

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULGURUN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Zeynep TACER**

**Anabilim Dalı : Gıda Mühendisliği
Programı : Gıda Mühendisliği**

TEMMUZ 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULGURUN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. Zeynep TACER
(506061510)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Temmuz 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Temmuz 2008**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. M.Hikmet BOYACIOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Dilek BOYACIOĞLU (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. . Güldem ÜSTÜN (İ.T.Ü.)**

TEMMUZ 2008

ÖNSÖZ

Öncelikle, hem lisans, hem de yüksek lisans eğitimim süresince her konuda danıştığım değerli hocalarım Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIOĞLU ve Prof Dr. Dilek BOYACIOĞLU'na katkıları ve fikirleri için teşekkür ederim. Özellikle tez aşamasında bana moral veren ve yolumu açan sevgili Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN'e ve Uzman Y. Müh. Nalan DEMİR, Dr. Dilara NİLÜFER ERDİL ve Ar. Gör. Celale KIRKIN başta olmak üzere İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki tüm hoca ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında bursiyeri olmaktan gurur duyduğum TÜBİTAK'a desteği için teşekkür ederim.

Hayatıma girdiği ilk günden itibaren varlığıyla bana destek olan sevgili Ziya CABA'ya ve tüm yaşamım boyunca yanımda olan, ilgi ve sevgileri ile bana her zaman güç veren canım aileme teşekkür ederim.

Ağustos, 2008

Zeynep TACER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Buğday ve Bulgur	3
2.2. Bulgurun Üretim Aşamaları	5
2.3. Bulgur ve Fonksiyonel Bileşenler	7
2.3.1. Fitokimyasallar	7
2.3.1.1. Fenolik bileşikler	8
2.3.1.2. Karotenoidler	10
2.3.2. Diyet lifleri	10
2.3.3. Dirençli nişasta	11
2.3.4. Nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks	12
2.4. Bulgurla İlgili Bazı Çalışmalar	14
3. MALZEME VE YÖNTEM	18
3.1. Malzeme	18
3.1.1. Bulgur örnekleri	18
3.1.2. Bulgur örneklerinin hazırlanması	18
3.1.3. Kimyasallar	18
3.2. Yöntemler	18
3.2.1. Kompozisyon analizleri	18
3.2.1.1. Toplam nem miktarı tayini	19
3.2.1.2. Toplam kül miktarı tayini	19
3.2.1.3. Toplam protein miktarı tayini	19
3.2.2. Toplam nişasta ve dirençli nişasta miktarı tayini	19
3.2.3. Toplam diyet lifi miktarı tayini	20
3.2.4. Nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks	20
3.2.5. Bulgur örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi analizleri için hazırlanması	21

3.2.6. Toplam fenolik madde miktarı	21
3.2.7. Fenolik madde profillerinin belirlenmesi	22
3.2.8. Antioksidan aktivitesi tayinleri	23
3.2.8.1. DPPH metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini	23
3.2.8.2. ABTS metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini	23
3.2.9. Toplam Flavonoid Miktarı Tayini	23
3.3. İstatistiksel Analiz	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Kompozisyon Analizleri	25
4.2. Bulgur Örneklerinin Toplam Nişasta Miktarları	27
4.3. Bulgur Örneklerinin Dirençli Nişasta Miktarları	29
4.4. Nişasta Sindirilebilirliği ve Glisemik İndeks	31
4.5. Bulgur Örneklerinin Toplam Diyet Lifi Miktarları	33
4.6. Bulgur Örneklerinin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizleri İçin Hazırlanması	36
4.7. Toplam Fenolik Madde Miktarı	38
4.8. Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profilleri	41
4.9. Bulgur Örneklerinin Antioksidan Aktivitesi Tayinleri	47
4.9.1. DPPH metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini	48
4.9.2. ABTS yöntemi ile toplam antioksidan aktivitesi tayini	50
4.10. Bulgur Örneklerinin Toplam Flavonoid Miktarı Tayini	53
5. SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
EKLER	66
ÖZGEÇMİŞ	79

KISALTMALAR

AOACInternational : Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği

AACCInternational : Uluslararası Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği

DPPH : Difenilpikrilhidrazil

ABTS : 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6sulfonik asit

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

TEAC : Troloks Eşitliği Antioksidan Kapasitesi

SPSS : Sosyal Bilimciler İçin İstatistik Programı

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 Bazı Gıdaların Glisemik İndeks Değerleri.....	13
Tablo 3.1 Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profillerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemin HPLC Çalışma Koşulları.....	22
Tablo 3.2 Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profillerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemin HPLC Gradient Koşulları HPLC Gradient Koşulları.....	22
Tablo 4.1 Bulgur Örneklerinin Temel Bileşen Miktarları.....	25
Tablo 4.2 Örneklerin Nişasta Miktarları.....	27
Tablo 4.3 Örneklerle Ait Dirençli Nişasta Miktarları.....	29
Tablo 4.4 Bulgur Örneklerinin Çözünür, Çözünür Olmayan ve Toplam Diyet Lifi Miktarları.....	34
Tablo 4.5 Bulgur Örneklerinin Toplam Fenol Miktarının Hesaplanmasında Kullanılan İki Farklı Ekstraksiyon Yönteminin Karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.6 Örneklerin Toplam Fenolik Madde Miktarları.....	38
Tablo 4.7 Standartlara Ait Kolonda Alıkonma Süreleri.....	41
Tablo 4.6 Örneklerin ABTS ve DPPH Yöntemlerine göre Toplam Antioksidan Aktiviteleri.....	43
Tablo 4.7 P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	42
Tablo 4.8 S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler.....	44
Tablo 4.9 B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler.....	45
Tablo 4.10 F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler	46
Tablo 4.11 D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler.....	47
Tablo 4.12 Örneklerin ABTS ve DPPH Yöntemlerine göre Toplam Antioksidan Aktiviteleri.....	48
Tablo 4.13 Örneklerle Ait Toplam Flavonoid Miktarları.....	54
Tablo C.1 P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	72
Tablo C.2 S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	73
Tablo C.3 B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	74
Tablo C.4 F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	75
Tablo C.5 D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler.....	76
Tablo D.1: Bulgur örnekleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek-yollu ANOVA) sonuçları.....	77
Tablo D.2: Bulgur örnekleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek-yollu ANOVA) sonuçları (devam ediyor).....	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Antep ve Karaman Tipi Bulgur Üretimlerine Ait Akım Şemaları.....	6
Şekil 2.2: Benzoik Asit Türevi Olan Fenolik Asitlerin Yapıları.....	8
Şekil 2.3: Sinamik Asit Türevi Olan Fenolik Asitlerin Yapıları.....	9
Şekil 4.1: Bulgur Örneklerinin Ortalama Nem, Kül ve Protein Miktarları.....	26
Şekil 4.2: Farklı Markalardaki Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Nişasta İçerikleri.....	28
Şekil 4.3: Farklı Markalardaki Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Dirençli Nişasta İçerikleri.....	3
Şekil 4.4: Farklı Markalardaki Bulgur Örneklerinin Nişasta Sindirilebilirlik İndeksleri ve Hızla Kullanılabilir Nişasta Miktarları.....	32
Şekil 4.5: Bulgur Örneklerinin Çözünür, Çözünür Olmayan ve Toplam Diyet Lifi Miktarları.....	35
Şekil 4.6: Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Fenolik Madde Miktarları.....	39
Şekil 4.7: P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm).....	42
Şekil 4.8: P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm).....	42
Şekil 4.9: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm).....	43
Şekil 4.10: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm).....	43
Şekil 4.11: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm).....	44
Şekil 4.12: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm).....	44
Şekil 4.13: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm).....	45
Şekil 4.14: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm).....	45
Şekil 4.15: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm).....	46
Şekil 4.16: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm).....	46
Şekil 4.17: Bulgur Örneklerinin DPPH Metoduyla Göre Belirlenen Ortalama Antioksidan Aktiviteleri.....	49
Şekil 4.18: Bulgur Örneklerinin ABTS Yöntemine Göre Belirlenen Ortalama Antioksidan Aktiviteleri.....	51
Şekil 4.19: Bulgur Örneklerine Ait Ortalama Toplam Flavonoid Miktarları.....	54
Şekil A.1: Trolox Kalibrasyon Eğrisi.....	66
Şekil A.2: Katesin Kalibrasyon Eğrisi.....	66
Şekil A.3: Gallik Asit Kalibrasyon Eğrisi.....	67

Şekil B.1: Gallik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	68
Şekil B.2: Kafeik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	68
Şekil B.3: Epikateşin Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	69
ŞekilB.4: Ferulik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	69
Şekil B.5: Benzoik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	70
ŞekilB.6: 3,4 Hidroksibenzoik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	70
Şekil B.7: Elajik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi.....	71

BULGURUN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Anadolu ve Mezopotamya çevresinde doğmuş olan ve bu coğrafyada yüzyıllardır tüketilmekte olan bulgur, durum buğdayından üretilen özel ve jelatinize bir tam buğday ürünüdür. Bulgur, aynı zamanda dünyada ilk işlenen gıda maddelerinden birisi olup üretimindeki temel aşamalar; temizleme, pişirme, kurutma, kabuk soyma, kırma ve elemedir.

Bu çalışma kapsamında bulgurun bazı fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla yurt genelinde satılmakta olan beş farklı bulgur örneği ile çalışılmıştır. Belirlenen fonksiyonel özellikler arasında toplam dirençli nişasta, toplam diyet lifi, sindirilebilirlik ve glisemik indeks ile toplam fenolik madde, örneklerin fenolik madde profilleri, toplam antioksidan aktivite ve toplam flavonoid miktarları bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan bulgur örneklerinin toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivitesi tayinleri ile toplam flavonoid ve karotenoid deneylerinde kullanılmak üzere ekstraktlar hazırlanmıştır. Uygun çözgen sistemlerinin hazırlanmasında literatürdeki çalışmalar esas alınarak ekstraksiyon için %1 HCl içeren 80:20 metanol:su karışımı kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasını örneklerle temel kompozisyon analizleri uygulanmıştır. Bu aşamada belirlenen toplam nem miktarlar %11,1-%13,4 arasında değişmekte ve ortalama %12,4 iken, kül miktarları kuru maddede % 0,86-%1,37 ve ortalama %1,17'dir. Örneklerin toplam protein miktarlarının miktarının %10,3-%12,8 arasında olduğu belirlenmiştir.

Toplam nişasta miktarı enzimatik yöntem ile belirlenmiştir. Değerlerin kuru madde için %63,4 ile %78,2 arasında bulunduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında hububatlar için önemli birer bileşen olan toplam dirençli nişasta miktarları da enzimatik olarak belirlenmiştir. Örneklerdeki toplam dirençli nişasta miktarı %1,9-%3,0 arasında değişmektedir. Tüm örnekler için ise ortalama dirençli nişasta miktarı %2,5'tir. Glisemik tepkinin birer göstergesi olarak sayılan nişasta sindirilebilirlik indeksi değerleri ile hızla kullanılabilen glikoz değerleri örnekler için sırasıyla % 25-35 arasında ve %20-28 arasındadır. Bulgur örneklerinin toplam diyet lifi miktarları ise en az % 6,5, en fazla ise %9,7'dir.

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve değerler mg Gallik asit/100 g kuru madde olarak ifade edilmiştir. Analiz sonunda örnekler için belirlenen değerlerin en düşük 48,67-67,58 mg Gallik asit/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır. Tüm örnekler için ise toplam fenol miktarı ortalama 60,80 mg Gallik asit/100 g kuru maddedir.

Toplam antioksidan aktivitesi DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak tayin edilmiştir. Her iki yöntem de pek çok gıda maddesinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ekstraktlar için %DPPH yakalama

aktivitesinin en düşük %18,59, en yüksek ise %26,43 olduğu, antioksidan aktivitesi ortalama değerinin ise %22,17 olduğu görülmektedir. Örneklerin ABTS yöntemi ile hesaplanan toplam antioksidan aktiviteleri $\mu\text{mol TEAC/ 100 g}$ kuru madde olarak ifade edilmiştir. Buna göre örneklerin toplam antioksidan aktiviteleri ortalama 563,52 $\mu\text{mol TEAC/ 100 g}$ kuru maddedir. Değerler 431,74 $\mu\text{mol TEAC/ 100 g}$ kuru madde ile 623,58 $\mu\text{mol TEAC/ 100 g}$ kuru madde aralığındadır.

Bulgur  rneklerinin fenolik madde profilleri incelendiğinde ise, ferulik asit, gallik asit, 3,4 hidroksi benzoik asit, epikateşin ve kafeik asit varlığının tüm örneklerde tespit edildiği görülmektedir.

Gerçekleştirilen tüm deneylerde sonuçlar kuru madde cinsinden ifade edilmiştir.

Çalışma sonunda, yüksek dirençli nişasta miktarı, diyet lifi ve bileşimindeki antioksidan maddeler birlikte değerlendirildiğinde bulgurun hububatlar arasında fonksiyonel bir gıda maddesi olarak önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

DETERMINATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF BULGUR

SUMMARY

Bulgur, the special gelatinized food produced from durum wheat, has arisen and been widely consumed in Anatolia and Mesopotamia region for ages. Bulgur is also one of the oldest foods processed. The main steps of production includes; cleaning, cooking, drying, dehulling, grinding and sieving.

Some functional properties of bulgur were determined in scope of this work. For this aim, five different bulgur samples which are sold through the country were used. Total resistant starch, total dietary fiber, digestibility and glycemic index together with total amount of phenolic compounds and the total phenolics profile, total antioxidant activity and total flavonoid content are among the functional properties that were examined.

Samples extracts were prepared to be used in experiments for determining the total amount of phenolic compounds, total antioxidant activity and total flavonoids. According to the previous work in literature, the solvent system; 80% methanol: water solution containing 1% HCl was used as the extraction solution.

First, the basic compositions of the samples were determined. The total moisture contents were between 11,1% and 13,4% with an average of 12,39%, on dry matter basis and total ash contents were between 0,86% and 1,37%, with an average of 1,17%. Total protein contents were % 10,3 the lowest and %12,8 the highest.

The amount of total starch was determined using the enzymatic method and the results were between 63,37% and 78,18%. The total amount of resistant starch, an important component of cereals, was assigned enzymatically. Another important functional component for cereals, resistant starch was also determined with an enzymatic method. The total resistant starch amount is between 1,86% and 2,98%, whereas the average is 2,51%. Starch digestibility and rapidly available glucose contents, used for determining the glyceamic response, were found to be between 25-35% and 20-28% respectively. Dietary fiber contents of the bulgur samples were found between 6,5% and 9,66%.

Total phenolic compound were investigated using the Folin-Ciocalteu method and the results were given as mg Gallic acid/100 g dry matters. The samples were found to contain an amount of phenolic compounds between 48,67 mg Gallic acid/100 g dry matters and 67,58 mg Gallic acid/100 g dry matters. The total amount of phenolics for all samples was 60,80 mg Gallic acid/100 g dry matter in average.

Total antioxidant activity was determined using the DPPH and ABTS methods. Both of the methods are widely used for determining the antioxidant activity of food products. For the extracts DPPH scavenging activity was between 18,59 and 26,43 %

and the average activity was 22,17%. The antioxidant activity of the samples, using the ABTS method was given as $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g dry matter}$. The average antioxidant activity was 563,52 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g dry matter}$ for all samples. The values for the total antioxidant activity are between 431,74 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g dry matter}$ and 623,58 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g dry matter}$.

The phenolic profile of bulgur samples indicate that gallic acid, ferulic acid, 3,4 hydroxybenzoic acid, epicatechin and caffeic acid were the most relevant components for all samples.

All results in experiments were given as dry matter.

At the end of this study, considering the high resistant starch, dietary fiber and antioxidant compounds it contains, it is seen that bulgur is an important functional food among cereal products.

1. GİRİŞ

Hububatlar şüphesiz insan beslenmesindeki en önemli gıdalardan biridir. Bu önem, hububatların pek çok farklı gıdada olarak kullanılabilmesi nedeniyle, insanlara başka hiçbir gıdanın sağlayamayacağı kadar fazla seçenek sunabilebilmelerinden ileri gelmektedir. Hububatlar bu özellikleriyle binlerce yıldır vazgeçilmez olmuşlardır. Bunun yanında, sahip oldukları çok sayıda bileşen ile son yıllarda fonksiyonel gıdalar arasında da önem kazanmaya başlamışlardır. Özellikle tam buğday ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri çok sayıda çalışma ile kanıtlanmıştır.

Bulgur ise buğdayın değişik bir şekli olan özel bir hububat ürünü olarak son yıllarda öne çıkmaktadır. Türkiye ve Orta Doğu ülkelerini kapsayan coğrafyada yaygın olarak tüketilen bir tam buğday ürünü olan bulgur, doğrudan yemek reçetelerinin içinde olmasının yanı sıra, pek çok farklı gıdada yan ürün olarak da kullanılmaktadır (Quaglia, 1988; Bayram ve Öner, 2003). Ancak, bulgurun sadece bölgesel bir ürün olarak tüketilmesi, bu konuda yapılan çalışmaların genel olarak sınırlı kalmasına neden olmuştur (Bayram, 2005).

Mevcut literatürde, yapılan çalışmaların bulgurun fonksiyonel özellikleri yerine üretim aşamalarının teknolojik özellikleri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Bayram, 2005; Mohapatra ve Rao, 2005; Bayram ve diğ., 2004; Turhan ve diğ., 2003). Tam buğday ürünleri, tüm temel bileşenleri içeren ürünler olarak tanımlanmaktadır (Fulcher ve Rooney-Duke, 2002). Bu nedenle tam buğday ürünleri diyet lifi, nişasta, yağ, mineraller, vitaminler ve fitokimyasallar gibi pek çok önemli bileşen açısından oldukça zengindir. Bu çalışmada amaç; bulgurun toplam fenolik madde, flavonoid miktarı, antioksidan aktivitesi, diyet lifi, dirençli nişasta miktarı gibi bazı önemli fonksiyonel özelliklerinin incelenerek besin değeri açısından durumunun ortaya konulması ve sindirilebilirlik ile glisemik indeks özelliklerinin incelenmesidir.

Çalışma kapsamında bulgur ve incelenecek fonksiyonel bileşenlere ilişkin bir literatür taramasına yer verilmiş, deneylerde kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Bulgur ve Tartışma başlığı altında verilen bölümde bulgur örnekleri alınarak önce toplam nem, kül ve protein miktarları belirlenmiş; toplam nişasta, toplam dirençli nişasta, çözünür ve çözünür olmayan diy et lifi miktarları ile sindirilebilirlik ve

glisemik indeks tayinleri gerçekleştirilmiş; toplam fenol miktarları ile mevcut fenolik maddelerin profili araştırılmış ve toplam antioksidan aktiviteleri ile flavonoid miktarları ortaya konulmuştur. Tezin son bölümünü oluşturan “Sonuç” bölümünde ise elde edilen deneysel sonuçlar değerlendirilmiş ve ileride bu konudaki çalışmalarda yararlı olabilecek öneriler getirilmiştir

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Buğday ve Bulgur

Buğday, pirinç, arpa, darı, çavdar, mısır, sorgum ve miletin içinde bulunduğu hububatlar, “Poaceae” olarak sınıflandırılan ot familyasına dahildir (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007). Buğday ise şüphesiz hububat çeşitleri arasında en önemli yere sahip olup; Anadolu, Orta Doğu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde bulunan yabani otlardan doğmuş ve bu topraklardan dünyaya yayılmıştır. Milattan önce 10,000–15,000 yılları arasında ilk kez Orta Anadolu, Mezopotamya ve Mısır’a kadar olan bölgeyi içine alan Akdeniz kıyılarında ıslah edilen buğday, arpa ve baklagil gibi diğer ürünlerle birlikte insanların yerleşik hayata geçişlerine yol açmıştır. Böylelikle insanlar avcı-toplayıcı yaşam biçiminden tarım yaşamına geçmişlerdir.

