinde soya proteini ürünleri içeren formülasyonlar oluşturulabilmektedir. Tablo 2.5.'de ticari soya unu ürünlerinin uygulamalarından örnekler verilmektedir (Liu ve Limpert, 2004).

Tablo 2.5: Soya unu ürünlerinin kullanım alanları (Liu ve Limpert, 2004).

Ürün	Uygulama	Fonksiyon	Düzyey
Kırma (%50 protein)	Soya sosu, gıda enzimleri ve et ürünleri fermentasyonu	Fermentasyon için azot kaynağı, et ürünlerinde dolgu maddesi	Değişken
Yağsız parçacıklar (%50 protein)	Protein konsantresi ve izolatu üretimi için hammadde		
Tam yağlı soya unu (%35-37 protein)	Fırıncılık ürünleri	Protein zenginleştirici, yumurta/süt ikamesi	Kuru bileşenlerin %1-5'i
Yağsız soya unu 90 PDI (%50 protein)	Fırıncılık ürünleri	Ekmeğin içi beyazlatıcı, hamur geliştirici	< %0,5
Yağsız soya unu 70 PDI (%50 protein)	Gözleme, tava keki karışımları, ekmeğin, Amerikan lokması (donut), Meksika pızzası (tortilla), tatlı küçük ekmeğin	Su kaldırma, su tutma, yağın tutulmaması, protein zenginleştirilmesi, ekmeğin içi gözenek yapısının geliştirilmesi	Kuru bileşenlerin %1-5'i
Yağsız soya unu 20 PDI (%50 protein)	Çeşitli fırıncılık uygulamaları, süt ikamesi	Su kaldırma, su tutma, süt/yumurta proteinlerinin ikamesi, yağlı meyve aroması	Kuru bileşenlerin %1-5'i

Yağsız soya unu, sandviç tipi ekmeklerde ve diğer unlu mamullerde uzun yıllar kullanım bulmuştur. Enzim aktif ısıl işlem görmemiş soya unları ağartma ajanı veya doku iyileştirici olarak düşük düzeylerde (%0,5 un bazında) kullanılırken, ısıl işlem görmüş olan enzimin inaktif hale geldiği soya unları protein takviyesi olarak tercih edilmiştir. Ancak özellikle son yıllarda soya proteininin sağlığa olumlu etkilerinin üzerinde durulmaya başlanması ile ekmek üretiminde ısıl işlem görmüş soya ununun fonksiyonel bileşen olarak kullanımı, tüketici tercihinde olumlu etkilere yol açmaktadır (Liu ve Limpert, 2004).

2.2.2. Soya sütü

Soya fasulyesi lezzet, çeşitlilik ve kolay sindirilebilirlik gibi özellikleri içeren çeşitli gıda çeşitlerine dönüştürülmektedir. Bu çeşitler içinde soya sütü de sağlıklı bir içecek türü olarak yaygın bir ürün haline gelmiştir (Prabhakaran ve Perera, 2006).

Soya sütü, soya fasulyesinden su ile özütlenen katı maddenin, su veya diğer yenilebilir kalitede soya protein katıları ve soya yağı ile karıştırılması ile elde edilen sıvı bir üründür. Tripsin inhibitörü gibi anti-besin öğelerinin aktivitelerini durdurmak ve pastörizasyon ile gıda güvenliğini sağlamak üzere soya sütüne ısıl işlem uygulanmaktadır. Ayrıca bitkisel yağlar, tatlandırıcılar, tuz, baharatlar ve/veya diğer işlem yardımcıları veya aroma bileşenleri de ilave edilebilmektedir. Soya sütünün teknik özelliklerinde belirtilen değerleri sağlayacak düzeylerde soya proteini ve yağ içeriğine sahip olması önemlidir (SAA, 1996). Soya sütü, kompozisyona bağlı olarak soya sütü, soya sütü içeceği, soya sütü tozu ve soya sütü konsantresi olmak üzere sınıflandırılabilir. Sınıflandırmaya ait kriterler Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6: Soya sütü kompozisyonu ve sınıflandırması, %

Sınıflandırma	Protein	Yağ	En az toplam katı
Soya sütü	≥ 3,0	≥ 1,0	≥ 7,0
Soya sütü içeceği	1,5-2,9	≥ 0,5	≥ 3,9
Soya sütü tozu	≥ 38,0	≥ 13,0	≥ 90,0
Soya sütü konsantresi	≥ 6,0	≥ 2,0	≥ 14,0

Soya sütü, soya fasulyesinin su ekstraktı olup, görünüm ve kompozisyonu ile sütü andırmaktadır (Liu, 1999). Soya fasulyesindeki hemen hemen tüm bileşenleri (protein, yağ, sakkaritler) içermektedir. Soya sütü ve ürünleri besleyici, kolesterol içermeyen sağlıklı gıdalar olarak, gelecekte kullanımı artacak potansiyelde

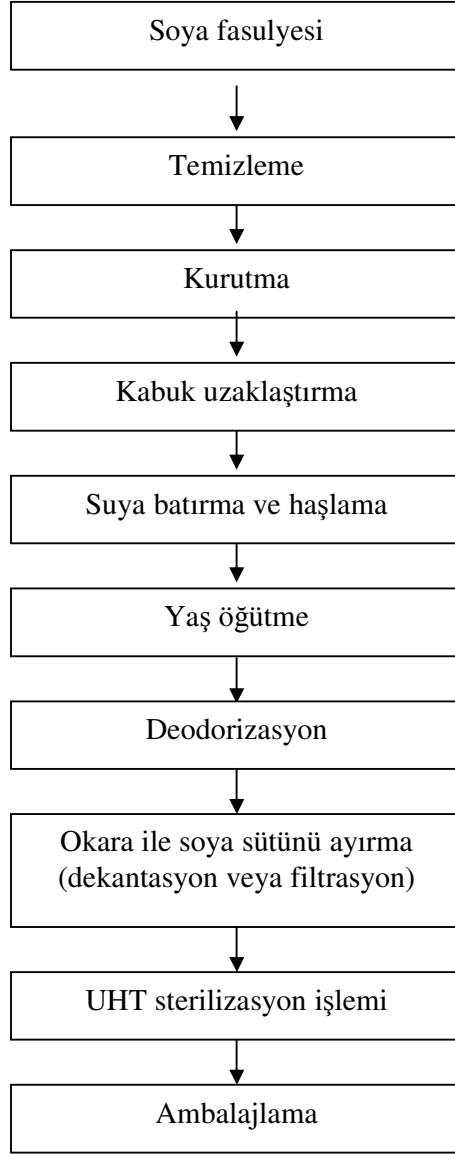
görülmektedirler. Soya sütü üretim süreçlerinde uygulanan ısı işlemlerin soya proteinlerinin denatürasyonuna etkisi bazı araştırmalarda incelenmiştir (Zhang ve diğ., 2005).

Soya sütü, üretim yöntemine göre, geleneksel ve modern olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Geleneksel soya sütü (dou jiang) binlerce yıl öncesinde Çin'de ev veya köylerde yapılan daldırma, öğütme, süzme, ısıtma işlemlerini içeren süreç ile üretilmektedir. Bu üründe, soya fasulyesinden gelen besinler ile birlikte, sınırlı raf ömrü, karakteristik fasulyemsi aroma, acımsı ve buruk lezzet karakteristikleri de mevcuttur. Modern soya sütü ise soya içeceği olarak da bilinmekte olup, yeni teknolojiler ile lezzet, aroma, besin değeri ve kullanım kolaylığı gibi özellikleri barındırmaktadır. Uygulanan yeni teknikler fasulyemsi aromanın azaltımı, dekantasyon, formülasyon, zenginleştirme, homojenizasyon, UHT işleme, aseptik ambalaj işlemleri ve otomasyon uygulamalarıdır (Liu, 2004). Büyük çaplı üretimlerde genellikle sürekli yüksek sıcaklık kısa süre süreçleri, normal düşük sıcaklık uzun süre ısı işlemlerinin yerini almaktadır. UHT ısı işlemleri ve aseptik ambalajlama tekniği kullanılarak, kağıt-plastik kartonlarda uzun ömürlü soya sütleri üretilmiştir. Bu ürünler taşıma, dağıtım ve depolama için daha elverişli ürünlerdir (Prabhakaran ve Perera, 2006). Soya sütü için genel olarak üretim aşamaları Şekil 2.3'de verilmiştir (Debruyne, 2006).

Modern soya sütleri geleneksel soya sütlerine göre daha yüksek kalitede besin değerine sahip, çoğunlukla aroma ve tatlandırıcı ilavesi ile lezzet açısından zenginleştirilmiş ve daha uzun raf ömrüne sahip olması için de ambalajlanmıştır. Mevcut çeşitleri yoğunlaştırılmış veya toz halde olabilir. Katı madde konsantrasyonuna göre hafif, süt gibi ve zengin olarak da tanımlanan çeşitleri mevcuttur. Ambalajlama tekniğine göre aseptik ambalajlanmış ve soğutma gerektirmeyen çeşitleri de geliştirilmiştir (Liu, 2004).

Genel olarak soya sütü, su:fasulye oranına bağlı olarak %8-10 toplam katı madde içerir. Katı maddenin %3,6'sı protein, %2,0'ı yağ, %2,9'u karbonhidrat ve %0,5'i ise külden oluşmaktadır. Bu değerlerden görüldüğü üzere, inek sütü ve insan sütü ile karşılaştırılabilir düzeyde bir besin kompozisyonuna sahiptir. Temel üstünlükleri, kolesterol ve laktoz içermemesi ve 0,25 mg/g toplam izoflavon (yaş ağırlık üzerinden) içermesidir (Liu, 2004). Soya sütü kompozisyonu insan sütü ve inek sütünün kompozisyonları ile karşılaştırıldığında, daha yüksek protein, demir,

doymamış yağ asitleri ve niasin içerirken, yağ, karbonhidrat ve kalsiyum miktarları daha düşüktür (Tablo 2.7). Ayrıca, diğer sütlerdeki laktoz ve kolesterol soya sütünde mevcut değildir (Liu, 1999).



Şekil 2.3: Soya sütü üretim aşamaları (Debruyne, 2006).

Soya sütü normal süte alternatif olarak, hayvan süt sağlama kaynaklarının yeterli olmadığı bölgelerde, kuvvetli bir alternatif olarak gerekli besinleri sağlamaktadır. Ayrıca laktoz içermemesi nedeniyle, inek sütü ve insan sütüne alerjik reaksiyon gösteren çocuk ve bebeklerin beslenmesinde önemlidir. Hayvansal proteinlerin olmadığı bir diyet tercihi, alternatif bir besin kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde soya sütünün sorunları, raf ömrünün kısıllığı ve fasulyemsi aromanın

maskelenmesi için şeker, gam ve aroma maddelerinin ilavesine gerek duyulmasıdır (Liu, 2004).

Tablo 2.7: Soya sütü, inek sütü ve anne sütünün kompozisyonları (Liu, 1999).

Bileşen/100g	Soya sütü	İnek sütü	Anne sütü
Kalori (kcal)	44	59	62
Su (g)	90,8	88,6	88,2
Protein (g)	3,6	2,9	1,4
Yağ (g)	2,0	3,3	3,1
Karbonhidrat (g)	2,9	4,5	7,1
Mineraller (mg)			
Kalsiyum	15	100	35
Fosfor	49	90	25
Sodyum	2	36	15
Demir	1,2	0,1	0,2
Vitaminler (mg)			
Tiamin	0,03	0,04	0,02
Riboflavin	0,02	0,15	0,03
Niasin	0,5	0,20	0,20
Doymuş yağ asitleri (%)	40-48	60-70	55,3
Doymamış yağ asitleri (%)	52-60	30-40	44,7
Kolesterol (mg)	0	9,24-9,9	9,3-18,6

Soya sütünün kalitesini artırmak amacıyla çok çeşitli araştırmalar literatürde mevcuttur. Bu araştırmalar; istenmeyen fasulye aromasının yok edilmesi, anti-besin öğelerinin inhibe edilmesi, fitik asit içeriğinin azaltılması, verimin artırılması, koloidal stabilitenin artırılması ve aroma ilavesi gibi konuları içermektedir (Iwuoha ve Umunnakwe, 1997).

Geleneksel soya sütü üretim yöntemleri sonucunda uzaklaştırılmayan fasulyemsi aroma varlığı, soya sütünün modern işleme yöntemleri ile işlenmesi sonucunu doğurmuştur. Soya sütü aromasını iyileştirmek ve çekici hale getirmek amacıyla yeni teknikler geliştirilmiş ve büyük ölçekte üretim için ticarileştirilmiştir. Bu tekniklerden biri olan “Cornell Yöntemi” kabuğundan ayrılmış ve ıslatılmamış soya fasulyesinin sıcak su ile önceden ısıtılan öğütücü içerisinde öğütülmesini kapsar. Oluşan bulamaç, lipoksigenaz enziminin aktivitesini durdurmak amacıyla, 80-100°C’de öğütücü içerisinde bekletilmekte ve sabit karıştırma ile 10 dk. buharla ısıtılmış ısıtıcıda kaynatılmaktadır. Daha sonra karışım, süzme presi veya santrifüj ile süzülerek, şişelenmekte ve 121°C’de 12 dk. sterilize edilmektedir. Ancak bu yöntemde istenilmeyen kötü aroma oluşumu söz konusu olabilmektedir. Soya

sütünün işlenmesinde öğütme sırasında enzim etkisini tamamen kontrol altına almak için yeni bir yöntem olan “Illinois Yöntemi” geliştirilmiştir. Bu yöntemde, suya batırılan soya fasulyesinin sıcak su içerisinde 10 dk. haşlanması ile soya fasulyesi su alarak enzim aktivitesi durdurulmaktadır. Daha sonra, suyu uzaklaştırılan fasulyeler yeterli miktarda soğuk su ile öğütülmektedir. Bulamaç 93,3°C’ye ısıtılıp homojenize edilerek ambalajlanmaktadır. Çok sade bir aroma eldesine yol açan bu yöntem, soya sütü üretiminde en önemli kilometre taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ancak ürünün tek sorunu ağızda tebeşirimsi bir his oluşturmasıdır ve bu sorun yöntemin ticari başarısını engellemiştir. Diğer bir yöntem ise ani hidrasyon ile hidrotermal pişirme yöntemidir. Bu yöntemde, soya fasulyeleri önce öğütülmekte ve sıcak su ile karıştırılmaktadır. Oluşan bulamaç ani olarak 154°C’deki buhar infüzyonu ile 30 sn muamele edilerek, lipoksigenaz enziminin inaktivasyonu sağlanmaktadır. Karışım daha sonra soğutulmakta ve santrifüjlenerek berraklaştırılmaktadır. Diğer alternatif yöntemler ise yağsız soyanın kullanımı ve deodorizasyon uygulamalarıdır (Liu, 1999).

Soya sütünde ısıl işlem amaçları çok çeşitlidir. Bunlar; tripsin inhibitörü ve lektinler gibi doğal olarak mevcut anti-besin öğelerini inaktif hale getirmek, soya proteinlerini kısmen denatüre ederek daha sindirilebilir olmalarını sağlamak, hammadde veya süreç ekipmanlarından taşınan mikroorganizmaların öldürülmesi ile ürünün raf ömrünü arttırmak, bulamaçtan soya sütünün ekstraksiyonunu teşvik etmek ve lipoksigenazın inaktivasyonu ile lipid oksidasyonu ve fasulyemsi aroma oluşumunu en aza indirmek olarak sıralanabilir. İstenmeyen aroma oluşumunun azaltılması, ısıtma işlemi sadece öğütme öncesi veya öğütme sırasında yapıldığı takdirde kontrol altına alınabilmektedir (Liu, 2004; Liu, 1999).

2.2.3. 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, Tablo 2.7’de verildiği gibi %38’den az soya proteini ve %90’dan az toplam katı madde içermemelidir (SAA, 1996). Soya sütü tozunun gıda formülasyonlarında kullanımı henüz yaygın olmamasının yanı sıra literatürde

fonksiyonel bileşenleri hakkında bilgiler de sınırlıdır. Soya sütü tozunu, fırıncılık ürünlerine başarılı bir şekilde uygulayabilmek için bu tip ürünlerin fizikokimyasal özelliklerine etkisinin anlaşılması gerekmektedir.

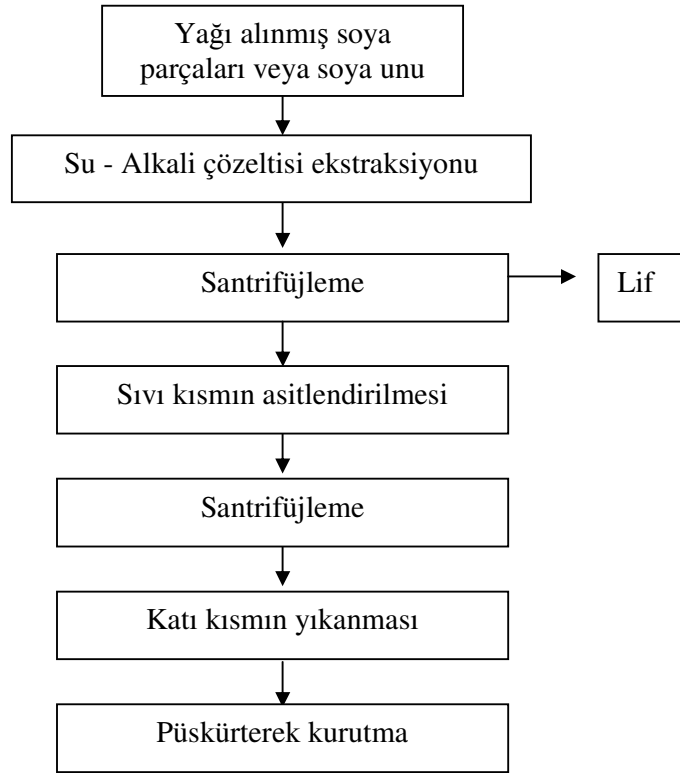
Soya sütü tozu ticari olarak üç şekilde elde edilebilmektedir. Birinci yöntemde; izole edilen soya proteini bitkisel yağ, emülgatör ve diğer bileşenlerle birleştirilmektedir. İkinci yöntemde ise, soya sütü doğrudan püskürtmeli kurutucuda kurutulmaktadır. Son olarak, enzimle muamele edilen soya ekstraktının püskürtülerek kurutulması tekniği de tercih edilebilmektedir. Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş SST ile soya protein izolatları (SPI) pazarda güçlü hale gelmeye başlamışlardır (Debruyne, 2006).

2.2.4. Soya protein izolatları

Soya protein izolatları alkali ekstraksiyonu ve bunu takiben asidik pH'da çöktürme ile elde edilmektedir. Sonuç olarak işlem sırasında çözünen ve çözünmeyen karbonhidratlar ayrılmaktadır. Son ürün %90 düzeylerinde protein içermekte olup, açık renkli ve hafif aromaya sahiptir (Liu, 2004). Üretim aşamaları Şekil 2.4'de görülmektedir.

Soya protein izolatları gıda ürünlerinin fiziksel özelliklerini değiştirme fonksiyonlarına sahiptir. Taşıdıkları teknolojik özellikler: çözünürlük, jel oluşturma, emülsifikasyon, dağılıbilirlik, viskozite ve şiddetli işlemlere dayanıklılıktır (Endres, 2001). Bu özellikleri ile gıda sanayinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Örneğin; işlenmiş etler, et analogları, çorba ve soslar, besleyici içecekler, mama formülleri ve süt ikameleri gibi uygulamalarda yer alırlar (Liu, 2004). İzoflavon içerikleri, üretim sürecinden ötürü soya ununa göre yaklaşık olarak %50 oranında daha azdır (Riaz, 2006).

Et ürünlerinin üretiminde, protein izolatlarının suyu bağlama ve yağı emülsifiye etme özelliklerinden yararlanılarak kullanımı yaygındır. Ayrıca çeşitli gıdalarda (unlu mamuller, et sosları vb.) protein içeriğini zenginleştirme amacıyla da kullanımları söz konusudur (Liu, 2004).



Şekil 2.4: Soya protein izolatları üretim yöntemi (Riaz, 2006).

2.2.5. Soya protein konsantreleri

Soya protein konsantreleri geleneksel olarak yağı alınmış soya parçacıklarının sulu alkol (%20-80) ile ekstraksiyonuyla elde edilir. Son ürünün protein içeriği %70 düzeyinde olup, geri kalan kısım çoğunlukla çözünür olmayan karbonhidratları içermektedir (Liu 2004; Riaz, 2006). 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 (Nelson, 2001a).

Ürünün fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla ısı işlem ve homojenizasyon uygulanmaktadır. İzoflavon ve diğer yararlı fitokimyasalların korunmasını sağlamak ve protein denatürasyonunu önlemek için alternatif bir yöntem olarak "asit ortamda arıtma" yöntemi uygulanabilmektedir (Liu, 2004; Riaz, 2006). Diğer bir yöntem ise, nemli ısı uygulaması ile protein denatürasyonunu takiben su ile ekstraksiyon aşamalarını içermektedir (Riaz, 2006).

2.2.6. Soya lifi

Soya fasulyesinin en temel karbonhidratı oligosakkaritler ve kompleks polisakkaritler olup diyet lifi kategorisinde değerlendirilirler (Liu, 2004). Soya lifi, soya kabuğu ve soya endosperminden olmak üzere iki kaynaktan elde edilir. Soya kabuğu tamamen çözünmeyen liften oluşurken, endospermden elde edilen diyet lifi hem çözünür hem de çözünür olmayan lif içermektedir (Nelson, 2001a; Riaz, 2001). Tablo 2.8’de soya lifi ve soya kabuk lifi kompozisyonları verilmektedir.

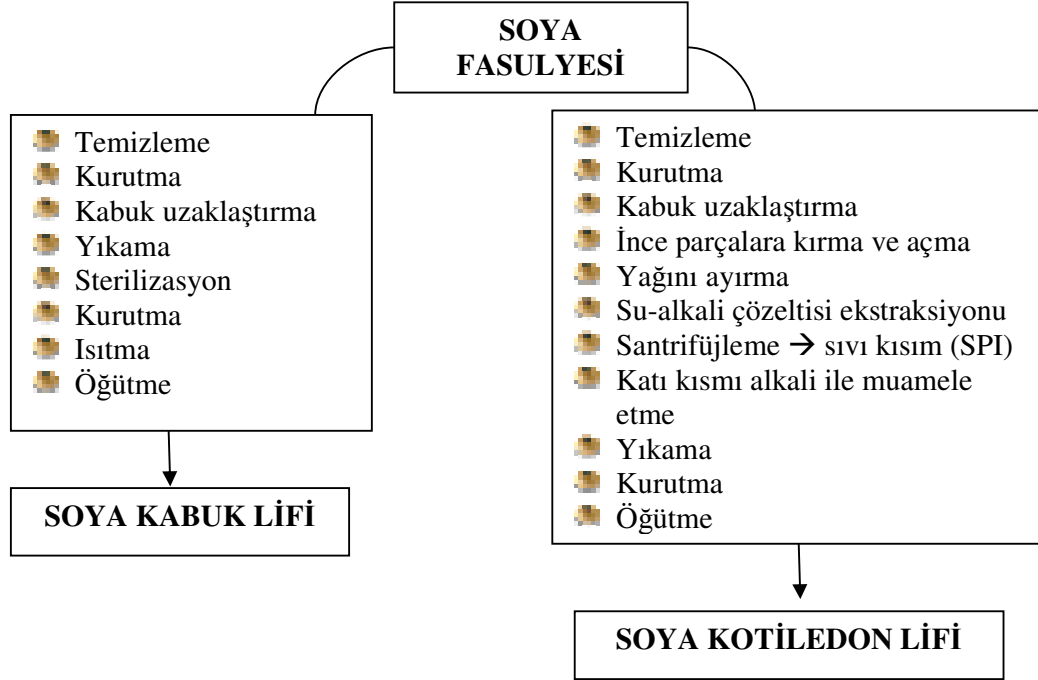
Tablo 2.8: Soya liflerinin kompozisyonu, % (Katina, 2003).

Lif kaynağı	Çözünür olmayan lif	Çözünür lif	Su ve kül	Protein	Yağ	Karbon-hidrat
Soya lifi	56,5	21,1	8,5	12,0	0,2	2,5
Soya kabuk lifi	61,1	9,4	10,7	12,2	0,6	6,0

Soya hücre duvarının %30 pektin, %50 hemiselüloz ve %20 selüloz içerdiği tespit edilmiş olup, çoğu soya karbonhidratı diyet lifi kategorisi içerisinde yer almaktadır. Soya kabuğu lifi ve soya kotiledon lifinin üretimleri Şekil 2.5’de verilmektedir. Ticari uygulamalar için çok çeşitli soya lifi üretilebilmektedir. Uygun süreçlerin kullanımı ile su tutma ve su bağlama gibi diğer birçok özellik kontrol edilebilmektedir (Riaz, 2006).

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 (Riaz, 2006).

Çözünür olan ve olmayan diyet lifi ilavesi fırıncılık ürünlerinde istenen ve istenmeyen etkilere neden olabilmektedir (Nelson, 2001a; Gomez ve diğ., 2003). Bununla birlikte, ekmeğin fizikokimyasal, fiziksel ve duyusal özelliklerindeki değişimin incelendiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.



Şekil 2.5: Soya liflerinin üretimi (Riaz, 2006).

2.2.7. Soya yağı

Soya fasulyesi üretiminin büyük bir kısmı yağ üretiminde kullanılmaktadır. ABD’de yenilebilir yağlar grubu içinde en çok tüketilen çeşit olarak göze çarpmaktadır (%80). 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. Doğal antioksidan içeriği (tokoferoller) süreçler sırasında kısmen kalmaktadır. Hidrojenasyon, vinterezasyon, trans esterifikasyon işlemleri ile soya yağının fiziksel karakteristikleri ve oksidatif dayanıklılığı geliştirilebilmektedir (Liu, 2004).

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 α -linolenik asit mevcuttur. Soya yağ asitlerinin fitosteroller ve kalp damar hastalıklarına koruyucu etkisi olduğu ve kötü huylu kolesterolü düşürücü etkiye sahip olduğu tahmin edilmektedir (Lecerf, 2001).

2.3. Fonksiyonel Bileşenler

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. Başlıca fonksiyonel bileşenler; diyet lifi, fitokimyasallar, biyoaktif peptitler, ω -3 çoklu doymamış yağ asitleri, probiyotikler ve prebiyotiklerdir (Mazza, 1998).

2.3.1. Diyet lifi tanımı

Diyet lifi içinde yer alan temel yapılarının karbonhidrat olması nedeniyle gıdaların temel bileşen analizlerinde lifler karbonhidratlar sınıfı içerisinde değerlendirilmektedir (Asp, 2004).

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 müsilajdır. Lignin dışında diğer tüm bileşenler polisakkarit yapısındadır (DeVries ve diğ., 1999; Prosky, 2000; AACC, 2001; Nelson, 2001a; Asp, 2004).

2002 yılında Amerikan Ulusal Bilimler Akademisinin “Gıda ve Beslenme Kurulu” (Food and Nutrition Board - FNB) yeni bir tanım ortaya koymuştur: “Diyet lifi, bitkilerde bütün halde ve doğal olarak mevcut sindirilemeyen karbonhidratları ve lignini içerir. Fonksiyonel lif, izole edilmiş, insanlara faydalı fizyolojik etkileri olan, sindirilemeyen karbonhidratlar ve lignindir. Toplam diyet lifi ise bu ikisinin toplamına eşittir”. Her iki tanım da dirençli oligosakkaritlerin, dirençli nişastanın ve ligninin, diyet lifi ve toplam diyet lifi tanımına dâhil edilmesi konusunda hemfikirdir. Sadece sindirilemeyen olmanın yanı sıra faydalı fizyolojik etkileri de olması gerekliliği konusunda da uyumludurlar. Ancak hayvansal kaynaklı polisakkaritlerin (kitin ve kitozan gibi) de diyet lifi kapsamında ele alınması konusu halen açık

değildir. Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği'nin tanımına göre "ilişkili maddeler" ve FNB tanımına göre ise "fonksiyonel lif" altında bu bileşiklerin de tanıma dâhil edilebileceği düşünülmektedir. Avrupa Birliği ise henüz herhangi bir diyet lifi tanımı ortaya koymamıştır. Avrupa ülkelerindeki ulusal otoriteler, AOAC yöntemi ile analizlenebilen maddeler olarak tanımlamaktadırlar. Bazı Avrupa ülkelerinde ise, ayrıca ölçülen dirençli nişastanın da diyet lifi miktarına ilave edilmesi etiketleme için zorunludur (Asp, 2004).

2.3.1.1. 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 bileşikleri kapsamaktadır. 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. İnce bağırsakta sindirilmezler, ancak kalın bağırsaktaki bakteriler tarafından fermente edilebilirler. 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 liflerin kan kolesterolünü düşürücü ve vücudun glikozu kullanımını düzenleyici etkileri olduğu saptanmıştır. Çözünür lifler; pektin, β -glukan, gamlar ve inülinen oluşmaktadır (Nelson, 2001a).

2.3.1.2. Diyet lifinin sağlığa etkileri

Diyet lifinin karmaşık niteliği fizyolojik etkilerindeki çeşitliliğe yol açmaktadır. Diyet lifi temel kaynakları; meyveler, sebzeler, baklagiller, yağlı sert kabuklu meyveler ve hububat taneleridir. Batı ülkelerinde diyet lifi alımının yeterli olmaması nedeniyle, beslenme alışkanlıklarında diyet lifi miktarını arttırmak yönünde tavsiyeler de bulunmaktadır (McCleary ve Prosky, 2000; Nelson, 2001a; Sungsoo Cho ve Dreher, 2001).

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. Tüm hububat tanesinin tüketiminin, rafine olarak elde edilen diyet lifinden daha etkili olduğu da iddialar arasındadır (Miller Jones, 2004). Yüksek lif içerikli gıdaları tüketen kişilerde, ortalama enerji alımının da daha düşük olduğu saptanmış olup, kilonun korunması ve obeziteyi önlemesi ile ilişkilendirilmektedir (Miller Jones, 2004).

Toplam diyet lifi alımının diyabet ile ilişkisinin araştırıldığı çok sayıdaki epidemiyolojik çalışmada, Tip-2 diyabet riskinin az miktarda lif tüketen rafine karbonhidrat alımı fazla olan kişilerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Özellikle hububat lifinin diyabet riskinin önlenmesinde daha etkili olabileceği sonucu da önem taşımaktadır. 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 artışı önlemesi bu riski azaltmada etkilidir. Ayrıca hububat lifinin genel veya kısmi felç riskini de azaltarak bunlara bağlı kalp kaynaklı ölümleri önlediği de bulgular arasındadır. Meyve liflerinde de bu ilişkinin saptandığı çalışmalar olmasına karşın sebze veya baklagil liflerinde bu ilişki saptanmamıştır (Miller Jones, 2004).

Diyet lifi tüketiminin bağırsak sağlığını geliştirdiği bilinmektedir. Özellikle meyve ve sebze liflerince (çözünür olmayan liflerce, selüloz gibi) zengin ve az yağlı ve az kırmızı etten oluşan diyetle beslenen kişilerde divertiküler hastalığı riskinin azaldığı görülmüştür. Çeşitli kanser türleri ile ilişkisinin incelendiği çok sayıdaki 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. Göğüs ve rahim kanseri gibi hormonal kanserlere koruyucu etkiler incelendiğinde, meyve sebze tüketiminin veya toplam diyet lifi alımının yüksek olması önleyici etki göstermiştir. Şimdiye dek yapılan epidemiyolojik ve vaka-kontrol verilerinden görüldüğü üzere diyet lifi alımı ile kanser riskinin azalması olasılığı söz konusudur. Diyet liflerinin kanseri önlemedeki kesin etkilerinin saptanabilmesi için çok fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu açıktır (Miller Jones, 2004).

Kolon kanseri ile diyet lifi arasındaki ilişki biraz karmaşık olmakla birlikte, yüksek miktarlarda lif içeren sebze, meyve ve hububatların kolon kanserini önleyici etkisinden söz edilmektedir. Ancak bu etkinin antioksidanlar ve fenolik bileşenler

gibi diğler bileşenler ile de ilişkili olabileceğı düşünölmektedir. Özellikle çözüdür olmayan lifin kolon kanserini önlemeye etkili olduğunu destekleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Ancak bazı iddialar, çözüdür lifin kolonik hücre çoğalmasını arttırdığı yönündedir. Diyet lifinin kolonda fermentasyonu sonucu kısa zincirli yağ asitleri, karbondioksit, hidrojen, metan, butirat, propiyanat ve asetat ortaya çıkmaktadır. Soya oligosakkariti içeren lif, diğler liflere göre daha çok butirat oluşturma özelliğine sahiptir. Butiratın kolon kanserinin oluşumunda önleyici etkisi olabileceğı konusunda iddialar mevcuttur (Slavin, 2002).

Ekolojik ve gerçek vaka çalışmaları diyet lifi tüketiminin göğüs kanseri riskini azalttığı yönünde ilişkiler ortaya çıkarmıştır. Diyet lifi tüketiminin göğüs kanseri için risk faktörlerini (göğüs doku yoğunluğu ve östrojen biyoyararlılığı gibi) değiştirici önemli etkileri olduğu düşünölmektedir. Fitik asit ve fitoöstrojenler gibi lif ile ilişkili maddeler de göğüs kanserinin önlenmesinde etkilidir (Cho ve diğ., 2002).

Diyet lifi ile birlikte insan sağlığı için antioksidan düzeyinin de önemi üzerinde durulmaktadır. Uygun kaynaklar seçilerek yüksek antioksidan kapasitesine sahip diyet lifli ürünler oluşturmak da eğilimler arasındadır (Jimenez-Escrig ve diğ., 2001).

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 (Marlett, 2002).

Diyet lifi alımının glikoz metabolizmasına etkisi üzerine yapılan çalışmalarda insülin faaliyetini arttırıcı etkinin ancak çok yüksek diyet lifi alımında (günde 40 g'dan fazla) mümkün olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu kadar çok diyet lifi alımının pratikte mümkün olmaması nedeniyle çalışmalar daha çok çözüdür lif karbonhidrat alımının düzenlenmesine dayanmaktadır (Cameron-Smith ve Collier, 2002).

Çözüdür 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 çözüdür lifler üzerine etki ettiğinde, asetik, propiyonik ve butirik asit oluşturmaktadır. Propiyonik asit karaciğer tarafından endojen kolesterol sentezini

önleyici etkiye sahiptir. Kilo vermede de etkisi daha fazla tokluk hissi vererek mide boşalmasını geciktirmesi şeklindedir. Diyabetiklerde glikoz absorpsiyonunu geciktirerek glisemik kontrolün gelişiminde etkilidir (Nelson, 2001a).

2.3.1.3. Diyet lifi analizi ve karakterizasyonu

Diyet lifinin tanım karmaşası analitik yöntemler ile ilişkili olup, halen birçok tartışmaya konu olmaktadır. Analiz yöntemlerindeki gelişmeler hızla devam etmektedir (Asp, 2004). Diyet lifi için analiz yöntemleri üç kategori altında incelenebilmektedir, bunlar: (1) enzimatik olmayan-gravimetrik yöntemler, (2) enzimatik-gravimetrik yöntemler ve (3) enzimatik-kimyasal yöntemlerdir (Nelson, 2001a).

Enzimatik olmayan-gravimetrik yöntemler ham lif (CF yöntemi- AACC 32-10/AOAC 920.86), asit deterjan yöntemi (ADF yöntemi- AOAC veya AACC yöntemi olarak kabul görmemiştir) ve nötral deterjan yöntemidir (NDF yöntemi - AOAC veya AACC yöntemi olarak kabul görmemiştir). Toplam diyet lifi tanımındaki tüm bileşenler analizlenemediği için CF, ADF ve NDF yöntemleri yaygın olarak kullanılmamış ve kabul görmemişlerdir (Nelson, 2001a).

Enzimatik gravimetrik yöntem (AACC 32-05 / AOAC 985.29) en yaygın olarak kullanılan ve kabul görmüş yöntemdir. Prensibi, örneğin yağının alınmasından sonra (%10'dan çok ise), sindirilebilir kısımların enzimler ile uzaklaştırılması sonrasında parçalanmayan kısımların alkolle çöktürülmesi ve kalıntı diyet lifinin kurutulup tartılarak, protein ve kül içeriğine göre sonucun hesaplanması esasına dayanmaktadır (Nelson, 2001a; Asp, 2004). Yöntemin kesinliği ve doğruluğu kullanılan enzim sistemlerinin saflığı ve enzimle muamele işlemlerinin uygunluğu ile yakından ilişkilidir. Ancak bu yöntemle, dirençli nişasta, inülin gibi sindirilemeyen oligosakkaritler, fruktooligosakkaritler ve polidekstroz benzeri polisakkaritler gibi analizlenemeyen diyet lifi bileşenleri olduğundan, bu yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur (Nelson, 2001a).

AACC 32-05 / AOAC 985.29 yöntemi bu nedenle modifiye edilmiş ve çözünür ve çözünür olmayan fraksiyonların da tespit edilmesine olanak tanımıştır. Modifiye yöntem de (AACC 32-07 / AOAC 991.43) benzer şekilde enzimatik gravimetrik bir yöntemdir. Çözünür olmayan diyet lifi süzülüp yıkanır ve tartılır. Çözünür diyet lifi ise süzüntü çözeltisi ve yıkama sularının %78'lik etanol ile çöktürülmesi, süzülmesi

ve yıkanmasının ardından tartılarak ölçülür. Kalıntıların protein ve kül miktarları saptanarak sonuçlarda düzeltme yapılır. Toplam diyet lifi miktarı da saptanan bu değerlerin toplanması ile elde edilir (Nelson, 2001a).

Enzimatik-kimyasal yöntemler de enzimatik-gravimetrik yöntemlere benzerdir, ancak lif moleküllerinin üronik asitler, lignin ve monosakkaritler gibi bileşenlerini tanımlamak için daha fazla parçalanmasını gerektirir (Nelson, 2001a). Enzimatik, kimyasal veya bileşen analizleri yöntemlerinde diyet lifi monomerleri kolorimetrik, GLC veya HPLC teknikleri ile belirlenebilmektedir. Gravimetrik ve bileşen analiz yöntemlerinde, nişasta amilazlar ile hidrolize edilmekte ve %78-80'lik sulu etanol ile çöktürme yapılarak, düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar ile birlikte uzaklaştırılmaktadır. Böylece, oligosakkaritler ve sulu etanolde çözünür olan bazı yüksek çözünürlükteki polisakkaritler diyet lifi olarak tayin edilmemektedir. Bu nedenle bu bileşenlerin tayini için alkolde çözünen kısmın ayrıca analizi gereklidir (Asp, 2004).

Dirençli nişasta varlığı da diyet lifi analiz yöntemlerinde farklı sonuçlar elde edilmesine yol açmaktadır. Enzimatik gravimetrik AOAC yöntemleri ve Uppsala yöntemi ısıya dayanıklı amilaz ve amiloglikozidaz enzimlerinden yararlandığı için Tip-3 dirençli nişastayı (çirişlenmiş amiloz) diyet lifi olarak ölçmektedirler. Englyst yöntemi ise nişastanın ilk olarak çözündürülmesinde DMSO'yu (dimetil-sulfoksit) kullanmakta ve böylece hemen hemen tüm nişastayı amilaz ile muamele ederek uzaklaştırmaktadır (Asp, 2004).

Diyet liflerinin çeşide bağlı olarak farklı teknolojik özelliklere sahip olmaları nedeniyle farklı fizyolojik etkiler sağlamaktadırlar. Bu teknolojik özellikler çözünürlük, su bağlama/tutma, yağ bağlama/tutma, viskozite, jel oluşturma, emülsiyon oluşturma ve mineral bağlama gibi özelliklerdir. Ayrıca gıdalara uygulanan süreçler ve son ürün kalitesi de bu özellikler üzerine etkilidir. Yüksek lif içerikli bileşenlerle ürün geliştirilmesinde bu özelliklerin karakterizasyonu bu nedenlerden dolayı büyük önem taşımaktadır (Nelson, 2001a).

Suyun, lif içeriği yüksek bileşenlerle etkileşimi, su alma, su tutma, su bağlama, absorpsiyon ve adsorpsiyon gibi çeşitli terimlerle ifade edilmektedir. En önemli iki özellik; su tutma ve su bağlama kapasiteleridir. Su tutma kapasitesi; herhangi bir basınç veya stres olmaksızın sistemin yapısında tuttuğu su miktarı olarak ifade edilir.

Su bağlama kapasitesi ise; santrifüjleme gibi bir strese maruz kalan sistemin tuttuğu su miktarıdır. Gıda süreçlerinde genellikle ürün fiziksel bir strese maruz kaldığından (yoğurma, ekstrüzyon, homojenizasyon gibi) su bağlama kapasitesi önem kazanmaktadır. Su bağlama kapasitesine etki eden çok sayıda faktör vardır; bunlar lifin yapısı, kaynağı, ölçüm yöntemi, mikro yapı (lif uzunluğu, tanecik boyutu, gözenek yapısı) ve gıdanın içerdiği koşullardır (pH, iyonik kuvvet, şeker, nişasta vb gibi diğer bileşenlerin varlığı). Su bağlama kapasitesinin ölçülmesinde sonuçların karşılaştırılabilir olması açısından standardizasyon büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda santrifüjlemeye dayanan standart bir yöntem geliştirilmiştir. Genellikle yöntemler; örneğe belirli bir miktar su ilavesinin ardından tutulan veya hapsedilen suyun, serbest sudan ayrılması sonrasında ölçülmesine dayanmaktadır. Sistemdeki suyun uzaklaştırılması süzme, santrifüjleme veya diyaliz ile olmaktadır. AACC 56-30 sayılı yöntem resmileştirilmiştir (Nelson, 2001b).

2.3.1.4. Diyet lifinin ekmek özelliklerine etkisi

Lif içeriği yüksek bileşenler, ekmeğe çok sayıda nedenle ilave edilmektedir. Öncelikle, ekmeğin diyet lifi içeriğinin artırılması, ikinci olarak ise ekmeğin enerji değerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. İnülin, psillum, elma lifi, şeker pancarı lifi tazelik algısını arttırmaları nedeniyle ilave edilmektedir. Ekmekte çoğunlukla tam hububat tanesi, tam hububat unu, hububat lifleri (buğday, yulaf, pirinç), hububat kepekleri ve selüloz kullanımı yaygındır. Bu kaynaklar çoğunlukla çözünür olmayan liflerdir (Nelson, 2001a).

Çözünür olmayan lifler ABD’de etiketleme beyanlarında 0 kcal/g, çözünür lifler ise 4 kcal/g enerji değerine sahiptirler. Bu nedenle özellikle kalorisi düşürülmek istenen formülasyonlarda çözünür olmayan lifler tercih edilmektedir. Lif ilaveleri çoğunlukla unu belirli bir yüzdede ikame edecek şekilde yapılmaktadır. Yüzde 20’nin üzerindeki düzeylerde diyet lifi ilavesi ekmek kalitesini olumsuz etkilemektedir. İdeal lif ilave düzeyi çeşide bağlı olarak %1-10 oranlarında tavsiye edilmektedir (Nelson, 2001a).

Unlu mamullere lif ilavesinin hamur reolojik özelliklerine etkisi oldukça önemlidir. Lif içeriği yüksek ekmeklerde üretim tekniklerinde değişiklikler gerekli olmaktadır (Katina, 2003). Lif ilavesinin hamurda su alma özelliklerini artırması nedeniyle, formülasyonlara lif ilavesi yapıldığında gluteni ve lifi hidrate etmeye yetecek düzeyde fazla su eklenmesi gereklidir (Gelroth ve Ranhotra, 2002). Yetersiz su

miktarı durumunda ekmek içi ufalanma eğiliminde ve kuru olabilmektedir. Glutenin oluşması, bileşenlerin tam hidrasyonu ve hamurun karıştırılması için daha fazla süreye ihtiyaç vardır. Karıştırma sırasında lifin gluten oluşumunu bir miktar engellemesi nedeniyle kuvvetli glutene sahip unlar tercih edilmeli, ancak vital buğday gluteni ilavesi veya hamur güçlendiricilerinin ve/veya oksidasyon ajanlarının (askorbik asit) ilavesi de yeterli olmaktadır (Nelson, 2001a).

Lif ilavesi, aşırı yoğurmaya toleransı ve uzayabilirliği azaltmakta ve lifin çeşidine bağlı olarak uzamaya direnci azaltabilmekte veya arttırabilmektedir. Ayrıca, viskozite ve yapışkanlık gibi özellikler de etkilenmektedir (Gelroth ve Ranhotra, 2002). Ekmeğe diyet lifi ilavesi ile meydana gelen başlıca değişimler; hamur veriminde artış, daha nemli ve kısa hamur, düşük fermentasyon toleransı, düşük hacim, sıkı ve elastik olmayan ekmek içi, ekmek çeşidi ve lif çeşidine bağlı olarak aroma değişimleri şeklindedir. Lif kaynağına bağlı olarak yüksek lif içeren hamurlar yapışkan ve yumuşak veya bağıl olarak sıkı olurlar. Lif eklenmesi ekmek hacminin düşmesine, ekmek içinin elastisitesinin azalmasına neden olur (Katina, 2003). Yüzde 15 düzeyindeki buğday kepeği ilavesinin ekmek hacmini %20 oranında azalttığı rapor edilmiştir (Krishnan ve diğ., 1987).

Kullanılan lifin tanecik boyutu ve uzunluğu da ekmek içi yapısının ve dokusunun geliştirilmesinde önem taşımaktadır. Liflerin tanecik boyutu dağılımı bu anlamda önemli olup, ince tanecikli lifler sık gözenekli ekmek içi dokusuna neden olurlar (Katina, 2003). Çözünür lifçe zengin liflerin (örneğin; elma, şeker pancarı, erik, hurma veya psillum vb.) nemi tutmaya yardımcı olarak ekmek içinin yumuşaklığını arttırdığı saptanmıştır. Düşük düzeylerde arabinogalaktan veya inülin ilavesi (%0,5), beyaz tava ekmeğinin iç gözenek yapısına iyileştirici (tekdüze ve ince gözenekli) etki yapmıştır (Nelson, 2001a). Unlu mamullere diyet lifi ilavesi, ekmek içinin yumuşaklığını suyu bağlayarak ve pişme sırasında tutarak arttırmakta, böylece bayatlamayı ve sertleşmeyi en aza indirmektedir (Nelson, 2001a; Gomez ve diğ., 2003).

Ekmek hacmi çözünür olmayan lif ilavesinden olumsuz olarak etkilenirken, düşük düzeylerde (%2) çözünür lif ilavesi ekmek hacmini arttırıcı etki yapmaktadır (Czuchajowska ve diğ., 1992; Nelson, 2001a). Çözünür olmayan lifin bu olumsuz etkisinin nedeni, lifin unun bir kısmı yerine kullanılması sonucu glutenin seyrelmesine bağlansa da, tüm etkinin bundan kaynaklanmadığı ve hamurun gaz

tutma yeteneğinin yüksek lif içerikli bileşenler tarafından engellendiği düşünülmektedir. İlave edilen diyet lifinin tipi ekmek hacmini farklı etkilemektedir. Çözünür olmayan lifler, lif ve gluten arasındaki etkileşime bağlı olarak hamurun gaz tutma yeteneğini düşürmek suretiyle ekmek hacmini azaltırlar (Nelson, 2001a; Gomez ve diğ., 2003; Katina 2003).

2.3.2. Fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite

Fenolik bileşikler bitkilerde yaygın olarak bulunurlar. Bitkilerde normal gelişim ve herhangi bir yaralanma veya enfeksiyona karşı savunma açısından önemlidirler (Naczk ve Shahidi, 2004). 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 (Karakaya ve diğ, 2001). Bitki fenolikleri; basit fenoller, fenolik asitler, kumarinler, flavonoidler, stilbenler, hidrolize edilebilir ve yoğunlaştırılmış tanninler ve ligninlerden oluşurlar (Naczk ve Shahidi, 2004).

Soya fasulyesinde 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 soya fasulyesinde 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 (Lee ve diğ., 2006; Friedman ve diğ., 2006).

Fenolik asitler soya fasulyesinin renk, lezzet ve aroma özelliklerinden sorumlu olmakla birlikte çok düşük düzeylerde bulunurlar. Soya fasulyesinde 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 asittir (0,5) (Garcia ve diğ, 1997).

Soya fasulyesi ve ürünlerinde izoflavonlar haricindeki diğer polifenoller üzerine yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Soya bitkisinin çeşitli kısımlarında yapılan incelemede, yaprakta, dış kabukta ve gövdede flavonoller sınıfından kaempferol ve

kuersetin ve kumarinlerden kumesterol türevleri tespit edilmiştir. Soya fasulyesinde ise izoflavonlar haricinde fenolik asitlerden kafeik asit türevleri belirlenmiştir (Romani ve diğ., 2003).

Antioksidan aktivite, gıdaların içerdiği fenolik ve benzeri maddelerden kaynaklandığından toplam fenolik madde analizi antioksidan potansiyeli hakkında bilgi vermektedir. Toplam fenolik madde miktarı yaygın olarak Folin-Ciocalteu yöntemi ile saptanmaktadır. Ancak yöntem, ortamda bulunan proteinleri de ekstrakte ettiği için gıdaların yapısında bulunan bütün fenolik grupları ortaya çıkarır. Bu nedenle özgünlüğü zayıf bir yöntemdir. Yöntemin diğ er bir olumsuzluğu, askorbik asit gibi indirgeyici maddelerin varlığının sonucu etkilemesidir (Shahidi ve Naczk, 2003; Naczk ve Shahidi, 2004; Huang ve diğ., 2005). Bu olumsuzluklara karşın halen bitkisel ürünlerin toplam fenolik madde miktarlarının analizinde genellikle tercih edilen yöntemdir (Kahkönen ve diğ., 1999; Karakaya ve diğ., 2001; Mathew ve Abraham, 2004). Fenolik maddelerin profilinin çıkartılması ve miktar tayinlerinin yapılabilmesi HPLC yöntemleri ile mümkün olmaktadır. Ters faz C18 kolonlarda UV-VIS (mor ötesi-görünür bölge) veya PDA (fotodiyot dizisi) dedektör ile analizlenebilmektedir (Naczk ve Shahidi, 2004).

Antioksidasyon; yaşlanma, kanser, kalp hastalıkları, katarakt, unutkanlık/bunama gibi temel dejeneratif hastalıkların başlangıçlarını geciktirme veya önleme gibi en önemli mekanizmalardan biridir. Antioksidanlar etkilerini kronik hastalıklara neden olan oksidatif süreçleri ve serbest radikalleri bloke etmek suretiyle gösterirler. Fenolik maddelerden, özellikle kateşinler, flavonoller, antosiyaninler ve tanninlerin bu fonksiyonlara sahip olduğu bilinmektedir (Girard ve Mazza, 1998).

Antioksidan radikal yakalama aktivitesi, gıdalarda ve biyolojik sistemlerde serbest radikallerin kötü etkileri olması nedeniyle en önemli özelliklerden biridir. Çok sayıda serbest radikal oluşumu gıdalarda yağların oksidasyonunu hızlandırmakta ve gıda kalitesini düşürmektedir. Serbest radikallerin aynı zamanda yaşlanma ve yaşla ilişkili hastalıklara neden olduğu da bilinmektedir (Lee ve diğ., 2004).

Antioksidan aktivitesini hesaplama yöntemleri iki temel prensibe dayanır: Bunlar (1) Hidrojen Atom Transferini (HAT) temel alan analizler ve (2) Tek Elektron Transferini (SET) temel alan analizlerdir. Hidrojen Atom Transferi reaksiyon mekanizmasına dayalı başlıca yöntemler, Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi

(ORAC) ve Radikal Tutuklama Antioksidan Parametresi (TRAP)'dir. Tek Elektron Transferi reaksiyon mekanizmasına dayalı başlıca yöntemler ise: Troloks Eşitliği Antioksidan Kapasitesini (TEAC) ölçen ABTS yöntemi (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6sulfonik asit), Demir İyonlarını İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) ve DPPH (Difenil pikril hidrazil) yöntemleridir (Huang ve diğ., 2005; Prior ve diğ., 2005).

Antioksidan aktivitesinin tayininde en sık uygulanan yöntemlerden biri DPPH serbest radikal yakalama yöntemidir. Yöntemde DPPH, antioksidan molekülle etkileşimi sonucu hidrojen vererek indirgenmekte ve bunun sonucunda da absorbansın düşmesine neden olmaktadır. Absorbanstaki düşmenin fazlalığına bağlı olarak radikal yakalama aktivitesi de yüksek anlamındadır (Mathew ve Abraham, 2006).

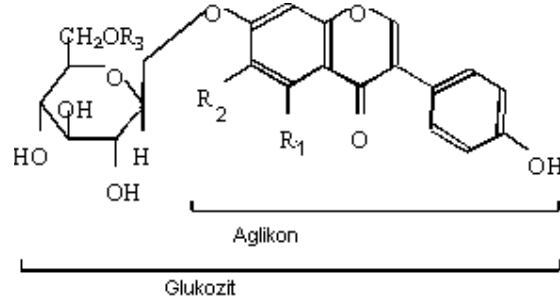
Antioksidan aktivitesi belirlenmesinde sıklıkla tercih edilen diğer bir yöntem ise ABTS yöntemiyle antioksidan aktivitesi yöntemidir. Yöntemin prensibi, ABTS'nin potasyum persülfatla reaksiyonu sonucu oluşan mavi/yeşil renkli ABTS^{•+}'nin Troloks eşitliğine dayanarak hesaplanmasını içerir. Yöntemin en önemli avantajı hem hidrofilik hem de lipofilik bileşiklere uygulanabilir oluşudur (Huang ve diğ., 2005).

Bitkisel ürünlerde antioksidan aktivitesi tayinlerinde DPPH ve ABTS en çok tercih edilen yöntemler arasındadır (Karakaya ve diğ., 2001; Toit ve diğ., 2001; Exarchou ve diğ., 2002; Parejeo ve diğ., 2002; Amarowicz ve diğ., 2004; Atoui ve diğ., 2005; Dawidowicz ve diğ., 2006 ; Hu ve Kitts, 2005; Ivanova ve diğ., 2005; Mathew ve Abraham, 2006).

2.3.3. 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 fasulyesi 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. Antioksidan özellikleri (radikal yakalama aktiviteleri) gıdalarda ve vücutta serbest radikallerin kötü etkilerini önleme şeklindedir. Soya esaslı ürünlerde izoflavonlar hem serbest halde (aglikon; daidzein, genistein ve glisitein) hem de asetil, malonil, veya α -glikozit konjüгатlar (genistin, daidzin, glisitin) halinde bulunurlar (Liu, 2004). Soya fasulyesindeki

izoflavon miktarları genetik farklılığın yanı sıra, mahsul yılına ve yetiştirme yerine göre değişiklik göstermektedir. İzoflavonların kimyasal yapıları Şekil 2.6.'da verilmiştir.



R ₁	R ₂	R ₃	Bileşik
H	H	-	Daidzein
OH	H	-	Genistein
H	OCH ₃	-	Glisitein
H	H	H	Daidzin
OH	H	H	Genistin
H	OCH ₃	H	Glisitin
H	H	COCH ₃	6''-O-Asetildaidzin
OH	H	COCH ₃	6''-O-Asetilgenistin
H	OCH ₃	COCH ₃	6''-O-Asetilglisitin
H	H	COCH ₂ COOH	6''-O-Malonildaidzin
OH	H	COCH ₂ COOH	6''-O-Malonilgenistin
H	OCH ₃	COCH ₂ COOH	6''-O-Malonilglisitin

Şekil 2.6: 12 adet soya izoflavonunun yapısı.

2.3.3.1. 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 hemfikirdirler, ancak bu konuda daha çok çalışma sonucuna ihtiyaç vardır (Liu, 1999; Descheemaeker ve Debruyne, 2001; Liu, 2004).

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 (Kardinaal, 2001).

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 β -glukozidaz aktivitesi ve kalın bağırsaktaki mikroflora, glikozit formları aglikon türevlerine çevirmektedirler. Daha fazla biyoyararlılık için β -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 (Walsh ve diğ., 2003).

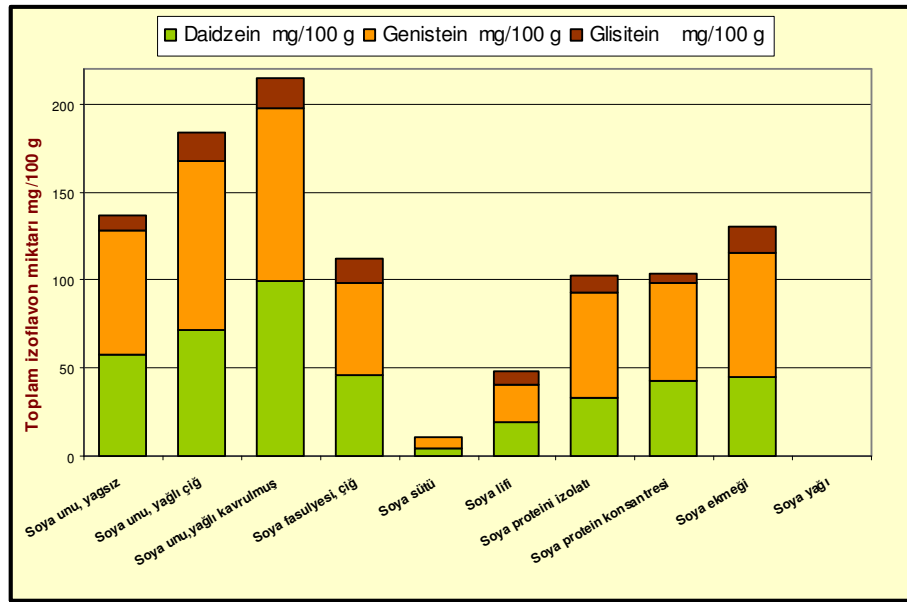
2.3.3.2. İzoflavonlara işlem etkileri

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 (Zhang ve diğ., 2004). Pişirme sırasında izoflavonlardaki kayıplar pişirme suyuna geçmeleri ile ilişkilidir. Ekmek yapımı sırasında izoflavonlar dayanıklı olup, parçalanmamaktadırlar. Ancak izoflavonların dağılımı büyük miktarlarda değişmektedir. Fermentasyon aşaması, β -glikozitleri aglikonlara dönüştürmektedir. Pişirme sırasında ise malonil glikozitler azalma gösterirken, β -glikozitler artış göstermektedirler (Zhang ve diğ., 2004).

İzoflavonlar diğer bazı gıda işlemlerinde kayba uğramaktadırlar. Örneğin, tofu üretiminde, koagülasyon sırasında (%44), tempe üretiminde daldırma (%12) ve ısıtma (%49) aşamalarında, SPI'nın elde edilmesinde alkali ekstraksiyon işlemi (%53) kayıplar söz konusudur. Fermentasyon, yağı uzaklaştırma, kabuk soyma gibi işlemlerde de önemli kayıplar olabilmektedir. Ekstrüzyon pişirme bir miktar kayba (%24) neden olmakta ve izomerlere dönüşüm de gerçekleşmektedir. Depolama

sırasında da değişimler olmakta, genistin zamana karşı tipik birinci derece kinetik davranışı göstermektedir (Liu, 1999).

Çeşitli soya ürünlerinin izoflavon içerikleri Şekil 2.7.'de görülmektedir (USDA, 2003). Soya esaslı bileşenler arasında yağsız SU, en yüksek izoflavon miktarına sahiptir. Yağlı SU'daki izoflavon miktarı yağın dilüsyon etkisinden ötürü daha azdır. Soya yağında izoflavon tespit edilememiştir. İzoflavonlar soya fasulyesindeki protein ile birlikte bulunma eğilimindedir. Sulu süreçlerde izoflavon kayıpları söz konusudur. Soya protein konsantreleri, yağsız SU'dan 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. Soya sütündeki katı madde yüzdesi izoflavon içeriğini doğrudan etkilemektedir (Hendrich ve Murphy, 2001).



Şekil 2.7: Soya esaslı ürünlerde izoflavon miktarları (USDA, 2003).

2.3.4. Soya proteini

Soya proteini, hayvansal proteine eşdeğer özelliğe sahip tek bitkisel proteindir. Soya esaslı ürünler elzem amino asitlerin hepsini içerirler. 1999 yılında 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 (Endres, 2001).

2.3.4.1. 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. En yaygın olarak tüketilen soya esaslı bileşenler; soya unu, soya sütü, soya protein izolatı ve soya proteini konsantresidir. Soya proteini ürünlerine olan eğilimin başlıca nedeni ekonomik olmasının ve yaygın olarak bulunuşunun 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 (Endres, 2001; Khatib ve diğ., 2002).

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 β -konglisinin (7S) ve glisinin (11S)'dir (Khatib ve diğ., 2002). Soya proteinlerinin %80'inin molekül ağırlığı 100.000 Da'dan fazladır. Soya proteinlerinde protein-protein etkileşimleri ve 7S ve 11S proteinlerinde disülfid bağları oluşumu, çözünürlüğü azaltmakta, bulanıklığa yol açmakta ve viskozitede artışa neden olmaktadır (Barraquio ve van de Voort, 1988).

11S globulin (glisinin) 12 alt üniteden oluşmakta olup, 6 ünite asidik diğer 6'sı ise bazik niteliktedir. Molekül ağırlığı 302.000 ve 375.000 Da aralığındadır. Bu alt birimler birbirlerine özgün kombinasyonlarla disülfid köprüleri ile bağlanırlar. En temel 7S proteini olan β -konglisinin glikoprotein olup, karbonhidratın bir ünitesi N terminalindeki aspartik aside tutunmaktadır. Karbonhidrat kısmı bir protein molekülü için 38 mannoz ve 12 glikoz aminden oluşmaktadır. Molekül ağırlığı 150.000-175.000 Da aralığındadır. 7S fraksiyonunda globulin dışındaki diğer bileşenler hemaglutinin, lipoksigenaz ve β -amilazdır. β -konglisinin 3 alt üniteden oluşmaktadır: α , α' , ve β . Bu alt ünitelerin etkileşimi ile değişen özelliklerde 6 izomerik form (B₁-B₆) oluşmaktadır. Soya proteinleri genel olarak karışık moleküler yapıya sahiptir ve denatürasyona hassastır. Isıya karşı dayanıklı, ancak asidik pH'da dayanıksızdırlar (Barraquio ve van de Voort, 1988).

Bu proteinlerin termal denatürasyon ve özelliklerindeki değişimler birçok araştırmaya konu olmuştur. Etkin bir seçici termal denatürasyon ile birçok soya içeren ürünün (tofu, soya sütü vb.) viskozite, fiziksel ve teknolojik özellikleri değiştirilebilmektedir (Liu ve diğ., 2004).

Soya sütünde ısı işlemin soya proteinleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışma sonuçlarına göre 7S proteinlerinin 60°C'de azalma gösterdiği 70°C'de ise yok olduğu, öte yandan 11 S proteinlerinin 80°C'de bile değişiklik göstermediği, 90°C'de azaldığı ve 100°C'de yok olduğu belirtilmiştir. Asitle çöktürülen protein çözeltilerinde ise tam tersi olarak 11S proteinlerinin daha az dayanıklı olduğu, 80°C'de tamamen değiştiği, ancak 7S proteinlerinin 100°C'ye kadar olan sıcaklıklarda değişim göstermediği belirlenmiştir (Liu, 1999).

2.3.4.2. 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 (Endres, 2001).

Proteinin besleyici kalitesi genellikle elzem amino asit kompozisyonu, sindirilebilirlik ve proteini tüketen toplumlardaki amino asit ihtiyaçları gibi faktörler tarafından belirlenir. Bunlara ek olarak gıda sistemi ve diğer bileşenlerin protein kalitesi de göz önüne alınmaktadır. Soya proteinleri insan beslenmesinin büyüme, yaşamını devam ettirme ve fiziksel stres için ihtiyaç duyduğu tüm elzem amino asitlerini sağlamaktadır. Tek bir protein kaynağı olarak kullanıldığında metionin amino asiti açısından sınırlayıcı olmaktadır. Ancak normal bir beslenmede birçok kaynaktan (hububat, baklagil ve et proteinleri ile) bu amino asit alınabildiğinden sorun olmamaktadır. Soya proteininin insan ihtiyacının üzerindeki miktarlarda lizin amino asiti içermesi buğday ve mısır gibi tanelerdeki lizin eksikliğini düzeltici bir yol olarak görülmektedir. Sindirilebilirliği açısından da diğer zengin protein kaynakları (et, süt, balık, yumurta) ile karşılaştırılabilir özelliktedir (Endres, 2001).

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 artırma

gibi üstünlüklere sahiplerdir. Soya protein ürünleri, sağlığa olumlu etkileri olan izoflavonlar, saponinler ve fitik asit gibi diğer bileşenleri de içermektedirler (Endres, 2001).

2.3.4.3. 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 (Endres, 2001). 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 (Boyacıoğlu, 2006). Teknolojik özellikler proteinlerin kompozisyon ve konformasyonundan etkilendiğinden, fizikokimyasal özelliklerin de sistematik değerlendirmesi önemlidir (Rhee, 1994).

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. Kullanılan başlıca soya esaslı bileşenler; soya unları, soya kırmaması, soya protein konsantreleri, soya protein izolatları, tekstürize soya proteini, soya kepeği ve soya özüdür (Boyacıoğlu, 2006).

Ekmeklerde soya ununun formülasyonda değişiklik yapmaksızın yalnızca daha fazla su ilavesi ile %3-5 düzeylerinde buğday ununu ikame edecek şekilde kullanımı yaygındır. Ekonomik nedenlerden dolayı süt ve süt tozu ikamesi olarak soya unu ekmekte kullanılabilir. Enzim aktif soya unları ise buğday ununu beyazlatmak ve aroma kazandırmak amacıyla ekmeğe katılmaktadır. Soya unu ilavesi ile su absorpsiyonu artmakta, hamurun işlenme özellikleri iyileşmekte, ekmekte daha sıkı, gevrek yapı ve esnekliğin oluşması, kabuk renginin gelişmesi ve tazeliğin daha uzun korunması gibi üstünlükler sağlanmaktadır (Barraquio ve van de Voort, 1988).

En az ısı işlem görmüş olan soya unları (PDI 80) unu ağartmak, yoğurma toleransını arttırmak ve ekmeğe aroma kazandırmak üzere %0,5 düzeylerinde ilave edilmektedir. Protein dağılılırılık indeksi 60 olan soya unları ise daha hafif aromaya sahip olup, %1-2 düzeylerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekmek yapımında soya unu yağsız süt tozunun da sağlamakta olduğu su absorpsiyonu ve hamur işleme

özelliklerini geliştirici, gevrekleştirici ve esnek bir yapı oluşturucu etkiler sağlamaktadır. Soya proteininin pişirme sırasında serbest suyu tutmasından ötürü ekmeğin tazeliğini geliştirici etkisi de mevcuttur. Ayrıca, soya proteinleri ekmeğin kabuğu rengini geliştirici etkilere de sahiptir. Her bir %1'lik SPI ilavesi ile ekmeğin %4-5 daha fazla nem tutabilmektedir. Ekmeğe soya lipoksigenazı ilavesi de yaygın bir uygulama olup, gluteni kuvvetlendirme, yoğurma toleransını artırma ve bayatlama hızını ve ekmeğin rengini etkileme şeklinde faydalar sağlamaktadır. Soya unu ilave edildiğinde ekmeğin formülasyonunda her bir kilogram soya unu için ekstra 1,0-1,5 kg su ilave edilmesi gerekli olmaktadır. Soya unu ilavesinin ekmeğin yapımında sünger (sponge) aşamasında ilavesi fermentasyonu olumsuz etkilemekte, gluten yapısını zayıflatmakta, gaz oluşturma gücünü azaltmakta ve sonuç olarak yapışkan, işlenmesi zor hamur oluşumuna ve düzgün olmayan kaba ekmeğin içi dokusuna neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle soya ununun hamur oluşturma aşamasında ilavesi “Sünger Hamur” (Sponge and Dough) yöntemi ile ekmeğin yapımında tercih edilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıkan soya protein konsantreleri ve soya protein izolatlarının %5 düzeylerinde ilavesi ile “Doğrudan Hamur” (Straight Dough) yöntemi kullanılarak iyi kalitede ekmeğin üretilmektedir. Besleyici ve çekici özellikte ekmeğin %30-40 soya unu ilavesi ile kolay ve ekonomik şekilde üretilmektedir (Boyacıoğlu, 2006).

Glutensiz ekmeğin üretiminde de SPI'lar oldukça önemli işlemlere sahiptir. Yapılan çalışmalarla buğday nişastası ve %40 SPI ile iyi kalitede glutensiz ekmeğin üretilmiştir (Boyacıoğlu, 2006).

2.3.4.4. Soya proteini karakterizasyonu

Proteinler emülsifiye etme, suyu veya yağı bağlama, köpük veya jel oluşturma, aromayı, dokuyu ve görünüşü değiştirme gibi özellikleri sağlamak amacıyla katılan fonksiyonel bileşenlerdir. Gıda proteininin teknolojik fonksiyonelliği “gıda sistemlerinde işleme, depolama, hazırlama ve tüketme sırasında proteinlerin davranışını etkileyen fiziksel ve kimyasal özellikler” olarak tanımlanmaktadır. Proteinlerin fonksiyonelliği (1) su-protein etkileşimleri (çözünübilirlik), (2) protein-protein etkileşimleri (jelleşme) ve (3) protein-hava etkileşimleri (köpük oluşturma) olarak üç sınıfa ayrılabilir (Rao ve diğ., 2002). Bu etkileşimler proteinlerin

amino asit kompozisyonu ile yakından ilişkili olan hidrofilik ve hidrofobik karakteristikleri ile iç içedir (Khatib ve diğ., 2002).

Proteinlerin fonksiyonelliği ayrıca konformasyon ile de ilişkilidir. Kompozisyon farklılıkları protein fraksiyonlarının oranlarına, fraksiyonlar içerisinde alt birim konsantrasyonlarındaki değişimlere veya amino asit profilindeki farklılıklara bağlıdır (Riblett ve diğ., 2001).