Buğday, giderek tüm dünyaya yayılmış ve bir anlamda bugünkü batı uygarlığının da temelini oluşturmuştur. Bugün buğday dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan tarım ürünüdür. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için buğday beslenmede çok önemli bir yere sahiptir (Adom ve diğ., 2003; Edwards, 2007). Bu önem; bozulmalara karşı dayanıklılığı yanında depolanması ve taşınması kolay bir ürün oluşu, besinsel profilinin iyi olması ve temel gıda maddesi olan ekmeğin yanında birçok farklı hububat ürününün de hammaddesi olmasından kaynaklanmaktadır (Ranthora, 1994).

Buğdayl ruşeym, endosperm ve kabuk olmak üzere üç temel bölümden oluşmaktadır. Ruşeym, bitkinin embriyo veya tohum kısmını içermektedir. Endosperm ise bitkinin büyümesi için gerekli maddelerin bulunduğu bölümdür. Dış kabuk ise, bitkiyi bakterilere, küf, böcek ve sert hava koşullarına karşı koruyan alöronun bulunduğu bölümdür (Fulcher ve Rooney-Duke, 2002). Hububatları öğütme bugün olduğu gibi geçmişte de kullanılan yaygın bir işlem olmasına karşın, kepek kısmını endosperm ve ruşeymden ayırmak oldukça uzun ve zor bir işlem sayılmaktaydı. Bugünkü

anlamda rafine ürünlerin üretimi ancak modern valsli değirmenlerin ortaya çıkışı ile mümkün olmuştur. Böylece bitkinin değişik kısımlarının birbirinden ayrılması ve özellikle dış kısımların taneden uzaklaştırması gerçekleştirilebilmiş; ancak ortaya çıkan bu tip ürünlerde diyet lifi, vitaminler ve mineraller gibi bazı bileşenlerde önemli kayıpların meydana geldiği görülmüştür (Marquart ve diğ., 2007).

Tam buğday ürünleri, tüm bu temel bileşenleri içeren ürünler olarak tanımlanmaktadır (Fulcher ve Rooney-Duke, 2002). Bu nedenle tam buğday ürünleri diyet lifi, nişasta, yağ, mineraller, vitaminler ve fitokimyasallar gibi pek çok önemli bileşen açısından oldukça zengindir.

Nişasta ve proteinler yoğun olarak tanenin endosperm kısmında bulunmaktadır. Diyet lifi ve biyolojik olarak aktif olan diğer maddeler ise alöron ve ruşeym kısımlarında yoğunlaşmıştır. Protein ve amino asitler, esansiyel yağ asitleri, B vitaminleri, E vitamini ve mineraller biyolojik olarak aktif olan diğer maddelerdir. Aynı zamanda fitokimyasallar olan ve antioksidan, fitoestrogen ve diğer biyoaktif özellikler gibi sağlık için önemli yararlar sağlayan fitatlar, lignan, fenolik asitler ve polifenoller gibi bitkisel bileşenler tam buğdayda bulunmaktadır (Marquart ve diğ., 2007). Tanenin üretim esnasında kırıldığı veya ezildiği durumlarda ise bir ürünün tam buğday olarak adlandırılabilmesi ancak içeriğindeki kepek, germ ve endosperm oranlarının orijinal bitkiye yakın olması ile mümkündür (AACC International, 2000).

Buğday en genel anlamıyla yumuşak ve sert buğday olarak sınıflandırılmaktadır. Sert buğday yüksek protein miktarı ile ekmek yapımı için daha uygundur. Diğer taraftan yumuşak buğday daha düşük bir protein miktarına sahip olup, çoğunlukla kek ve bisküvi üretiminde kullanılmaktadır. Sert buğdaylardan, *Triticum durum* özellikle makarna yapımında önemlidir. Buna karşın ekmek çeşitleri için sıklıkla *Triticum aestivum* kullanılmaktadır. Bunun yanında her iki tür de, değişik ekmeklerin ve bugün hala yaygın olarak tüketilen diğer ürünlerin (bulgur, kuskus, *injera*, chapati vb.) üretiminde önem taşımaktadır (Bozzini, 1988). Yukarıda da değinildiği üzere bulgur, Türkiye ve Orta Doğu ülkelerini kapsayan coğrafyada yaygın olarak tüketilen bir tam buğday ürün olup, hem ana yemek hem de pek çok farklı gıdada yan ürün olarak kullanılmaktadır.

Bulgur genellikle durum buğdayından üretilen geleneksel bir hububat ürünüdür. Üretim aşamalarından dolayı çabuk pişen bulgur, tüketime hazır veya yarı-hazır bir ürün olarak nitelendirilmektedir (Bayram, 2000). Bulgur, aynı zamanda dünyada ilk işlenen gıda maddelerinden birisi olup, geçmişi milattan önce yaklaşık 4000 yılına dayanmaktadır. Anadolu, Doğu Akdeniz ve Orta Doğu'da bulunan uygarlıkların hemen hemen tümüne ait belgelerde bulgurdan bahsedilmektedir. Bulgur; tarihte Romalılar tarafından "cerealıs", İsrailoğulları tarafından "dagan", diğer Ortadoğu halkları arasında da "arisah" olarak adlandırmıştır. İncil araştırmacılarına göre bulgur, yarı kaynatılıp güneşte kurutulmuş buğdaydan elde edilen ve "burghul", "burghoul", "balgour", "boulgur" gibi çeşitli şekillerde adlandırılan bir gıda maddesidir. Batı dillerinde ise bulgur, Ortadoğu halklarının kullandığı şekliyle, "bulgur" olarak geçmektedir (Quaglia, 1988; Bayram ve Öner, 2003).

Bulgur pek çok farklı buğdaydan üretililebilmekte, ancak renk, sertlik, su emilimi ve pişme gibi üstün özellikleri nedeniyle çoğunlukla durum buğdayı kullanılmaktadır (Singh ve diğ., 2007). Bugün Türkiye'de yaklaşık beş yüz adet bulgur üretim tesisi bulunmakta olup yıllık üretim bir milyon ton (yaklaşık 800 milyon ABD Doları değerinde) civarındadır. Bu rakam, makarna üretiminden yaklaşık 2,5 kat kadar olup, bir insanın yıllık bulgur tüketimi yaklaşık 12 kg civarındadır (Bayram, 2000; Bayram ve Öner, 2004; Bayram ve diğ., 2004). Diğer taraftan Birleşmiş Milletler gıda yardım programlarında da bulgurun giderek önem kazandığı gözlenmektedir. Bugün programlar kapsamında kullanılan toplam miktar 600,000–800,000 ton civarında olup, her yıl daha da artmaktadır (Bayram, 2007).

2.2 Bulgurun Üretim Aşamaları

Bulgur üretimindeki temel aşamalar; temizleme, pişirme (yaklaşık 100-120°C), kurutma, tavlama, kabuk soyma, kırma ve elemedir. Türkiye'de kullanılan bulgur üretim sistemlerini, genelde Antep tipi üretim ve Karaman (Mut) tipi üretim olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür. Her iki üretim sistemine ait üretim akım şemaları Şekil 2.1'de sunulmaktadır. Antep tipi üretim sisteminde ön temizlikten geçirilen bulgur, pişirilip kurutulduktan sonra diskli veya çekiçli değirmenlerde kırılmaktadır. İkinci sistem olan Karaman (Mut) tipi üretim sisteminde ise bulgur kurutulduktan sonra tavlanmakta ve daha sonra taş değirmenlerde hem kabuğu soyulmakta hem de kırılmaktadır. Antep tipi üretim ile Karaman tipi üretim

arasındaki en önemli fark bulgurun kırılması aşamasında meydana gelmektedir. Karaman tipi üretimde renk ve şekil daha düzgündür, ancak maliyet biraz daha yüksektir. Bu tip üretim sisteminde tavlama yapılıyor olması ileriki aşamalardaki kurutma işleminin önemini arttırmaktadır (Bayram ve Öner, 2003).



Şekil 2.1: Antep ve Karaman Tipi Bulgur Üretimlerine Ait Akım Şemaları

Bulgur üretimi sırasında buğday tanesinin fiziksel özellikleri değişim göstermekte olup; en önemli değişim ise pişirme aşamasındaki jelatinizasyondur. Pişirme aşamasında, buğday tanesindeki nişasta granülleri yüksek sıcaklıkta, su içerisinde kalmakta; böylelikle, granüller su absorplayarak bir miktar şişmektedir. Bu durumda granüllerin kristal ve düzgün yapıları bozularak amiloz kısmı amilopektin kısmından biraz ayrılmakta ve granülden dışarı çıkmaktadır. Bu durum jelatinizasyon olarak adlandırılır (Ikeda ve diğ., 2001). Bulgurun pişirme sırasında jelatinize olması onu özel bir hububat ürünü haline getirmektedir (Elias, 1995).

Bulgur üretiminde pişme suyuna geçen besin maddelerinin tekrar tane içerisine emilmesi ile besin kaybı engellenmektedir. Yine pişirme esnasında solunumla ilgili enzimatik aktivitelerin büyük çoğunluğu sınırlandırıldığından bulgur, buğdaya göre daha dayanıklı bir üründür (Bayram, 2000). Genel anlamda, kuru ve ıslak temizleme aşamalarından geçirilen buğdayın; pişirilip kurutulması, kabuğunun (kepek) ayrılması ve istenilen boya göre kırımı yapılarak sınıflandırması sonucunda ortaya çıkan bulgur yarı mamul bir gıda maddesidir. Elde edilen son ürün ise “instant” veya tüketime hazır pirinç ürünlerine benzerlik göstermektedir (Bayram ve Öner, 2003; Turhan ve diğ., 2003).

2.3 Bulgur ve Fonksiyonel Bileşenler

Gıdalar veya gıda ingrediyeentleri için fonksiyonellik, tüketicilerin temel beslenme gereksinimlerini karşılanmasının yanında sağlık üzerinde olumlu etkiler anlamına gelmektedir. Hububatlar ve özellikle tam buğday ürünleri; diyet lifi, nişasta, yağ, mineraller, vitaminler ve fitokimyasallar gibi pek çok önemli bileşen açısından oldukça zengindir (Johnson ve Williamson, 2003). Arpa, yulaf ve diğer pek çok hububat gibi buğday da pek çok farklı fitokimyasal ve bileşen açısından zengin olup, değişik fonksiyonel gıdalar için oldukça iyi bir seçenektir (Sidhu ve Kabir, 2007).

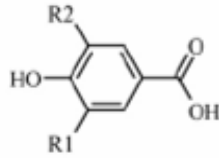
2.3.1 Fitokimyasallar

Son yıllarda hububat ürünlerinin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin daha fazla önem kazanması ile hububatların değişik fonksiyonel bileşenlerine özellikle içeriklerindeki fitokimyasal maddelere olan ilgi giderek artmıştır (Adom ve diğ., 2003). Fitokimyasallar, besleyici değeri olmayan bitki kimyasallar olup, bu kimyasallar pek çok meyve, sebze ve hububatta bulunmaktadır. Fitokimyasallar; genel olarak fenolik bileşikler (flavonoidler ve fitoestrogenler de dahil olmak üzere), glikozinolatlar ve karotenoidler olmak üzere üç önemli alt gruptan oluşan büyük bir gruptur (Johnson ve Williamson, 2003). Fitokimyasalların en önemli etki mekanizmaları antioksidan özellikleridir. Bulgurda bulunan en önemli fitokimyasallar fenolik bileşikler olup, bu bileşiklerin antioksidan aktiviteleri aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1.1 Fenolik bileşikler

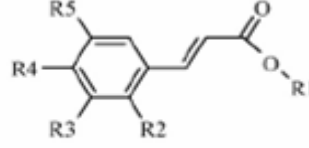
Antioksidanlar, düşük konsantrasyon ve uygun deney koşullarında, normalde okside olabilecek bir substratın oksidasyonunu geciktiren veya önleyen moleküller olarak tanımlanabilmektedir (Gallardo ve diğ., 2006). Bir veya iki hidroksil grup içeren bir benzen halkasına sahip bütün bileşikler genel olarak fenolik bileşikler olarak adlandırılmaktadır (Sidhu ve Kabir, 2007). Bitki familyasında bulunan fenolik bileşikler (polifenoller) 4000–8000 farklı bileşiği kapsamaktadır (Dubick, 2002). Doğada binlerce farklı doğal antioksidan bileşiği bulunmasına karşın, pek çok farklı bitkide birden bulunan fenolik asitler güçlü antioksidanlar olarak bunların arasında en fazla araştırılan bileşiklerdir (Gallardo ve diğ., 2006). Gıdaların lezzet, aroma ve renk gibi özellikleri üzerinde oldukça etkili olan fenolik asitler, son yıllarda bu özelliklerin yanında iyi birer antioksidan, iltihaplara karşı koruyucu, anti-kanserojen ve hücrelerdeki bazı önemli enzimler üzerinde önemli fonksiyonlara sahip bileşenler olarak dikkat çekmektedirler.

Fenolik asitler, özellikle meyve, sebze, baklagil ve hububatlar da benzoik veya sinamik asit türevleri şeklinde bulunmakta ancak kafeik asit, ferulik asit ve sinapik asit gibi sinamik asit türevleri gıdalarda daha fazla bulunan gruptur. Bazı önemli fenolik asitlerin yapıları Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Fenolik asitler bitkilerde serbest halde bulunabildikleri gibi, esterlere veya glikositlere bağlı olarak da bulunabilmektedir. Örneğin, ferulik asit miktarları genellikle bu şekilde, ester bağlarla hemiselüloza bağlandıklarından gıdalardaki lif miktarı ile ilişkilendirilmektedir (Spacil ve diğ., 2008; Sidhu ve Kabir, 2007). Bunların yanında *p*-kumarik asit ve vanilik asitler de özellikler hububatların kepek kısmında çözünür olmayan polimerlere kovalent olarak bağlıdır (Choi ve diğ., 2007).



Benzoik tip	R ¹	R ²
Gallik asit	-OH	-OH
Protokateşuik asit	-OH	-H
Vanilik asit	-OCH ₃	-H
Şirincik asit	-OCH ₃	-OCH ₃

Şekil 2.2: Benzoik Asit Türevi Olan Fenolik Asitlerin Yapıları (Spacil ve diğ., 2008)



Sinnamik tip	R ¹	R ²	R ³	R ⁴	R ⁵
Klorojenik asit	-H	-H	-OH	-OH	-H
Kafeik asit	-H	-H	-OH	-OH	-H
<i>p</i> -kumarik asit	-H	-H	-H	-OH	-H
Ferulik asit	-H	-H	-OCH ₃	-OH	-H
Sinapik asit	-H	-H	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃
<i>o</i> -kumarik asit	-H	-OH	-H	-H	-H
Sinnamik asit	-H	-H	-H	-H	-H

Şekil 2.3: Sinnamik Asit Türevi Olan Fenolik Asitlerin Yapıları (Spacil ve diğ., 2008)

Flavonoid bileşikler (flavonoidler) bitkisel fenoller arasında sayılan bir diğer önemli gruptur. Flavonoidler, flavan (2-fenilkroman) iskelet olmak üzere basit bir yapıya sahiptirler ve flavonol, (kempferol, kuersetin), flavan-3-ol, (kateşin), flavon (luteolin) veya flavanon (naringenin) gibi değişik gruplara ayrılmaktadırlar (Spacil ve diğ., 2008). Flavonoidler meyve ve sebzelerde daha fazla iken, hububatlarında düşük miktarda mevcuttur (Zielinski ve Kozłowska, 2000). Doğada binlerce çeşidi bulunan flavonoidler genellikle üçlü halka yapısına sahip bileşikler olup, aktiviteleri hidroksil gruplarının sayısına ve yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Flavonoidler kanser, iltihap ve alerjen risklerini azaltıcı özelliğindedir (Sidhu ve Kabir, 2007). Damar hastalıklarının önlenmesinde flavonoidlerin potansiyel yararları; oksidasyon ve Maillard reaksiyonlarının önlenmesi, lökosit yapışmalarının engellenmesi, iltihaplanmayı önleyen antimikrobiyal aktivite ve estrojenik etkiler gibi alt başlıklarla açıklanmıştır (Schramm ve German, 1998). Arai ve diğ. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, flavonoid, özellikle kuersetin, alımı ile toplam plazma ve LDL kolesterol arasında ters orantı olduğu ortaya konulmuştur.

Radyasyon, kimyasal reaksiyon veya pek çok değişik indirgenme reaksiyonu sonucu oluşan serbest radikaller, canlı dokularda ve hücrelerde, protein oksidasyonu, DNA hasarı veya lipid oksidasyonuna neden olmaktadır. Böylelikle oluşan serbest radikaller ise kanser, damar sertliği, diyabet veya siroz gibi pek çok hastalığın

oluşumunu hızlandırmaktadır (Halliwell, 1996; Morrissey ve O'Brien, 1998; Sidhu ve Kabir, 2007). Meyve ve sebzeler ile birlikte hububat ürünlerinin düzenli tüketimi ile kanser, kalp-damar rahatsızlıkları, diyabet, Alzheimer, katarakt ve yaşla bağlantılı rahatsızlıklarda belirgin azalmalar görüldüğü pek çok çalışma ile kanıtlanmıştır (Tample, 2000; Slavin ve diğ., 2000). Doğal antioksidanlar oksidasyon reaksiyonlarında radikallerin yerini alarak kendileri okside olup, oluşabilecek zincirleme oksidasyon reaksiyonlarını azaltmakta veya engellemektedir (Sidhu ve Kabir, 2007; Velioğlu ve diğ., 1998).

Tam buğday ürünleri antioksidan aktivitesi bakımından zengin bir gıda grubudur. Bu ürünlerdeki antioksidanların bir kısmı suda, bir kısmı ise yağda çözünebilirken; yaklaşık yarısı ise çözünebilir değildir (Slavin ve diğ., 2000). Hidroksisinnamik asitler, hidrojen atomunu yakaladıktan sonra oluşan serbest radikallerin kararlı yapıları nedeniyle genel olarak hidroksibenzoik asitlere göre daha yüksek bir antioksidan aktivitesine sahiptir. Antioksidan aktiviteyi etkileyen bir diğer faktör ise moleküldeki hidroksil ve metoksi gruplarının sayısıdır. Moleküle bağlı bu gruplarının sayısı arttıkça moleküldeki antioksidan aktivite de yükselmektedir (Natella ve diğ., 1999).

2.3.1.2 Karotenoidler

Karotenoidler hem vitamin öncül maddeleri, hem de antioksidan bileşikler olarak önem taşımaktadırlar. Bu bileşiklerin özellikle reaktif oksijeni yakalayıp ve inaktive ederek sağladıkları belirgin fotokoruma, antioksidan aktivite anlamında önemlidir. Özellikle β -karoten oksijeni yakalayıp oksidatif zarara karşı çok önemli bir koruyucu olmaktadır (Liu, 2007; Velioğlu ve diğ., 1998).

2.3.2 Diyet lifleri

Tam buğday ürünleri başta olmak üzere hububat ürünleri için önemli olan diğer fonksiyonel bileşikler arasında diyet lifi ve dirençli nişasta bulunmaktadır (Slavin, 2003).

Diyet lifleri AACC International (Uluslararası Amerikan Hububat Kimyacıları Derneği) tarafından bitkilerin ince bağırsakta sindirime ve emilime direnç gösteren, buna karşın kalın bağırsakta tam veya kısmi sindirime uğrayan yenilebilen kısımları

veya karbonhidrat benzerleri olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre diyet lifleri polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin ve benzeri maddeleri kapsamaktadır (Anon, 2001). Bitki hücre duvarında bulunan, hemiselüloz, selüloz, pektik maddeler ve lignin diyet lifinin temel bileşenleridir. Bunların yanında, diyet lifinde fenolik bazı maddeler ve asetil gruplar da az miktarda bulunmaktadır (Selvendran ve diğ., 1987).

Liu (2007) diyet lifinin; miyokardiyal enfaktüs, ölümcül koroner kalp rahatsızlıkları, bazı kanser türleri, kilo alma, diyabet, insülin direnci ve metabolik sendrom gibi pek çok rahatsızlık üzerinde koruyucu bir rol oynadığını kanıtlayan çalışmalardan söz etmektedir. Özellikle 1999 yılında Amerika’da yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre koroner kalp rahatsızlıklarına yakalanma riski, yüksek miktarda hububat lifi kullanan kadınlarda düşük lif alan kadınlara kıyasla %34 oranında daha düşüktür (Wolk ve diğ., 1999).

Karbonhidrat miktarı yüksek, diyet lifi bakımından zengin hububat ağırlıklı bir beslenme sistemi ile gıdalarla alınan hipoglisemik etkenlerin azaltıldığı ve diyabet hastalarının insülin dozlarında bir düşüş sağlandığı kanıtlanmıştır (Pathak ve diğ., 2000).

2.3.3 Dirençli nişasta

Nişasta, beslenmedeki temel karbonhidrat kaynağıdır. Yüksek molekül ağırlığa sahip polimerler olan amiloz ve amilopektin nişastanın iki önemli bileşenidir. Nişasta beslenme açısından hızlı sindirilebilen nişasta (HSN), yavaş sindirilebilen nişasta (YSN) ve dirençli nişasta olarak sınıflandırılmaktadır. Nişastanın “dirençli nişasta” olarak adlandırılan kısmı, pankreatik amilaz enzimiyle ince bağırsakta enzimatik olarak sindirime direnç göstererek, kalın bağırsakta bakteriyel fermantasyona uğramakta ve buna bağlı olarak kısa zincirli yağ asitleri oluşumuna ve yararlı bakteri hücrelerinin gelişimine destek vermektedir. Dirençli nişasta buna bağlı olarak hiperglisemi oluşumunu etkileyen, prebiyotik özelliklere sahip fonksiyonel bir bileşen olarak kabul edilmiştir (Sajilata ve diğ., 2006; Champ ve diğ., 2001). Dirençli nişasta bunun yanında, kandaki lipid konsantrasyonu üzerinde de düzenleyici etkilere sahiptir (Champ ve diğ., 2001).

Englyst, dirençli nişastayı miktarına bağlı olarak üç farklı tipe ayırmıştır (Englyst ve diğ., 1996). Dirençli nişasta Tip 1, nişastanın fiziksel olarak ulaşılabilir olmadığı tiptir. Nişasta granülleri gıda matriksinin içinde fiziksel olarak sıkışmış halde olduklarından, sindirim enzimlerinin nişasta granüllerine atak edebilmesi (McCleary, 2001; Englyst ve diğ., 1996). Örneğin, tam buğday ürünlerinde ve bakliyatlarda bulunan dirençli nişasta, bu gruba dahildir. Dirençli nişasta Tip 1, özellikle miktar olarak fazla olduğu ürünlerde önemlidir. Dirençli nişasta Tip 2 ise, sadece patates, muz ve yüksek amiloz içeren mısır gibi birkaç çeşit bitkinin nişastasında bulunmaktadır (Thompson, 2007). Bu bitkilerdeki nişastanın, kristal yapısı nedeniyle α -amilaz tarafından parçalanamadığı ve bu nedenle dirençli nişasta özelliği taşıdığı düşünülmektedir (McCleary, 2001). Dirençli nişasta Tip 2, çiğ tüketilen bir meyve olmasından dolayı en çok olgunlaşmamış muzda bulunmakta, ancak bu miktar sağlık üzerine önemli etkide bulunacak düzeyde değildir. Dirençli nişasta Tip 3 ise, nişasta moleküllerinin pişirme sonrasında fiziksel olarak tekrar birleşmeleri (ısıtılma işlemiyle oluşan jelatinizasyon) ve sonrasında jelatinize nişastanın retrogradasyona uğraması sonucunda oluşmaktadır. Bu tip dirençli nişasta, pek çok farklı nişastadan oluşabilmekte ve moleküler birleşmeler nedeniyle amilaz enzimi substrata ulaşamamaktadır. Dirençli nişasta Tip 3 gıda teknolojisinin ve endüstrisinin en çok ilgisini çeken dirençli nişasta tipidir. Retrogradasyon genel olarak nişastanın amiloz kısmı ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle amiloz miktarı yüksek olan nişastaların, aynı zamanda birer dirençli nişasta kaynağı olduğu düşünülmektedir (Thompson, 2007; McCleary, 2001).

2.3.4 Nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks

Hububatlardaki nişasta insanlar için en önemli enerji kaynağıdır. Nişasta, mide-bağırsak sisteminde sadece doğal enzimlerle sindirimi tamamlanan tek gıda polisakkaritidir (Topping ve diğ., 2003).

Karbonhidratlar daha önceleri molekül başına sahip oldukları basit şeker sayısına bağlı olarak basit veya kompleks olarak sınıflandırılmakta idi. Ancak bu sınıflandırmanın nişastadan elde edilen glikoz molekülleri ile basit şeker arasında fizyolojik bir ayrım sağlamaması bir zayıflık yaratmıştır. Böylelikle glisemik indeks kavramı karbonhidratların sınıflandırılmasında yeni bir yöntem olarak geliştirilmiştir (McKeown ve diğ., 2007).

Glisemik indeks, kan şekerinin standart miktardaki bir gıda maddesine (50 gram karbonhidrat içeren) verdiği glisemik tepkinin (bir gıda maddesinin tüketilmesi sonucu vücut şekerinde meydana gelen artışın) kontrol gıdadaki (glikoz veya beyaz ekmek) standart miktar karbonhidrata verdiği tepki ile karşılaştırıldığı *in vivo* bir ölçümdür (McKeown ve diğ., 2007; Englyst ve diğ., 1996; Jenkins ve diğ., 1981). Tablo 2.1’de bazı gıdaların glisemik indeks değerleri verilmiştir. Glisemik indeks, gıdaların sindirim hızına göre ve içerdikleri karbonhidrat miktarına göre sınıflandırılmalarını sağlamaktadır. Glisemik indeks değerleri bir referans karbonhidrat miktarı ile normalize edilmekte, ancak bu değer gıdada bulunan karbonhidrat miktarını göstermemektedir. Örneğin, karbonhidrat miktarı düşük olan bir gıda, içeriğindeki karbonhidratın ince bağırsaktaki hızlı emilimi nedeniyle yüksek bir glisemik indeks değerine sahip olabilmektedir. Bu olumsuzluklar karşısında Englyst ve diğ., (1996) glisemik tepkinin ölçülmesini amaçlayan Hızlıca Kullanılabilir Glikoz (HKG) indeksini oluşturmuşlardır. Bu metot ile gıdanın kana karışan toplam glikoz miktarı *in vitro* olarak elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmaktadır. Nişasta sindirilebilirlik indeksi (NSİ) ise nişasta sindirilebilirliğinin (*in vitro*) indikatörüdür (Englyst ve diğ., 1996). NSİ tıpkı glisemik indeks gibi nişastanın *in vitro* sindirim hızını ve oranını göreceli olarak yansıtmaktadır.

Tablo 2.1: Bazı Gıdaların Glisemik İndeks Değerleri (Englyst ve diğ., 1996)

Gıda	Glisemik İndeks
Fasulye	42
Nohut	52
Dondurulmuş bezelye	74
Patates (taze)	101
Fasulye (konserve)	74
Nohut (konserve)	60
Makarna	64
Esmer pirinç	96
Beyaz pirinç	83
Çavdar ekmeği	58
Tam tahıl ekmeği	99
Beyaz ekmek	100
Bisküvi	80
Buğday gevreği	110

2.4 Bulgurla İlgili Bazı Çalışmalar

Mevcut literatürde hububatlarda bulunan fonksiyonel bileşenlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Ragae ve diğ., (2006) tarafından gerçekleştirilen, bazı tam buğday ürünlerinin antioksidan özelliklerinin incelendiği ve arpa, inci darı, çavdar ve sorgum gibi hububatların diyet lifi, dirençli nişasta, mineral ve toplam fenol miktarlarının ortaya konulduğu araştırmanın sonuçlarına göre, özellikle sorgum ve milet yüksek miktardaki biyoaktif madde içerikleri dikkat çekici bulunmuştur. Sert ve yumuşak buğday unları için fenolik madde miktarları sırasıyla 56,2 ve 50,1 mg Gallik asit/100 g kuru madde, buna karşın aynı çalışmada sorgum mumunelerinin fenolik madde miktarları sırasıyla 412,8 ile 138,7 mg Gallik asit/100 g kuru maddedir.

Bir diğer çalışmada ise, Kore’de tüketilen bazı hububatlara ait metanol ile ekstrakte edilen antioksidan aktiviteleri ile ekstraktların antioksidan içerikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Araştırma sonucunda kırmızı sorgum ve siyah pirinç ekstraktlarının diğer hububatlara göre çok daha yüksek bir antioksidan aktivitesine ve polifenol içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Choi ve diğ., 2007).

Bazı hububatların (beyaz pirinç, darı türleri) metanol kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının %DPPH radikali yakalama aktiviteleri %7 ile %67 arasında; buna karşın siyah pirinç ve kırmızı sorgum gibi yüksek pigment içeriğine sahip hububatların %DPPH yakalama aktiviteleri %87 ile %92 arasında değişmektedir. Beyaz pirinç, esmer pirinç, arpa ve sorgum için toplam fenol miktarlarının sırasıyla 18, 54, 50 ve 733 mg Gallik asit/100 g madde olduğu belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenol içeriği ile %DPPH yakalama aktiviteleri arasındaki korelasyon incelenen pigmentli hububatların antosiyanin içerikleri nedeniyle düşük bulunmuştur

Adom ve diğ. (2002), mısır, buğday, arpa, pirinç gibi bazı hububat ürünlerinin serbest, çözünür konjuge ve çözünür olmayan bağlı formdaki fitokimyasal madde içerikleri ile antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada en yüksek fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktivitesine sahip olan hububatın mısır olduğu ortaya konulmuştur (1555 µmol gallik asit/100 g örnek toplam fenolik madde ve 18142 µmol C vitamini/100 g örnek antioksidan aktivitesi). Aynı çalışmanın sonuçlarına göre buğdayın, 799 µmol gallik asit/100 g örnek ve 7670

$\mu\text{mol C vitamini}/100 \text{ g}$ örnek ile mısırdan sonra en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Çalışmada fenoliklerin büyük kısmının bağlı formda olduğu dikkat çekmiştir.

Adom ve diğ. (2003) bir diğer çalışmalarında 11 buğday çeşidinin fitokimyasal profilleri ile toplam flavonoid ve toplam karotenoid ve ferulik asit miktarlarını ve antioksidan aktivitelerini hesaplamışlardır. Araştırmacılar iki aşamalı bir ekstraksiyon sistemi uygulayarak hem serbest fenolik bileşikleri hem de bağlı fenolik bileşikleri ekstrakte etmişler ve örneklerin toplam fenolik madde miktarlarının $709,8$ ile $860,0 \mu\text{mol gallik asit}/100 \text{ g}$ örnek arasında; toplam antioksidan aktivitelerinin ise 3760 ile $4640 \mu\text{mol C vitamini}/100 \text{ g}$ örnek arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Buğday örneklerinin toplam flavonoid içerikleri de $105,8$ – $141,8 \mu\text{mol kateşin}/100 \text{ g}$ örnek arasında değişmiştir. Araştırmada elde edilen bir diğer sonuca göre, örneklerin toplam karotenoid ve toplam ferulik madde miktarları arasındaki fark önem taşımaktadır.

Velioğlu ve diğ. (1998), aralarında buğday ve karabuğday ruşeymleri ile karabuğday tohumu ve kabuğunun da bulunduğu ve toplam 28 değişik bitkisel ürünü kapsayan çalışmalarında örneklerin toplam fenolik madde miktarlarını ve antioksidan aktivitelerini belirlemişlerdir. Çalışma sonunda karabuğday tohumu ve kabuğu için toplam fenolik madde miktarları sırasıyla $3900 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ve $726 \text{ mg}/100 \text{ g}$; antioksidan aktiviteleri ise % 94,9 ve %63,7 olarak bulunmuştur. Antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarları arasındaki bu önemli farklılıklar kabuğun tohumu göre çok daha önemli bir antioksidan kaynağı olduğunu göstermektedir (Velioğlu ve diğ., 1998).

Literatürde, bulgur ve benzeri diğer gıda maddelerinin besleyicilik ve doygunlukla ilgili özelliklerinin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Hayta ve diğ. (2003), bulgurdaki lizin ve triptofan miktarının eklenen soya sütü yardımıyla yükseltilmesi amacıyla su yerine soya sütünde pişirilen bulgurun fizikokimyasal ve duyuşal bazı özelliklerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, soya sütünde pişirilen bulgurun kuru madde miktarı, kül içeriği, yığın hacmi, pilavlık bulgur verimi, ekstrakte edilebilir protein miktarı ve duyuşal özelliklerinin kabulü artarken, su emilim miktarı ve tane verimi ise düşmüştür.

Solah ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise değişik bulgur çeşitleri ve yüksek amiloz içeriğine sahip pirinç, 22 panelist tarafından tüketildikten sonra, panelistlerin tokluk durumları incelenmiştir. Çalışmada, üretim sırasında suda kaynatılarak üretilen Avustralya bulguru, buharda bekletilerek üretilen Avustralya bulguru, Türk bulguru ve yüksek amiloz içeren pirincin tokluk üzerindeki etkisi ortalama tokluk indeksi puanları, görsel benzerlik skalaları ve “Şu anda ne kadar aç hissediyorsunuz?” sorusuna ait eğri altındaki alan esas alınarak incelenmiştir. Panelistlerin değerlendirmelerini, panelden önce ve sonra belirli aralıklarla gerçekleştirdiği araştırmanın sonunda, kaynatılarak veya buharda üretilen bulgurun yüksek amiloza sahip pirince göre daha doyurucu olduğu görülmüştür.

Literatürde mevcut bazı çalışmalar ise bulgura benzer ürünlerle gerçekleştirilmiştir. Örneğin kuskusla gerçekleştirilen bir çalışmada (Çelik ve diğ., 2004), öncelikle geleneksel kuskusun besin değerleri belirlenmiş, daha sonra yulaf unu, yumurta veya soya unu eklenmesinin belirli bileşenlerin miktarları ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Soya ve yulaf unu üründeki protein, Ca, K ve Fe miktarlarını arttırmıştır. Çalışmanın duyuşal sonuçları, geleneksel kuskus ile soya unu ve yumurta eklenmiş kuskusların yulaf unu eklenmiş olanlardan daha fazla beğenildiğini göstermiştir.

Bulgur konusunda bugüne kadar yapılan araştırmalar ile ayrıca teknolojik olarak üretim aşamaları da incelenmiştir. Bayram ve diğ., (2004) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, bulgur üretimi sırasında belirlenen pişme süresinin ve sıcaklığının buğday tanesinin kırılması ve boyutları üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, elips şeklinde kabul edilen buğday tanesinin 87, 92 ve 97°C’de 140 dakika pişirildiğinde boyutlarında, kırılmasında ve hacminde meydana gelen değişiklikler modellenmiş ve sıcaklığın bu parametreler üzerindeki etkisinin önemli olduğu kanıtlanmıştır. Bayram (2005) diğ. bir araştırmasında bulgurun üretim sırasındaki pişme aşamasını modelleye çalışmış ve bu amaçla atmosferik koşullarda özel bir pişirme sistemi tasarlanmıştır. Jelatinizasyon derecesinin ölçümünde merkezi kesme, ışık tutma ve amiloz/iyot oranının esas alındığı çalışmada bu metotlarla belirlenen veriler en iyi Sigmoid, Chapman ve Gomperts gibi lineer olmayan modellerle açıklanabilmiştir.

Bir diğ. çalışmada ise, sıcaklığın bulgur üretimi sırasında uygulanan ince tabakalı kurutma işleminin üzerindeki etkisi modellenmiştir (Mohapatra ve Rao, 2005).

Araştırmada 40, 50 ve 60°C sıcaklıktaki kurutma havası kullanılarak işlemin modellenmesinde yarı-teorik ve ampirik modeller kullanılmıştır. Kurutma havasının hızının tüm deneylerde sabit tutulduğu ve ortamdaki bağıl nemin her deney öncesinde ve sonrasında ölçüldüğü araştırmanın sonuçlarına göre, sıcaklığın bulgurun kuruma davranışı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Ayrıca, alışma sonuçlarına göre, kurutma işleminin davranışının en uygun olduğu modelin, lineer sıcaklığa bağlı iki terimli model olduğu belirtilmiştir.

Turhan ve diğ. (2003) bulgur üretiminde kullanılan iki önemli buğday eşidinin (*Triticum durum*, Gediz 75 ve *Triticum aestivum*, Panda) su buharı adsorpsiyonunu inceledikleri çalışmalarında, Gediz buğdayının aynı koşullarda daha fazla su adsorpladığını belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, Gediz buğdayından yapılan bulgurun bozulmalara daha dayanıklı olduğu ve Gediz buğdayının depolanma esnasındaki bağıl nem kontrolünün daha iyi olduğu tayin edilmiştir (Turhan ve diğ., 2003).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

3.1.1 Bulgur örnekleri

Türkiye’de üretim yapmakta olan beş farklı bulgur firmasına ait 1 kg’lık paketlerde bulunan ve farklı üretim tarihi ile seri numaralarına sahip olan üçer adet pilavlık bulgur örneği piyasadan temin edilmiş ve bu araştırmada malzeme olarak kullanılmıştır.

3.1.2 Bulgur örneklerinin hazırlanması

Öğütme-eleme işleminden geçirilerek 212 µm elek açıklığından geçebilecek şekilde hazırlanan bulgur örnekleri toplam antioksidan aktivite ile fenolik madde analizlerinde kullanılmak üzere uygun çözgen sistemiyle (%1 oranında hidroklorik asit içeren %80’lik metanol) ekstrakte edilmiştir.

3.1.3 Kimyasallar

Deneyler için Proteaz enzimi (Sigma), Dirençli Nişasta Tayin Kiti (Megazyme), Maleik Asit (Merck), Kalsiyum klorür dihidrat (Merck), Sodyum Azid (Merck), Potasyum hidroksit (Merck), Sodyum hidroksit (Merck), 4-hidroksi benzoik asit (Merck) Potassium dihidrat ortofosfat (Merck), Megazyme Dirençli Nişasta Analiz Kiti (Megazyme Int.), Sigma Toplam Diyet Lifi Tayini Kiti (TDF-100A; Sigma-Aldrich), Tris (Trishydroxymethylaminomethan) Merck, DMSO-Dimetil sülfoksit (Merck), Folin-ciocalteu reaktifi (Merck), Gallik Asit (MP-ICN), DPPH (2,2 Diphenyl 1-picrylhydrazyl) Sigma, Sodyum bikarbonat (Merck), Trifloroasetik asit (Merck), Alüminyum klorür (Merck), ABTS (Sigma), Metanol HPLC (Merck), Aseton (Aldrich), Metanol (Aldrich), Trans ferulik asit (Aldrich), Etil asetat HPLC (Merck), Pepsin (Merck), Invertaz enzimi (Sigma), Potasyum klorür (Merck),

Hidroklorik asit (Aldrich), Sodyum karbonat (Aldrich), Sodyum nitrit (Sigma) kullanılmıştır. HPLC analizlerinde kullanılan asetik asit (Merck), Metanol (Merck), Asetonitril (Merck) ve Su (Merck) HPLC-sınıfı özelliktedir.

3.2 Yöntemler

3.2.1 Kompozisyon analizleri

Tüm bulgur örneklerinin toplam nem, toplam kül, toplam protein miktarları tayin edilmiştir.