Proteinlerin fizikokimyasal özellikleri için fraksiyonların belirlenmesi sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile (Henn ve Netto, 1998; Mizuno ve diğ., 2000; Riblett ve diğ., 2001; Gorinstein ve diğ., 2001; Rao ve diğ., 2002; Basman ve diğ., 2002; Zhang ve diğ., 2005) ve termal karakteristikleri (denatürasyon, jelleşme, camsı geçiş sıcaklığı gibi) taramalı diferansiyel kalorimetre (DSC) ile analizlenmektedir (Ma ve Harwalkar, 1988; Mizuno ve diğ., 2000; Liu ve Xiong, 2000; Riblett ve diğ., 2001; Gorinstein ve diğ., 2001; Lee ve diğ., 2003b; Liu ve diğ., 2004; Zhang ve diğ., 2005). Soya proteinlerinin glisinin ve β -konglisinin fraksiyonları için denatürasyon sıcaklıkları sırasıyla 85-95°C ve 65-75°C aralığındadır (Liu ve diğ., 2004).

Teknolojik özellikler için ise protein çözünürlüğü, emülsifiye etme yeteneği, emülsifikasyon kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, su tutma kapasitesi ve köpük dayanıklılığı gibi özelliklerin analizlenmesi gereklidir (Ma ve diğ., 1997).

2.4. Lipoksigenaz

İşlenmemiş soya fasulyesinin sade bir lezzeti ve hafif bir aroması vardır. Genellikle kötü aroma oluşumu soya işleme sırasındaki enzimatik lipid oksidasyonu ve otooksidasyon sonucu oluşmaktadır. Bu nedenle de soya ürünlerinin bileşen olarak kullanımı sınırlı olmaktadır. Lipid oksidasyonunda etkili olan enzimler lipoksigenazlardır. Soya fasulyesi lipoksigenazlar ve doymamış yağ asitleri açısından zengindir. Fasulye henüz bütün halde iken lipoksigenaz ve doymamış yağ asitleri hücre membranı ile ayrılmış olduğundan etkileşmemektedirler. Ancak hasat sonrası ve tane kırma işlemleri sonrasında enzim ve substrat etkileşimi söz konusudur. Kuru kırma veya yağ öğütme sırasında mekanik hasar, su varlığı veya ısı etkisi ile lipoksigenaz aktivitesi hızlanmaktadır (Li, 2006).

Soya fasulyesinde L-1, L-2 ve L-3 olmak üzere 3 tip lipoksigenaz enzimi teşhis edilmiştir. Bağlı ve serbest linoleik ve linolenik asitler bu enzimlerin temel substratlarıdır. Aktif oldukları optimum pH ve sıcaklık koşulları değişkenlik göstermektedir. L-1 ve L-3 için optimum sıcaklık 50°C civarı iken, L-2 için 20-40°C'dir. Bu sıcaklıkların üzerinde aktivite hızla azalmaktadır. Soya fasulyeleri genellikle nötral pH ve oda sıcaklığında işlem gördüklerinden kötü aroma oluşumunda daha çok L-2 ve L-3 enzimleri etkili olmaktadır (Li, 2006).

Tüm izoenzimlerin molekül ağırlığı 100.000 civarında olup her moleküle sıkıca bağlı hem grubu olmayan demir atomu bağlıdır. L-1 diğer izoenzimlerden ısıya dayanıklı olması, pH 9'da optimum aktivite göstermesi ve anyonik substratları (linoleik ve linolenik asit) tercih etmesi ile ayrılır. L-2 ve L-3 izoenzimleri ise ısıya daha az dayanıklı, ester haldeki substratları tercih eden ve optimum pH'sı nötralliğe yakın olan izoenzimlerdir. Substratlarda bölge spesifikliği de önem taşımakta, L-1 izoenzimi hidroperoksidasyon için 13. karbonu tercih ederken L-2 ve L-3 izoenzimleri hem 9. hem de 13. karbonu tercih etmektedirler. L-3 ve L-1 tipleri en yaygın olarak bulunan izoenzimler olup, L-2 en az bulunmakla beraber en yüksek spesifik aktiviteye sahip olan izoenzimdir (Liu, 1999).

Soya sütü ve soya ürünlerinin karakteristik fasulyemsi tadının nedeni çoklu doymamış yağ asitlerinin veya esterlerinin lipoksigenaz enzimi ile katalizlenen peroksidasyonu sonucudur. Oluşan uçucu bileşikler ketonlar, aldehytler, alkoller olup istenmeyen aromaya neden olurlar. Lipoksigenaz enziminin aktif olması için gerekli iki koşul: enzim ve substratın ortamda mevcut olması ve su varlığında etkileşimidir. Zarar görmemiş taneler suya batırıldıklarında 8-12 saat herhangi bir fasulyemsi aroma oluşumu söz konusu değildir. Ancak öğütme aşamasında doku zedelendiğinde lipoksigenaz ve lipid substratın ortaya çıkması ile aktivite başlar (Liu, 1999).

Soya unu L-1 ve L-2 içermekte olup ağartma etkisinin L-2'den kaynaklandığı rapor edilmiştir. Lipoksigenaz undaki klorofil ve karotenoidi okside ederek renksiz hale getirir. Aynı zamanda yağ asitlerini de okside etmesi nedeniyle acılaşıma riskini de arttırmaktadır (Boyacıoğlu, 2006).

2.5. Soya Ekmeği

Protein, yağ ve karbonhidrat bakımından çok zengin olan soya fasulyesi beslenme açısından son derece faydalı olmasının yanı sıra, gıda sektöründe ve özellikle fırıncılıkta ekonomik anlamda büyük kazanç sağlamaktadır. Soya proteininin buğday ununa eklenmesi özellikle sınırlı miktarda protein alan toplumlar için, besin değeri daha yüksek ürünler elde edilmesini sağlamaktadır (Stauffer, 2004). Buğday ununun lizin gibi bazı amino asitlerce zayıf olması nedeniyle soya unu ilave edilen ekmeklerde daha dengeli bir amino asit kaynağı yaratılması dikkat çekicidir (Shogren ve diğ., 2003).

Yalnızca buğday gluteninin sahip olduğu viskoelastik özelliklerden yoksun olan soya ununun ekmek formülasyonlarında kullanımı sınırlı düzeylerde kalmaktadır (Basman ve diğ., 2003). Soya ununun ekmeğe ilavesi ile görülen başlıca olumsuz etkiler: hacimde azalma ve fasulyemsi, acı lezzet oluşumu ve lipoksigenaz aktivitesi sonucu oluşan heksanal gibi uçucu bileşiklerin yarattığı istenilmeyen aromaların oluşumudur. Hamurun güçlendirilmesi amacıyla gluten, askorbik asit gibi oksidan maddelerin ve SSL (sodyum stearoil laktilat), lesitin gibi emülsifiye edicilerin ve ekstra suyun ilavesi sonucu ekmek özellikleri bir miktar iyileştirilebilmektedir. Soya ununun %10-15 düzeylerde ilavesi sonucu bu özellikler belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak çözgen ile ekstrakte edilmiş tekstürize soya unu kullanıldığında kontrol buğday ekmeğinden duyuşal özellikleri farksız ekmekler elde edilebilmiştir (Ryan ve diğ., 2002; Shogren ve diğ., 2003).

Fırında pişirilerek yapılan ürünlerde karıştırma aşamasında soya unu suyu absorplar ve fırınlama sürecinde nemi alıkoyarak ürünün raf ömrünü uzatır ve dolayısıyla bayatlamayı yavaşlatır. Bu özelliği fırıncılık sektörüne sağladığı en önemli kazanımlardan biridir (Stauffer, 2004).

Unlu mamullerde üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla üretimde bazı değişiklikler yapmak suretiyle soya esaslı bileşenler ilave edilebilmektedir. Soya unu ilavesi ile fiziksel ve duyuşal özellikler kötü şekilde etkilenmeksizin hammadde maliyetleri düşürülebilmektedir (Porter ve Skarra, 1999). İstenmeyen olumsuz etkileri yok etmek üzere askorbik asit ile soya unu ilavesi birlikte gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu, Cornell Üniversitesinde soya unu, süt tozu ve buğday özü ile üretilen ekmeğin yanı sıra, Ohio

Eyalet Üniversitesinde kabul edilebilirliği yüksek ve FDA sağlık beyanını karşılayacak özellikte bir soya ekmeği formülasyonu soya unu ve soya sütü tozu ilavesi ile geliştirilmiştir (Zhang ve diğ., 2003; Boyacıoğlu, 2006).

Soyanın sağlığa yararlı etkileri tüketicilere yaygın olarak tüketilen ve kabul edilebilir nitelikteki soya ürünleri ile ulaştırılabilir. Günümüzde soya ekmeği bu faydaların tüketicilere sunulmasında en uygun gıda ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada incelenecek olan soya ekmeği FDA tarafından 'kalp için sağlıklı' beyanına yeterli özelliklere sahip porsiyon başına 6,25 g soya proteini sağlayan ilk ekmektir (Vittadini ve Vodovotz, 2003).

Unlu mamullerde soya ürünlerinin kullanımı, kabul edilebilir özellikte olmayan duysal, dokusal ve kalite karakteristiklerine yol açması nedeniyle oldukça sınırlıdır (Stauffer, 2004). Soya ekmeği üzerine yapılan çalışmalardan, soya ilavesi ile soya esaslı bileşenlerin farklı su absorplama özelliklerinden ve/veya glutenin seyrelmesinden ötürü, ekmek hacminde önemli derecede azalma olduğu saptanmıştır (Vittadini ve Vodovotz, 2003; Shogren ve diğ., 2003). Fırıncılık ürünlerinde diyet lifi içeriğinin arttırılmasının su tutma kapasitesini ve raf ömrünü geliştirdiği, ancak ekmek kalitesine olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir (Nelson, 2001b).

Formülasyona ilave edilmek üzere herhangi bir soya esaslı bileşenin seçimi öncesinde gıda ürünüde istenilen karakteristikler dikkatle incelenmelidir. Soya esaslı bileşenin ilavesi ile formülasyonlarda ve süreç parametrelerinde optimizasyonların yapılması başarılı ürün eldesinde büyük önem taşımaktadır (Boyacıoğlu, 2006).

Günümüzde, tam buğday ekmekleri ve değişik çeşitlerdeki ekmeklere tüketim alışkanlığı kazanılması ile, kalite özellikleri geleneksel beyaz ekmeğe kıyasla daha zayıf olan soya ekmekleri de sağlığa olan yararlı etkileri nedeniyle dünyada tercih edilmeye başlanmıştır (Shogren ve diğ., 2003).

2.5.1. Ekmekte depolama /bayatlama

Depolama sırasında ekmeklerde meydana gelen değişimler amilopektinin kristallenmesi, nemin dağılımı, glutendeki ve amorf fazdaki değişimler gibi birçok faktöre dayanmaktadır (Kulp ve diğ., 1981; Baik ve Chinachoti, 2001; Hallberg ve Chinachoti, 2002). Nişastanın kristallenmesi ve diğer değişimler ekmeğin

bayatlaması ve sertleşmesi ile ilişkilendirilmektedir. Gluten harici proteinlerden (soya ve süt gibi) oluşan ekmeklerin yalnız gluten proteini içeren geleneksel ekmeklerle aynı oranda sertleşmesi, bayatlamada glutenin rolünü de tartışılır hale getirmektedir (Schiraldi ve diğ., 1996; Chinachoti ve Vodovotz, 2001; Gerrard ve diğ., 2001; Hallberg ve Chinachoti, 2002).

Unlu mamullerde kalite ve raf ömrü fizikokimyasal bir bozulma olan bayatlama ile sınırlıdır. Bayatlama; sertleşme ve ufalanma ile karakterize edilen dokusal değişime ve taze pişmiş ekmek aromasının kaybolmasına yol açmaktadır. Ayrıca eğer unlu mamuller yüksek su aktivitesine sahip ise küflenme sorunu da ortaya çıkmaktadır. Ekmeğin çok kısa süreli raf ömrüne sahip olmasında (3-7 gün) bayatlama temel sebep olmakta ve bu özelliği ile ekmek en kısa raf ömrüne sahip gıda haline gelmektedir (Chinachoti, 2003).

Bayatlamının önlenmesi veya geciktirilmesi hububat bilimi ve teknolojisi alanında en çok ilgi duyulan konu olmuştur. Ekmeğin çok yaygın olarak tüketilmesi nedeniyle bayatlama sorunu ekonomik açıdan büyük kayıplara neden olmaktadır. Tüketicilerin taze ekmekten beklediği özellikler nemli ve yumuşak ekmek içi ve çekici aromasıdır. Bayatlama ekmeğin fırından çıkması ile başlar ve istenilen özelliklerin bozulması ile sürer (Chinachoti, 2003).

2.5.2. Bayatlamaya etki eden faktörler

Ekmek birbiri ile karışan ve karışmayan fazları içeren bileşenlerden oluşan karmaşık bir sistemdir. Bayatlamayı çözmeye yönelik uğraşlar zamanla evrim geçirmiştir. Konu ile ilgili çalışmalar yalnızca nişastayı değil gluten, su ve daha az miktardaki bileşenleri de inceleyen araştırma yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır (Chinachoti, 2003).

İyi bir ekmek kalitesini sağlayan buğday unu optimum bir karışım olarak nişasta (%70-80), proteinler (%8-18), yağlar (%2), pentozanlar (%2), enzimler ve enzim inhibitörleri ve diğer az miktardaki bileşenleri içerir. Ekmek hamurunun gelişimi glutenin hidrasyon yeteneğine ve fermentasyon ile pişirme sırasında gazı tutabilmesine dayanır. Ekmeğin son yapısı, nişastanın ısı ile jelatinizasyonu, proteinlerin disülfid köprüleri oluşturması ve glutenin ekmek somununun şekline genişlemesi ile belirlenir (Chinachoti, 2003).

Bayatlama sürecinde en etkin bileşenlerden biri nişastadır. Zamanla nişasta granüllerinin içerisinde veya dışında kristal faz oluşturan polisakkarit zincirleri bir araya gelerek retrogradasyon (kristallenme) olarak adlandırılan bir değişime uğrar. Jelleşen ekmeğin nişastasının amiloz ve amilopektin fraksiyonlarının önemli bir kısmı (%15-30) bu değişimden geçerken, geri kalan kısım amorf halde kalır (Schiraldi ve Fessas, 2001; Chinachoti, 2003).

Nişasta zincirleri tekli ve çiftli sarmal konformasyonlara sahiplerdir. Kristal fazlarda bu sarmallar hekzagonal bir eksen etrafında düzgün bir şekilde yer değiştirirler. Amiloz veya amilopektin molekülleri sarmal bir konformasyonda düzenli bir şekilde parçalar halinde bulunabildikleri gibi, nişastanın amorf fraksiyonunu oluşturmak üzere düzenli olmayan parçalar halinde de bulunabilmektedirler. Kristal fazların X-ışını difraksiyonu ile modelleri incelendiklerinde dört sınıf gözlenmektedir: A, B, C ve V modelleri. “V” fazı amiloz ve amilopektin tekli sarmallarının lipid molekülünü hapsedmesi veya etkileşmesi ile oluşmaktadır. Lipidin hidrofobik ucu heliksin iç boşluğuna uzanmakta, hidrofilik baş kısmı ise bükülmenin dışına çıkmaktadır. B fazı ise amiloz zincirlerinin çiftli sarmalı ve amilopektin yan zincirlerinden oluşmaktadır. Yüzde 27’den az su içerme eğiliminde olan “A” ve “C” fazları ise daha yüksek sıcaklıklarda ortaya çıkmaktadır (Schiraldi ve Fessas, 2001).

Bayatlama ile ilişkili önerilen mekanizmalar hipotezlere dayanan modeller ile açıklanmaktadır. Zobel ve Kulp’un modeline göre bayat ekmeğin oluşumu polisakkarit zincirler arasında sıkı bağların oluşması ile ilişkilidir ve kristal yapıların (B ve V tipi) oluşmasına doğru devam etmektedir. Bu bağlantılar zincirler arası hidrojen bağlarının oluşumu sonucudur. Amiloz zincirlerinin parçaları veya herhangi bir kristal düzene dizilmemiş olan amilopektin moleküllerinin yan fonksiyonel gruplarını içeren çiftli sarmalların oluşumu, ekmeğin sertliğindeki artışa önemli ölçüde etki etmektedirler. Bu süreç nişasta granüllerinin içerisinde veya dışarısında gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle bazı katkıları (emülsifiye ediciler veya lipidler) amiloz lipid kompleksi oluşturmak suretiyle amilozun dışarı çıkmasını azaltmaktadır. Böylece daha yumuşak ekmeğin içine neden olmaktadır (Schiraldi ve Fessas, 2001).

Bu model, suyu granüller arası amorf maddeyi plastikleştirerek polimer zincirlerinin kolayca hareket edebilmelerini sağladığını varsaymaktadır. Böylece, kristal fazın daha hızlı bir şekilde geliştirildiği kabul edilmektedir. Ekmeğin depolanması sırasında bir miktar su amorf halden daha sıkı bağlanabildiği kristal nişastaya geçiş

yapmakta ve ekmek içinin sertleşmesi ve katılaşmasına neden olmaktadır. Glutenin herhangi bir önemli rolü olmayabileceği, yalnızca sürekli fazı oluşturarak komşu nişasta granüllerinin yüzeylerine köprü kurduğu öne sürülmektedir (Schiraldi ve Fessas, 2001). Halen bu model geçerli olmasına karşın bazı temel noktaları göz ardı etmektedir. Bayatlama sırasında nişasta ve gluten bazı değişimlere uğrar ve hamur ve ekmek içi bileşenlerinde birinden diğerine suyun tekrar dağılımı söz konusu olabilir. Kulp ve Ponte modeline göre nişastadaki değişimler bayatlamamanın ilk aşamalarında etkin olurken gluten etkileri daha sonra meydana gelir. Bir çok araştırmacı tarafından ekmek içinin sertleşmesi ve nişasta kristal fraksiyonu arasında korelasyon bulunmuş olup, halen bazı noktalar da kanıtlara ihtiyaç vardır. Örneğin, ekmeğin sertleşmesinde, amiloz kristallenmesinin rolü bulunmadığına dair bir model henüz yoktur. Tazeleme sıcaklıkları V ve B kristallerinin erime sıcaklıklarının altında olduğundan bu kristallenme tersinir değildir. Ekmeğin sertleşmesi amilopektinin kristal fraksiyonundaki artış ile ilişkilendirilse de bu her zaman doğru değildir. Küçük kompozisyon farklılıkları ile ekstra su, gluten veya çözünen protein ilavesi ile aynı undan üretilen ekmeklerde veya pentozanlar gibi bayatlamayı geciktirici ajanların varlığında nişasta kristallenmesinin eşit olarak etkilenmediği durumlar da söz konusudur (Schiraldi ve Fessas, 2001).

Ekmeğe sertleşme nem kaybı ve/veya suyun yeniden dağılımı ile de ilişkilendirilmektedir. Bu teori, taze ekmeğin hemen kuruması ile açıklanmaktadır. Depolama sırasında kısmen dehidrasyona ve kısmen de yeniden dağılıma bağlı olarak su giderek daha az 'dondurulabilir' hale gelmektedir. Bazı çalışmalar bunun nedeni olarak nişastanın tekrar organizasyonu sırasında suyun amorf bölgeden kristal bölgeye transferini ortaya koyarken, diğerleri amorf alanlar arasında suyun transferine de dikkati çekmektedirler (Chinachoti, 2003).

Un proteini olan glutenin de ekmeğin bayatlamasında rolü olduğu rapor edilmiştir. Değişik unlardan yapılan ekmeklerde sertleşme süreleri farklı olmuştur. Artan protein içeriği ile bayatlamada gecikme gözlenmiştir. Bu etki, proteinin kalitesinden çok nişastanın seyrelmesina bağlanmıştır. Kimi araştırmacılar ise bayatlamadan doğrudan glutenin sorumlu olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek kaliteli proteinlerden yapılan yassı ekmeklerde ufalanmanın daha az olduğu saptanmıştır (Chinachoti, 2003).

Ekmeğin bayatlamasını açıklamada Martin ve diğ (1991) tarafından önerilen diğ bir model ise, nişasta ve glutenin rolünü birleştirmektedir. Buna göre; ekmeğin sertleşmesi protein ile nişasta granüllerinin arasındaki etkileşimin sonucudur. Düşük kaliteli unun daha fazla hidrofilik özelliği olduğundan hamurdaki nişasta granülleri ile daha kuvvetli etkileşime girmesi ve pişirme sırasında ve sonrasında bu etkileşimlerin artarak, ekmeğin sertleşme eğiliminin artması ile açıklanmaktadır (Chinachoti, 2003).

Ekmeğin bayatlamasını önlemede lipidlerin ve emülsifiye edicilerin etkisi olduğu belirtilmektedir. Etki mekanizmaları amilozun merkez boşluğuna ve daha az miktarlarda da amilopektin tekli sarmalına dahil olmaları suretiyle V tipi kristal oluşumunu arttırmaları suretiyledir. Özellikle doymamış mono gliseritlerin gluten ile etkileşimi doğrulanmıştır. Emülsifiye ediciler hamur karıştırma aşamasında gluten fazı tarafından hapsedilmekte ve pişirme sırasında nişasta jeline doğru serbest bırakılmaktadırlar. Açığa çıkan amiloz ve/veya amilopektin ile kompleksler oluşturmak suretiyle granüller arası bölgelerde kalmaktadırlar. Böylelikle amiloz ve amilopektinin şişmiş olan nişasta granülleri ile köprü oluşturmasını önleyerek kristallenmesini yavaşlatmaktadırlar (Schiraldi ve Fessas, 2001).

Arabinoksilan ve arabinogalaktanlar gibi nişasta olmayan polisakkaritlerin ise genellikle proteinlere bağlanarak bayatlamayı önlediklerine inanılmaktadır. Normal ekmek formülasyonuna düşük miktarlarda (%0,5-2) pentozan ilavesi ekmek hacmini geliştirmekte ve son üründe sertleşmeyi azaltmaktadır, öte yandan nişasta kristallenmesini etkilememektedir. Etki mekanizmaları; ekmek içinde bir su havuzu olarak rol almaları ve bu suyu raf ömrü süresince açığa çıkarmaları şeklindedir. Plastikleştirici etkilerinden dolayı açığa çıkan su daha uzun süreler ekmek içini yumuşak tutmaktadır. Pentozan jelleri fiziksel olarak suyu içlerinde tutma özelliklerine sahiptirler (Schiraldi ve Fessas, 2001).

2.5.3. Bayatlama tespit yöntemleri

Ekmeğin bayatlaması dokuda değişimler, suyun yer değişimi, nişasta kristallenmesi ve bileşen etkileşimleri gibi birçok fiziksel ve kimyasal değişimler ile karakterize edilir. Ekmeğin bayatlamasının analizlenmesi zaman içerisinde enstrümantal teknoloji ve konu hakkında bilgiler ilerleme gösterdikçe evrim geçirmiştir.

Mikroskobik, makroskopik ve moleküler düzeylerde değişimleri takip etmek için çeşitli analitik teknikler mevcuttur (Vodovotz ve diğ., 2001).

Bayatlamayı değerlendirmede makroskopik yöntemlerden en yaygın ve pratik olanı duyuşal testlerdir. Ancak duyuşal analiz sonuçlarının fizikokimyasal olayların incelendiği enstrümantal tekniklerle ilişkilendirilmesi güçtür. Doku özellikleri, makroskopik değişimleri kantitatif düzeyde incelemede en önemli özelliklerdir. Ekmek süngerimsi bir yapı olup, bayatlama ile sertleşip ufalanma eğilimindedir. Belirli bir sıkıştırma kuvveti altındaki sertlik, sıkıştırma sırasındaki kuvvet ve tepki gibi ilişkiler ve germe kuvveti gibi mekanik özellikler değerlendirilmektedir. Sertlik, ekmeğin içini belirli bir deformasyona sıkıştırmak için gerekli kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Ekmeğin bayatlamasının değerlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan özelliklerden biridir. Bu değerlendirmenin duyuşal testlerde elde edilen sertlik sonuçları ile yüksek korelasyon gösterdiği bilinmektedir. Sertliği ölçmede Instron universal test cihazı (IUTM), ekmeğin kompresimetresi, doku analizörü (TA) ve penetrometre cihazları kullanılabilir (Vodovotz ve diğ., 2001).

Mikroskopik teknikler de ekmeğin bayatlamasının izlenmesinde kullanılabilir. Özellikle polarize ışık mikroskobu kullanarak nişastada meydana gelen değişimler gözlenebilir. Kristal hale geçiş nişastanın haç şeklinde görünümünün (birefringence) geri kazanımı ile takip edilebilir (Vodovotz ve diğ., 2001).

Moleküler özellikler mikrosaniye/milise saniye mertebesinde gerçekleşen olaylar ile ilgilendirilir ve nükleer manyetik rezonans (NMR) ve elektron dönme rezonansı gibi moleküler spektroskopik yöntemler ile analizlenirler. Nükleer manyetik rezonans, manyetik dipol momenti olan çekirdeklerin elektromanyetik enerjiyi absorblaması yeteneğine dayanır (Vodovotz ve diğ., 2001). Proton (^1H) NMR (nükleer manyetik rezonans) T_2 dağılımı analizi ekmeğe uygulanarak çeşitli bileşenlerdeki (nişasta ve gluten) su ayırt edilmeye çalışılmıştır (Chinachoti, 2003).

Yapısal özelliklerdeki değişimler ise termal analiz teknikleri ile incelenebilir. Ekmeğin bayatlaması için en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Termal gravimetrik analiz verilerinden ekmeğin depolama sürecinde nem kaybı belirlenebilirken, oluşturulan birinci türev eğrisi (DTG) yardımı ile maksimum nem

kaybının gerçekleştiği sıcaklık ve analizlenen örneğin içerdiği bileşenler açısından homojenitesi belirlenebilmektedir (Schiraldi ve diğ., 1996).

Amilopektin kristallenmesinin ekmekte bayatlamaya etki eden temel faktörlerden birisi olması ve ekmekte sertleşmeyle ilişkilendirilmesi nedeniyle ekmeğin bayatlaması çalışmaları DSC kullanımını gerekli kılmıştır. Amilopektin kristallenmesi 60 ila 80°C aralığında oluşan endotermik erime entalpisi ile ölçülmektedir (Czuchajowska ve Pomeranz, 1989; Schiraldi ve diğ., 1996, Hallberg ve Chinachoti, 2002). Amiloz-lipid kompleksine ait 110-140°C aralığında oluşan endotermik pikde depolama ile çok küçük değişimler gözlemlenmiştir ve bu entalpi değişimleri ile ekmeğin bayatlaması arasında kararlı bir ilişki tespit edilememiştir (Czuchajowska ve Pomeranz, 1989). Depolanan ekmekler DSC’de ısıtıldıklarında yeniden kristallenen amilopektin camsı geçişe ve/veya erime sıcaklığına ulaştığında endoterm oluşur ve bu geçişe bağlı olarak ortaya çıkan entalpi değişimi ölçülür. Endoterm gelişimi için zaman ölçüleri ve ekmek içi sertleşmesi büyüklük olarak benzer olduğundan ekmeğin bayatlama hızının kantitatif olarak ölçülmesinde DSC kullanılmaktadır (Gray ve Bemiller, 2003).

Dinamik mekanik analizleyicide (DMA) ise örneğe artan bir sıcaklık uygulamasında sinüzoidal olarak belirli bir frekansta değişen stres uygulanmaktadır. Oluşan dinamik modüller E' ve E'' sırasıyla depolama modülü ve kaybetme modülüdür. Viskoelastik bir polimer için E' , polimerin enerji depolamasının (elastik davranışının) göstergesi iken, E'' maddenin enerjii yaymasına olan eğiliminin (viskoz davranış) göstergesidir. Faz açısı olan $\tan \delta$ ise bu ikisinin oranıdır. Tanjant δ eğrisindeki pik genellikle bu sıcaklıklardaki faz değişiminin (örneğin camsı geçiş veya erime geçişi) göstergesidir (Hatakeyama ve Quinn, 1994, Vodovotz ve Chinachoti, 1998). Bu geçiş sırasında meydana gelen depolama modülündeki ani düşme maddenin mekanik enerjisini tekrar kazanma kabiliyetini yitirmesi ile ilişkili olan elastik bileşende azalmanın göstergesidir (Laaksonen ve Labuza, 2001). Ekmeğin bayatlamasında sıklığın ölçülmesi için elastik modülünün artmasından faydalanılır (Schiraldi ve diğ., 1996). Benzer nem içeriklerine sahip taze ve bayat ekmekler için tanjant δ eğrileri geçiş sıcaklığı aralığında oldukça farklılıklar göstermekte olup, bayat ekmeğe ait eğrinin diğerine oranla daha geniş olduğu belirtilmektedir (Vodovotz ve Chinachoti, 1998).

2.5.4. Soya esaslı bileşenlerin bayatlamaya etkileri

Soya esaslı bileşenlerin ekmeklerde bayatlamayı geciktirdiği konusunda bulgular çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Soya lifi, soya proteini, soya unu ilavesi ile nemin tutulması sonucu raf ömrünün uzaması ve bayatlama hızının azalması rapor edilmiştir (Kim ve Moon, 1999; Stauffer, 2002). Soya ilave edilen ekmeğin depolama sürecinde suyun dağılımı ve amilopektin kristallenmesindeki değişimler ekmeğin bayatlama mekanizmasında etkilidir (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Ayrıca soyanın içerdiği lipoksigenaz enziminin de bayatlamayı geciktirici etkisi olduğu bilinmektedir (Boyacıoğlu, 2006).

3. MADDELER ve YÖNTEMLER

3.1. Maddeler

Soya ekmeğinin formülasyonunda kullanılan soya ürünleri 2003 yılı üretimidir. Buğday unu General Mills (ABD) firmasına ait üründür. Yağsız soya unu (SU) (~% 1 yağ) olarak ADM Ingredients firmasına (ABD) ait ve ısıl 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 izolatu (SPI 1) PROLISSE™ 500 (Cargill Inc., ABD) ve soya protein izolatu (SPI 2) PRO-FAM® 891 (ADM Ingredients, ABD) seçilmiştir. Bu maddeler soya sütü tozunu benzetmek üzere soya ekmeği formülasyonlarında kullanılmışlardır.

SOYAFIBE® DA 100, soya fasulyesinden suda çözünür özellikteki polisakaritlerin özel teknolojiler kullanılarak ekstraksiyonu ve rafinasyonu ile elde edilmektedir. Bu ürün, soya protein izolatu üretimi sırasındaki kalıntı lifin sulu ekstraktıdır. Rafinasyon ve sterilizasyon sonrası püskürterek kurutulmaktadır. Diyet lifi olarak kullanımının yanı sıra emülgatör, yapıştırıcı ve dispersiyon stabilizatörü olarak fonksiyonları da mevcuttur. Kimyasal yapısı, galaktan ve arabınan yan zincirleri içeren ramnogalakturonik asit zincirinden ibarettir (EC, 2003; Fuji Oil Company, 2003).

FIBRIM® 1260 IP, soya fasulyesi kotiledonundan elde edilen hücre duvarı maddesi olup çözünür ve çözünür olmayan lifler ve protein içeren karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu kompozisyonu ve yapısı ile ilave edildiği ürüne su absorplama ve nem migrasyonunu önleme gibi bazı özellikler kazandırmaktadır (Solae Company, 2003).

PROLISSE™ 500 dağılılabirliği, yüksek çözünürlüğü, düşük viskozitesi, su ve yağ tutma özellikleri ve yalın tadı nedeniyle kullanılan izole soya proteindir. Bu karakteristiklerinden ötürü içeceklerde, süt ürünlerinde, fonksiyonel bar türü

ürünlerde ve ekstrüde hububat ürünlerinde kullanılabilir (Cargill Company, 2004).

PRO-FAM® 891, çoğunlukla dağılılabirliği, yüksek çözünürlüğü ve düşük viskozite özellikleri nedeniyle gıdalarda kullanılan izole soya proteindir. Bu karakteristiklerinden ötürü içeceklerde ve ekstrüde hububat ürünlerinde uygulama bulmaktadır. Etkili bir emülgatör ve nem tutucudur (ADM Company, 2004).

Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler ve standartlar; DPPH (2,2-Diphenyl-1-pikrilhidrazil) (Fluka), Folin-Ciocalteau reaktifi (Fluka), ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6sulfonik asit) (Fluka), Troloks (6-hidroksil-2,5,7,8-tetrametil kroman-2-karboksilik asit) (Fluka), Gallik asit (Fluka), Şiringik asit (Sigma), *p*-Hidroksi benzoik asit (Sigma), Kafeik asit (Sigma), Kumarik asit (Sigma), Ferulik asit, Rutin (sigma), Daidzin, Genistin (Fluka), Daidzein, Genistein (Sigma), Glisitin, Glisitein (LC Laboratories, Woburn, MA, ABD), Sodyum tetraborat, Sodyum hidrojen fosfat, Sodyum dihidrojen fosfat, Linoleik asit sodyum tuzudur (Sigma). HPLC kalitesinde su (Merck), Asetonitril, Metanol (Sigma) ve Asetik asit HPLC analizlerinde kullanılmıştır. SDS-PAGE analizlerinde ise 2-Merkaptoetanol, Gliserol, Pironin Y, Trizma Base, Akrilamid, Bisakrilamid, Sodyum dodesil sülfat, Amonyum persülfat, N,N,N',N'-Tetrametiletildiamin, Gliserol, Trikloroasetik asit ve Potasyum hidroksit (Sigma ve Fluka) kullanılmıştır.

3.2. Soya Ürünlerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri

Çalışmada kullanılan soya ürünlerinin kompozisyonları, fonksiyonel özellikleri ve fonksiyonel gıda bileşenlerinin karakterizasyonları yapılmıştır. Gerçekleştirilen başlıca analizler; diyet lifi miktarları, soya proteini miktarı, ürünlerin teknolojik özellikleri kapsamında; su bağlama kapasiteleri, yağ bağlama kapasiteleri, emülsiyon oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılıkları, köpük oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılıkları, antioksidan miktarı, fenolik madde içeriği ve profili, izoflavon miktarı ve profili ve lipoksigenaz enzim aktivitesi tayinleridir.

3.2.1. Kompozisyon analizleri

Soya ekmeği formülasyonlarında kullanılacak olan tüm soya esaslı bileşenlere formülasyonlar oluşturulmadan önce protein, çözünür/çözünür olmayan diyet lifi ve

nem içeriği tayinleri yapılarak soya sütü tozunu ikame edecek miktarlar belirlenmiştir.

3.2.1.1. Protein tayini

Tüm soya esaslı ürünlerde protein tayini Kjeldahl yöntemi ile AACC 46-10 numaralı yöntem esas alınarak uygulanmıştır (AACC, 2000). Toplam azotun belirlenmesinde potasyum sülfat ve cıva oksitten oluşan katalist tabletler (Fisher Scientific Kjeltab K20-300) kullanılarak, örneklere 425°C'de 70 dakika, Tecator 2020 Digestor cihazı yardımı ile yakma işlemi yapılmıştır. Distilasyon ve titrasyon ise Tecator Kjeltac 1035 otomatik örnekleyici sisteminde yapılmıştır.

3.2.1.2. Diyet lifi analizi

Toplam diyet lifi (TDL), çözümlenmeyen diyet lifi (ÇODL) ve çözümlenir diyet lifi (ÇDL) analizleri AACC 32-07/AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik yöntemle yapılmıştır (AACC 2000 ve 2002). Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Sigma TDF-100A (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) kullanılmıştır. Yağı alınmış 1±0,01g örnek α-amilaz, proteaz, ve amiloglukozidaz enzimleri ile hidrolizinden sonra süzülerek ÇODL fraksiyonu elde edilmiştir. Kalıntılar sırasıyla %78 ve %95 etanol çözeltileri ve aseton ile yıkanmıştır. Süzüntü ise %95 etanol ile çöktürülerek süzülmüş ve ÇDL fraksiyonu elde edilmiştir. Bir gece 105°C'de kurutulan kalıntılar tartılmış ve diyet lifi miktarları kalıntı protein ve kül çıkartılarak saptanmıştır. TDL ise ÇODL ve ÇDL toplamı alınarak belirlenmiştir (Sigma, 2003).

3.2.1.3. Nem içeriklerinin tayini

Soya esaslı bileşenlerde nem tayini için ağırlık kaybını esas alan TGA ile analiz uygulanmıştır. Örnekler (~20 mg) tavacıklar 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 elde edilmiştir.

3.2.2. Soya ürünlerinin teknolojik özelliklerinin incelenmesi

Bileşenlerin, teknolojik özellikleri arasında su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, emülsifiye etme aktivitesi ve dayanıklılığı, köpük oluşturma kapasitesi ve dayanıklılığı gibi ekmek kalitesine etkisi önemli olabilecek özellikleri incelenmiştir.

3.2.2.1. Su bağlama kapasitesi

1±0,01 g örnek santrifüj tüpü içerisine tartılmış ve 10 ml saf su ile 1 dk. vorteks karıştırıcıda (IKA Janke&Kunkel Minishaker MS1, Almanya) 1.800 rpm'de karıştırılmıştır. Süspansiyon 2200 x g'de 30 dk. santrifüjlenmiş (Hettich Universal R-32, Almanya) ve sıvı kısmın hacmi ölçülmüştür. Su bağlama kapasitesi; örnek miktarı (g) başına tutulan su miktarı (g) olarak ifade edilmiştir (Chau ve diğ., 1997; AACC, 2000; Betancur-Ancona ve diğ., 2004).

Ayrıca bileşenlerin su tutma kapasitesinin bir göstergesi olan maksimum nemi bıraktıkları sıcaklıklar TGA enstrümanı ile tespit edilmiştir. Termal gravimetrik analiz kısmında analiz detayları verilmiştir.

3.2.2.2. Yağ bağlama kapasitesi

1±0,01 g örnek 10 ml mısırözü yağı ile 1 dk. vorteks karıştırıcıda 1.800 rpm'de karıştırılmıştır. Süspansiyon 2200 x g'de 30 dk. santrifüjlenmiş ve sıvı kısmın hacmi ölçülmüştür. Yağ bağlama kapasitesi g örnek başına tutulan g yağ olarak ifade edilmiştir. Mısırözü yağının yoğunluğu 0,92 g/ml olarak ölçülmüştür (Chau ve diğ., 1997; Abdul-Hamid ve Luan, 2000; Betancur-Ancona ve diğ., 2004).

3.2.2.3. Emülsifiye etme aktivitesi ve dayanıklılığı

Yüzde 1 bileşen içeren dispersiyonlar (w/v) 2.000 rpm'de 2 dk. homojenize edici pervaneli karıştırıcıda (Janke&Kunkel RW-20 IKA®Labortechnik, Staufen, Almanya) 1600 dk.⁻¹ hızda homojenize edilmiştir. 50 ml mısırözü yağı ilave edilmiş ve 1 dk 8000 dk.⁻¹ hızla homojenizatörde (Ultra-Turrax T-25 IKA®Labortechnik, Staufen, Almanya) homojenize edilmiştir. Emülsiyonları 50 ml'lik skalalı santrifüj tüplerinde 5 dk. 1300 x g'de santrifüjlemenin ardından son emülsiyon hacimleri ölçülmüştür. Emülsifiye etme aktivitesi; emülsifiye haldeki hacmin, santrifüj tüpü içerisindeki mevcut hacme oranı ile yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Emülsiyon aktivitesi yüzdesi, emülsifiye tabakanın yüksekliğinin tüp içeriğinin yüksekliğine oranının 100 ile çarpılması suretiyle elde edilmiştir (Chau ve diğ., 1997; Betancur-Ancona ve diğ., 2004).

Emülsiyon dayanıklılığını tespit etmek için ise; hazırlanan emülsiyonlar 30 dk. 80°C'ye ısıtıldıktan sonra oda sıcaklığına soğutulup, 5 dk. 1300 x g'de santrifüjlenmiştir. Emülsiyon dayanıklılığı; kalan emülsiyon hacminin orijinal

emülsiyon hacmine oranı olarak yüzde ile ifade edilmiştir. Emülsiyon dayanıklılığı yüzdesi, kalan emülsifiye tabakanın yüksekliğinin orijinal emülsifiye tabakanın yüksekliğine oranının 100 ile çarpılması suretiyle elde edilmiştir (Chau ve diğ., 1997; Betancur-Ancona ve diğ., 2004).

3.2.2.4. Çırpılabilirlik/köpük dayanıklılığı

6±0,01g örnek 200 ml'lik saf su içerisinde dağıtılmıştır. Süspansiyon 6 dk. köpük oluşturmak üzere bir mikser yardımı ile 1/8000 dk. hızda (IKA Ultra Turrax) kuvvetlice karıştırılmıştır. Çırpma öncesi ve sonrası hacimler 1000 ml'lik ölçü silindirinde ölçülmüştür. Köpük dayanıklılığı ise köpük hacmini çırpmadan sonra 1, 10, 30, 60, 120 dk. sürelerde ölçülmesi ile analizlenmiştir (Lin ve Humbert, 1974).

3.2.3. Soya proteini karakterizasyonu incelemeleri

Analizlenen bileşenler, soya unu (ADM Ingredients, ABD), buğday unu, soya sütü tozu (Devansoy, ABD) ve soya protein izolatlarıdır. SPI 1 PROLISSE TM (Cargill Inc., ABD) ve SPI 2 PROFAM 891 (ADM Ingredients, ABD) markalı ürünlerdir. Protein karakterizasyonunu incelemek üzere örnekler hem DSC ile hem de SDS-PAGE yöntemleri ile analizlenmiştir.

3.2.3.1 DSC

Diferansiyel taramalı kalorimetre termogramları DSC 2920 (TA Instruments New Castle, ABD) cihazı yardımı ile azot gazı altında elde edilmiştir. Örnekler (10mg) hermetikli alüminyum tavacıklarda protein karakterizasyonu amacıyla -60°C'den 160°C'e 5°C/dk. hızda ısıtılmış, 160°C ye ulaşıktan sonra örnek oda sıcaklığına dek hızla soğutulmuş ve tekrar analizlenmiştir. İkinci analizde hiçbir endotermik tepki olmaması dönüşümsüz protein denatürasyonunun gerçekleştiğini göstermektedir (Ma ve Harwalkar, 1988).

3.2.3.2 Sodyumdodesilsülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Örnekler (25 mg) 1 ml ekstraksiyon çözeltisi içerisinde karıştırılmış, 100°C'de 3 dk. blok ısıtıcıda bekletilmiş ve 13.000 rpm hızda 5 dk. santrifüjlenmiştir. SDS içerisinde PAGE 20°C'de sabit akımda 25 mA tek bir jel için 4 saat olarak uygulanmıştır (Basman ve diğ., 2002). Protein molekül ağırlığı standartları M4038 Sigma Marker™ 6.500-205.000 Da molekül ağırlığı aralığındaki proteinlerin saptanmasına

olanak vermiştir. Coomassie mavisi ile boyama sonrasında elde edilen 13 protein bandı sırasıyla; 1) aprotinin (6,5 KDa), 2) α -laktalbumin (14,2 KDa), 3) tripsin inhibitörü (20 KDa), 4) tripsinojen (29 KDa), 5) karbonik anhidraz (29 KDa), 6) gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz (36 KDa), 7) ovalbumin (45 KDa), 8) glutamik dehidrojenaz (55 KDa), 9) albumin (66 KDa), 10) fruktoz-6-fosfat kinaz (84 KDa), 11) fosforilaz b (97 KDa), 12) β -galaktozidaz (116 KDa), ve 13) miyozin (205 KDa)'dir. Protein işaretleyicisi 6,5-205 KDa molekül ağırlığı aralığındaki proteinlerin saptanmasına olanak vermiştir (Sigma, 2004).

Örnekler jellere 8, 10 ve 12,5 μ l olarak Tablo 3.1'deki sırada verilmiş ve ayırım sonrası jeller Coomassie Brilliant Blue G-250 boya çözeltisinde bir gece batırılarak boyanmış ve fotoğrafları çekilmiştir. Oluşan bantlar birbirleri ile ve molekül ağırlığı standartları ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1: SDS-PAGE uygulanan örnekler ve sıraları.

Sıra	Örnekler	Sıra	Örnekler
1	-	9	Soya unu (10 μ l)
2	Standart karışımı (12 μ l)	10	Soya sütü tozu (12,5 μ l)
3	Buğday Unu (10 μ l)	11	Soya proteini izolatu 2 (8 μ l)
4	Soya unu (10 μ l)	12	Soya proteini izolatu 1 (8 μ l)
5	Soya sütü tozu (12,5 μ l)	13	Soya proteini izolatu 2 (10 μ l)
6	Soya proteini izolatu 2 (10 μ l)	14	Soya proteini izolatu 1 (10 μ l)
7	Soya proteini izolatu 1 (10 μ l)	15	-
8	Buğday Unu (10 μ l)		

3.2.4. Fenolik madde, izoflavon ve antioksidan aktivitesi analizleri

Örneklerde fenolik madde miktarı ve fenolik madde profili belirlenmiştir. Ayrıca aynı ekstraktlara, antioksidan aktivitesi yöntemlerinden radikal yakalama aktivitesini ölçen DPPH ve ABTS yöntemleri uygulanmıştır. Fenolik madde, antioksidan ve izoflavonlar arası ilişkiler belirlenmiştir.

3.2.4.1. Fenolik madde ve izoflavon ekstraksiyonu

Örneklerden fenolik madde ve izoflavon ekstraksiyonunda Lee ve diğ. (2004), Zhang ve diğ. (2003 ve 2004) ve Walsh ve diğ. (2003)'in uyguladıkları yöntemler küçük modifikasyonlar ile uygulanmıştır. Örneklerden 0,5 \pm 0,01g, 2 ml 0,1 N HCl, 10 ml asetonitril ve 3 ml su ile vorteks karıştırıcıda 5 dk. karıştırılmıştır. Karışım 2 saat oda

sıcaklığında çalkalayıcıda (C76, New Brunswick Scientific, NJ, ABD) ekstraksiyon sonrası 4.000 rpm'de 30 dk. santrifüjlenmiş ve sıvı kısımdan 1'er ml izoflavon analizi için fenolik madde ve antioksidan analizleri için tüplere aktarılmıştır. Azot gazı altında örnek yoğunlaştırıcıda (Techne Barloworld Scientific Ltd., İngiltere) kurutulan ekstraktlar analizleninceye dek -20'C'de saklanmıştır. Analiz öncesinde ekstraktlar 2 ml metanol:su içerisinde çözülmüştür. Antioksidan analizleri ve toplam fenolik madde analizleri için ekstraktlar %80'lik metanol içerisinde ve HPLC ile fenolik profil analizi için %50'lik metanolde çözüldürülmüştür.

3.2.4.2. Toplam fenolik madde

Ekstraktlarda toplam fenolik madde miktarının tespitinde Folin Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Yöntem her bir örneğe 3 deney tekrarıyla uygulanmıştır. Örneklerin absorbans değerleri çift ışıklı UV-VIS spektrofotometreyle (Shimadzu UV-1700 PharmaSpec, Kyoto, Japonya) ölçülmüştür.

300 µl ekstrakt 0,75 ml Folin Ciocalteu reaktifi (10 kat seyreltilmiş) ile oda sıcaklığında 5 dk. bekletilmiştir. 0,75 ml sodyum bikarbonat (60 g/L) çözeltisi eklenmiş ve oda sıcaklığında 90 dk. bekletilmiştir. 725 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Gallik asit standardından hazırlanan 0,0-0,2 mg/ml konsantrasyon aralığındaki çalışma çözeltileri ile analizler gerçekleştirilip kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Sonuçlar gallik asit cinsinden ifade edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965; Velioğlu ve diğ., 1998).

3.2.4.3. DPPH radikal yakalama aktivitesi

Örneklerin toplam antioksidan aktivitelerinin hesaplanmasında % Radikal Yakalama Aktivitesi (DPPH) yöntemi kullanılmıştır (Brand-Williams ve diğ., 1995; Sanchez-Moreno ve diğ., 1998; Mathew ve Abraham, 2004). 100 µl ekstrakt 3,9 ml DPPH• (6×10^{-5} M metanolde) ile karıştırılmış ve 30 dk. beklemenin ardından 515 nm dalga boyunda absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometreyle (Shimadzu UV-1700 PharmaSpec, Kyoto, Japonya) ölçülmüştür. Ekstrakt içermeyen kontrolün absorbansına göre meydana gelen renk açılması saptanmıştır. Yöntem her bir örneğe 3 deney tekrarıyla uygulanmış olup, antioksidan aktivitesi %DPPH radikal yakalama aktivitesi olarak ifade edilmiştir. Yüzde DPPH radikal yakalama aktivitesi, kontrol

örneğin absorbanı ile örnek absorbanının farkının, kontrol absorbanına oranlanması ve 100 ile çarpılması ile hesaplanmıştır.

3.2.4.4. ABTS radikal yakalama aktivitesi

Örneklerin toplam antioksidan aktivitelerinin hesaplanmasında bir diğer yöntem olarak ABTS yöntemi ile antioksidan aktivitesi yöntemi kullanılmıştır (Wettasinghe ve diğ., 2002; Mathew ve Abraham, 2004). ABTS•⁺ katyon radikal stok çözeltisi oluşturmak üzere 5 ml 7mM ABTS 88 µl 140 mM potasyum persülfat ile oda sıcaklığında karanlıkta 12-16 saat bekletilmiştir. Kullanım öncesinde fosfat tamponu (pH 7,4) ile absorban 0,7±0,05 oluncaya dek seyreltilmiştir. 40 µl ekstrakt 4 ml ABTS•⁺ katyon çözeltisi ile 30°C'de karıştırılmış ve 734 nm'de absorban değerleri başlangıçta ve 6. dakikalarda UV-VIS spektrofotometreyle (Shimadzu UV-1700 PharmaSpec, Kyoto, Japonya) ölçülmüştür. Yöntem her örneğe 3 deney tekrarıyla uygulanmıştır. Hazırlanan 0,1mM-3,0 mM konsantrasyon aralığındaki Troloks standartları için analiz aynı şekilde gerçekleştirilmiş ve örnek sonuçlarının ifade edilmesinde Troloks kalibrasyon eşitliğinden yararlanılmıştır (3.1). Antioksidan aktivitesi %ABTS radikal yakalama aktivitesi ve mM Troloks eşdeğeri olarak ifade edilmiştir. ΔA: absorbanstaki azalma; m: standart eğrinin eğimi; [Troloks]: Troloks konsantrasyonu; d: seyrelme faktörüdür.

$$\left. \begin{aligned} \Delta A_{\text{Troloks}} &= (A_{t=0 \text{ Troloks}} - A_{t=6 \text{ Troloks}}) - \Delta A_{\text{çözücü (0-6 dk.)}} \\ \Delta A_{\text{Troloks}} &= m \cdot [\text{Troloks}] \\ \text{TEAC}_{\text{ekstrakt}} &= (\Delta A_{\text{ekstrakt}} / m) \cdot d \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

3.2.4.5. Fenolik madde profili

Örneklerin fenolik profillerini belirlemede bazı modifikasyonlar uygulanarak Dragovic-Uzelac ve diğ. (2005)'ne ait yöntem kullanılmıştır. Örnekler HPLC'ye her bir ekstraksiyon ve liyofilizasyon örneği %50'lik metanol:su çözgeninde çözündürülerek 3 paralelli olarak enjekte edilmiştir. Kullanılan yöntemin koşulları Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de verilmiştir. Fenolik madde miktarlarının belirlenmesinde Ek A Şekil A.1-A.8'de verilen kalibrasyon eğrilerinden yararlanılmıştır.

Tablo 3.2: Uygulanan yöntemin HPLC koşulları.

HPLC sistemi:	Waters 2695 ayırma modülü Waters 2996 PDA dedektör
Kolon:	Supelcosil® C18, 5 µm, (250 mm x 4,6 mm)
Mobil sistem:	Gradyen
Mobil faz A:	%3 asetik asit suda
Mobil faz B:	%3 asetik asit, %25 asetonitril, %72 su
Kolon sıcaklığı:	20°C
Enjeksiyon hacmi:	20 µl
Dalga boyu:	278 nm (210-360 nm aralığı)
Yazılım:	Empower

Tablo 3.3: HPLC gradyen koşulları.

Zaman, dk.	Başlangıç, %A	Son, %A	Akış Hızı (ml/dk.)
0-40	100	30	1,0
40-45	30	20	1,0
45-55	20	15	1,2
55-57	15	10	1,2
57-60	10	10	1,2

3.2.4.6. İzoflavon analizi

İzoflavonların ekstraksiyonu için 0,5±0,01g soya ürünü tartılmıştır. 2 ml 0,1 N HCl + 10 ml asetonitril + 3 ml su ile 50 ml'lik santrifüj tüpünde ve daha sonra 5 dk. da vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır. İzoflavonlar oda sıcaklığında 2 saat çalkalayıcılı su banyosunda (C76, New Brunswick Scientific, NJ, ABD) ekstrakte edilmiştir. Karışım 4.500 rpm'de 30 dk. santrifüjlenmiştir. 1 ml sıvı kısım 10 ml'lik ayrı bir tüpe alınmış ve azot gazı altında kurutulmuştur. Analizleninceye dek -20°C'de saklanmıştır (Lee ve diğ., 2004). Kalıntı 1 ml %80 metanolde çözülmüş ve enjeksiyon öncesi 0,2 µm disk filtreden filtre edilmiştir.

Uygulanan HPLC yöntemi koşulları Tablo 3.4'de, gradyen sistem koşulları ise Tablo 3.5.'de verilmiştir. Enjeksiyonlar arasında 15 dk. ilk koşul sağlanmıştır. Daidzein, genistein, glisitein, daidzin, glisit ve genistin pikleri HPLC kromatogramındaki

alıkonma süreleri ile saf standart izoflavon bileşiklerinin UV spektraları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir.

Tablo 3.4: Uygulanan yöntemin HPLC koşulları.

HPLC sistemi:	Waters 2695 ayırma modülü Waters 2996 PDA dedektör
Kolon:	Supelcosil C18, 5 µm, (25 x 4,6 mm)
Mobil sistem:	Gradyen
Mobil faz A:	%1 asetik asit suda
Mobil faz B:	%100 asetonitril
Kolon sıcaklığı:	20°C
Enjeksiyon hacmi:	10 µl
Dalga boyu:	260 nm (240-400 nm aralığı)
Yazılım:	Empower

Tablo 3.5: İzoflavonun HPLC analizinde gradyen sistem kompozisyonu.

Analiz süresi, dk.	%A	%B
0-5	85	15
5-15	85-83	15-17
15-20	83-82	17-18
20-25	82	18
25-36	82-71	15-29
36-42	71-67	29-33
42-44	67-65	33-35
44-45	65-85	35-15
45-60	85	15

Kalibrasyon ve miktar tayini için 1 mg kristal haldeki standart maddeler %80 metanol:su karışımında (100 ml) çözülerek stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltiler 1 gece buzdolabında bekletilerek tam çözümleri sağlanmıştır. Stok çözeltiler çalışma çözeltilerine %80 metanol ile seyreltilmiştir. Hazırlanan konsantrasyonlar Lambert-Beer kanununa göre belirlenmiştir (Lee ve diğ, 2004). HPLC için hazırlanan konsantrasyonlar enjekte edilmiş ve pik alanları saptanmıştır. Pik

alanlarından miktar tayini Ek A Şekil A.9-A.14'de verilen kalibrasyon eğrileri yardımıyla yapılmıştır. İzoflavon miktarları $\mu\text{mol} / \text{g}$ örnek olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. Lipoksigenaz aktivitesi tayini

Örneklerde lipoksigenaz aktivitesi spektrofotometrik yöntem ile saptanmıştır (Drapron ve Nicolas, 1977; Kumar ve diğ., 2003). Yağı alınmış $1\text{g}\pm 0,1$ kuru örnek (hekzan ile) 150 mesh boyutunda elekten elenmiştir. Örnek 100 hacim fosfat tamponu (0,2 M ve pH 6,8) ile homojenizatörde 20 dk. $0-4^{\circ}\text{C}$ 'de karıştırılmıştır. Homojenize karışım 10.000 rpmde 10 dk. 4°C 'de santrifüjlenmiş ve sıvı kısım ham ekstrakt olarak kullanılmıştır. Lipoksigenaz 1 için, 25 μl sıvı kısım ve borik asit boraks tamponu (0,2 M, pH 9) ve 10 mM sodyum linoleat substrat olarak kullanılmıştır.

Lipoksigenaz 2 ve 3 için ise, 50 μl sıvı kısım, fosfat tamponu (0,2 M, pH 6,8) ve 10 mM sodyum linoleat substrat olarak kullanılmıştır. Absorbanstaki değişim 234 nm'de izlenmiştir. Bir birim enzim; 234 nm'de dakikada absorbandsa 1 birim artış gösteren enzim miktarı olarak kabul edilmiştir. Üç ekstraktan üç tekrarlı ölçüm yapılmıştır.

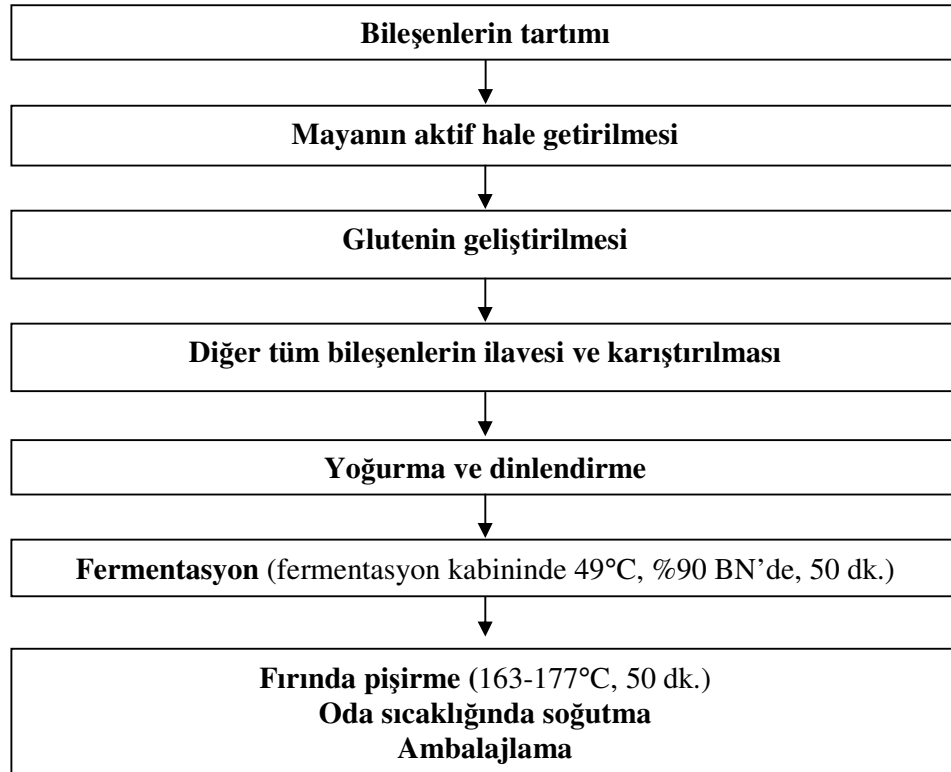
3.3. Soya Ekmeklerinin Üretimi

Soya ekmeğinin üretimi buğday ununun %60'ını ikame edecek şekilde soya unu ve soya sütü tozu kullanan ABD 2004/0071852 A1 numaralı patentli prosedürüne göre yapılmıştır (Vodovotz ve Ballard, 2004; Zhang ve diğ., 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 (PROLISSETM 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 unu miktarını ikame edecek şekilde ilave edilmiştir (Tablo 3.6). Çözünür ve çözünür olmayan soya lifleri, denatüre olmamış ve kısmen denatüre olmuş soya proteinleri içeren soya ekmekleri de aynı ticari ürünler ile SST'nin içerdiği miktarlarda ilave edilerek iki tekrarlı üretilmiş ve polietilen poşetlerde oda sıcaklığında saklanmışlardır.

Soya ekmeklerinin üretiminde kullanılan üretim yöntemi patentli bir formülasyon olması nedeniyle (Vodovotz ve Ballard, 2004) çok genel haliyle Şekil 3.1’de verilmiştir. Kullanılan formülasyondaki bileşen yüzdeleri ise Tablo 3.7’de görülmektedir. Üretim sonrası soya ekmeklerinin görüntüsü ise Şekil 3.2’de verilmiştir. Formülasyonlar arası farklılıklar yüzde olarak Tablo 3.6’da ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Tablo 3.6: Soya ekmeği formülasyonlarındaki farklılıklar, %.

Formülasyon	Buğday unu	Soya unu	İlave bileşen
ÇSL	23,9	19,9	0,3
ÇOSL	22,8	19,9	1,4
SPI 1	20,9	19,9	3,3
SPI 1+ÇŞL+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	-

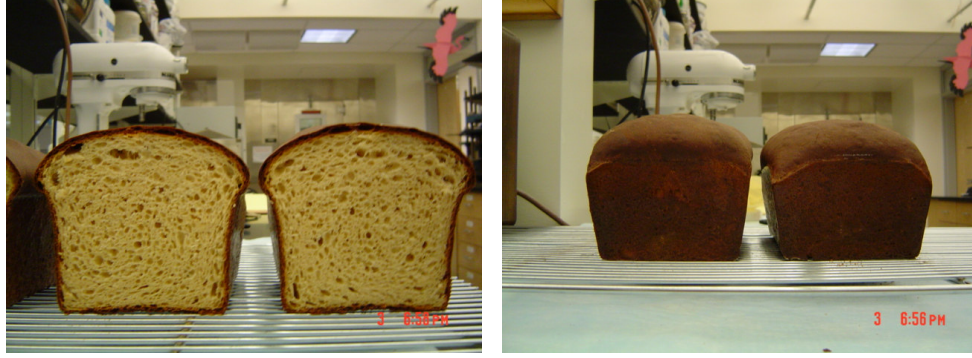


Şekil 3.1: Soya ekmeklerinin üretim akım şeması (Vodovotz ve Ballard, 2004).

Tablo 3.7: Soya ekmeği formülasyonu¹ (Zhang ve diğ., 2003).

Bileşen	Miktar (%)	Miktar (g/100 g buğday unu)
Su	45,3	259,4
Buğday unu	17,5	100
Soya unu	19,9	113,9
Soya sütü tozu	6,6	38
Kuru Maya	1,0	5,5
Gluten	2,3	12,9
Şeker	4,5	25,8
Hamur geliştirici (DATEM)	0,2	1,075
Tuz	0,9	5,25
Yağ	1,7	9,94
Kalsiyum propiyonat	0,015	0,86

¹ Bileşenler yaş bazda ilave edilmiştir.



Şekil 3.2: Üretilen soya ekmeklerinden görünümlemler.

Ekmek bileşenleri formülasyonlarda olması gerekli miktarlarda hamur yoğurma mikseri (KitchenAid Portable Appliance, St. Joseph, MI) içerisinde birleştirilerek ortalama 3.000 rpm hızında 15 dk. karıştırılmış ve gluten geliştirilmiştir. 5 dk.'lik dinlendirmeden sonra diğer bileşenler ilave edilerek ikinci kez yoğurulmuş ve kısa süre dinlendirilmiştir. 1330 g'lık hamurlar yapışmayan özelliikteki tavalara yerleştirilmiş ve üzeri kapatılarak 5 dk. dinlendirilmiştir. Fermentasyon 49°C'de 50 dk. fermentasyon kabiniinde (CM 2000 combination module, InterMetro Industries Corp., Wilkes-Barre, PA) gerçekleştirilmiştir. Hamurlar 165°C'de 50 dk. süre ile hava akışlı fırında (model JA14, Doyon, Liniere, QC, Kanada) pişirilmiştir. Soya ekmeği üretimi sırasında kullanılan hamur mikseri, fermentasyon kabini ve fırın Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3: Ekmek üretiminde kullanılan bileşenler, hamur karıştırma mikseri, fermentasyon kabini ve pişirme fırını.

3.4. Soya Ekmeklerinde Kompozisyon Analizleri

3.4.1. Diyet lifi içeriği analizi

Üretilen soya ekmeklerinde toplam diyet lifi (TDL), çözümlenmeyen diyet lifi (ÇODL) ve çözümlenür diyet lifi (ÇDL) analizleri AACC 32-07 / AOAC 991.43 numaralı enzimatik-gravimetrik metoda göre yapılmıştır (AACC 2000 ve AOAC, 2002). Analizlerin uygulanmasında diyet lifi analiz kiti olarak Sigma TDF-100A (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) kullanılmıştır. Örnek hazırlama aşamasında bir gece etüvde kurutulan ekmek örnekleri öğütüldükten sonra analize alınmıştır.

3.4.2. Protein ve kül analizleri

Soya ekmekleri için protein ve kül içeriklerinin analizi sırasıyla Kjeldahl yöntemi (AACC 46-10) ve kuru yakma yöntemi (AACC 08-01) uygulanarak yapılmıştır (AACC, 2000).

3.5. Soya Ekmeğinin Fiziksel ve Fizikokimyasal Özelliklerine Soya Esaslı Bileşenlerin Etkilerinin İncelenmesi

Üretilen soya ekmekleri pişme sonrası 3 saat soğumaları için beklenilmiş ve polietilen poşetlerde analiz süresine dek oda sıcaklığında 7 gün depolanmıştır. Soya ekmekleri hem üretildikleri ilk gün taze durumda iken hem de depolama sürecinde 0., 1., 2., 4. ve 7. günlerde fiziksel ve fizikokimyasal özellikler açısından incelenmişlerdir.

3.5.1. Ekmek ağırlığı

Pişme sonrası 3 saat soğutulan ekmekler terazi (Mettler Toledo AB204-S) ile tartılmışlardır.

3.5.2. Ekmek hacmi, özgün hacmi ve yüksekliği

Soya ekmeklerinin hacmi tohum yer değiştirme yöntemi kullanılarak AACC 10-05 yöntemine göre ölçülmüştür. Yükseklik somun merkezinden kesilen kesitin yüksekliğinin cm olarak ölçülmesi ve özgün hacim ise AACC 55-50 yöntemi ile belirlenmiştir (AACC, 2000).

3.5.3. Su aktivitesi

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). Örnekler cihazın hücrelerine yerleştirilmiş ve iki tekrarlı olarak analizlenmiştir.

3.5.4. Termal analizler

Termal analizler soya ekmeği örneklerinin pişme sonrasına 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. Örnekler ilgili günlerde örnekleme yapılarak hemen sızdırmaz özellikteki kaplara aktarılmış ve analiz süresine kadar saklanmıştır.

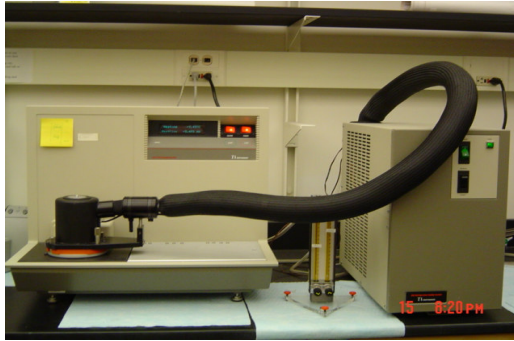
3.5.4.1. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

Diferansiyel taramalı kalorimetre eğrileri azot gazı verilerek TA enstrümanın DSC 2920 modeli (New Castle, Del., ABD) ile elde edilmiştir (Şekil 3.4). Ekmek

örnekleri (10-15 mg) hermetik olarak kapatılan alüminyum tavacıklar (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 cihazı indiyum kullanılarak kalibre edilmiş ve boş referans tavacık ile örnek tavacığını ısıtmak üzere programlanmıştır. Isı akışı mW olarak kaydedilmiş ve sıcaklığa karşı grafiği çizilmiştir. Belirli bir depolama süresi için her ekmekte iki analiz yapılmıştır. DSC termogramlarından dondurulabilir/dondurulabilir olmayan su miktarları ve amilopektin yeniden kristallenme entalpileri elde edilmiştir (Vodovotz ve diğ., 1996; Hallberg ve Chinachoti, 2002). Dondurulabilir su (DS) miktarı 0°C civarındaki endotermik buz erime piki entalpisi kullanılarak aşağıdaki denklem (3.2) yardımıyla saptanmıştır (Vodovotz ve Chinachoti, 1998).

$$\% DS = [\text{pik entalpisi (mJ/mg)} / \text{buzun füzyon ısısı (335mJ/mg su)}] \times 100 \quad (3.2)$$

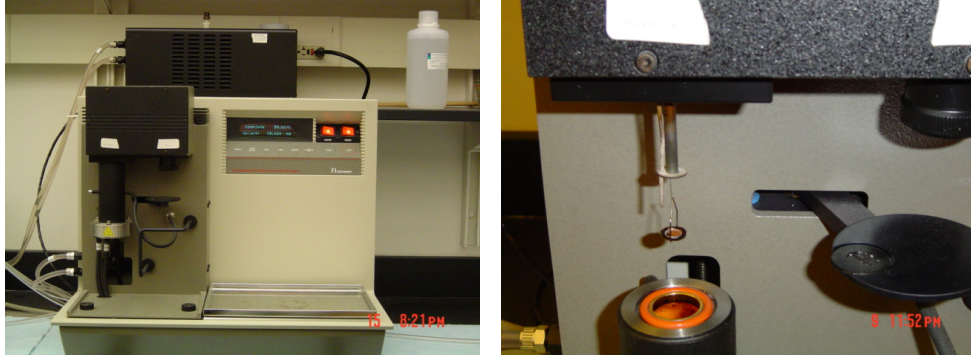
Dondurulabilir olmayan su miktarı (%) ise toplam nem miktarından %DS çıkartılarak hesaplanmıştır (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Amilopektinin yeniden kristallenmesi 60-80°C aralığındaki endotermik erime entalpi pikinden ölçülmüştür (Hallberg ve Chinachoti, 2002).



Şekil 3.4: DSC cihazı ve hücresi.

3.5.4.2. Termogravimetrik analiz (TGA)

Ekmek örnekleri (20 mg) tavacıklar içerisine tartılmış ve Şekil 3.5'de verilen 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.



Şekil 3.5: TGA cihazı ve fırını.