3.2.1.1 Toplam nem miktarı tayini

Nem tayini AOAC Metodu 925.10 kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AOAC International, 2002). Yaklaşık 2 gram örnek, havalı etüv sıcaklığı $130\pm5^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştıktan sonra 1 saat boyunca bekletilmiştir. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2 Toplam kül miktarı tayini

Örneklerdeki toplam kül miktarı AOAC metodu 923.03 kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AOAC International, 2002). Örnekler 16 saat boyunca 550°C sıcaklıktaki kül fırınında bekletilmiştir. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3 Toplam protein miktarı tayini

Örneklerin toplam protein miktarları AOAC 920.87 metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AOAC International, 2002). Yaklaşık 1 g örnek yakma balonuna alınmış, üzerine 10 g katalizör (Kjeldahl Tabletten, Merck) ile 25 ml derişik H_2SO_4 eklenmiştir. Yakma işlemine sıcaklık 420°C 'ye ulaştıktan sonra yaklaşık yarım saat daha devam edilmiş ve örnekler oda sıcaklığına getirilmişlerdir. Distilasyonun ve titrasyon aşamaları sonunda elde edilen sarfiyat kaydedilerek toplam azot miktarı hesaplanmıştır. Toplam protein miktarı bulunan azot miktarının 5,7 ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2 Toplam nişasta ve dirençli nişasta miktarı tayini

Nişasta tayini için AACC Metodu 2002.02 ile AACC Metodu 32-40 esas alınarak geliştirilen Megazyme Dirençli Nişasta Analiz Kiti (Megazyme Int., İrlanda)

kullanılarak, ilk aşamada dirençli olmayan nişasta α -amilaz ve amiloglukosidaz ile 37°C'de 16 saat boyunca hidroliz edilerek dirençli olmayan nişasta çözünmüş ve glikoza parçalanmıştır. Dirençli nişasta ise santrifüj işlemi sonrasındaki çöküntü kısmında elde edilmiş olup, etanolla yıkama ve potasyum hidroksit içinde çözme gibi aşamalardan sonra amiloglikosidaz enzimi ile kantitatif olarak ile glikoza hidroliz edilmiştir. Toplam dirençli nişasta ve dirençli olmayan nişasta miktarları ayrı ayrı hesaplanarak toplam nişasta miktarını belirlenmiştir. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3 Toplam diyet lifi miktarı tayini

Toplam diyet lifi miktarı tayini AOAC Metodu 960.52 enzimatik-gravimetrik yöntemini esas alan Sigma Toplam Diyet Lifi Tayini Kiti (TDF-100A; Sigma-Aldrich, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bu metot ile örnekler ısıya dayanıklı α -amilaz ile jelatinize edildikten sonra proteaz ve amiloglukosidaz ile enzimatik olarak parçalanmış ve örneklerden protein ve nişasta uzaklaştırılmıştır. Filtrasyon sonrasında elde edilen katı kısım (çözünür olmayan diyet lifi) kurutulurken, sıvı kısma etanol eklenerek çözünür diyet lifi çöktürülmüştür. Karışım etanol ve aseton ile muamele edilerek filtreden geçilmiş ve katı kısım (çözünür diyet lifi) filtrat olarak elde edilmiştir. Kurutma aşamasından sonra tüm kalıntıların tartımı alınmıştır. Örneklerin yarısı protein, diğer yarısı ise kül tayini için ayrılmıştır. Toplam protein ve toplam kül miktarlarının tartımlardan çıkartılması ile toplam çözünür diyet lifi ve çözünür olmayan diyet lifi ile örneklerdeki toplam diyet lifi miktarları tayin edilmiştir. Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.4 Nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks

Nişasta sindirilebilirliğinin belirlenebilmesi amacıyla bulgur örneklerine pişirme ve çiğnemeye benzer işlemler uygulanmıştır. Goni ve diğ. (1997) tarafından geliştirilen yöntem bir miktar değiştirilerek 800 mg bulgur örneği 10 ml kaynar suda yaklaşık 20 dakika, santrifüj tüpü içerisinde bekletilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler 45 saniye boyunca homojenizatörde (Ultra Turrax T25 Janke&Kinkel GMBH Co, Almanya) bekletilmiştir. Daha sonra örnek 5 dakika boyunca 4000 rpm'de santrifüjlenmiş ve su uzaklaştırılmıştır.

Sonrasında değişik nişasta fraksiyonlarının miktar olarak belirlenebilmesi amacıyla Englyst ve diğ. (1996) tarafından oluşturulan yöntem kullanılmıştır. Bu metoda göre, örnek (800 mg) zerine 50 mg guar gam ve 5 adet cam bilye eklenmiş, sonrasında ise 20 ml sodyum asetat tamponu (pH 5,2; 20 ml) ve toplam miktarı 5 ml olan ve invertaz, pankreatik α -amilaz ve amiloglukosidaz içeren enzim karışımı eklenmiştir. Tüpler 37 °C'deki çalkalamalı su banyosunda 120 dakika boyunca tutularak inkübe edilmiş (160 devir/dak) ve örneklerdeki sakkaroz ve nişastanın hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Çalkalamalı inkübasyonun 20 ve 120. dakikalarında tüplerden 0,5 ml örnek alınmış ve enzimatik aktivite bu örneklere etanol (% 66'lık) ilave edilerek durdurulmuştur. Santrifüjlenerek (4000 rpm, 5 dak.) berraklaştırılan örneklerin toplam glikoz miktarları GOPOD esaslı glikoz analiz kiti (MEGAZYME, İrlanda) ile belirlenmiştir.

3.2.5 Bulgur rneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi analizleri için hazırlanması

Örneklerin ekstraksiyonu yapılırken 200 mg örneğe öncelikle 2 ml %80'lik metanol eklenerek, elde edilen karışım 2 saat boyunca 200 rpm'deki orbital karıştırıcıda oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Santrifuj işlemi 4000 rpm'de 15 dakika süresince gerçekleştirilmiş, sulu faz ayrılmış ve çökeltiye 2 ml daha %1 HCl içeren %80'lik metanol eklenerek tüm işlemler bir kez daha tekrarlanmıştır. Sonrasında sulu fazlar birleştirilerek ekstrakt elde edilmiştir (Velioğlu ve diğ., 1998).

3.2.6 Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde tayininde modifiye edilmiş Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Yöntemde 0,5 ml saf su, 125 μ l örnek ekstraktı ve 125 μ l Folin-Ciocalteu reaktifine (saf su ile 1:10 seyreltilmiş) ilave edilmiş, sonrasında 6 dakika beklenerek karışıma 1,25 ml %7,5'lik sodyum karbonat ve 1 ml su eklenmiştir. Karışım 1,5 saat boyunca karanlıkta bekletildikten sonra 760 nm'de absorbans ölçülmüştür (Eberhardt ve diğ., 2000; Singleton ve diğ., 1999). Deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ggalik asit eşdeğeri olarak hesaplanmış olup, ggalik asit kalibrasyon eğrisi Ek A'da şekil A.3'te verilmiştir

3.2.7 Fenolik madde profillerinin belirlenmesi

Bitki numunelerinin fenolik profillerini belirlemede bazı modifikasyonlar uygulanarak Dragovic-Uzelac ve diğ. (2005)'ne ait metot kullanılmıştır. Örnekler HPLC'ye her %50'lik metanol:su çözgeninde 1:1 oranında çözündürülerek 3 tekrarlı olarak enjekte edilmiştir. Kullanılan yöntemin koşulları Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profillerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemin HPLC Çalışma Koşulları

HPLC sistemi:	Waters 2695 Separation module, Waters 2996 PDA dedektör
Kolon:	Supelcosil C18, 5 µm, (25 x 4,6 mm)
Mobil sistem:	Gradient
Mobil faz A:	3% asetik asit - H ₂ O
Mobil faz B:	%3 asetik asit, %25 CH ₃ CN, %72 H ₂ O
Kolon sıcaklığı:	20°C
İnjesiyon hacmi:	20 µl
Dalga boyu:	278 nm (210-550 nm arası)
Yazılım	Empower Build 1154

Sonuçlar integrasyon alan hesabı ile değerlendirilmiş; alanlar, her standart için kalibrasyon eğrilerinden konsantrasyon olarak hesaplanmıştır. Standartlara ait kalibrasyon eğrileri Ek B'de Şekil B.1, B.2, B.3, B.4, B.5, B.6 ve B.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.2: Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profillerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemin HPLC Gradient Koşulları

Zaman	Başlangıç %A	Final %A	Akış Hızı
0-40 dk.	%100 A	%30 A	1 ml / dk
40-45 dk.	%30 A	%20 A	1 ml / dk
45-55 dk.	%20 A	%15 A	1.2 ml/dk
55-57 dk.	%15 A	%10 A	1.2 ml/ dk
57-75 dk.	%10 A	%10 A	1.2 ml/dk

3.2.8 Aktioksidan aktivitesi tayinleri

Bulgur örneklerinin toplam antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde, DPPH metodu ve ABTS metodu olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

3.2.8.1 DPPH metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu ile örneklerin antioksidan aktiviteleri spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Yu et al., 2003). Bu amaçla, 4 ml %80'lik metanol ve 1 ml (1 mmol içeren) taze DPPH çözeltisi içeren test tüpüne 1 ml örnek ekstraktı ilave edilmiş ve DPPH çözeltisinin toplam son konsantrasyonu 167µmol olarak ayarlanmıştır. Daha sonra tüpler 30 dakika boyunca karanlıkta bekletilmiş ve örneklerin absorbans değerleri çift ışınlı UV-Visible spektrofotometresinde (Shimadzu UV-1700 Pharmospec) 517 nm'de ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar 0,1 g/ml konsantrasyon için aşağıdaki formül ile hesaplanmış ve %DPPH Yakalama Aktivitesi olarak ifade edilmiştir. Analiz üç tekrarlı olarak gerçekleştirmiştir.

$$\%DPPH \text{ Yakalama Aktivitesi} = (\text{Kör Absorbansı} - \text{Örnek Absorbansı} / \text{Kör Absorbansı}) * 100$$

3.2.8.2 ABTS metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini

ABTS (2,2'-Azino-bis 3-etillbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) ile toplam antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde Miller ve Rice-Evans (1997) metodu kullanılmıştır. Hidrofilik ve lipofilik ekstraktlar için ABTS stok çözeltisi 50 mM di-potasyum fosfat tamponu (pH 8,0) içerisinde seyreltilmiştir ve 100 µl örnek ekstraktı veya referans 1 ml ABTS ayarlı çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışım absorbansı tam 40 saniye sonunda 734 nm'de çift ışınlı UV-Visible spektrofotometresiyle (Shimadzu UV-1700 Pharmospec) ölçülmüştür. Referans olarak Troloks kullanılmış ve sonuçlar 100 g kuru maddede µmol Troloks Eşitliği Antioksidan Aktivitesi (TEAC) olarak ifade edilmiştir. Troloks kalibrasyon eğrisi Ek A'da Şekil A.1'de sunulmuştur.

3.2.9 Toplam flavonoid miktarı tayini

Toplam flavonoid miktarlarının tayini için Zhishen ve diğ. (1999) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla, 0,25 ml örnek ekstraktına 1,25 ml distile su eklendikten sonra karışıma 0,75 ml NaNO₂ (%5'lik) ve 0,15 ml %10'luk AlCl₃·6H₂O ilave edilmiştir. Karışıma 6 dakika sonra 0,5 ml 1 M NaOH ilave edilmiş ve toplam

hacim 2,5 ml'ye tamamlanmıştır. Vorteks karıştırıcıda 10 saniye homojenize edilen örneklerin absorbansı 510 nm'de çift ışınlı UV-Visible spektrofotometresi (Shimadzu UV-1700 Pharmospec) kullanılarak ölçülmüş ve mg kateşin/100 g kuru madde üzerinden ifade edilmiştir. Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş olup, kateşin kalibrasyon eğrisi Ek A'da Şekil A.2'te verilmiştir.

3.3 İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamındaki tüm deneyler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler örnekler işlem kabul edilirliliği $p < 0,05$ önem düzeyinde Tek Yollu Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak, SPSS istatistik yazılımı (versiyon 10.0) ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir.. Analizler sonunda örnekler arasındaki farklılıkların belirlenebilmesi amacıyla Duncan'ın Çoklu Değerlendirme Testi (Duncan's Multiple Range Test) kullanılmıştır. İstatistiksel analiz tabloları Ek D'de Tablo D.1 ve D.2'de verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

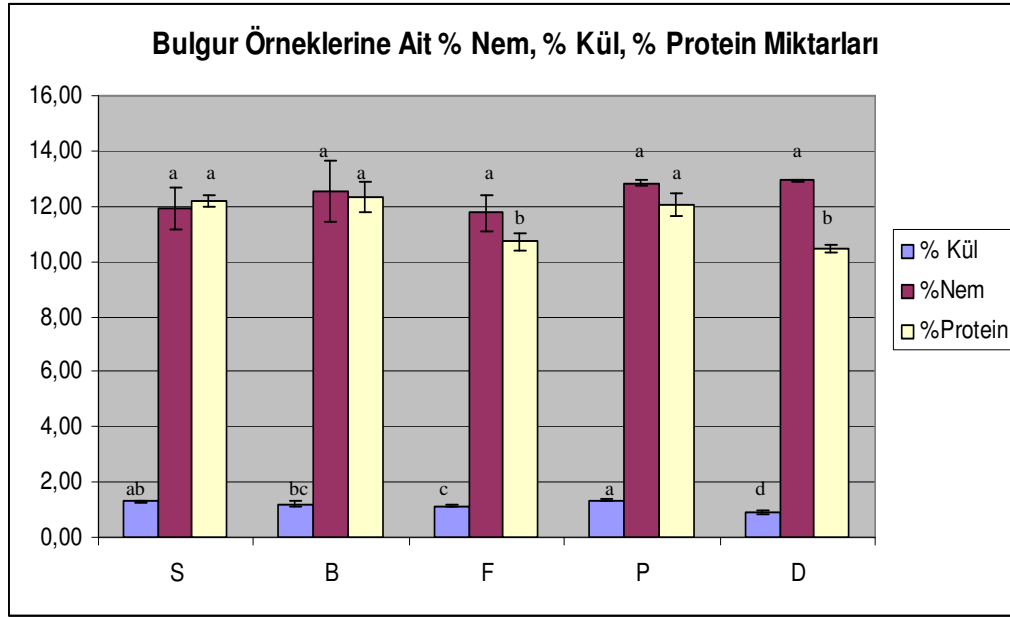
4.1 Bulgur Örneklerinin Kompozisyon Analizleri

Örneklere ait toplam nem, kül, protein ve nişasta miktarları Tablo 4.1’de gösterilmektedir. Bulgur markalarına ait örneklerin nem, kül ve protein ortalama değerlerinin farklılıkları Şekil 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1: Bulgur Örneklerinin Temel Bileşen Miktarları¹

Örnek	Nem Miktarı, %	Kül Miktarı, % (k. m.)	Protein Miktarı, % (Nx5,7) (k.m)
S1	12,6 ± 0,3	1,27 ± 0,01	11,9 ± 0,1
S2	12,0 ± 0,2	1,28 ± 0,05	12,2 ± 0,0
S3	11,1 ± 0,1	1,30 ± 0,05	12,3 ± 0,1
B1	11,3 ± 0,3	1,06 ± 0,02	11,7 ± 0,2
B2	12,9 ± 0,0	1,23 ± 0,01	12,8 ± 0,6
B3	13,4 ± 0,5	1,27 ± 0,01	12,4 ± 0,1
F1	11,1 ± 0,0	1,15 ± 0,02	10,4 ± 0,1
F2	12,5 ± 0,0	1,14 ± 0,09	10,8 ± 0,1
F3	11,7 ± 0,0	1,12 ± 0,09	11,0 ± 0,0
P1	12,8 ± 0,3	1,36 ± 0,01	12,5 ± 1,6
P2	13,0 ± 0,4	1,33 ± 0,03	11,8 ± 0,0
P3	12,8 ± 0,4	1,30 ± 0,03	11,8 ± 0,1
D1	12,9 ± 0,1	0,88 ± 0,06	10,5 ± 0,1
D2	12,9 ± 0,2	1,01 ± 0,10	10,5 ± 0,0
D3	12,9 ± 0,8	0,86 ± 0,10	10,3 ± 0,1

¹Tablodaki değerler 2 tekrara ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir



Şekil 4.1: Bulgur Örneklerinin Ortalama Nem, Kül ve Protein Miktarları¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Bulgur örneklerinin toplam nem miktarı %11,1 ile %13,4 aralığındadır. Tüm örnekler için ortalama nem miktarı %12,4'tür. Bu değerler B3 örneği haricinde (%13,4) TS 2284:T1 nolu Bulgur Standardı ile uyum göstermektedir (Anon, 2004). İlgili standartta bulgur örneklerinin nem miktarı en çok %13 olmalıdır. Bulgur örneklerinin nem içerikleri arasındaki farklılık önemli düzeyde değildir ($p < 0,05$).

Örneklerin toplam kül miktarları %0,86 ile %1,36 (kuru maddede) arasında değişmektedir. TS 2284:T1 nolu Bulgur Standardı'nda toplam kül miktarının kuru maddede en fazla %1,8 olması gerektiği belirtilmektedir (Anon, 2004). Örneklere ait kül miktarları tüm örnekler için ilgili standart ile uyumludur. Tüm örneklerin ise ortalama kül miktarı %1,17'dir. Örnekler arasındaki farklılıkların önemli olduğu dikkat çekmektedir ($p < 0,05$). Literatürde, bulgurun toplam kül miktarı, kuru maddede %1,70-1,80 olarak belirtilmiş olup bu bulgular elde edilen verilerle uyum taşımaktadır (Singh ve diğ., 2007; Toufeili ve diğ., 1999).

Örneklerin protein miktarları incelendiğinde, %10,3-%12,8 aralığında olduğu görülmektedir. Bu değerler diğer çalışmalara benzerlik göstermektedir (Singh ve diğ., 2007; Toufeili ve diğ., 1999). Buna karşın farklı buğday çeşitlerinden üretilen

bulgurların protein miktarlarında önemli farklılıklar bulunabilmektedir (Singh ve diğ., 2007). Çalışma kapsamında elen alınan bulgur örneklerinin protein içerikleri incelendiğinde S, B ve P örneklerinin protein miktarlarının diğer bulgur örneklerinden daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiş olup, istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Bu farklılıklar buğdayın yetiştirildiği bölge, topraktaki gübre miktarı, yıllık yağış miktarları vb. faktörlerden ileri gelebildiği belirtilmektedir (Tipples ve diğ., 1994). Bunun yanı sıra, örneklerin ortalama toplam protein miktarları ilgili bulgur standartlarındaki (Anon, 2004) değeri sağlamaktadır. Bu standartta miktarın kuru maddede en az %11,5 olmalı iken, tüm örnekleri için ortalama protein miktarı aynı şekilde %11,5 olarak bulunmuştur.

4.2. Bulgur Örneklerinin Toplam Nişasta Miktarları

Araştırmada kullanılan bulgur örneklerinin toplam nişasta miktarları Tablo 4.2’de sunulmuştur. Bunun yanı sıra, farklılıkların incelendiği ortalama toplam nişasta miktarları da Şekil 4.2’de verilmiştir.

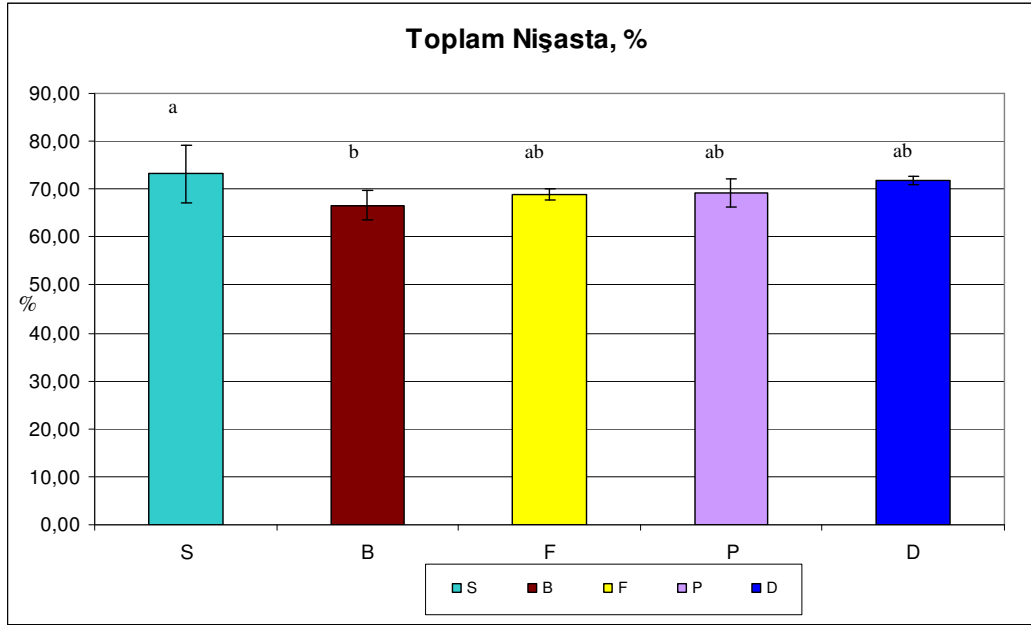
Tablo 4.2: Örneklerin Nişasta Miktarları, %¹

Örnek	Nişasta Miktarı, % (Kuru Maddede)
S1	78,2 ± 0,5
S2	66,6 ± 0,6
S3	75,0 ± 1,8
B1	63,4 ± 1,4
B2	66,8 ± 5,0
B3	69,5 ± 2,2
F1	67,6 ± 0,0
F2	69,3 ± 3,8
F3	70,0 ± 2,0
P1	67,2 ± 4,2
P2	72,5 ± 0,4
P3	68,0 ± 2,2
D1	72,0 ± 4,2
D2	70,8 ± 4,0
D3	72,5 ± 2,4

¹Tablodaki değerler 2 tekrara ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir

Toplam nişasta miktarları %63,4-%78,2 arasında değişmektedir. Tüm örneklerin ortalama nişasta miktarı ise %69,9'tır. Bulgur örneklerinin nişasta içerikleri arasındaki fark önemli değildir ($p<0,05$). Örnekler arasındaki varyasyonlar birbirleri ile karşılaştırıldığında S markalı bulgurlar ile D markalı bulgurların çalışmada kullanılan diğer bulgur örneklerine göre daha yüksek bir değişkenliğe sahip oldukları görülmektedir. Farklı proses koşulları ile bulgur üretiminde değişik bölgelerden elde edilmiş buğdayların kullanılmış olması bu durumu etkileyen faktörler arasında sayılabilir (Englyst ve diğ., 1992).

Ragae ve diğ. (2006) sert buğday unu ve yumuşak buğday unu ile arpa, milet, çavdar ve sorgum gibi bazı hububatların bazı bileşenlerini ve antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında ortalama %77,7 (kuru maddede) ile en yüksek nişasta miktarının buğday unlarında bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Bu durum, tane kabuklarının öğütme sırasında yüksek miktarda uzaklaştırılıyor oluşu ile açıklanmıştır.



Şekil 4.2: Farklı Markalardaki Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Nişasta İçerikleri¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p<0,05$).

Bravo ve diğ., (1998) çalışmalarında beyaz ekmek, tam buğday ekmeği, kızartılmış beyaz ve kepekli ekmek ile Fransız ve İspanyol tipi baget ekmeklerinin toplam nişasta miktarlarının %64,4 ile %83,8 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Beyaz ekmeklerdeki nişasta miktarı kepekli ekmeklerin nişasta miktarından önemli düzeyde yüksektir. Aynı çalışmada incelenen kahvaltılık hububatların toplam nişasta içerikleri ise yaklaşık %48 düzeyinde bulunmuştur (Bravo ve diğ., 1998).

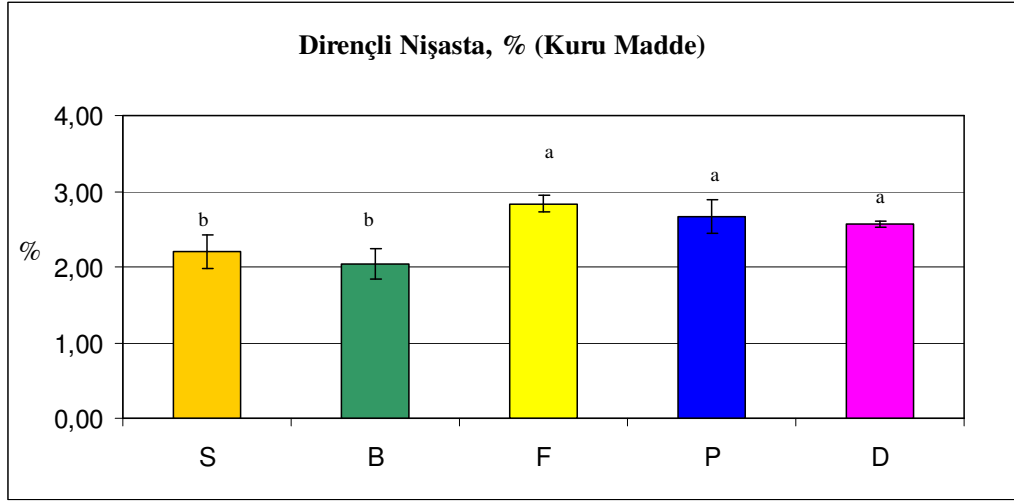
4.3. Bulgur Örneklerinin Dirençli Nişasta Miktarları

Örneklerin gravimetrik-enzimatik yöntemle tayin edilen toplam dirençli nişasta miktarları Tablo 4.3'te ve ortalama toplam dirençli nişasta miktarları Şekil 4.3'te verilmiştir. Dirençli nişasta ince bağırsakta sindirilmeksizin kalın bağırsağa geçen nişasta kısmıdır. Diyet lifi olarak kabul edilen bu komponent bakımından zengin olan gıda maddeleri aynı zamanda düşük glisemik indeks özellikleriyle de öne çıkmaktadırlar (Englyst ve diğ., 2003; Wisker, 2000).

Tablo 4.3: Örneklere Ait Dirençli Nişasta Miktarları, % (Kuru Madde)¹

Örnek	Dirençli Nişasta, %
S1	2,23 ± 0,63
S2	2,40 ± 0,14
S3	1,96 ± 0,06
B1	2,01 ± 0,27
B2	1,86 ± 0,59
B3	2,26 ± 0,13
F1	2,58 ± 0,23
F2	2,95 ± 0,14
F3	2,98 ± 0,20
P1	2,67 ± 0,17
P2	2,70 ± 0,09
P3	2,62 ± 0,17
D1	2,70 ± 0,48
D2	2,50 ± 0,17
D3	2,51 ± 0,03

¹Tablodaki değerler 2 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 4.3: Farklı Markalardaki Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Dirençli Nişasta Miktarları¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Bulgur örnekleri için belirlenen toplam dirençli nişasta miktarları %1,86-%2,98 aralığındadır. Tüm örnekler için ise ortalama dirençli nişasta miktarı %2,51'dir. Bulgur örneklerinin dirençli nişasta içerikleri birbirinden farklıdır ($p < 0,05$). Buna göre P, F ve D örneklerinin dirençli nişasta miktarları arasında fark yok iken, bu bulgurların dirençli nişasta içerikleri bakımından S ve B örneklerinden farklıdır. Gıdalarda mevcut nişasta fraksiyonlarının dağılımında incelenen hububatın çeşidi, öğütme koşulları ve proses koşulları önem taşımaktadır (Ragae ve diğ., 2006).

Sert ve yumuşak buğday unları ile tane halinde tedarik edilmiş olan arpa, milet, çavdar ve sorgum gibi farklı hububatlar için toplam dirençli nişasta miktarının buğday unları için sırasıyla kuru maddede %0,2 ve %0,55 iken diğer hububatlar için ise %0,23 ile 1,96 arasında değiştiği görülmektedir (Ragae ve diğ., 2006). Bu çalışma sonuçları ile Ragae ve diğ. (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma karşılaştırıldığında, bulgurdaki dirençli nişasta miktarının buğday ununa göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılıkta, özellikle gıda maddesinin fiziksel durumu (bütün veya öğütülmüş) etkili olabilmektedir (Englyst ve Cummings, 1987). Öğütülerek tanecik boyutu oldukça küçültülen buğday unlarında amilolitik enzimler sindirimi çok daha hızlı gerçekleştirebilirken, tane halinde kullanılan bulgur

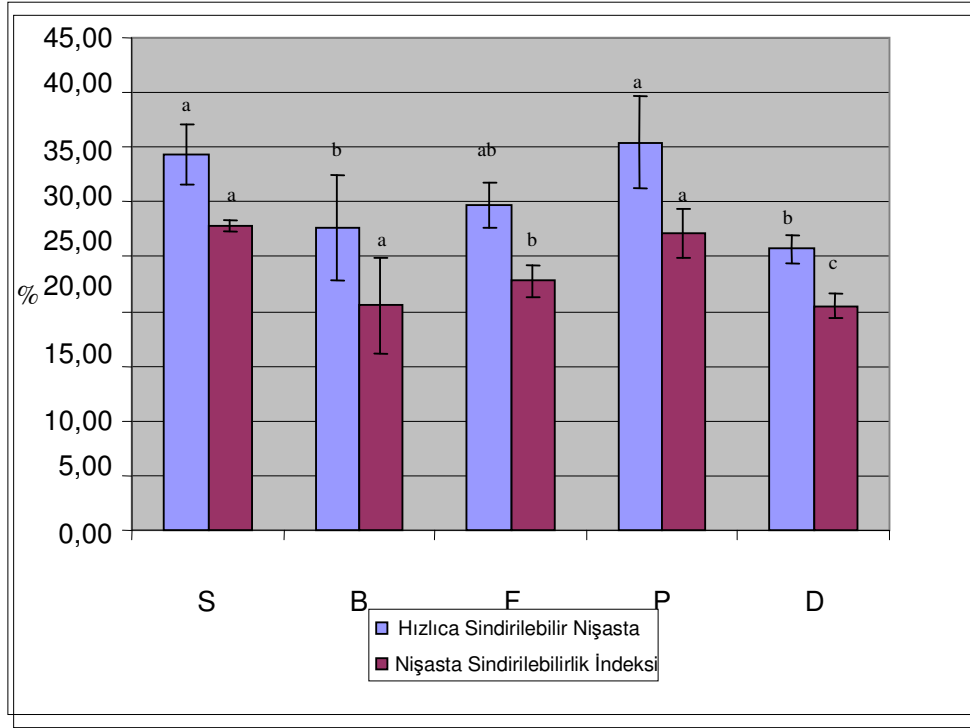
benzeri hububatlarda enzimler bir kısım nişastaya hiç ulaşamamakta böylelikle bu nişastalar sindirme direnç göstererek gıdadaki dirençli nişasta miktarını arttırmaktadır.

Tane boyutuna ek olarak su içeriği, pH değeri, ısıtma sıcaklığı ve süresi, bileşim, ısıtma-soğutma işlemlerinin sayısı, dondurma yöntemi (yavaş veya hızlı) ve kurutma gibi prosesler de gıdalardaki dirençli nişasta oluşumunda etkilidir (Englyst ve Cummings, 1987). Bulgur üretimi ele alındığında yüksek dirençli nişasta oluşumunda etkili olan en önemli proseslerin ısıtma işlem ve kurutma olduğu düşünülmektedir.

Piştirme ile sonrasındaki soğutma ve depolama, dirençli nişasta oluşumunda etkilidir (Englyst ve diğ., 1992). Örneğin, değişik sıcaklık ve sürelerde pişirilen farklı ekmek tiplerindeki dirençli nişasta miktarı, kabuktaki ve merkezdeki nem miktarlarının farklı olması ve buna bağlı olarak nişasta jelatinizasyonunun ekmek tipine göre farklı seviyelerde gerçekleşmesi ile bağlantılıdır. Kabuk yapısı standart beyaz ekmeğe göre daha sert ve daha düşük nem içeriğine sahip olan baget ekmeklerde dirençli nişasta miktarının daha yüksek olması kabuktaki nişastanın düşük nem içeriği nedeniyle tamamen jelatinize olamaması ile açıklanmaktadır (Bravo ve diğ., 1998). Benzer şekilde, farklı üretim yöntemleri ve proses aşamalarından geçirilen değişik bulgurlar için de nişasta jelatinizasyonun seviyesine bağlı olarak dirençli nişasta miktarları arasında önemli farklılıklar oluşmaktadır.

4.4. Bulgur Örneklerinin Nişasta Sindirilebilirliği ve Glisemik İndeks Değerleri

Bulgur örnekleri için hesaplanmış hesaplanmış olan NSİ değerleri ile HSN miktarları Şekil 4.4'te bulunmaktadır.



Şekil 4.4: Bulgur Örneklerinin Ortalama Nişasta Sindirilebilirlik İndeksleri ve Hızlıca Sindirilebilir Nişasta Miktarları¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Bulgur örneklerinin nişasta sindirilebilirlik indeksleri arasındaki fark önem taşımaktadır. S ve P örnekleri için indeks arasında önemli bir fark yoktur. Aynı örneklerin HSN miktarları arasındaki farkın da önemli olmadığı görülmektedir ($p < 0,05$). Buna karşın, B ve P örneklerinin SDİ miktarları aynı iken, HSN değerleri arasındaki fark önemlidir. Elde edilen verilerin mevcut literatürle karşılaştırılması sonucu ise HSN miktarının farklı hububat ürünlerine göre düşük olduğunu görmek mümkündür. Bulgur örneklerinin HSN değerleri % 25,12 ile 35,04 arasında; SDİ değerleri %20,05 ile 25,44 arasında değişmektedir.

Bravo ve diğ., (1998) İspanya’da tüketilen çeşitli karbonhidratları inceledikleri çalışmalarında, bazı hububat ürünlerinin sindirilebilirliklerini (in vitro) incelemişlerdir. Çalışma sonunda NSİ değerlerinin beyaz ekmek için yaş bazda %97,13 seviyesinde, kepekli İspanyol baget ekmeği için ise %82,73 olduğu

belirlenmiştir. Aynı örneklerin HSN miktarları ise sırasıyla %49,53 ve 57,53'tür. Araştırma kapsamında kahvaltılık hububatlar da incelenmiştir. Bu gıdalar için NSİ değerleri %94,08 ile %94,97 arasında değişmekte iken, YSN değerlerinin oldukça düşük oluşu (yaklaşık %6), NSİ'nin yüksek olmasına sebep olmakta, böylelikle bu gıdalar vücutta çok yüksek glisemik tepkiler yaratmaktadır.

Bir diğer çalışmada ise buğday ve pirinç gibi hububatlarda elde edilen hamurların kızartılması sonucu elde edilen bir ürünlerdeki HKG miktarlarının buğday tipi için 25,9 pirinç için ise 25,9 olduğu; NSİ değerlerinin ise ilgili gıda maddeleri için sırasıyla 66 ve 57 olduğunu belirtilmiştir (Aarathi ve diğ., 2003).

Nişasta sindiriminin hızı ve süresi üzerinde etkili olan birçok farklı faktör mevcut olup, gıdanın parçacık büyüklüğünün, botanik orijininin ve üretimi sırasında ne kadar proses edildiğinin glisemik tepkiyi etkilediği bilinmektedir (Englyst ve diğ., 1992). Buna göre beyaz undan yapılan ekmeklerin, buğday, çavdar ve arpadan yapılanlara göre çok daha yüksek glisemik indeks değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

4.5. Bulgur Örneklerinin Toplam Diyet Lifi Miktarları

Örneklerin diyet lifi miktarları, çözünür ve çözünür olmayan lif olarak hesaplanmış ve tüm bulgur örnekleri için çözünür, çözünür olmayan ve toplam diyet lifi miktarları Tablo 4.4'te verilmiştir. Markaların ortalama diyet lifi dağılımları ise Şekil 4.5'te sunulmuştur.

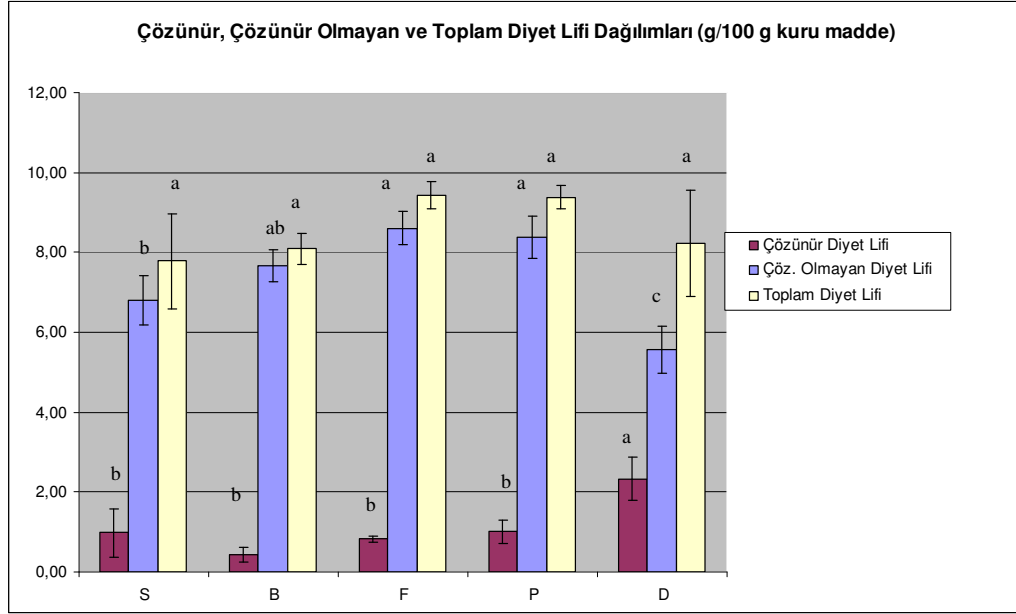
Tablo 4.4: Bulgur Örneklerinin Çözünür, Çözünür Olmayan ve Toplam Diyet Lifi Miktarları¹

Örnek	Çözünür Olmayan Diyet Lifi Miktarı (g/100 g kuru madde)	Çözünür Diyet Lifi Miktarı (g/100 g kuru madde)	Toplam Diyet Lifi Miktarı (g/100 g kuru madde)
S1	7,3 ± 0,1	1,6 ± 0,0	8,9 ± 0,1
S2	7,0 ± 0,0	1,0 ± 0,1	8,0 ± 0,1
S3	6,1 ± 0,5	0,4 ± 0,0	6,5 ± 0,6
B1	7,2 ± 0,8	0,4 ± 0,1	7,7 ± 0,9
B2	7,8 ± 0,1	0,6 ± 0,0	8,4 ± 0,2
B3	8,0 ± 0,4	0,2 ± 0,0	8,2 ± 0,4
F1	8,1 ± 0,4	0,9 ± 0,2	9,0 ± 0,2
F2	8,8 ± 1,3	0,8 ± 0,1	9,7 ± 1,3
F3	8,9 ± 0,1	0,7 ± 0,4	9,6 ± 0,4
P1	7,9 ± 0,4	1,3 ± 1,0	9,3 ± 0,5
P2	8,2 ± 0,5	0,9 ± 0,2	9,1 ± 0,2
P3	9,0 ± 0,0	0,8 ± 0,4	9,7 ± 0,4
D1	5,7 ± 0,1	2,4 ± 1,2	9,0 ± 1,1
D2	6,1 ± 0,3	2,9 ± 0,0	8,9 ± 0,3
D3	4,9 ± 0,0	1,8 ± 0,1	6,7 ± 0,2

¹Tablodaki değerler 2 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.

Bulgur örneklerinin çözünür diyet lifi miktarlarının %0,2 ile %2,9 arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin çözünür diyet lifi miktarları arasındaki fark önem taşımaktadır ($p<0,05$). Örnekler arasında D örneklerinin çözünür diyet lifi bakımından en zengin örnek olduğu ve bu özelliği ile diğer örneklerden ayrıldığı görülmektedir. Bulgur örneklerinin çözünür olmayan diyet lifi miktarları arasında önemli düzeyde bir fark mevcuttur. Özellikle D örneklerinin çözünür diyet lifi içeriği en yüksek iken, çözünür olmayan diyet lifi miktarları ise en düşük ve mevcut bu farklılık önemlidir ($p<0,05$). Bulgur örneklerinin çözünür ve çözünür olmayan diyet lifi miktarları arasındaki fark önem taşımaya karşın, bulgur örneklerinin toplam diyet lifi miktarları birbirinden farklı değildir ($p<0,05$). Tüm örnekler için en düşük toplam diyet lifi miktarı %6,7, buna karşın en yüksek diyet lifi miktarı ise %9,7'dir. Literatürde bulunan araştırmalara göre, bulgur örnekleri için belirlenmiş olan toplam

diyet lifi miktarları buğday ununa göre oldukça yüksek olmasına karşın, diğer bazı hububatlarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.5: Bulgur Örneklerinin Ortalama Çözünür, Çözünür Olmayan ve Toplam Diyet Lifi Miktarları¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Ragae ve diğ., (2006) çalışmalarında, sorgum ve çavdarın sırasıyla %1,4 ve %3,7 çözünür diyet lifi (kuru maddede) içermekte olduğunu, yumuşak ve sert buğdaylardan elde edilmiş unlardaki çözünür diyet lifi miktarlarının ise sırasıyla %1,8 ve %1,6 olduğunu belirlemişlerdir. Çözünür olmayan diyet lifi miktarları ise buğday unları ve tam buğdaylar için birbirinden oldukça farklıdır. Arpa ve sorgumdaki çözünür olmayan diyet lifi miktarı %13,5 ile %14,1 iken buğday unlarında yaklaşık %2 ile %3 arasında değişmektedir.