3.5.4.3. Dinamik mekanik analiz (DMA)

Ekmek örneklerinin yaklaşık 1 cm kalınlığındaki iç kısımları Carver presi ile oda sıcaklığında yaklaşık 3 mm kalınlığa dek sıkıştırılmış ve 2,9 x 9,3 x 14,285 mm boyutlarına kalıp ile kesilmiştir. Daha sonra örnek DMA cihazının (DMA 2980, TA Instruments) çift yönlü kaldırma başlığına serbest olarak yerleştirilmiş ve bağlantı noktalarında sıkıştırılmıştır. DMA cihazı ve kullanılan başlık Şekil 3.6'da görülmektedir. Örnek DMA hücreinde sıvı azot kullanılmak suretiyle öncelikle -80°C 'ye soğutulmuştur, daha sonra ise 180°C 'ye $2^{\circ}\text{C}/\text{dk}$. ısıtma hızında bükme modunda ısıtılmıştır. Depolama modülü (E'), kayıp modülü (E'') ve $\tan \delta$ (E' / E'') verileri cihaz tarafından kaydedilmiştir (Vodovotz ve diğ., 1996).

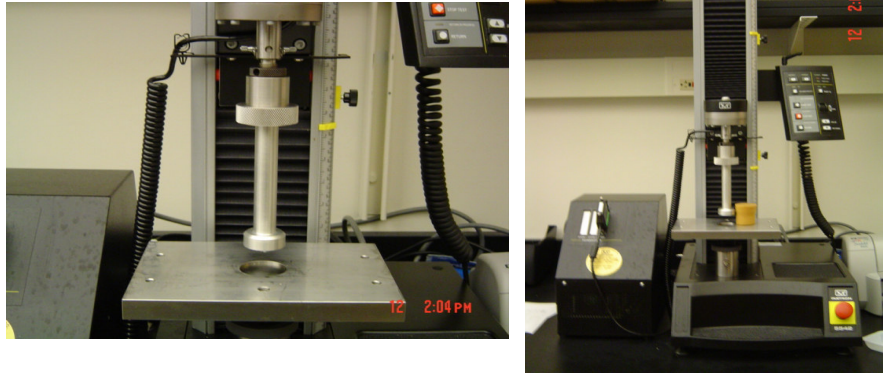


Şekil 3.6: DMA cihazı ve kullanılan başlığı.

3.5.5. Doku ölçümleri

Örneklere taze halde ve depolamanın 7. gününde sertlik ölçümleri yapılmıştır. Sertlik ölçümleri Şekil 3.7'de görülen Instron 5542 Üniversal test cihazı (Instron Corporation, Canton, Massachusetts) kullanılarak AACC 74-09 yöntemine göre %25 basma uygulanarak yapılmıştır (AACC, 2000).

Çapları 15 mm, yükseklikleri 25 mm olan küçük silindirler her bir ekmek somununun orta noktasından (kabuktan gelmemesi için) kalıplar yardımı ile üç kez çıkartılmıştır. Büyük hava boşlukları içeren örneklemeler elenmiştir. Her birine cihazda 8 kez 100 mm/dk. hızında basma uygulanarak ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır (Hallberg ve Chinachoti, 2002). Maksimum basma kuvvetinde hem maksimum yük hem de maksimum gerilme saptanmıştır. Ölçümler nem kaybını önlemek için örnekler poşetlerinden çıkartıldıktan hemen sonra yapılmıştır (Hallberg ve Chinachoti, 2002).

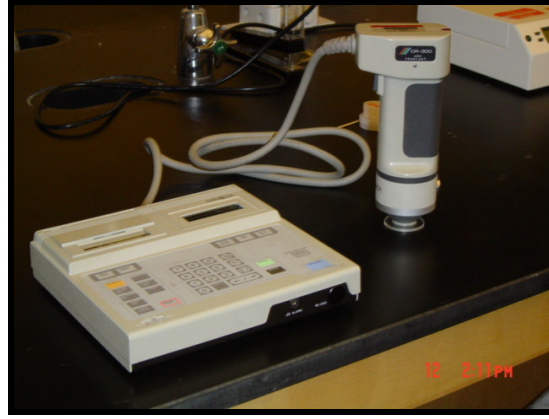


Şekil 3.7: Instron sertlik ölçüm cihazı.

3.5.6. Renk ölçümleri

Depolanan örnekler pişme gününde ve depolamanın 7. gününde renk ölçümleri yapılmıştır. Her bir ekmek örneğinin ekmek içi ve ekmek kabuğunda Şekil 3.8'deki 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. Tristimulus renk koordinat sisteminde HL değeri açıklık-koyuluk ölçüsü olmakta ve 0 (siyah)'dan 100 (beyaz) skalasında değişmektedir. a değeri ise -100 (yeşilden) +100 (kırmızıya) değişim gösterirken, b değeri -100 (maviden) +100 (sarıya) değişmektedir. Ölçülen a ve b değeri arttıkça renk daha doygun ve kromatik hale gelmekte, ancak sifıra yakın değerlerde nötral renkleri (beyaz, gri, siyah gibi) ifade etmektedir (Al-Hooti ve diğ., 2002; Gomez ve diğ., 2003).

Şekil 3.9.'da çalışma sırasında uygulanan analizler ve incelenen parametrelerin genel bir şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 3.8: Renk ölçüm cihazı.

3.6. İstatistik Analizler

3.6.1. Soya ürünleri fonksiyonel karakterizasyon sonuçlarının değerlendirilmesi

Her soya ürününün analizlenen fonksiyonel özelliklerindeki farklılıklar SPSS (SPSS 12.0) istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analizlenmiştir (Ek B, Tablo B.1). Farklılığın önemli olduğu özelliklerde formülasyonlar veya bileşenler arasındaki farklılığın incelenmesi amacıyla işlem ortalamalarına Duncan'ın yeni çoklu aralık testi uygulanmıştır ($P < 0,05$).

Yöntemler arası ilişkiler için de basit regresyon analizleri uygulanmış ve istatistiksel olarak önemli olan ilişkiler saptanmıştır (Ek B, Tablo B.2-B.5).

3.6.2. Soya ekmekleri kalite özellikleri sonuçlarının değerlendirilmesi

Her kalite özelliği için ekmek formülasyonları arasında farklılıklar SPSS (SPSS 12.0) istatistik programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme deseni ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiştir (Ek B, Tablo B.6-B.8). Farklılığın önemli olduğu özelliklerde formülasyonlar veya bileşenler arasındaki farklılığın incelenmesi amacıyla işlem ortalamalarına Duncan'ın yeni çoklu aralık testi uygulanmıştır ($P < 0,05$). Depolama sırasında her bir formülasyon için depolama günleri arasındaki farklılıklar da aynı şekilde varyans analizi (ANOVA) ile analizlenmiştir (Ek B, Tablo B.9).

3.6.3. Soya ekmeği kalite özelliklerinin temel bileşen analizi (TBA) ile değerlendirilmesi

Her ekmek formülasyonun tüm özellikler dikkate alındığında farklılıklarını ve her analizlenen parametrenin birbirleri ile ilişkilerini tespit etmek üzere Temel Bileşen Analizi (TBA) SPSS (SPSS 12.0) istatistik programı kullanılarak uygulanmıştır.

SOYA ESASLI BİLEŞENLER

- SOYA UNU
- SOYA SÜTÜ TOZU
- SOYA ÇÖZÜNÜR LİFİ
- SOYA ÇÖZÜNÜR OLMAYAN LİFİ
- SOYA PROTEİN İZOLATLARI

TANIMLAMA ANALİZLERİ

KOMPOZİSYON

- Protein miktarları
- Diyet lifi miktarları (çözünür ve çözünür olmayan)
- Protein karakterizasyonu
- Nem miktarları ve maksimum nem kaybı sıcaklıkları
- Lipoksigenaz enzim aktivitesi

FONKSİYONEL VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLER

- İngrediyen teknolojik özelliklerinin belirlenmesi
- Fenolik madde miktarı ve profili tayini
- Antioksidan aktiviteleri
- İzoflavon analizi

SOYA EKMEĞİ ÜRETİMİ VE SOYA EKMEĞİ ÜZERİNE ETKİLERİN İNCELENMESİ

- Ekmek ağırlığı/özgün hacmi
- Ekmek hacmi /yüksekliği
- Ekmek içi ve kabuk rengi
- Sertlik
- Su aktivitesi
- Nem miktarı ve nem kaybı özellikleri (TGA analizleri)
- Dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su miktarları (DSC analizleri)
- Amilopektin yeniden kristallenmesi (DSC analizleri)
- Sıklık özellikleri (DMA analizleri)

SOYA EKMEKLERİNİN DEPOLANMASI SIRASINDA ETKİLERİN İNCELENMESİ

- Ekmek içi ve kabuk rengi değişimi (1. ve 7. günler)
- Sertlik değişimi (1. ve 7. günler)
- Su aktivitesi (7 gün boyunca)
- Nem miktarı ve nem kaybı özellikleri (TGA analizleri) (başlangıç, 1., 2., 4. ve 7. günler)
- Dondurulabilir/dondurulabilir olmayan su miktarları, amilopektin yeniden kristallenmesi (DSC analizleri) (başlangıç, 1., 2., 4. ve 7. günler)
- Sıklık özellikleri ve faz geçişleri (DMA analizleri) (başlangıç, 1., 2., 4. ve 7. günler)

Şekil 3.9: Çalışmada uygulanan deneylerin şematik gösterimi.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Soya Ürünlerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri

Ticari olarak mevcut SU, SST, soya lifleri ve SPI soya ürünlerinin içerdikleri bileşenler incelenerek, ilave edildikleri ürünlerdeki etkilerinin ve insan sağlığına olumlu etkileri olan fonksiyonel bileşenlerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

4.1.1. Kompozisyon analizleri

Bileşen karakterizasyonu amacıyla protein, çözünür olan ve çözünür olmayan diyet lifi ve nem miktarları analizlenmiştir. Soya sütü tozunun etkisinin araştırılabilmesi için kendisinin benzetimini yapacak diğer soya ürünlerindeki bileşenlerin miktar tayinleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.1.1. Diyet lifi içerikleri

Soya ürünlerinin diyet lifi içerikleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre SST’nin çözünür olmayan lifin yanı sıra çözünür lif de içerdiği saptanmıştır. Soya unu ile karşılaştırıldığında ise, çözünür olmayan lif içeriğinin ve toplam diyet lifi içeriğinin daha düşük olması dikkat çekicidir.

Çalışmanın devamında kullanılmak üzere en yüksek çözünür soya lifi içeren soya lifi bileşeninin seçilmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda; SOYAFIBE® DA 100 ve SOYAFIBE® RA 100 ürünlerinin yüksek çözünür lif içeriklerinin yanı sıra ihmal edilebilir miktarlarda çözünür olmayan lif içerdikleri gözlenmiştir. Ancak SOYAFIBE® DA 100 çözünür lif içeriğinin daha yüksek oluşu nedeniyle seçilmesi uygun görülmüştür. FIBRIM® 1260 IP ürünü ise yüksek düzeylerde çözünür olmayan soya lifine ilave olarak az miktar çözünür soya lifi de içermektedir. Bununla birlikte sadece çözünür olmayan soya lifi içeren ticari bir ürün bulunamadığından çalışmada kullanılmasına karar verilmiştir.

Tablo 4.1: Soya esaslı bileşenlerin diyet lifi içerikleri, %¹.

Örnek	Çözünür diyet lifi	Çözünür olmayan diyet lifi	Toplam diyet lifi
Soya Sütü Tozu	2,9	14,2	17,1
Yağsız Soya Unu	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

¹ Sonuçlar yaş bazda iki analizin ortalama değerleridir.

Endres (2001) bu değerlere benzer şekilde yağsız soya ununda %2 çözünür ve %16 çözünür olmayan diyet lifi, soya protein izolatında ise her iki tip diyet lifinin %0,2'den az buldukları belirlemiştir (Endres, 2001). Maeda (2000), SOYAFIBE[®] çözünür soya lifinde toplam diyet lifi miktarını %66,2 olarak saptamıştır. Iwuoha ve Umunnakwe (1997) soya sütünde kuru bazda ham lif miktarını %3,3 olarak rapor etmektedir. Halen mevcut literatürde SST'de diyet lifi içeriği ile ilişkili yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak analizlenen SST ürününün spesifikasyonlarında verilen değerler yaş bazda %16 toplam diyet lifi olarak belirtilmiştir (Devansoy, 2003).

4.1.1.2. Protein içerikleri

Soya sütü tozu ve diğer soya ürünlerinde analizlenen mevcut protein miktarları Tablo 4.2'de verilmiştir. 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 bileşenlerinin ise çok düşük düzeylerde (%4,7-6,1) protein içerdikleri görülmüştür.

Bulunan değerlere benzer şekilde yağsız soya ununda %52-54, soya protein izolatında ise %86-87 veya %90'dan az olmayacak kadar soya proteini bulunduğu belirtilmektedir (Rhee, 1994; Garcia ve diğ., 1997; Endres, 2001; Godfrey ve Limpert, 2002). Yağlı soya sütünde kuru bazda %38 ve az yağlı soya sütünde ise %48 olarak verilmektedir (Garcia ve diğ., 1997). Soya sütü tozunun genel olarak kabul edilen tanımına göre % 90'dan az toplam katı ve %38'den az soya proteini içermemelidir. Bu tanıma göre SST, yaş bazda en az %42 protein içermelidir (SAA, 1996).

Protein miktarı %5'den az olan ticari çözünür soya lifi bileşenini temsil edecek SOYAFIBE[®] çeşitlerinin olduğu belirtilmiştir. Ticari olarak mevcut çözünür diyet

lifi SOYAFIBE® DA 100'ün ham protein miktarı %6,2 olarak verilmiştir (Maeda, 2000).

Tablo 4.2: Soya esaslı bileşenlerde % protein miktarları¹.

Örnek	Protein içerikleri
Soya sütü tozu (SST)	44,0
Soya unu (SU)	52,8
Soya protein izolatu 1 (SPI 1)	90,5
Soya protein izolatu 2 (SPI 2)	90,3
Çözünür soya lifi (ÇSL)	4,7
Çözünür olmayan soya lifi (ÇOSL)	6,1

¹ Elde edilen değerler iki analiz sonucunun ortalamasıdır.

4.1.1.3. Nem içerikleri

Soya ürünlerinin TGA ile ölçülen nem miktarları Tablo 4.3.'de verilmiştir. Ürünlerin nem içerikleri %4-10 aralığında değişim göstermektedir. En yüksek nem içeriği çözünür olmayan soya lifinde, en düşük nem içeriği ise SST'de saptanmıştır.

Tablo 4.3: Soya ekmeği yapımında kullanılan bileşenlerin TGA ile elde edilen nem miktarları, %.

Örnek	Nem içerikleri
Soya sütü tozu (SST)	4,85
Soya unu (SU)	7,81
Soya protein izolatu 1 (SPI 1)	6,21
Soya protein izolatu 2 (SPI 2)	6,60
Çözünür soya lifi (ÇSL)	8,74
Çözünür olmayan soya lifi (ÇOSL)	9,98

4.1.2. Soya ürünlerinde teknolojik özelliklerin incelenmesi

Ürünlerin içerdikleri soya lifinin ve soya proteinin teknolojik özellikleri detaylı olarak analizlenmiştir. Bu kapsamda, su bağlama kapasiteleri, yağ bağlama kapasiteleri, emülsifiye etme aktiviteleri ve dayanıklılıkları, köpük oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılıkları değerlendirilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Soya ürünlerinin teknolojik özellikleri¹.

Örnek	Su bağlama kapasiteleri g/g örnek	Yağ bağlama Kapasiteleri g/g örnek	Emülsifiye etme aktivitesi %	Emülsifiye etme dayanıklılığı %	Köpük oluşturma ml
SU	2,0 ± 0,1 b	1,6 ± 0,4 a	51,5 ± 0,4 a	93,3 ± 0,0 a	50,0 ± 10,0 a
SST	1,7 ± 0,9 b	0,9 ± 0,0 bc	51,5 ± 0,8 a	86,7 ± 0,0 b	23,3 ± 2,9 cd
SPI 1	6,1 ± 0,9 a	1,4 ± 0,0 ab	51,7 ± 1,0 a	97,3 ± 0,0 a	45,0 ± 5,0 ab
SPI 2	5,3 ± 0,1 a	1,1 ± 0,3 bc	50,3 ± 0,5 a	79,9 ± 0,0 c	8,3 ± 7,6 e
ÇSL	0,7 ± 0,1 c	1,2 ± 0,3 abc	19,5 ± 6,8 b	4,4 ± 0,0 d	35,0 ± 0,0 bc
ÇOSL	5,5 ± 0,1 a	0,8 ± 0,3 c	2,1 ± 1,4 c	0,0 ± 0,0 d	13,3 ± 5,8 de

¹Değerler üç analiz tekrarın ortalaması ve ± standart sapma değerleridir. Her özellik için kolonlarda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0,05).

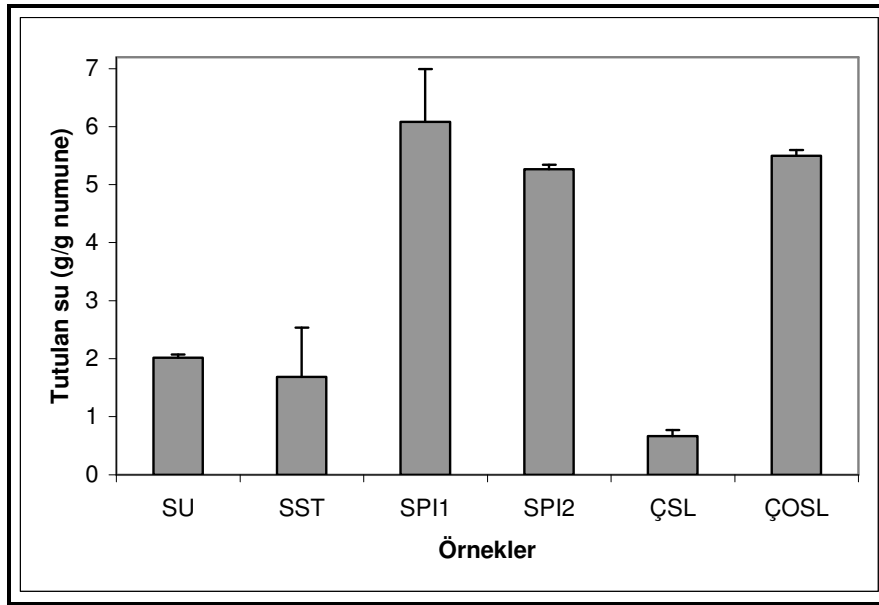
4.1.2.1. Su bağlama kapasiteleri

Su bağlama kapasitesi tüm hidrasyon suyu ve santrifüjleme sonrası moleküllere gevşek bağlanmış su ile ilişkilidir (Boyacıoğlu, 2006). Başka bir deyişle; herhangi bir fiziksel strese maruz kalan jel sisteminin tuttuğu su miktarıdır (Nelson, 2001b). Su bağlama kapasiteleri incelendiğinde; SPI'ların ve ÇOSL'nin en yüksek su bağlama kapasitelerine (5,3-6,1 g/g örnek) sahip olduğu açıkça görülürken, SU, SST ve ÇSL'nin daha düşük değerlerde (0,7-2,0) değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.1). Nelson (2001a) soya kabuğu lifinde su bağlama kapasitesini örnek tarafından bağlanan su miktarı olarak ölçen AACC 56-30 yöntemine göre 4 g/g örnek olarak belirtmiştir.

Soya ürünlerinin su bağlama kapasiteleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Soya protein izolatu 1, ÇOSL ve SPI 2 örnekleri arasında fark yok iken, SU ve SST birbirlerinden farksız ancak diğerlerinden farklıdır (P<0,05). En düşük su bağlama kapasitesine sahip ÇSL ise tüm diğer örneklerden önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Ancak ÇSL'nin yüksek çözünürlük ve jel oluşturma özellikleri nedeniyle, su bağlama kapasitesinin kullanılan yöntem ile yalnızca serbest su miktarı esas alındığından doğru olarak ölçülemediği tahmin edilmektedir. Bunun nedeni ÇSL'nin suda tamamen çözülerek jelimsi bir yapı oluşturmaması ve serbest suyun ölçülememesi ile ilişkilidir. TGA ile yapısal olarak bağlı olan suyun uzaklaştığı sıcaklıklar esas alındığından analiz daha doğru sonuç verebilmektedir (Schiraldi ve Fessas, 2001). Ayrıca, ÇSL'nin daha düşük su bağlama kapasitesi polisakkaritlerin jel oluşturma özellikleri ile de ilişkilidir. Polisakkaritler hidrofilik moleküller olup, çok sayıda serbest hidroksil grupları nedeniyle suyla hidrojen bağları oluştururlar. Hem çözünür hem çözünür olmayan polisakkaritlerin suyu tutma yeteneği vardır. Çözünür polisakkaritlerin suyu tutmasına ilişkin en belirgin gözlem jelleşme olayıdır.

Çok düşük miktarlarda (%1) polisakkarit çözündüğü su içerisinde suyun tümünü polisakkarit moleküllerinin üç boyutlu ağ yapısı içerisinde hapsedme yeteneğine sahiptir. Hapsedilen suyun hareket etmesi mümkün değildir ve sistem jelin yarı-katı özelliklerine sahiptir (Oakenfull, 2002). Viskoz polisakkaritlerin daha yüksek su tutma kapasitelerine sahip oldukları belirtilmektedir (Schneeman, 2000). Bu nedenle bu yöntemle ÇSL için yapılan su bağlama analiz sonuçları doğru sonuç vermemiştir.

En yüksek su bağlama kapasitesine sahip olan ÇOSL örneği soya kotiledonunun hücre duvarından üretilmiş olup, çözünür ve çözünür olmayan lif bileşenlerini içermektedir (Tablo 4.1). Bu nedenlerle, su bağlama kapasitesi ve nem migrasyonunu kontrol edici özelliğe sahip olduğu belirtilmektedir (Solae Company, 2003).



Şekil 4.1: Soya ürünlerinde su bağlama kapasiteleri.

Soya protein izolatlarının yüksek su bağlama kapasiteleri (%35) yüksek protein içerikleri (Tablo 4.2) ile ilişkilidir. Proteinlerin ve çözünür olmayan liflerin su bağlama kapasiteleri yüksektir (Liu, 1999; Nelson 2001b). Soya protein izolatı 2'nin SPI 1'e kıyasla daha düşük bulunan su bağlama kapasitesinin, üretiminde uygulanmış olan ısı işlemleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Protein yapısının açılması sonucu amino asit yan zincirlerinin açığa çıkması ile su bağlama kapasitesinde artışın beklenmesine rağmen, denatüre proteinlerin bir araya gelerek birleşmesi sonucu su bağlama kapasitesi düşmektedir. Soya proteinlerinin ısı işlem ve ekstrüzyon işlemleri ile denatürasyonu sonucu su bağlama kapasitesinin azalma

gösterdiği bilinmektedir (Liu, 1999). Soya protein fraksiyonlarından β -konglisininin (6,2 ml/g) su bağlama kapasitesinin glisinine (7,3ml/g) göre daha düşük olduğu da belirtilmiştir (Khatib ve diğ., 2002).

Su bağlama kapasitesi protein içeriği ve lif içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Soya protein içeriğinin SPI 1 ve SPI 2’de en yüksek olmasından dolayı SU ve SST’ye göre daha yüksek su bağlama kapasitesi gözlenmiştir. Soya ürünlerinin unlu mamullerde suyu bağlama ve tutma özelliği bu ürünlerde raf ömrünü etkilemektedir (Liu, 1999; Boyacıoğlu 2006).

Çeşitli soya ürünlerinin buğday ununu %15 seviyelerinde ikame etmek üzere ilave edildiği ekmekler üzerine yapılan bir çalışmada, su absorplama kapasiteleri en yüksek soya protein konsantrelerinde gözlenirken (93 ml/100 g), bunu SPI (68 ml/100g), yağsız SU (66 ml/100g) ve buğday unu (63 ml/100g) takip etmiştir. Soya protein konsantrelerinde bu değerin yüksek olması soya proteininin yanı sıra soya lifi içermesi ile de ilişkili olarak rapor edilmiştir (Chavan ve Kadam, 1993).

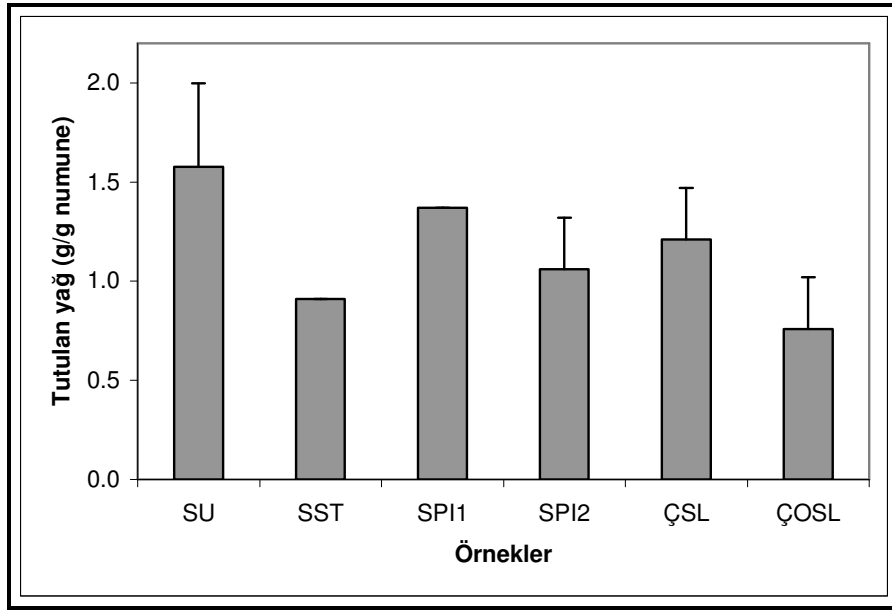
4.1.2.2. Yağ bağlama kapasiteleri

Yağ bağlama kapasiteleri incelendiğinde soya ununun en yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip olduğu, protein izolatlarının ve çözümlü lifin bunu takip eden yağ bağlama kapasitelerine (1,6-1,1 g yağ/ g örnek) sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4.4 ve Şekil 4.2). Soya sütü tozu ve ÇOSL örnekleri daha düşük yağ bağlama kapasitesi (0,9-0,8 g yağ/ g örnek) aralığında değişmektedir. Soya sütü tozunun %22 yağ içermesi (Devansoy, 2003) nedeniyle yağ bağlama kapasitesi diğer ürünlere göre daha düşüktür.

Soya ürünlerinin yağ bağlama kapasitesi açısından birbirlerinden önemli düzeylerde farklılıklara sahip olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu farklılıklar incelendiğinde; SU, SPI 1 ve ÇSL’nin yakın değerlerde olduğu, ancak SU’nun kalan diğer ürünlerden farklı olduğu bulunmuştur. Çözümlü olmayan soya lifi en düşük yağ bağlama kapasitesine sahip olmasına rağmen, SST, SPI 2 ve ÇSL’den farklı değildir.

Diyet liflerinin yağı bağlama özellikleri, kimyasal kompozisyonun yanı sıra lif yapısının porozitesi ile de ilişkilidir (Nelson, 2001a). Soya proteininin yağ bağlama özelliği sağlaması nedeniyle, özellikle soya unu ve soya protein izolatlarının et

ürünlerinde ve Amerikan lokmasında (Donut) kullanımları yaygındır (Rhee, 1994; Endres, 2001).



Şekil 4.2: Soya ürünlerinde yağ tutma kapasiteleri.

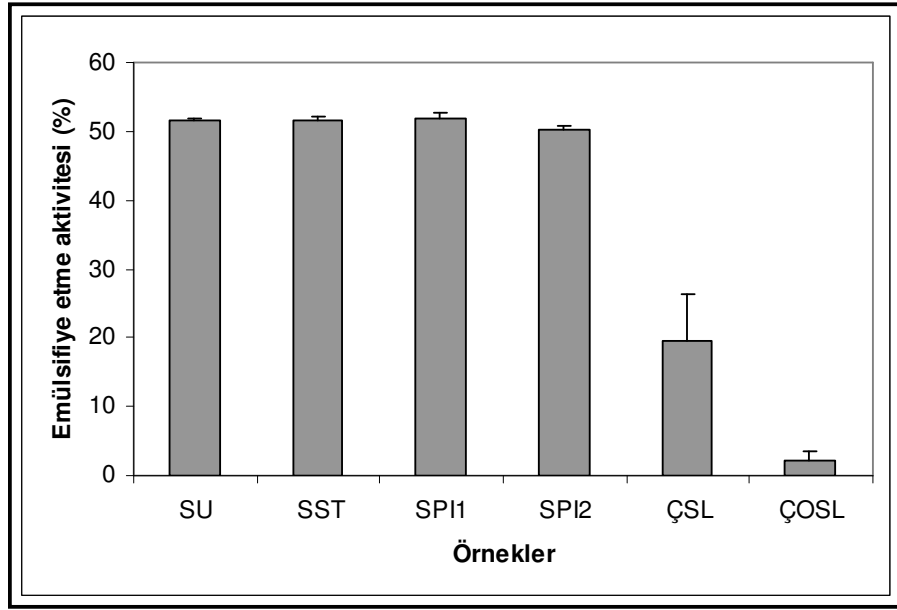
4.1.2.3. Emülsifiye etme aktiviteleri ve dayanıklılıkları

Tablo 4.4’de verilen emülsifiye etme aktiviteleri, SU, SST, SPI 1 ve SPI 2 örneklerinde farksız olup, soya liflerinde önemli ölçüde düşüktür ($P<0,05$). Emülsifiye etme aktivitesinin öncelikli olarak soya proteinin bir fonksiyonu olduğu açıktır. Çözünür soya lifinin de çözünür olmayan life kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde daha güçlü bir emülsifiye etme aktivitesi vardır ($P<0,05$) (Şekil 4.3).

Proteinler amfilik karakterleri nedeniyle emülsifiye edici özelliğe sahiptirler. Proteinlerin çözünürlüğü ve hidrofobisitesi emülsifiye edici özelliğe etki etmektedir (Liu ve Limpert, 2004). Soya proteini konsantrasyonu arttıkça arayüzey gerilimini azalmaktadır. Soya unu, soya protein konsantreleri ve izolatları emülsiyon oluşturma fonksiyonları nedeniyle ekmek ve keklerde kullanım bulmaktadır (Boyacıoğlu, 2006). Emülsifiye etme özelliği soya liflerinde önemli değildir. Ancak çalışmada kullanılan ticari SOYAFIBE® (ÇSL) ürününün emülsifiye etme özelliği kazandırılmış bir ürün olduğu belirtilmektedir (EC, 2003; Fuji Oil Company, 2003).

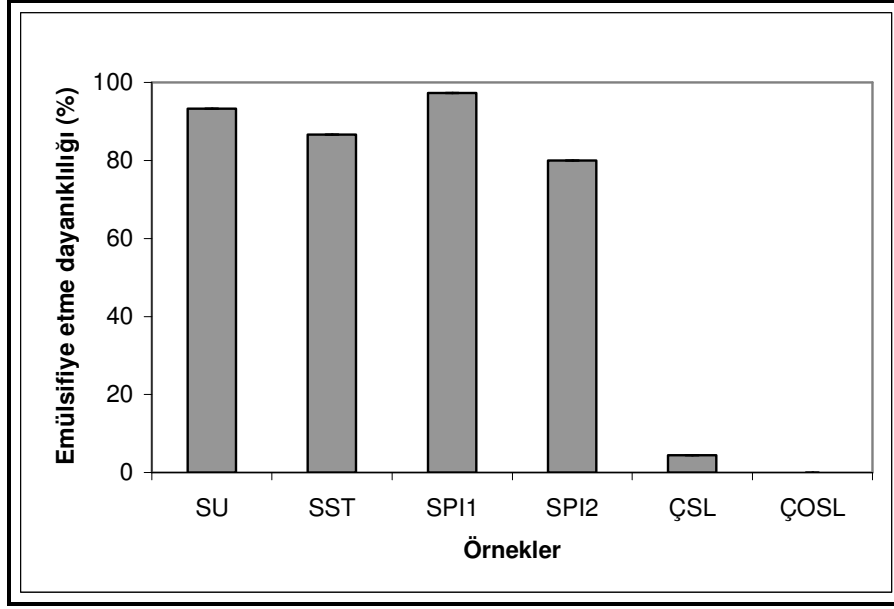
Özellikle yağ içeren soya ürünlerinin, yağlı soya unu gibi, doğal emülgatör olan lesitini de içermeleri nedeniyle emülsifiye etme aktivitelerinin yağsız soya ununa kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Chavan ve Kadam, 1993).

Emülsiyon kapasiteleri soya protein izolatu ve soya unu için sırasıyla 277 ve 184 g yağ/g örnek olarak belirtilmiştir. Yağ fazı hacmi ise %82,9 ve 79,8 olarak ifade edilmiştir (Hill, 1996). Benzer şekilde bu çalışmada da soya protein izolatları ve soya ununun yüksek emülsifikasyon kapasitesine (%50-52) sahip oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 4.3: Soya esaslı bileşenlerin emülsifiye etme aktiviteleri.

Şekil 4.4’de verildiği gibi soya liflerinin emülsiyon dayanıklılıkları istatistiksel olarak önemli ölçüde az olduğu bulunurken (Tablo 4.4), soya protein izolatının (SPI 1) %97,3 dayanıklılık değeri ile en yüksek değere sahip olduğu bulunmuştur. Denatüre olmayan proteinin (SPI 1) kısmen denatüre olana (SPI 2) kıyasla daha yüksek emülsiyon dayanıklılık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Soya ununun (%93,3) SPI 1’den farklı olmadığı, ancak SST’ye (%86,6) göre önemli düzeyde daha yüksek dayanıklılıkları olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde emülsiyon dayanıklılığı 1 gün sonunda soya protein izolatında %94 ve soya ununda %100 olarak belirtilmiştir (Hill, 1996).



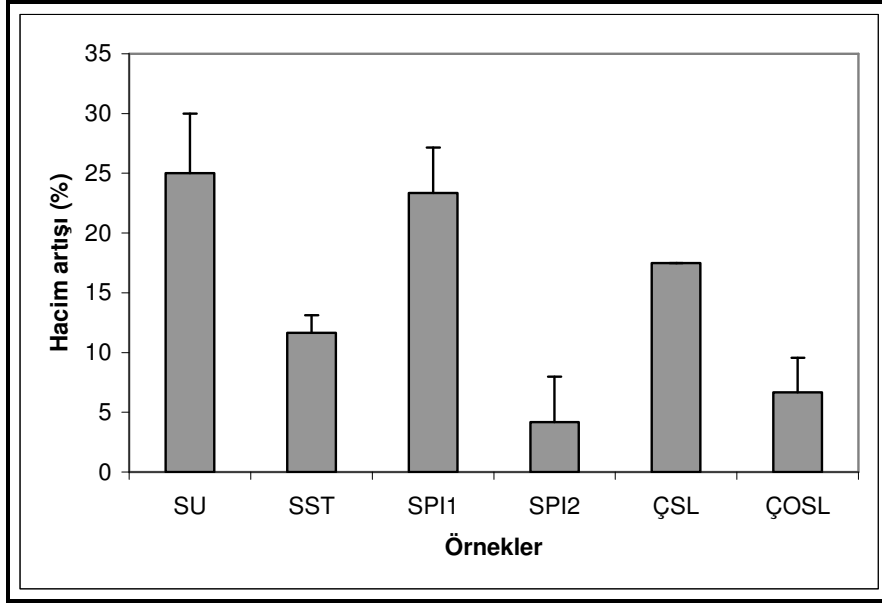
Şekil 4.4: Soya esaslı bileşenlerin emülsifiye etme dayanıklılıkları.

4.1.2.4. Köpük oluşturma kapasiteleri ve dayanıklılıkları

Köpük kapasiteleri açısından değerlendirildiklerinde incelenen tüm soya ürünlerinin köpük oluşturabildikleri Şekil 4.5’de görülmektedir. Soya unu (50,0 ml) ve SPI 1 (45,0 ml) ürünleri köpük oluşturma kapasitesi en yüksek olan ürünleri temsil etmektedir (Tablo 4.4). Soya protein izolatu 1’den farksız olan ÇSL ise bu ürünleri azalan sırada (35,0 ml) takip etmektedir. Azalan değerlerde olmak üzere SST’nin köpük oluşturma kapasitesi (23 ml), ÇSL (35 ml) ve ÇOSL (13 ml) ürünlerinkinden farksız iken, SPI 2 (8,3 ml) ÇOSL haricinde diğer tüm ürünlerden önemli düzeyde düşük köpük kapasitesine sahiptir ($P<0,05$).

Soya proteinlerinin köpük oluşturma özellikleri doğrudan protein çözünürlüğü ile ilişkilidir. Soya protein izolatının, SU ve soya protein konsantrlerine kıyasla bu özellik açısından daha üstün oldukları belirtilmiştir (Boyacıoğlu, 2006; Liu, 1999). Geleneksel soya protein izolatlarının köpük oluşturma özellikleri oldukça sınırlıdır. Çözünür soya protein izolatu bir miktar köpük oluştursa da köpük dayanıklılıkları düşük olabilmektedir. Soya protein izolatlarının köpük oluşturma özellikleri enzim modifikasyonu ve proteinleri fraksiyonlarına ayırmak suretiyle geliştirilebilir (Egbert, 2004). Ayrıca nötral lipidlerin hekzanla ve polar lipidlerin sulu alkolle uzaklaştırılması suretiyle veya soya izolatlarının 75-80°C’ye ısıtılması ile köpük oluşturma özelliği kazandırılmaktadır. Ortamda yağ bileşenlerinin varlığı köpük

dayanıklılığının bozulmasına neden olmaktadır (Barraquio ve van de Voort, 1988; Liu, 1999). Soya sütü tozunda köpük hacminin daha düşük bulunmasının, içermekte olduğu çoğunluğu doymamış yağ asitlerinden olmak üzere %22 yağ nedeniyle olabileceği düşünülmektedir (Devansoy, 2003).



Şekil 4.5: Soya esaslı bileşenlerin köpük oluşturma kapasiteleri.

Emülsiyon damlacığı veya köpük hava hücresi daha küçüldükçe köpüğün dayanıklılığı artmaktadır. Suda çözünür lifler, karıştırmaya yardımcı olmak ve havalandırma işleminde havayı içine almak suretiyle hücre veya damlacık boyutunu küçültmede etkili olmaktadır. Ayrıca iki faz arasındaki arayüzey aktivitesini azaltmaktadırlar. Viskozitede artış sağlayarak da emülsiyonlarda damlacıkların bir araya gelmesini yavaşlatmakta ve dayanıklılığı arttırmaktadırlar (Nelson, 2001a). Çözünür soya lifinin ÇOSL'ye göre daha yüksek köpük ve emülsiyon aktivitesine ve dayanıklılığına sahip olması bu şekilde açıklanmaktadır.

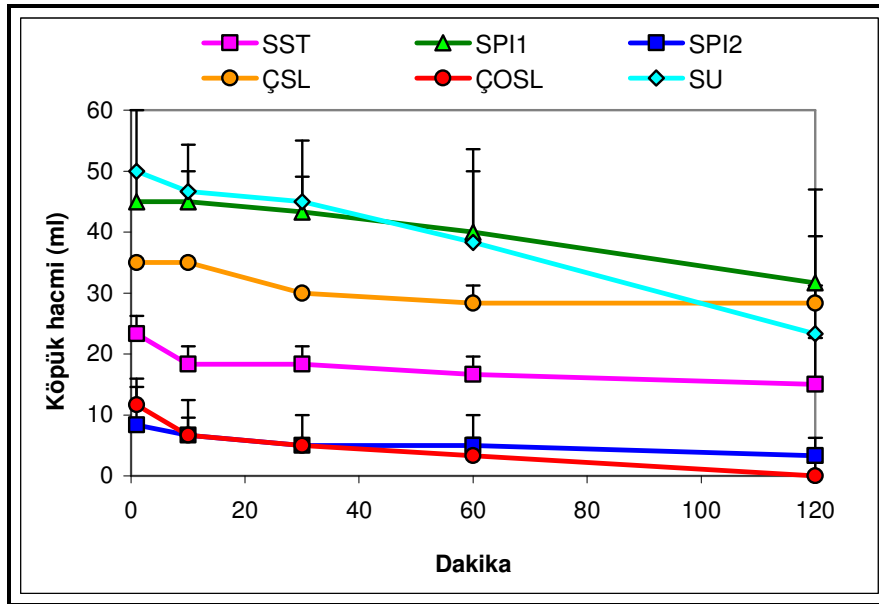
Tablo 4.5'de verildiği gibi 2 saat sonundaki köpük dayanıklılıkları SPI 1, ÇSL ve SU ürünlerinde önemli düzeyde yüksektir. Bu sürenin sonunda dayanıklılıktaki azalma, SPI 1'de %30, ÇSL'de %28 ve SU'da ise %53 oranlarındadır (Şekil 4.6). Soya protein izolatu 2 ve ÇOSL'nin köpük dayanıklılığı ise köpük oluşturma kapasitelerine rağmen 120 dk.'nın sonunda yok denecek düzeylere inmektedir. Soya sütü tozunun köpük dayanıklılığı ise 120 dk. sonunda yaklaşık %36 oranında azalmaktadır. Köpük hacmindeki azalma en hızlı olarak soya ununda gözlenirken, en

dayanıklı olduğu soya ürünleri ÇSL ve SST'dir. Benzer şekilde, Liu (1999) soya protein izolatlarının en yüksek, soya unu ve soya protein konsantrelerinin daha düşük köpük dayanıklılığına sahip olduklarını belirtmiştir.

Tablo 4.5: Soya esaslı bileşenlerin köpük dayanıklılığı, ml¹.

Örnek	1. dk.	10. dk.	30. dk.	60. dk.	120. dk.
SU	50,0 ± 10,0	46,7 ± 7,6	45,0 ± 10,0	38,3 ± 15,3	23,3 ± 23,6 a
SST	23,3 ± 2,9	18,3 ± 2,9	18,3 ± 2,9	16,7 ± 2,9	15,0 ± 0,0 ab
SPI 1	45,0 ± 5,0	45,0 ± 5,0	43,3 ± 5,8	40,0 ± 10,0	31,7 ± 7,6 a
SPI 2	8,3 ± 7,6	6,7 ± 5,8	5,0 ± 5,0	5,0 ± 5,0	3,3 ± 2,9 b
ÇSL	35,0 ± 0,0	35,0 ± 0,0	30,0 ± 0,0	28,3 ± 2,9	28,3 ± 2,9 a
ÇOSL	11,7 ± 2,9	6,7 ± 2,9	5,0 ± 0,0	3,3 ± 2,9	0,0 ± 0,0 b

¹ Değerler üç analiz tekrarının ortalaması ve ± standart sapma değerleridir. Son kolonda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0,05).



Şekil 4.6: Soya ürünlerinin köpük dayanıklılığı.

4.1.3. Soya protein karakterizasyonları

Soya ürünlerinde protein karakterizasyonları DSC ve SDS-PAGE ile gerçekleştirilmiştir.

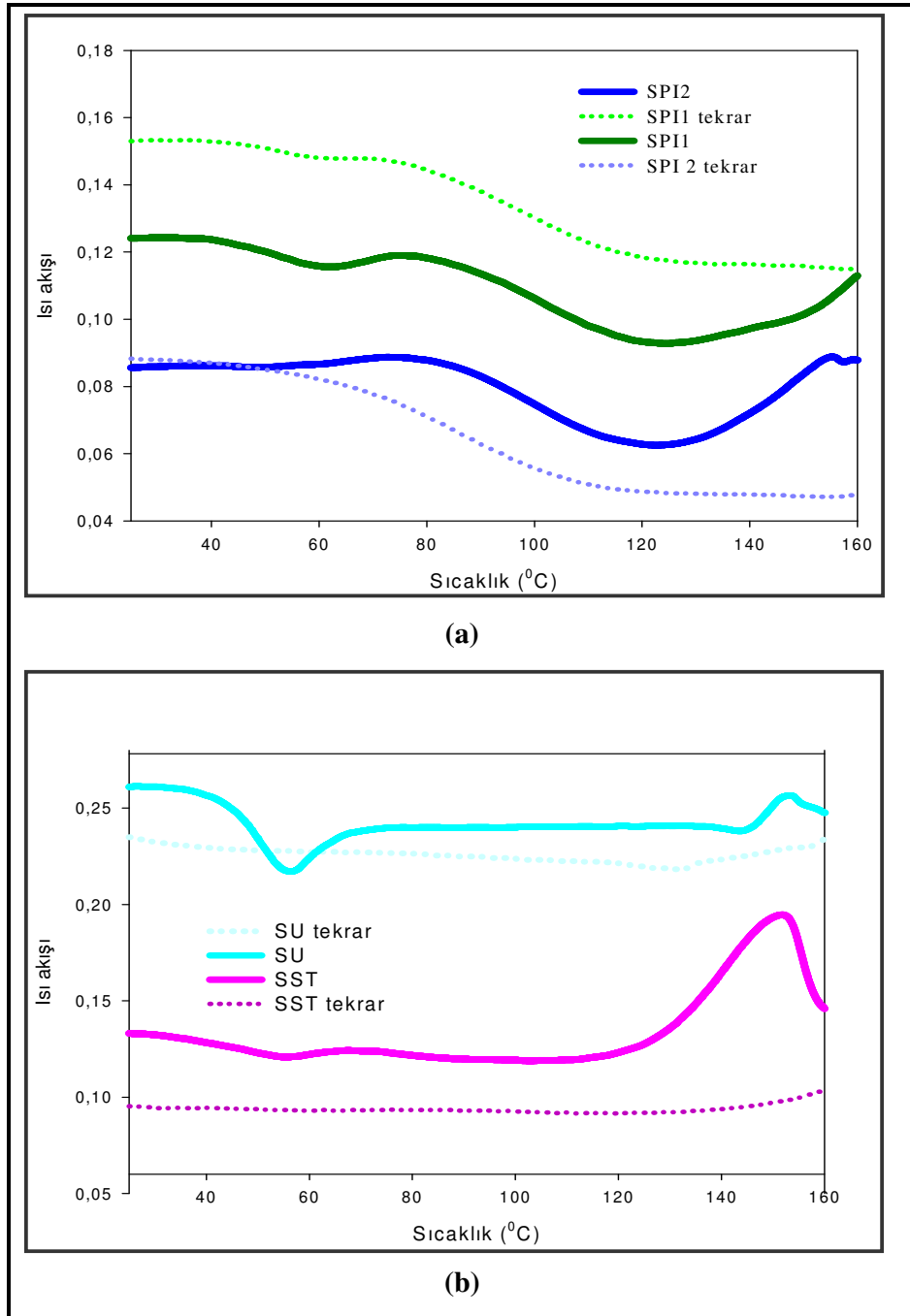
4.1.3.1 Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile analiz

Soya sütü tozu ve soya proteinini içeren ürünlerde protein denatürasyonlarının DSC'de incelemeleri ile gerçekleştirilmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile -60°C'den 160°C'ye 5°C/dk. ısıtma hızında analizlendiğinde 50-70°C ve 110-130°C civarında

7S ve 11S fraksiyonları iki endotermik pik olarak gözlenmiştir (Şekil 4.7). İlk pik β -konglisinine ait olup, ikinci büyük endotermik pik glisinin denatürasyon pikidir (Liu ve diğ., 2004; Ma ve diğ., 1997; Zhang ve diğ., 2005).

Kesik çizgili eğriler örneklerin ilk analiz sonrasında hemen soğutularak ikinci kez analizini göstermektedir (Şekil 4.7). Soğutmanın ardından örneklerin yeniden analizlenmesi sonucunda endotermik pikler kayboluyorsa, proteinlerin tersinir olmayan denatürasyona uğradıkları tahmin edilebilmektedir (Ma ve Harwalker, 1988). Tamamen denatüre proteinlerin hiçbir endotermik pik vermeyeceği esas alınarak DSC taraması denatürasyon derecesini takip etmede kullanılabilir (Zhang ve diğ., 2005). Soya sütü ve ürünlerinin geleneksel yöntemlerle işlenmesi sırasında ısıtma işlemi yapılmaktadır. Isıl işlemler ise soya proteinlerinin yüklerinin ayrışmasına, denatürasyon ve polipeptit zincirlerinin bir araya gelmesine neden olmaktadır (Zhang ve diğ., 2005).

Tablo 4.6.'dan da görüldüğü üzere, SST örneği için (0,781 J/g) 7S fraksiyonu SU'ya kıyasla (5,462 J/g) daha küçük pik halinde elde edilmiş olup, kısmen denatüre proteinlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Soya sütü tozunda β -konglisinin fraksiyonunun, SU'ya göre kısmen denatüre olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 4.7). Glisinin fraksiyonu ise SU için daha düşük bulunmuştur. Ancak soya genotiplerindeki veya olgunlaşma düzeylerindeki farklılıklar da glisinin ve β -konglisinin oranlarının değişimine neden olabilmektedir (Riblett ve diğ., 2001). Bu karşılaştırmaları yaparken soya protein miktarları da göz önünde bulundurulmalıdır. Soya unu ve SST, soya protein izolatlarının yaklaşık yarısı kadar protein içermektedirler (Tablo 4.2). Bu nedenle benzer protein içerikli olan SU ve SST'nin kendi içlerinde, SPI 1 ve SPI 2'nin denatürasyon entalpilerinin ise kendi içlerinde değerlendirilmesi daha doğrudur. Soya sütü tozunun β -konglisinin fraksiyonunda gözlenen denatürasyon, SU'da ise glisinin fraksiyonda gözlenmiştir. Denatürasyonun varlığı SPI 2'de özellikle β -konglisininde tespit edilmiştir. Soya sütü tozundaki soya proteinlerinin etkilerinin benzetimini yapmak üzere çoğunlukla denatüre soya proteini fraksiyonu içeren soya protein izolatlarının da seçilmesi önem taşımaktadır. PROFAM® 891 soya proteini izolatu bu amaç için uygun görülmüştür.



Şekil 4.7: Proteinlerin DSC sonuçları a) SPI 1 ve SPI 2 b) SU ve SST.

Tablo 4.6: Soya ürünlerinde soya proteini fraksiyonlarına ait denatürasyon entalpi değerleri¹, J/g.

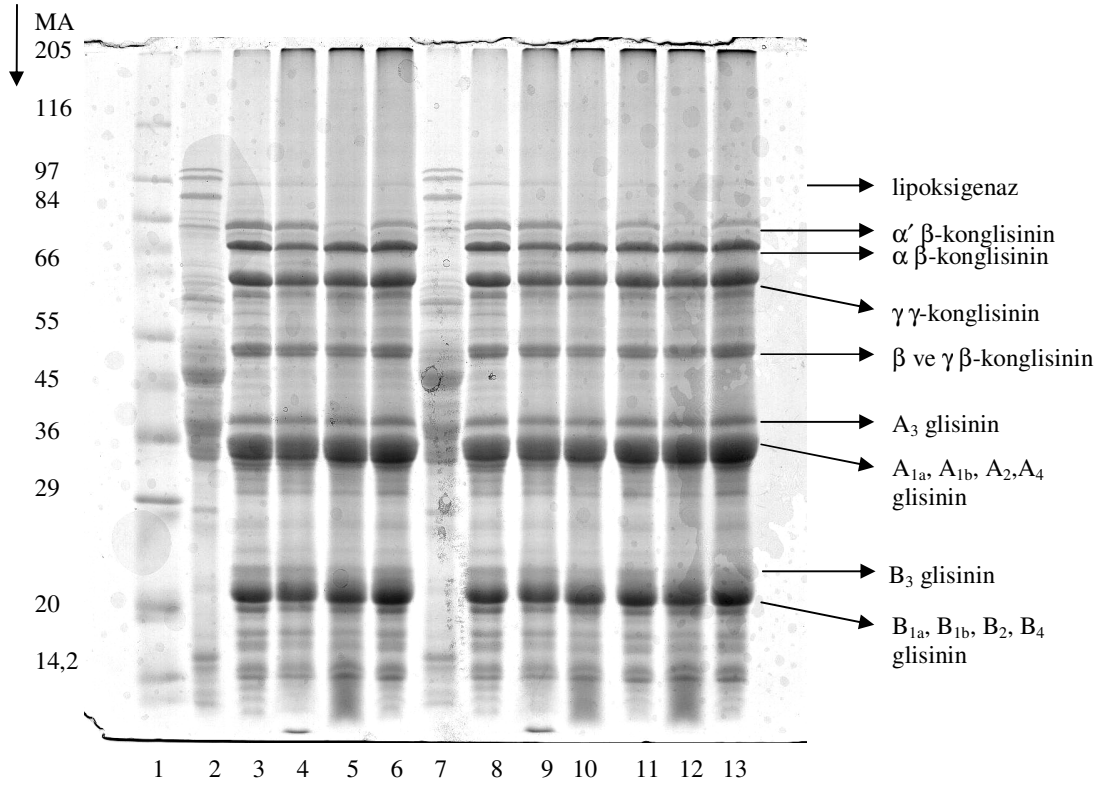
Örnek	β -konglisinin denatürasyon entalpi piki (50-56°C)	Glisin denatürasyon entalpi piki (110-130°C)
SU	5,462	0,422
SST	0,781	4,434
SPI 1	1,176	13,95
SPI 2	0,232	12,13

¹ Değerler iki analiz tekrarının ortalamasıdır.

Soya ürünlerinin içermiş oldukları fraksiyonlara göre teknolojik özelliklerinin de farklılaşmalar gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin, glisin fraksiyonunun daha iyi jel oluşturu özelliği olduğu, β -konglisinin ise glisine kıyasla daha iyi emülsifiye etme özelliği olduğu rapor edilmiştir (Riblett ve diğ., 2001). Benzer şekilde, β -konglisinin fraksiyonları olduğu gözlenen SU, SPI 1 ve SST'nin SPI 2'ye göre emülsifiye etme kapasitesi ve dayanıklılığının daha yüksek olduğu bu çalışmada da gösterilmiştir. Emülsiyon kapasiteleri, köpük kapasiteleri ve dayanıklılığı SU ve SPI 1'de daha yüksek bulunması da denatürasyonun diğerlerine oranla daha az olması ile ilişkilendirilebilmektedir. Ürün eldesi sırasında işleme yöntemlerinde ısı uygulamalarının şiddetine bağlı olarak konglisinin ve glisin fraksiyonlarındaki değişimler ile emülsifikasyon özelliklerinin de değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir (Barraquio ve Van de Voort, 1988). Glisin fraksiyonunun su tutma kapasitesinin daha fazla olduğunu belirten çalışmalara göre, glisin fraksiyonunu yoğun olarak içerdiği gözlenen SPI'ların su tutma kapasiteleri de diğer soya ürünlerine göre daha yüksek bulunmuştur (Barraquio ve Van de Voort, 1988; Khatib ve diğ., 2002).

4.1.3.2. Sodyum dodesilsülfat poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE)

Şekil 4.8'de buğday unu, yağsız SU, SST ve iki farklı soya protein izolatına (SPI 2 Profam 891 ve SPI 1 Prolisse) ait SDS-PAGE elektroforetogramları verilmiştir. 7S proteinleri 66 KDa ve 84 KDa aralığında, 11S proteinleri ise 36 KDa altındadır (Basman ve diğ., 2002). Tahminlenen molekül ağırlıklarına göre ürünlerde glisin ve β -konglisinin fraksiyonları gözlenmiştir. β -konglisinin alt üniteleri ise α , α' , β ve γ olarak verilmiştir. Glisinin asidik ve bazik alt-üniteleri sırasıyla A ve B olarak belirtilmiştir (Henn ve Netto, 1998; Petruccelli ve Anon, 1995). Tahminlenen soya proteini fraksiyonları Petruccelli ve Anon (1995), Ma ve diğ. (1997) ve Riblett ve diğ. (2001)'nin bulguları ile benzerlik göstermektedir.



Örnekler: (1) Protein işaretleyicisi (12 μ l), (2) Buğday unu (10 μ l), (3) Soya unu (10 μ l), (4) SST (12,5 μ l), (5) SPI 2 (10 μ l), (6) SPI 1(10 μ l), (7) Buğday unu (10 μ l), (8) Soya unu (12,5 μ l), (9) SST (12,5 μ l), (10) SPI 2 (8 μ l), (11) SPI 1(8 μ l) , (12) SPI2 (10 μ l), (13) SPI1(10 μ l).

Şekil 4.8: SDS-PAGE elektroforetigramı.

Soya ve buğday unları arasındaki farklılık dışında örnekler arasındaki elektroforetik paternlerde çok belirgin bir farklılık yoktur. Daha önce kısmen denatüre olmuş soya proteini olarak saptanan SPI 2 örneğinde β -konglisinin fraksiyonları SPI 1'e göre, SST'de ise SU'ya kıyasla daha zayıf bantlar olarak görülmektedir. Soya sütü tozundaki glisinin fraksiyonlarının daha zayıf bantların varlığı kısmi denatürasyonun göstergesidir. Soya ununda da glisinin için SPI 1'e göre daha zayıf bantlar elde edilmiştir.

Her iki yöntem ile (SDS-PAGE ve DSC) yapılan karakterizasyon analizlerinin sonuçları birbirlerini desteklemektedir. Bu bulguların ışığında, SPI 1 ve SU ürünlerinde denatürasyon diğerlerine göre daha zayıf gerçekleşmiştir. Soya unu ve SPI 1'in teknolojik özelliklerinin de SST ve SPI 2'ye benzer olması bu bulguları destekleyici yöndedir.

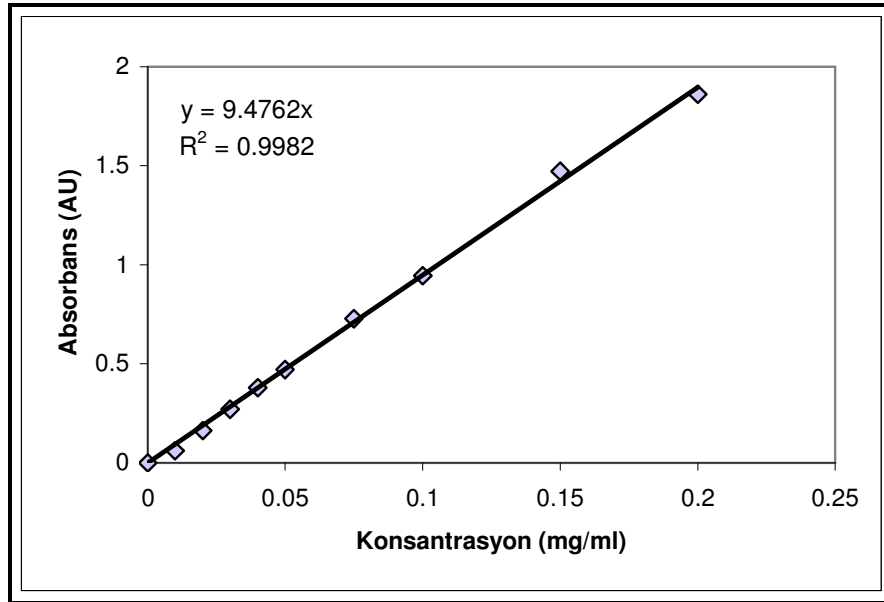
Denatürasyon incelemelerine ilave olarak soyada doğal olarak mevcut lipoksinaz enziminin varlığının SDS-PAGE ile tespiti mümkün olmuştur. Lipoksinaz enzimi,

yaklaşık 94 KDa molekül ağırlığı ile SU, SST ve SPI 1’de belirgin şekilde görünürken, SPI 2’de daha zayıf yoğunlukta bant olarak gözlenmiştir (Şekil 4.8).

4.1.4. Fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri

4.1.4.1. Toplam fenolik madde içerikleri

Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik madde analizinde sonuçların gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilebilmesi için 0,0-0,2 mg/ml konsantrasyon aralığında gallik asit standart çözeltileri ile kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Elde edilen gallik asit eğrisi Şekil 4.9’da verilmiştir. Soya ürünlerine ait toplam fenolik madde miktarları Tablo 4.7’de verilmektedir.



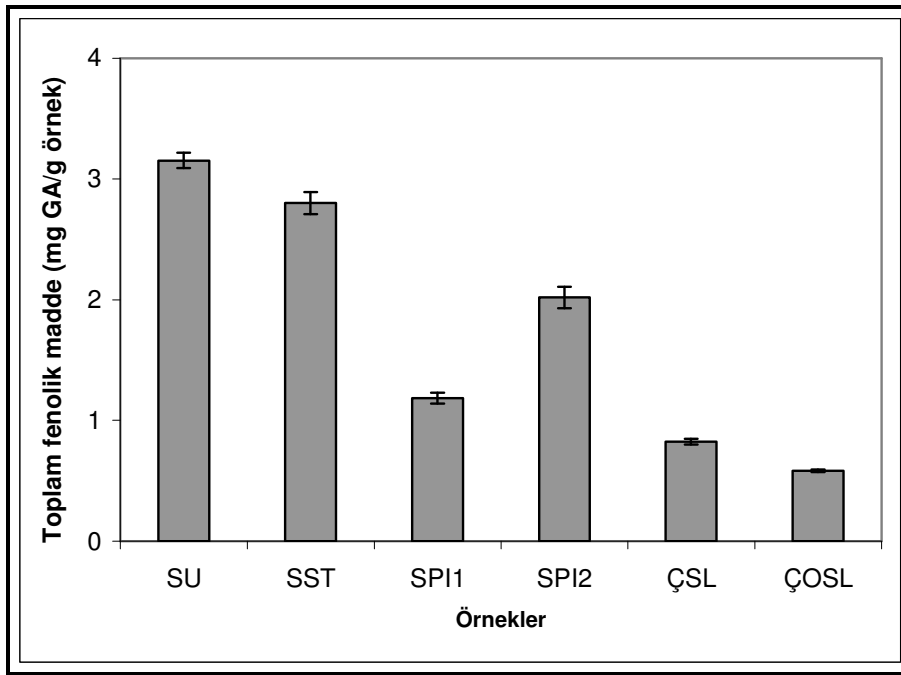
Şekil 4.9: Gallik asit kalibrasyon eğrisi.

Tablo 4.7: Soya ürünlerinin toplam fenolik madde miktarları ve 0,02 g/ml konsantrasyonu için antioksidan aktiviteleri.

Örnek	Toplam fenolik (mg GA /g) ¹	DPPH yöntemi (% YA) ^{1,2}	ABTS yöntemi (mM Troloks) ^{1,3}
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

¹Değerler 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). ²YA: Yakalama aktivitesi; ³GA: Gallik asit.

Soya ürünleri için toplam fenolik madde miktarları gallik asit cinsinden analizlendiğinde; en yüksek fenolik madde miktarı sırasıyla SU, SST ve SPI 2’de tespit edilmiştir. Analizlenen tüm ürünler fenolik madde miktarları açısından istatistiksel olarak birbirlerinden farklıdır (P<0,05). Soya protein izolatı 1 ve soya liflerinin ise nispeten daha düşük fenolik madde miktarına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Soya ürünlerinde Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik madde analizi çalışmaları literatürde az bulunmakla birlikte, Pinto ve diğ. (2005) yağsız soya unu için fenolik madde miktarlarını 1,33 mg kateşin/g ve soya protein izolatları için 0,76-1,28 mg kateşin/g olarak rapor etmişlerdir.



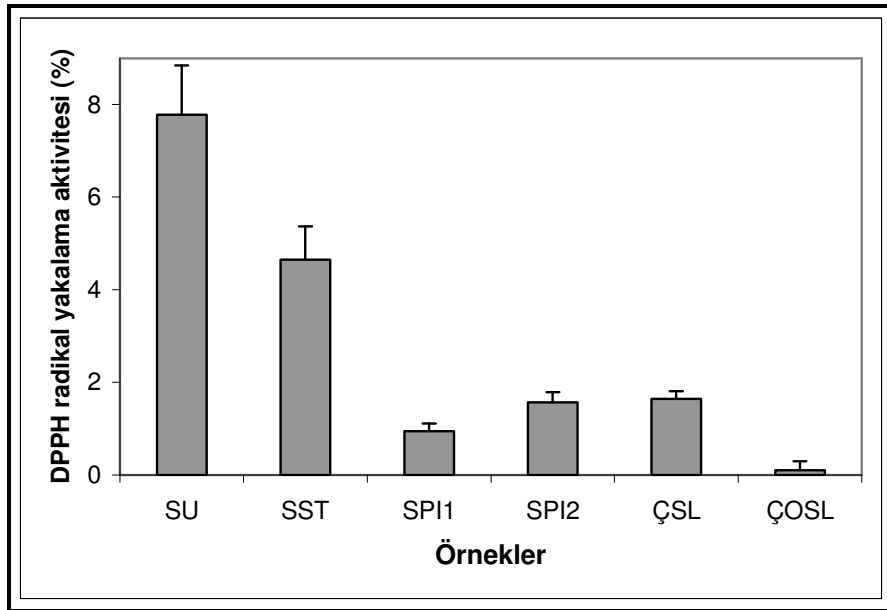
Şekil 4.10: Soya ürünlerin toplam fenolik madde miktarları.

4.1.4.2. DPPH radikal yakalama aktiviteleri

Ürünlerin antioksidan aktiviteleri DPPH radikal yakalama aktivitesi yöntemi ile %0,10-7,77 aralığında değişmektedir (Tablo 4.6). Soya ununun antioksidan aktivitesinin diğer soya ürünlerine göre önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Bunu takip eden ikinci yüksek antioksidan aktivitesi ile SST gelmektedir. Diğer soya esaslı bileşenlerin antioksidan aktivitelerinin ise oldukça düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Çözünür soya lifi ve SPI 2’nin antioksidan aktiviteleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (P>0,05). Elde edilen bu sonuçlar toplam fenolik madde miktarları ile uyumludur. En yüksek fenolik madde içeriğine

sahip SU ve SST aynı zamanda en yüksek DPPH radikal yakalama yüzdesine sahiptir.

Lee ve diğ. (2004) çeşitli soya fasulyesi çeşitlerinde yapılan DPPH analizi sonucunda ortalama değeri %10,1 olarak belirtmişlerdir. Soya fasulyesinin işlenmesi sonucunda soya ürünlerinde antioksidan aktivitenin azalması doğaldır. Soya unu ve SPI'nın depolanması sürecinde dahi artan sıcaklığın antioksidan aktivitelerinin inhibisyonuna neden olduğu belirtilmektedir (Pinto ve diğ., 2005). Soya protein izolatlarında ve soya lifi eldesinde uygulanan proseslerde alkali ile ekstraksiyon yapılmaktadır (Riaz, 2006). Model sistemler üzerine yapılan çalışmalarda pH 9 ve yüksek sıcaklık (90°C) uygulamalarında izoflavonların parçalanma hızının pH 7'ye göre çok daha hızlı olduğu ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitelerinde de azalma olduğu rapor edilmiştir (Ungar ve diğ., 2003).



Şekil 4.11: Soya ürünlerinin DPPH radikal yakalama yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri.

4.1.4.3. ABTS radikal yakalama aktiviteleri

Bu yöntemde antioksidan aktiviteleri Troloks cinsinden ifade edildiğinden öncelikle Şekil 4.12'de görülen Troloks kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Antioksidan aktiviteleri ABTS radikal yakalama aktivitesi yöntemi ile incelendiğinde; DPPH yöntemi bulgularına benzer şekilde soya ununun en yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu (Tablo 4.6) ve diğer ürünlerden farklı olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,05$).

Bunu takiben SST ve SPI 2 ürünleri azalan antioksidan aktiviteleri ile gelmektedir. Diğer soya ürünlerinde antioksidan aktiviteleri daha düşük olup, SPI 1 ve ÇSL istatistiksel olarak birbirinden farksız ve ÇOSL ise en düşük değere sahiptir (Şekil 4.13).

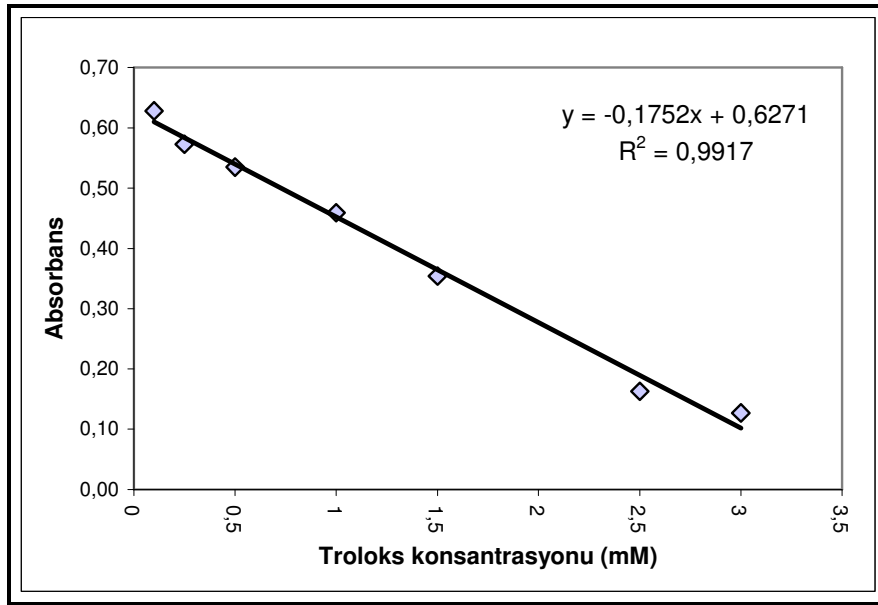
Her iki antioksidan aktivitesi analiz yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; en yüksek radikal yakalama aktiviteleri benzer şekilde SU ve SST için, en düşük aktiviteler ise SPI 1 ve ÇOSL için elde edilmiştir. Yöntemler arasında bulgular açısından tek farklılık ÇSL ve SPI 2 örnekleri için olmuştur. Soya protein izolatu 2 ve ÇSL'nin antioksidan aktiviteleri DPPH yönteminde istatistiksel olarak farklı bulunmazken, ABTS yönteminde farklıdır.

Bu değişimde yöntem prensiplerindeki farklılıklar temel sebep olarak gösterilebileceği gibi, fenolik bileşenlerin radikallere karşı ilgilerinin farklı olması da dikkate alınabilir. Örneğin ABTS yönteminin geniş bir pH aralığında başarılı sonuçlar verdiği belirtilirken DPPH yöntemi için bu söz konusu değildir (Prior ve diğ., 2005). Çözünür soya lifi örneğinin pH değerinin $5,5 \pm 1,5$ ve SPI'ların ise 6,8-7,3 aralığında olması yöntemlerin performansını etkileyebileceği sonucunu ortaya koymaktadır (EC, 2003; ADM, 2004). Ayrıca, DPPH yönteminde radikalın diğer indirgeyici özellikteki bileşenlerden etkilendiği de rapor edilmiştir (Prior ve diğ., 2005). Çözünür soya lifinde ekstraksiyon sırasında asit hidrolizi ile ortaya çıkan indirgen şekerler sonucunda DPPH'nin H^+ transferi ile indirgenebileceği ve daha yüksek radikal yakalama aktivitesi elde edilmiş olabileceği düşünülmektedir. DPPH kararlı bir radikaldır ve daha reaktif olan peroksil radikallerinden farklıdır. Peroksil radikalleri ile çok hızlı reaksiyona giren birçok antioksidan DPPH'e karşı çok yavaş yanıt vermekte veya inert olabilmektedir (Prior ve diğ., 2005). Radikallerin stereo seçicilikleri de bu anlamda etkilidir (Mathew ve Abraham, 2006).

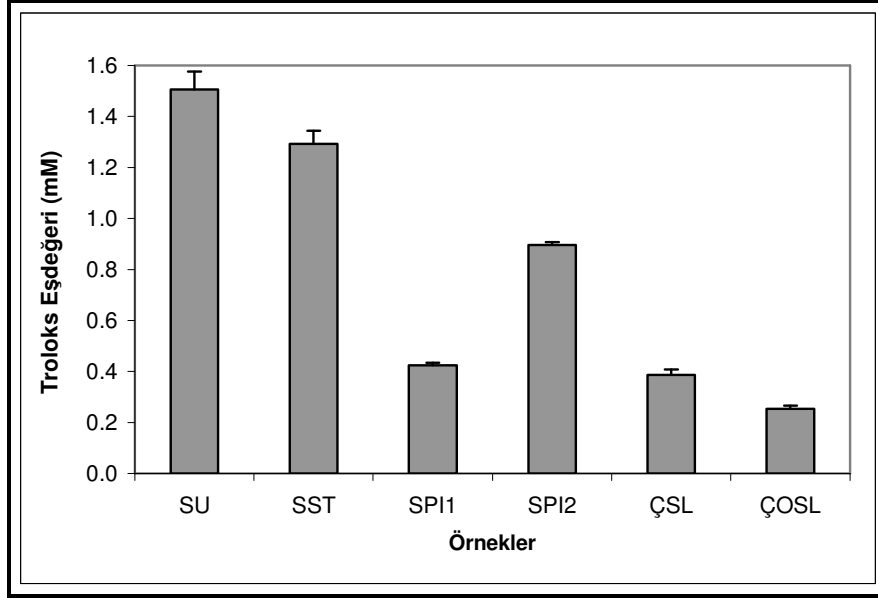
Diğer bir yaklaşım ise; fenolik madde yapıları ile antioksidan aktiviteler arasındaki ilişkilerin farklılaşması yönündedir. Her fenolik madde yapısına bağlı olarak farklı antioksidan etkiler göstermektedir. Monofenollerin polifenollere göre daha az aktivite gösterdiği, ancak hidroksil grupların fazlalığının da aktiviteyi etkilediği belirtilmiştir (Sanchez-Moreno ve diğ., 1998). İzoflavonlarda ise yapılan sınırlı sayıda çalışmada genisteinin daidzeine göre daha fazla antioksidan aktivitesi olduğu görülmektedir (Ungar ve diğ., 2003; Rüfer ve Kulling, 2006). Lee ve diğ. (2004) ise

aglikon yapılarına glikoz bağlanması antioksidan aktiviteyi 50-100 kat azalttığını belirtmiş ve düşük aglikon konsantrasyonlarına sahip örneklerdeki antioksidan aktivitenin izoflavonlar haricindeki diğer polifenollerden de kaynaklandığını rapor etmişlerdir. En yüksek DPPH yakalama aktivitesine sahip soya fasulyesi çeşidinde en yüksek malonil genistin olduğunu saptamışlardır (Lee ve diğ., 2004).

Antioksidan aktiviteleri açısından diğer gıdalarla karşılaştırıldığında ise ABTS yöntemiyle soya unu için (1,5 mM) elde edilen sonuçlar, Karakaya ve diğ. (2001) tarafından kayısı nektarı (0,61 mM), taze kayısı (0,63 mM), biber turşusu (0,63 mM) gibi ürünlerden yüksek bulunurken, kiraz (1,65 mM) ile benzer, kırmızı şarap (5,3 mM), siyah çay (4,44 mM) ve taze siyah erik (2,67 mM)'den ise düşük bulunmuştur.



Şekil 4.12: Troloks kalibrasyon eğrisi.



Şekil 4.13: Soya ürünlerinde ABTS radikal yakalama yöntemi ile saptanan antioksidan aktiviteleri.

4.1.4.4. Fenolik madde profilleri

Fenolik madde profilleri için HPLC’de analizlenen standart maddelerin alıkonma süreleri Tablo 4.8.’de verilmiştir. Bu alıkonma sürelerinden hareketle 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. Fenolik maddelere ait kalibrasyon eğrileri ise Ek A Şekil A.1-A.8’de verilmiştir. İzoflavon analizleri farklı bir yöntem uygulanarak gerçekleştirildiğinden, 4.1.5 başlığı altında açıklanmıştır. Tablo 4.9’da her soya ürününün fenolik madde kompozisyonu sunulmuştur.

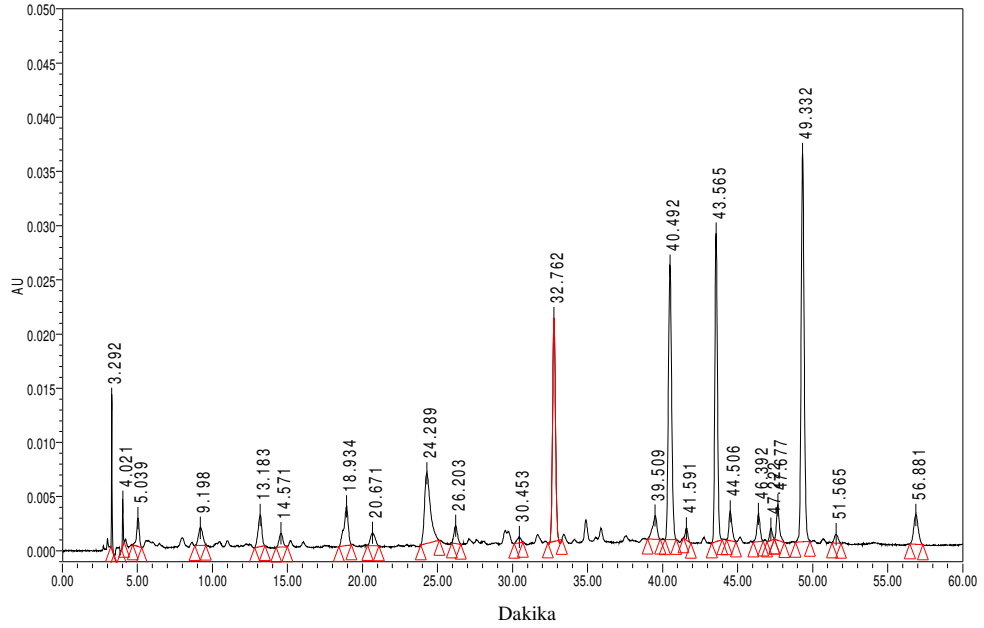
Tablo 4.8: Standartlara ait alıkonma süreleri.

Alıkonma Süresi (dk.)	Fenolik Bileşen	Alıkonma Süresi (dk.)	Fenolik Bileşen
5,7	Gallik asit	40,2	Genistin
9,2	<i>p</i> -Hidroksi benzoik asit	43,6	Malonil daidzin
19,4	Klorojenik asit	44,5	Malonil glisitin
20,4	Kafeik asit	46,4	Asetil daidzin
24,3	Şiringik asit	47,7	Asetil glisitin
29,5	Kumarik asit	49,3	Malonil genistin
32,9	Daidzin	51,6	Daidzein
34,7	Glisitin	54,2	Glisitein
36,4	Ferulik asit	62,0	Genistein
39,6	Rutin		

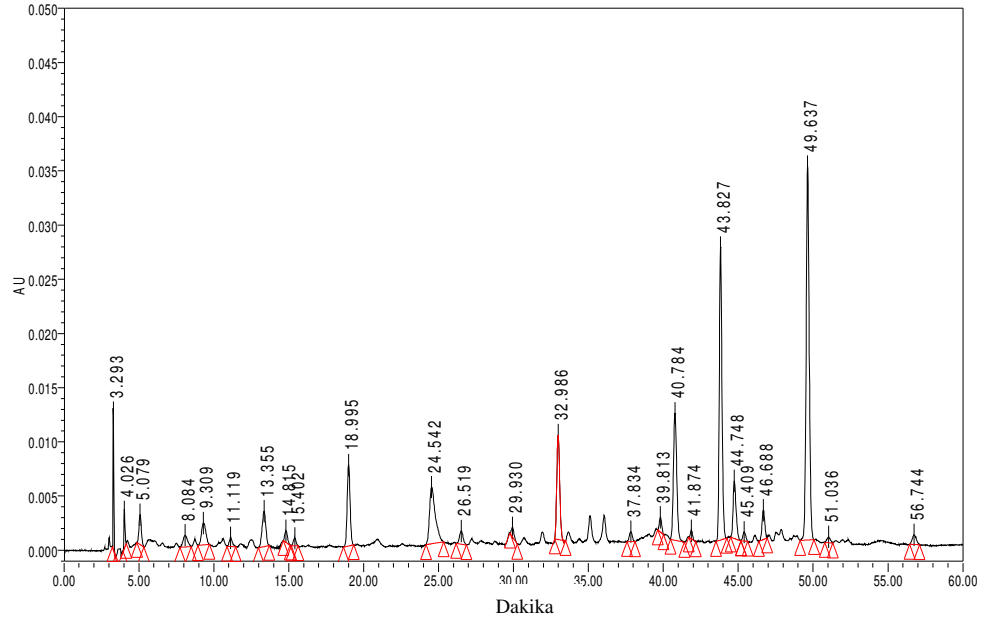
Tablo 4.9: Fenolik maddelerin soya örneklerindeki kompozisyonları.

Bileşen Adı	SST	SU	SPI 1	SPI 2	ÇSL	ÇOSL
Gallik asit	+	+	+	+	+	-
p-Hidroksi benzoik asit	+	+	+	+	+	+
Klorojenik asit	+	+	+	+	+	+
Kafeik asit	+	+	-	-	-	-
Şiringik asit	+	+	+	+	+	+
Kumarik asit	+	+	-	+	-	-
Daidzin	+	+	+	+	-	+
Glisitin	+	+	+	+	-	+
Ferulik asit	+	+	-	+	-	-
Rutin	+	+	-	+	-	-
Genistin	+	+	+	+	-	-
Malonil daidzin	+	+	+	+	+	+
Malonil glisitin	+	+	-	-	-	-
Asetil daidzin	+	+	+	+	-	-
Asetil glisitin	+	+	+	+	-	+
Malonil genistin	+	+	+	+	-	+
Daidzein	+	+	+	+	-	+
Glisitein	+	+	+	+	-	-

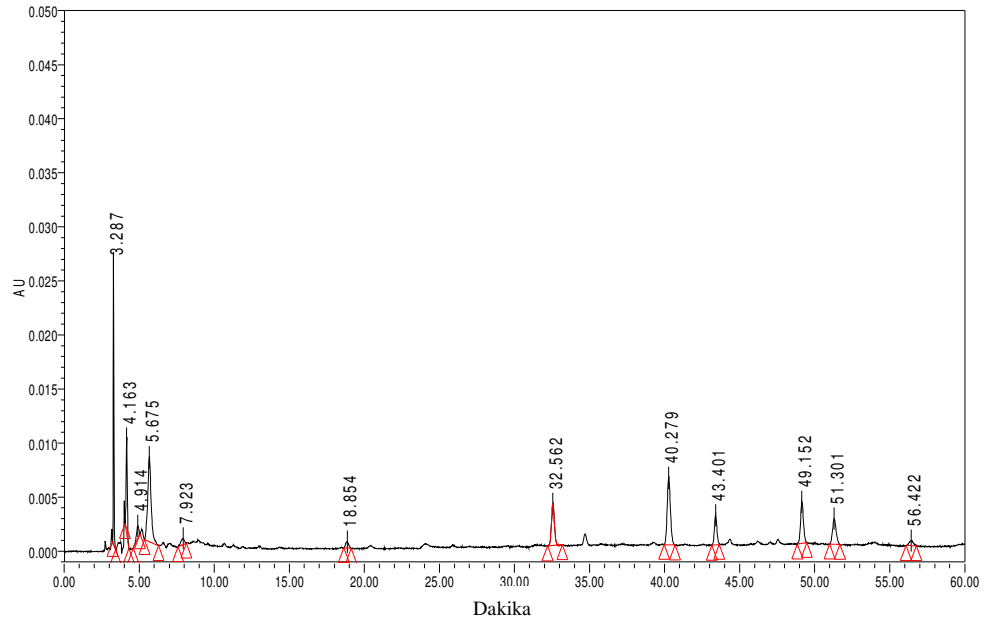
HPLC ile soya ürünlerinde yapılan fenolik madde analizine ait kromatogramlar SU, SST, SPI 1, SPI 2, ÇSL ve ÇOSL için sırasıyla Şekil 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19'da, tanımlanan fenolik bileşiklerin miktarları ise Tablo 4.10'da görülmektedir.



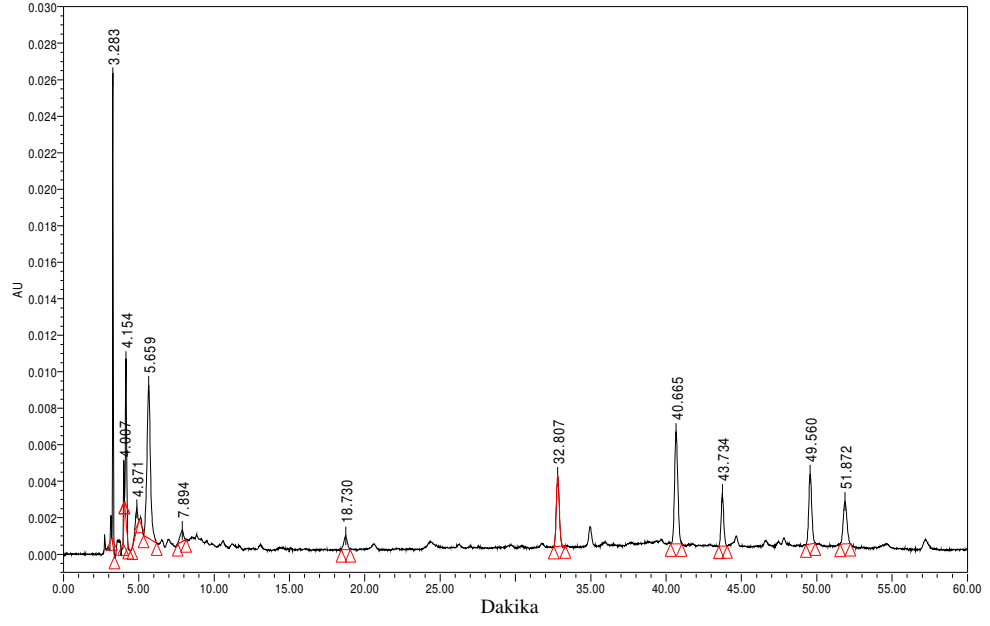
Şekil 4.14: SST'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.



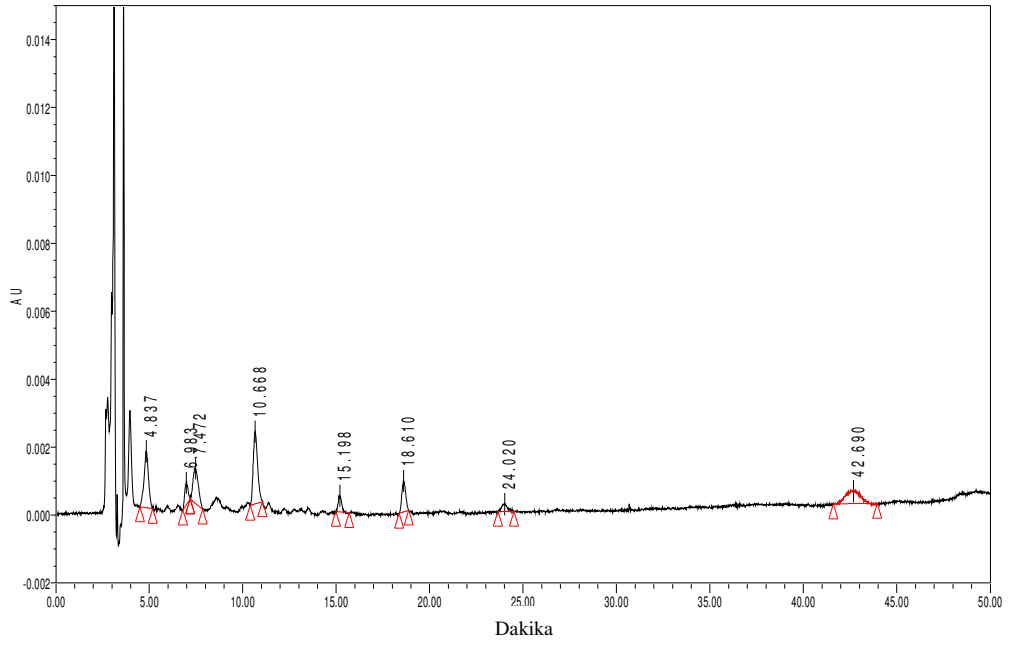
Şekil 4.15: SU'nun fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.



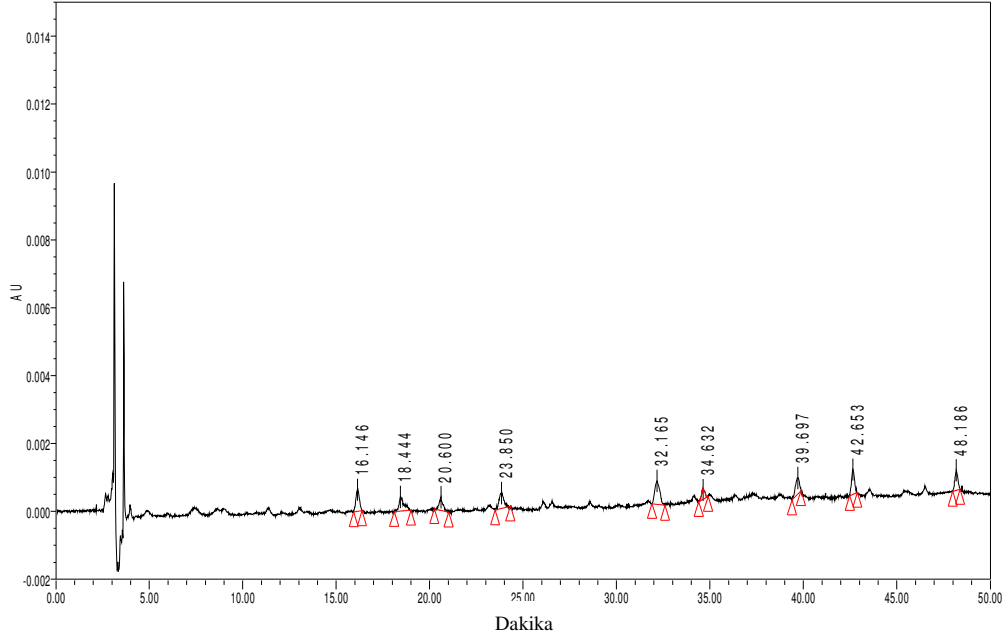
Şekil 4.16: SPI 1'in fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.17: SPI 2'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.18: ÇSL'nin fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.19: ÇOSL'deki fenolik madde profiline ait tipik kromatogram.

Tablo 4.10: Soya ürünlerinde saptanan fenolik bileşiklerin miktarları,mg/kg¹.

Fenolik madde	SU	SST	SPI 1	SPI 2	ÇSL	ÇOSL
Şiringik asit	130,6±12,5 b	150,5±24,0 a	26,0±2,3 c	22,5±1,5 c	21,5±0,9 c	24,3±2,6 c
<i>p</i> -Hidroksi benzoik asit	96,1±6,1 a	62,0±23,0 b	19,7±0,3 cd	36,4±4,1 c	26,3±1,2 c	23,0±1,1 d
Klorojenik asit	153,8 ± 50,0 a	105,1±22,7 b	TE ²	TE	0,5±0,4 c	TE
Kafeik asit	10,0±2,0 b	16,6±0,9 a	1,9±1,0 c	2,0±0,5 c	TE	2,5±1,0 c
Ferulik asit	18,7±1,3 a	2,1±1,1 b	TE	TE	TE	TE
Gallik asit	5,9±0,4 b	4,9±1,2 b	61,9±30,4 a	3,3±0,6 b	9,5±0,6 b	TE
Kumarik asit	5,1±1,3 a	4,8±0,6 a	TE	1,8±0,4 b	TE	TE
Rutin	10,6 ±6,1 c	24,2±14,4 a	TE	15,7±1,3 b	TE	TE
Toplam³	430,8 a	369,4 a	109,5 b	81,7 b	57,8 b	49,8 b

¹ Değerler iki ekstraksiyon ve ikiye enjeksiyon ortalama değerleri ve standart sapma değerleridir. Her özellik için satırlarda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ($P>0,05$). ² TE: tespit edilmedi. ³ Toplam değerler sırasında yer alan aynı harfi taşıyan değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

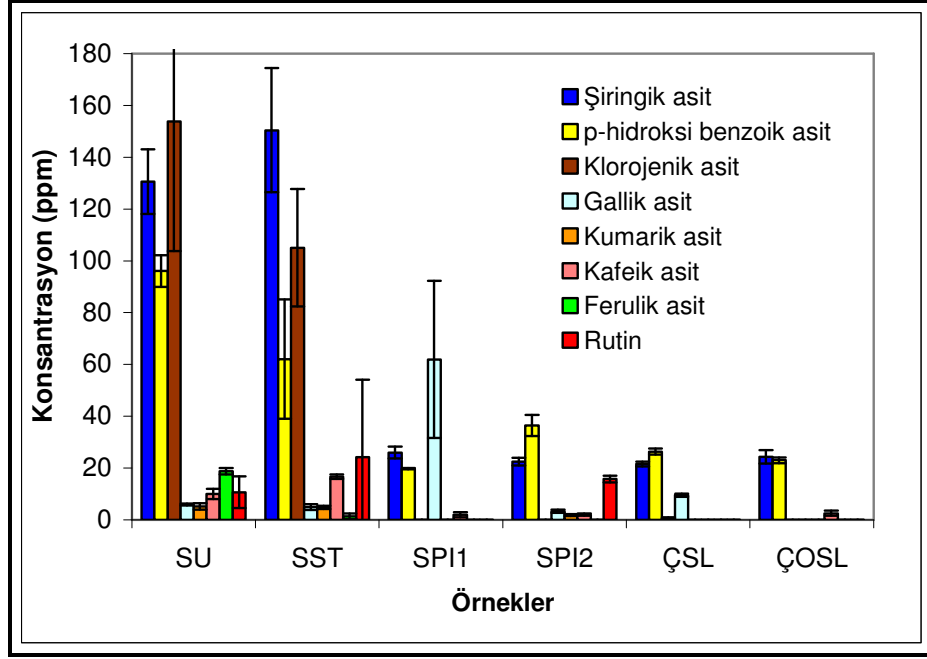
Tablo 4.9'da da verildiği gibi şiringik asit ve *p*-hidroksi benzoik asit tüm soya ürünlerinde tayin edilirken, soya protein izolatları ve soya liflerinde ferulik asit tespit edilememiştir. Soya unu ve SST ürünleri dışında klorojenik asit varlığı sadece

ÇSL'de, kumarik asit ve rutin sadece SPI 2'de gözlenmiştir. Kafeik asit sadece ÇSL'de ve gallik asit sadece ÇOSL'de mevcut değildir (Şekil 4.20).

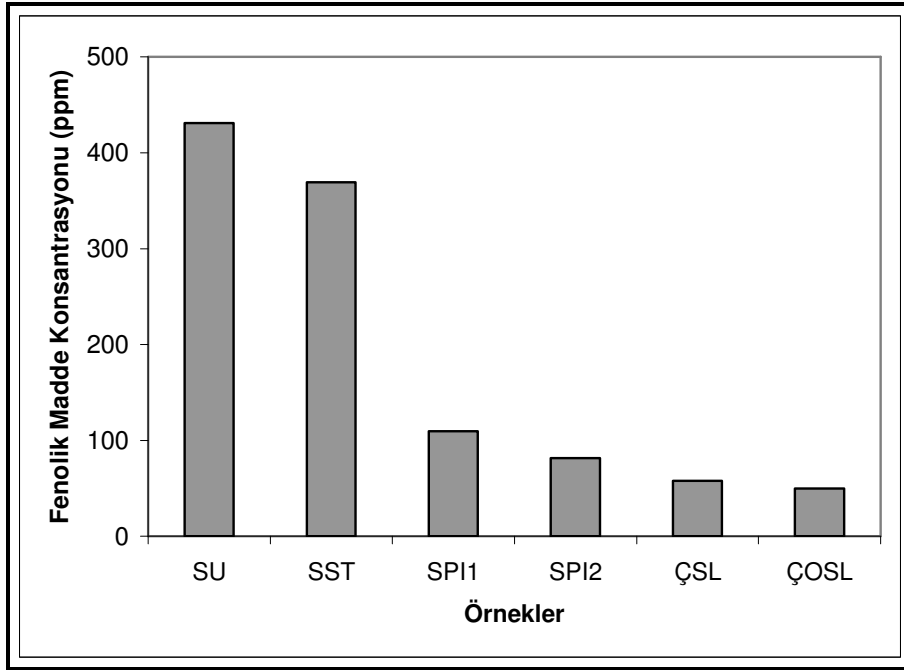
Toplam fenolik madde miktarları dikkate alındığında SU ve SST'nin birçok fenolik madde açısından zengin olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.20). Soya unundaki başlıca fenolik maddeler klorojenik asit (%36), şiringik asit (%30) ve *p*-hidroksi benzoik asittir (%22). İkinci yüksek miktarda fenolik madde içeren SST'nin önemli fenolik maddeleri benzerdir, ancak farklı oranlardadır; şiringik asit (%41), klorojenik asit (%28) ve *p*-hidroksi benzoik asittir (%17).

Soya protein izolatları ve soya liflerinin düşük fenolik madde içeriklerinin, uygulanan süreçler sırasındaki kayıplar ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir.

Soya fasulyesi ve ürünlerinde izoflavonlar haricindeki diğer polifenoller üzerine yapılan çalışmalar çok sınırlıdır (Romani ve diğ., 2003). Soya fasulyesinde izoflavonlar haricinde fenolik asitlerden kafeik asit türevleri belirlenmiştir (Romani ve diğ., 2003). Garcia ve diğ. (1997) yaptıkları çalışmada, soya fasulyesinde başlıca fenolik asitleri (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) olarak bulmuşlardır (Garcia ve diğ, 1997). Kim ve diğ. (2006)'nin çalışmasında soya tohumlarında *p*-hidroksi benzoik asit, salisilik asit, kumarik asit ve ferulik asit saptanmıştır. Shunyong (1994) soya proteininden izole ettiği antioksidan bileşiklerde başlıca klorojenik asit, kafeik asit, rutin, kuersetin, genistein ve daidzein tespit etmiştir. Bu çalışmada elde edilen fenolik içeriği literatürde bulunan soya ürünlerindeki fenolik maddelere benzerlik göstermektedir. Ancak çeşit farklılıklarından kaynaklanan değişimler de olabileceği dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.20: Soya ürünlerinin fenolik madde miktarları.



Şekil 4.21: Soya ürünlerinde toplam fenolik madde miktarı (izoflavonlar hariç).

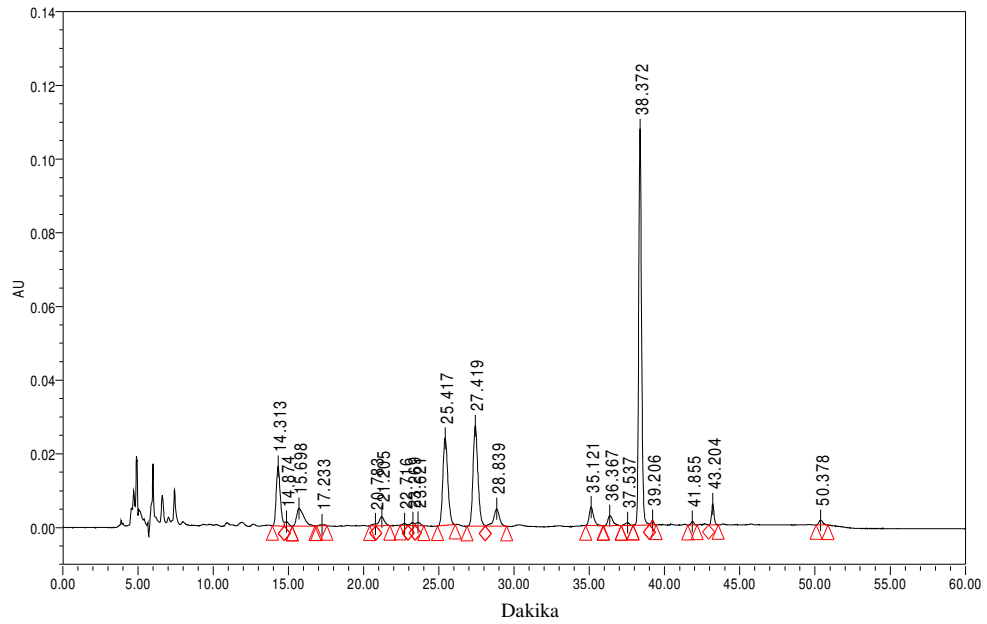
4.1.5. İzoflavon içerikleri

İzoflavon bileşiklerinin HPLC'deki alıkonma süreleri Tablo 4.11'de, hazırlanan kalibrasyon eğrileri ise Ek A Şekil A.9-A.14'de verilmiştir. HPLC ile soya ürünlerinde yapılan izoflavon analizine ait kromatogramlar SU, SST, SPI 1, SPI 2,

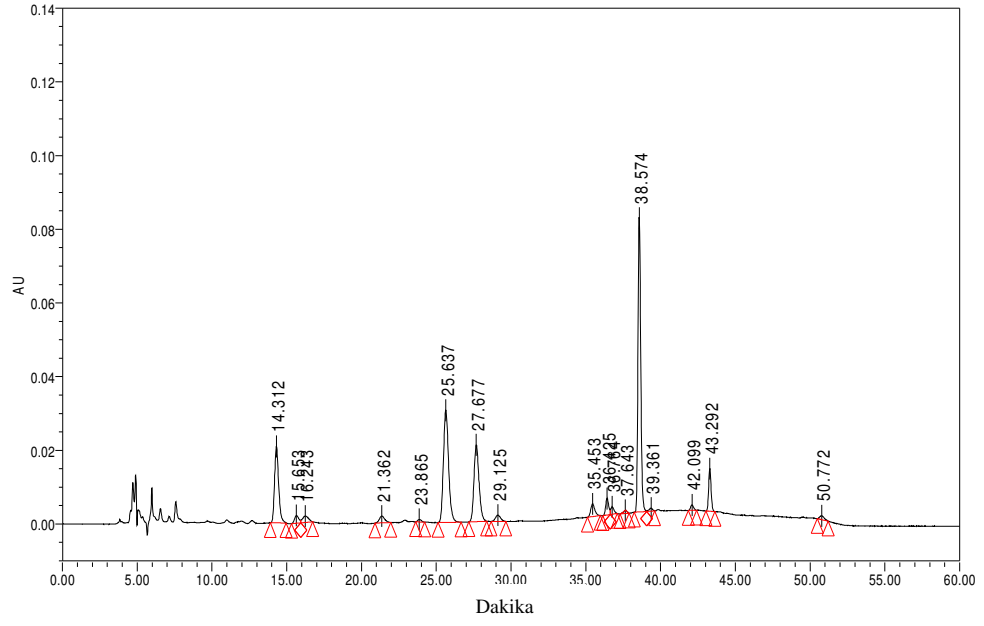
ÇSL ve ÇOSL için sırasıyla Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 ve 4.27'de görülmektedir.

Tablo 4.11: İzoflavon bileşiklerine ait saptanan alıkonma süreleri.

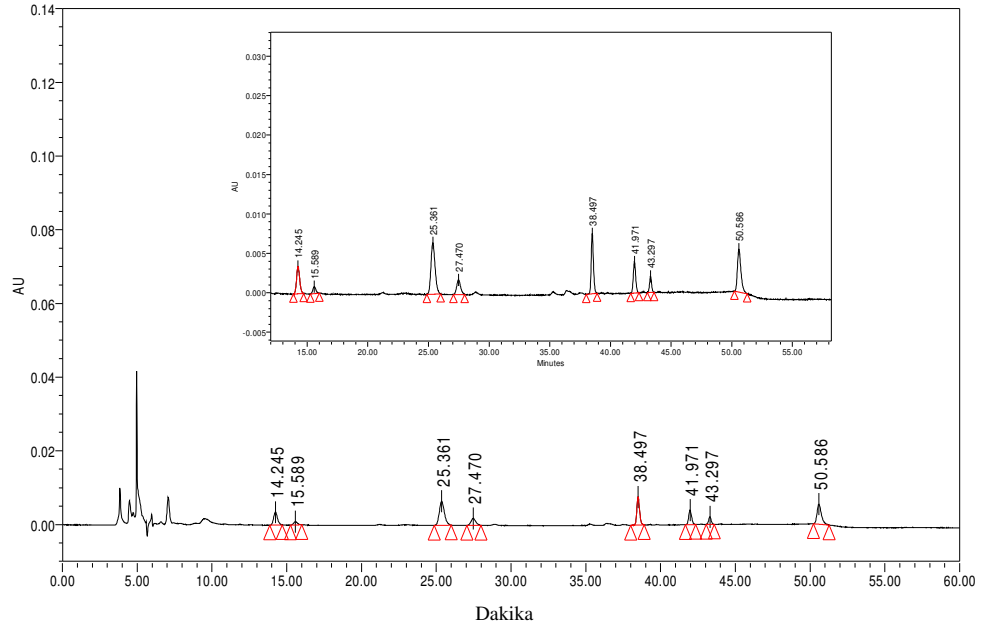
Alıkonma Süresi (dk.)	İzoflavon Bileşiği
14,2	Daidzin
15,5	Glisitin
25,2	Genistin
27,3	Malonildaidzin
28,8	Malonilglisitin
35,1	Asetildaidzin
36,3	Asetilglisitin
38,4	Malonilgenistin
41,8	Daidzein
43,2	Glisitein
43-50 aralığı	Asetilgenistin
50,4	Genistein



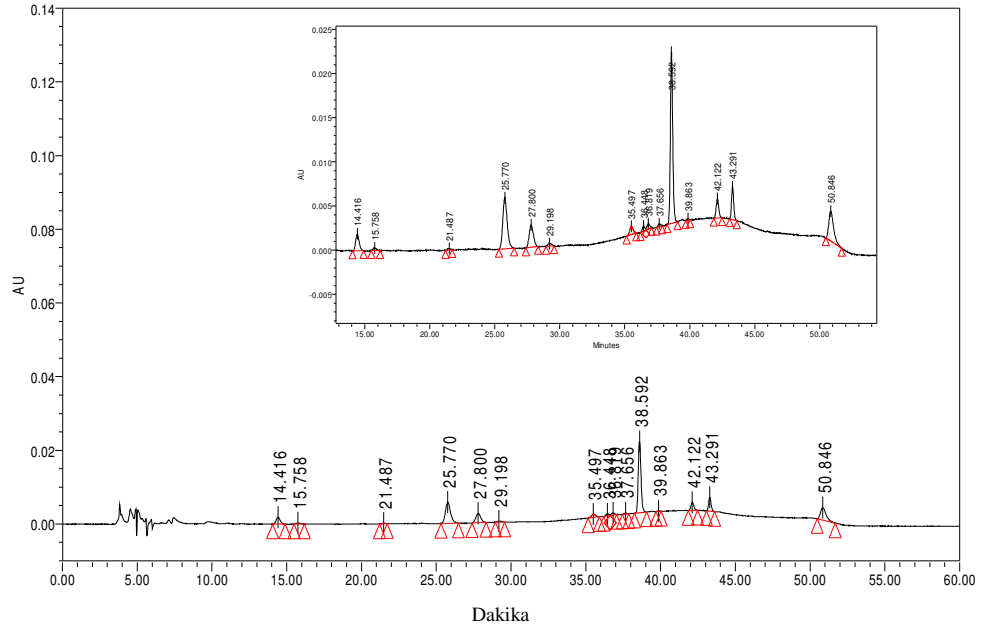
Şekil 4.22: SU'nun izoflavon profiline ait tipik kromatogram.



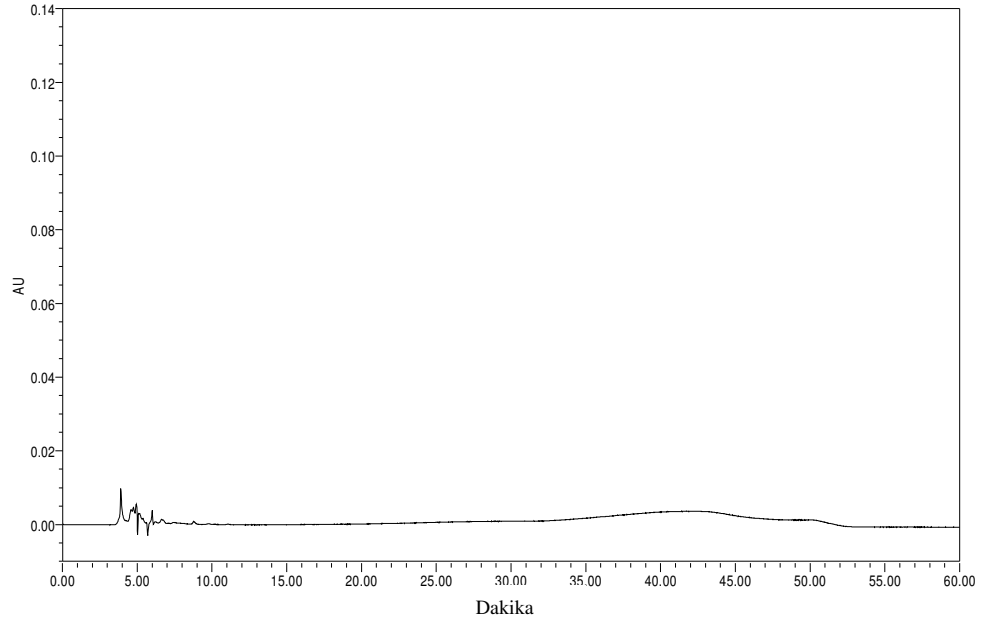
Şekil 4.23: SST'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.



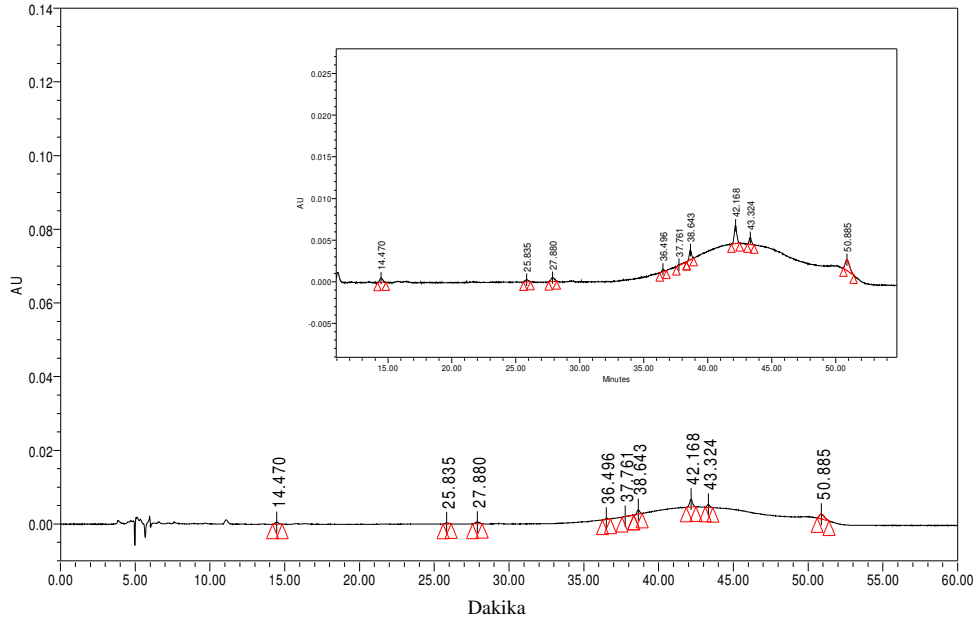
Şekil 4.24: SPI 1'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.25: SPI 2'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.26: ÇSL'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.



Şekil 4.27: ÇOSL'nin izoflavon profiline ait tipik kromatogram.

İzoflavon bileşiklerinin miktarları Tablo 4.12'de verilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, SU'nun tüm diğer soya ürünlerinden önemli düzeyde fazla (2860,1 ppm veya 6115,6 nmol/g) toplam izoflavon miktarına sahip olduğu görülmektedir ($P < 0,05$). Soya sütü tozunda diğer ürünlere göre ikinci düzeyde yüksek toplam izoflavon (1917,1 ppm veya 4148,7 nmol/g) içermektedir. Soya protein izolatları arasında istatistiksel olarak toplam izoflavon miktarı açısından (753,6-754,4 ppm veya 1704,3-1866,9 nmol/g) farklılık önemli değildir. Çözünür soya lifinde izoflavonlar tespit edilememiş iken, ÇOSL'de düşük düzeyde mevcuttur (Tablo 4.12).

Uzzan ve Labuza (2004) soya unu için 9,26 $\mu\text{mol/g}$, soya sütü için kuru bazda 4,86 $\mu\text{mol/g}$, soya protein izolatu için ise 2,99 $\mu\text{mol/g}$ toplam izoflavon rapor etmişlerdir. Bu değerlerin büyük çoğunluğunu β -glikozitler oluşturmuştur (Uzzan ve Labuza, 2004). Bu çalışmada da izoflavonların büyük çoğunluğunu β -glikozitler ve malonil glikozitler oluşturmuştur. Walsh ve diğ. (2003) ise soya ununda kuru bazda 4549,5 nmol/g ve SST'de ise 5689,9 nmol/g toplam izoflavon saptamışlardır. Genel olarak malonil glikozitlerin ve asetil glikozitlerin soya sütü tozunda soya ununa göre daha az olduğu, β -glikozitler ve aglikonların ise daha fazla olduğu belirtilmiştir (Walsh ve diğ., 2003). Soya sütü tozunda aglikonlar benzer şekilde SU'ya göre daha fazla

bulunmuştur. Hendrich ve Murphy (2001) ise toplam izoflavon miktarını kuru bazda soya unu, soya sütü ve soya protein izolatu için sırasıyla; 2566 µg/g, 1300 µg/g ve 838 µg/g olarak rapor etmiştir. Toplam izoflavon miktarları bu çalışmada da SU'da en yüksek bulunmuş, SST ve SPI'lara azalan miktarlarda tespit edilmiştir.

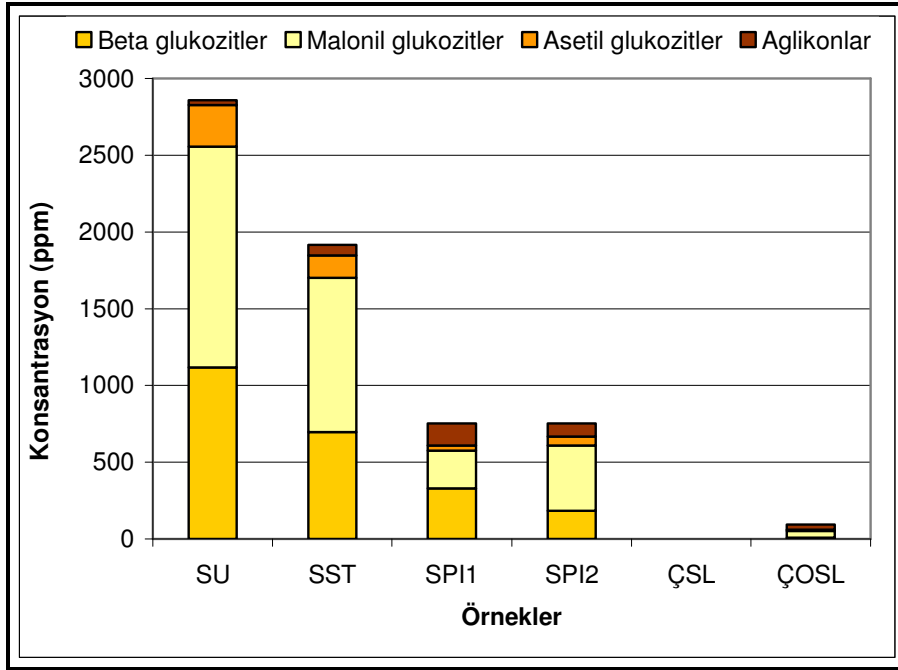
Her izoflavonoid bileşiği tek tek incelendiğinde; β-glikozitler, malonilglikozitler ve asetilglikozitlerin en yüksek miktarlarda SU ve SST'de bulunduğu görülmektedir. Bu bileşikler soya protein izolatlarında ve ÇOSL'de daha azalan miktarlarda mevcuttur. Soya unu ve SST'deki β-glikozitler ve malonilglikozitler mevcut izoflavonlarının en önemli bileşikleri olup, sırasıyla yaklaşık %39,3-43 ile %46-47 oranlarına karşılık gelmektedir. Asetilglikozitler ise SU ve SST izoflavonlarının yaklaşık %7-10'u kadardır. Çözünür soya lifi bileşeninde ise herhangi bir izoflavon bileşiği yer almamaktadır. Ancak aglikonlar en yüksek miktarda soya protein izolatlarında yer alırken, SST'nin bunları takip ettiği ve soya ununun ise daha az içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4.28).

Soya protein izolatlarında aglikon miktarlarının yüksek olduğu diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir. İzolatların alkali ekstraksiyonu sırasında glukozitlerin hidrolize uğraması sonucu toplam izoflavon miktarında azalmaya neden olurken, aglikonlarda (daidzein ve genistein) artışa yol açtığı belirtilmiştir (Liu, 1999; Hendrich ve Murphy, 2001). Ayrıca, izoflavonların proteince bağlandıkları ve sudaki çözünürlüklerinin düşük olduğu belirtilirken, alkol ile çözünür karbonhidratların uzaklaştırılması sırasında izoflavonların büyük bir kısmının alkol fazına geçtiği belirtilmektedir (Liu, 1999). Ancak bu çalışmada kullanılan ÇSL ticari ve izoflavonları uzaklaştırılmış bir ürün olduğundan tespit edilememiştir (EC, 2003).

Tablo 4.12: Soya ürünlerinin izoflavon miktarları¹.

İzoflavonoid	SU		SST		SPI 1		SPI 2		ÇSL		ÇOSL	
	ppm	nmol/g	ppm	nmol/g	ppm	nmol/g	ppm	nmol/g	ppm	nmol/g	ppm	nmol/g
Glisitin	96,4±15,9	213,3±43,0	38,3±12,0	85,9±26,9	15,7±3,0	35,2±6,7	0,6±0,2	1,4±0,3	TE ²	TE	TE	TE
Daidzin	452,9±65,8	1088,7±158,2	251,1±6,4	603,5±15,3	104,6±11,9	251,4±28,5	43,1±9,8	103,4±23,5	TE	TE	7,4±2,8	17,9±6,8
Genistin	568,3±88,4	1315,5±204,7	406,5±37,0	941,0±85,7	208,8±26,3	483,3±60,8	138,3±29,0	320,1±67,1	TE	TE	TE	TE
β-glikozitler	1117,6 a	2617,5 a	695,9 b	1630,4 b	329,1 c	769,9 c	182,0 d	424,9 d	TE	TE	7,4 e	17,9 e
6-O''-malonilglisitin	112,7±10,1	211,7±18,9	35,6±2,1	66,9±4,0	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
6-O''-malonilaidzin	461,5±65,0	919,4±129,4	328,7±6,0	654,7±11,9	79,1±7,2	157,7±14,3	90,5±15,5 c	180,3±31,0	TE	TE	17,6±0,1	35,1±0,2
6-O''-malonilgenistin	865,3±409,7	1670,5±791,0	641,8±33,3	1238,9±64,2	166,7±14,0	321,8±27,0	335,5±59,7	647,7±115,2	TE	TE	26,5±0,8	51,1±1,5
6-O''-malonilglikozitler	1439,5 a	2801,6 a	1006,1 b	1960,5 b	245,8 cd	479,5 c	426,0 c	828,0 c	TE	TE	44,1 d	86,2 d
6-O''-asetilglisitin	72,1±11,7	147,7±23,9	65,7±5,4	134,6±11,1	12,9±7,5	26,4±15,3	12,7±5,3	25,9±10,9	TE	TE	10,3±3,7	21,0±7,6
6-O''-asetilaidzin	198,7±28,3	433,8±61,9	79,6±0,7	173,9±1,6	20,0±5,5	43,6±12,0	46,3±11,0	101,1±24,0	TE	TE	TE	TE
6-O''-asetilgenistin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
6-O''-asetil glikozitler	270,8 a	581,5 a	145,3 b	308,5 b	32,9 d	70,0 d	59,0 c	127,0 c	TE	TE	10,3 e	21,0 e
Glisitein	23,2±2,1	81,7±7,3	54,9±7,2	193,4±25,5	2,9±2,0	10,1±7,1	8,4±3,9	29,5±13,6	TE	TE	TE	TE
Daidzein	0,4±0,2	1,6±6,2	3,3±2,0	13,1±7,7	35,7±4,0	140,4±15,8	9,2±3,6	36,4±14,1	TE	TE	9,9±3,8	38,8±14,8
Genistein	8,6±3,5	31,7±12,8	11,6±3,3	42,8±12,3	107,2±5,4	397,0±19,8	69,8±8,2	258,5±30,3	TE	TE	23,4±4,7	86,6±17,5
Aglikonlar	32,2 d	115,0 d	69,8 c	249,3 c	145,8 a	547,5 a	87,4 b	324,4 b	TE	TE	33,3 d	125,4 d
Toplam	2860,1 a	6115,6 a	1917,1 b	4148,7 b	753,6 c	1866,9 c	754,4 c	1704,3 c	TE	TE	95,1 d	250,5 d

¹ Değerler iki ekstraksiyon çift enjeksiyon sonuç ortalamaları ve standart sapmalarıdır. Her özellik için satırlarda aynı harfi taşıyan ortalama ppm değerlerinin arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P<0,05). ² TE: Tespit edilmedi



Şekil 4.28: Soya ürünlerinde izoflavon miktarları ve dağılımları.

Çalışmada elde edilen izoflavon bileşiklerinin miktarları literatürde mevcut bilgilere uyumludur, ancak Uzzan ve Labuza (2004)'nın soya unu ve soya protein izolatlarında rapor ettiği toplam izoflavon değerlerinden daha düşük ve soya sütünün değerlerine yakındır. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar, Walsh ve diğ. (2003)'nin soya ununda bulunduğu toplam izoflavon miktarından (4549,5 nmol/g) yüksek ve soya sütü tozundaki miktardan ise düşüktür. Bu farklılıklar izoflavon bileşenleri arasında süreçler ve depolama sırasında meydana gelen dönüşümler ile ilişkili olabilir. Özellikle ısıl işlemler ve ortam sıcaklığı veya daha yüksek sıcaklıklarda depolama sonucunda malonil glikozitlerin asetil glikozitlere ve glikozitlere dönüştüğü belirtilmektedir (Hendrich ve Murphy, 2001; Oomah, 2002; Uzzan ve Labuza 2004). Süreçlerde izoflavonların kayba uğramadığı, yalnızca birbirleri arasında dönüşüme uğradıkları ve kayıpların yalnızca atılan fraksiyonlardan kaynaklandığı da belirtilmektedir (Hendrich ve Murphy, 2001).

Soya izoflavonlarının çeşitlerinin bilinmesi son yıllarda biyoyararlılık konusunda yapılan çalışmalar nedeniyle önem kazanmıştır. Soya izoflavonlarından aglikonların vücut tarafından daha çok yararlandığını ve glikozitik yapıların ise biyoyararlılıklarının daha düşük olduğu bilinmektedir. İnce bağırsaktaki β -glikozidaz enzimlerinin etkisiyle glikozitlerin hidrolizi ile veya bifidobakterilerin

fermentasyonu ile aglikonlara dönüşürler ve emilirler. Bu nedenle aglikonca zengin ürünlerin gelişimi üzerine çalışmalar sürmektedir (Uzzan ve Labuza, 2004). Setchell ve Cole (2003)'un çalışmasında, soya protein izolatlarında ve soya sütlerinde izoflavon miktarlarının farklı ticari ürünlerde ve dönemden döneme değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir.

Soya ununda en yüksek miktardaki izoflavonoidler, sırasıyla malonil genistin (1670,5 nmol/g), genistin (1315,5 nmol/g), daidzin (1088,7 nmol/g), malonil daidzin (919,4 nmol/g) ve asetil daidzin (433,8 nmol/g) olmuştur (Tablo 4.12). Bu bileşikler SU'daki toplam izoflavonoidlerin yaklaşık %89'una karşılık gelmektedirler. Benzer şekilde SST'de en yüksek miktardaki izoflavonoidler, malonil genistin (1238,9 nmol/g), genistin (941 nmol/g), malonil daidzin (654,7 nmol/g), daidzin (603,5 nmol/g) ve glisitein (193,4 nmol/g) olarak gözlenmiştir (Tablo 4.12) ve bu bileşikler toplamda izoflavonların yaklaşık olarak %88'ine karşılık gelmektedirler. Walsh ve diğ. (2003)'nin çalışmasında soya ununda en çok saptanan izoflavonoidler sırasıyla malonil genistin, genistin, malonil daidzin ve daidzin olurken, SST'de en yaygın olanlar sırasıyla genistin, genistein ve daidzin olmuştur. Soya unu için elde edilen sonuçlar bu bulgular ile uyumlu iken, SST'nin izoflavonoid miktarları farklılık göstermiştir.

Bu bilgiler ışığında, analizlenen soya ürünlerinde aglikonca zengin olan SST ve soya protein izolatlarının biyoyararlılık açısından etkilerinin direkt olarak emilime girmeleri açısından daha etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak soya ekmeği yapımı sırasında fermentasyon aşamalarında glikozitlerin de aglikonlara dönüşümü sonucunda biyoyararlılıklarında artış olacağından, ekme formülasyonunda kullanılmak üzere SU, SST ve SPI'larının ilave edildikleri üründe izoflavon açısından zenginleştirme sağlayacakları da anlaşılmaktadır.

4.1.6. Fenolik madde, izoflavon ve antioksidan yöntemleri arasındaki ilişkiler

Örneklerde antioksidan yöntemleri ve toplam fenolik madde ile izoflavon içerikleri arasındaki ilişkiler basit lineer regresyon varyans analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.13'de, regresyon grafikleri Şekil 4.29-4.38'de verilmektedir. Ayrıca sonuçların regresyon varyans analizi tabloları Ek B'de Tablo B.3-B.5'te sunulmuştur. Toplam fenolik madde içerikleri ile antioksidan kapasitesi tayin yöntemlerinden DPPH ($r=0,880$) ve ABTS yöntemleri ($r=0,993$),

toplam izoflavon miktarı ($r=0,947$) ve HPLC ile saptanan toplam izoflavon ve toplam fenolik madde miktarları ($r=0,945$) arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki bulunmuştur ($P<0,01$). Aynı yöntemin HPLC ile saptanan toplam fenolik madde miktarı ile ilişkisi $P<0,05$ 'de istatistiksel olarak önemlidir ($r=0,912$) (Tablo 4.13). Toplam izoflavon içeriği ise, DPPH yöntemi ile ($r=0,952$), ABTS yöntemi ile ($r=0,945$) ve HPLC ile saptanan toplam fenolik madde ($r=0,969$) ile istatistiksel olarak önemli derecede ilişkilidir ($P<0,01$). DPPH yöntemi ile ABTS yöntemi ile arasındaki ilişki de ($r=0,922$) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,01$) (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Antioksidan kapasitesi tayin yöntemleri ile toplam fenolik ve toplam izoflavon madde içeriklerinin soya ürünleri için elde edilen korelasyon katsayıları.

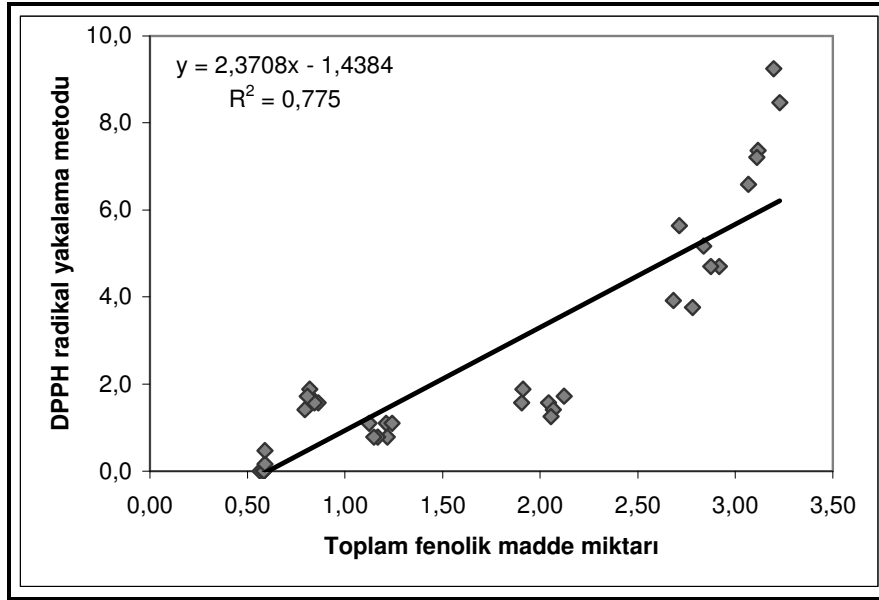
Yöntemler	Toplam fenolik içeriği	Toplam izoflavon içeriği	ABTS % radikal yakalama
DPPH % radikal yakalama	0,880 ^a	0,952 ^a	0,922 ^a
ABTS % radikal yakalama	0,993 ^a	0,945 ^a	-
Toplam fenolik madde HPLC yöntemi	0,912 ^b	0,969 ^a	-
Toplam izoflavon HPLC yöntemi	0,947 ^a	-	-
Toplam izoflavon+toplam fenolik profil	0,945 ^a	-	-

^a Regresyon varyans analiz sonucu istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,01$). ^b $P<0,05$ önem düzeyinde önemlidir.

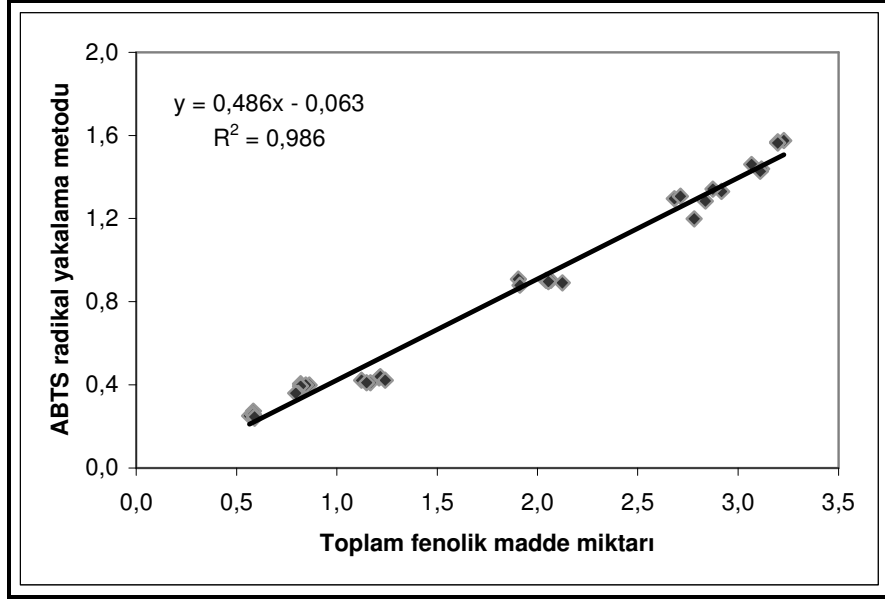
En yüksek ilişki ABTS radikal yakalama aktivitesi ile toplam fenolik madde miktarı arasında saptanmıştır ($r = 0,993$). Bu ilişkiler göz önüne alındığında Folin-Ciocalteu yöntemi ile bulunan toplam fenolik madde miktarının içerisinde izoflavonların da analizlendiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi yöntemi ile elde edilen toplam fenolik madde miktarının Folin-Ciocalteu yöntemi ile saptanan toplam fenolik madde ile ilişkisinin daha zayıf olmasının ($r=0,912$) başlıca nedenleri arasında toplam izoflavon miktarlarının bu sonuçlara dahil edilmemesi gelmektedir. Ancak, toplam izoflavon değeri dahil edildiğinde ilişkinin güçlendiği görülmüştür ($r=0,945$).

Soya ürünlerinde yöntemler arasındaki ilişkinin incelendiği çalışma literatürde bulunamadığından diğer gıda maddelerinde yapılan yöntemler arası ilişkilerin saptandığı bulgularla karşılaştırmalar yapılmıştır. Kakao, çay ve şarap örnekleri üzerinde çalışma yapan Lee ve diğ. (2003a), toplam fenolik madde miktarları ile

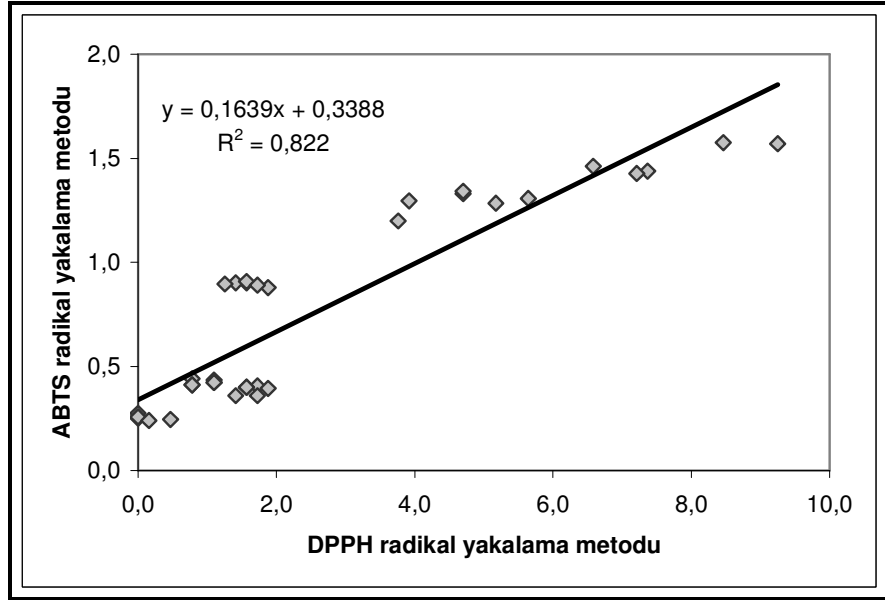
DPPH yöntem sonuçları arasındaki ilişkiyi benzer şekilde önemli bulmuştur ($r=0,983$). Bu sonuçlara uyumlu olarak Parejo ve diğ. (2002)'nin 6 farklı Akdeniz bitkisinde ($r=0,837$), Cheung ve diğ. (2003)'nin mantar ekstraktında ($r=0,964$) ve Katsube ve diğ. (2004)'nin yenilebilir bitki materyallerinde tespit ettikleri ($r=0,983$) toplam fenolik madde miktarı sonuçları ile DPPH yöntemi sonuçları arasındaki ilişkiler önemlidir. Lee ve diğ. (2003a)'nin kakao, çay ve şarapta elde ettikleri toplam fenolik madde ve ABTS yönteminin önemli düzeydeki ilişkisi ($r=0,991$) bu bulguları desteklemektedir. Yağlı tohumlar, sebze, meyve ve hububatlar gibi çeşitli gıda gruplarında yapılan çalışmalarda toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite arasında doğrusal bir ilişki saptanmıştır (Velioğlu ve diğ, 1998).



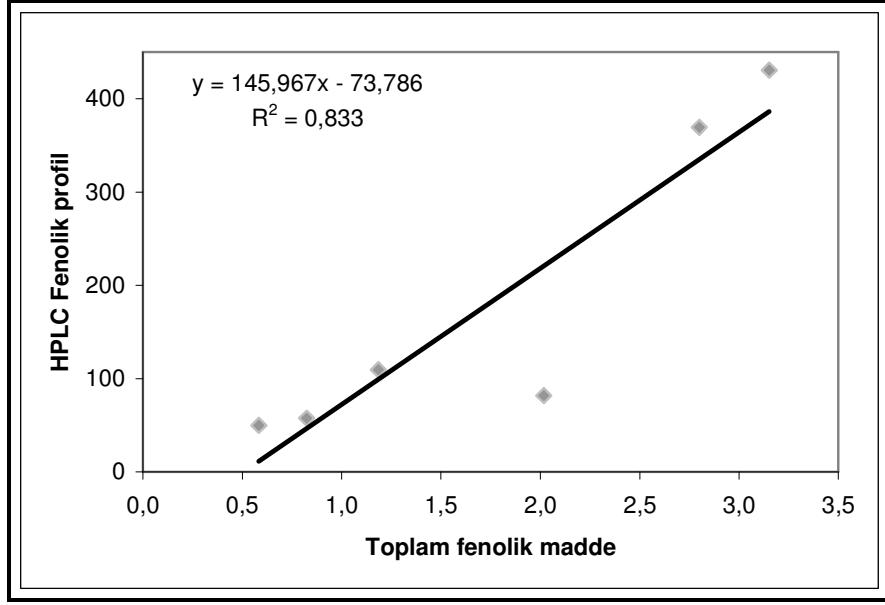
Şekil 4.29: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde miktarı ile DPPH radikal yakalama yöntemi arasındaki ilişki.



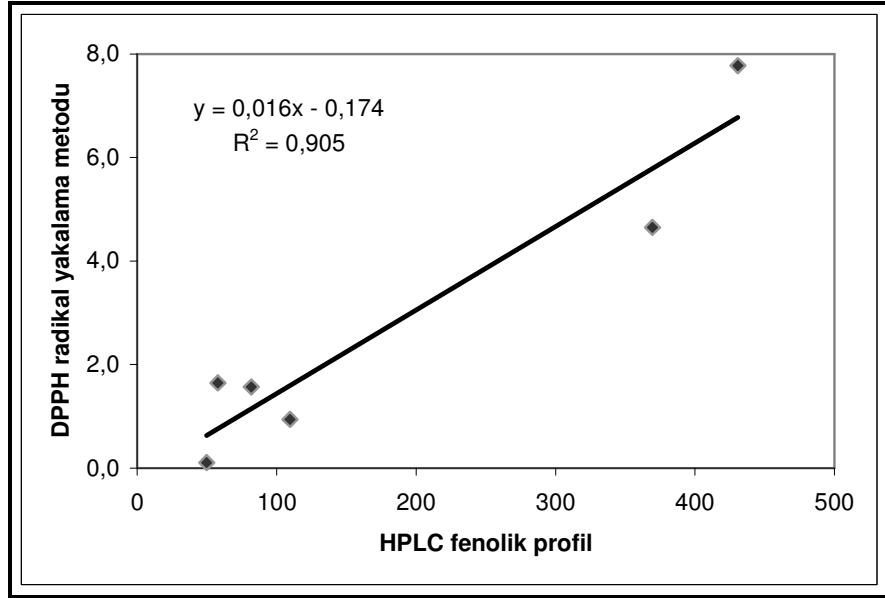
Şekil 4.30: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde miktarı ile ABTS radikal yakalama yöntemi arasındaki ilişki.



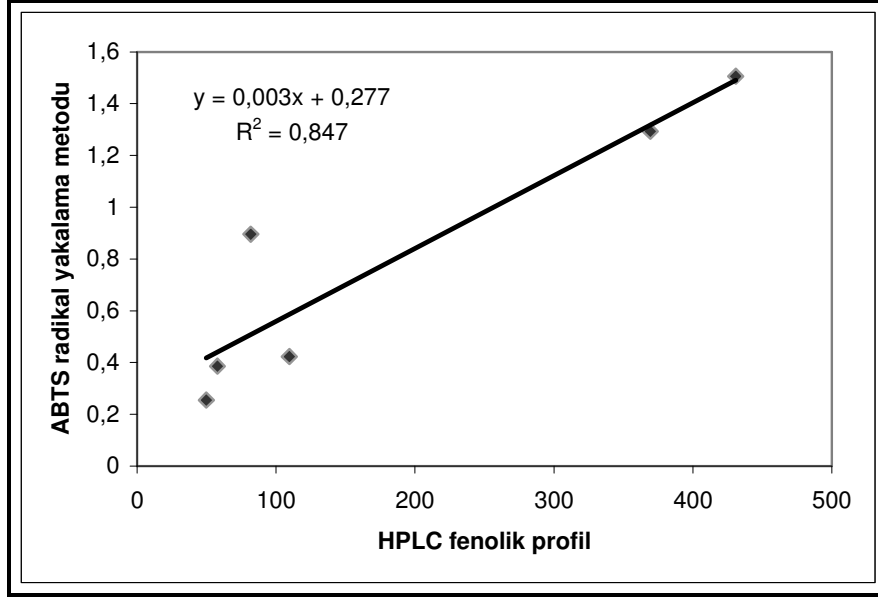
Şekil 4.31: Soya esaslı ürünlerde DPPH radikal yakalama ve ABTS radikal yakalama yöntemleri arasındaki ilişki.