Aarathi ve diğ., 2003 aralarında buğday ve pirinci de içeren bir grup taze hububatı öncelikle öğüterak un haline getirmişler sonrasında su da ekleyerek oluşturdukları ince hamurları birkaç dakika pişirmişlerdir. Sadece buğday kullanılan örnek için toplam diyet lifi miktarı %13,4 iken pirinç kullanılan örnek için toplam miktarın % 7,4 civarında olduğu belirlenmiştir. Buğday ve pirincin 1:1 oranında karıştırıldığı

deneme için hesaplanan miktar ise %11,6 olmuştur. Bulgur örneklerinin toplam diyet lifi miktarı %6,7 ile %9,7 arasında, buğdaydaki toplam diyet lifi içeriğinden daha düşük düzeydedir.

4.6. Bulgur Örneklerinin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizleri İçin Hazırlanması

Bu çalışmada fenolik maddelerin ekstraksiyonu amacıyla literatürde bulunan pek çok çalışmada hububat ürünlerinin ekstraksiyonunda kullanılan %80'lik metanol kullanılmıştır (Velioğlu ve diğ., 1998; Zielinski ve Kozłowska, 2000; Ragaei ve diğ., 2006). Zielinski ve Kozłowska (2000) tarafından yapılan bir çalışmada çavdar örneğinin dört farklı çözgen sistemi ve sıcaklık içerisindeki (aseton-su (4:1, v/v), etanol-su (4:1, v/v), metanol-su (4:1, v/v) ve su; 20°C, 35°C ve 50°C) ekstraksiyon verimleri (ekstraksiyon ardından gerçekleştirilen santrifuj ve çözgen uçurma aşamalarından sonra ölçülen kuru madde miktarları) incelenmiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek verim %80 metanol ve su kullanılan çözgen sistemlerinde elde edilmiştir. Çalışma aynı koşullarda buğday örnekleri için de gerçekleştirilmiş ve sonuçta %80 metanolün, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivitesi için sudan daha iyi bir çözgen olduğu anlaşılmıştır.

Buna karşın, hububatlardaki fenolik bileşiklerin pek çoğu tanenin dışında alöron tabakada, kepekte ve ruşeyimde toplanmış olması nedeniyle bu bileşikler çoğunlukla hücre duvarı polimerlerine kovalent olarak bağlı olup, bu durum bazı fenolik bileşiklerin miktarının gerçek değerlerinden daha düşük olarak ölçülmesine sebep olabilmektedir. Bu bileşiklerin ölçümünün doğru olarak gerçekleştirilmesi ise ancak asit veya baz ile muamele sonunda mümkün olmaktadır (Gallardo ve diğ., 2006). Bu nedenle yeni ekstraksiyon çözeltisi olarak % 1 HCl içeren metanol:su (80:20) kullanılmasına karar verilmiştir (Velioğlu ve diğ., 1998). Her iki çözgen sistemi için elde edilen toplam fenolik madde miktarlarının karşılaştırması Tablo 4.5'te verilmiştir. İki farklı ekstraksiyon çözeltisi ile elde edilen sonuçlar arasında önemli farklılıklar bulunduğu ve asitlendirilmiş metanol:su sistemi kullanıldığında elde

edilen toplam fenol miktarlarının tüm örnekler için ilk ekstraksiyon sisteminden en az iki kat fazla olduğu dikkat çekmektedir.

Çalışmaların çoğunda, ışık ve yüksek sıcaklıktan kaçınılarak bileşiklerin parçalanması engellenmeye çalışılmakta; böylelikle ekstraksiyon veriminin yükseltilmesi amaçlanmaktadır. Kimyasal olarak polaritesi yüksek, sulu alkol veya aseton karışımları fenolik bileşiklerin parçalanması için en uygun çözücüler gibi gözükmelerine rağmen, bileşiklerin gıda matrisi içerisinde sıkışmaması ve çözgenin bileşiklere ulaşabilme özellikleri bazı durumlarda sorun çıkartabilmektedir (Gallardo ve diğ., 2006).

Tablo 4.5: Bulgur Örneklerinin Toplam Fenol Miktarının Hesaplanmasında Kullanılan İki Farklı Ekstraksiyon Yönteminin Karşılaştırılması¹

Örnek	Ekstraksiyon Çözeltisi : Metanol:su (80:20) Toplam Fenol (mg Gallik Asit/100g Kuru Madde)	Ekstraksiyon Çözeltisi: % 1 HCl içeren metanol:su (80:20) Toplam Fenol (mg Gallik Asit/100g Kuru Madde)
S1	26,97 ± 1,16	63,44 ± 1,99
S2	23,04 ± 3,32	65,01 ± 2,03
S3	24,04 ± 0,97	67,58 ± 4,29
S_{ort}	24,68 ± 2,04	62,09 ± 6,27
B1	23,34 ± 3,14	59,02 ± 7,6
B2	22,10 ± 1,01	63,82 ± 0,56
B3	23,31 ± 0,80	60,88 ± 4,37
B_{ort}	22,92 ± 0,70	61,24 ± 2,42
F1	24,42 ± 1,69	62,82 ± 3,82
F2	25,17 ± 2,60	62,44 ± 6,34
F3	23,05 ± 1,25	57,76 ± 2,56
F_{ort}	24,21 ± 1,08	61,01 ± 2,82
P1	25,05 ± 0,86	54,49 ± 11,48
P2	21,54 ± 3,16	65,34 ± 1,43
P3	23,38 ± 1,64	53,38 ± 1,98
P_{ort}	23,32 ± 1,76	57,74 ± 6,61
D1	21,44 ± 0,90	60,83 ± 6,20
D2	20,60 ± 1,38	48,67 ± 4,98
D3	21,73 ± 1,06	56,17 ± 3,09
D_{ort}	21,26 ± 0,59	55,22 ± 6,14

¹Tablodaki değerler 3 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.

4.7 Toplam Fenolik Madde Miktarı

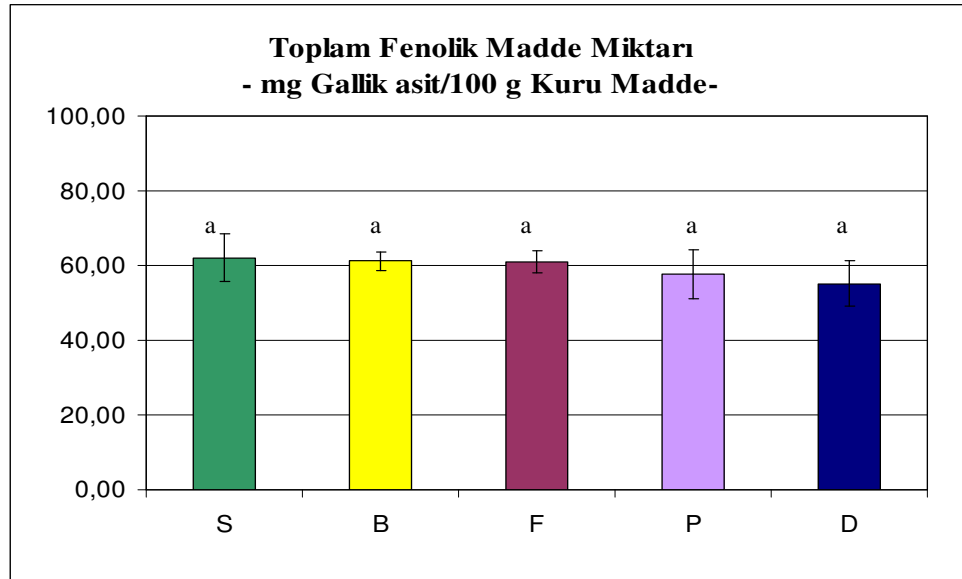
Örneklerin toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu yöntemi ile hesaplanmış ve değerler mg Gallik asit/100 g kuru madde olarak ifade edilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları 3 ölçüme ait değerlerin ortalamaları Tablo 4.6’da sunulmuştur. Bunun yanısıra, Şekil 4.6’da bulgur örneklerinin ortalama toplam fenolik madde miktarları bulunmaktadır.

Tablo 4.6: Örneklerin Toplam Fenolik Madde Miktarları¹

Örnek	mg Gallik Asit/100g Kuru Madde
S1	63,44 ± 1,99
S2	55,25 ± 1,97
S3	67,58 ± 4,29
B1	59,02 ± 7,6
B2	63,82 ± 0,56
B3	60,88 ± 4,37
P1	54,49 ± 11,48
P2	65,34 ± 1,43
P3	53,38 ± 1,98
D1	60,83 ± 6,20
D2	48,67 ± 4,98
D3	56,17 ± 3,09
F1	62,82 ± 3,82
F2	62,44 ± 6,34
F3	57,76 ± 2,56

¹Tablodaki değerler 3 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.

Örneklerin standart sapma değerlerinin S, P ve D için bir miktar yüksek olduğu görülmektedir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları arasında önemli farklılıklar bulunmamaktadır ($p < 0,05$). Bulgur örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 48,67 mg Gallik asit/100 g kuru madde ile 67,58 mg Gallik asit/100 g kuru madde arasında değişmektedir. Tüm örnekler için ise toplam fenolik madde miktarı ortalama 60,80 mg Gallik asit/100 g kuru maddedir.



Şekil 4.6: Bulgur Örneklerinin Ortalama Toplam Fenolik Madde Miktarları¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarları diğer bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Ragae ve diğ. (2006) sert ve yumuşak buğday unları için fenolik madde miktarlarını sırasıyla 56,2 ve 50,1 mg Gallik asit/100 g kuru madde olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada arpa, milet, darı ve sorgum mumunelerinin fenolik madde miktarları ise 87,9 ile 412,8 mg Gallik asit/100 g kuru madde arasında değiştiği görülmektedir. Bitki, hububat, baharat vb. 92 farklı gıda maddesinin yenilebilir ve yenilebilir olmayan kısımlarındaki toplam fenolik madde miktarı 20 ile 15530 mg Gallik asit/100 g kuru madde arasında değişmekte iken hububatlar için bu değerler 20 ile 130 mg Gallik asit/100 g kuru madde arasındadır. Buğday bitkisi ve kepeği için bulunan değerler sırasıyla 20 ve 100 mg Gallik asit/100 g kuru maddedir (Kahkönen ve diğ., 1999). Bir çalışmada 11 farklı buğday örneğindeki toplam fenol miktarlarını 133,6 ile 161,8 mg Gallik asit/100 g madde olarak belirlenmiştir (Adom ve diğ., 2003). Bunun yanında 3 buğday örneği için soxhlet ekstraksiyonunun kullanıldığı bir çalışmada toplam fenol miktarı ortalama 54-102,5 mg Gallik asit/100 g madde (Yu ve diğ., 2002) ve %80 metanol ile ekstarkte edilen 3 farklı hububat için

sonuç yaklaşık 55 mg Gallik asit/100 g madde olarak belirlenmiştir (Zielinski ve Kowlowska, 2000).

Başka bir çalışmada ise bazı hububat ürünlerinin metanollü ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri ve fenolik madde içerikleri arasındaki ilişki araştırılmış ve incelenen hububatlar arasından beyaz pirinç, esmer pirinç, arpa ve sorgum için toplam fenol miktarlarının sırasıyla 18, 54, 50 ve 733 mg Gallik asit/100 g madde olduğu belirlenmiştir (Choi ve diğ., 2007).

Hububat ürünlerindeki toplam fenolik madde miktarları incelenen hububat çeşidine, türüne ve analizlenen kısma bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Liu, 2007). Buğday türlerinin fenolik madde içerikleri arasında benzer şekilde önemli farklılıklar bulunabilmekte, hatta aynı tür buğdaylarda dahi farklı bölgelerde yetiştirilmeleri durumunda önemli farklılıklar oluşabilmektedir. Gelinaz ve McKinnon (2006) bu farklılığın, türden kaynaklanan farklılıktan daha önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre, aynı tip buğdayın farklı bölgelerde yetiştirilmesi ile toplam fenolik madde miktarının 522 ile 866 mg Gallik asit/100 g örnek arasında değiştiği belirlenmiştir.

Fenolik maddelerin buğdayda yoğun olarak bulundukları yerler arasında (kabuk, perikarp, testa ve alöron hücreleri), dış kısımlar daha fazla fenolik madde içermekte ve aynı tür için kepek kısmındaki biyoaktif madde miktarı bitkinin diğer tüm kısımlarından daha fazladır. Örnek olarak, en önemli hububat fenoliklerinden olan trans-ferulik asit hem buğdayda hem de yulafta %80 oranında kepekte bulunmaktadır (Kahkönen ve diğ., 1999). Soyulan kabuk miktarının her bir aşamada toplam tane ağırlığının %5, 10, 15, 20 ve %25'i olacak şekilde artırıldığı 5 aşamalı sistemde; soyulan kabuk miktarı arttıkça toplam fenolik madde miktarının düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Beta ve diğ., 2005). Pişirme işlemi ise toplam fenolik madde içeriği üzerinde farklı tipteki hububat ürünleri için farklı etkiler yaratabilmektedir. Beyaz ekmeklerde (kepeksiz) toplam fenolik madde içeriğinin pişirme sonrasında gösterdiği artış Mailard reaksiyonu ürünleri ile ilişkilendirilmiştir. Ancak aynı etki tam buğday ekemelerinde meydana gelmemiştir (Yu ve diğ., 2003).

Bunun yanında, toplam fenolik madde miktarını düşük olması ekstraksiyon sırasında bağı fenolik maddelerin ekstrakte edilmemesi ile ilişkilendirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan pek çok metotla sadece serbest fenoliklerin ekstrakte edilmesi, buna karşın buğday fenoliklerinin pek çoğunun hücre duvarına yapışık şekilde bulunuyor oluşu elde edilen sonuçları etkileyebilmektedir (Adom ve diğ., 2003).

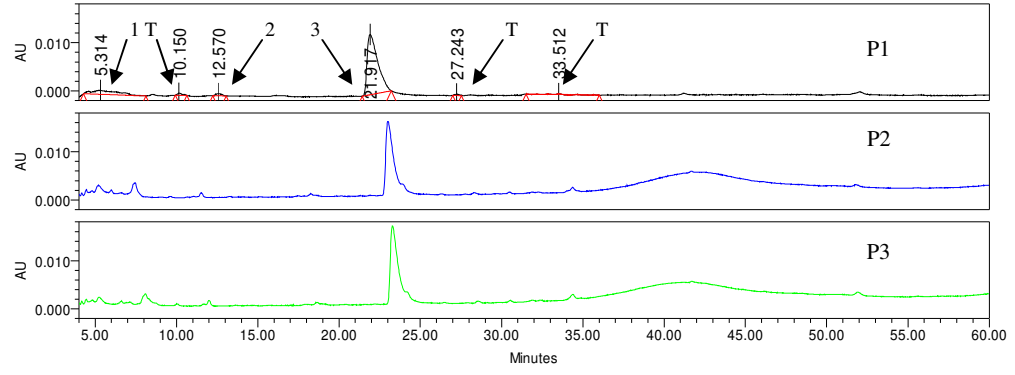
4.8 Bulgur Örneklerinin Fenolik Madde Profilleri

Fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri çeşitli metotlar ile belirlenmiş olan örneklerin, bu özelliklerini ortaya koyan fenolik madde profillerinin belirlenmesi amacıyla HPLC sisteminde kromatografik ayrımları yapılmıştır. Standartlara ait kolonda alıkonma süreleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

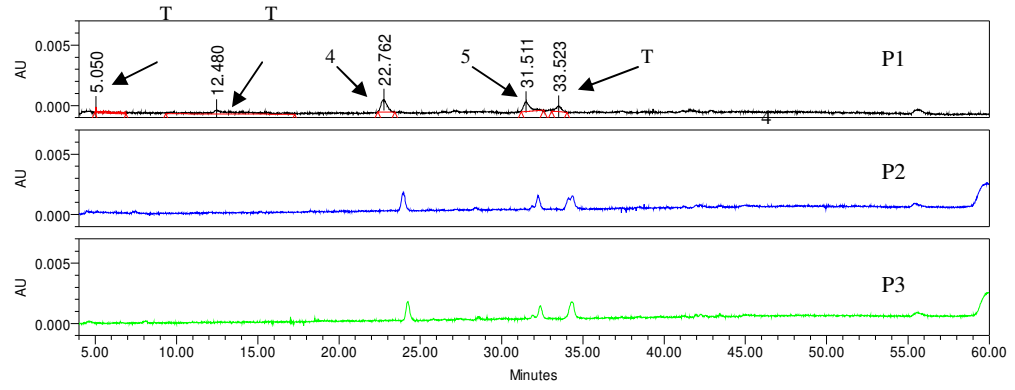
P kodlu bulgur örneklerinin HPLC kromatogramları 280 nm ile 320 nm için olmak üzere Şekil 4.7 ve 4.8’de ve değerlendirme sonuçları Tablo 4.8’de yer almaktadır. S, B, F ve D örneklerinin HPLC kromatogramları ise sırasıyla Şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16’da sunulmuştur. Aynı örneklerin değerlendirme sonuçları da sırasıyla Tablo 4.9, 4.10, 4.11, ve 4.12’de verilmiştir. Ek C’de Tablo C.1, C.2, C.3, C.4 ve C.5’te bulgur örneklerinin fenolik madde profili sonuçları ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 4.7: Standartlara Ait Kolonda Alıkonma Süreleri

Alıkonma Süresi (dk.)	Fenolik bileşen
6,043	Gallik asit
10,507	3,4 Hidroksibenzoik asit
18,367	+/- Epikateşin
21,823	Kafeik asit
33,857	Ferulik asit



Şekil 4.7: P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm)



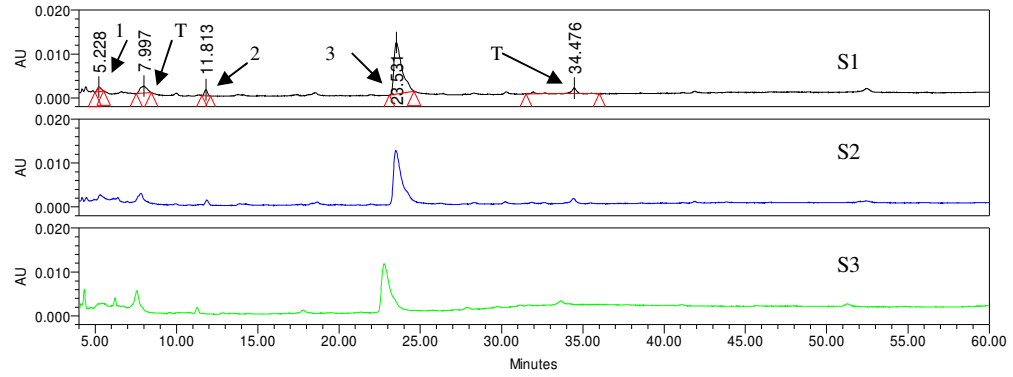
Şekil 4.8: P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm)