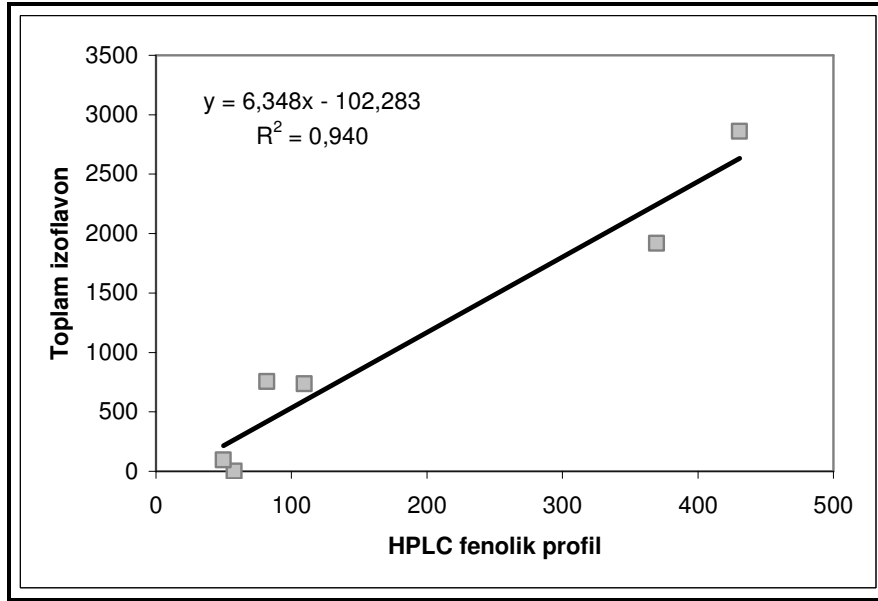
Şekil 4.32: Soya esaslı ürünlerde toplam fenolik madde ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.



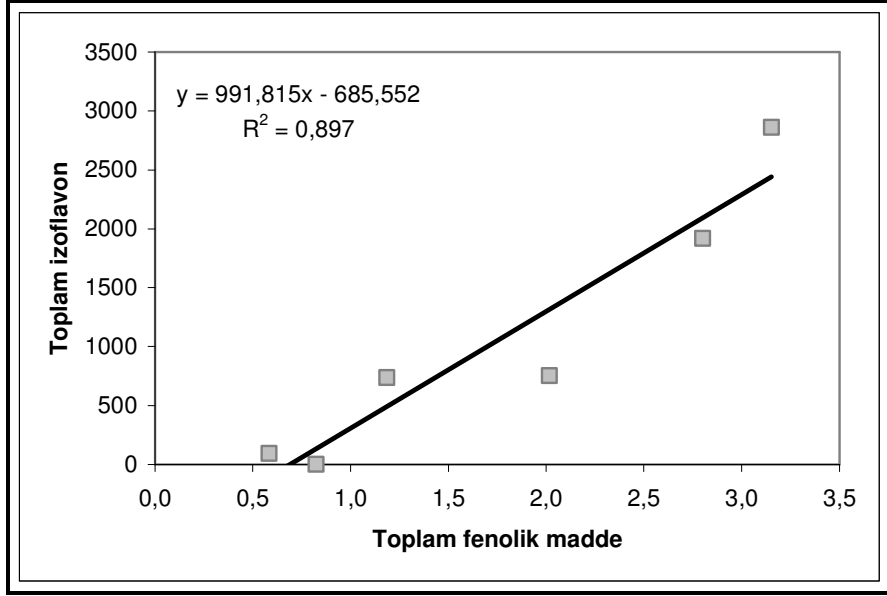
Şekil 4.33: Soya esaslı ürünlerde DPPH antioksidan aktivitesi yöntemi ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.



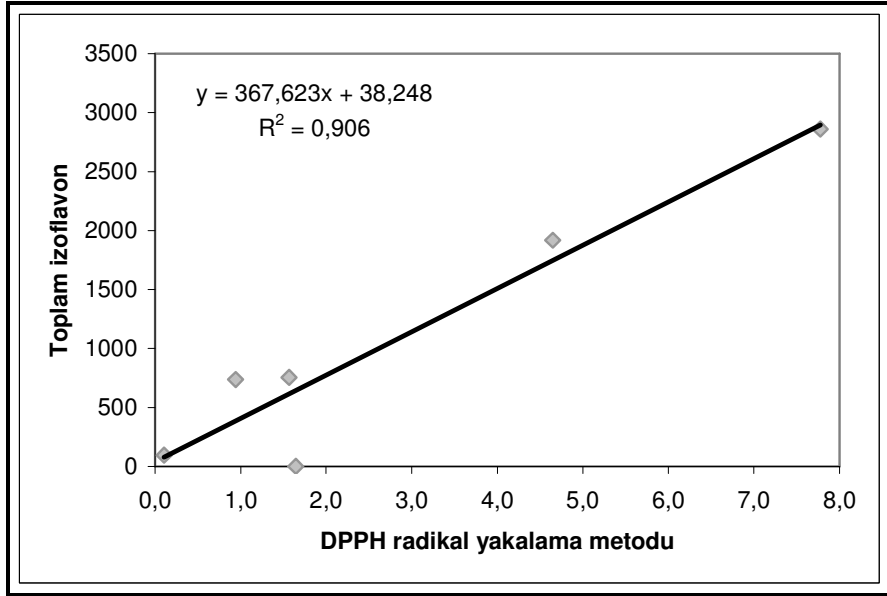
Şekil 4.34: Soya esaslı ürünlerde ABTS antioksidan aktivitesi yöntemi ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.



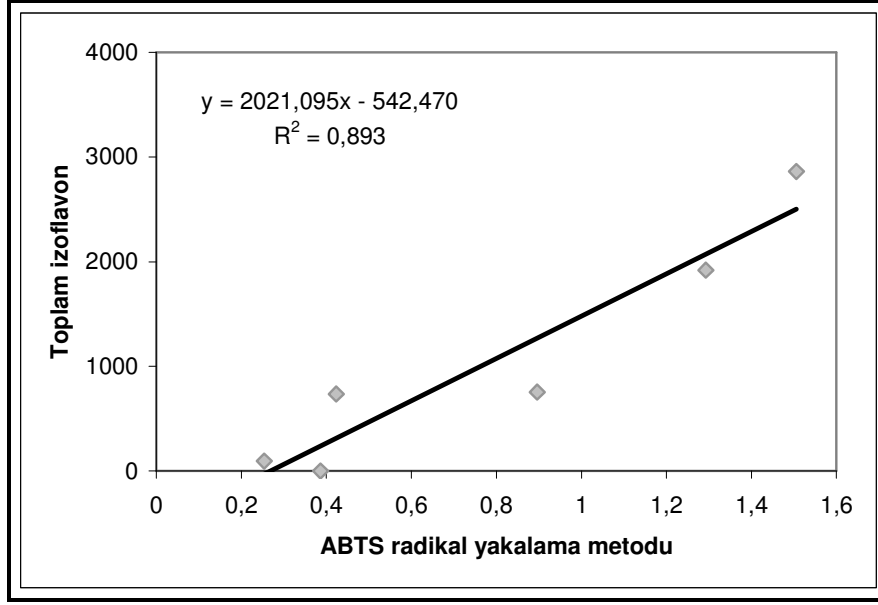
Şekil 4.35: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve HPLC fenolik profil sonuçları arasındaki ilişki.



Şekil 4.36: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve toplam fenolik madde sonuçları arasındaki ilişki.



Şekil 4.37: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve DPPH antioksidan aktivitesi yöntemi sonuçları arasındaki ilişki.



Şekil 4.38: Soya esaslı ürünlerde toplam izoflavon miktarı ve ABTS antioksidan aktivitesi yöntemi sonuçları arasındaki ilişki.

4.1.7. Lipoksigenaz enzim aktivitesi

Soya fasulyesi (SF) ve soya ürünlerinde lipoksigenaz aktiviteleri L-1 ve L-2-3 ayrı ayrı analizlenmiş olup, elde edilen değerler Tablo 4.14’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre örneklerde toplam lipoksigenaz aktiviteleri 3033-3869 EÜ (enzim ünitesi) aralığında değişim göstermektedir. En yüksek L-1 izoenzim aktivitesi ve en düşük L-2-3 aktiviteleri soya fasulyesinde (SF) elde edilirken, en düşük L-1 aktivitesi soya protein izolatlarında (SPI 1 ve SPI 2), SST ve ÇOSL’de elde edilmiştir. Soya lifleri (ÇSL ve ÇOSL) önemli ölçüde yüksek L-2-3 aktivitesine sahiptir ($P < 0,05$). Toplam lipoksigenaz aktivitesi ise en düşük SPI 2’de en yüksek de soya fasulyesinde olmuştur. ÇSL, ÇOSL ve SU toplam lipoksigenaz aktivitesi açısından birbirlerinden farklıdır. SST ve SPI 1 de birbirlerinden farklı değildir ($P < 0,05$). Toplam lipoksigenaz aktivitesinin, SST ve kısmen denatüre protein içerdiği saptanan SPI 2’de daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.39).

Tablo 4.14: Soya fasulyesi ve ürünlerinde lipoksigenaz enzim aktiviteleri¹, EÜ².

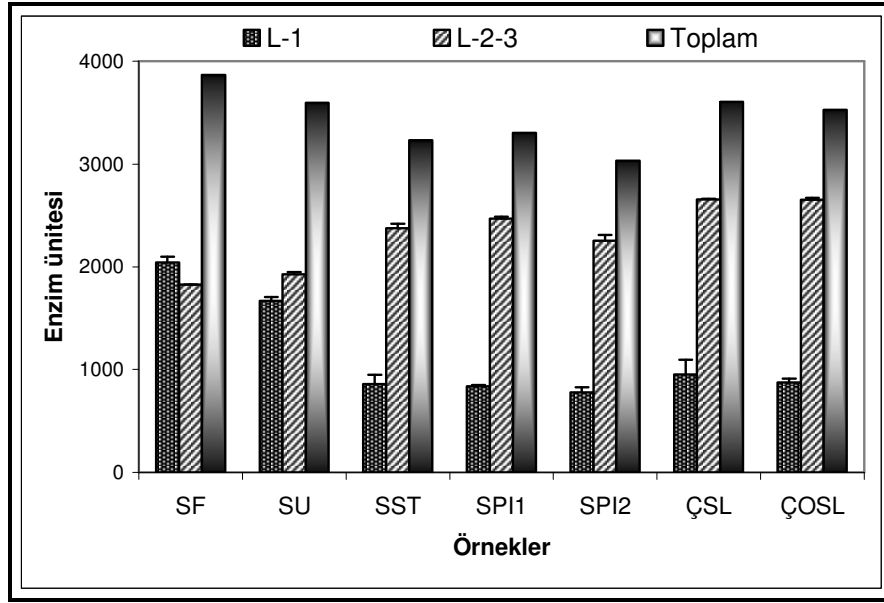
Örnek	L-1	L-2-3	Toplam	L-1/L-2-3
Soya fasulyesi	2041±57 a	1828±0 f	3869 a	1,117
SU	1668±39 b	1928±21 e	3596 b	0,865
SST	856±94 cd	2375±45 c	3231 c	0,360
SPI 1	836±12 d	2469±19 b	3305 c	0,339
SPI 2	780±47 d	2253±54 d	3033 d	0,346
ÇSL	950±145 c	2656±7 a	3606 b	0,358
ÇOSL	875±37 cd	2655±15 a	3530 b	0,330

¹Değerler üç analiz sonuç ortalamaları ve standart sapmalarıdır. Her özellik için kolonlarda aynı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0,05).

²EÜ: Enzim ünitesi

Soya fasulyesinde ısı işleme en duyarlı protein lipoksigenazdır. Bu nedenle uygun ısı işlem ile kolay şekilde denatüre edilebilmektedir. Denatürasyonda etkili ısı işlem parametreleri sıcaklık, süre ve nem içeriğidir. Enzimler pH'ya hassastırlar, ancak söz konusu ürünlerde kabul edilebilir pH aralıkları denatürasyon sağlayacak düzeylerde olmamaktadır (Debruyne, 2006). Soya unları uygulanan ısı işleme veya çözgen ekstraksiyon işleminin sıcaklığına göre, enzimce aktif ve enzimce aktif olmayan olmak üzere iki tip üretilebilmektedirler (Riaz, 2006). Bu çalışmada analizlenen soya ununun enziminin aktif olduğu (PDI 70 veya 90) açıkça görülmektedir (Tablo 4.14). Hububat ürünlerinde daha çok enzimi aktif tip soya unu tercih edilmektedir. Soya ununun lipoksigenaz izoenzimleri ile zengin olduğu diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Marczy ve diğ., 1995; Porter ve Skarra, 1999; Riaz, 2006). Diğer bir çalışmada soya fasulye çeşitlerinde aynı analiz yöntemi ile yapılan analizler sonucunda bulunan ortalama 1192 EÜ L-1 ve 315 EÜ L-2-3 değerleri (Kumar ve diğ., 2003), bu çalışmanın sonuçlarından daha düşüktür. Lipoksigenaz aktivitelerinin ve oranlarının (L-1/L-2,3) çeşitlere ve iklimsel koşullara göre farklılık gösterdiği rapor edilmiştir. Soya ürünlerinin elde edildikleri hammaddelerin lipoksigenaz aktiviteleri de bu farklılıklarda önem taşımaktadır (Marczy ve diğ., 1995). Benzer şekilde soya sütü tozu üretiminde uygulanan haşlama, UHT sterilizasyon ve püskürterek kurutma işlemleri veya soya protein izolatlarına uygulanan püskürterek kurutma işlemleri ve soya liflerine uygulanan sterilizasyon işlemleri lipoksigenaz enzim aktivitelerinde azalmaya yol açmaktadır (Riaz, 2006; Debruyne, 2006). Tablo 4.14'de L-1/L-2-3 oranları da belirlenmiş olup soya fasulyesinde en yüksek değer elde edilirken, hafif işlem gören soya ununda bu değer azalma göstermiş, daha fazla işlem gören SST, SPI ve soya liflerinde ise daha düşük değerler elde edilmiştir.

L-2 ve L-3 izoenzimlerinin soya sütü işlenmesi sırasında soya fasulyelerinin öğütülmesi aşamasında SH- gruplarını parçalayarak proteinlerin jel oluşturma özelliklerini etkilediği belirtilmiştir (Liu, 1999). Bu çalışmada da soya sütü tozunda L-2 ve L-3'ün daha yüksek miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.39: Soya ürünlerinde lipoksigenaz enzimi aktiviteleri.

Soya unu, SST ve SPI 1'de lipoksigenaz enzimine ait bantlar SDS-PAGE sonuçlarında belirgin şekilde görülürken, SPI 2'de daha zayıf bantlar oluşmuştur. Bu sonuçlar da SDS-PAGE ile bulunan sonuçları doğrulamaktadır.

4.1.8. Su tutma özellikleri

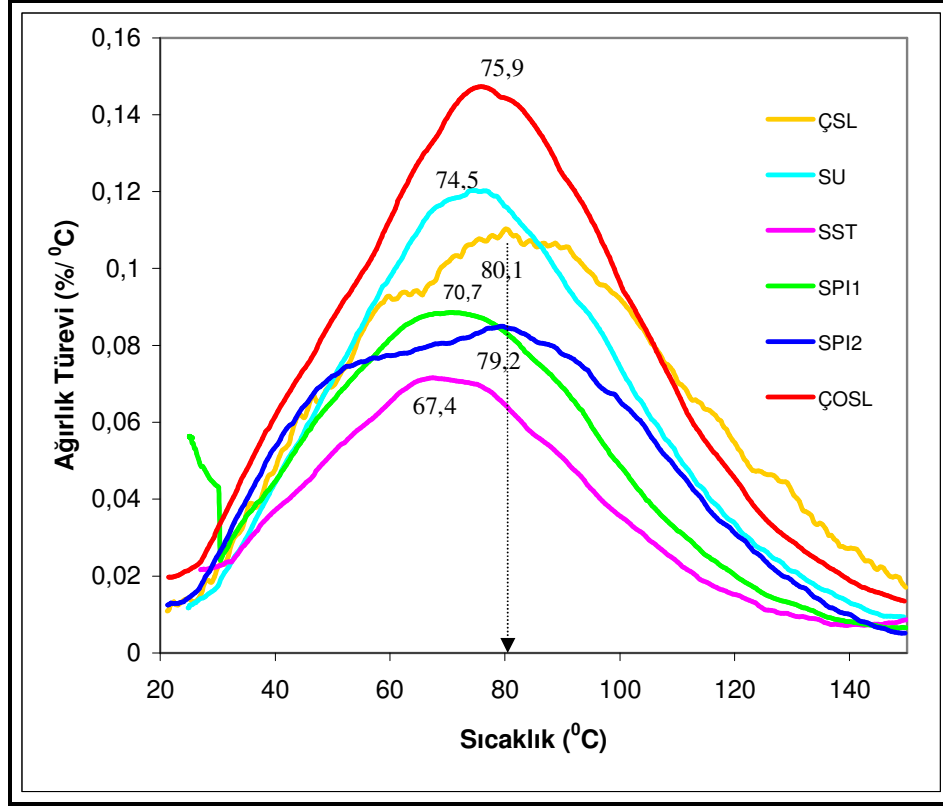
Su tutma kapasitesi, hem bağlı hem de hidrodinamik suyu içeren matriste hapsedilen suyu ifade etmektedir (Liu, 1999; Boyacıoğlu, 2006). Literatürde, tayin koşullarındaki değişimlerden dolayı su tutma kapasiteleri verilerinde değişkenlik mevcuttur (Liu, 1999). Her ürünün veya bileşenin su tutma kapasiteleri birbirinden farklılıklar göstermektedir. Çalışmada incelenen soya ürünleri, ekmek formülasyonlarındaki etkilerini değerlendirmek üzere TGA ile analizlenmişlerdir. Her sıcaklıktaki ağırlık değişimlerinin türevleri incelendiğinde, SST ve denatüre olmamış soya proteini (SPI 1) için en fazla nem kaybının nispeten düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği (67,4-70,7°C) bulunurken, ÇSL ve kısmen denatüre soya proteininde (SPI 2) ise maksimum nem kaybı daha yüksek sıcaklıklarda (79,2-80,1°C) olmuştur. Ancak, SPI 2 tüm sıcaklıklarda SPI 1'e göre daha fazla nem

kaybetmiş ve nem kayıpları daha geniş bir sıcaklık aralığına yayılmıştır. Isıtma işlemleri ile protein denatürasyonu yüzey hidrofobikliğini arttırmaktadır (Sorgentini ve diğ., 1995). Bu nedenle su tutma kapasitesi denatüre SPI 2'de daha düşük olmuştur. Protein kompozisyonu ve konformasyonunun su tutma kapasitesine önemli etkileri olduğu belirtilmektedir (Barbut, 1996). Su absorplama kapasitesinin protein denatürasyon derecesi ve partikül boyutu ile ilişkisi ortaya konmaktadır. Isıl işlem görmemiş soya proteinlerinde su tutma fonksiyonunun en yüksek olduğu, ancak ısıl işlem derecesine bağlı olarak azalma gösterdiği belirtilmektedir (Endres, 2001).

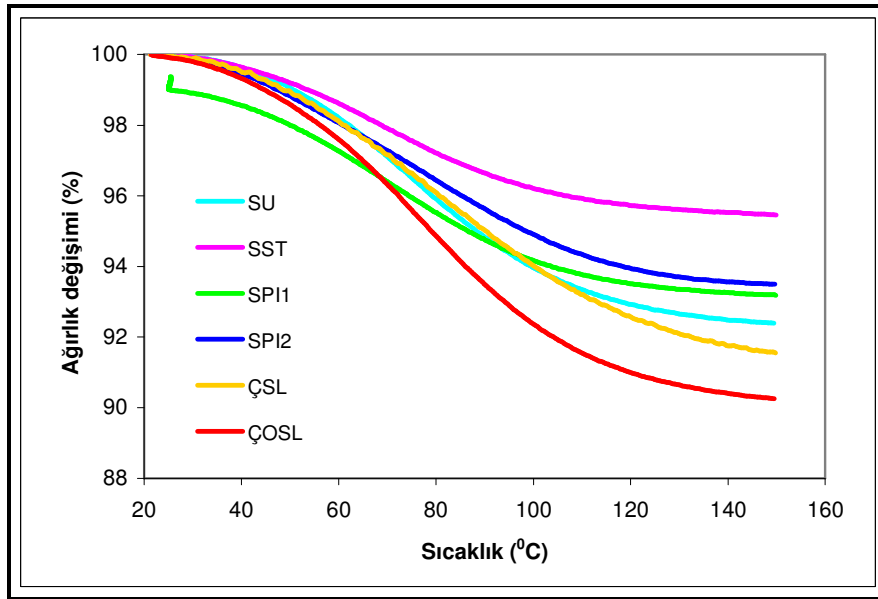
Fleming ve diğ. (1974) soya unu, soya protein konsantreleri ve izolatları için su tutma kapasitelerini sırasıyla 2,6, 2,75 ve 6,25 g/g örnek olarak belirlemişlerdir. Soya unlarının farklı ısıl işlem görmüş tiplerinde (PDI 15, 55, 70 ve 85) sırasıyla su tutma kapasiteleri 209, 307, 308 ve 207 g su/g örnek olarak bulunmuştur (Liu, 1999; Boyacıoğlu, 2006).

Şekil 4.40'daki termogramdan da görüldüğü gibi; SU, SST'ye göre daha yüksek sıcaklıklarda maksimum nem kaybını göstermektedir. SU'da, toplam diyet lifi (Tablo 4.1) ve protein (Tablo 4.2) içeriklerinin daha yüksek olmasının bu sonuca yol açtığı anlaşılmaktadır. Soya proteinleri ve lifleri yüksek su tutma kapasitelerine sahiptirler (Nelson, 2001a, Boyacıoğlu, 2006). Ayrıca protein denatürasyonunun SU'da SST'ye göre daha az olması da bu sonucu desteklemektedir. Nem miktarındaki değişimin incelendiği Şekil 4.41'de SST, SPI 1 ve SPI 2 en az nem içeriklerine sahip iken ÇOSL, SU ve ÇSL'nin daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu da görülmektedir (Tablo 4.3).

Çözünür soya lifinde nem kaybının daha çok yüksek sıcaklıklarda (>90°C) gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.40). Bu farklılık, oluşturduğu jel içerisinde hapsettiği suyu jel yapısının yüksek sıcaklıklarda bozulması sonucu suyu bırakması ile ilişkilendirilmektedir. En yüksek nem içeriğine sahip ÇOSL'de ise, tüm sıcaklıklarda en fazla nem kaybının olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde SST'de ise en düşük nem içeriği nedeniyle tüm sıcaklıklarda en düşük nem kaybı gerçekleşmiştir.



Şekil 4.40: Soya ürünlerinin TGA termogramlarında maksimum nem kaybı sıcaklıkları.



Şekil 4.41: Soya ürünlerinin TGA termogramları-nem miktarındaki değişimler.

4.2. Soya Ekmeklerinin Üretimi ve Özellikleri

4.2.1. Ön denemeler

Soya lif ve soya proteinin soya ekmeklerinde etkilerini açıklayabilmek için ön denemeler gerçekleştirilmiştir. İlk denemede soya ekmeği formülasyonuna, SU ile yer değiştirmek üzere ÇSL ve ÇOSL bileşenlerinin her biri ayrı ayrı %2 ve %4 düzeylerinde ilave edilmiş ve etkileri incelenmiştir. Tablo 4.15 ve 4.16'da ekmek ağırlık ve hacimleri ile hamur ve ekmek özellikleri verilmektedir.

Çözünür soya lifi ilavesi normal soya ekmeğine kıyasla, ekmek hacmini arttırıcı etki göstermiştir. %2'lik ÇSL ilavesi ekmek hacminde %8,2'lik artış meydana getirirken, %4'lük ilave hacimde %9,6 artış sağlamıştır. Ancak ÇSL konsantrasyonu %4 olduğunda, hamurda yapışkan ve işlenmesi zor bir durum söz konusu olmuş, üretilen ekmekte yapışkanlıktan ötürü dilimleme zorlukları ortaya çıkmıştır (Tablo 4.16).

Çözünür soya lifi için %4 düzeyinde ilave miktarı oldukça yüksek olup, ekmeğe olumlu etkiler sağlayabilecek daha düşük düzeylerin ilavesi uygundur. Formülasyonlara diyet lifi ilaveleri genellikle kullanılan un ile yer değiştirmek suretiyle uygulanmaktadır. Yüzde 2 ve %4 düzeyleri oldukça yüksek düzeyler olduklarından yapışkan ve yaş ekmek içi oluşumu beklenen bir sonuçtur.

Tablo 4.15: Soya ekmeğinde soya lifi ilaveleri ön denemeleri.

Formülasyon	Ağırlık (g)	Hacim (cc)
Kontrol soya ekmeği	1192,4	1960
Soya ekmeği + %2 ÇSL ¹	1217,2	2120
Soya ekmeği + %4 ÇSL ¹	1232,3	2150
Soya ekmeği + %2 ÇOSL ¹	1201,7	2025
Soya ekmeği + %4 ÇOSL ¹	1235,7	1825

¹ Yüzde ilave edilen miktarlar formülasyonun toplam ağırlığını esas almaktadır. Sonuçlar iki tekrar ortalaması sonuçlarıdır.

Çözünür olmayan soya lifi, %2 düzeylerinde ekmeğe ilave edildiğinde ekmek hacminde düşük miktarlarda artış sağlamaktadır (%3,3). Ekmek hacminde %2 düzeylerinde ilavesi ise sağlanan hacim artışı ÇOSL'nin yaklaşık %7 düzeyinde içermiş olduğu ÇSL ile ilişkilendirilebilir. Ancak ÇOSL ilave düzeyi %4'e arttırıldığında, çözünür olmayan lifin etkisi baskın olarak ortaya çıkmakta ve gluten ağının uygun şekilde oluşamaması nedeniyle ekmek hacminde düşüş (%6,9) meydana gelmektedir. Ayrıca ÇOSL'nin yüksek su absorplama özelliğinden ötürü

(Nelson, 2001a) ekmek kuru olmakta (Tablo 4.16), formülasyonlara daha fazla su ilavesi ihtiyacı doğmaktadır.

Tablo 4.16: Soya lifi ilave edilerek üretilen soya ekmekleri ön denemelerinde kaydedilen gözlemler.

Formülasyon	Hamur	Ekmek özellikleri
Kontrol soya ekmeği	Normal	Normal
Soya ekmeği + %2 ÇSL	Yumuşak İşlenmesi kolay	Yapışkan/ıslak Dilimlemesi zor
Soya ekmeği + %4 ÇSL	Çok yapışkan İşlenmesi zor	İç yapıda delikler ve kabukta çatlamalar Yapışkan/ıslak Dilimlemesi zor
Soya ekmeği + %2 ÇOSL	İşlenmesi kolay Yapışkan değil	Ekmek içi ıslak
Soya ekmeği + %4 ÇOSL	İşlenmesi zor Kuru	Düşük hacimli Ekmek içi dokusu uygun değil Kuru Pişme süresi uzun

Bu bulgular, Vittadini ve Vodovotz (2003)'un eşit miktarda soya unu kullanılarak yaptıkları ekmeğe kıyasla SST'nin ekmek hacmini arttırdığını rapor eden bulgularına benzerdir. Bu etkinin çözünür:çözünür olmayan lif oranının artarak ekmeğin daha yumuşak olmasına yol açması ile ilişkili olması mümkündür. Çözünür diyet lifinin ekmek sertliğine etkisi 4.2.5 bölümünde açıklanmaktadır.

Diğer bir ön deneme ise, buğday unu ekmeğinde SU'nun içerdiği miktarlarda soya proteini sağlayacak şekilde SPI 1 ilavesi ve buğday unununun %2 ve %4'ü ile yer değiştirecek kadar ÇSL ilavesi olmuştur. Bu denemelere ait ağırlık ve hacim değerleri Tablo 4.17'de verilmektedir. Soya proteini ilavesi ekmek hacmini düşürmekte, ancak ekmek ağırlığını arttırmaktadır. Yüzde 2 düzeyinde ÇSL ilavesi ile ekmek hacminde bir değişme gözlenmezken, %4 düzeylerinde hacimde azalma meydana gelmiştir. SU ekmeği için elde edilen ekmek hacmi değeri 1925 cc olup, aynı miktar protein içeren buğday ekmeğinde bu değer 2100 cc olarak bulunmuştur. Buğday ununu ikame eden soya unununun lif içeriği dolayısıyla bu düşmenin meydana geldiği açıkça görülmektedir.

Tablo 4.17: Soya lifi ve soya proteini ilave edilerek üretilen buğday unu ekmekleri ön denemeleri.

Formülasyon	Ağırlık ¹ (g)	Hacim (cc)
Buğday unu ekmeği	852,24	2800
SPI 1 içeren buğday unu ekmeği	866,76	2100
SPI 1 içeren buğday unu ekmeği ve %2 ÇSL	875,22	2050
SPI 1 içeren buğday unu ekmeği ve %4 ÇSL	859,48	1925

¹ 906 g'lık formülasyon sonuçları. Sonuçlar iki tekrar ortalaması sonuçlarıdır.

4.2.2. Soya ekmeklerinin kompozisyonları

Üretilen soya ekmeklerinde her bir formülasyon için çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi içeriklerinin yanı sıra protein ve kül miktarı analizleri Tablo 4.18'de verilmektedir.

Tüm formülasyonlarda çözünür diyet lifi miktarı %0,7-1,6 aralığında, çözünür olmayan diyet lifi miktarları %7,9-9,5 aralığında ve toplam diyet lifi miktarları da %9,0-10,0 aralığındadır. Soya unu ve soya protein izolatları (SPI 1 ve SPI 2) içeren ekmeklerin çözünür diyet lifi ve toplam diyet lifi içerikleri, diğer formülasyonların değerlerinden önemli ölçüde düşüktür ($P<0,05$). Benzer şekilde soya lifi ilave edilen formülasyonların (ÇSL, ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL) çözünür diyet lifi ve toplam diyet lifi miktarları SST içeren formülasyondan farksızdır (Tablo 4.18). Sadece soya protein izolatlarının (SPI 1 ve SPI 2) ilave edildiği ekmeklerde çözünür olmayan diyet lifi miktarları tüm diğer ekmeklerin değerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşüktür ($P<0,05$).

Ekmeklerin kül miktarları kuru bazda %4,9-5,5 aralığında değişim göstermiş olup, soya protein izolatlarını içeren formülasyonlarda en yüksek kül değerleri elde edilmiştir. Soya sütü tozu, SU ve ÇOSL içeren formülasyonlarda, kül içeriği açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ($P<0,05$). Kullanılan soya esaslı bileşenlere ait kül miktarları ürün spesifikasyon verilerinden SST, SU, SPI 1, SPI 2, ÇOSL ve ÇSL için sırasıyla en çok %5,6, 6,2, 6,0, 6,0, 6,5 ve 8,4 olarak belirtilmektedir. Ancak kullanılan buğday unu kuru bazda %0,63 kül içermesi nedeniyle buğday unu ile en fazla yer değiştiren SPI'larda külün yüksek değerde çıkması uygun görünmektedir (Devansoy, 2003; ADM Company, 2004; Fuji Oil Company, 2003; General Mills, 1999; Cargill Company, 2004).

Tüm ekmeklerin protein miktarları %26,2-30,9 aralığındadır (Tablo 4.18). Soya protein izolatları (SPI 1 ve SPI 2) ilave edilen ekmekler ve SST içeren ekmeklerin - protein içerikleri istatistiksel olarak farklı olmayıp, diğer ekmeklerin protein içeriklerinden daha yüksektir (P<0,05). Sadece SU içeren formülasyon ve soya lifi ilaveli formülasyonların (ÇSL ve ÇOSL) beklenildiği gibi protein içerikleri önemli ölçüde düşük bulunmuştur (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: Üretilen soya ekmeklerinin kimyasal kompozisyonları ¹

Formülasyon	Diyet lifi (%)			Protein (%)	Kül (%)
	Çözünür	Çözünür olmayan	Toplam		
ÇSL	1,5 a	8,3 a	9,8 a	27,7 b	4,95 d
ÇOSL	1,6 a	9,0 a	10,6 a	27,7 b	5,03 c
SPI 1	1,1 b	7,9 b	9,0 b	30,8 a	5,19 b
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	1,3 a	8,3 a	9,6 a	30,4 a	5,29 a
SPI 2	0,9 b	8,1 b	9,0 b	31,1 a	5,27 a
SST	1,4 a	9,5 a	10,9 a	30,9 a	5,02 c
SU	0,7 b	8,8 a	9,5 b	26,2 b	5,01 c

¹Değerler kuru bazda olup iki analiz ortalamasıdır. Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

İlave edilen soya ürünlerinin soya ekmeklerinin; ekmek ağırlığı, ekmek özgün hacmi, ekmek hacmi ve yüksekliği, ekmek içi ve kabuk rengi, ekmek sertliği gibi fiziksel özelliklerine etkileri incelenmiştir.

4.2.3. Ekmek ağırlık, hacim ve özgün hacimleri

Üretilen soya ekmeklerinde ekmek ağırlığı, hacim ve özgün hacim sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir.

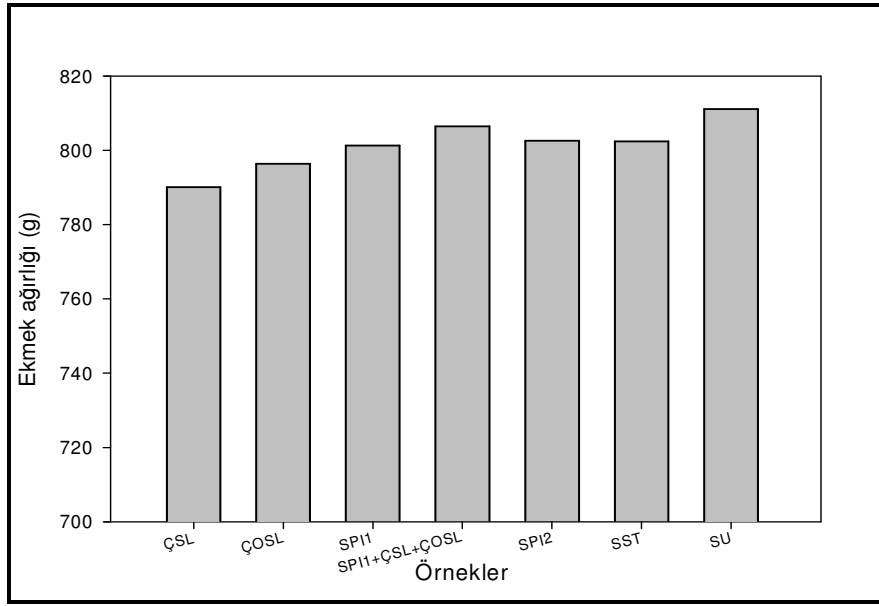
Ekmek ağırlıkları tüm formülasyonlarda 790 g ve 811 g aralığında olup, en yüksek ekmek ağırlığı kontrol SU ekmeğinde ve en düşük ağırlık ise ÇSL içeren ekmeğinde bulunmuştur. Kontrol SU ekmeği ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL ekmeği arasında önemli bir farklılık yoktur (Tablo 4.19 ve Şekil 4.42). Buna ilave olarak SST, SPI 1 ve SPI 2 ile ÇOSL içeren ekmekler ağırlıkları arasındaki farklılıklar da önemli değildir ve hepsinin ağırlıkları ikinci yüksek sırada yer almaktadırlar. Ekmeklerin su bağlama özelliği ağırlığı etkilemektedir (Porter ve Skarra, 1999). Bu sonuçlara göre, çözünür olmayan lif miktarının yüksek olduğu formülasyonlarda ekmek ağırlıkları da bir miktar yüksektir.

Tablo 4.19: Soya ekmeklerinin ağırlık, hacim, özgün hacim ve yükseklikleri^{1,2}.

Formülasyon	Ağırlık (g)	Hacim (cc)	Özgün Hacim (g/cc)	Yükseklik (cm)
ÇSL	790 b	1950 a	0,41 f	9,6 a
ÇOSL	796 ab	1725 b	0,46 d	9,0 bc
SPI 1	801 ab	1675 c	0,48 c	8,4 e
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	806 a	1488 e	0,54 a	8,5 cd
SPI 2	803 ab	1738 b	0,46 d	9,4 ab
SST	802 ab	1613 d	0,50 b	8,8 cd
SU	811 a	1925 a	0,42 e	9,4 ab

¹ Değerler iki ekmeğin için elde edilen değerlerin ortalamasını temsil etmektedir.

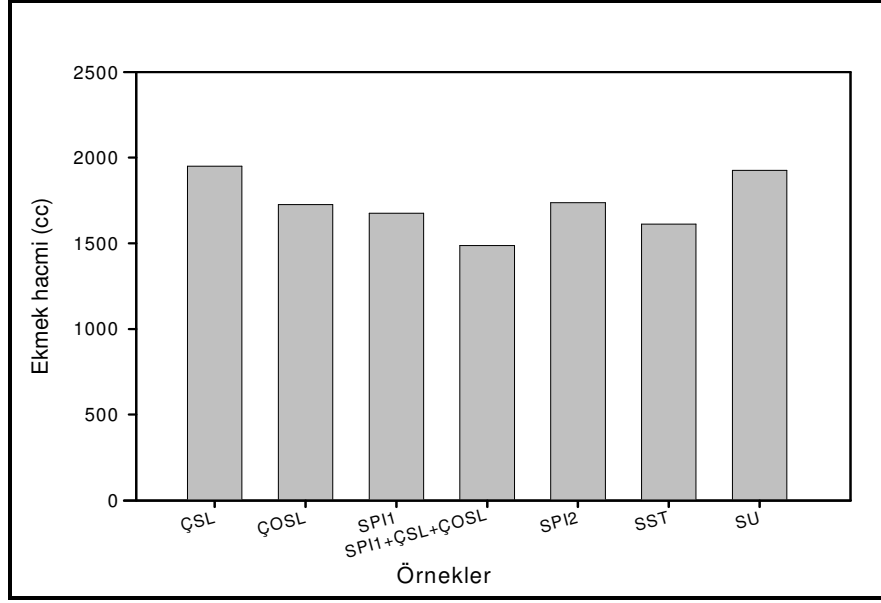
² Aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).



Şekil 4.42: Soya ekmeklerinin ağırlıkları.

Soya ekmeklerinin hacimleri 1488 cc ve 1950 cc aralığında değişmektedir (Tablo 4.19). Ayrıca Şekil 4.43’de ekmeğin hacimleri karşılaştırılmaktadır. En yüksek ekmeğin hacmi ÇSL ve SU içeren kontrol soya ekmeklerinde elde edilmiştir. Çözünür lif ilavesinin ekmeğin hacmini bir miktar geliştirmektedir ve kontrol SU ekmeği ile birlikte tüm diğer ekmeklerden istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek hacime sahiptirler (P<0,05). Ancak, ÇOSL ve soya proteini ilaveleri ekmeğin hacmini önemli düzeylerde azaltmaktadır. Özellikle ÇOSL’in SPI 1 ile birlikte kullanımı en düşük ekmeğin hacmini vermiştir. Benzer şekilde SST ilavesi de kontrol SU ekmeğine göre önemli ölçüde (P<0,05) ekmeğin hacmini azaltmaktadır. Bu azalma SST ekmeğinin, kontrol SU ekmeğine göre daha fazla ÇOSL ve soya proteini içermesi ile ilişkilendirilebilir (Tablo 4.18). Özellikle denatüre olmamış protein ilavesi (SPI 1)

ekmek hacmini daha fazla azaltmıştır (Şekil 4.43). Bu çalışmada en yüksek köpük oluşturma kapasiteleri SU, ÇSL ve SPI 1 için (Tablo 4.4) bulunmuştur. ÇSL ve SU içeren ekmeklerin en yüksek ekmek hacmini oluşturması gaz fazını içinde tutabilme özelliği olan köpük oluşturma özelliklerinin yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir (Wilde, 2003).

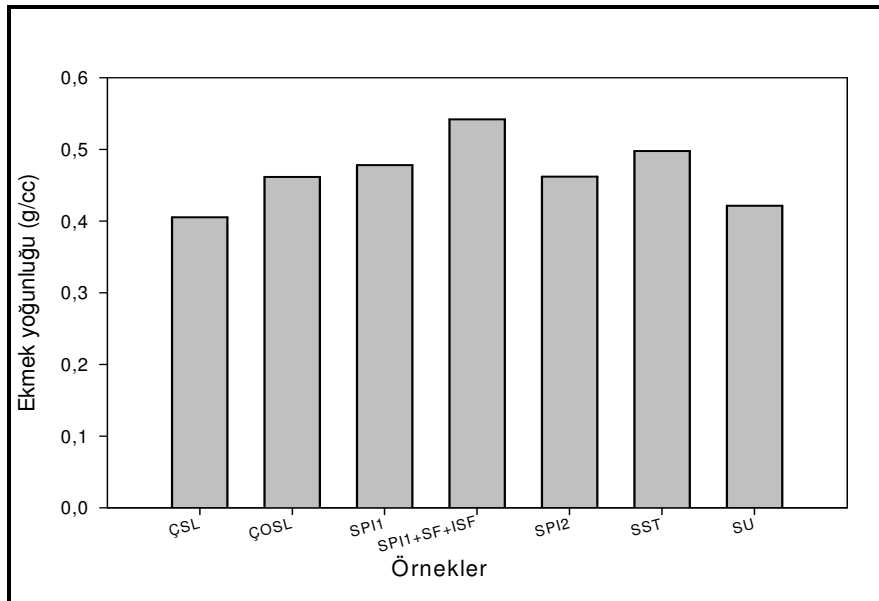


Şekil 4.43: Soya ekmeklerinin somun hacimleri.

Diğer araştırmacılar da soya ilavesi ile ekmek hacminin önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Azalmanın nedenini ise, soya esaslı bileşenlerin su absorplama özelliklerinin farklılığına, 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 ve diğ., 1992; Vittadini ve Vodovotz, 2003; Shogren ve diğ., 2003; Basman ve diğ., 2003). Chavan ve Kadam (1993) soya protein izolatının, soya protein konsantresi ve soya unlarına kıyasla, eşit düzeylerde ilavesinde, ekmek hacminde en fazla düşmeyi sağladığını bildirmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre SPI 1 (%13,0), SPI 2'ye (%9,7) göre ekmek hacminde daha fazla düşmeye neden olmuştur (Tablo 4.19). Denatüre protein izolatı ilave edilen (SPI 2) ekmek hacimlerinin SPI 1'e göre daha büyük bulunması, su tutma kapasitesinin daha yüksek olması nedeniyle (Şekil 4.40) pişme sırasında daha yüksek sıcaklıklarda en fazla nem kaybını vermesi sonucu, ekmek hamurunu daha yumuşak tutmak suretiyle, hacim genişlemesine izin vermesi ile ilişkilendirilmiştir.

Çözünür olmayan lifler ise, lif ve gluten arasındaki etkileşime bağlı olarak hamurun gazı alıkoyma yeteneğini azaltmak suretiyle ekmeğin hacmini azaltırlar (Nelson, 2001a; Gomez ve diğ., 2003; Katina 2003).

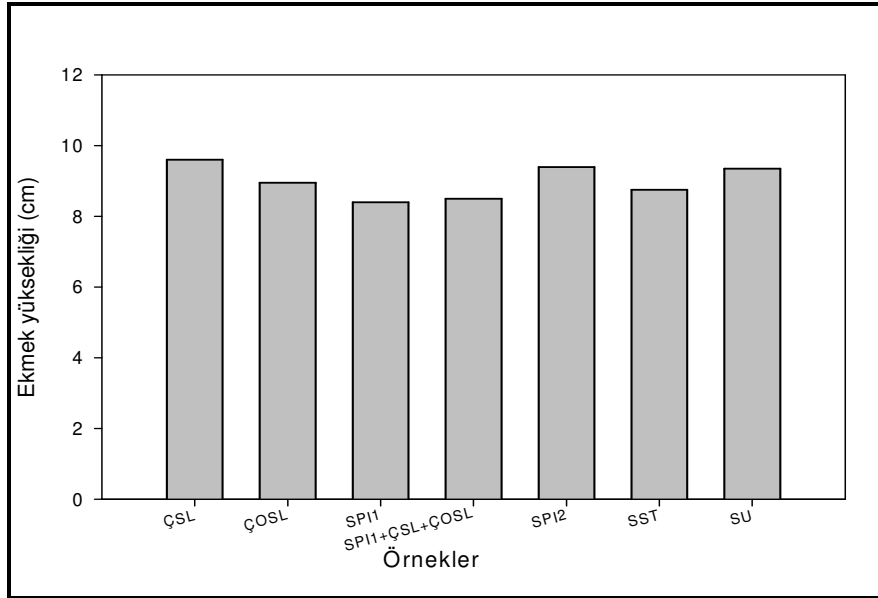
Soya ekmeğinin özgül hacimleri 0,41-0,54 g/cc aralığındadır (Tablo 4.19). Şekil 4.44'de de verildiği gibi, formülasyonların özgül hacimleri arasında istatistiksel olarak farklılıklar mevcuttur ($P < 0,05$). Bu farklılıklar ekmeğindeki her bir bileşenin etkisinin farklı olmasından dolayı önem kazanmıştır. SST'nin benzetimini yapmak üzere SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren formülasyonun diğer formülasyonlara göre SST'ye daha yakın olduğu görülmektedir. Hem lif bileşenlerinin hem de proteinin bir arada özgül hacmi etkilediği anlaşılmaktadır. Su tutma özelliği yüksek, ancak glutenin gelişmesinin az olduğu, sert yapıda olan ekmeğlerde hacmin düşük ve ağırlığın yüksek olmasına bağlı olarak özgül hacim de yüksek olmuştur. Shogren ve diğ. (2003) %0'dan %40'a değişen oranlarda soya unu ilave ederek ürettikleri tam buğday ekmeğlerinde, ekmeğın soya unu miktarı arttıkça sertleştiğini, yoğun hale geldiğini (daha sıkı) ve özgül hacminin arttığını bildirmişlerdir. Öte yandan su tutma kapasitesi yüksek olup, ekmeğın yumuşaklığı fazla olan ve hacim genişlemesine izin veren yapıda olan ÇSL ilaveli ekmeğ ise en düşük ekmeğ özgül hacim değerine sahip olmuştur.



Şekil 4.44: Soya ekmeğlerinin özgül hacimleri.

4.2.4. Ekmek yükseklikleri

Soya ekmeklerinin yükseklik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar mevcut olup, değerler Tablo 4.19’da verilmektedir. Şekil 4.45’de tüm ekmeklerin yükseklikleri karşılaştırılmaktadır. En fazla ekmek yüksekliği ÇSL içeren formülasyonda elde edilirken, SPI 1 ilavesi en düşük ekmek yüksekliği değerini vermiştir. Soya unu ve SPI 2 içeren ekmeklerin yüksekliği birbirinden farklı olmayıp, ikinci en yüksek değere sahiptirler ($P<0,05$). Çözünür olmayan soya lifi içeren ekmeklerin yükseklikleri bu ekmekleri daha azalan değer ile takip etmektedir. Soya sütü tozu içeren soya ekmeği ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren formülasyonun ekmek yükseklikleri arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur ($P<0,05$). Kontrol SU ekmeğine göre, soya esaslı bileşenlerden özellikle ÇSL ve soya protein izolatının ekmek yüksekliklerini arttırmaktadır. Ancak ÇOSL, SST, SPI 1 ve SPI 2 gibi diğer bileşenler ekmek yükseklikleri üzerine olumsuz bir etki göstermektedir.



Şekil 4.45: Soya ekmeklerinin somun yükseklikleri.

4.2.5. Ekmek sertliği

Taze soya ekmekleri için maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri Tablo 4.20’de verilmiştir. Tüm örneklerde maksimum yük değerleri 0,61-4,48 N ve maksimum gerilme değerleri 0,004-0,022 MPa aralığında değişmektedir (Şekil 4.46). En yüksek değerler SPI 1 ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL ekmek formülasyonu ekmeklerine ait iken, ÇSL içeren ekmek örneği en düşük değere sahiptir. Ayrıca ÇOSL, SST ve

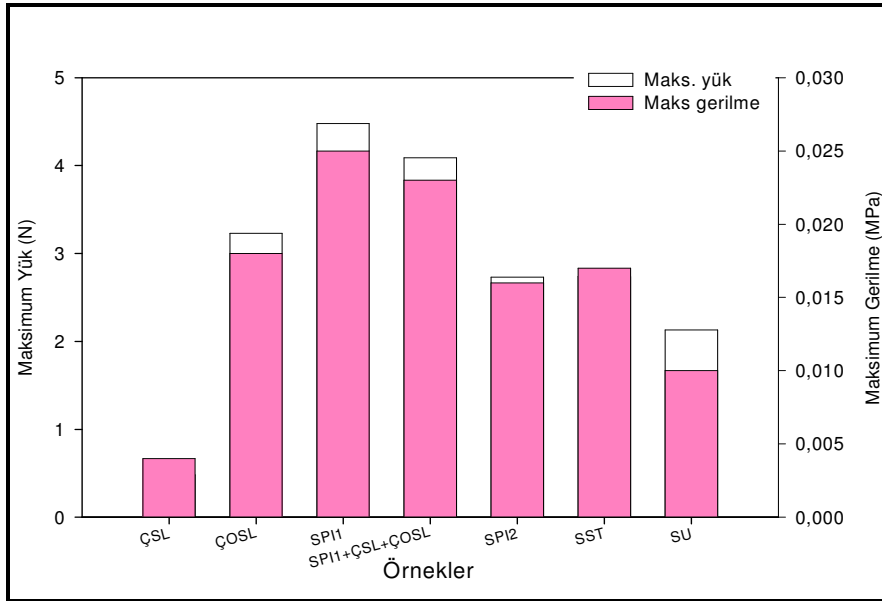
SPI 2 içeren ekmeklerin sertliği kontrol SU ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksektir ($P<0,05$). Buna karşın ÇOSL ilavesi ise kontrol SU ekmeğine göre sertliği önemli düzeyde arttırmıştır.

Tablo 4.20: Taze soya ekmeklerinde maksimum yük ve gerilme değerleri^{1,2}.

Formülasyon	Maksimum Yük (N)	Maksimum gerilme (MPa)
ÇSL	0,61±0,15 e	0,004±0,00 e
ÇOSL	3,07±0,96 bc	0,017±0,01 bc
SPI 1	4,48±1,30 a	0,025±0,01 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	3,89±0,45 ab	0,022±0,00 ab
SPI 2	2,86±0,84 c	0,016±0,00 c
SST	3,00±0,50 bc	0,017±0,00 bc
SU	1,65±0,48 d	0,009±0,00 d

¹ Değerler iki ekmeğin için üçer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir.

² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P>0,05$).



Şekil 4.46: Taze soya ekmekleri için Instron ile elde edilen maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri

Soya sütü tozunun kısmen denatüre soya proteini içermesi nedeniyle (Tablo 4.6) soya ekmeğinde sertliğe etkinin SPI 2 ile benzer olması doğaldır ve hem çözünür hem çözünür olmayan lif içeriği ve soya proteini içeriği ile daha sert bir ekmeğin oluştuğunu göstermiştir. 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. Ekmeğin

hacminde, hamurun uzayabilirliğinde ve uzama direncinde ise düşme söz konusudur (Basman ve diğ., 2003).

Öte yandan, ÇSL ilavesi taze soya ekmeğine önemli ölçüde yumuşaklık sağlamıştır. Benzer şekilde, Nelson (2001) çözümlü lif içeriği yüksek liflerin ekmeğe içi yumuşaklığını olumlu yönde etkilediğini belirtmiş ve bu etkiyi nem tutmaya yardımcı olmak suretiyle ekmeğe içi nemliliğini arttırdığı şeklinde açıklamıştır (Nelson, 2001a).

Çözümlü soya lifi ve SU ekmekleri daha yüksek ekmeğe hacimleri ile (Tablo 4.19) daha düşük başlangıç sertliğine sahipken, SPI, SST ve ÇOSL içeren soya ekmekleri tam tersine küçük ekmeğe hacimleri ile daha sert özelliktedir. Bu bulgu, Axford ve diğ. (1968) tarafından dikkat çekilen ekmeğe hacmindeki artışın sertlik ile ters orantılı olduğu teorisini desteklemektedir (Axford ve diğ., 1968). Roger ve diğ. (1988) ise sertliği daha düşük nem içeriği ile ilişkilendirmişlerdir.

4.2.6. Ekmeğe içi ve kabuk rengi

Tüm formülasyonlarda hem ekmeğe içi hem kabuk rengi parametreleri için önemli farklılıklar bulunmuştur. Tablo 4.21’de verilen HL değerlerine göre, ekmeğe içi rengi SST, ÇSL, ÇOSL ve soya protein izolatları (SPI 1 ve SPI 2) ekmeklerinde kontrol SU ekmeğine göre önemli ölçüde açıktır ($P<0,05$). Bu etki, lipoksigenaz enziminin ağartıcı etkisinin bulunması ile de ilişkili olabilir (Boyacıoğlu, 2006). Ekmeğe içi renginin SU kontrol ekmeğine göre daha açık olduğu diğer tüm ekmeklerin bileşenlerinde L-1 lipoksigenaz enzim aktivitesi soya ununa göre daha düşük, ancak L-2-3 enzim aktiviteleri daha yüksektir (Tablo 4.14). Kontrol SU ekmeği haricindeki tüm ekmeklerin ise iç rengi, daha yüksek L-2-3 enzim aktivitesi bulunan bileşenler varlığında daha açık olarak gözlenmiştir.

Taze soya ekmeklerinin ekmeğe içine ait a ve b değerleri, tüm formülasyonlarda SU içeren kontrol ekmeğine göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). En yüksek a değerleri SST içeren ekmeklerde gözlenmiş ve bunu SPI 1 içeren ekmekler izlemiştir. HunterLab kolorimetre ile ölçülen b değerleri ise ÇSL ve SU ekmeklerinde tüm diğer ekmeklerden önemli ölçüde daha düşüktür. Soya lifi ilave edilen ekmeklerde a ve b değerleri kontrol SU ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli derecede farklı bulunsun da, diğer formülasyonlara göre daha düşük artışlar göstermişlerdir (Tablo 4.21).

Bu bulgular enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından Maillard reaksiyonunun meydana gelmesi sonucu kırmızı ve sarı tonların yoğunluk kazanması ile desteklenebilir. Ayrıca SST bileşeninin kendisine özgü sarımsı bir renginin olması da diğer önemli bir noktadır. Brewer ve diğ., (1992) ekmek örneklerine buğday ununun belirli düzeylerde ikamesi olacak şekilde soya proteini ve soya lifi ilavesinin etkisini incelemiştir. Araştırmacılar, a ve b değerleri için bu çalışmadakine benzer bir eğilim bulmalarına rağmen HL değerleri için tam tersi bir eğilim saptamışlardır (Brewer ve diğ., 1992). Ancak bu çalışmada kullanılan soya ürünlerinin lipoksigenaz enzim aktiviteleri hakkında bilgi mevcut değildir.

Tablo 4.21: Taze soya ekmeklerinde ekmek içi ve kabuk rengi için HL, a ve b değerleri ^{1,2}.

Formülasyon	Ekmek içi rengi			Kabuk rengi		
	HL	b	a	HL	b	a
ÇSL	56,56 e	17,35 e	1,14 f	22,27 d	5,10 d	6,73 cd
ÇOSL	59,88 a	17,72 d	1,38 e	22,23 d	6,04 b	8,03 a
SPI 1	59,24 b	17,98 c	1,91 c	22,62 c	5,58 c	6,94 c
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	60,12 a	18,20 b	2,11 b	23,83 a	6,61 a	8,02 a
SPI 2	58,43 c	17,89 c	1,59 d	21,49 e	5,28 d	6,56 d
SST	57,78 d	18,75 a	2,24 a	22,40 cd	5,74 c	7,30 b
SU	55,33 f	16,65 f	1,16 f	22,94 b	4,83 e	5,84 e

¹ Değerler iki ekmek için elde edilen on noktadan beş ölçüm değeri ortalamasını temsil etmektedir.

² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Kabuk renginin, SPI 1 ve lifleri içeren ekmeğin (SPI 1+ÇSL+ÇOSL), kontrol SU ekmeğinden HL değerlerine göre önemli düzeyde daha açık olduğu görülmüştür (Tablo 4.21). Ancak diğer tüm ekmeklerin kabuklarının rengi, kontrol SU ekmeğinden önemli düzeyde daha koyudur (P<0,05). Bununla birlikte soya lifi içeren ve SPI 1 içeren ekmeklerin HL değerleri, SST içeren ekmekten farklı değildir (P<0,05). Bu sonuç Kim ve Moon (1999) tarafından %4 soya sütü posası ilave edilen ekmek için elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir. Tablo 4.21’de verildiği gibi SPI 2 ilave edilen ekmeğin kabuk rengi önemli ölçüde açılmaktadır (P<0,05).

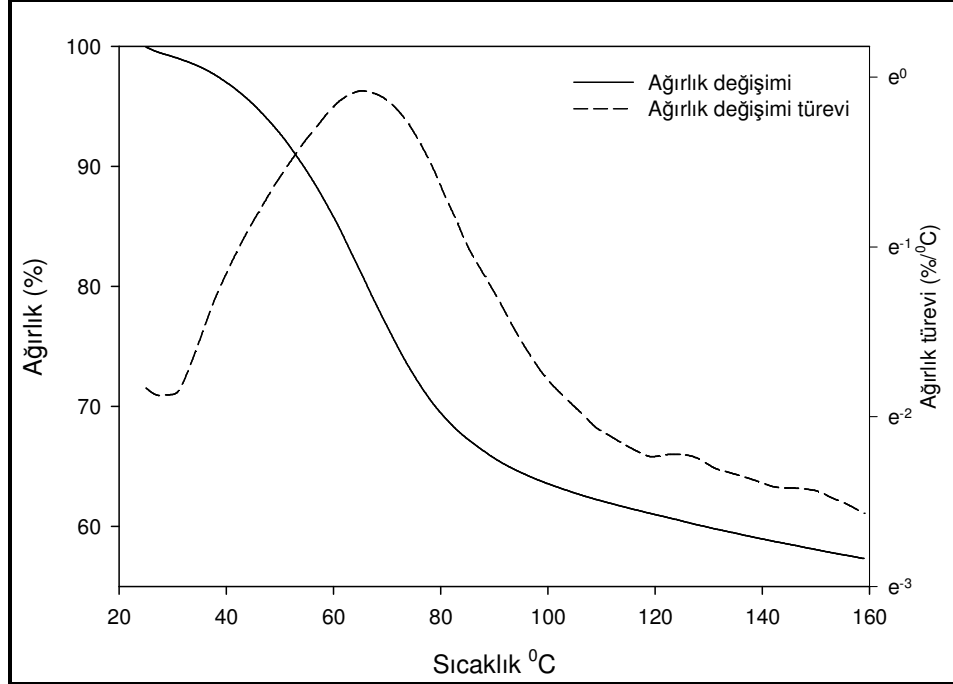
Çözünür olmayan lifin ve soya protein izolatlarının ekmeklere ilavesi kabukta a ve b değerlerini kontrol SU ekmeğine göre önemli ölçüde arttırmıştır. Dhingra ve Jood (2001) yaptıkları duyu değerlendirmelerde SU ilave edilen buğday ekmeklerinde benzer şekilde kabukta koyulaşma tespit etmişlerdir (Dhingra ve Jood, 2001).

4.2.7. Ekmeklerin su aktiviteleri

Tüm ekmek formülasyonlarında su aktivitesi değerleri 0,96-0,97 aralığında olup Tablo 4.22’de verilmiştir. Su aktivitesi değerleri birbirine yakın olup, sadece SST içeren ekmek diğer ekmeklerin değerlerinden farklı bulunmuştur ($P<0,05$).

4.2.8. Ekmeklerin nem içerikleri

Ekmek örneklerindeki nem içeriği TGA ile analizlenmiştir. Termogravimetrik analiz (TGA) örnekteki kütle değişimini sıcaklığın fonksiyonu olarak tarama modunda veya izotermal olarak zamanın bir fonksiyonu olarak inceler. Malzemelerin çeşitli koşullar altında parçalanması, termal dayanıklılıklarının karakterize edilmesi ve örnekte meydana gelen fizikokimyasal süreçlerin kinetiklerinin incelenmesi amacıyla uygulanmaktadır (Hatakeyama ve Quinn, 1994). Sıcaklığa bağlı olarak ağırlık değişimi Şekil 4.47’de düz çizgi şeklinde gösterilmiştir ve bu grafikte kesik çizgi belirli bir sıcaklıklardaki ağırlık değişiminin türevini ifade etmektedir. Örneklerdeki nem içerikleri, bileşenlerin su absorpsiyon veya su tutma özellikleri bu veriler yardımı ile belirlenebilmektedir.



Şekil 4.47: SST içeren soya ekmeğine ait tipik bir TGA termogramı.

Tüm ekmek formülasyonlarına ait nem içerikleri ve maksimum nem kaybı sıcaklıkları Tablo 4.22’de verilmiştir. Taze soya ekmeklerinde nem içeriği açısından

formülasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P<0,05$). Bununla birlikte soya bileşenlerinin miktarı arttıkça ekme matrisi içerisinde daha fazla su tutulduğu görülmektedir.

Tablo 4.22: Taze soya ekmekleri için su aktivitesi ve TGA ile ölçülen toplam nem içeriği ve maksimum nem kaybının olduğu sıcaklık değerleri^{1,2}

Formülasyon	Su aktivitesi a_w	Toplam nem içeriği (%)	Maksimum nem kaybı sıcaklığı (°C)
ÇSL	0,97 a	47,18 a	68,6 b
ÇOSL	0,97 a	47,27 a	69,0 b
SPI 1	0,97 a	47,63 a	71,5 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	0,97 a	46,83 a	69,9 ab
SPI 2	0,97 a	46,69 a	68,7 b
SST	0,96 b	47,00 a	69,9 ab
SU	0,97 a	46,52 a	70,6 ab

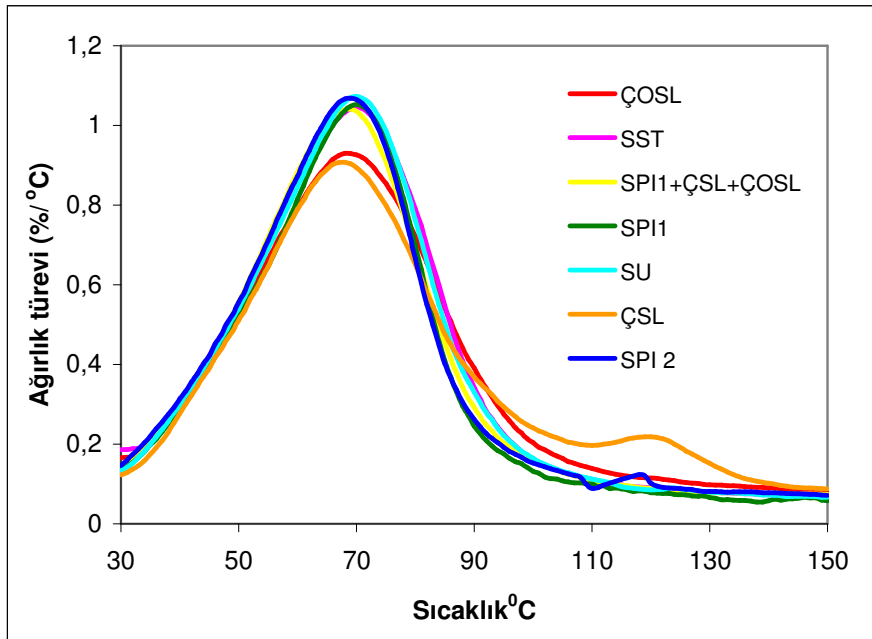
¹ Değerler iki ekme için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir.

² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P> 0,05$).

Maksimum ağırlık değişimi türev eğrilerinden tüm formülasyonlar için maksimum nem kayıpları incelenmiştir. Gözlenen maksimum nem kayıpları tüm formülasyonlarda 69-72°C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir (Tablo 4.22). Denatüre olmamış SPI 1 içeren ekmeğin daha yüksek sıcaklıklarda nem kaybettiği, öte yandan ÇSL, ÇOSL ve SPI 2 içeren ekmeğin ise en düşük sıcaklıklarda nem kaybeden formülasyon olduğu bulunmuştur (Şekil 4.48). Soya proteinindeki denatürasyonun nem tutma özelliğine etkisi açıkça görülmektedir. Denatüre olmamış soya proteininin kısmen denatüre olmuş soya proteinine göre daha yüksek nem tutma özelliği olduğu saptanmıştır. Sadece soya lifi ilavelerinin yapıldığı ekmelerde su tutma özelliği, kontrol ekmeklerine (SU ve SST) göre daha düşük olarak bulunsa da, istatistiksel olarak farklılıklar önemli değildir ($P<0,05$). Soya lifleri ilave edilen formülasyonlarda yalnızca denatüre olmamış soya proteini formülasyonu ile farklılık önemli olmuştur. Ekmelerde su tutma kapasitesini özellikle soya proteinlerinin varlığı etkilediği ortaya çıkmıştır.

Ancak Şekil 4.48'de dikkati çeken diğer bir nokta 120°C civarında ÇSL ve SPI 2 için nem kaybının olduğu bir geçişin daha olmasıdır. Gözlenen bu piklerin, bu bileşenler tarafından ekmekte oluşan jel yapıdan suyun kaybı olduğu tahmin edilmektedir.

Vittadini ve Vodovotz (2003) daha önce soya ekmeği üzerinde yaptıkları çalışmada %20 soya unu ilavesinin taze ekmeğin nem içeriğini buğday unu ekmeğine göre az bir miktar arttırdığını belirtmişlerdir. Ancak, %30 ve %40 düzeyindeki soya unu ilavesinde nem içeriğinin azaldığını rapor etmişlerdir (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Ayrıca standart ekme formülasyonlarına soya ilavesinin ekmeğin su tutma kapasitesini arttırdığı da belirtilmiştir (Porter ve Skarra 1999; Doxastakis ve diğ., 2002). Soya protein izolatlarının, soya unu ve soya protein konsantreleri gibi diğer soya esaslı bileşenlere göre daha yüksek su tutma ve bağlama kapasitelerinin olduğu da bilinmektedir (Boyacıoğlu, 2006).

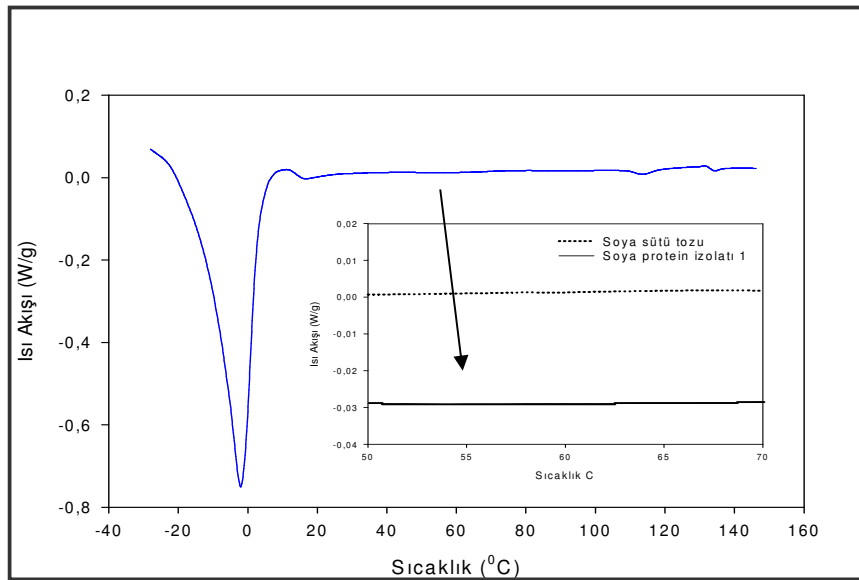


Şekil 4.48: Soya ekmeğine ait TGA türev eğrileri.

Daha önce bileşenlerin su bağlama kapasiteleri analizlendiğinde de SPI 1'in en yüksek su bağlama kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur (Tablo 4.4). Ancak ekme örneklerinde formülasyonda mevcut diğer bileşenlerin de oranları değiştiğinden bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Soya protein izolatı 2'nin su tutma kapasitesinin lif bileşenlerine göre yüksek bulunmasına rağmen, ekme formülasyonlarında SU ve SST ekmeğinin daha yüksek değerlere sahip olması, hem protein hem lif içermelerinin birlikte etkisinin sonucudur.

4.2.9. Dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su içerikleri

Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) maddenin süreçler ile ilişkili ısı değişimlerini tespit etmek suretiyle fiziksel ve kimyasal özellikleri sıcaklığın fonksiyonu olarak inceler. Soya ekmeği için tipik bir termogram Şekil 4.49'da görülmektedir. İlk endotermik pik 0°C civarında olup analizlenen örneğin buz erimesini temsil etmektedir. Bu data ile, dondurulabilir su ve dondurulabilir olmayan su miktarları tespit edilmektedir. Ekmeğin bayatlaması ve nişasta jelleri ise 60°C civarında bir endoterm oluştururlar. Bu bayatlama endotermi, amilopektinin düzenli bir yapı (kristallenme) gelişimine karşılık gelmektedir. Çeşitli tip yaşlanmış nişasta jellerinde bu endoterm bulunmaktadır (Vodovotz ve diğ., 2001).



Şekil 4.49: SST ve SPI 1 içeren taze soya ekmeğinde amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisindeki değişimi gösteren tipik DSC termogramları.

Tablo 4.23'de dondurulabilir olan ve olmayan su içerikleri ile amilopektin yeniden kristalizasyon entalpi değerleri verilmiştir. Soya ekmeğinde dondurulabilir su içerikleri %29,97-34,92 aralığında gözlenmiştir. SST ve kontrol SU ekmeği dondurulabilir su içerikleri açısından farklı bulunmamışlardır. Öte yandan, ÇSL ve ÇOSL içeren formülasyonlar dışındaki diğer formülasyonlardan da önemli bir farklılık göstermemişlerdir ($P < 0,05$). En yüksek dondurulabilir su içerikleri lif bileşenlerinde olup, en düşük değerler kontrol SU ekmeği ve SPI 1 içeren ekmekte bulunmuştur (Tablo 4.23). Soya esaslı bileşenlerin formülasyona ilavesi, dondurulabilir su miktarında küçük miktar bir artış sağlamaktadır. Ancak

dondurulabilir su miktarını esas olarak etkileyen bileşenin çözünür lif olduğu görülmektedir. Bulgulara benzer şekilde Vittadini ve Vodovotz (2003) taze ekmeklerde dondurulabilir su miktarında soya ilavesinin miktarına bağlı olarak artış gözlemiştir. Dondurulabilir su içeriğine bileşenlerin etkisi konusunda çalışmalar bulunmamaktadır.

Ayrıca çözünür olmayan soya lifi ve ÇSL+ÇOSL+SPI formülasyonlarında daha yüksek nem içeriklerinin olması dondurulabilir su miktarının biraz daha fazla olmasına neden olabilmektedir. Kontrol SU ekmeğinde ise tam tersi durum söz konusudur. Vittadini ve Vodovotz (2003) çeşitli düzeylerde soya unu ilave ettikleri ekmeklerde normal buğday ekmeğine göre daha fazla dondurulabilir su miktarı saptamalarını bu ekmeklerdeki yüksek nem içeriği ile ilişkilendirmişlerdir (Vittadini and Vodovotz, 2003).

Tablo 4.23: Taze soya ekmekleri için DSC ile ölçülen dondurulabilir su içeriği (%), dondurulabilir olmayan su içeriği (%) ve amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisi değerleri.

Formülasyon	Dondurulabilir su içeriği (%)	Dondurulabilir olmayan su içeriği (%)	Amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisi (W/g)
ÇSL	34,92 a	12,26 c	0,01 abc
ÇOSL	32,99 ab	14,29 bc	0,01 abc
SPI 1	30,03 c	17,60 a	0,02 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	30,78 bc	16,05 ab	0,02 ab
SPI 2	30,87 bc	15,82 ab	0,00 bc
SST	31,31 bc	15,70 ab	0,01 abc
SU	29,97 c	16,56 ab	0,00 c

¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir.

² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Soya ekmeklerinde dondurulabilir olmayan su miktarı %12,26-17,60 aralığında değişim göstermiştir (Tablo 4.23). SST içeren formülasyonda bu değer %15,7 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler Vittadini ve Vodovotz (2003)'un soya içeren ekmeklerde elde etmiş oldukları sonuçlara benzerlik göstermektedir. Taze soya ekmeklerinde çözünür lif içeren formülasyonda en düşük dondurulabilir olmayan su miktarı saptanırken, SPI 1 formülasyonunda en yüksek değer elde edilmiştir (P<0,05).

4.2.10. Amilopektin kristalizasyonu

Amilopektin yeniden kristalizasyonu DSC eğrisinde 40 - 70°C aralığında endotermik pik olarak görülmektedir (Şekil 4.49). Taze soya ekmeklerinde her formülasyon için amilopektin kristalizasyon entalpileri oldukça düşük (0,00-0,02 W/g) bulunmuştur (Tablo 4.23). SPI 1'in diğer formülasyonlara kıyasla daha yüksek entalpiye sahip olduğu açıktır (P<0,05). Amilopektin yeniden kristalizasyonu zamanla gerçekleşen bir olay olduğundan, formülasyonlar arasında etkin bir karşılaştırmanın yapılması için bayatlama araştırma sonuçları gereklidir. Bayatlama çalışması sonuçları 4.3 kısmında detaylı olarak incelenmiştir. .

Vittadini ve Vodovotz (2003) buğday ekmeğine göre soya ekmeğinde daha düşük amilopektin yeniden kristalizasyonu tespit etmişlerdir. Bunun nedeni sadece soya ekmeğinde amilopektin miktarının buğday ekmeğine göre daha az olması ile ilişkilendirilmemiştir. Depolama sürecinde ekmek içinden kabuğa nem geçişinin az olduğu ekmeklerde amilopektin kristalizasyonunun da az olduğu belirtilmiştir (Baik ve Chinachoti, 2001; Vittadini ve Vodovotz, 2003). Bu çalışmada, amilopektin miktarlarının tüm formülasyonlarda küçük değişimler göstermesinin (Tablo 3.7 %17,5-24,1 buğday unu), analizlenen soya ekmeklerindeki amilopektin yeniden kristalizasyon entalpilerindeki küçük farklılaşmalara neden olabileceği düşünülse de yalnızca etkili faktörün nişasta miktarı olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin; SPI 1 formülasyonunda daha yüksek amilopektin yeniden kristalizasyonunun (%20,9 buğday unu, 0,02 W/g entalpi) bulunmasına rağmen, amilopektin miktarı en yüksek olan formülasyon SU içeren ekmektir (%24,1 buğday unu, 0,00 W/g entalpi). Ancak ekmekler taze iken nem içeriklerinde istatistiksel bir farklılık bulunmayışı nedeniyle (Tablo 4.22) amilopektin yeniden kristalizasyon entalpilerinde de çok küçük farklılıklar tespit edilmiştir.

Zeleznaek ve Hosenev (1987), nişasta kristalleşmesinin retrogradasyon sırasında ortamdaki mevcut su ile kontrol edildiğini ve %40-50 nem içeriklerinde maksimum kristal oluşumun gerçekleştiğini rapor etmişlerdir (Zeleznaek ve Hosenev, 1987). Soya ekmeklerinin de nem içerikleri bu aralıktadır (Tablo 4.22) ve soya bileşenlerinin suya karşı olan ilgileri ve yüksek su bağlama kapasiteleri, suya bağlanmak için rekabet eden nişasta bileşenine daha az suyun kalmasına neden olabilir. Bu anlamda, su bağlama kapasitesi en yüksek olan SPI 1 kontrol soya ekmeğine göre kristallenmeyi bir miktar arttırmış olabilirken, daha düşük su bağlama

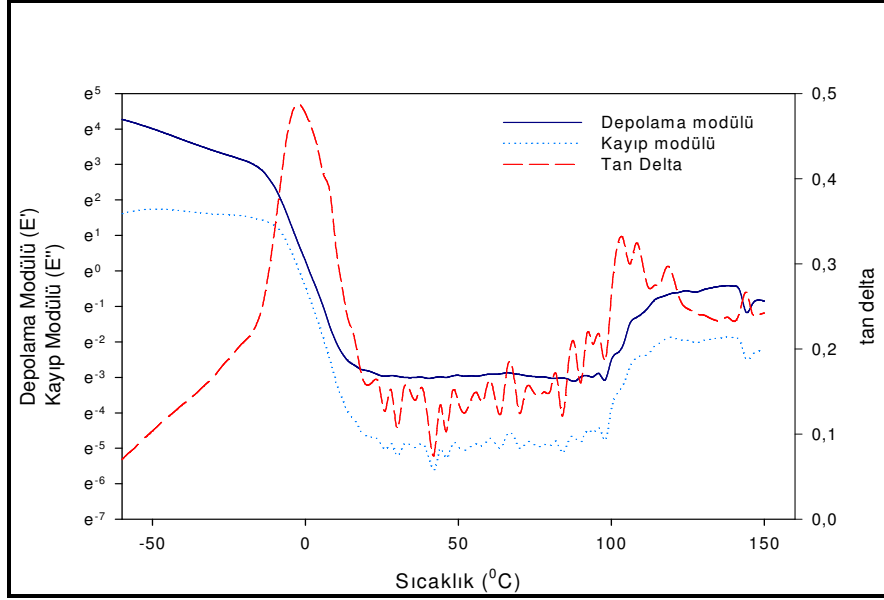
kapasiteleri olan diğer bileşenler tam ters etkiye neden olmuştur. Depolama sırasında soya proteininin etkisi ise değişiklik göstermektedir. Ryan ve diğ. (2002)'ne göre, ekmekte su absorplayan soya fraksiyonları, nişasta ile daha kuvvetli şekilde etkileşime girmekte ve soya proteinlerinin gluten fraksiyonu ile kompleks oluşturma yeteneğini engellemektedir. Bu nedenle, soya proteini/nişasta etkileşimleri nişasta/nişasta etkileşimlerinin önüne geçmekte ve depolama sırasında amilopektin yeniden kristalizasyonunu yavaşlatmaktadır.

4.2.11. Ekmeklerin DMA ile doku sıklığı

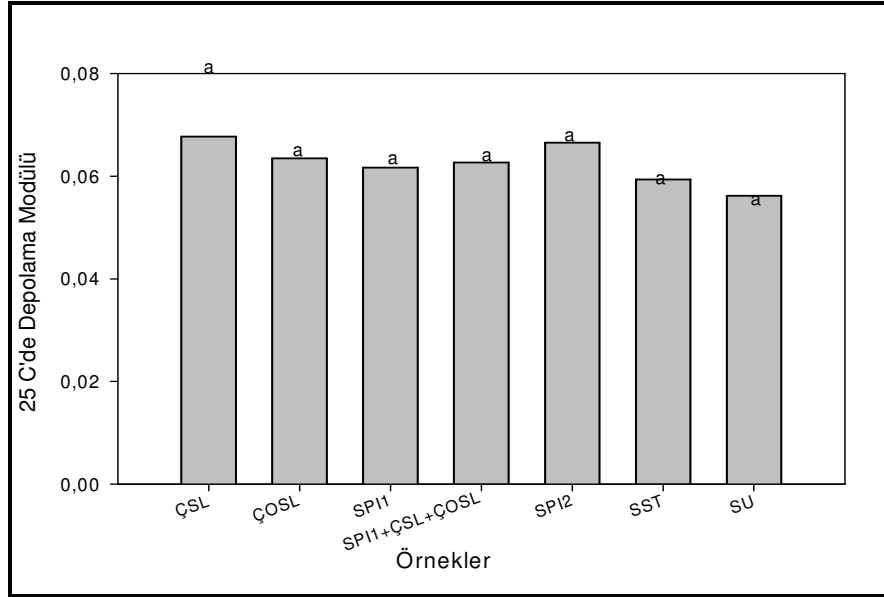
DMA belirli bir geometrideki örneğe belirli bir frekansta dinamik gerilme uygulayan termomekanik bir tekniktir. Meydana gelen gerilmenin faz içi (elastik) ve faz dışı (viskoz) olmak üzere iki bileşeni vardır. Gıda polimerleri çoğunlukla viskoelastik özellikte olup, kuvvet ve gerilme faz dışında birbirlerine göre tan delta ($\tan\delta$) faz açısı oluşturmaktadırlar. Bu faz açısı; kayıp modülünün (E'') depolama modülüne (E') oranı şeklinde ifade edilmektedir (Vodovotz ve diğ., 2001).

Tipik bir DMA termogramı Şekil 4.50'de verilmiştir. Temel geçiş 0°C 'de gözlenmekte olup E' ve E'' değerlerinde düşüş ve $\tan\delta$ eğrisinde pik şeklinde görülmektedir. Bu geçiş buz erimesi ile tanımlanmakta, ancak camsı geçiş gibi ikinci derece geçişlerin de katkısı olabileceği düşünülmektedir (Hallberg ve Chinachoti 1992; Vodovotz ve Chinachoti, 1996). 100°C üzerindeki sıcaklıklarda ürünlerden nem buharlaşması nedeniyle sertleşme ve çatlama meydana gelmekte ve bu nedenle zikzaklı eğriler ve E' değerinde artışlar gözlenmektedir (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Taze soya ekmeklerinde 0°C civarında buz erimesi olarak tahminlenen tek bir geçiş gözlenmiştir (Baik ve Chinachoti, 2000).

Şekil 4.51'de soya ekmeklerine ait 25°C 'deki sertlik/sıklık ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Taze ekmeklerdeki başlangıç sıklığı değerlendirildiğinde, formülasyonlar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($P<0,05$). Aynı parametreyi inceleyen Vittadini ve Vodovotz (2003) buğday ekmeklerinde soya ekmeğine göre daha yüksek sıklık/sertlik değerleri elde etmişlerdir (Vittadini ve Vodovotz, 2003).



Şekil 4.50: Soya ekmeği için tipik DMA termogramı.



¹ Değerler iki ekmeğin elde edilen değerlerin ortalamasını temsil etmektedir. ² Aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Şekil 4.51: Taze soya ekmeği için DMA ile 25°C'de elde edilen depolama modül değerleri.

Rogers ve diğ. (1988) sertlik/sıklık parametresini düşük nem içeriği ile ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada, taze ekmeğin için hem sertlik hem de nem içeriği değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmadığından böyle bir ilişki incelenememiştir. Ancak kontrol SST ve SU ekmeğinde depolama modülü diğer soya bileşeni ilave edilen ekmeğe göre daha az düzeydedir. Vittadini ve Vodovotz (2003) ise, düşük

hacimli soya ekmeklerinde buğday ekmeklerine göre daha düşük ilk sertlik değerleri saptandığını rapor etmiş ve bu sonucu buğday ekmeklerinde daha fazla nem kaybı olması ile ilişkilendirmişlerdir.

4.3. Soya Ekmeğinin Bayatlaması Sırasındaki Değişimler

Soya ekmeklerine ilave edilen soya ürünlerinin bir hafta boyunca depolama sırasında etkilerinin karşılaştırılması ve ekmeğin bayatlamasına etkilerinin incelenmesi amacıyla fiziksel özelliklerden; ekmeğin içi ve kabuk rengi ve ekmeğin sertliği, ve fizikokimyasal özelliklerden; su aktivitesi, nem içeriği, dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su miktarları, amilopektin yeniden kristalizasyonu ve sıklığı gibi özellikler analizlenmiştir.

4.3.1. Sertlik ölçümleri

Soya ekmekleri için 1. ve 7. gün depolama sonrası sertlik ölçümleri için maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri Tablo 4.24’de verilmektedir. Şekil 4.52 ve Şekil 4.53’de tüm ekmeklere ait değerler karşılaştırılmaktadır. Genel olarak depolamanın 7.gününde tüm soya ekmeklerinin sertliği artmıştır.

Tablo 4.24: Soya ekmeklerinde depolama başlangıcı ve sonunda maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri^{1,2}.

Formülasyon	1. gün		7. gün	
	Maksimum yük (N)	Maksimum gerilme (MPa)	Maksimum yük (N)	Maksimum gerilme (MPa)
ÇSL	0,61±0,15 e	0,004±0,00 e	2,90±0,90 d	0,018±0,01 c
ÇOSL	3,07±0,96 bc	0,017±0,01 bc	4,59±1,13 ab	0,026±0,01 abc
SPI 1	4,48±1,30 a	0,025±0,01 a	5,70±1,13 a	0,032±0,01 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	3,89±0,45 ab	0,022±0,00 ab	4,99±1,74 ab	0,028±0,01 ab
SPI 2	2,86±0,84 c	0,016±0,00 c	3,71±1,07 bc	0,021±0,01 bc
SST	3,00±0,50 bc	0,017±0,00 bc	3,37±0,79 cd	0,019±0,00 c
SU	1,65±0,48 d	0,009±0,00 d	3,48±0,87 cd	0,020±0,00 c

¹ Değerler iki ekmeğin için üçer ölçüm değerlerinin ortalamasını ve standart sapmasını temsil etmektedir.

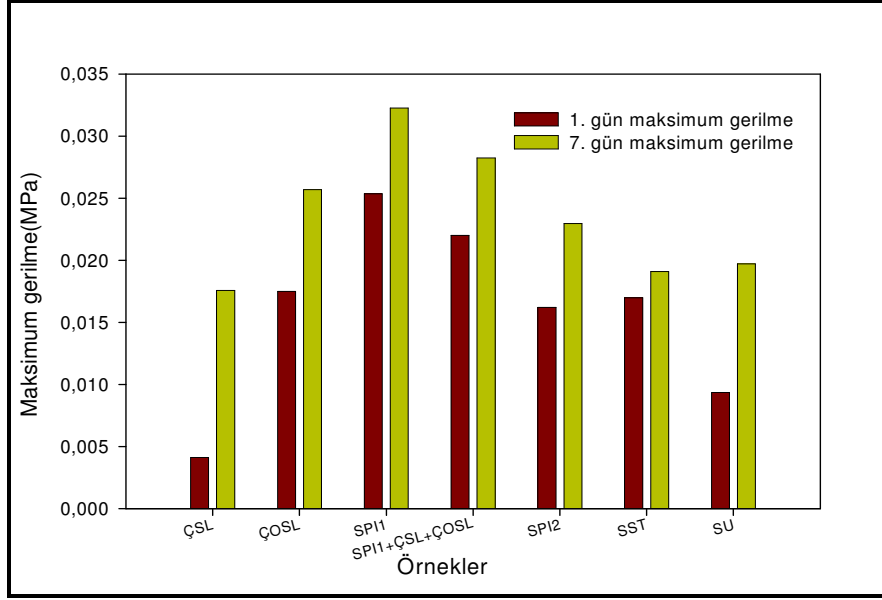
² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Hem 1. hem de 7. günlerde formülasyonlardaki sertlik değerleri (maksimum yük ve gerilme) karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak formülasyonlar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0,05). Birinci gün için saptanan farklılıklar incelendiğinde (Tablo 4.24); ÇSL içeren ekmeğin tüm formülasyonlardan önemli düzeyde daha düşük değerlere sahiptir. Soya protein izolatu 1 ise en yüksek değere sahiptir ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL dışındaki tüm formülasyonlardan farklıdır. Soya sütü tozu içeren

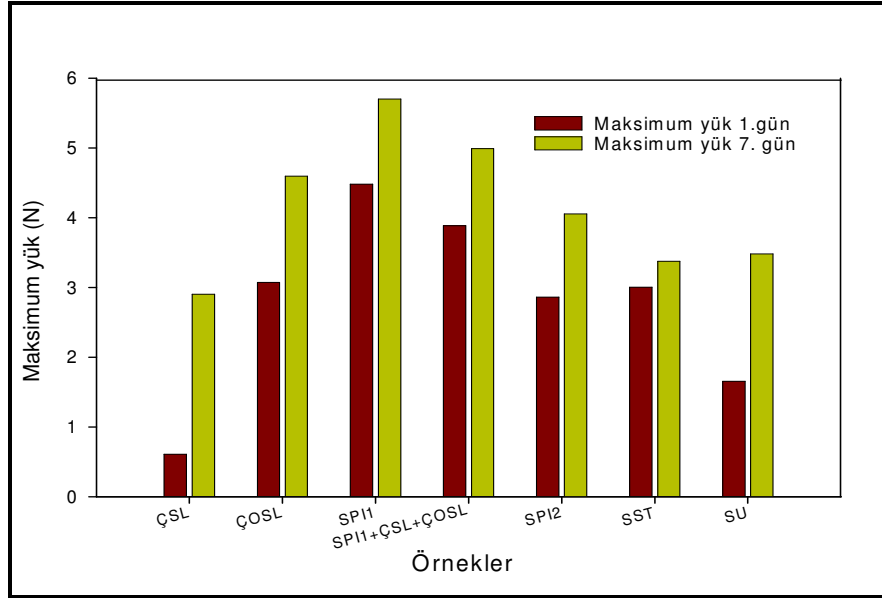
ekmek SU, ÇSL ve SPI 1 içeren ekmeklerden farklı olup, SPI 2 ve ÇOSL ve SPI1+ÇSL+ÇOSL formülasyonları ile benzer bulunmuştur. Soya unu kontrol ekmeğine ÇSL ilavesi sertliği önemli düzeyde düşürürken diğer tüm bileşenlerin ilavesi sertliği arttırmıştır.

Yedinci gün sonundaki sertlik değerleri de benzer şekilde; ÇSL ekmeğinin sertliği en düşük, SPI 1 içeren ekmekte ise en yüksek değerde saptanmıştır. ÇSL ekmeği ayrıca SPI 1, ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyonlarından önemli düzeyde daha düşük sertliğe sahiptir. SST ve SU ekmeğinin sertliği ise istatistiksel olarak ÇSL ve SPI 2 ekmeklerinden farklı değildir ($P<0,05$). Soya protein izolatu 1 ilavesi soya ekmeklerinin sertliğini önemli düzeyde arttırmıştır, ancak SPI 2 ilavesinde bu artış SST ve kontrol SU ekmeğine göre önemli bulunmamıştır. Diğer yandan, ÇSL ilave edilen taze soya ekmeği istatistiksel olarak önemli düzeyde yumuşak bulunurken, 7. günün sonunda yine en düşük sertlik değerine sahip olmakla birlikte, SST, SU kontrol ve SPI 2 ekmeklerinden istatistiksel olarak farklı değildir (Tablo 4.24). Soya sütü tozu ile üretilen ekmeğin kontrol SU ekmeğine göre daha az sert olması daha fazla miktarda ÇSL içermesi ile ilişkili olabilir (Tablo 4.1). Kim ve Moon (1999), ÇSL içeriği fazla olan soya sütü kalıntı 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 değişmekle birlikte, su kaybının önlenmesine bağlı olarak amilopektin kristalizasyonunun gecikmesi sonucu genellikle sertlikte azalma tespit etmişlerdir (Gomez ve diğ., 2003).

Ancak günler arasındaki farklılık incelendiğinde (Tablo B.9); 1. ve 7. günler arasında sertlik değerlerinde ÇSL, ÇOSL ve SU ekmeği için farklılıklar önemli olarak saptanmıştır ($P<0,05$). Lif ilavesinin depolama sürecinde ekmek sertliğindeki artışı önemli ölçüde değiştirdiği ve etkili parametrenin ÇSL olduğu açıktır. Çünkü ÇSL içeren taze ekmeğin sertliği düşük ve SPI 1 içeren ekmeğin ise sertliği yüksektir. Çözünür olmayan soya lifi ve SU'da sertlikte artış en fazla olurken, en az artış SPI 2 ve SST'de olmuştur.



Şekil 4.52: Soya ekmeği taze iken ve depolamanın 7. gününde Instron ile analizlenen maksimum gerilme değerleri.



Şekil 4.53: Soya ekmeği taze iken ve depolamanın 7. gününde Instron ile analizlenen maksimum yük değerleri.

4.3.2. Ekmek içi ve kabuğu renk özellikleri

Tablo 4.25’de verilen değerler depolamanın 1. ve 7. günü ekmek içi ve kabuk renk özelliklerine aittir. Her formülasyon için ekmek içi ve kabuk renginde önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. 7. gün sonunda ekmek içi en parlak olan formülasyon SPI 1+ÇSL+ÇOSL olurken en az parlak ÇSL içeren ekmek olmuştur

($P<0,05$). Soya sütü tozu, SPI1, SPI 2 ve ÇOSL ilavesi kontrol SU ekmeğine göre ekmek içi rengi koyulaşmasını önemli düzeyde azaltırken, ÇSL tam tersine arttırmıştır ($P<0,05$). Bu verilerden, ekmek içi koyulaşmasının soya proteini ve çözünür olmayan lif ilavesi ile azaldığı sonucuna varılmıştır. Soya sütü tozu ilavesi ile ekmeğin protein ve çözünür olmayan lif miktarındaki artış da (Tablo 4.18) bu sonucu desteklemektedir. Günler arası farklılıkların önemli olduğu formülasyonlar SPI 1 hariç diğer tüm formülasyonlardır (Tablo B.9). Başka bir deyişle; depolama ile SPI 1 dışındaki tüm formülasyonlarda ekmek içi renk koyuluğu önemli düzeyde farklılaşmıştır ($P<0,05$).

Taze ekmeklerin ekmek içi a ve b değerleri en yüksek düzeyde SST ekmeğinde gözlenmiştir (Tablo 4.25). Benzer şekilde 7. gün sonunda da SST ekmeği için b değeri en yüksektir. Soya sütü tozu ekmeğinin diğer ekmeklere göre daha sarımsı renge sahip olması yüksek yağ içeriği (%22) ve SST'nin sarımsı rengi ile de ilişkilidir (Devansoy, 2003). Soya liflerini içeren SPI 1 ve yalnız SPI 1 ekmekleri a değerleri SST'den farklı bulunmazken b değerleri farklıdır. Soya protein izolatu 1 ve SPI 2 formülasyonlarının ekmek için a değerleri birbirinden farklı iken b değerleri farklı değildir ($P<0,05$). Taze ekmekler için olduğu gibi depolanmış ekmeklerde de kontrol SU ekmeği ve ÇSL ilave edilmiş ekmekler en düşük a ve b değerlerine sahiptir. Soya proteini ilaveleri ve soya lifi ilaveleri SU ekmeğine göre ekmek içi a ve b değerlerini arttırmışlardır. Depolama başlangıcı ve sonunda ekmek içi a değerindeki farklılığın önemli olduğu formülasyonlar SU, SST, ÇSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL olarak belirlenmiştir. Depolama başlangıcı ve sonunda ekmek içi b değerindeki farklılığın önemli olduğu formülasyonlar ise SST, ÇSL, ÇOSL, SPI 1 ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL olarak belirlenmiştir (Tablo B.9).

Soya unu, ÇSL ve ÇOSL formülasyonlarında daha parlak (HL) ekmek içi ve daha düşük a ve b değerleri tespit edilmesi lipoksigenaz aktivitesi nedeniyle (Tablo 4.14) ağartma etkisinden olabileceği düşünülmektedir (Boyacıoğlu, 2006).

Tablo 4.25: Soya ekmeklerinde depolama süresince ekmek içi ve kabuk rengindeki değişim^{1,2}.

Formülasyon	Ekmek içi					
	1.gün			7. gün		
	HL	a	b	HL	a	b
ÇSL	56,6 e	1,14 f	17,3 e	55,5 e	1,30 c	16,8 d
ÇOSL	59,9 a	1,38 e	17,7 d	58,9 c	1,35 c	17,2 c
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	60,1 a	2,11 b	18,2 b	61,3 a	1,98 a	17,8 b
SPI 1	59,2 b	1,91 c	18,0 c	59,1 c	1,99 a	17,7 b
SPI 2	58,4 c	1,59 d	17,9 c	60,6 b	1,54 b	17,8 b
SST	57,8 d	2,24 a	18,8 a	60,0 b	1,98 a	19,1 a
SU	55,3 f	1,16 f	16,6 f	57,0 d	0,77 d	16,5 e
Formülasyon	Kabuk					
	1.gün			7. gün		
	HL	a	b	HL	a	b
ÇSL	22,3 d	6,73 cd	5,14 d	21,9 b	7,60 b	5,75 c
ÇOSL	22,2 d	8,03 a	6,04 b	21,6 c	8,70 a	6,22 b
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	23,8 a	8,02 a	6,61 a	22,6 a	8,71 a	6,82 a
SPI 1	22,6 c	6,94 c	5,58 c	21,6 c	7,12 c	5,28 d
SPI 2	21,5 e	6,56 d	5,28 d	20,3 e	6,99 c	5,29 d
SST	22,4 cd	7,30 b	5,74 c	20,4 e	7,55 b	5,64 c
SU	22,9 b	5,84 e	4,83 e	21,2 d	6,81 c	5,09 d

¹ Değerler iki ekmek için elde edilen on noktadan beş ölçüm değeri ortalamasını temsil etmektedir.

² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Taze ekmeklerde kabuk rengi koyuluğu en fazla olan ekmek SPI 2 olarak bulunurken, en az koyuluk ise SPI 1+ÇSL+ÇOSL ve SU ekmeği için bulunmuştur. 7. gün depolama sonucunda benzer şekilde SPI 1+ÇSL+ÇOSL ekmeği en açık, SST ve SPI 2 ekmekleri ise en koyu bulunmuştur.

Yedinci gün sonunda kabuk rengi koyuluğunun tüm formülasyonlar için arttığı saptanmıştır. Ancak bu artış ÇSL ilave edilen ekmek için minimumdur. Kim ve Moon (1999) da benzer şekilde soya sütü kalıntı lifi ilave ettikleri ekmeklerde kabuk renginde farklılık saptamamışlardır (Kim ve Moon, 1999). İlk gün ve 7. günlerde SPI 2 eklenen ekmeğin kabuk rengi koyuluğu önemli düzeyde daha yüksektir (P<0,05). Lif ilavesinin ve SPI 1 ilavesi koyulaşmayı önemli ölçüde azaltırken, SPI 2 ve SST ilavesinin ise arttırıcı etkisi olduğu görülmüştür.

Kabukta a ve b değerlerinin önemli ölçüde yüksek olduğu formülasyonlar ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren ekmeklerdir. En düşük değerler ise SPI'lar ve SU için elde edilmiştir. Depolama sonucunda kontrol SU ekmeği kabuk rengine göre SPI içeren ekmeklerin bir farklılığı bulunmazken, lif içeren formülasyonlar ve SST ekmek

kabuk a ve b parametrelerini arttırmışlardır. Soya sütü tozu ekmeği kabuk rengi a ve b parametreleri ÇSL ekmeği ile farksız bulunmuştur.

Birinci ve 7. günler arasında a değerinin farklı olduğu ekmekler ÇSL, SPI 1+ÇSL+ÇOSL, SU ve SST içeren örnekler olurken b değerinin farklı olduğu ekmekler ise ÇSL, SPI 1+ÇSL+ÇOSL, SST ve SU örnekleridir (P<0,05). Açıklık/koyuluk özelliğinin ise depolama başlangıcı ve sonunda tüm formülasyonlar için farklı olduğu saptanmıştır.

4.3.3. Su aktiviteleri

Bayat ekmeklerin su aktivitesi değerleri tüm formülasyonlar için 0,97 olarak bulunmuştur. Taze ekmeklerin su aktivitesi değerleri (Tablo 4.22) bayatlama ile herhangi bir değişime uğramamıştır. Sadece SST içeren formülasyonda depolama süresinde gözlenen 0,01 birim artış olmakla birlikte genel anlamda bir değişim söz konusu değildir.

4.3.4. Toplam nem içerikleri

Tüm formülasyonlara ait depolama günlerindeki nem miktarları Tablo 4.26'de verilmiştir. Soya ekmeklerinde başlangıç nem miktarları %46,52-47,63 aralığında iken 7. gün sonunda %43,55-46,30 aralığındadır. Yedi günlük depolama süresinde tüm ekmeklerin nem içeriğinde azalma eğilimi gözlenmiştir (Tablo 4.26). Başlangıç nemleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmamakla birlikte, SPI 1 içeren ekmekte en yüksek değer söz konusudur. Kontrol SU ekmeği en düşük başlangıç nem içeriğine sahiptir. Soya esaslı bileşenlerin ilavesi ile ekmek içerisinde daha fazla su tutulabilmektedir.

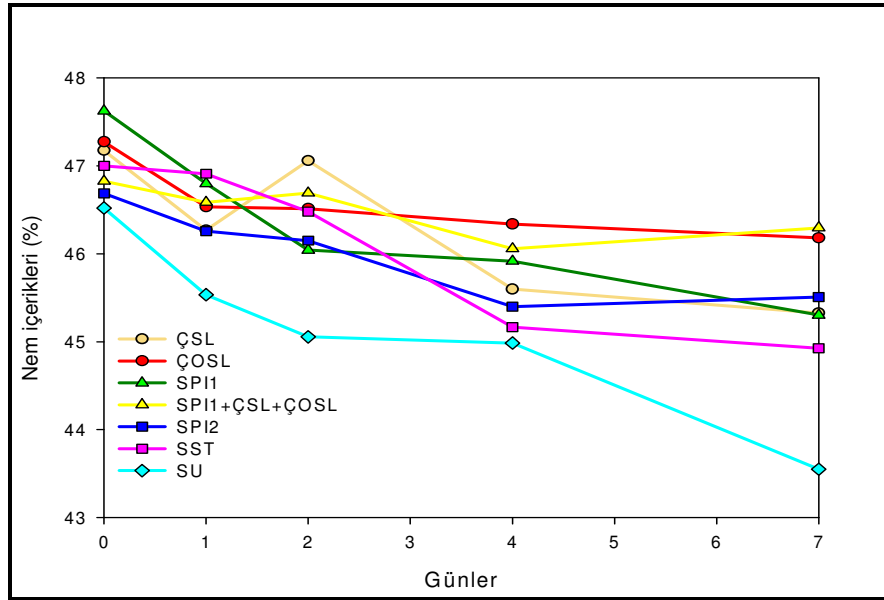
Tablo 4.26: Depolama süresinde ekmeklerin nem içerikleri^{1,2}.

Formülasyon	Günler				
	Başlangıç	1	2	4	7
ÇSL	47,18 a	46,27 ab	47,06 a	45,60 abc	45,33 ab
ÇOSL	47,27 a	46,53 ab	46,51 a	46,34 a	46,18 a
SPI 1	47,63 a	46,80 ab	46,04 ab	45,92 abc	45,30 ab
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	46,83 a	46,59 ab	46,69 a	46,06 ab	46,30 a
SPI 2	46,69 a	46,26 ab	46,15 a	45,40 abc	45,51 ab
SST	47,00 a	46,91a	46,48 a	45,17 bc	44,93 b
SU	46,52 a	45,54 b	45,06 b	44,99 c	43,55 c

¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir.

² Sütunlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (P> 0,05).

Bazı formülasyonlarda depolama süresi arttıkça nem içeriğindeki azalmalar farklılık göstermiştir (Şekil 4.54). Başlangıçtan itibaren 7 gün süresinde en fazla nem kaybı SU ekmeğinde (%6,4) olup, bunu SPI 1 ekmeği (%4,9) ve SST ekmeği (%4,4) izlemiştir. Bir diğer ifade ile, 7. günde en düşük nem içerikli formülasyon kontrol SU ekmeği iken, en yüksek nem içerikli ekmeğin ÇOSL ve SPI 1+ÇOSL+ÇOSL formülasyonlarıdır.



Şekil 4.54: Depolama sürecinde ekmeklerde nem içerikleri.

Yedinci günün sonunda ÇSL, SPI 1 ve SPI 2 içeren ekmeklerin nem içerikleri SST ekmeğine göre önemli düzeyde farklı değildir ($P < 0,05$). Soya protein izolatu ve SST içeren soya ekmeklerinin nem tutma özellikleri kontrol SU ekmeğine göre daha fazla olmuştur. ÇOSL ve soya proteini ilavesinin ekmeklerde nem içeriğini artırıcı yada nem kaybını azaltıcı etkileri olduğu açıktır.

Tablo B.9’da verildiği üzere nem içeriği açısından depolama günleri arasında farklılık olduğu saptanan formülasyonlar ÇSL, SPI 1, SPI 2 ve SU ekmekleridir. SST, ÇOSL ve SPI 1+ÇOSL+ÇOSL ekmeklerinde ise depolama sırasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır. Tablo B.9’da sonuçları verilen her formülasyon için depolama günlerindeki farklılıkların incelenmesi sonucunda, ÇSL ekmeği için nem içeriğindeki değişimler 2. gün itibarı ile önemli olmaya başlamış olup, 4. ve 7. günlerdeki nem içeriklerinde önemli bir farklılık saptanmamıştır. Soya protein izolatu 1 ve SPI 2 ekmekleri için başlangıç nemleri, depolama günlerinde elde edilen tüm değerlerden farklıdır, ancak 4. ve 7. günlerdeki nem içeriklerinde önemli bir farklılık

saptanmamıştır. Nem içeriğindeki değişim en fazla ilk gün içerisinde olmaktadır. Soya unu ekmeğinde ise başlangıç nemi tüm günlerden farklı olup 7. güne kadar önemli bir farklılık olmamakta ancak 7. gün elde edilen nem içeriği tüm günlerden farklı olmaktadır (P<0,05).

Belirli sıcaklıklardaki maksimum ağırlık değişimi türevi verilerinden tüm formülasyonlar için en yüksek nem kayıplarının olduğu sıcaklıklar da değerlendirilmiştir (Tablo 4.27). Elde edilen maksimum ağırlık kayıpları 69-72°C sıcaklıkları arasında gerçekleşmiş olup, SU içeren ekmeğe diğer tüm formülasyonlara göre 7. gün için en düşük sıcaklık değerine sahip olmuştur. Öte yandan aynı gün değerleri için SST içeren ekmeğin diğer formülasyonlardan önemli bir farklılığı yoktur (P<0,05).

Tablo 4.27: Tüm soya ekmeği için depolama günleri için en yüksek nem kayıplarının olduğu sıcaklıklar(°C).

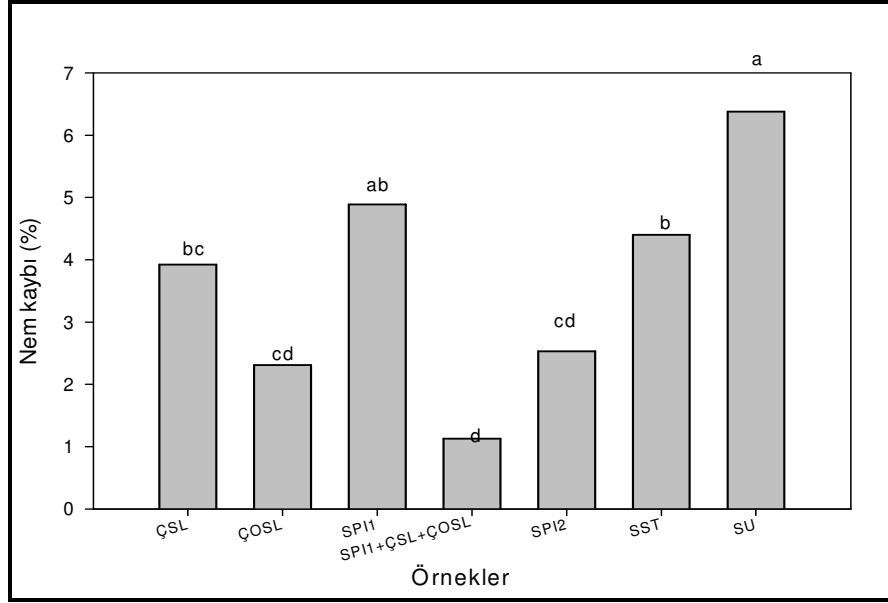
Günler	ÇSL	ÇOSL	SPI 1	SPI+ÇSL +ÇOSL	SPI 2	SST	SU
0	69 b	69 b	72 a	70 ab	69 b	70 ab	71 ab
7	69 a	70 a	72 a	70 a	69 a	70 a	60 b

¹ Değerler iki ekmeğe için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Satırlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Şekil 4.55’de verilen 7 gün depolama sırasındaki nem içeriğindeki kayıplar, kontrol SU ekmeği ve SPI 1 için en yüksek bulunurken, bunları takiben SST ve ÇSL içeren formülasyonlar gelmektedir. Depolamanın 7. gününde SST içeren ekmeğindeki nem kayıpları, ÇOSL, ÇSL+ÇOSL+SPI 1 formülasyonu ve SPI 2 ekmeğine göre önemli düzeyde yüksek bulunurken, SU ekmeğine göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Ancak, SPI 1 ve ÇSL ekmeği ile benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.55)(P<0,05).

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 ekmeğe formülasyonlarında su tutma kapasitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır (Porter ve Skarra 1999; Doxastakis ve diğ., 2002). Soya esaslı bileşen ilavesi (%19,9 soya unu + diğer soya bileşenleri) arttıkça nem kaybında azalma bu çalışmada da görülmüştür. Elde edilen verilerden de görüldüğü üzere SPI ilaveleri ekmeğin nem tutmasını pozitif yönde etkilemiştir. Ancak denatüre soya proteinin bu anlamda daha etkili olduğu görülmektedir. Her bir

%1'lik soya protein izolatı ilavesi ile ekmeğin nem tutması %4-5 artış gösterdiği diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Boyacıoğlu, 2006).



Şekil 4.55: Tüm soya ekmekleri için 7 gün depolama sonucundaki nem kayıpları.

4.3.5. Dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su içerikleri

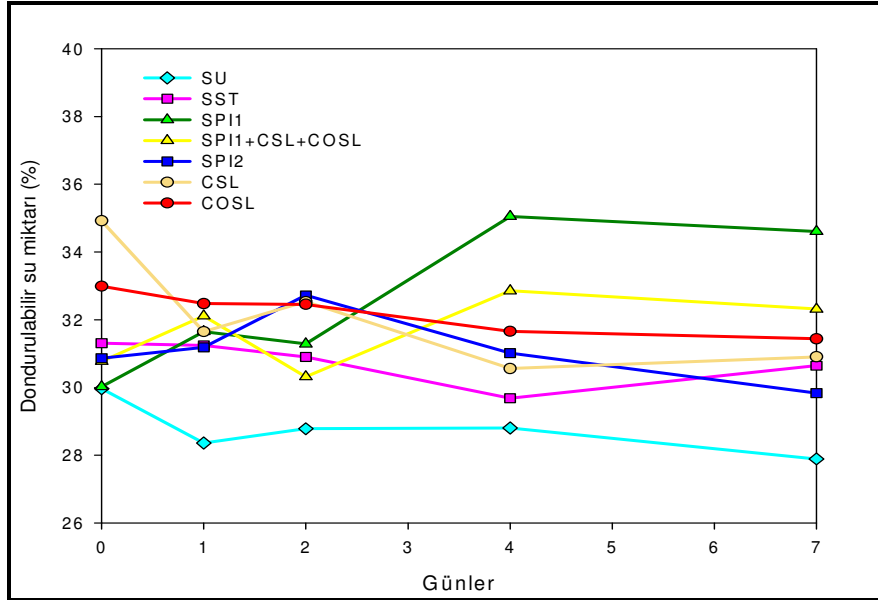
Tablo 4.28 soya ekmeklerinin başlangıçtan 7. günün sonuna kadar dondurulabilir su miktarlarını göstermektedir. Bulgulara göre 0°C civarındaki endotermik geçişler, tüm formülasyonlar için depolama sonucunda da benzer sıcaklık aralıklarında (-2,3°C – -1,4°C) gelişmiştir. Dondurulabilir su içeriği 7 günlük depolama süresinde en düşük kontrol SU ekmeğinde olmuştur (Tablo 4.28). Tüm ekmeğin formülasyonlarında depolama boyunca dondurulabilir su miktarında azalma olmuştur. Soya sütü tozu ve SPI 2 ilave edilen ekmeklerdeki dondurulabilir su miktarları, kontrol SU ekmeğine göre depolama süresince daha tekdüzedir (Şekil 4.56). ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyonlarındaki yüksek nem içeriği dondurulabilir su miktarının daha fazla bulunmasına neden olarak gösterilebilirken, SU ekmeği için de tam tersi etki düşünülmektedir. Vittadini ve Vodovotz (2003), soya unu 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 (Vittadini ve Vodovotz, 2003).

Tablo 4.28: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir su miktarları, %^{1,2}

Formülasyon	Günler				
	Başlangıç	1	2	4	7
ÇSL	34,9 a	31,7 a	32,5 a	30,6 bc	30,9 b
ÇOSL	33,0 ab	32,5 a	32,5 a	31,7 bc	31,4 b
SPI 1	30,0 c	31,7 a	31,3 ab	35,1 a	34,6 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	30,8 bc	32,1 a	30,3 bc	32,9 ab	32,3 ab
SPI 2	30,9 bc	31,2 a	32,7 a	31,0 bc	29,8 bc
SST	31,3 bc	31,2 a	30,9 ab	29,7 c	30,6 bc
SU	30,0 c	28,4 b	28,8 c	28,8 c	27,9 c

¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Sütunlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).

Başlangıçtaki dondurulabilir su miktarı, en yüksek ÇSL ve ÇOSL içeren ekmeklerde (%34,9 ve %33,0). Taze ekmeklerde soya esaslı bileşen ilavesi genel olarak dondurulabilir su miktarını bir miktar artırırken, en temel etkili bileşenin çözümlü lif olduğu anlaşılmaktadır. Kontrol SU ekmeğine göre taze ekmeklerde dondurulabilir su miktarındaki artışlar ÇSL’de %16,3, ÇOSL’de %10, SPI 1+ÇSL+ÇOSL’de %2,7, SPI 2’de %3 ve SST’de ise %4,3 olmuştur.



Şekil 4.56: Soya ekmeklerinde depolama süresinde dondurulabilir su miktarındaki değişim.

Dondurulabilir su miktarı açısından taze SST ve kontrol SU ekmekleri, ÇSL ve ÇOSL ilave edilen formülasyonlar haricindeki diğer tüm ekmeklerden istatistiksel olarak farklı değildir. En yüksek değere sahip olan ÇSL içeren ekmek, ÇOSL ilaveli ekmek haricindeki tüm formülasyonlardan farklıdır (P<0,05). Depolamanın 1. gününde, SU ekmeği dışında formülasyonlar arası farklılık önemli değildir (P>0,05).

4. gün itibarı ile en yüksek değere sahip olan SPI 1 içeren ekmeğe, depolama sonuna kadar en yüksek değere sahip olmuştur. Soya protein izolatu 1 ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren formülasyonlarda farklılık bulunmazken, SPI 1 diğer tüm formülasyonlardan farklıdır. Soya sütü tozu içeren formülasyon ise 4. gün itibarı ile ÇSL, ÇOSL, SPI 2 ve SU içeren ekmeklerden farklı değildir ($P<0,05$). Soya unu içeren kontrol ekmeği tüm depolama süresi boyunca en düşük değere sahiptir.

Depolamanın sonunda başlangıç dondurulabilir su miktarlarına göre azalmalar ÇSL, ÇOSL, SPI1+ÇSL+ÇOSL, SPI 2, SST ve SU için sırasıyla %11,5, %4,8, %4,9, %3,6, %2,2 ve %1,0 olurken tek artış SPI 1 için % 15,3 olmuştur. 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.

Depolamanın 7. gününde SU ekmeğinden farklılaşmalar ise ÇSL'de %10,8, ÇOSL'de %12,5, SPI 1'de %24, SPI 1+ÇSL+ÇOSL'de %15,8, SPI 2'de %6,8 ve SST'de ise %9,7 olmuştur. Soya ekmeklerine soya lifi ve denatüre olmamış SPI ilavelerinin SU ekmeğine kıyasla dondurulabilir su miktarını arttırdığı anlaşılmaktadır.

Formülasyonlar için depolama günleri arasındaki farklılıklar incelendiğinde (Tablo B.9); SPI 1 ve ÇSL içeren ekmeklerin istatistiksel olarak farklı olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Çözünür soya lifi ekmeğinde başlangıç dondurulabilir su miktarı en yüksek değere sahip olup diğer günlerden farklı bulunurken, SPI 1 ekmeğinde başlangıç için en düşük değer saptanmış olup 4. ve 7. günlerde elde edilen değerlerin diğer günlerden farklı olduğu ancak kendi içlerinde önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($P<0,05$).

Soya protein izolatu 1'in tek olarak yer aldığı ekmeğe, depolama sonucunda tüm formülasyonlara göre önemli düzeyde yüksek dondurulabilir su içermektedir (Tablo 4.28). Yedi gün depolama sonucunda, ÇSL ve ÇOSL ilave edilen formülasyonlar SST ilave edilen ekmekten istatistiksel olarak farklı değil iken, SU kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek değerlere sahiptirler ($P<0,05$). Diğer çalışmalarda da depolama süresince buğday ekmeği ve soya ekmeğinde

dondurulabilir su miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Vittadini ve Vodovotz, 2003; Baik ve Chinachoti 2000).

Soya ekmeklerinde dondurulabilir olmayan su miktarları Tablo 4.29'da verilmiştir. Formülasyonlar arası farklılıkların önemli olduğu günler 0., 4. ve 7. günler olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.29). Taze soya ekmeklerinde ÇSL içeren ekmeğin dondurulabilir olmayan su miktarı önemli düzeyde düşük bulunmakla birlikte, ÇOSL ekmeğinden farklı değildir ($P<0,05$).

Tablo 4.29: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir olmayan su miktarları, %^{1,2}.

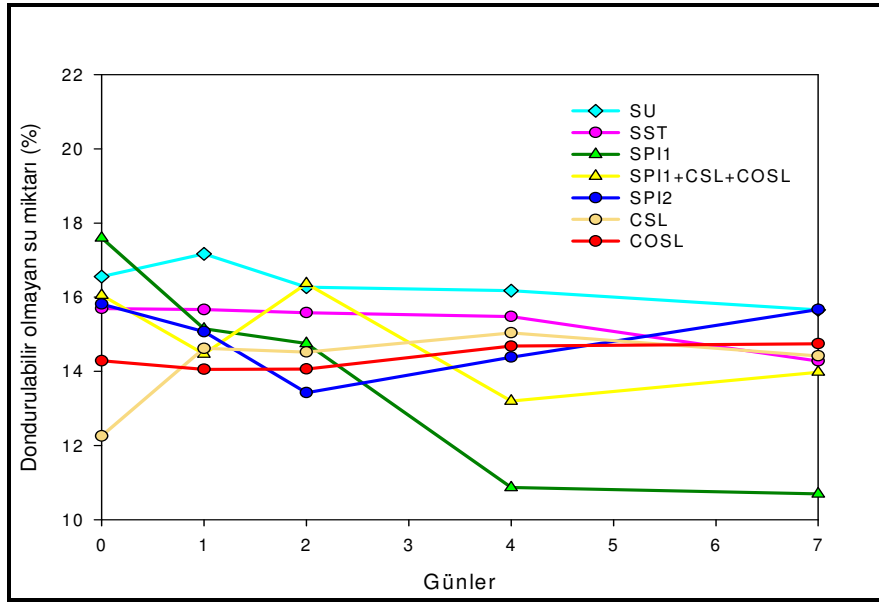
Formülasyon	Günler				
	Başlangıç	1	2	4	7
ÇSL	12,3 c	14,6 ab	14,5 ab	15,0 a	14,4 a
ÇOSL	14,3 bc	14,1 b	14,1 ab	14,7 a	14,7 a
SPI 1	17,6 a	15,1 ab	14,8 ab	10,9 b	10,7 b
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	16,1 ab	14,5 ab	16,4 a	13,2 b	14,0 a
SPI 2	15,8 ab	15,1 ab	13,4 b	14,4 a	15,7 a
SST	15,7 ab	15,7 ab	15,6 ab	15,5 a	14,3 a
SU	16,6 ab	17,2 a	16,3 a	16,2 a	15,7 a

¹ Değerler iki ekmeğin için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P>0,05$).

Lif içeren ekmeklerin depolama sırasında dondurulabilir olmayan su miktarlarında küçük bir artış eğilimi görülmektedir (Şekil 4.57). Başlangıç dondurulabilir olmayan su miktarlarına göre depolama sonundaki artışlar ÇSL ve ÇOSL için sırasıyla %17,1 ve % 2,8 olurken, SPI 1, SPI1+ÇSL+ÇOSL, SPI 2, SST ve SU için azalmalar sırasıyla %42,6, %13,0, %0,6, %8,9 ve %5,4 olmuştur. Depolamanın son gününde SU ekmeğine göre azalmalar ise ÇSL'de %8,3, ÇOSL'de 6,4, SPI 1'de %31,8, SPI1+ÇSL+ÇOSL'de %10,8 ve SST'de % 8,9 olmuştur.

Depolamanın 4. ve 7. günü sonunda, SPI 1 içeren ekmeklerin en düşük dondurulabilir olmayan su içeriğine sahip olduğu, diğer formülasyonların ise istatistiksel olarak farklı olduğu saptanmıştır ($P<0,05$). İstisna olarak yalnızca SPI 2 ekmeğinde önemli bir artış saptanmıştır. Günler arası farklılığın önemli olduğu formülasyonlar incelendiğinde; SPI 1 içeren ekmekte başlangıç değerinin, 1 ve 2. günlerden, aynı şekilde 1 ve 2. günlerin de 4. ve 7. günlerden farklı olduğu tespit edilmiştir. Diğer formülasyonlarda ise günler arasında önemli farklılıklar saptanmamıştır ($P<0,05$).

Genellikle dondurulabilir olmayan su içeriği stabil halde bulunmuş olup, depolama sırasında kullanılabilir haldeki suyun belirli değişimlerden geçtiğini göstermektedir. (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Hallberg ve Chinachoti (2002) beyaz ekmeklerde depolama sonucunda dondurulabilir olmayan su miktarında artış rapor etmişlerdir. Ancak bu farklılık depolama süresinin çok daha uzun sürelerde olması (0-17 ay) nedeniyle (Hallberg ve Chinachoti, 2002; Vittadini ve Vodovotz, 2003).



Şekil 4.57: Soya ekmeklerinde depolama süresince dondurulabilir olmayan su miktarındaki değişim.

4.3.6. Amilopektin kristalizasyonu

DSC ile elde edilen amilopektin kristalizasyon endotermik piki Tablo 4.30 ve Şekil 4.58’de görüldüğü gibi tüm formülasyonlar için depolama süresince artış göstermiştir. Depolamanın her gününde, sıfırıncı gün hariç, SST içeren formülasyonun amilopektin kristalizasyon entalpisi kontrol SU ekmeğine göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur ($P<0,05$).

Depolamanın 1. günü haricindeki tüm günlerde en düşük entalpiler SST içeren ekmekte elde edilmiştir. En yüksek entalpiler ise 1. gün sonunda SU ekmeğinde elde edilirken, depolama sonuna kadar diğer tüm günlerde ÇOSL içeren ekmekte elde edilmiştir. Depolama günleri itibarıyla formülasyonlar arası farklılıklar incelendiğinde; 1. gün sonunda en yüksek entalpi değeri SU ekmeğinde gözlenmiş olup, ÇSL ve ÇOSL ekmekleri bunu takip etmiştir (Tablo 4.30). SST ekmeği, bu ekmeklerden önemli ölçüde farklı entalpi değerine sahip olup, SPI 1, SPI 2 ve lif

içeren soya protein izolatı içeren ekmeklerden farklı değildir. İkinci. gün sonuçları değerlendirildiğinde, entalpilerdeki artış farklılıkları önemli hale getirmektedir. Bayatlamamanın 2. gününde SU, ÇOSL ve SPI 1 ekmeklerinin entalpileri farksız olup, diğer ekmeklerden önemli düzeyde yüksek değerlere sahiptir. Diğer ÇSL, SPI 2, SPI 1+ÇSL+ÇOSL ve SST formülasyonları ise birbirinden farklı değildir (P<0,05). Bayatlamamanın 4. gününde ÇOSL ekmeğinin entalpisindeki artış daha fazla olmakla birlikte, SU ve SPI-1 ekmeklerinden farklı bulunmamıştır (P<0,05). Bununla birlikte diğer ekmeklerin entalpi değerleri birbirinden ayrılmıştır. ÇSL ve lifleri içeren SPI 1 ekmeklerinin entalpileri, SST ve SPI 2 ekmeklerinin değerlerinden daha yüksektir. . Bayatlamamanın 7. gününde ise ÇOSL'nin amilopektin kristalizasyon entalpisi önemli ölçüde artarak diğer tüm ekmek formülasyonlarından farklı hale gelmiştir. Diğer ekmeklerin 7. gün depolama sonunda entalpilerindeki farklılıkları, SST ekmeği hariç, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P<0,05). Bayatlamamanın 7. gününde SST ekmeği, kristalizasyon entalpisi en düşük formülasyondur. Soya sütü tozu amilopektin kristalizasyonunu önemli ölçüde önlemiş, ÇOSL ise teşvik etmiştir.

Tablo 4.30: Soya ekmeklerinde depolama süresince amilopektin yeniden kristalizasyon entalpileri^{1,2}.

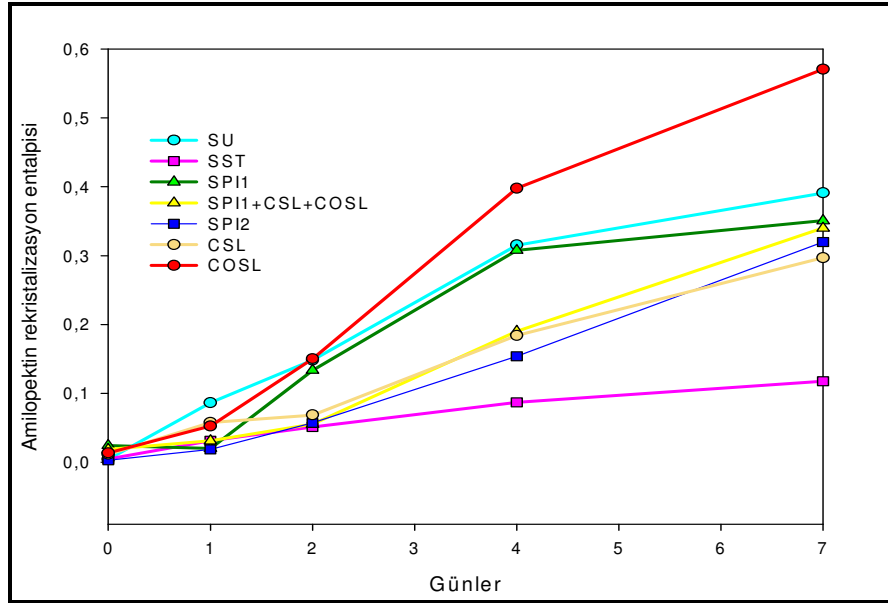
Formülasyon	Günler				
	Başlangıç	1	2	4	7
ÇSL	0,01 abc	0,06 ab	0,07 b	0,18 bc	0,30 b
ÇOSL	0,01 abc	0,05 abc	0,15 a	0,40 a	0,57 a
SPI 1	0,02 a	0,02 c	0,13 a	0,31 ab	0,35 b
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	0,02 ab	0,03 bc	0,06 b	0,19 bc	0,34 b
SPI 2	0,00 bc	0,02 c	0,06 b	0,15 c	0,32 b
SST	0,00 abc	0,03 bc	0,05 b	0,09 c	0,12 c
SU	0,00 c	0,09 a	0,15 a	0,32 ab	0,39 b

¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Kolonlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır (P> 0,05).

Her bir formülasyon için günler arası değişim incelendiğinde; depolama süresi arttıkça amilopektin kristalizasyonunun önemli farklılıklarının veya, diğer bir ifade ile en hızlı değişimin gözlemlendiği formülasyonlar, özellikle 2. gün ÇOSL, SPI 1 ve SU içeren ekmeklerindedir(Şekil 4.58). Diğer formülasyonlarda ise 1. ve 2. günlerde entalpileri birbirlerine oldukça yakındır ve farklılaşmamışlardır. Ancak 4. günden itibaren ÇOSL içeren ekmeğin entalpisi, kontrol SU ekmeği SPI 1'nun artışından daha yüksektir. Bu ekmekler en yüksek entalpi artışlarının gözlemlendiği bir grup oluşturmuştur. Depolamanın aynı günü diğer ekmeklerin entalpileri de başlangıç

değerlerine göre artış göstermekle birlikte, bu artışlar ÇOSL, SU ve SPI 1 ekmeplerinden daha düşüktür ve ikinci grubu oluşturmuştur.

Kontrol SU ekmeğinin amilopektin kristalizasyonu değerlerine göre 4. günden itibaren bayatlamaya başlamakta olup, SPI 1 ilavesi de benzer şekilde herhangi bir bayatlamayı geciktirici etkisi bulunmamaktadır. Çözünür olmayan lif ilavesinin de amilopektin kristalizasyonunu önemli ölçüde hızlandırdığı ve arttırdığı görülmüştür. Ancak ÇOSL'nin soya proteini ile birlikte ilavesi kontrol SU ekmeğine göre bayatlamayı azaltmaktadır. Çözünür lif ve SPI 2 ilaveleri ise bayatlamayı 4. güne kadar geciktirirken, SPI ilavesinin depolanmanın 7. günündeki bu etkisi zayıflamıştır. SST içeren ekmekte elde edilen en düşük entalpi çözünür lif ve kısmen denatüre soya proteinlerinin ve/veya muhtemelen soya yağı içeriğinin de sinerjik etkisi olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.58: Soya ekmeplerinde depolama süresince amilopektin yeniden kristalizasyon entalpisindeki değişim.

Vittadini ve Vodovotz (2003) yaptıkları çalışmada buğday ekmeğine göre soya ekmeplerinde 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 (Tablo 3.7 %17,5-24,1 buğday unu) çok büyük farklılıklar olmaması bu teoriyi desteklemektedir.

Diğer araştırmacılar ise farklı ilişkiler ortaya koymuşlardır. Nişasta kristalizasyonunun retrogradasyon sırasında mevcut olan su miktarı ile kontrol edildiği ve maksimum kristal oluşumunun %40-50 nem içeriğinde gerçekleştiği rapor edilmiştir (Zeleznaç ve Hoseneý, 1987). Soya ekmeklerinin de nem içerikleri bu aralıkta olup (Tablo 4.22), soya esaslı bileşenlerin de suya olan ilgileri sonucu nişasta bileşeni için daha az suyun kalmasına neden olması muhtemeldir. Bu anlamda, Tablo 4.26'da da verildiği gibi ÇOSL ve SPI 1 ekmeklerinde depolama sonundaki nem içerikleri yüksektir bu sonuçlar bileşenlerin su bağlama kapasiteleri ile (Tablo 4.4) de benzerdir. Ancak ekmekte daha fazla nemi bağlamaları yeniden kristallenme hızını arttırmaktadır. Çözünür soya lifi ve SPI 2 ilaveleri ise jel oluşturmak suretiyle suyu tutarak (Şekil 4.49) kontrol SU ekmeğine kıyasla kristallenmeyi azaltabilmektedir. Ryan ve diğerlerinin belirttiği üzere (2002) ekmekte hidrate olan soya fraksiyonları nişasta ile kuvvetli şekilde etkileşerek soya proteininin gluten fraksiyonları ile kompleks oluşturmasını önleyebilir. Böylelikle soya proteini/nişasta etkileşimleri nişasta/nişasta etkileşimini engellemekte ve depolama sırasında amilopektin kristalizasyonu gecikmektedir.

4.3.7. DMA ile doku sertliği/sıklığı

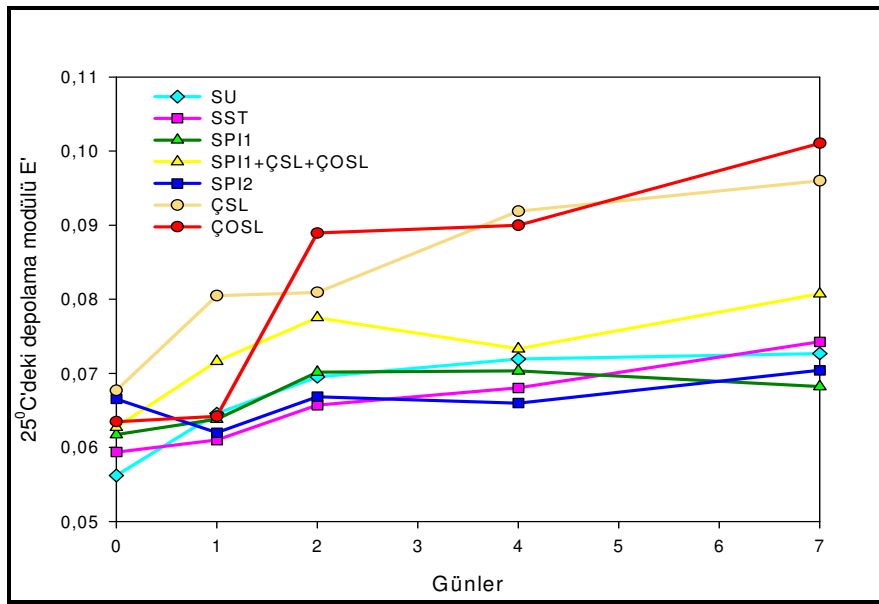
Soya ekmekleri için depolama süresince DMA ile ölçülen 25°C'deki sertlik/sıklık değerleri Tablo 4.31'de, değerlerdeki değişim ise Şekil 4.59'da görülmektedir. Dinamik mekanik analiz sonuçları, bayatlama ile ekmeklerdeki sıklık değerlerinin az miktar arttığını ortaya koymuştur. Her depolama günü dikkate 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 (Katina, 2003).

Tablo 4.31: Soya ekmeklerinde depolama süresince depolama modülünün (E') değişimi^{1,2}.

Formülasyon	Günler				
	Başlangıç	1	2	4	7
ÇSL	0,07 a	0,08 a	0,08 a	0,09 a	0,10 a
ÇOSL	0,06 a	0,06 a	0,09 a	0,09 a	0,10 a
SPI 1	0,06 a	0,06 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	0,06 a	0,07 a	0,08 a	0,07 a	0,08 a
SPI 2	0,07 a	0,06 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a
SST	0,06 a	0,06 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a
SU	0,06 a	0,06 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a

¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Sütunlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P> 0,05).



Şekil 4.59: Soya ekmeklerinde depolama süresince DMA ile analizlenen 25°C'deki depolama modülündeki değişim.

Roger ve diğ. (1988) sertliği daha düşük nem içeriği ile ilişkilendirmişlerdir. Ancak bu çalışmada 7. gün sonunda nem içeriği düşük olan SST ve SU içeren ekmeklerde (Tablo 4.22) 25°C'deki depolama modülleri farklı bulunmamıştır. Ancak, Vittadini ve Vodovotz (2003) daha düşük ekmek hacmine sahip soya ekmeklerinin ilk sertliklerinin buğday ekmeğine göre daha düşük olduğunu DMA ile tespit etmişler ve bunu buğday ekmeklerinin depolama sırasında daha çok nem kaybetmelerine dayandırmışlardır. Depolama modülünün segmental hareketliliği ölçtüğü ve moleküler düzeydeki sertliğin bir indikatörü olduğunu belirtmektedirler. Daha fazla su tutulan ekmeklerde makromoleküller için plastiye edici özellik oluşturan su nedeniyle sertlik daha az olmaktadır (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Yoğunluk farklı

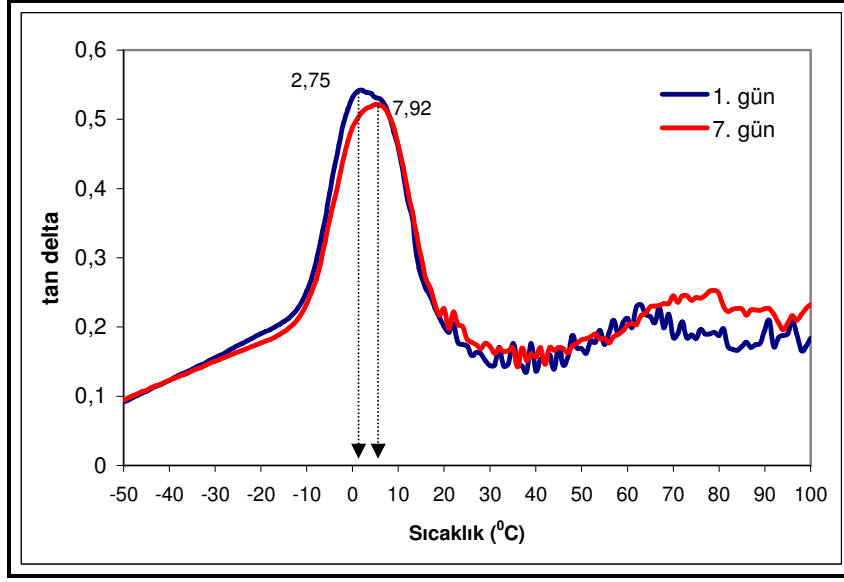
bileşenlerin düzeni olup moleküler sertlikten çok makroskopik sertlik (Instron dataları) ile ilişkilidir (Vittadini ve Vodovotz, 2003). Ancak lifçe zengin ekmeklerde sıklığın su miktarının yanı sıra lif yapısından da etkilenebileceği düşünülmektedir.

Tanjant delta eğrileri buz erime geçişi olarak bilinmektedir ve DSC çalışmalarında dondurulabilir su miktarı bu geçiş yardımı ile saptanmaktadır (Vittadini ve Vodovotz 2003). Bu çalışmada tan δ (T) eğrileri incelendiğinde, 7 gün depolama ile pik tepe noktası sıcaklıklarında düşük bir artış gözlenmiştir, ancak eğrilerin genişliği önemli düzeyde farklı değildir. Şekil 4.60'da görüldüğü gibi depolama sonunda tan delta eğrisinin orta nokta değerinin, dondurulabilir su miktarı en fazla olan SPI 1 ve ÇOSL formülasyonlarında istatistiksel olarak yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4.32). Pik başlangıç ve sonu sıcaklıklarında ise depolama sonucunda formülasyonlar arası farklılıklar önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Tan delta eğrilerinin genişliği ve orta noktası depolama süresinin artışı ve nem içeriğinin azalması ile artış göstereceği belirtilmiştir (Vodovotz ve diğ., 2001). Ancak yedi gün depolama sonucunda eğrilerin genişliğinde değişiklik olmaması doğaldır. Vittadini ve Vodovotz (2003) benzer şekilde depolamanın 12. gününden itibaren bu farklılıkların daha belirginleştiğini belirtmektedir.

Tablo 4.32: DMA analizinde tan delta eğrisi için pik başlangıç, maksimum ve son sıcaklıkları^{1,2}.