Tablo 4.8: P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

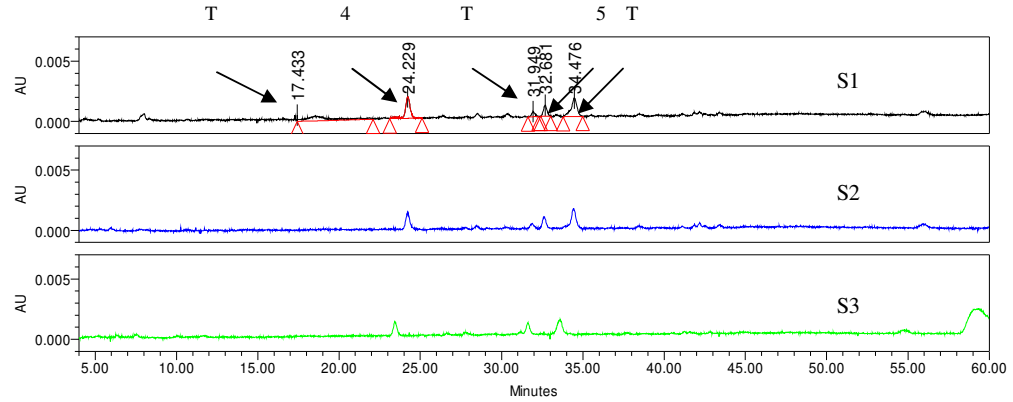
P		
Pik No	Fenolik Bileşik	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	0,023 ± 0,021
2	3,4 hidroksi benzoik asit	0,080 ± 0,000
3	Epikateşin	0,075 ± 0,002
4	Kafeik asit	0,005 ± 0,000
5	Ferulik asit	0,002 ± 0,000

T: Tanımlanamadı

Elde edilen kromatogramlarda P kodlu bulgur örneklerinde gallik asit, 3,4 hidroksibenzoik asit, epikateşin, kafeik asit ile ferulik asit varlığı tanımlanmıştır. Epikateşin ve kafeik asit ve en yüksek miktarlara sahip olmaları nedeniyle bitkideki temel fenoliklerdendir. Liyana-Pathirana ve diğ., (2006) iki çeşit buğday, buğday kabuğu ve buğday unu ile yaptıkları çalışmada ferulik asit yanında, *p*-kumarik, vanilik ve sinapik asit varlığı tespit etmişlerdir. Kim ve diğ. (2006) ise buğdayın kepek kısmı ile gerçekleştirdikleri çalışmada ferulik asit, *p*-hidroksibenzoik asit ve vanilik asidin metanol ekstraktının temel fenolikleri olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 4.9: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm)



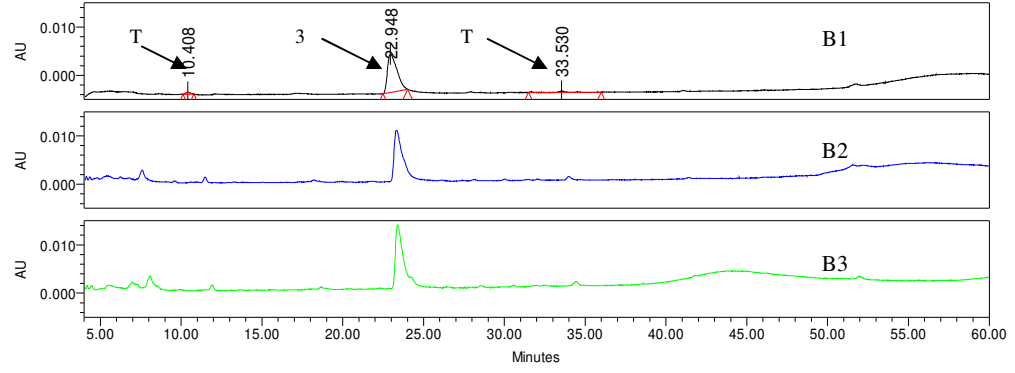
Şekil 4.10: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm)

T: Tanımlanamadı

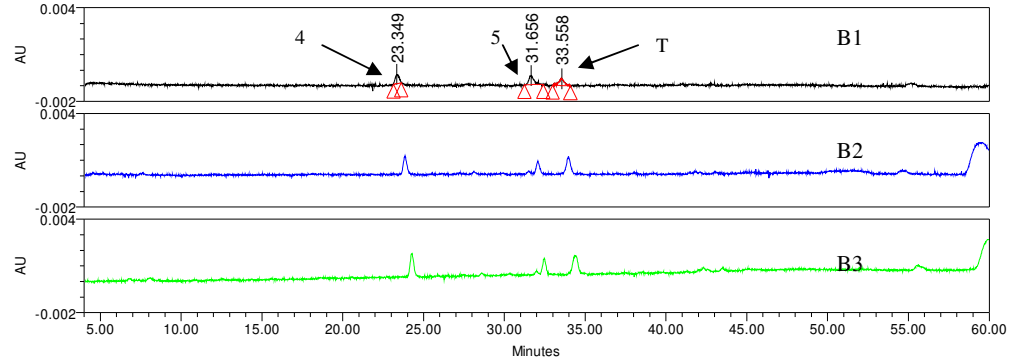
Tablo 4.9: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler

S		
Pik No	Fenolik Bileşik	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	$0,012 \pm 0,008$
2	3,4 hidroksi benzoik asit	$0,011 \pm 0,001$
3	Epikateşin	$0,056 \pm 0,004$
4	Kafeik asit	$0,005 \pm 0,002$
5	Ferulik asit	$0,001 \pm 0,000$

S örnekleri için temel fenolik bileşikler 3,4 hidroksibenzoik asit, gallik asit, kafeik asit ve ferulik asittir. Buğdayla ilgili farklı çalışmalarda da hidroksibenzoik asit türevlerinin varlığı dikkat çekicidir (Kim ve diğ., 2006).



Şekil 4.11: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm)



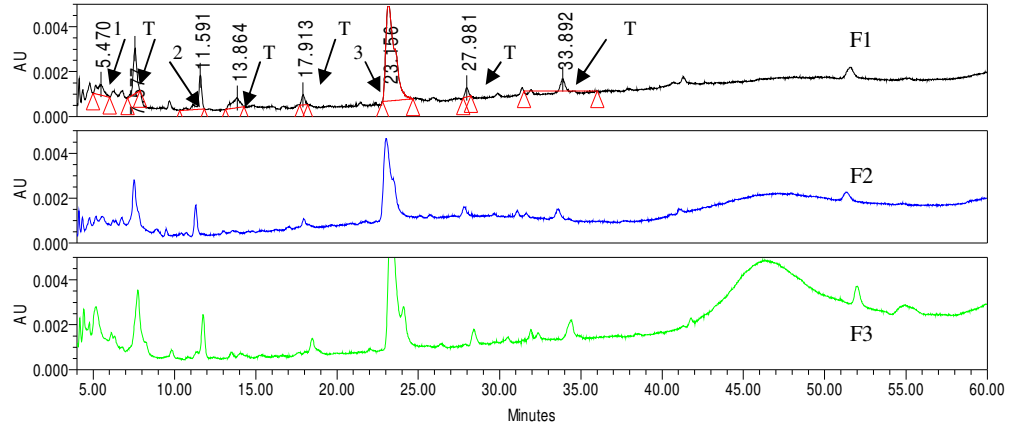
Şekil 4.12: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm)

T: Tanımlanamadı

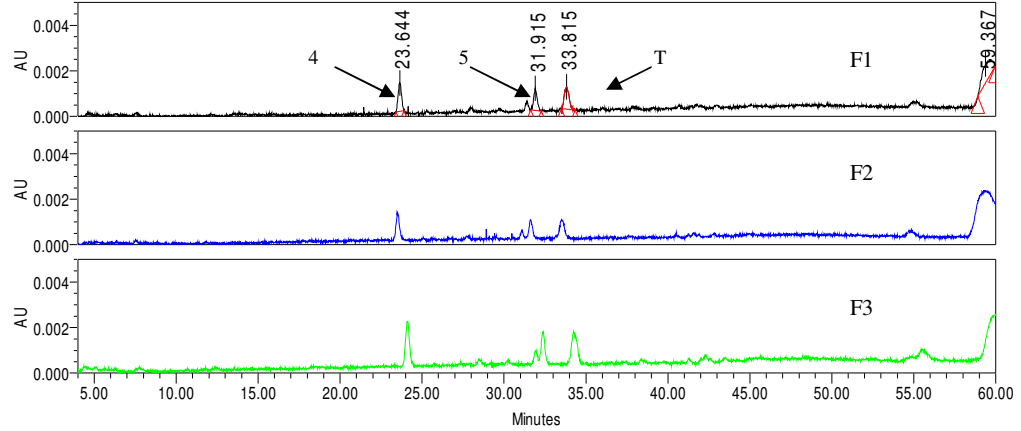
Tablo 4.10: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler

B		
Pik No	Fenolik Bileşik	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	$0,005 \pm 0,007$
2	3,4 hidroksi benzoik asit	$0,006 \pm 0,005$
3	Epikateşin	$0,054 \pm 0,005$
4	Kafeik asit	$0,004 \pm 0,001$
5	Ferulik asit	$0,001 \pm 0,000$

B örneklerinde ise 3,4 hidroksibenzoik asit, ferulik asit, kafeik asit, gallik asit yanında epikateşinin temel fenolikler arasında sayıldığı görülmektedir. B1 örneğinde gallik asit ve 3,4 hidroksibenzoik asitin bulunmadığı görülmektedir.



Şekil 4.13: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm)

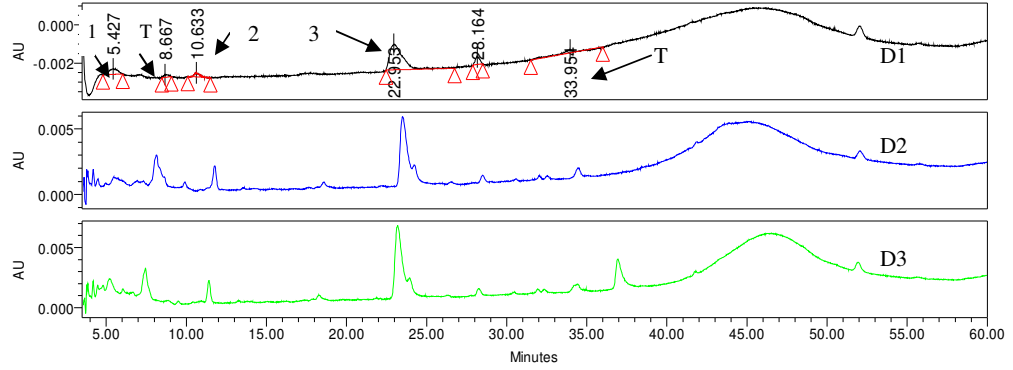


Şekil 4.14: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm)

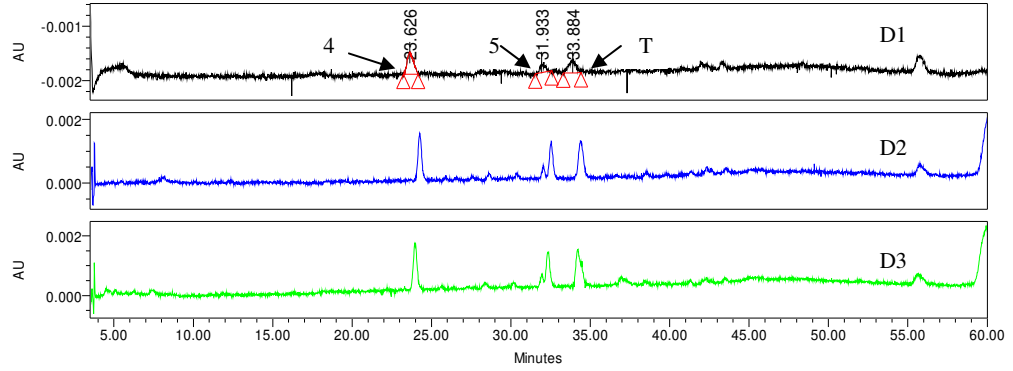
Tablo 4.11: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler

F		
Pik No	Fenolik Bileşik	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	$0,0053 \pm 0,005$
2	3,4 hidroksi benzoik asit	$0,014 \pm 0,003$
3	Epikateşin	$0,022 \pm 0,006$
4	Kafeik asit	$0,004 \pm 0,002$
5	Ferulik asit	$0,002 \pm 0,000$

F kodlu bulgur örnekleri için de diğer bulgur çeşitlerine benzer biçimde gallik asit, 3,4 hidroksi benzoik asit, epikateşin, kafeik asit ve ferulik asitin temel fenolik bileşikler olduğu görülmektedir. Bunun yanında F örneğinin kromatogramında bazı tanımlanamamış bileşikler de bulunmaktadır.



Şekil 4.15: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (280 nm)



Şekil 4.16: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait HPLC Kromatogramları (320 nm)

T: Tanımlanamadı

Tablo 4.12: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine ait Fenolik Bileşikler

D		
Pik No	Fenolik Bileşik	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	0,008 ± 0,003
2	3,4 hidroksi benzoik asit	0,012 ± 0,008
3	Epikateşin	0,021 ± 0,011
4	Kafeik asit	0,004 ± 0,001
5	Ferulik asit	0,001 ± 0,001

Çalışma kapsamında incelenen bulgur örnekleri arasında D örneklerinin de diğer örneklerle benzer bir fenolik profile sahip olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre D kodlu bulgur örnekleri gallik asit, 3,4 hidroksi benzoik asit, epikateşin, kafeik asit ve ferulik asit içermektedir.

Gallardo ve diğ. (2006)'nin farklı buğday fraksiyonlarını (eleme işleminde yan ürün olarak ortaya çıkan un ve kepek parçaları, fermente olmuş kepek, ruşeym) inceledikleri çalışmada en dikkat çeken fenolik madde ferulik asit olmuştur. Bunun yanında, diferulik asitlerin, sinapik asit, *p*-kumarik asit ve benzoik asit türevlerinin de düşük miktarlarla sınırlı varlıkları dikkat çekmektedir.

4.9 Bulgur Örneklerinin Aktioksidan Aktivitesi Tayinleri

Bitkisel gıdalarda antioksidan aktivitenin sadece bir yöntemle ölçülmesi, bitkinin sahip olduğu fitokimyasalların karmaşık yapıları nedeniyle hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle, toplam antioksidan aktivitenin en az iki yöntemle belirlenmesi doğru sonuçlar elde edebilmek için oldukça önemlidir (Liyana-Pathirana ve diğ., 2007). Bulgur örneklerinin DPPH ve ABTS metotları ile elde edilen antioksidan aktiviteleri sonuçları Tablo 4.13'te sunulmuştur.

Tablo 4.13: Örneklerin ABTS ve DPPH Yöntemlerine göre Toplam Antioksidan Aktiviteleri¹

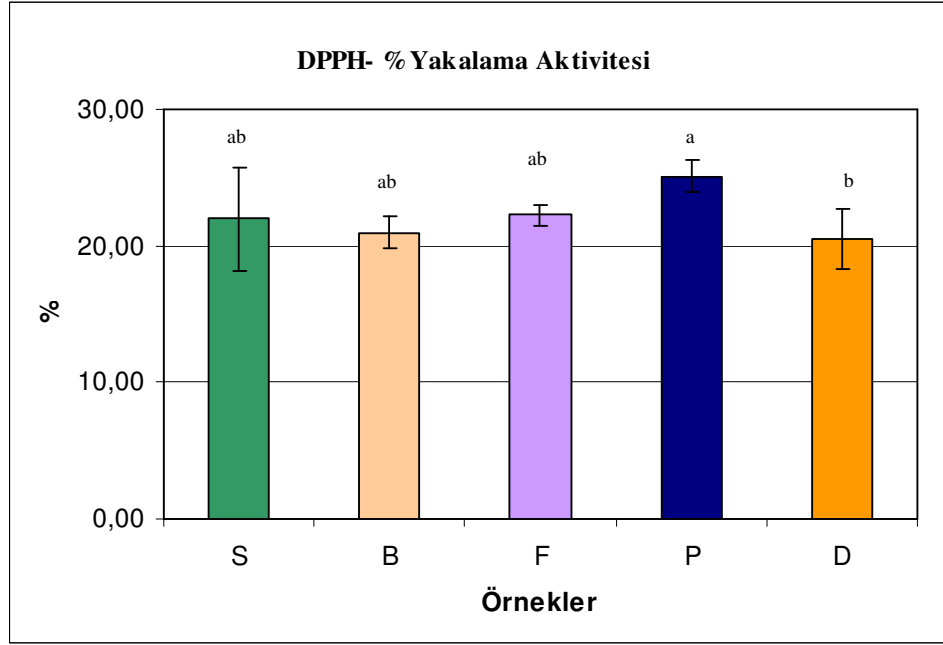
Örnek	ABTS Toplam Antioksidan Aktivitesi, $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g kuru}$ madde	DPPH Toplam Antioksidan Aktivitesi, % Yakalama Aktivitesi
S1	$601,0 \pm 2,8$	$19,4 \pm 2,7$
S2	$605,6 \pm 5,6$	$20,3 \pm 3,4$
S3	$583 \pm 2,8$	$26,3 \pm 1,7$
B1	$584,5 \pm 13,2$	$19,9 \pm 3,9$
B2	$617,0 \pm 1,7$	$20,9 \pm 1,8$
B3	$600,6 \pm 9,7$	$22,1 \pm 2,8$
F1	$545,1 \pm 8,2$	$22,4 \pm 1,7$
F2	$565,3 \pm 20,7$	$21,4 \pm 2,6$
F3	$539,9 \pm 11,0$	$22,9 \pm 3,0$
P1	$623,6 \pm 6,3$	$24,7 \pm 1,8$
P2	$615,9 \pm 8,3$	$24,2 \pm 3,2$
P3	$599,4 \pm 14,0$	$26,4 \pm 1,8$
D1	$431,7 \pm 13,0$	$18,6 \pm 5,2$
D2	$481,6 \pm 5,3$	$23,0 \pm 2,0$
D3	$458,4 \pm 2,4$	$20,0 \pm 4,9$

¹Tablodaki değerler 3 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.

4.9.1 DPPH metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini

Bulgur örneklerinin DPPH metodu ile 0,005 g/ml konsantrasyonda elde edilen % DPPH Yakalama Aktiviteleri Tablo 4.13'te sunulmuştur. Bulgur örneklerinin ortalama % DPPH Yakalama Aktiviteleri Şekil 4.17'de görülmektedir.

Kararlı DPPH radikali pek çok değişik bitki ekstraktının hidrojen oluşturan antioksidanlarının serbest radikal yakalama aktivitesinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir kimyasaldır (Choi ve diğ., 2007).



Şekil 4.17: Bulgur Örneklerinin DPPH Metoduna Göre Belirlenen Ortalama Antioksidan Aktiviteleri¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Çalışma kapsamında incelenen bulgur örnekleri için 0,005 g/ml konsantrasyondaki %DPPH yakalama aktiviteleri %18,6 ve %26,4 aralığındadır. İncelenen tüm örnekler için ortalama antioksidan aktivitesi %22,2 olup, P ve D örneklerinin %DPPH yakalama aktiviteleri birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

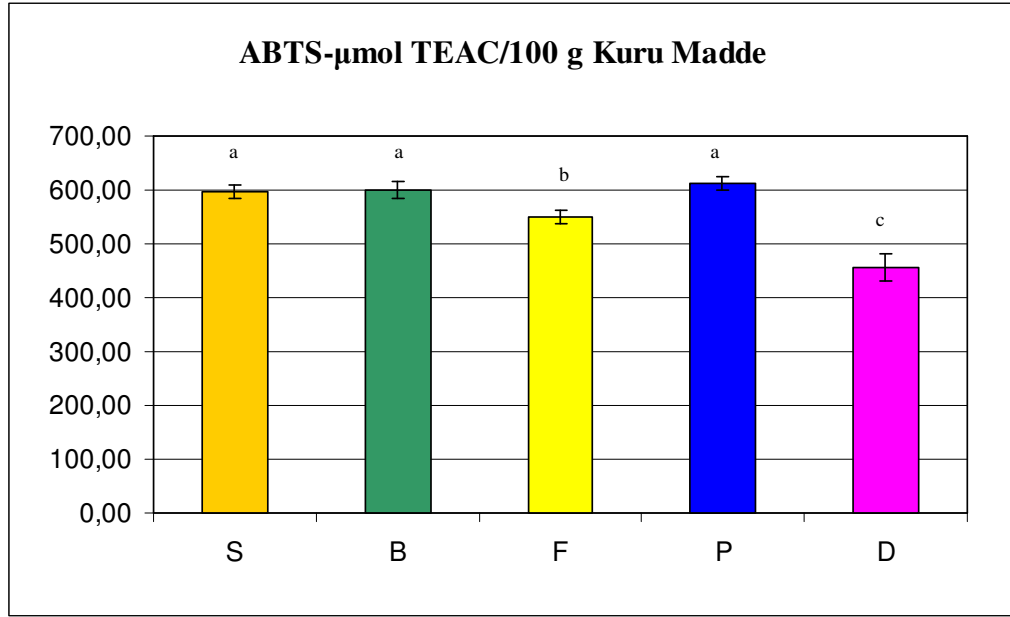
Elde edilen bu değerler hububatlarla gerçekleştirilen diğer çalışmalardaki bulgulara benzerdir. Bazı pigmentsiz hububatların (beyaz pirinç, darı türleri) metanol kullanılarak hazırlanan ekstraktların %DPPH radikali yakalama aktiviteleri 0,004 g/ml düzeyinde %7 ile %67 arasında değişmekte; buna karşın siyah pirinç ve kırmızı sorgum gibi yüksek pigment içeriğine sahip hububatların %DPPH yakalama aktiviteleri %87-%92 seviyelerindedir. Aynı çalışmada örneklerin toplam fenol içeriği ile %DPPH yakalama aktiviteleri arasındaki korelasyon, antosiyanin içerikleri nedeniyle düşük olarak rapor edilmiştir (Choi ve diğ., 2007).