Formülasyon	Pik maksimum T°C		Başlangıç T°C		Son T°C	
	1. gün	7. gün	1. gün	7. gün	1. gün	7. gün
ÇSL	1,45 bc	2,49 b	-11,93 c	-11,93 a	20,11 a	18,03 a
ÇOSL	2,75 abc	7,92 a	-9,92 a	-8,51 a	19,92 a	24,46 a
SPI 1	3,11 ab	6,43 a	-10,00 a	-10,22 a	25,22 a	25,03 a
SPI 1+ÇSL+ÇOSL	4,32 a	6,89 a	-10,96 abc	-10,44 a	25,79 a	23,51 a
SPI 2	1,28 bc	1,86 b	-10,54 ab	-13,31 a	21,81 a	20,96 a
SST	-1,70 c	2,19 b	-15,56 d	-11,25 a	20,49 a	18,98 a
SU	0,54 b	3,82 b	-11,77 bc	-11,73 a	22,00 a	23,51 a

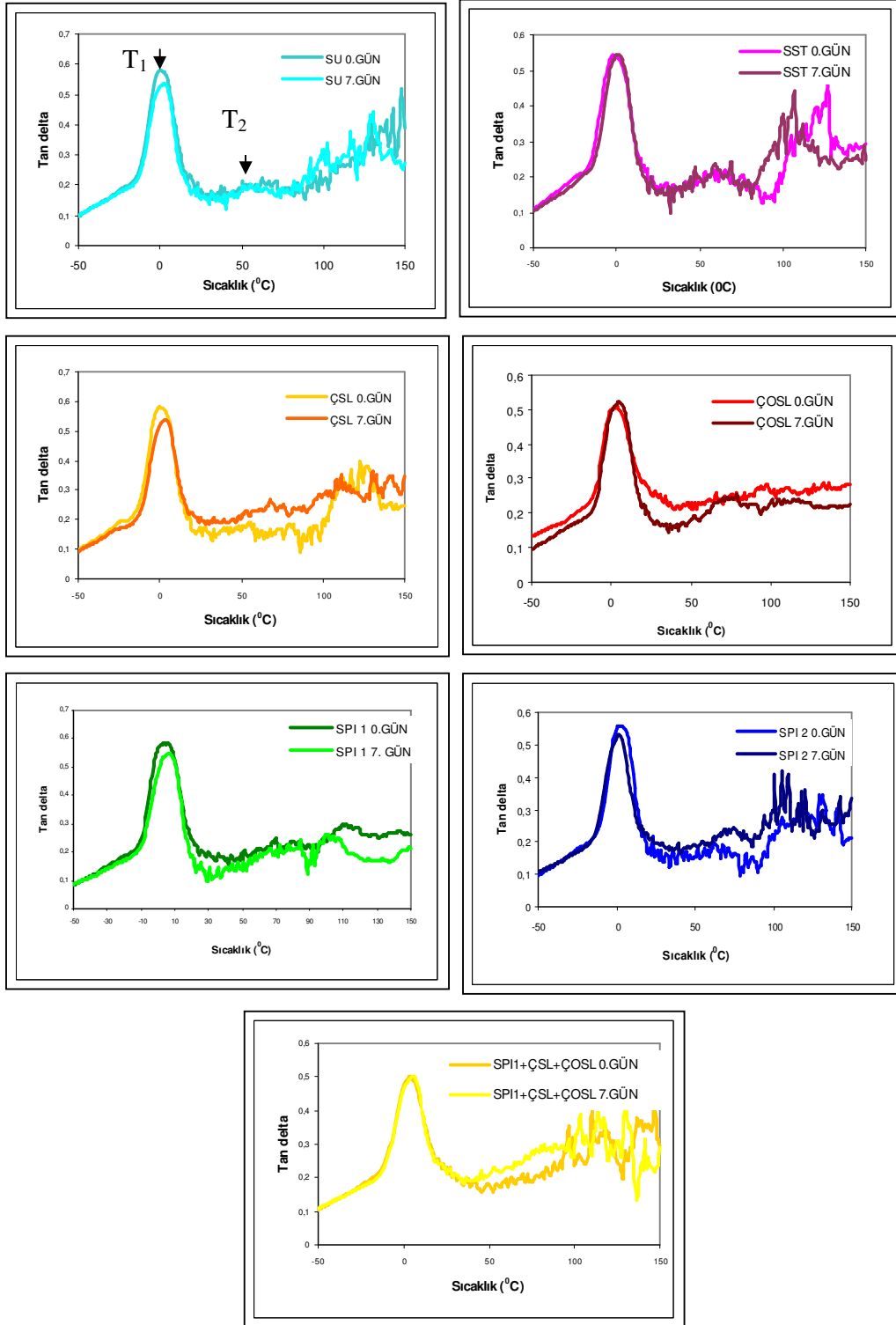
¹ Değerler iki ekmek için ikişer ölçüm değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. ² Sütunlarda aynı harfe sahip ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P> 0,05$).



Şekil 4.60: ÇOSL içeren ekmekte depolama başlangıcı ve sonunda tan delta eğrisinin değişimi.

Taze soya ekmeklerinde tek bir geçiş gözlenmekte olup buz erimesine karşılık gelmektedir ($T_1= 0^\circ\text{C}$). Ancak, depolama ile zaman geçtikçe T_1 tan delta eğrisinde azalma görülürken, daha yüksek bir sıcaklıkta ($T_2= 60^\circ\text{C}$) diğer bir geçişte artış meydana geldiği görülmüştür. Bu geçişin Baik ve Chinachoti'nin (2000) buğday ekmekleri için belirttiği amilopektin kristal erimesi entalpisi olduğu düşünülmektedir. Şekil 4.61'de $T_2= 60^\circ\text{C}$ 'deki DMA tan delta pik yüksekliklerindeki depolama başlangıcı ve sonundaki değişimleri incelendiğinde özellikle SU ve ÇOSL içeren ekmeklerde bu değişimlerin daha belirgin olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar DSC ile elde edilen maksimum amilopektin yeniden kristalizasyon entalpilerinin (Tablo 4.29) saptandığı bulgulara uygunluk göstermektedir.

Diğer buz erime geçişi incelendiğinde ($T_1= 0^\circ\text{C}$) ise SU, SPI 1 ve SPI 2, ÇSL içeren ekmeklerde 7. gün sonunda taze ekmeklerinkine kıyasla pik yüksekliğinde azalmalar saptanmıştır. En fazla nem kayıplarının Şekil 4.54'den görüldüğü üzere SU, SPI 1 ve ÇSL'de bulunmuş olması da bulguyu desteklemektedir. Baik ve Chinachoti (2000) benzer şekilde, depolama ile buz erime geçişinde nem kaybına bağlı olarak azalma olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.61: Soya ekmeçleri için depolamanın ilk ve son günlerinde tan delta eğrileri.

4.4. Ekmek Kalite Özelliklerinin Temel Bileşen Analizleri (TBA)

Taze ve bayatlama süresinde yedi farklı formülasyondaki soya ekmeklerinde incelenen tüm kalite parametrelerinin ne oranda varyasyona neden olduğunun tespiti amacıyla elde edilen verilere temel bileşen analizi uygulanmıştır. Ayrıca tüm parametre sonuçlarının incelenerek formülasyonların arası farkları incelemek de bu analiz ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizler taze ekmek verileri ve depolamanın 7. günü elde edilen ekmek verileri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

4.4.1. Taze ekmekler için temel bileşen analizi

Her formülasyona ait elde edilen parametrelerin ortalamaları dikkate alınarak hesaplanan korelasyon matrisine göre temel bileşen analizi (TBA) öz değer ve oranları Tablo 4.33'de verilmiştir.

Tablo 4.33: Korelasyon matrisinin öz değer analiz sonuçları^{1,2}.

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6
Özdeğer	8,786	4,692	2,574	1,916	1,479	1,042
Oran	0,382	0,204	0,112	0,083	0,064	0,045
Kümülatif	0,382	0,586	0,698	0,781	0,846	0,891

¹Tabloda sadece ilk 6 TB dikkate alınmıştır. Diğer 18 temel bileşene ait öz değerler <1 ve oranları 0 olduğu için verilmemiştir. ² TB: Temel Bileşen

Temel bileşen sayısı seçilirken, birden büyük olan öz değer sayısı kadar temel bileşen seçilmesi yaygın bir uygulamadır. Ayrıca temel bileşen sayısı toplam varyansın en az 2/3'ünü (%67) açıklamalıdır. Yamaç eğim grafiğinde eğrinin sabitleştiği ya da çok küçük farklara ulaştığı noktaya kadar olan öz değer sayısı kadar da temel bileşen seçilir (Özdamar, 2004). Toplam oluşturulabilecek temel bileşenlerin sayısı, bağımsız değişkenlerin sayısına eşittir. Genellikle sadece ilk birkaç temel bileşen verideki varyansın çoğunluğundan sorumludurlar ve yorum için sadece bu bileşenler seçilir (Lawless ve Heymann, 1998).

Tablo 4.33'de görüldüğü üzere ilk 6 temel bileşenin özdeğerleri birden büyüktür. İlk altı temel bileşenin öz değerlerinin toplamı 21'dir ve toplam varyansın %89'unu açıklamaktadır. İlk üç temel bileşen (TB1, TB2, ve TB3) toplam varyansın %70'ini oluşturmaktadır (Şekil 4.62). Ancak diğer yandan ilk iki temel bileşen (TB1 ve TB2) birlikte toplam varyansın %59'unu oluşturduğundan, sadece iki bileşen seçilmesi yeterli değildir. İlk üç temel bileşenin toplam varyansın %67'sini karşılaması gereği ile 3 bileşen seçilerek bu analiz gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.34: Temel bileşen katsayıları ve temel bileşen skorları¹.

PARAMETRE	1. TB	2. TB	3. TB
TEMEL BİLEŞEN KATSAYILARI			
Nem içeriği (NEM)	0,18	0,27	-0,44
Maksimum nem kaybı sıcaklığı (TNEMKAYB)	0,33	-0,44	0,28
Dondurulabilir su (DONDSU)	-0,42	0,74	-0,19
Dondurulabilir olmayan su (DONOLSU)	0,48	-0,66	0,06
Amilopektin kristalizasyonu (AMPEKKR)	0,45	0,12	-0,35
Depolama modülü 25°C'de (DEPOLMOD)	-0,08	0,14	-0,62
Maksimum yük (MAKSYUK)	0,86	-0,25	-0,14
Maksimum gerilme (MAKSSTRE)	0,86	-0,26	-0,15
Ekmek içi rengi HL değeri (İÇHL)	0,78	0,35	-0,35
Ekmek içi rengi A değeri (İÇA)	0,88	0,07	0,20
Ekmek içi rengi B değeri (İÇB)	0,75	0,38	-0,02
Ekmek kabuk rengi HL değeri (KABUKHL)	0,38	0,06	0,45
Ekmek kabuk rengi A değeri (KABUKA)	0,60	0,71	0,03
Ekmek kabuk rengi B değeri (KABUKB)	0,75	0,49	0,10
Ekmek ağırlığı (AGIRLIK)	0,27	-0,54	0,63
Ekmek hacmi (HACİM)	-0,95	-0,16	-0,11
Ekmek özgül hacmi (YOĞUNLUK)	0,94	0,11	0,19
Ekmek yüksekliği (YUKSEKLI)	-0,87	-0,06	-0,11
Kül miktarı (KUL)	0,72	-0,40	-0,32
Protein miktarı (PROTEIN)	0,64	-0,18	-0,20
Çözünür lif miktarı (ÇOZLIF)	0,04	0,95	-0,10
Çözünür olmayan lif miktarı (ÇOZOLLİF)	-0,11	0,49	0,71
Toplam lif miktarı (TPLMLIF)	-0,07	0,78	0,49
TEMEL BİLEŞEN SKORLARI			
Soya unu (SU)	-1,18	-1,30	1,28
Soya sütü tozu (SST)	0,47	0,69	1,21
Soya protein izolatı 1 (SPI 1)	0,95	-0,90	-0,85
(SPI 1+ÇSL+ÇOSL)	1,37	0,22	0,25
Soya protein izolatı 2 (SPI 2)	-0,04	-0,89	-0,98
Çözünür soya lifi (ÇSL)	-1,47	0,86	-0,86
Çözünür olmayan soya lifi (ÇOSL)	-0,09	1,32	-0,05

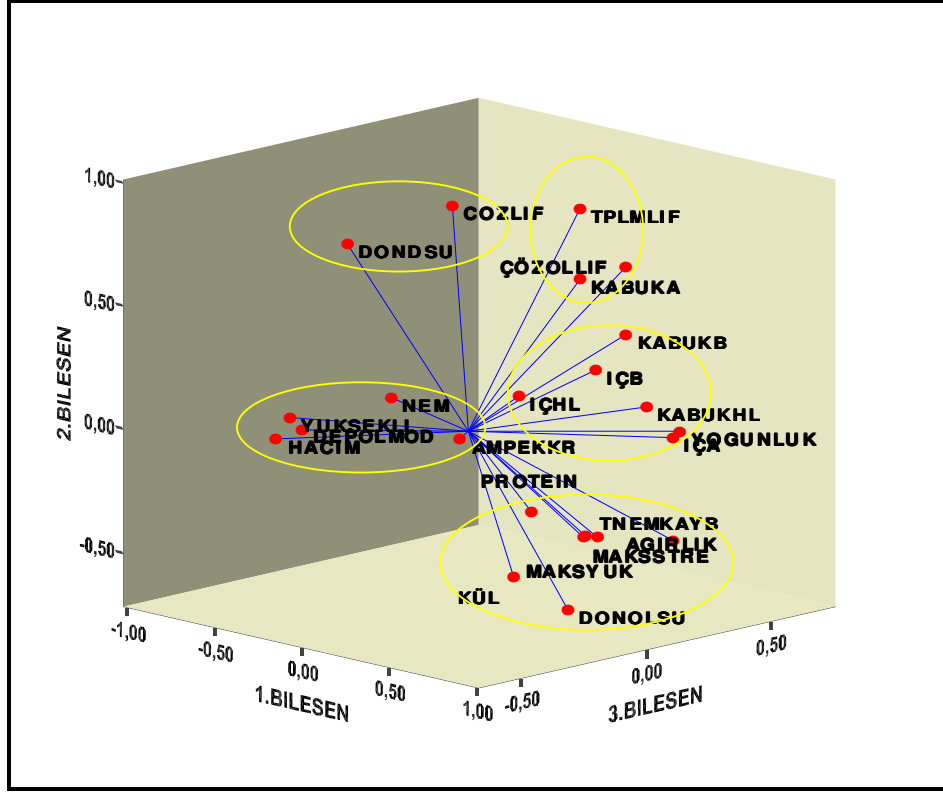
¹Analizde temel bileşenler için katsayılar atandıktan sonra; Tabloda 1., 2.ve 3. temel bileşen altında gösterilen özelliklerin katsayıları 1., 2. ve 3. temel bileşen skorlarının (ürünlerin haritadaki yerlerini belirten) hesaplanmasında kullanılırlar (3 bileşen seçildiği için skorlar hesaplanırken de sadece bu üç bileşen göz önüne alınmıştır). Her formülasyon için hesaplanan TB1, TB2 ve TB3 skorları da tabloda verilmiştir. Parantez içerisindeki kısaltmalar grafiklerde kullanılmıştır.

Taze ekmek için incelenen özelliklerden; dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, amilopektin kristalizasyonu, sertliği tanımlayan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri, ekmek içi renk parametreleri HL, a ve b, ekmek kabuğu renk parametresi b, ekmek hacmi, özgül hacmi, yüksekliği, kül ve protein miktarları 1. temel bileşen olarak ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, maksimum nem

kayıbı sıcaklığı, dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, ekmek kabuğu renk parametrelerinden a ve b, ekmek ağırlığı, çözümlü lif, çözümlü olmayan lif ve toplam lif miktarları ise 2. temel bileşen olarak tespit edilmiştir. 3. temel bileşeni ise; nem içeriği, sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, ekmek kabuğu renk parametreleri HL ve ekmek ağırlığı, çözümlü olmayan lif ve toplam lif miktarları oluşturmaktadır. Bazı parametrelerin her iki bileşen içerisinde de yer aldığı görülmektedir.

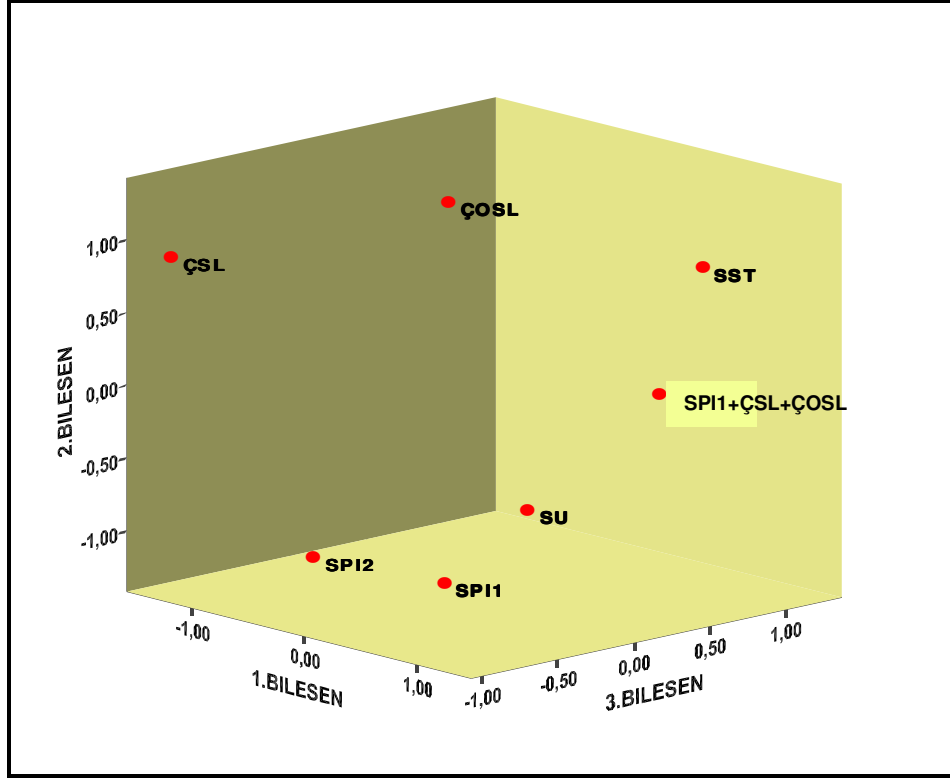
Tüm parametreler her üç bileşen göz önüne alınarak değerlendirildiğinde taze ekmeklerde; Şekil 4.63'den de görüldüğü üzere; nem, yükseklik, hacim, ve 25°C'deki depolama modülü, toplam lif, çözümlü olmayan lif miktarı ile; dondurulabilir su ve çözümlü lif içeriğinin kül, dondurulabilir olmayan su maksimum yük ve gerilme değerleri, ağırlık ve en yüksek nem kaybının olduğu sıcaklık değeri ile; nem içeriğinin ise ağırlık, maksimum yük ve gerilme ve en yüksek nem kaybının olduğu sıcaklık değeri ile ilişkileri karşıtlık göstermektedir. Şekil 4.63'de sarı ile işaretli özellikler ise birbirleriyle ilişkili olan parametreleri göstermektedir.

Üç temel bileşene göre hazırlanan analizlenen parametrelerinin korelasyon matrisi yük grafiği (Şekil 4.63) ile temel bileşen skorları grafiğinde (Şekil 4.64); 1. bileşen özellikleri açısından; SST ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL ekmeklerinin bir grupta yer alarak birbirlerine benzer oldukları ve ÇOSL ekmeğine karşıtlık oluşturdukları görülmektedir. Çözümlü soya lifi ve SU ekmekleri birbirlerine nispeten yakın özellikte ikinci grubu oluşturmuştur. Bu grup içinde yer alan SPI 2 ve ÇOSL ekmeklerinde birinci bileşen özellikleri önem taşımamaktadır (Tablo 4.34). Ancak SPI 1 ekmeği birinci bileşen özellikleri yönünden bu gruba yakın konumda olmakla beraber ÇSL ekmeğinden ayrılmaktadır. Soya protein izolatu 1 içeren ekmeğin birinci bileşen özellikleri SU ekmeğine daha benzer niteliktedir. Soya sütü tozu ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL'nin 1. temel bileşen özellikleri (amilopektin yeniden kristalizasyonu, sertliği tanımlayan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri, ekmek içi renk parametreleri HL, a ve b, ekmek kabuğu renk parametresi b, ekmek hacmi, özgün hacmi, yüksekliği, kül ve protein miktarları) açısından karşıtlık oluşturdukları ÇSL'den farklı oldukları açıkça görülmektedir.



Şekil 4.63: Ekmek kalite özellikleri için korelasyon matrisi yük grafiği.

2. temel bileşen özellikleri (maksimum nem kaybı sıcaklığı, dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, ekmek kabuğu renk parametrelerinden a, çözünür ve toplam lif miktarları) SPI 1+ÇSL+ÇOSL ekmek formülasyonu için önemli görülmezken, diğer tüm ekmekler için önemli bir bileşen olarak ortaya çıkmaktadır (Tablo 4.34). 2. temel bileşende de ekmekler iki ana grupta yakınlaşma göstermişlerdir (Şekil 4.64). Lif içeren formülasyonların (ÇOSL ve ÇSL) ve SST bir grubu oluştururken, protein izolatı içeren formülasyonlar (SPI 1 ve SPI 2) ve kontrol SU diğer grubu oluşturmuştur. Hem soya lifi hem soya proteinin birlikte olduğu SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyonu ise bu iki grubun tam ortasında yer almıştır. SST içermiş olduğu daha fazla lif içeriği ile SU'ya kıyasla ÇSL ve ÇOSL'ye daha yakın yer almaktadır. Soya protein izolatı içeren formülasyonlar arasında ise 2. temel bileşen özellikleri açısından farklılık bulunmamıştır ve SU ile birlikte ÇSL ve ÇOSL ekmeklerine ikinci bileşen özellikleri bakımından karşıtlık oluşturmuştur.



Şekil 4.64: Korelasyon matrisi skor grafiği.

3. temel bileşenin özellikleri (nem içeriği, sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, ekme kabuğu renk parametreleri HL ve ekme ağırlığı, çözünür olmayan lif miktarları) için de formülasyonlar iki grup oluşturmakta; SPI 1, SPI 2 ve ÇSL birbirine yakın olup 1. grubu oluşturmakta, SST ve SU ekmeçleri ise diğer grupta birbirlerine yakın bulunmuşlardır. Her iki grup 3. bileşen açısından birbirine zıt pozisyonda yer almış ve karşıtlık oluşturmuştur. Üçüncü bileşen özellikleri ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren ekmeçlerde önemli değildir.

SST ve SU ekmeçleri Şekil 4.64'e göre değerlendirildiğinde; SST ekmeçinin SU ekmeçinden 2. temel bileşen parametreleri açısından oldukça farklılaştığı ve lif formülasyonlarına yaklaştığı, soya ununun ise protein formülasyonlarına bu parametreler açısından daha yakın olduğunu anlaşılmıştır. 1. bileşen parametreleri açısından ise; SU ekmeçinin protein ve lif formülasyonlarının arasında kaldığı, SST'nin ise denatüre olmayan soya proteini SPI 1 formülasyonuna yaklaştığı görülmüştür. 3. temel bileşende yer alan özellikler ise her iki formülasyon için benzerdir ve yalnızca lif veya protein ilave edilen diğer formülasyonlardan oldukça farklıdır.

4.4.2. Depolama sonunda ekmekler için temel bileşen analizi

Her formülasyona ait elde edilen parametrelerin ortalamaları dikkate alınarak hesaplanan korelasyon matrisine göre temel bileşen analizi öz değer ve oranları Tablo 4.35’de verilmiştir.

Tablo 4.35: Korelasyon matrisinin öz değer analiz sonuçları^{1,2}.

	TB1	TB2	TB3	TB4	TB5	TB6
Özdeğer	8,098	4,143	3,367	2,423	1,536	1,086
Oran	0,352	0,180	0,146	0,105	0,067	0,047
Kümülatif	0,352	0,532	0,678	0,784	0,851	0,898

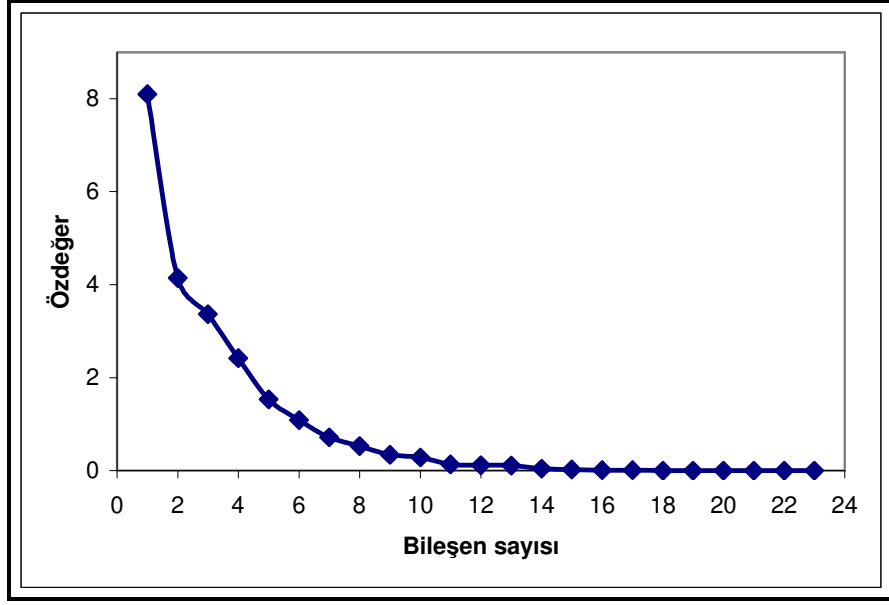
¹Tabloda sadece ilk 6 TB dikkate alınmıştır. Diğer 18 temel bileşene ait öz değerler <1 ve oranları 0 olduğu için verilmemiştir. ² TB: Temel Bileşen

Tablo 4.35’te görüldüğü gibi ilk 6 temel bileşenin özdeğerleri birden büyüktür. İlk altı temel bileşenin öz değerlerinin toplamı 21’dir ve toplam varyansın %89,8’ini açıklamaktadır. İlk üç temel bileşen (TB1, TB2, ve TB3) toplam varyansın %68’ini oluşturmaktadır.

Öz değerler yamaç eğim grafiğine geçirildiğinde (Şekil 4.65), ilk iki temel bileşenden sonra değerlerin daha az oranda değiştiği görülmektedir. Ancak diğer yandan ilk iki temel bileşen (TB1 ve TB2) birlikte toplam varyansın %53’ünü oluşturduğundan, sadece iki bileşen seçilmesi yeterli değildir. İlk üç temel bileşenin toplam varyansın %67’sini karşılaması gereği nedeniyle 3 bileşen seçilerek analizlenmiştir.

Temel bileşen analizi sonucunda elde edilen temel bileşen katsayıları ve temel bileşen skorları Tablo 4.36’da verilmiştir. Bu katsayılardan yola çıkılarak bileşen grafiği çizilmiştir (Şekil 4.66).

Tüm özellikler içinde ‘mutlak değeri 0,40’dan büyük olan yerleşimlerin anlamlı olduğu’ görüşüne uyan özellikler Tablo 4.36’da koyu karakterle belirtilen özelliklerdir. Görüldüğü üzere nerdeyse tüm özellikler en az bir bileşen tarafından bu koşulu sağlamaktadır. Şekil 4.66’de korelasyon matrisi yük grafiği de dikkate alınarak benzer veya farklı özelliklerin birbirlerine göre konumları incelenmiş ve sadece ağırlıklı olarak yerleştirilmiş veriler kullanılmıştır.



Şekil 4.65: Korelasyon matrisi özdeğerleri yamaç eğim grafiği.

Tablo 4.36: Temel bileşen katsayıları ve temel bileşen skorları¹.

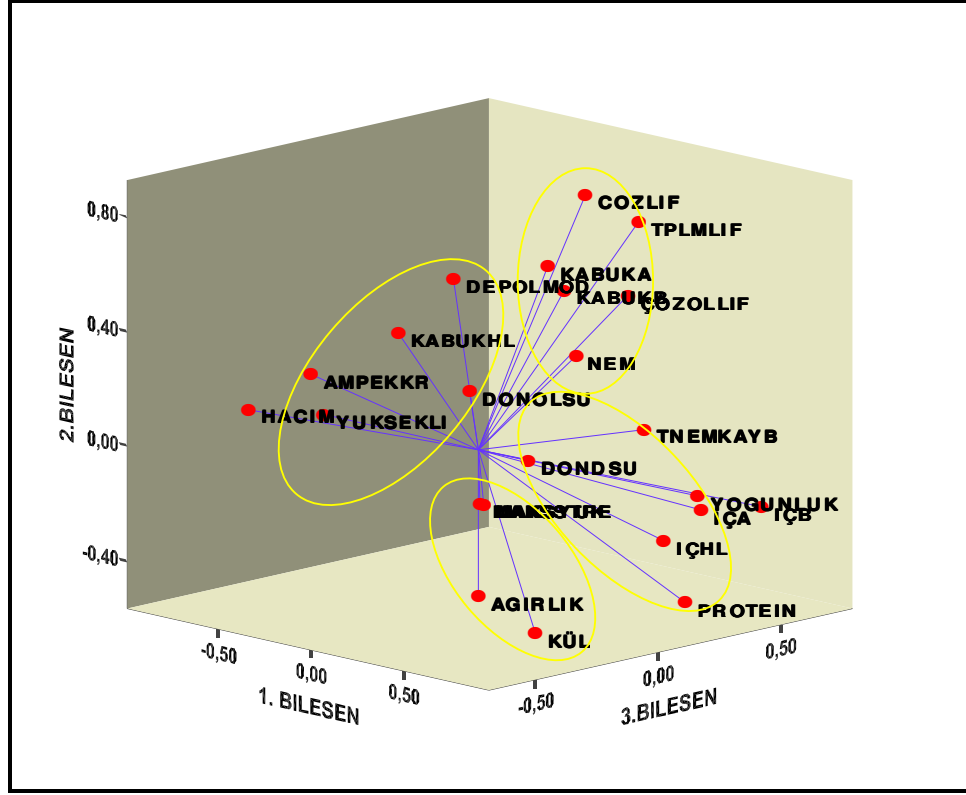
PARAMETRE	1. TB	2. TB	3. TB
	TEMEL BİLEŞEN KATSAYILARI		
Nem içeriği (NEM)	0,66	0,44	-0,10
Maksimum nem kaybı sıcaklığı (TNEMKAYB)	0,68	0,14	0,16
Dondurulabilir su (DONDSU)	0,70	0,12	-0,32
Dondurulabilir olmayan su (DONOLSU)	-0,47	0,07	0,31
Amilopektin yeniden kristalizasyonu (AMPEKKR)	-0,07	0,37	-0,63
Depolama modülü 25°C’de (DEPOLMOD)	-0,08	0,59	-0,04
Maksimum yük (MAKSYUK)	0,69	0,00	-0,50
Maksimum gerilme (MAKSSTRE)	0,68	0,00	-0,51
Ekmek içi rengi HL değeri (IÇHL)	0,79	-0,24	0,16
Ekmek içi rengi a değeri (IÇA)	0,88	-0,13	0,25
Ekmek içi rengi b değeri (IÇB)	0,64	-0,24	0,67
Ekmek kabuk rengi HL değeri (KABUKHL)	0,27	0,55	-0,53
Ekmek kabuk rengi a değeri (KABUKA)	0,47	0,72	-0,07
Ekmek kabuk rengi b değeri (KABUKB)	0,51	0,64	-0,04
Ekmek ağırlığı (AGIRLIK)	0,10	-0,48	-0,08
Ekmek hacmi (HACIM)	-0,92	0,05	-0,25
Ekmek özgül hacmi (YOGUNLUK)	0,89	-0,08	0,22
Ekmek yüksekliği (YUKSEKLI)	-0,77	0,02	-0,05
Kül miktarı (KUL)	0,69	-0,49	-0,29
Protein miktarı (PROTEIN)	0,63	-0,51	0,37
Çözünür lif miktarı (ÇOZLIF)	0,23	0,87	0,26
Çözünür olmayan lif miktarı (ÇOZOLLIF)	-0,17	0,37	0,74
Toplam lif miktarı (TPLMLIF)	-0,02	0,66	0,67
	TEMEL BİLEŞEN SKORLARI		
Soya unu (SU)	-1,64	-0,62	-0,45
Soya sütü tozu (SST)	0,35	-0,15	2,18
Soya protein izolatı 1 (SPI 1)	0,84	-0,82	-0,97
(SPI 1+ÇSL+ÇOSL)	1,38	0,30	-0,34
Soya protein izolatı 2 (SPI 2)	0,03	-1,27	-0,05
Çözünür soya lifi (ÇSL)	-1,01	0,97	-0,23
Çözünür olmayan soya lifi (ÇOSL)	0,06	1,59	-0,15

¹Analizde temel bileşenler için katsayılar atandıktan sonra; Tabloda 1., 2.ve 3. temel bileşen altında gösterilen özelliklerin katsayıları 1., 2. ve 3. temel bileşen skorlarının (ürünlerin haritadaki yerlerini belirten) hesaplanmasında kullanılırlar (3 bileşen seçildiği için skorlar hesaplanırken de sadece bu üç bileşen göz önüne alınmıştır). Her formülasyon için hesaplanan TB1, TB2 ve TB3 skorları da tabloda verilmiştir.

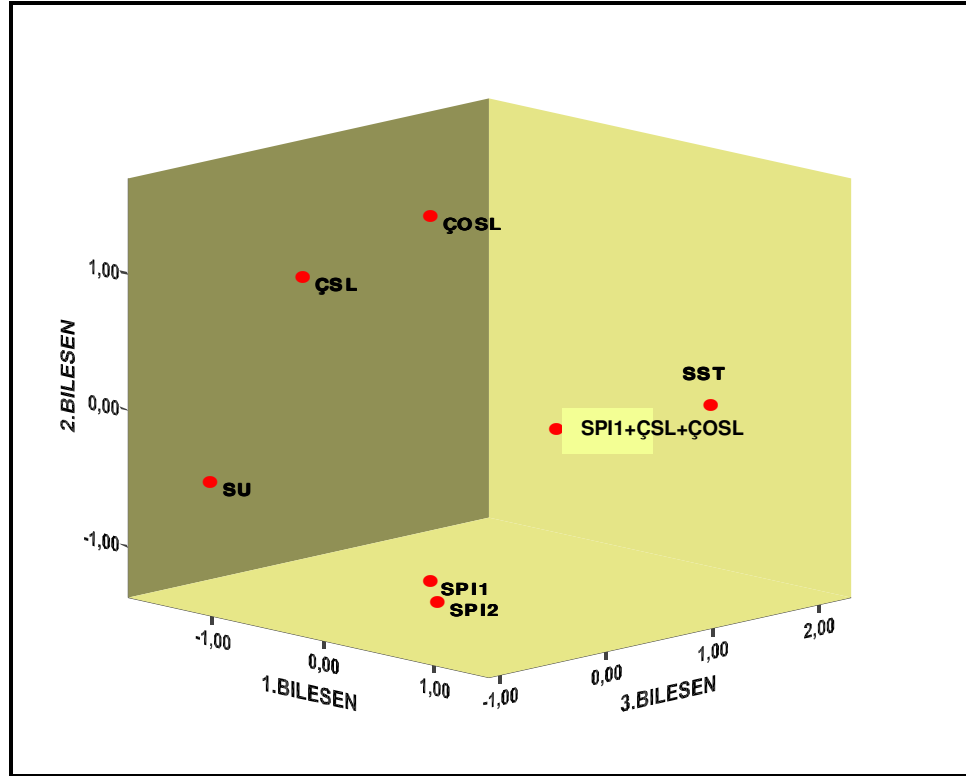
Depolamanın 7. gününde incelenen ekmek özelliklerinden; nem içeriği, maksimum nem kaybı sıcaklığı, dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, sertliği tanımlayan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri, ekmek içi renk parametreleri HL, a ve b, ekmek kabuğu renk parametresi a ve b, ekmek hacmi, özgül hacmi, yüksekliği, kül ve protein miktarları 1. temel bileşen olarak ortaya

çıkmiştir. Benzer şekilde, nem içeriği, sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, ekmek kabuğu renk parametrelerinden HL, a ve b, ekmek ağırlığı, kül miktarı, protein miktarı, çözünür lif, ve toplam lif miktarları ise 2. temel bileşen olarak tespit edilmiştir. 3. temel bileşeni ise; amilopektin yeniden kristalizasyonu, sertliği tanımlayan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri, ekmek içi renk parametresi b ve ekmek kabuğu renk parametresi HL ve çözünür olmayan lif ile toplam lif parametreleri oluşturmaktadır. Bazı parametreler her iki bileşende de yer almaktadır.

Tüm parametreler her üç bileşen göz önüne alınarak değerlendirildiğinde depolamanın 7. günündeki ekmeklerde; Şekil 4.66'dan da görüldüğü üzere; amilopektin kristalizasyonu, yükseklik, hacim, 25°C'deki depolama modülü, kabuk HL değeri ve dondurulabilir su özellikleri, hem maksimum yük ve gerilme, ağırlık, kül, nem, en yüksek nem kaybının olduğu sıcaklık değeri, özgün hacim, ekmek içi renk özellikleri HL, a ve b değerleri ve dondurulabilir olmayan su ile karışıklık göstermekte hem de ağırlık, kül, maksimum yük ve gerilme değerleri ile ilişkileri karışıklık göstermektedir; çözünür lif, çözünür olmayan lif ve toplam lif içerikleri, nem ve kabuk rengi parametreleri ile ise benzerlik göstermiştir. Şekil 4.66'da sarı ile işaretli özellikler ise kendi içlerinde benzerlik gösteren parametreleri göstermektedir.



Şekil 4.66: Ekmek kalite özellikleri için korelasyon matrisi yük grafiği.



Şekil 4.67: Korelasyon matrisi skor grafiği.

Üç temel bileşene göre hazırlanan analizlenen parametrelerinin korelasyon matrisi yük grafiği (Şekil 4.66) ile temel bileşen skorları grafiğinin (Şekil 4.67) yorumunda; 1. bileşen özellikleri (nem içeriği, maksimum nem kaybı sıcaklığı, dondurulabilir su miktarı, dondurulabilir olmayan su miktarı, sertliği tanımlayan maksimum yük ve maksimum gerilme değerleri, ekmek içi renk parametreleri HL, a ve b, ekmek hacmi, özgün hacmi, yüksekliği, kül ve protein miktarları) SPI 2, ÇOSL ve SST ekmekleri için ayırt edici önemli parametreler olarak bulunmamışlardır. Birinci bileşen üç gruba ayrılmıştır: ilk grupta SPI 1 yer alırken, SPI 1+ÇSL+ÇOSL bir grubu ve SU ile ÇSL'de diğer grubu oluşturmaktadır. SU ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyonları bu bileşende tamamen karşıt olarak farklı uçlarda yer almışlardır.

2. temel bileşen özellikleri (sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, ekmek kabuğu renk parametrelerinden HL, a ve b, ekmek ağırlığı, çözünür lif, ve toplam lif miktarları) açısından incelendiğinde ise; lif içeren formülasyonların (ÇOSL ve ÇSL) protein içeren formülasyonlara göre (SPI 1 ve SPI 2) farklılık gösterdiği ortaya çıkmaktadır. SST için ikinci temel bileşen de önemli bir bileşen olarak görülmezken soya protein izolatları içeren ekmeklere lif içeren ekmeklere kıyasla daha yakın olduğu anlaşılmaktadır. SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyon için de bu bileşen önemli olmazken lif içeren ekmeklere daha yakın eğilimdedir. Çözünür soya lifi ve ÇOSL birbirine yakın bir grubu oluştururken, SPI 1 ve SPI 2 ve SU diğer ikinci grubu oluşturmaktadır. Dolayısıyla SU ekmeği 2. bileşenin kapsadığı parametreler açısından soya lifinden çok soya proteininden etkilenmektedir.

3. temel bileşenin özellikleri (amilopektin yeniden kristalizasyonu, ekmek içi renk parametresi b ve çözünür olmayan lif ile toplam lif) için formülasyonlar iki grup oluşturmaktadır; ilk grubu SU ve SPI 1, karşıt grubu ise SST oluşturmaktadır. Soya sütü tozu bu bileşende diğer tüm formülasyonlardan ayrılmıştır. Diğer ekmekler (SPI 2, ÇSL, ÇOSL ve SPI 1+ÇSL+ÇOSL formülasyon) açısından 3. bileşen çok etkili değildir ve bileşen merkezine yakın konumlanmışlardır.

Soya sütü tozu ve SU ekmekleri Şekil 4.67'ye göre değerlendirildiğinde; SST ekmeğinin SU ekmeğinden 1. ve 3. temel bileşen parametreleri açısından oldukça farklılaştığı ancak 2. temel bileşen parametreleri açısından benzerlik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. SPI 1+ÇSL+ÇOSL içeren formülasyonun ise SST'ye daha yakın olduğu belirgindir. Lif formülasyonları ile protein formülasyonlarının özellikle 2. temel bileşende oldukça farklılaştığı da görülmektedir.

Tüm bu değerlendirmelerin ışığında depolamanın başlangıcında ve sonucundaki değişimler incelendiğinde; depolama sürecinde özellikle en büyük farklılaşmanın SU içeren kontrol ekmeğindedir. Depolamanın sonucunda SPI formülasyonları ve lif formülasyonları kendi aralarında daha yakınlaşma göstermişlerdir.

Parametrelerin depolama sürecindeki değişimleri incelendiğinde ise; amilopektin kristalizasyonu, nem içeriği, sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, sertliğin göstergesi olan maksimum yük ve gerilme değerleri, dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su miktarlarında farklılaşmaların olduğu açıkça görülmektedir. Bu sonuçlar bayatlamamanın sonucu olarak beklenen değişimlerdir. Bayatlama ile ilişkili bu parametrelerin birbirleri ile ilişkilerine bakıldığında; nem ve amilopektin kristalizasyonunu parametrelerin ters ilişkili (negatif korelasyonda) olmaya başladığı, sıklık ve sertlik göstergelerinin de zıt konumlu olarak yer aldıkları belirlenmiştir. Dikkat çekici diğer bir nokta da, dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su içeriklerinin birbirine uzak konumda iken depolama sonunda yaklaşması olmuştur. Bu yaklaşma depolama sürecinde nem içeriğindeki azalma ile ilişkilendirilmektedir. Kabuk koyulaşmasının da depolama ile değişime uğradığı saptanırken nem içeriği ile ters ilişkide olduğu görülmüştür. Ekmek içi renk parametreleri ve ekmek kabuğu a ve b değerlerinde ise depolama başlangıcı ve sonunda kendi içlerindeki ilişkilerde önemli değişimler gözlenmemiştir.

5. SONUÇLAR

Soya ürünlerinin fonksiyonel gıda bileşenleri olarak kullanımını değerlendirmek üzere yapılan karakterizasyon analizlerinde, hem fonksiyonel bileşenler hem de teknolojik özellikler açısından önemli farklılaşmalar tespit edilmiştir.

Yağsız soya unu ve soya sütü tozu çözünür olmayan diyet lifi miktarları açısından farklıdır. Ancak soya sütü tozu çözünür olmayan lifin yanı sıra soya ununa göre daha fazla miktarda çözünür lifi de içermektedir ve toplam diyet lifi miktarı soya ununa kıyasla daha düşük olması dikkat çekicidir. Bu farklılıkların soya sütü tozu ilave edilen soya ekmeklerindeki kalite gelişimine etki ettiği düşünülmektedir.

Ayrıca soya ürünlerinin su bağlama kapasiteleri, yağ bağlama kapasiteleri, emülsiyon kapasiteleri ve dayanıklılıkları, köpük oluşturma özellikleri ve dayanıklılıkları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.

Bu özelliklerden su bağlama kapasitesi en yüksek düzeyde soya protein izolatlarında ve çözünür olmayan soya lifi bileşeninde bulunmuştur. Bu özelliğin en yüksek protein miktarına sahip izolatlarda belirgin olarak yüksek olması soya proteininin hidrasyon nitelikleri ile ilişkilidir. Lifler mikro yapılarına bağlı olarak (lif uzunluğu, partikül boyutu, gözenek yapısı vb.) çok farklı su bağlama özellikleri gösterebilmektedirler. Öte yandan çözünür soya lifinin jel oluşturma özelliğinden dolayı uygulanan yöntemle su bağlama kapasitesi düşük bulunmuştur.

Yağ tutma kapasitesinin soya unu, soya protein izolatları ve çözünür soya lifinde en yüksek düzeylerde olması, lif ve protein fraksiyonları ile ilişkilidir. Soya unundaki yüksek protein bu özelliği güçlendirirken, protein izolatında olduğu gibi kısmi denatürasyon ise zayıflatmaktadır. Su bağlama kapasitesi düşük bulunan ÇSL'nin yüksek çözünür lif miktarı nedeniyle, yağ tutma kapasitesinin özellikle bu lif bileşeni ile ilişkili olabilmesi mümkündür.

Emülsifiye etme aktivitesinin tüm yüksek proteinli soya bileşenlerinde gözlenmesi ve protein içeriği yüksek olan soya ununun, soya sütü tozuna göre daha yüksek emülsiyon dayanıklılığında olması, bu özelliğin öncelikli olarak soya proteininin bir

fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Ayrıca denatürasyon, proteinin emülsiyon dayanıklılığını olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sonuca ilave olarak çözünür liflerin de düşük düzeydeki emülsifiye etme aktivitesi yağ tutma kapasitesinin de yüksek olması ile desteklenmektedir.

Tüm soya ürünlerinin köpük oluşturma kapasitesi mevcuttur. Köpük oluşturma ve dayanıklılık özellikleri, yağ tutma özelliğine benzer şekilde, soya proteini ve çözünür lif içerikleri ile daha belirgin ilişkilidir. Köpük oluşturma kapasitesi, protein izolatında olduğu gibi, kısmi denatürasyon ile zayıflamaktadır. Yağ içeriği yüksek bileşenlerde, soya sütü tozu gibi, köpük oluşturma özellikleri düşük olmuştur.

Protein denatürasyonu incelemelerinde, SDS-PAGE ve DSC ile yapılan analizlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Soya sütü tozunda β -konglisinin fraksiyonu kısmen denatüre olmuştur. Glisinin fraksiyonlarında ise, soya sütü tozunun daha zayıf bantlar verdiği görülmesi, kısmi denatürasyonun göstergesidir. Benzer şekilde yağsız soya unu da kısmen denatüre olmuştur. Protein denatürasyonu soya ürünlerinde her iki yöntem ile de etkin şekilde tespit edilebilmiştir.

Soya ürünleri için toplam fenolik madde miktarları en yüksek soya unu, soya sütü tozu ve SPI 2 bileşenlerinde tespit edilmiştir. Soya protein izolatı 1 ve soya liflerinin ise nispeten daha düşük fenolik madde miktarına sahip olduğu görülmüştür. Antioksidan aktiviteleri ise en yüksek soya unu ve soya sütü tozu bileşenlerinde olup, diğer soya esaslı bileşenlerde oldukça düşüktür. 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. Genel olarak, soya unu ve soya sütü tozu birçok fenolik maddece en zengin olan soya ürünleridir. Soya protein izolatları ve soya liflerinin düşük fenolik madde içerikleri, uygulanan süreçlerden kayıplara uğradıklarını göstermektedir.

Ayrıca soya unu ve soya sütü tozu, tüm diğer soya ürünlerine göre, yüksek miktarda toplam izoflavon içermektedir. Bu bileşenlerin izoflavonoid kompozisyonu ağırlıklı olarak β -glikozitler, malonil glikozitler ve asetil glikozitlerden ibarettir. Buna karşın aglikon yapılar, protein izolatlarında ve soya sütü tozunda yer almıştır.

Analizlenen soya ürünlerinde aglikonca zengin olan soya sütü tozu ve soya protein izolatlarının biyoyararlılık açısından etkilerinin direkt olarak emilime girmeleri

açısından daha etkili olduğu düşünülmektedir. Ancak soya ekmeği yapımı sırasında fermentasyon aşamalarında glikozitlerin de aglikonlara dönüşümü sonucunda biyoyararlılıklarında artış olacağından, ekmek formülasyonunda kullanılmak üzere soya unu, soya sütü tozu ve soya protein izolatlarının ilave edildikleri üründe izoflavon açısından zenginleştirme sağlayacakları anlaşılmaktadır. Soya lifi olarak ilave edilen ürünlerin ise izoflavon açısından bir kazanç getirmeyecekleri de açıkça görülmektedir.

Fenolik maddeler ve antioksidan aktivitesi tespit yöntemleri aralarındaki ilişkiler incelendiğinde; toplam fenolik madde içeriğinin, DPPH yöntemi, ABTS yöntemi, toplam izoflavon ve fenolik madde miktarları ile ilişkileri yüksektir. Benzer şekilde, toplam izoflavon içeriğinin DPPH yöntemi, ABTS yöntemi ve toplam fenolik madde miktarı ile ilişkisi önemlidir. Antioksidan tayin yöntemleri arasındaki ilişki de benzer şekilde önemlidir.

Lipoksigenaz enzim aktivitesi ve izoenzimleri soya bileşenleri arasında farklılıklar göstermiştir. Toplam lipoksigenaz aktiviteleri en düşük kısmen denatüre protein izolatında ve en yüksek de soya fasulyesinde. En yüksek L-1 izoenzim aktivitesi ve en düşük L-2-3 aktiviteleri soya fasulyesinde elde edilirken, protein izolatları düşük L-1 aktivitesine ve soya lifleri ise yüksek L-2-3 aktivitesine sahiptir. Lipoksigenaz enzim aktivitesi tayin yöntemi sonuçları SDS-PAGE ile bulunan sonuçları doğrulamıştır.

Soya ürünleri ile üretilen ekmeklerin kimyasal kompozisyonları farklılıklar göstermiştir. Soya sütü tozu içeren ekmeklerin çözünür diyet lifi ve toplam diyet lifi içerikleri, soya unu içeren kontrol soya ekmeğinin değerlerine göre yüksektir. Soya sütü tozu ve soya protein izolatları ilave edilen ekmeklerin, yalnız soya unu içeren formülasyon ve soya lifi ilaveli formülasyonlara göre protein içerikleri, beklenildiği gibi, önemli ölçüde yüksek bulunmuştur.

Ekmeklerin fiziksel özellikleri incelendiğinde; ekmek ağırlıkları açısından yalnızca çözünür lif ilavesinin ekmek ağırlığını bir miktar azalttığı belirlenmiştir. Çözünür olmayan lif ve soya proteini ilaveleri ekmek hacmini önemli düzeylerde azaltmaktadır. Özellikle denatüre olmamış protein ilavesi ekmek hacmini daha da azaltmıştır. Soya sütü tozu ilavesinin ekmek hacmi ve yüksekliğine olumsuz etkisi

daha fazla ÇOSL ve soya proteini içermesi ile ilişkilendirilmiştir. Buna karşın ekmek hacmi ve yüksekliği çözümlü lif bileşeninin ilavesi ile artmaktadır.

Özgün hacim su bağlama özelliği yüksek bileşenleri içeren ve sert yapıda olan ekmeklerde daha yüksektir. Öte yandan çözümlü lif ilavesi ve kısmen denatüre protein izolatu ilavesi jel oluşturma özellikleri ile, yumuşak ve hacim genişlemesine izin veren yapıda ekmek oluşturarak özgün hacmi de düşürmektedir.

Soya protein izolatının, yüksek protein içeriği nedeniyle, ilavesi ekmeğin sertliğini arttırmaktadır. Ancak proteinin kısmi denatürasyonu ve/veya çözümlü olmayan lif ilavesi ekmeğin sertliğine daha düşük düzeylerde aynı etkiyi yapmaktadır. Öte yandan çözümlü lif ilavesi ise, soya ekmeğinde önemli ölçüde yumuşaklık sağlamaktadır. Depolama sonunda tüm ekmeklerde sertlik artış göstermiştir. En sert ekmek denatüre olmayan protein izolatu ve çözümlü olmayan soya lifi içeren ekmekler olmuştur. Yedi gün depolama süresince başlangıça göre sertliği en fazla değişim gösteren ekmek çözümlü soya lifi içeren ekmek olurken en az değişim gösteren soya sütü tozu içeren ekmek olmuştur.

Tüm formülasyonlarda hem ekmek içi hem kabuk rengi parametreleri için önemli farklılıklar söz konusudur. Soya proteini ve çözümlü olmayan lif ilavesi ile ekmek içi renginin koyulaşması azalmakta, kabuk renginin koyulaşması ise artmaktadır. Taze soya ekmeklerinde a ve b değerleri de benzer şekilde protein ve lif içerikleri ile artmaktadır. Ayrıca, protein denatürasyonu koyu ekmek içi ve kabuk rengine yol açmaktadır. Soya sütü tozu ekmek içi a ve b değerlerini, çözümlü olmayan lif ilavesi ise kabuğa ait a ve b değerlerini arttırmaktadır.

Her formülasyon için depolama sonunda, ekmek içi ve kabuk renginde önemli farklılıklar vardır. Bayatlama ile, çözümlü ve çözümlü olmayan soya lifinin ilave edildiği ekmeklerde ekmek içi koyuluğu artmakta, soya proteini ilave edilen ekmeklerde ise artmaktadır. Depolama ile ekmek içi rengi çok değişmezken, kabuk rengi tüm formülasyonlarda koyulaşmaktadır. Kabuk rengi koyulaşmasındaki artma ise çözümlü lif varlığında en az düzeydedir.

Tüm formülasyonlarda su aktivitesi değerleri birbirine yakındır. Ekmeklerin depolama süresinde de su aktivitesi değerleri değişmemiştir. Bununla birlikte bayatlama ile nem içeriğinde azalma gerçekleşmiştir. Daha fazla soya esaslı bileşen varlığında ekmek matrisi içerisinde daha fazla su tutulabilmiştir. Çözümlü olmayan

lif ve soya proteini ilavesinin ekmeklerde nem içeriğini arttırıcı ya da nem kaybını azaltıcı etkileri olduğu açıktır. Taze ekmeklerde denatüre olmamış soya proteininin kısmen denatüre olmuş soya proteinine göre daha yüksek nem tutma özelliği olduğu saptanmıştır. Soya proteinindeki denatürasyonun depolama süresinde nem tutma özelliğine etkisi açıkça görülmüştür.

Tüm soya ekmeklerinde depolama süresinde nem içeriği azalmıştır. Çözünür olmayan lif varlığı ve soya proteini ilavesi ekmekte en yüksek nem miktarı sağlamıştır. Daha fazla soya esaslı bileşen varlığında ekmek matrisi içerisinde daha fazla su tutulabilmektedir. Nem içeriğindeki değişim en fazla ilk gün içerisinde olmaktadır. 7 gün depolama sırasındaki nem içeriğindeki kayıplar farklılıklar göstermektedir.

Nem kaybının depolama süresince en fazla olduğu soya unu, çözünür soya lifi ve denatüre olmamış soya protein izolatu ekmeklerinde sertlikte değişimler de en fazla olmuştur.

Çözünür ve çözünür olmayan soya lifi ilavesi taze ekmeklerde dondurulabilir su miktarını arttırmıştır. Ancak depolama sırasında dondurulabilir su miktarları tüm ekmeklerde azalma gösterirken, denatüre olmayan soya protein izolatu içeren ekmeklerde artış göstermiştir. Soya esaslı bileşenlerin formülasyona ilavesi, taze ekmeklerde dondurulabilir su miktarında az bir yükselme sağlamaktadır. Başlangıçta dondurulabilir su miktarını esas olarak etkileyen bileşen çözünür lif olarak görülmektedir. Denatüre olmayan soya proteini ilave edildikleri ekmeklerin stabilitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Kısmen denatüre soya proteini ve çözünür soya lifi bu anlamda daha stabil ürünler oluşturmaktadır. Tüm formülasyonlarda depolama boyunca dondurulabilir su miktarında azalma olmuştur. Taze ekmeklerde soya esaslı bileşen ilavesi genel olarak dondurulabilir su miktarını bir miktar arttırırken, en temel etkili bileşenin çözünür lif olduğu anlaşılmaktadır. Ancak 7 gün depolama sonucunda bu etki zayıflamaktadır. Buna karşın taze soya ekmeklerinde çözünür lif bileşeni dondurulabilir olmayan su miktarını azaltmaktadır. Genel anlamda lif içeren ekmeklerin depolama sırasında küçük bir artış eğilimindedir.

Taze ekmeklerdeki başlangıç sıklığı değerlendirildiğinde, formülasyonlar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Genel olarak daha yüksek ekmek hacimleri daha

düşük ve daha düşük ekmek hacimleri daha yüksek başlangıç sıklık/sertlik değerleri göstermişlerdir. Depolama sonrası tüm soya ekmeklerinin sıklığı artmıştır. Lif ilavelerinin ekmek sıklığını depolama sürecinde önemli ölçüde değiştirdiği anlaşılmaktadır. Tüm formülasyonlar arasında DMA ile ölçülen 25°C'deki sertlik/sıklık değerleri arasında hiçbir depolama süresinde farklılık yoktur.

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 ise 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.

Temel bileşen analizi değerlendirmeleri sonucunda, bayatlama ile birlikte protein izolatları ve lif formülasyonları kendi aralarında yaklaşma eğilimindedir. Depolama sürecinde parametrelerin değişimleri incelendiğinde ise; amilopektin kristalizasyonu, nem içeriği, sıklığın göstergesi olan 25°C'deki depolama modülü değeri, sertliğin göstergesi olan maksimum yük ve gerilme değerleri, dondurulabilir ve dondurulabilir olmayan su miktarlarında farklılaşmaların olduğu açıkça görülmüştür. Bu sonuçlar bayatlamamanın sonucu olarak beklenen değişimlerdir. Bayatlama ile birlikte nem ve amilopektin kristalizasyonu ile sıklık ve sertlik göstergeleri benzer şekilde ters ilişkili olmaktadır.

Soya ürünlerinin unlu mamullere başarılı bir şekilde ilave edilebilmesi için bu bileşenlerin ilave edildikleri ürünlerin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etkisinin anlaşılması gerekli olmaktadır. Soya sütü tozundaki bileşenlerin ekmek kalitesine ve bayatlamaya etkileri büyük ölçüde belirlenmiş olup, ekmek kalite özelliklerinin birbirleri ile ilişkilerini ortaya koyan sonuçlar elde edilmiştir.

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 antikanserojenik 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. Soya esaslı ürünlerdeki bileşenlerin etkisinin anlaşılması ile formülasyonlarda istenilen amaca uygun bileşen seçimine bu çalışmanın ışık tutması ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR

- AACC, American Association of Cereal Chemists**, 2000. Approved methods of the AACC, 10th ed, St.Paul, MN, USA.
- AACC, American Association of Cereal Chemists**, 2001. The definition of dietary fibre, *American Association of Cereal Chemists Report*, March 2001, **46**, 3, 112-129.
- Abdul-Hamid, A. ve Luan, Y.S.**, 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran, *Food Chemistry*, **68**,15-19.
- ADM Company**, 2004. Food Ingredient Catalogue, PRO-FAM® 891 Isolated Soy Protein 066-891 and Baker's Soy flour, defatted. Product Specialties Division, Archer Daniels Midland Company, Decatur, IL, USA. <http://www.admworld.com/mktcolpdf/FoodCatalog.pdf>
- Al-Hooti, S.N., Sidhu, J. S., Al-Saqer, J. M. ve Al-Othman, A.**, 2002. Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (pan bread), *Nahrung/Food*, **46**, 2, 68-72.
- Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B. and Weil, J.A.**, 2004., Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from Canadian prairies, *Food Chemistry*, **84**, 551-562.
- Anaç, H. ve Ertürk, Y.E.**, 2003. Soya fasulyesi, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Dergisi, **2**, 6, 1-4.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists**, 2002. Official Methods of Analysis, 17th ed, Volume II, Washington D.C., USA.
- Asp, N. G.**, 2004. Definition and analysis of dietary fibre in the context of food carbohydrates, in *Dietary Fibre bio-active carbohydrates for food and feed*; pp. 21-26, Eds. J.W. van der Kamp, J. Miller Jones ve G. Schaafsma, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland.
- Atoui, A. K., Mansouri, A., Boskou, G. and Kefalas P.**, 2005. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile, *Food Chemistry*, **89**, 27-36.

- Axford, D.W.E., Colwell, K.H., Cornford, S.J., ve Elton, G.A.,** 1968. Effect of loaf-specific volume on the rate and extent of staling in bread, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **19**, 95-101.
- Baik, M.Y. ve Chinachoti, P.,** 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling, *Cereal Chemistry*, **77**, 4, 484-488.
- Baik, M.Y. ve Chinachoti, P.,** 2001. Effects of glycerol and moisture gradient on thermomechanical properties of white bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 4031-4038.
- Barbut, S.,** 1996. Determining water and fat holding, pp.186-225, in *Methods of Testing Protein Functionality*, Ed. G. M.Hall, Blackie Academic & Professional, London.
- Barraquio, V. L. ve van de Voort, F.R.,** 1988. Milk and soy proteins: their status in review, *Canadian Institute of Food Science and Technology*, **21**, 477-493.
- Basman, A., Köksel, H., ve Ng, P.K.W.,** 2002. Effects of transglutaminase on SDS-PAGE patterns of wheat, soy and barley proteins and their blends, *Journal of Food Science*, **67**, 7, 2654-2658.
- 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.
- Bayar, R. ve Yılmaz, M.,** 2004. Türkiye’de soya fasulyesi ve önemi, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 29.1.2004, ISSN: 1303-5134.
- Betancur-Ancona, D., Peraza-Mercado, G., Moguel-Ordonez, Y. ve Fuertes-Blanco, S.,** 2004. Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues, *Food Chemistry*, **84**, 287-295.
- Boyacıoğlu, M.H.,** 2006. Soy ingredients in baking, in *Soy Applications in Food*, pp. 63-81, Ed. M.N. Riaz, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
- 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.
- Cameron-Smith, D. ve Collier, G.R.,** 2002. Dietary fiber and glucose metabolism and diabetes, in *Handbook of Dietary Fiber*, pp.107-124, Eds:S.S.Cho ve M.L. Dreher, Marcel Dekker, New York, USA.

- Cargill Company**, 2004. Prolisse™ Soy protein solutions. <http://www.cargillsoyprotein.com>.
- Chau, C.F., Cheung, K. ve Wong, Y.S.**, 1997. Functional properties of protein concentrates from three Chinese indigenous legume seeds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**, 7, 2500-2503.
- 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.
- Cheung, L.M., Cheung, P.C.K. ve Ooi, V.E.C.**, 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts, *Food Chemistry*, **81**, 249-255.
- Chinachoti, P. ve Vodovotz, Y.**, 2001. Bread Staling, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Chinachoti, P.**, 2003. Preventing bread staling, in *Bread Making Improving Quality*, E-book, Chapter 27, Ed. Cauvain, S.P., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton, FL ve England.
- Cho, S.S., Clark, C., ve Rickard, S.E.**, 2002. Dietary fiber and breast cancer risk, pp. 47-88, in *Handbook of Dietary Fiber*, Eds. S.S.Cho ve M.L. Dreher., Marcel Dekker, New York, USA.
- Czuchajowska, Z. ve Pomeranz, Y.**, 1989. Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near crust zones of bread during storage, *Cereal Chemistry*, **66**, 4, 305-309.
- Czuchajowska, Z., Paszczynska, B., Pomeranz, Y.**, 1992. Functional properties of psyllium in wheat-based products, *Cereal Chemistry*, **69**, 516-520.
- Çırak, C. ve Esendal, E.**, 2005. Soyada bitki gelişim dönemleri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **20**, 2, 57-65.
- Dawidowicz, A.L., Wianowska, D. ve Baraniak, B.**, 2006. The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra* L. (antioxidant properties of extracts), *LWT Food Science and Toxicology*, **39**, 3, 308-315.
- Debruyne, I.**, 2006. Soy base extract: soymilk and dairy alternatives, in *Soy Applications in Food*, pp.111-132, Ed. M.N. Riaz, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
- Descheemaeker, K. ve Debruyne, I.**, 2001. Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications, Garant Publisher, Leuven, Belgium.
- Devansoy**, 2003. Devansoy soymilk powder specifications, Devansoy, Iowa. <http://www.devansoy.com/SoymilkSpecs.htm>

- DeVries, J.W., Prosky, L., Li, B. ve Cho, S.,** 1999. A Historical perspective on defining dietary fiber, *Journal of AACC*, **44**, 5, 367-369.
- Dhingra, S. ve Jood, S.,** 2001. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour, *Food Chemistry*, **77**, 479-488.
- 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.
- Drapron, R. ve Nicolas, J.,** 1977. Lipoxygenase assay. Comparison between spectrophotometric and polarographic methods. Assay by a new colorimetric method, *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, **Vol.LIV**, 218-221.
- EC, European Commission,** 2003. Opinion of the Scientific Committee on Food On Soybean Hemicellulose, SCF/CS/ADD/EMU/185 Final, 10 April 2003. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out187_en.pdf
- Egbert, W.R.,** 2004. Isolated soy protein: technology, properties, and applications, in *Soybeans as Functional Foods and Ingredients*, Ed. K. Liu, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- Endres, J.G.,** 2001. Soy Protein Products Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization. AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- Exarchou, V., Nenadis, N., Tsimidou, M., Gerothanassis, I.P., Troganis A. and Boskou, D.,** 2002. Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from Greek Oregano, Greek Sage, and Summer Savory. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 5294-5299.
- FAO, Food and Agricultural Organisation,** 2003. Imports and exports of selected agricultural commodities, http://www.fao.org/es/ess/yearbook/vol_1_1/pdf/c18.pdf
- 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.
- Fontana, A.J.,** 2000. Understanding the importance of water activity in food, *Cereal Foods World*, **45**, 1, 7-10.

- Friedman, M., Mackey, B.E., Kim, H., Lee, I., Lee, K., Lee, S., Kozukue, E. ve 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.
- Fuji Oil Company**, 2003. Soyafibe-S Soybean Polysaccharide, Fuji Oil Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- 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.
- Gelroth, J. ve Ranhotra, G.S.**, 2002. Food uses of fiber, pp.435-452, in *Handbook of Dietary Fiber*, Eds. S.S.Cho ve M.L. Dreher., Marcel Dekker, New York, USA.
- General Mills**, 1999. General Mills bakers flour product specifications, GMI product Code 50145 50#,
- Gerrard, J.A., Abbot, R.C., Newberry, M.P., Gilpin, M.J., Ross, M., ve Fayle, S.E.**, 2001. The effect of non-gluten proteins on the staling of bread, *Starch*, **53**, 278-280.
- Girard, B. ve Mazza, G.**, 1998. Functional grape and citrus products, pp139-191, in *Functional Foods Biochemical and Processing Aspects*, Ed. G. Mazza, Technomic Publishing, Lancaster, Basel.
- Godfrey, P. ve Limpert, W.**, 2002. Soy products as ingredients, *Food Technology*, 52-55.
- 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 Apestegüia, A.**, 2003. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality, *European Food Research and Technology*, **216**, 51-56.
- Gorinstein,S., Delgado-Licon, E., Pawelzik, E., Permady, H.H., Weisz, M. ve Trakhtenberg, S.**, 2001. Characterization of soluble amaranth and soybean proteins based on fluorescence, hydrophobicity, electrophoresis, amino acid analysis, circular Dichroism and DSC measurements, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 5595-5601.
- 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.

- Hatakeyama, T. ve Quinn, F.X.**, 1994. Thermal Analysis Fundamentals and Applications to Polymer Science, pp.38-64, John Wiley and Sons, England.
- Hendrich, S. ve Murphy, P.A.**, 2001. Isoflavones: source and metabolism, pp. 55-76, in *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*, Ed. R.E.C. Wildman, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Henn, R.L. ve Netto, F.M.**, 1998. Biochemical characterization and enzymatic hydrolysis of different commercial soybean protein isolates, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 3009-3015.
- Hill, S.E.**, 1996. Emulsions, pp.153-182, in *Methods of Testing Protein Functionality*, Ed. G.M. Hall., Blackie Academic & Professional, London.
- Hu, C. ve Kitts, D.D.**, 2005. Dandelion (*Taraxacum officinale*) flower extract suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide and prevents lipid oxidation in vitro, *Phytomedicine*, **12**, 588-597.
- Huang, D., Ou, B. ve Prior, R.L.**, 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays, reviews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 1841-1856.
- Ivanova, D., Gerova, D., Chervenkov, T. and Yankova, T.**, 2005. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants, *Journal of Ethnopharmacology*, **96**, 145-150.
- Iwuoha, C.I. ve Umunnakwe, K.E.**, 1997. Chemical, physical and sensory characteristics of soymilk as affected by processing method, temperature and duration of storage, *Food Chemistry*, **59**, 3, 373-379.
- Jimenez-Escrig, A., Rincon, M., Pulido, R. and Saura-Calixto, F.**, 2001. Guava fruit as a new source of antioxidant dietary fiber, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 5489-5493.
- Kahkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M.**, 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 3954-3962.
- Kalfa, S.**, 2004. Soya, mısır, ayçiçeği, pamuk ve kolza ithalatı için ödenen döviz, 1 milyar dolara yaklaşıyor, Yağlı tohumlara "servet" ödüyoruz, Dünya Gazetesi, 5/5/2004, http://www.dunyagazetesi.com.tr/news_display.asp?upsale_id=173620&dept_id=30.

- Karakaya, S., El, S.N., Taş, A.A.,** 2001. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **52**, 501-508.
- Kardinaal, A.F.M.,** 2001. Soy Isoflavones: Impact on Health and Disease, pp.157-163, in *Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications*, Eds. Koen Descheemaeker ve Ignace Debruyne, Garant, Leuven, Belgium.
- 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.
- Katsube, T., Tabata, H., Ohta, Y., Yamaski, Y., Anuurad, E., Shiwaku K. ve Yamane Y.,** 2004. Screening for antioxidant activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Cocalteu assay, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 2391-2396.
- Khatib, K.A., Herald, T.J., Aramouni, F.M., Macritchie, F. ve Schapaugh, W.T.,** 2002. Characterization and functional properties of soy β -conglycinin & glycinin of selected genotypes, *Journal of Food Science*, **67**, 8, 2923-2929.
- Kim, E.H., Kim, S.H., Chung, J.I., Chi, H.Y., Kim, J.A. ve Chung, I.M.,** 2006. Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions, *European Food Research and Technology*, **222**, 201-208.
- Kim, H. ve Moon, T.W.,** 1999. Quality attributes of bread with soymilk residue dietary fibre, *Food Science and Biotechnology*, **8**, 245-250.
- Kulp, K., Ponte, J.G. ve D'Appolonia, B.L.,** 1981. Staling of white pan bread: fundamental causes, *CRC Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, **15**, 1-48.
- Kumar, V., Rani, A., Tindwani, C. ve Jain, M.,** 2003. Lipoxigenase isozymes and trypsin inhibitor activities in soybean as influenced by growing location, *Food Chemistry*, **83**, 79-83.
- Lawless, H.T. ve Heymann, H.,** 1998. Sensory evaluation of food, principles and practices, Kluwer Publishing.
- Lecerf, J.M.,** 2001. Effects of soybean oil on plasma lipoprotein and cardiovascular risk in men and women, pp. 93-100, in *Soy and Health 2000 Clinical Evidence Dietetic Applications*, Eds. K. Decheemaeker ve Ignace Debruyne, Garant Publication, Leuven.

- Lee, H.C., Jenner, A.M., Low, C.S. ve Lee, Y.K.**, 2006. Effect of tea phenolics and their aromatic fecal bacterial metabolites on intestinal microbiota, *Research on Microbiology*, **157**, 876-884.
- 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.
- Lee, K. W., Kim, Y.J., Lee, H.J. ve Lee, C. Y.**, 2003a. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 7292-7295.
- Lee, K.H.; Ryu, H.S.; Rhee, K.C.**, 2003b. Protein solubility characteristics of commercial soy protein products, *Journal of AOCS*, **80**, 1, 85-90.
- Li, R.**, 2006. Soy product off-flavor generating, masking, and flavor creating, pp. 227-246, in *Soy Applications in Food*, Ed. M.N. Riaz, CRC, Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
- Lin, M.J.Y. ve Humbert, E.S.**, 1974. Certain functional properties of sunflower meal products, *Journal of Food Science*, **39**, 368-370.
- Liu, G. ve Xiong, Y.L.**, 2000. Thermal transitions and dynamic gelling properties of oxidatively modified myosin, β -lactoglobulin, soy 7S globulin and their mixtures, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 1728-1734.
- Liu, K. ve Limpert, W.F.**, 2004. Soy flour: varieties, processing, properties, and applications, pp.101-120, in *Soybeans as Functional Foods and Ingredients*, Ed. K.Liu, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- Liu, K.**, 1999. *Soybeans Chemistry, Technology, and Utilization*, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.
- Liu, K.**, 2004. *Soybean as Functional Foods and Ingredients*, pp.1-51, AOCS Press, Champaign, IL, USA.
- Liu, Z., Chang, S.K.C., Li, L. ve Tatsumi, E.**, 2004. Effect of selective thermal denaturation of soybean proteins on soymilk viscosity and tofu's physical properties, *Food Research International*, **37**, 815-822.
- Ma, C.Y. ve Harwalker, V.R.**, 1988. Studies of thermal denaturation of oat globulin by differential scanning calorimetry, *Journal of Food Science*, **53**, 2, 531-534.
- Ma, C.Y., Liu, W.S., Kwok, K.C., Kwok, F.**, 1997. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue, *Food Research International*, **29**, 799-805.

- Maeda, H., 2000.** Soluble soybean polysaccharide, pp.309-320, Eds. Phillips, G. O., ve Williams, P. A., in *Handbook of Hydrocolloids*, CRC Press, Woodhead Publishing, Cambridge, England.
- Marczy, J.S., Simon, M.L., Mozsik, L. ve Szajani, B., 1995.** Comparative study on the lipoxygenase activities of some soybean cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**, 313-315.
- Marlett, J.A., 2002.** Dietary fiber and cardiovascular disease, pp.17-30, in *Handbook of Dietary Fiber*, Eds. S.S.Cho ve M.L. Dreher., Marcel Dekker, New York, USA.
- 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.
- Mathew, S. ve Abraham, T.E., 2006.** In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies, *Food and Chemical Toxicology*, **44**, 198-206.
- Mazza, G., 1998.** Functional foods: biochemical and processing aspects, Technomic Publishing, Lancaster, PA.
- McCleary, B.V. ve Prosky, L., 2000.** Advanced Dietary Fibre Technology, Blackwell Science.
- Miller Jones, J., 2004.** Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion, pp. 143-164, in *Dietary Fibre bioactive carbohydrates for food and feed*, Eds. N.G. A. J.W. van der Kamp, J. Miller Jones ve G. Schaafsma, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Holland.
- Mizuno, A., Mitsuiki, M. ve Motoki, M., 2000.** Effect of transglutaminase treatment on the glass transition of soy protein, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 3286-3291.
- Naczk, M. ve Shahidi, F. C., 2004.** Extraction and analysis of phenolics in food, review, *Journal of Chromatography A*, **1054**, 95-111.
- Nelson, A.L., 2001a.** High-fiber Ingredients, pp. 29-62, Eagan Press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Nelson, A.L., 2001b.** Properties of high-fiber ingredients, *Cereal Foods World*, **46**, 3, 93-97.
- Oakenfull, D., 2002.** Physicochemical properties of dietary fiber: overview, pp. 195-206, in *Handbook of Dietary Fiber*, Eds. S.S.Cho ve M.L. Dreher, Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
- Oomah, B.D., 2002.** Phytoestrogens, pp. 1-54, in *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

- Özdamar, K.**, 2004. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi-2 (Çok değişkenli analizler), Kaan Kitapevi, Etam A.Ş., Eskişehir.
- Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rossas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J. ve Codina, C.**, 2002. Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 6882-6890.
- 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.
- Petrucelli, S. ve Anon, M.C.**, 1995. Soy protein isolate components and their interactions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**, 1762-1767.
- Pinto, M.S., Lajolo, F. M. ve Genovese, M.I.**, 2005. Effect of storage temperature and water activity on the content and profile of isoflavones, antioxidant activity, and in vitro protein digestibility of soy protein isolates and defatted soy flours, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 6340-6346.
- Porter, M.A. ve Skarra, L.L.**, 1999. Reducing costs through the inclusion of soy flour in breads, *Cereal Foods World*, **44**, 632-637.
- Prabhakaran, M.P. ve Perera, C.O.**, 2006. Effect of extraction methods and UHT treatment conditions on the level of isoflavones during soymilk manufacture, *Food Chemistry*, **99**, 231-237.
- Prior, R.L., Wu, X. ve Schaich, K.**, 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 4290-4302.
- Prosky, L.**, 2000. What is dietary fiber, *Journal of AOAC International*, **83**, 4, 985-987.
- Rao, A., Shallo, H.E., Ericson, A.P. ve Thomas, R.L.**, 2002. Characterization of soy protein concentrate produced by membrane ultrafiltration, *Journal of Food Science*, **67**, 4, 1412-1418.
- Rhee, K.C.**, 1994. Functionality of soy proteins, pp. 311-324, in *Functionality in Food Systems*, Eds. N.S. Hettiarachchy ve G.R. Ziegler, Marcel Dekker, N.York, USA.
- Riaz, M.N.**, 2001. Uses and benefits of soy fiber, *Cereal Foods World*, **46**, 98-100.

- Riaz, M.N.**, 2006. Processing of soybeans into ingredients, pp. 40-62, in *Soy Applications in Food*, Ed. M.N. Riaz, CRC Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.
- Riblett, A.L., Herald, T.J., Schmidt, K.A. ve Tilley, K.A.**, 2001. Characterization of β -conglycinin and glycinin soy protein fractions from four selected soybean genotypes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 4983-4989.
- Rogers, D.E., Zeleznak, K.J., Lai, C.S. ve Hosenev, R.C.**, 1988. Effect of native lipids, shortening and bread moisture on bread firming, *Cereal Chemistry*, **65**, 5, 398-401.
- Romani, A., Vignolini, P., Galardi, C., Aroldi, C., Vazzana, C. ve 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.
- Rüfer, C.E. ve Kulling, S.E.**, 2006. Antioxidant activity of isoflavones and their major metabolites using different in vitro assays, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 2926-2931.
- Ryan, K.J., Homco-Ryan, C.L., Jenson, J., Robbins, K.L., Prestat, C. ve Brewer, M.S.**, 2002. Effect of lipid extraction process on performance of texturized soy flour added wheat bread, *Journal of Food Science*, **67**, 2385-2390.
- 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>
- 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.
- Schiraldi, A. ve Fessas, D.**, 2001. Mechanism of Staling an Overview, pp. 1-17, in *Bread Staling*, Ed. P.Chinachoti ve Y. Vodovotz, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Schiraldi, A., Piazza, L. ve Riva, M.**, 1996. Bread staling: a calorimetric approach, *Cereal Chemistry*, **73**, 1, 32-39.
- Schneeman, B.O.**, 2000. Dietary Fibre and Gastrointestinal Function, pp. 168-176, in *Advanced Dietary Fibre Technology*, Eds. B.V.McCleary ve L. Prosky, Blackwell Science Ltd, London.
- Setchell, K.D.R. ve Cole, S.J.**, 2003. Variations in isoflavone levels in soy foods and soy protein isolates and issues related to isoflavone databases and food labeling, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 4146-4155.

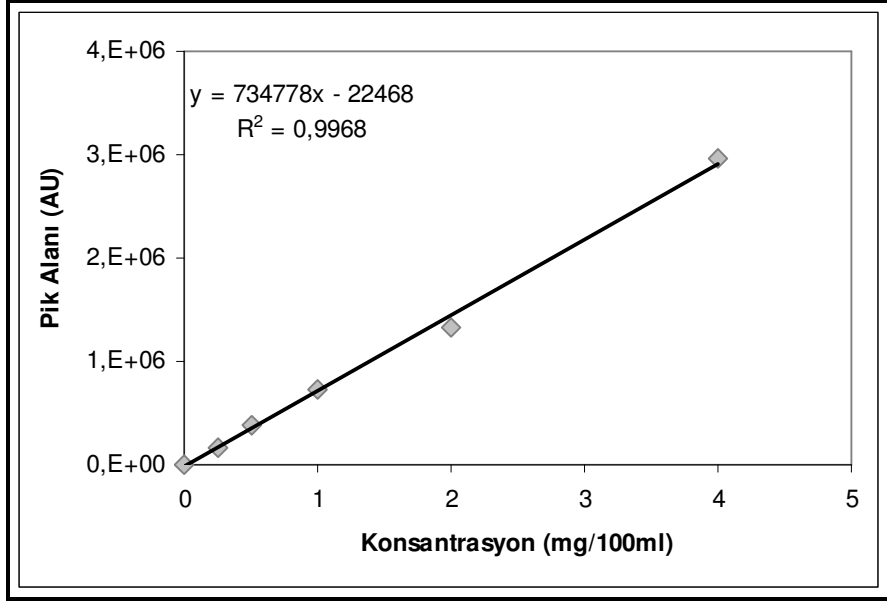
- Shahidi, F. ve Naczk, M.**, 2003. Phenolics in Food and Nutraceuticals, CRC Pres, Boca Raton, FL, USA.
- Shogren, R.L., Mohamed, A.A. ve Carriere, C.J.**, 2003. Sensory Analysis of whole wheat/soy flour breads, *Journal of Food Science*, **68**, 6, 2141-2145.
- Shunyong, W.**, 1994. Effects of packaging and soy protein isolate antioxidant on lipid oxidation of ground beef, *Dissertation Abstracts International, B.*, **55**, 1, 10.
- Sigma**, 2003. Total dietary fiber assay kit TDF 100A. Product Information Technical bulletin, Sigma-Aldrich, Inc., St. Louis, USA.
- Sigma**, 2004. Sigma protein marker, pp.1366, in *Sigma Aldrich Biochemicals and Reagents for Life Science Research*, www.sigma-aldrich.com, Deutschland.
- 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.
- Slavin, J.L.**, 2002. Dietary fiber and colon cancer, pp.31-46, in *Handbook of Dietary Fiber*, Eds. S.S.Cho ve M.L. Dreher, Marcel Dekker, New York, USA.
- Solae Company**, 2003. Fibrim® 1260 IP Non-GM soy Fiber Product Description, The Solae Company, St. Louis, USA.
- Sorgentini, D.A., Wagner, J.R. ve Anon, M.C.**, 1995. Effects of the thermal treatment of soy protein isolate on the characteristics and structure-function relationship of soluble and insoluble fractions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **43**, 2471-2479.
- Stauffer, C.E.**, 2002. Soy protein in baking, pp. 4 ve 14, Ed. ASA Europe ve Maghreb, Cincinnati, 10 July 2002.
- Stauffer, C.E.**, 2004. Enerji ve Protein deposu; soya mucizesi, *Gıda ve Ambalaj Tanıtım Dergisi*, Eylül **2004**, 2, 20-21.
- Sungsoo Cho, S. ve Dreher, M.L.**, 2001. Handbook of Dietary Fiber, Marcel Dekker, Inc., N.York, USA.
- Toit, R.D., Volsteadt, Y. ve Apostolides, Z.**, 2001. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables, and teas measured as vitamin C equivalents, *Toxicology*, **166**, 63-69.

- Ungar, Y., Osundahunsi, O.F. ve Shimoni, E.,** 2003. Thermal stability of genistein and daidzein and its effect on their antioxidant activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 4394-4399.
- USDA,** 2003. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service & Iowa state University, 2000. USDA-Iowa State University Database on the Isoflavone Content of Foods, Release 1.3-2002. Retrieved April 18, 2003 from the Nutrient Data Laboratory Home Page on the World Wide Web:<http://nal.usda.gov/fnic/foodcomp>.
- USDA,** 2004. US Department of Agriculture, Oilseeds world market and trade, April 2004, <http://usda.mannlib.cornell.edu/fas/oilseed-trade/2004/oilseed0404.pdf>
- Uzzan, M. ve Labuza, T.P.,** 2004. Critical issues in r&d of soy isoflavone-enriched foods and dietary supplements, *Journal of Food Science*, **69**, 3, 77-86.
- Velioğlu, Y.S., Mazza, G. ve Oomah, B.D.,** 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 4113-4117.
- 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. ve Chinachoti, P.,** 1996. Thermal transitions in gelatinized wheat starch at different moisture contents by dynamic mechanical analysis, *Journal of Food Science*, **61**, 5, 932-937.
- Vodovotz, Y. ve Chinachoti, P.,** 1998. Glass-rubbery transition and recrystallization during aging of wheat starch gels, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 2, 446-453.
- Vodovotz, Y., Baik, M., Vittadini, E. ve Chinachoti, P.,** 2001. Instrumental techniques used in bread staling analysis, pp. 93-128, in *Bread Staling*, Eds. P. Chinachoti ve Y. Vodovotz., CRC Press.
- 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.

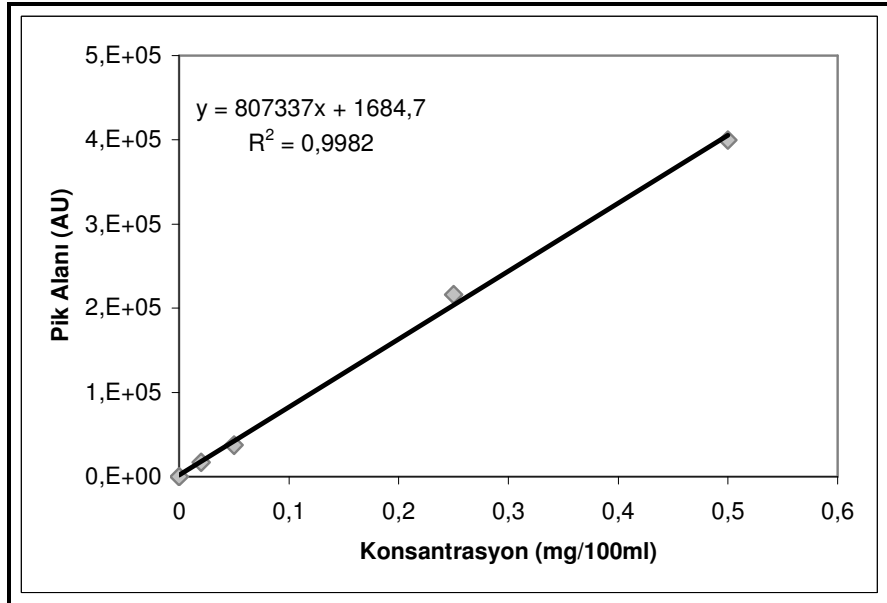
- Wettasinghe, M., Bolling, B., Plhak, L. ve Parkin, K.,** 2002. Screening for phase II enzyme-inducing and antioxidant activities of common vegetables, *Journal of Food Science*, **67**, 7, 2583-2588.
- Wilde, P.,** 2003. Foam formation in dough and bread quality, E-book, Chapter 16, in *Bread Making Improving Quality*, Ed. S.P. Cauvain, Woodhead Publishing ve CRC Press, England and Boca Raton FL.
- Yosmaoğlu, M.,** 2002. Soya fasulyesi raporu, Aralık 2002, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, http://www.tarim.gov.tr/uretim/urun_raporlari/soya/soya.htm
- Zeleznaek, K.J. ve Hosenev, R.C.,** 1987. The glass transition in starch, *Cereal Chemistry*, **64**, 2, 121-124.
- Zhang, H., Tatsumi, L.L.E., Isobe, S.,** 2005. High-pressure treatment effects on proteins in soy milk, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **38**, 7-14.
- 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 β -glucosidase activity during soy bread proofing and baking, *Cereal Chemistry*, **81**, 6, 741-745.

EKLER

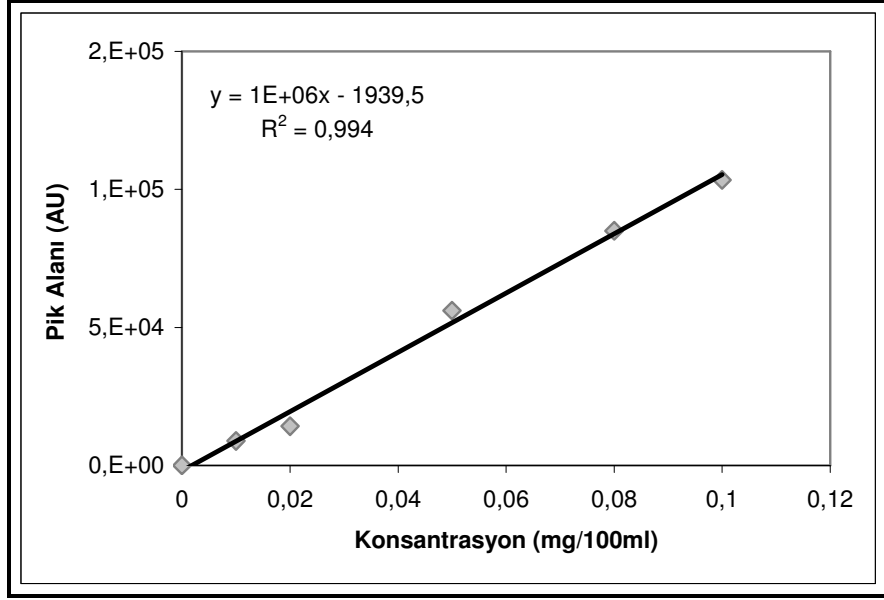
EK A. KALİBRASYON EĞRİLERİ



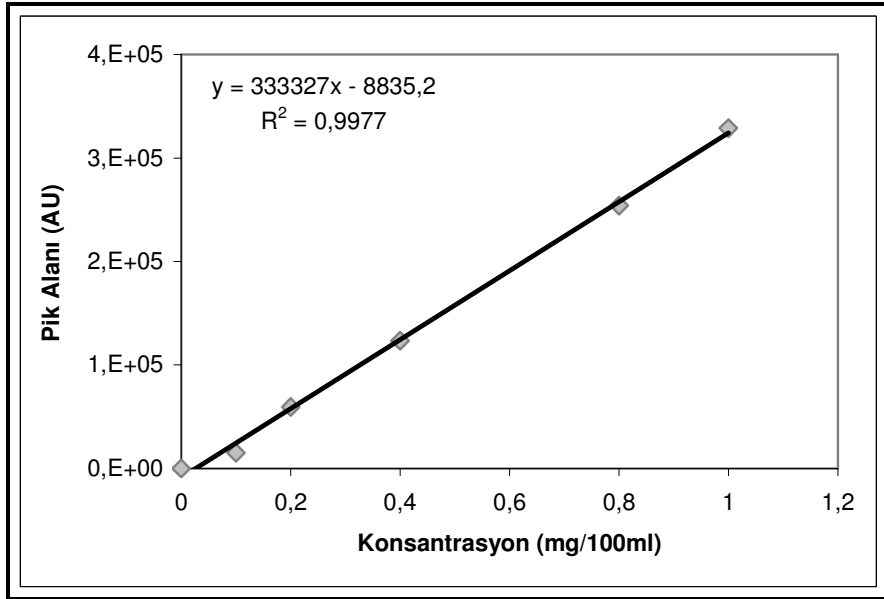
Şekil A.1: HPLC ile fenolik profil analizinde şiringik asit kalibrasyon eğrisi.



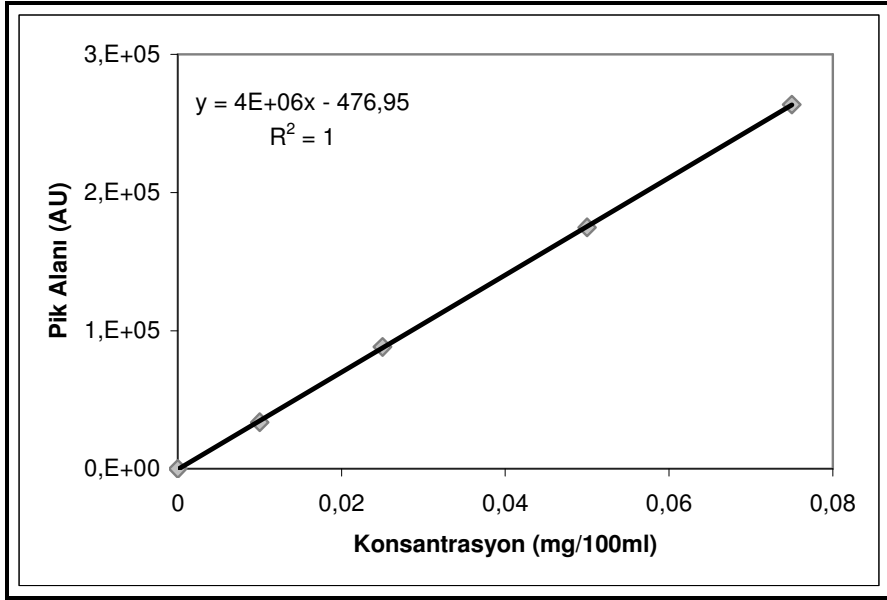
Şekil A.2: HPLC ile fenolik profil analizinde kafeik asit kalibrasyon eğrisi.



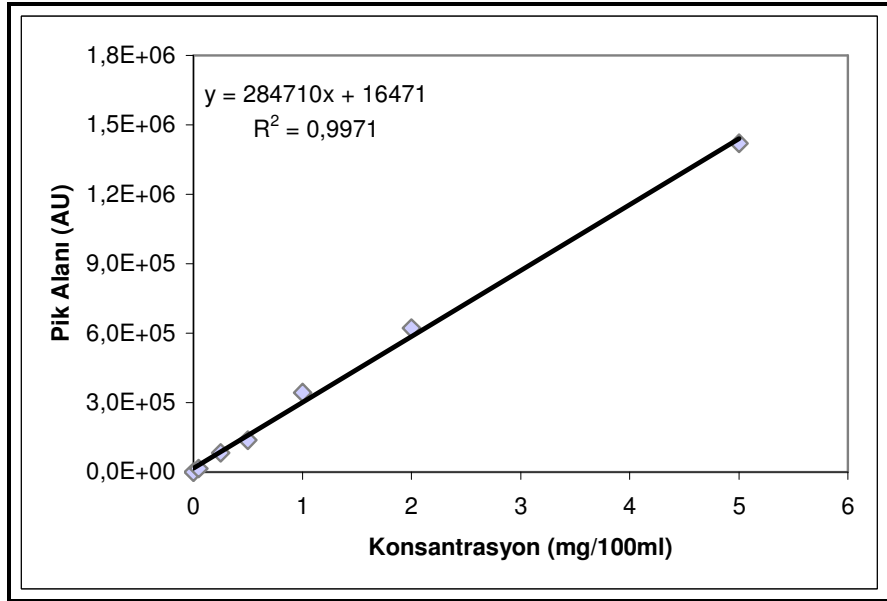
Şekil A.3: HPLC ile fenolik profil analizinde gallik asit kalibrasyon eğrisi.



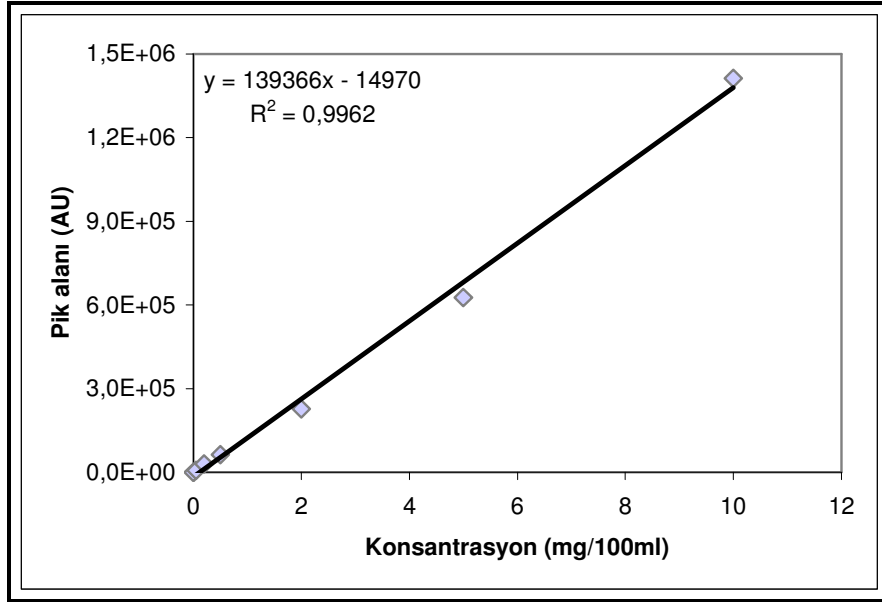
Şekil A.4: HPLC ile fenolik profil analizinde p-hidroksi benzoik asit kalibrasyon eğrisi.



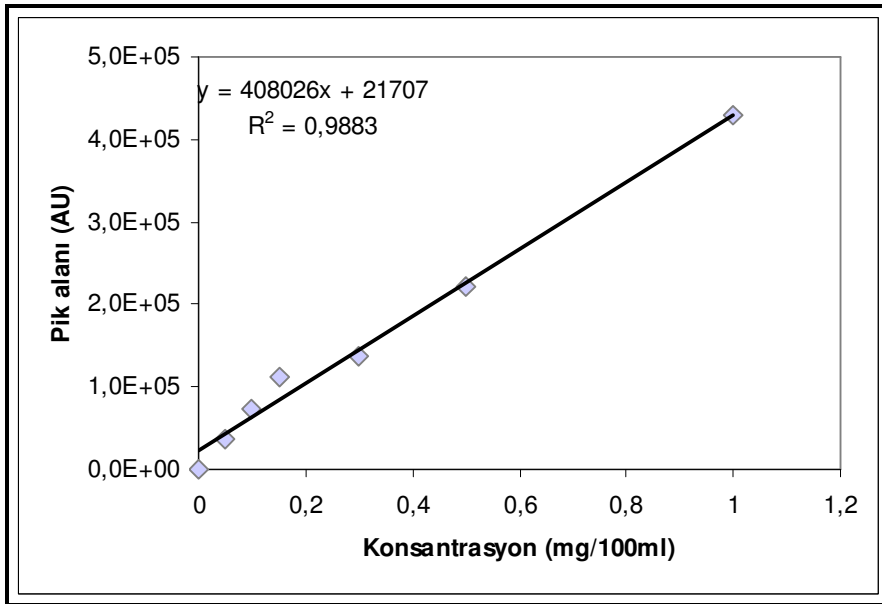
Şekil A.5: HPLC ile fenolik profil analizinde kumarik asit kalibrasyon eğrisi.



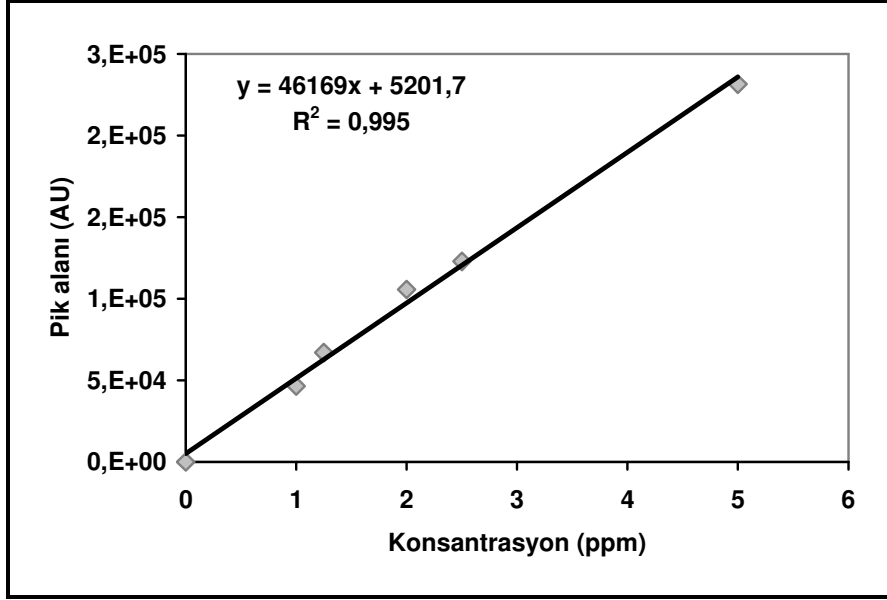
Şekil A.6: HPLC ile fenolik profil analizinde klorojenik asit kalibrasyon eğrisi.



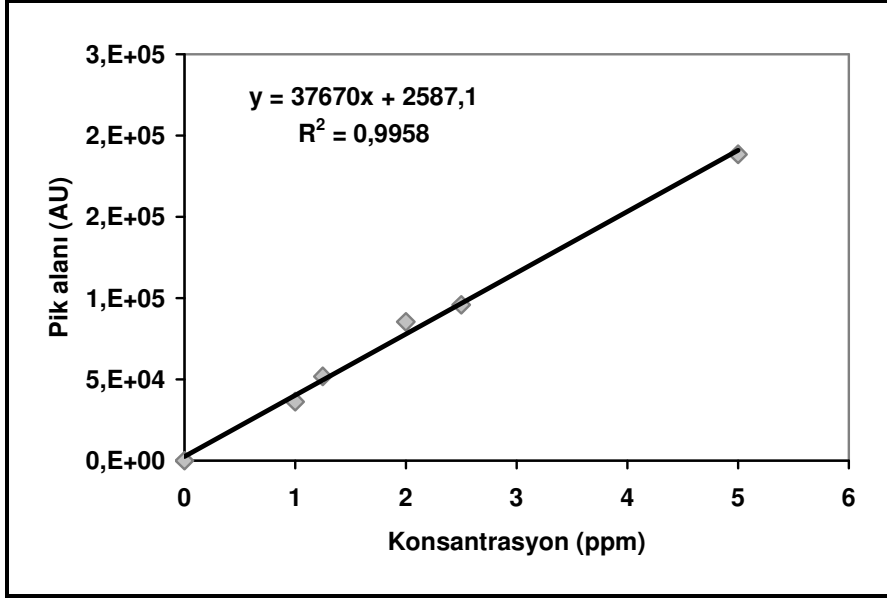
Şekil A.7: HPLC ile fenolik profil analizinde rutin kalibrasyon eğrisi.



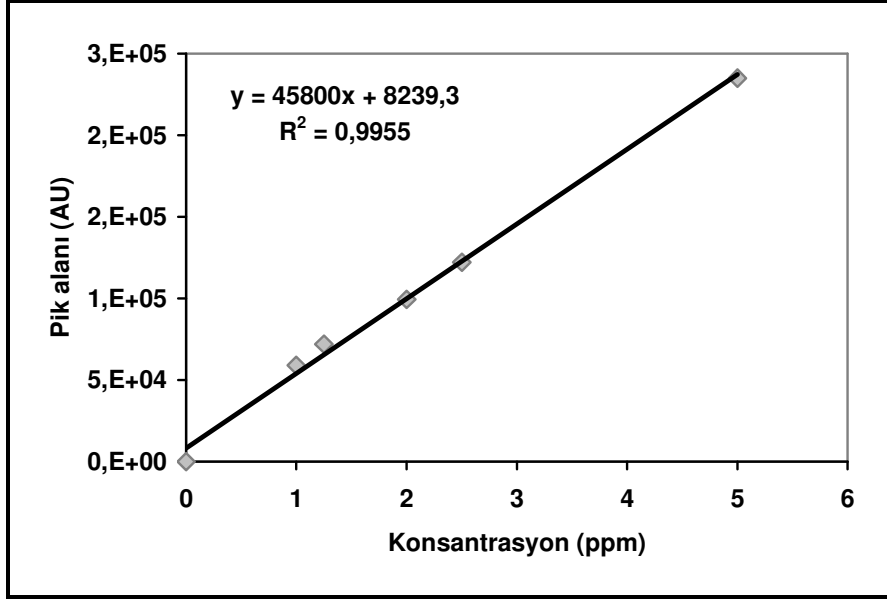
Şekil A.8: HPLC ile fenolik profil analizinde ferulik asit kalibrasyon eğrisi.



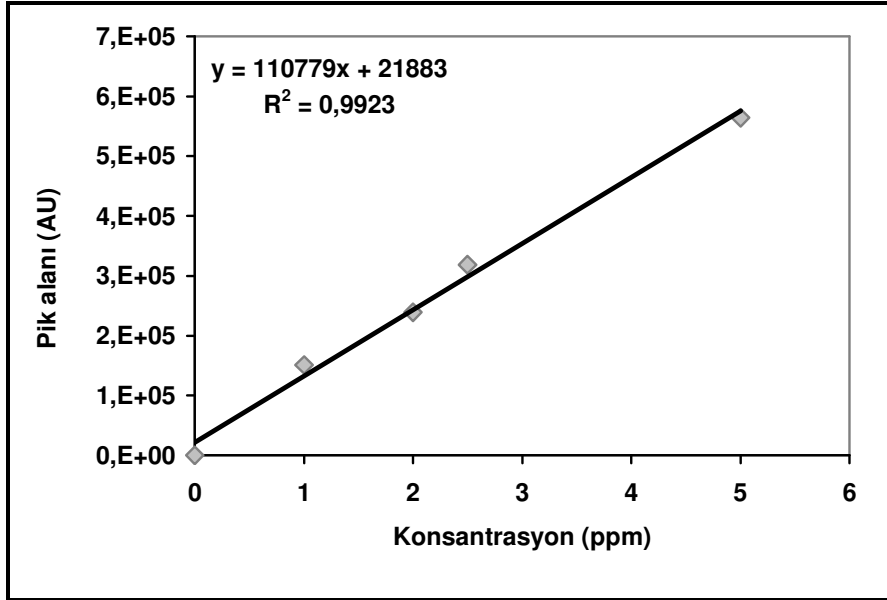
Şekil A.9: HPLC ile izoflavon analizinde glicitin kalibrasyon eğrisi.



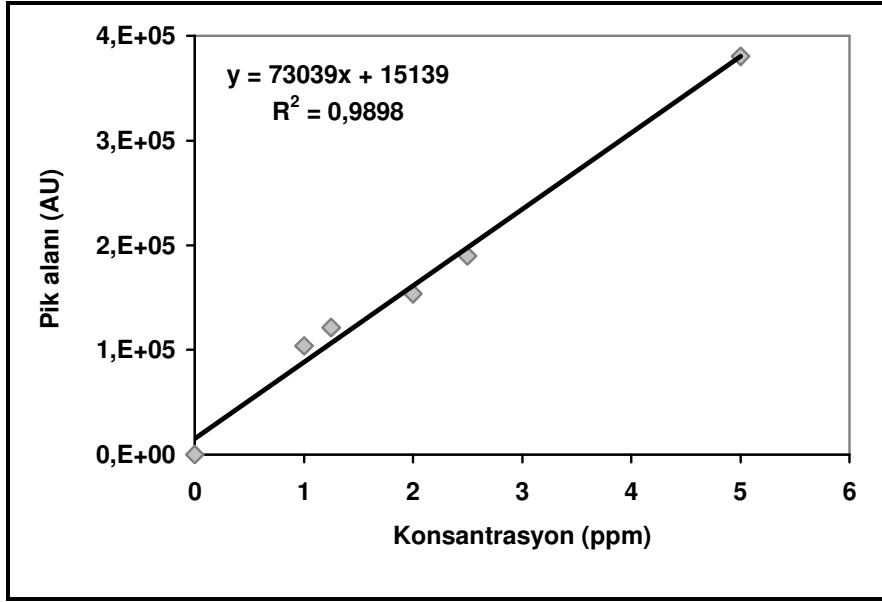
Şekil A.10: HPLC ile izoflavon analizinde daidzin kalibrasyon eğrisi.



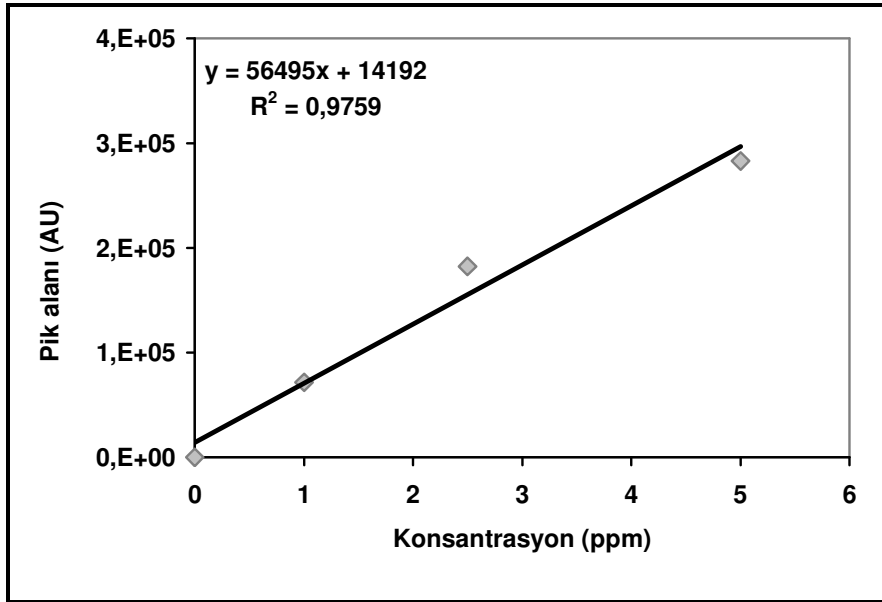
Şekil A.11: HPLC ile izoflavon analizinde genistin kalibrasyon eğrisi.



Şekil A.12: HPLC ile izoflavon analizinde glisitein kalibrasyon eğrisi.



Şekil A.13: HPLC ile izoflavon analizinde daidzein kalibrasyon eğrisi.



Şekil A.14: HPLC ile izoflavon analizinde genistein kalibrasyon eğrisi.

EK B. İSTATİSTİK TABLOLAR

Tablo B.1: Soya ürünleri karakterizasyon parametrelerinin örneklerdeki farklılıkları için tek yönlü varyans analiz tablosu¹.

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Su tutma kapasitesi	İşlem	307,019	6	51,170	194,111	,000
	Hata	3,163	12	,264		
	Toplam	310,183	18			
Yağ tutma kapasitesi	İşlem	25,061	6	4,177	65,317	,000
	Hata	,767	12	,064		
	Toplam	25,828	18			
Emülsiyon oluşturma kapasitesi	İşlem	32679,260	6	5446,543	655,696	,000
	Hata	99,678	12	8,307		
	Toplam	32778,938	18			
Emülsiyon dayanıklılığı	İşlem	96257,310	6	16042,885	2490,487	,000
	Hata	77,300	12	6,442		
	Toplam	96334,610	18			
Köpük oluşturma kapasitesi	İşlem	5020,833	6	836,806	77,742	,000
	Hata	129,167	12	10,764		
	Toplam	5150,000	18			
Köpük dayanıklılığı	İşlem	96257,310	6	16042,885	2490,487	,000
	Hata	77,300	12	6,442		
	Toplam	96334,610	18			
Toplam fenolik madde	İşlem	145,657	6	24,276	6293,862	,000
	Hata	,116	30	,004		
	Toplam	145,773	36			
DPPH radikal yakalama aktivitesi	İşlem	468,148	6	78,025	288,243	,000
	Hata	7,850	29	,271		
	Toplam	475,998	35			
ABTS radikal yakalama aktivitesi	İşlem	30,835	6	5,139	3709,058	,000
	Hata	,042	30	,001		
	Toplam	30,876	36			
Şiringik asit	İşlem	166587,580	6	27764,597	197,776	,000
	Hata	2246,150	16	140,384		
	Toplam	168833,730	22			
<i>p</i> -hidroksi benzoik asit	İşlem	41683,161	6	6947,193	53,961	,000
	Hata	1673,679	13	128,745		
	Toplam	43356,840	19			
Klorojenik asit	İşlem	91503,621	6	15250,603	56,615	,000
	Hata	4040,588	15	269,373		
	Toplam	95544,209	21			
Kafeik asit	İşlem	973,903	6	162,317	305,699	,000
	Hata	6,372	12	,531		
	Toplam	980,274	18			
Ferulik asit	İşlem	707,063	6	117,844	571,776	,000
	Hata	2,885	14	,206		
	Toplam	709,949	20			

Tablo B.1: Soya ürünleri karakterizasyon parametrelerinin örneklerdeki farklılıkları için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹ (Devam ediyor).

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gallik asit	İşlem	11962,996	6	1993,833	13,951	,000
	Hata	1857,914	13	142,916		
	Toplam	13820,910	19			
Kumarik asit	İşlem	182,263	6	30,377	99,758	,000
	Hata	5,177	17	,305		
	Toplam	187,440	23			
Rutin	İşlem	1706,558	6	284,426	13,085	,000
	Hata	282,572	13	21,736		
	Toplam	1989,130	19			
Toplam fenolik madde (HPLC)	İşlem	873918,843	6	145653,140	30,209	,000
	Hata	81966,660	17	4821,568		
	Toplam	955885,503	23			
Glisitin	İşlem	44065,890	6	7344,315	124,596	,000
	Hata	1061,010	18	58,945		
	Toplam	45126,900	24			
Daidzin	İşlem	1124054,025	6	187342,338	365,796	,000
	Hata	9218,695	18	512,150		
	Toplam	1133272,720	24			
Genistin	İşlem	2202979,970	6	367163,328	308,389	,000
	Hata	21430,550	18	1190,586		
	Toplam	2224410,520	24			
β-glukozitler	İşlem	7498114,405	6	1249685,734	1627,407	,000
	Hata	13822,195	18	767,900		
	Toplam	7511936,600	24			
Malonil glisitin	İşlem	55829,530	6	9304,922	784,527	,000
	Hata	213,490	18	11,861		
	Toplam	56043,020	24			
Malonil daidzin	İşlem	1344631,403	6	224105,234	440,955	,000
	Hata	9148,088	18	508,227		
	Toplam	1353779,490	24			
Malonil genistin	İşlem	5217991,263	6	869665,210	45,285	,000
	Hata	345675,428	18	19204,190		
	Toplam	5563666,690	24			
Malonil glukozitler	İşlem	13333757,022	6	2222292,837	89,346	,000
	Hata	447709,748	18	24872,764		
	Toplam	13781466,770	24			
Asetil glisitin	İşlem	39628,043	6	6604,674	220,938	,000
	Hata	538,088	18	29,894		
	Toplam	40166,130	24			
Asetil daidzin	İşlem	192379,780	6	32063,297	288,195	,000
	Hata	2002,600	18	111,256		
	Toplam	194382,380	24			

Tablo B.1: Soya ürünleri karakterizasyon parametrelerinin örneklerdeki farklılıkları için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹ (Devam ediyor).

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Asetil genistin	İşlem	,000	6	,000	.	.
	Hata	,000	18	,000		
	Toplam	,000	24			
Asetil glukozitler	İşlem	394945,373	6	65824,229	290,907	,000
	Hata	4072,897	18	226,272		
	Toplam	399018,270	24			
Glisitein	İşlem	14533,900	6	2422,317	280,577	,000
	Hata	155,400	18	8,633		
	Toplam	14689,300	24			
Daidzein	İşlem	5912,622	6	985,437	182,587	,000
	Hata	97,148	18	5,397		
	Toplam	6009,770	24			
Genistein	İşlem	68455,855	6	11409,309	669,943	,000
	Hata	306,545	18	17,030		
	Toplam	68762,400	24			
Aglikonlar	İşlem	143955,175	6	23992,529	462,856	,000
	Hata	933,045	18	51,836		
	Toplam	144888,220	24			
Toplam izoflavonlar	İşlem	52598790,885	6	8766465,148	248,762	,000
	Hata	634327,775	18	35240,432		
	Toplam	53233118,660	24			
Lipoksigenaz 1	İşlem	31757382,667	7	4536768,952	730,447	,000
	Hata	86953,333	14	6210,952		
	Toplam	31844336,000	21			
Lipoksigenaz 2 ve 3	İşlem	113928749,667	7	16275535,667	18857,172	,000
	Hata	12083,333	14	863,095		
	Toplam	113940833,000	21			
Toplam lipoksigenaz	İşlem	250930682,333	7	35847240,333	4319,738	,000
	Hata	116178,667	14	8298,476		
	Toplam	251046861,000	21			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.2: Toplam fenolik madde içerikleri için regresyon varyans analizi.

DPPH serbest radikal yakalama yöntemi, %	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Regresyon	24,859	1	24,859	113,657	,000
Hata	7,218	33	,219		
Toplam	32,077	34			
ABTS radikal yakalama yöntemi, mM Troloks					
Regresyon	33,704	1	33,704	2315,334	,000
Hata	,495	34	,015		
Toplam	34,199	35			
Toplam fenolik madde profili (HPLC)					
Regresyon	4,737	1	4,737	19,812	,011
Hata	,956	4	,239		
Toplam	5,694	5			
Toplam izoflavon (HPLC)					
Regresyon	5,102	1	5,102	34,508	,004
Hata	,591	4	,148		
Toplam	5,694	5			
Toplam izoflavon+Fenolik profil					
Regresyon	5,089	1	5,089	33,667	,004
Hata	,605	4	,151		
Toplam	5,694	5			

Tablo B.3: Toplam izoflavon içerikleri için regresyon varyans analizi.

DPPH serbest radikal yakalama yöntemi, %	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Regresyon	5640609,828	1	5640609,828	38,396	,003
Hata	587628,441	4	146907,110		
Toplam	6228238,268	5			
ABTS radikal yakalama yöntemi, mM Troloks					
Regresyon	5560738,671	1	5560738,671	33,323	,004
Hata	667499,597	4	166874,899		
Toplam	6228238,268	5			
Toplam fenolik madde profili (HPLC)					
Regresyon	5851617,761	1	5851617,761	62,149	,001
Hata	376620,507	4	94155,127		
Toplam	6228238,268	5			

Tablo B.4: Toplam fenolik madde (HPLC) içerikleri için regresyon varyans analizi.

DPPH serbest radikal yakalama yöntemi, %	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Regresyon	24,859	1	24,859	90,490	,000
Hata	9,340	34	,275		
Toplam	34,199	35			
ABTS radikal yakalama yöntemi, mM Troloks					
Regresyon	33,704	1	33,704	2315,334	,000
Hata	,495	34	,015		
Toplam	34,199	35			

Tablo B.5: DPPH radikal yakalama aktivitesi yöntemi için regresyon varyans analizi.

ABTS radikal yakalama yöntemi, mM Troloks	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Regresyon	35,519	1	35,519	22,836	,009(a)
Hata	6,222	4	1,555		
Toplam	41,741	5			

Tablo B.6: Taze soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu¹.

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Ekmek hacmi	İşlem	324285,714	6	54047,619	403,556	,000
	Hata	937,500	7	133,929		
	Toplam	325223,214	13			
Ekmek ağırlığı	İşlem	549,640	6	91,607	2,665	,113
	Hata	240,579	7	34,368		
	Toplam	790,219	13			
Ekmek özgül hacmi	İşlem	,025	6	,004	160,660	,000
	Hata	,000	7	,000		
	Toplam	,025	13			
Ekmek yüksekliği	İşlem	2,634	6	,439	9,174	,005
	Hata	,335	7	,048		
	Toplam	2,969	13			
Protein miktarı	İşlem	9,460	6	1,577	12,908	,002
	Hata	,855	7	,122		
	Toplam	10,315	13			
Kül miktarı	İşlem	,227	6	,038	203,705	,000
	Hata	,001	7	,000		
	Toplam	,228	13			
Çözünür lif miktarı	İşlem	1,444	6	,241	27,001	,000
	Hata	,062	7	,009		
	Toplam	1,507	13			
Çözünür olmayan lif miktarı	İşlem	2,600	6	,433	5,318	,023
	Hata	,570	7	,081		
	Toplam	3,171	13			
Toplam lif miktarı	İşlem	6,745	6	1,124	11,065	,003
	Hata	,711	7	,102		
	Toplam	7,456	13			
Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	7,083	,001
	Hata	,000	17	,000		
	Toplam	,000	23			
Nem içeriği	İşlem	2,877	6	,479	1,367	,283
	Hata	5,963	17	,351		
	Toplam	8,839	23			
Dondurulabilir su miktarı	İşlem	71,815	6	11,969	6,870	,001
	Hata	29,619	17	1,742		
	Toplam	101,434	23			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.6: Taze soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yöllü varyans analiz tablosu ¹ (Devam ediyor).

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	69,044	6	11,507	5,561	,002
	Hata	35,178	17	2,069		
	Toplam	104,222	23			
Maksimum yük	İşlem	61,501	6	10,250	17,822	,000
	Hata	20,130	35	,575		
	Toplam	81,631	41			
Maksimum gerilme	İşlem	,002	6	,000	16,798	,000
	Hata	,001	35	,000		
	Toplam	,003	41			
Ekmek içi renk HL değeri	İşlem	1880,421	6	313,403	97,629	,000
	Hata	2224,634	693	3,210		
	Toplam	4105,055	699			
Ekmek içi renk a değeri	İşlem	120,643	6	20,107	154,478	,000
	Hata	90,202	693	,130		
	Toplam	210,844	699			
Ekmek içi renk b değeri	İşlem	263,769	6	43,961	127,139	,000
	Hata	239,621	693	,346		
	Toplam	503,389	699			
Ekmek kabuğu renk HL değeri	İşlem	312,562	6	52,094	70,763	,000
	Hata	510,164	693	,736		
	Toplam	822,726	699			
Ekmek kabuğu renk a değeri	İşlem	376,736	6	62,789	68,385	,000
	Hata	636,295	693	,918		
	Toplam	1013,031	699			
Ekmek kabuğu renk b değeri	İşlem	216,757	6	36,126	65,505	,000
	Hata	382,191	693	,552		
	Toplam	598,948	699			
Maksimum nem kaybı sıcaklığı	İşlem	26,205	6	4,368	3,783	,014
	Hata	19,629	17	1,155		
	Toplam	45,834	23			
Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,001	6	,000	1,905	,146
	Hata	,001	15	,000		
	Toplam	,003	21			
Depolama modülü 25°C’de	İşlem	,000	6	,000	,488	,808
	Hata	,001	15	,000		
	Toplam	,001	21			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.7: Depolamanın 7. gününde soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹.

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	2,437	,069
	Hata	,000	17	,000		
	Toplam	,000	23			
Nem içeriği	İşlem	12,907	6	2,151	6,795	,001
	Hata	5,382	17	,317		
	Toplam	18,289	23			
Dondurulabilir su miktarı	İşlem	80,943	6	13,491	5,555	,002
	Hata	41,284	17	2,428		
	Toplam	122,227	23			
Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	63,213	6	10,536	3,888	,013
	Hata	46,067	17	2,710		
	Toplam	109,281	23			
Maksimum yük	İşlem	35,518	6	5,920	4,635	,001
	Hata	44,700	35	1,277		
	Toplam	80,217	41			
Maksimum gerilme	İşlem	,001	6	,000	4,031	,004
	Hata	,002	35	,000		
	Toplam	,003	41			
Ekmek içi renk HL değeri	İşlem	2510,356	6	418,393	105,262	,000
	Hata	2754,513	693	3,975		
	Toplam	5264,869	699			
Ekmek içi renk a değeri	İşlem	127,227	6	21,204	206,788	,000
	Hata	71,062	693	,103		
	Toplam	198,288	699			
Ekmek içi renk b değeri	İşlem	423,204	6	70,534	251,709	,000
	Hata	194,193	693	,280		
	Toplam	617,397	699			
Ekmek kabuğu renk HL değeri	İşlem	428,470	6	71,412	65,525	,000
	Hata	755,256	693	1,090		
	Toplam	1183,727	699			
Ekmek kabuğu renk a değeri	İşlem	363,743	6	60,624	38,001	,000
	Hata	1105,558	693	1,595		
	Toplam	1469,301	699			
Ekmek kabuğu renk b değeri	İşlem	223,905	6	37,318	47,341	,000
	Hata	546,266	693	,788		
	Toplam	770,172	699			
Maksimum nem kaybı sıcaklığı	İşlem	199,225	6	33,204	12,534	,000
	Hata	45,037	17	2,649		
	Toplam	244,262	23			
Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,321	6	,053	9,596	,000
	Hata	,095	17	,006		
	Toplam	,416	23			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.7: Depolamanın 7. gününde soya ekmeği özelliklerinin örnekler arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹ (Devam ediyor).

Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,003	6	,001	,976	,474
	Hata	,009	15	,001		
	Toplam	,012	21			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.8: Soya ekmeği özelliklerinin depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹.

Günler	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
1. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	,765	,608
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
2. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	6,978	,001
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
3. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	9,544	,000
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
4. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	4,983	,004
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
5. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	9,536	,000
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
6. gün	Su aktivitesi	İşlem	,000	6	,000	3,004	,034
		Hata	,000	17	,000		
		Toplam	,000	23			
1. gün	Nem içeriği	İşlem	2,961	6	,494	1,020	,446
		Hata	8,228	17	,484		
		Toplam	11,189	23			
2. gün	Nem içeriği	İşlem	6,487	6	1,081	2,863	,041
		Hata	6,420	17	,378		
		Toplam	12,907	23			
4. gün	Nem içeriği	İşlem	4,296	6	,716	2,248	,088
		Hata	5,416	17	,319		
		Toplam	9,712	23			
1. gün	Maksimum nem kaybı sıcaklığı	İşlem	31,834	6	5,306	4,435	,007
		Hata	20,338	17	1,196		
		Toplam	52,172	23			
2. gün	Maksimum nem kaybı sıcaklığı	İşlem	11,755	6	1,959	,975	,472
		Hata	34,172	17	2,010		
		Toplam	45,927	23			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.8: Soya ekmeği özelliklerinin depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹ (Devam ediyor).

Günler	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
4. gün	Maksimum nem kaybı sıcaklığı	İşlem	35,935	6	5,989	5,598	,002
		Hata	18,187	17	1,070		
		Toplam	54,122	23			
1. gün	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	25,684	6	4,281	2,059	,113
		Hata	35,343	17	2,079		
		Toplam	61,027	23			
2. gün	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	35,114	6	5,852	4,531	,006
		Hata	21,955	17	1,291		
		Toplam	57,069	23			
4. gün	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	82,094	6	13,682	5,477	,003
		Hata	42,472	17	2,498		
		Toplam	124,566	23			
1. gün	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	15,658	6	2,610	1,007	,453
		Hata	44,038	17	2,590		
		Toplam	59,696	23			
2. gün	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	25,415	6	4,236	2,269	,086
		Hata	31,731	17	1,867		
		Toplam	57,147	23			
4. gün	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	62,433	6	10,405	2,947	,037
		Hata	60,025	17	3,531		
		Toplam	122,458	23			
1. gün	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,010	6	,002	4,466	,007
		Hata	,006	17	,000		
		Toplam	,016	23			
2. gün	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,042	6	,007	7,697	,000
		Hata	,016	17	,001		
		Toplam	,058	23			
4. gün	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,228	6	,038	6,244	,001
		Hata	,104	17	,006		
		Toplam	,332	23			
1. gün	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,001	6	,000	,723	,638
		Hata	,002	14	,000		
		Toplam	,003	20			
2. gün	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,004	6	,001	,797	,587
		Hata	,013	15	,001		
		Toplam	,017	21			
4. gün	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,002	6	,000	,679	,669
		Hata	,007	15	,000		
		Toplam	,009	21			

¹ İşlemler soya ürünlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹.

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Su aktivitesi	İşlem	,206	4	,051	24,749	,000
		Hata	,029	14	,002		
		Toplam	,235	18			
ÇOSL	Su aktivitesi	İşlem	,875	4	,219	40,321	,000
		Hata	,076	14	,005		
		Toplam	,951	18			
SPI 1	Su aktivitesi	İşlem	,365	4	,091	35,313	,000
		Hata	,036	14	,003		
		Toplam	,401	18			
SPI + ÇSL+ ÇOSL	Su aktivitesi	İşlem	,302	4	,075	30,088	,000
		Hata	,038	15	,003		
		Toplam	,340	19			
SPI 2	Su aktivitesi	İşlem	,262	4	,065	40,836	,000
		Hata	,022	14	,002		
		Toplam	,284	18			
SST	Su aktivitesi	İşlem	,016	4	,004	3,610	,096
		Hata	,006	5	,001		
		Toplam	,022	9			
SU	Su aktivitesi	İşlem	,206	4	,052	19,039	,003
		Hata	,014	5	,003		
		Toplam	,220	9			
ÇSL	Nem içeriği	İşlem	11,134	4	2,783	6,079	,004
		Hata	6,868	15	,458		
		Toplam	18,002	19			
ÇOSL	Nem içeriği	İşlem	2,817	4	,704	2,233	,114
		Hata	4,731	15	,315		
		Toplam	7,548	19			
SPI 1	Nem içeriği	İşlem	12,824	4	3,206	10,735	,000
		Hata	4,480	15	,299		
		Toplam	17,304	19			
SPI 1+ ÇSL+ÇOSL	Nem içeriği	İşlem	1,545	4	,386	,820	,532
		Hata	7,063	15	,471		
		Toplam	8,608	19			
SPI 2	Nem içeriği	İşlem	4,656	4	1,164	3,115	,047
		Hata	5,605	15	,374		
		Toplam	10,261	19			
SST	Nem içeriği	İşlem	7,731	4	1,933	4,268	,072
		Hata	2,264	5	,453		
		Toplam	9,995	9			
SU	Nem içeriği	İşlem	9,238	4	2,310	29,092	,001
		Hata	,397	5	,079		
		Toplam	9,635	9			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	48,554	4	12,138	5,292	,007
		Hata	34,404	15	2,294		
		Toplam	82,957	19			
ÇOSL	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	6,552	4	1,638	,660	,629
		Hata	37,237	15	2,482		
		Toplam	43,789	19			
SPI 1	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	76,963	4	19,241	10,038	,000
		Hata	28,753	15	1,917		
		Toplam	105,716	19			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	18,603	4	4,651	2,336	,103
		Hata	29,862	15	1,991		
		Toplam	48,465	19			
SPI 2	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	17,133	4	4,283	2,158	,124
		Hata	29,769	15	1,985		
		Toplam	46,901	19			
SST	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	3,441	4	,860	,754	,596
		Hata	5,706	5	1,141		
		Toplam	9,147	9			
SU	Dondurulabilir su miktarı	İşlem	4,719	4	1,180	1,193	,416
		Hata	4,942	5	,988		
		Toplam	9,661	9			
ÇSL	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	19,214	4	4,804	1,252	,331
		Hata	57,529	15	3,835		
		Toplam	76,744	19			
ÇOSL	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	1,753	4	,438	,141	,964
		Hata	46,554	15	3,104		
		Toplam	48,308	19			
SPI 1	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	141,594	4	35,399	17,036	,000
		Hata	31,168	15	2,078		
		Toplam	172,762	19			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	29,488	4	7,372	2,987	,053
		Hata	37,019	15	2,468		
		Toplam	66,506	19			
SPI 2	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	15,579	4	3,895	1,878	,167
		Hata	31,113	15	2,074		
		Toplam	46,692	19			
SST	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	2,865	4	,716	,489	,746
		Hata	7,320	5	1,464		
		Toplam	10,185	9			
SU	Dondurulabilir olmayan su miktarı	İşlem	2,467	4	,617	,487	,747
		Hata	6,336	5	1,267		
		Toplam	8,803	9			

¹İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,215	4	,054	27,276	,000
		Hata	,030	15	,002		
		Toplam	,244	19			
ÇOSL	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,915	4	,229	44,693	,000
		Hata	,077	15	,005		
		Toplam	,992	19			
SPI 1	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,365	4	,091	35,313	,000
		Hata	,036	14	,003		
		Toplam	,401	18			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,302	4	,075	30,088	,000
		Hata	,038	15	,003		
		Toplam	,340	19			
SPI 2	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,262	4	,065	40,836	,000
		Hata	,022	14	,002		
		Toplam	,284	18			
SST	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,016	4	,004	3,610	,096
		Hata	,006	5	,001		
		Toplam	,022	9			
SU	Amilopektin kristallenmesi	İşlem	,206	4	,052	19,039	,003
		Hata	,014	5	,003		
		Toplam	,220	9			
ÇSL	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,001	4	,000	,532	,720
		Hata	,002	5	,000		
		Toplam	,003	9			
ÇOSL	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,005	4	,001	1,631	,218
		Hata	,010	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 1	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,000	4	,000	,208	,930
		Hata	,004	14	,000		
		Toplam	,004	18			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,004	4	,001	1,221	,343
		Hata	,012	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 2	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,000	4	,000	,202	,933
		Hata	,003	15	,000		
		Toplam	,003	19			
SST	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,000	4	,000	,907	,524
		Hata	,000	5	,000		
		Toplam	,001	9			
SU	Depolama modülü 25°C'de	İşlem	,000	4	,000	,418	,791
		Hata	,001	5	,000		
		Toplam	,001	9			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,001	4	,000	,532	,720
		Hata	,002	5	,000		
		Toplam	,003	9			
ÇOSL	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,005	4	,001	1,631	,218
		Hata	,010	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 1	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,208	,930
		Hata	,004	14	,000		
		Toplam	,004	18			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,004	4	,001	1,221	,343
		Hata	,012	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 2	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,202	,933
		Hata	,003	15	,000		
		Toplam	,003	19			
SST	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,907	,524
		Hata	,000	5	,000		
		Toplam	,001	9			
SU	Ekmek içi HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,418	,791
		Hata	,001	5	,000		
		Toplam	,001	9			
ÇSL	Ekmek içi a değeri	İşlem	1,197	1	1,197	8,727	,004
		Hata	27,148	198	,137		
		Toplam	28,344	199			
ÇOSL	Ekmek içi a değeri	İşlem	,051	1	,051	,997	,319
		Hata	10,166	198	,051		
		Toplam	10,217	199			
SPI 1	Ekmek içi a değeri	İşlem	,354	1	,354	2,221	,138
		Hata	31,601	198	,160		
		Toplam	31,956	199			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek içi a değeri	İşlem	,805	1	,805	5,674	,018
		Hata	28,097	198	,142		
		Toplam	28,902	199			
SPI 2	Ekmek içi a değeri	İşlem	,126	1	,126	1,011	,316
		Hata	24,688	198	,125		
		Toplam	24,814	199			
SST	Ekmek içi a değeri	İşlem	3,594	1	3,594	41,709	,000
		Hata	17,061	198	,086		
		Toplam	20,654	199			
SU	Ekmek içi a değeri	İşlem	7,373	1	7,373	64,871	,000
		Hata	22,503	198	,114		
		Toplam	29,876	199			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Ekmek içi b değeri	İşlem	13,892	1	13,892	26,985	,000
		Hata	101,930	198	,515		
		Toplam	115,822	199			
ÇOSL	Ekmek içi b değeri	İşlem	16,182	1	16,182	59,516	,000
		Hata	53,836	198	,272		
		Toplam	70,018	199			
SPI 1	Ekmek içi b değeri	İşlem	4,136	1	4,136	20,120	,000
		Hata	40,699	198	,206		
		Toplam	44,834	199			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek içi b değeri	İşlem	7,099	1	7,099	38,791	,000
		Hata	36,235	198	,183		
		Toplam	43,334	199			
SPI 2	Ekmek içi b değeri	İşlem	,464	1	,464	1,361	,245
		Hata	67,476	198	,341		
		Toplam	67,940	199			
SST	Ekmek içi b değeri	İşlem	5,773	1	5,773	17,657	,000
		Hata	64,740	198	,327		
		Toplam	70,514	199			
SU	Ekmek içi b değeri	İşlem	,606	1	,606	1,742	,188
		Hata	68,898	198	,348		
		Toplam	69,504	199			
ÇSL	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,001	4	,000	,532	,720
		Hata	,002	5	,000		
		Toplam	,003	9			
ÇOSL	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,005	4	,001	1,631	,218
		Hata	,010	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 1	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,208	,930
		Hata	,004	14	,000		
		Toplam	,004	18			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,004	4	,001	1,221	,343
		Hata	,012	15	,001		
		Toplam	,015	19			
SPI 2	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,202	,933
		Hata	,003	15	,000		
		Toplam	,003	19			
SST	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,907	,524
		Hata	,000	5	,000		
		Toplam	,001	9			
SU	Ekmek kabuğu HL değeri	İşlem	,000	4	,000	,418	,791
		Hata	,001	5	,000		
		Toplam	,001	9			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yöllü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	38,168	1	38,168	51,149	,000
		Hata	147,748	198	,746		
		Toplam	185,915	199			
ÇOSL	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	22,251	1	22,251	19,346	,000
		Hata	227,734	198	1,150		
		Toplam	249,985	199			
SPI 1	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	1,752	1	1,752	,948	,331
		Hata	366,064	198	1,849		
		Toplam	367,816	199			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	23,496	1	23,496	12,053	,001
		Hata	385,965	198	1,949		
		Toplam	409,461	199			
SPI 2	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	9,193	1	9,193	13,644	,000
		Hata	133,417	198	,674		
		Toplam	142,610	199			
SST	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	3,223	1	3,223	1,753	,187
		Hata	364,114	198	1,839		
		Toplam	367,337	199			
SU	Ekmek kabuğu a değeri	İşlem	46,687	1	46,687	79,136	,000
		Hata	116,811	198	,590		
		Toplam	163,498	199			
ÇSL	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	20,705	1	20,705	45,539	,000
		Hata	90,022	198	,455		
		Toplam	110,727	199			
ÇOSL	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	1,516	1	1,516	1,906	,169
		Hata	157,397	198	,795		
		Toplam	158,913	199			
SPI 1	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	4,440	1	4,440	5,108	,025
		Hata	172,124	198	,869		
		Toplam	176,564	199			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	2,331	1	2,331	2,238	,136
		Hata	206,178	198	1,041		
		Toplam	208,509	199			
SPI 2	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	,008	1	,008	,028	,867
		Hata	58,875	198	,297		
		Toplam	58,884	199			
SST	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	,518	1	,518	,571	,451
		Hata	179,823	198	,908		
		Toplam	180,341	199			
SU	Ekmek kabuğu b değeri	İşlem	3,416	1	3,416	10,564	,001
		Hata	64,038	198	,323		
		Toplam	67,454	199			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

Tablo B.9: Soya ekmeği özelliklerinin formülasyonlarda depolama günleri arasındaki farklılıklar için tek yönlü varyans analiz tablosu ¹(Devam ediyor).

	Parametreler	Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
ÇSL	Maksimum yük	İşlem	15,815	1	15,815	38,075	,000
		Hata	4,154	10	,415		
		Toplam	19,968	11			
ÇOSL	Maksimum yük	İşlem	6,975	1	6,975	6,365	,030
		Hata	10,959	10	1,096		
		Toplam	17,935	11			
SPI 1	Maksimum yük	İşlem	4,463	1	4,463	3,003	,114
		Hata	14,863	10	1,486		
		Toplam	19,326	11			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Maksimum yük	İşlem	3,655	1	3,655	2,257	,164
		Hata	16,198	10	1,620		
		Toplam	19,853	11			
SPI 2	Maksimum yük	İşlem	4,263	1	4,263	4,577	,058
		Hata	9,314	10	,931		
		Toplam	13,576	11			
SST	Maksimum yük	İşlem	,415	1	,415	,940	,355
		Hata	4,413	10	,441		
		Toplam	4,828	11			
SU	Maksimum yük	İşlem	10,047	1	10,047	20,384	,001
		Hata	4,929	10	,493		
		Toplam	14,975	11			
ÇSL	Maksimum gerilme	İşlem	,001	1	,001	28,656	,000
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,001	11			
ÇOSL	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	5,427	,042
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,001	11			
SPI 1	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	2,999	,114
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,001	11			
SPI 1+ ÇSL+ ÇOSL	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	2,256	,164
		Hata	,001	10	,000		
		Toplam	,001	11			
SPI 2	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	4,575	,058
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,000	11			
SST	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	,940	,355
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,000	11			
SU	Maksimum gerilme	İşlem	,000	1	,000	20,397	,001
		Hata	,000	10	,000		
		Toplam	,000	11			

¹ İşlemler depolama günlerini ifade etmektedir (P<0,05)

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında İstanbul'da doğdu. 1987-1993 yılları arasında Özel Dost/Cent Koleji'nde ortaöğretim ve lise eğitimini tamamladıktan sonra, 1993 yılında İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 1997 yılında Gıda Mühendisi ünvanını aldıktan sonra, aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programına başladı. 1997 yılında İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Gıda Bilimleri Anabilimdalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2000 yılında Yüksek Mühendis ünvanını aldı. Aynı yıl, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Doktora Programına başladı. 2003 yılında ABD Ohio State Üniversitesi (OSU) Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü'nde, İTÜ Rektörlüğü Genç Araştırmacıların Kısa Süreli Yurtdışı Araştırmalarını Destekleme Bursu desteği ile misafir araştırmacı olarak 6 ay görevli olarak çalıştı. 2004 yılında Gıda Teknolojileri Enstitüsü'nün (IFT) düzenlediği IFT yıllık toplantısında karbonhidrat alanında yapılan poster yarışmasında ikincilik ödülü aldı. Gıda Kalite Kontrol Laboratuvarı, Food Chemistry I, İstatistik ve Olasılık derslerinde öğretim üye yardımcısı olarak görev almaktadır. Bölüm ABET akreditasyon çalışmalarında da görev almış olup, bölüm Akreditasyon ve Kalite Komisyonu üye yardımcılığı devam etmektedir. Gıda mikotoksinleri, gıda analizleri ve kalite kontrolü, fonksiyonel gıdalar alanlarında 25 uluslararası makale ve bildiri ve 18 ulusal makale ve bildirisi vardır. Halen İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. 1999 yılından bu yana IFT öğrenci üyesi olarak görev yapmaktadır.