Bulgur üretimi sırasında uygulanan kabuk soyma işleminin antioksidan aktivitesini olumsuz yönde etkilemesi olasıdır. Beta ve diğ., (2005) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bu etki açıkça ortaya konulmuştur. Her bir aşamada sırasıyla toplam tane ağırlığının %5, 10, 15, 20 ve %25'i olacak şekilde soyulan buğday örneklerinde, uzaklaştırılan kabuk miktarının artmasıyla toplam antioksidan aktivitesinde önemli düşüşler görülmüştür. Soyulan kabuk miktarı %5 veya 10 iken belirlenen antioksidan aktivitenin 5. aşama sonunda yarıya düştüğü belirlenmiştir. Kabuk soyma işleminin antioksidan aktivitesi üzerindeki azaltıcı etkisi dikkat çekicidir (Beta ve diğ., 2005).

4.9.2 ABTS metodu ile toplam antioksidan aktivitesi tayini

Bulgur örneklerinin ABTS metodu ile hesaplanan toplam antioksidan aktivite değerleri Tablo 4.13'te, ortalama toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Sonuçlar, $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. ABTS metodu 37°C 'de ABTS ile metmiyoglobin ve H_2O_2 reaksiyonu sonucu ABTS^+ oluşumu esasına dayanmaktadır. ABTS^+ kararlı, mavi-yeşil bir renktedir. Troloks gibi bir antioksidan veya ekstrakt içerisindeki potansiyel antioksidanlar ile renk oluşumu antioksidan konsantrasyonuyla doğru orantılı olarak bir miktar önlenmektedir (Adom ve diğ., 2003).

Antioksidan aktivitenin ABTS yöntemi ile belirlenmesi sonucunda bulgur örneklerinin antioksidan aktivitelerinin 431,74 ve 623,58 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru madde arasında değiştiği görülmüştür. İncelenen örnekler arasında D markalı bulgur örneklerinin diğer bulgur çeşitlerine göre daha yüksek bir değişkenliğe sahip olmaları dikkat çekicidir. Bu durum farklı çeşitler ile ilişkili olabilir. Toplam antioksidan aktivitesi ortalama $563,52 \pm 60,88 \mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru maddedir. Bunun yanında, bulgur örnekleri arasında önemli düzeyde bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Buna göre, S, B ve P örnekleri istatistiksel olarak aynı ve en yüksek antioksidan aktivitesine sahipken, F örnekleri daha düşük, D örnekleri ise en düşük antioksidan aktivitesine sahiptir.



Şekil 4.18: Bulgur Örneklerinin ABTS Yöntemine Göre Belirlenen Ortalama Antioksidan Aktiviteleri¹

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p < 0,05$).

Kuzey Polonya’da yetiştirilen bir buğday tipi olan Almari buğdayının %80 metanolle hazırlanan ekstraktının toplam antioksidan aktivitesi 2700 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ olarak tayin edilmiş olup, elde edilen miktar bulgur örneklerine göre daha yüksektir (Zielinski ve Kozłowska, 2002). Kullanılan buğday türleri arasındaki farklılıklar, farklı ekstraksiyon çözümleri veya ABTS çözeltisinin bileşimindeki farklılıklar bu değişikliği açıklayabilir. Bunun yanı sıra, aynı çözümlerle ekstrakte edilen örneklerde dahi antioksidan aktivitesinde önemli farklılıklar bulunması, buğday türleri arasındaki farklılıkların önemini desteklemektedir (Yu ve diğ., 2002). Farklı bölgelerde yetiştirilen aynı tip buğdayların antioksidan aktiviteleri arasında farklılıklar bulunabileceği belirlenmiştir (Yu ve diğ., 2003).

Ayrıca antioksidan bileşiklerin kabuk soyma aşamasında uzaklaştırılması, bulguların literatürdeki değerlerden farklı oluşunun bir diğer nedeni olabilir. Durum buğdayı örneklerinin kabuklarının, toplam tane ağırlığının %10-50 arasında değişen oranlarda uzaklaştırıldığı bir çalışmada, uzaklaştırılan kabuk miktarı oranının %10 ve %20

olduğu durumlarda tanenin en yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu görülmüştür (Liyana-Pathirana ve diğ., 2006).

Antioksidan aktivitesinin yüksek oluşu, bir gıda maddesi için vücuttaki biyoyararlılığının yüksek oluşu anlamını taşımayabilir. Örneğin polifenollerin vücuttaki emilimi ve metabolizması gıdanın çeşidine, mevcut polifenolün kimyasal yapısına (polimerize polifenollerin emilimi daha düşük olabilmektedir) ve bu maddelerin gıdada bulunan protein, etanol ve lif gibi diğer maddelerle etkileşimine bağlı olarak değişebilmektedir (Dubick, 2002). Buna karşın, antioksidan aktivitenin, hububatların kepek kısmında bulunan ve çözünür olmayan çeşitli polimerlere kovalent olarak bağlı olan bazı fenolik asitler nedeniyle; mide-bağırsak sisteminin pH'sına ve kolonik sindirim esnasındaki mikrobiyal aktiviteye bağlı enzimatik hidroliz nedeniyle artabilmesi de olasıdır. Baublis ve diğ., (2000) kahvaltılık buğday gevreklerinin antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, mide-bağırsak sistemi ile aynı pH'ya sahip olan bir ortamın simule edilmesi durumunda ölçülen antioksidan aktivitenin arttığını kanıtlamışlardır. Buna göre, hububat ekstraktlarının antioksidan aktivitesi sindirim sonucunda artış göstermektedir.

Gallardo ve diğ., (2006) çalışmalarında, buğday yan ürünlerinin (elek üzerinde kalan un ve kepek), taze buğday ruşeymi, buğday kepeği, fermente buğday kepeği ile çavdar yan ürünleri ve kepeği gibi değişik hububat kısımlarının antioksidan aktivitelerini ve profillerini ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda, metanol ekstraktları içerisinde en yüksek antioksidan aktivitesinin elek üzerinde kalan un ve kepek kısmına ait olduğu (1528 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru madde) görülmüştür. Ruşeymdeki aktivite 387 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru madde iken normal ve fermente olmuş kepeğin aktiviteleri sırasıyla 546 ve 329 $\mu\text{mol TEAC}/100 \text{ g}$ kuru madde olarak belirlenmiştir.

İki farklı antioksidan aktivitesi tayin yöntemi ile, P1 örneği en düşük, D1 örneği ise en yüksek aktivitededir. Farklı markalara ait ölçümler ayrı ayrı değerlendirildiğinde en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olanlar P örnekleri, en düşük antioksidan aktiviteye sahip olanlar ise D örnekleridir. Ölçümler arası değişkenlik ise ABTS

yönteminde daha yüksek gözlenmiştir. Bu durum ABTS çözeltisinin daha düşük bir kararlılığa sahip olması ile açıklanabilir (Yu ve diğ., 2002).

Bulgur örneklerinin ABTS yöntemi ile belirlenen ortalama antioksidan aktivite değerleri $P > B > S > F$ ve D olarak sıralanmakta iken; DPPH yöntemi ile elde edilen sonuçlar $P > F > S > B$ ve D şeklindedir.

Bazı çalışmalarda, ABTS ve DPPH yöntemleri ile hesaplanan antioksidan aktiviteleri arasında bazı farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Örneğin, bazı hububat ve meyvelerin antioksidan aktivitelerinin incelendiği bir çalışmada DPPH ekstraktları ile elde edilen değerlerin TEAC ekstraktlarına göre düşük oluşu dikkat çekmektedir. Bu durumu, DPPH radikalının daha kararlı yapısı nedeniyle önemli ölçüde düşük bir reaktivite göstermiş olması ile açıklamak mümkündür (Stratil ve diğ., 2007; Yu ve diğ., 2002). Bu nedenle DPPH radikali sadece daha yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşiklerle reaksiyona girmiş olup, daha düşük antioksidana aktivitesine sahip fenolik bileşiklerle herhangi bir reaksiyon vermemiştir. Buna rağmen, düşük aktiviteli bileşikler de insan vücudunda antioksidan aktivite göstermeleri olasıdır (Stratil ve diğ., 2007).

4.10 Bulgur Örneklerinin Toplam Flavonoid Miktarı Tayini

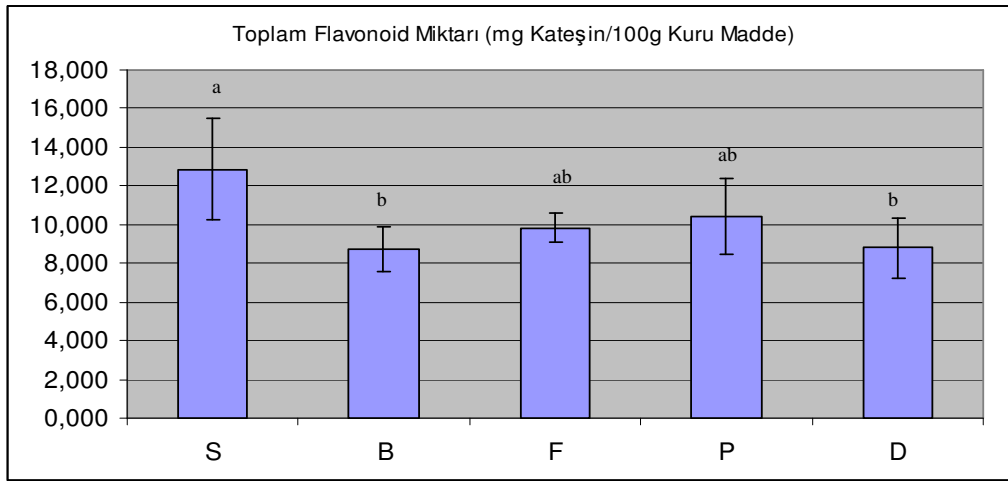
Bulgur örneklerinin toplam flavonoid miktarları Tablo 4.14'te verilmiştir. Ortalama toplam flavonoid miktarları ise Şekil 4.19'da sunulmuştur.

Tablo 4.14: Örneklerle Ait Toplam Flavonoid Miktarları¹

Örnek	mg Kateşin/100 g Kuru Madde
S1	13,25 ± 3,72
S2	11,4 ± 0,68
S3	10,08 ± 3,75
B1	7,88 ± 1,46
B2	10,01 ± 1,03
B3	8,18 ± 0,89
F1	10,72 ± 1,23
F2	9,43 ± 1,62
F3	9,35 ± 1,64
P1	9,54 ± 2,12
P2	9,1 ± 2,09
P3	12,7 ± 3,33
D1	8,42 ± 0,56
D2	10,53 ± 1,03
D3	7,42 ± 1,07

¹Tablodaki değerler 3 ölçüme ait ortalama değerleri ve standart sapmayı göstermektedir.

Toplam flavonoid miktarları 7,42–13,25 mg kateşin/100 g kuru madde olarak bulunmuştur. Tüm örneklerle ait ortalama toplam flavonoid miktarı ise 10,12 mg kateşin/100 g kuru maddedir. S ve B kodlu bulgur örnekleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

**Şekil 4.19: Bulgur Örneklerine Ait Ortalama Toplam Flavonoid Miktarları¹**

¹Her sütunun üzerindeki aynı harflere sahip ortalamalar her özellik için örneklerin arasında istatistiksel olarak farklılığın önemli olmadığını göstermektedir ($p<0,05$).

Flavonoidler meyve ve sebzelerde daha fazla iken, hububatlarda da düşük miktarda mevcuttur (Zielinski ve Kozłowska, 2000). Adom ve diğ. (2003) araştırmaları sonunda farklı buğday türleri için flavonoid içeriklerinin toplam 148,93 µmol kateşin/100 g örnek ile 105,86 µmol kateşin/100 g arasında değıştığını belirlemişlerdir. ABD'nin iki farklı bölgesinde yetiştirilen beş farklı buğday çeşidi ile gerçekleştirilen bir diğ. çalışmada, endosperm ve ruşeym/kepek olarak iki kısma ayrılan buğday örneklerinin flavonoid miktarları incelenmiştir (Adom ve diğ., 2005). Çalışma sonuçlarına göre ruşeym/kepek fraksiyonu 740–940 µmol kateşin/100 g örnek flavonoid içermektedir. Bu miktar endospermedeki flavonoid miktarının yaklaşık 10-15 katı kadardır (60-80 µmol of kateşin/100 g örnek).

5. SONUÇ

Bulgur temel bileşen özellikleri bakımından buğdayla oldukça benzerlik taşımaktadır. Örneklerin fenolik bileşen miktarları ile antioksidan aktiviteleri ise diğer tam buğday ürünleriyle benzer niteliktedir. Buna karşın, bu bileşiklerin bulgurda, pigmentli tam buğday ürünlerinden biraz düşük bir seviyede olduğu görülmektedir. Bulgur üretiminde uygulanan pişirme ve kabuk soyma gibi işlemlerin fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitelerinde düşüşler yarattığı dikkat çekmiştir.

Buna karşın bulgur örneklerinin, dirençli nişasta ve diyet lifi gibi karbonhidrat kaynaklı fonksiyonel bileşikler bakımından oldukça zengin olduğu belirlenmiştir. Antioksidan ve fenolik madde üzerinde bazı olumsuz etkiler oluşturduğu düşünülen ısıtma işlem ve kurutma gibi bulgur üretiminde oldukça önem taşıyan proses basamaklarının dirençli nişasta miktarı üzerinde olumlu bir etki yarattığı belirlenmiştir. Diyet lifi seviyeleri ve glisemik tepki de göz önüne alındığında özellikle buğday unu, buğday ununun kullanıldığı ekmek benzeri ürünler ve pirinçle karşılaştırıldığında, bulgurun oldukça sağlıklı bir karbonhidrat kaynağı olduğu ve oluşturduğu düşük glisemik tepkiler ile hiperglisemi ve obezite başta olmak üzere pek çok hastalığa karşı, beslenmede sıkça tüketilmesi gereken bir gıda maddesi olarak önem taşıdığı belirlenmiştir.

Bulgurun karbonhidrat kaynaklı bileşenlerine daha fazla vurgu yapılması ve bileşenlerin sağlık üzerine katkılarının daha ayrıntılı olarak ele alınması ile gelecekte bulgurun daha fazla öne çıkacağı düşünülmektedir.

Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, bulgurun fonksiyonel bir hububat ürünü olduğu ve daha sık tüketilmesinin sağlık açısından faydalı olacağı açıkça görülmektedir.

Bulgur konusunda gelecekte yapılacak çalışmalar kapsamında üretim proseslerinin dikkatle ele alınması ve proses aşamaları sırasında bulgurun fenolik bileşikleri, antioksidan aktivitesi ve flavonoid içeriklerinin belirlenmesi için daha hassas yöntemlerin kullanılması ve oluşacak değişikliklerin yakından izlenmesi ile olası kayıpları engelleyecek çözümlerin ortaya konulması ele alınabilir. Bunun yanında özellikle bağlı fenolik bileşen miktarlarının ve bu bileşenlerin antioksidan aktivite üzerindeki katkıları değişik çalışmalarda daha ayrıntılı olarak incelenebilir. Belirtilen bileşikler ve aktivitelerin *in vivo* yöntemler ile metabolizma üzerindeki etkilerinin de açıkça ortaya konulması ve biyoyararlılık gibi özelliklerinin daha ayrıntılı incelenmesi de yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- AACC, 2000. Whole grain definition, *Cereal Foods World*, **45** (2), 45-88. (Ahnmiştir: Whole Grains and Health, p.5, Eds., Marquart, L., Jacobs Jr., D.R., McIntosh, G.H., Poutanen, K., and Reicks, M. Blackwell Publishing Ltd., London).
- Aarathi, A., Urooj, A., and Puttaraj, S., 2003. In vitro starch digestibility and nutritionally important starch fractions in cereals and their mixtures, *Starch/Starke*, **55**, 94-99.
- Adom, K.K., and Liu, R.H., 2002. Antioxidant activity of grains, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **50**, 6182-6187.
- Adom, K.K., Sorrels, M.E., and Liu, R.H., 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **51**, 7825-7834.
- Adom, K.K., Sorrels, M.E., and Liu, R.H., 2005. Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **53**, 2297-2306.
- Anon, 2004. TS-2284:T1 Bulgur, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- Anon, 2001. The Definition of Dietary Fiber, report of the dietary fiber definition committee to the board of directors of the AACC, USA.
- AOAC International, 2000. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.
- AOAC International, 2002. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.
- Arai, Y., Wantanabe, S., Kimira, M., Mochizuki, R., and Kinae, N., 2000. Dietary intake of flavonoids, flavones, and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between Quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration, *Journal of Nutrition*, **130**, 2243-2250.

- Baublis, A., Decker, E.A., and Clydesdale, F.M.,** 2000. Antioxidant effect of aqueous extracts from wheat based ready-to-eat breakfast cereals, *Food Chemistry*, **68**, 1-6.
- Bayram, M.,** 2007. Application of bulgur technology to food aid programs, *Cereal Foods World*, **52 (5)**, 249-256.
- Bayram, M.,** 2000. Bulgur around the world, *Cereal Foods World*, **45, (2)**, 80-82.
- Bayram, M.,** 2005. Modeling of cooking of wheat to produce bulgur, *Journal of Food Engineering*, **71**, 179–186.
- Bayram, M., Kaya, A., and Öner, M.D.,** 2004. Changes in properties of soaking water during production of soy-bulgur, *Journal of Food Engineering* **61**, 221–230.
- Bayram, M., Öner, M.D., and Eren, S.,** 2004. Effect of cooking time and temperature on the dimensions of crease of the wheat kernel during bulgur production, *Journal of Food Engineering*, **64**, 43-51.
- Bayram, M., and Öner, M.D.,** 2003. Bulgur Sanayi İncelemesi, Abigem Raporu, Gaziantep.
- Bayram, M., and Öner, M.D.,** 2002. The new old wheat: convenience and nutrition driving demand for bulgur, *World Grain*, 51–53.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., and Sapirstein, H.D.,** 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, **82(4)**, 390–393.
- Bozzini, A.,** 1988. Origin, distribution and production of durum wheat in the world, in *Durum Chemistry and Technology*, pp. 1-14, Eds. Fabriani, G., and Lintas, C., AACC, Minnesota, USA.
- Bravo, L., Englyst, H.N., and Hudson, G.J.,** 1998. Nutritional evaluation of carbohydrates in the Spanish diet: Non-starch polysaccharides and in vitro starch digestibility of breads and breakfast products, *Food Research International*, **31(2)**, 129-135.
- Champ, M., Kozlowski, F., and Lecannu, G.,** 2001. *In-vivo* and *In-vitro* methods for resistant starch measurement, in *Advanced Dietary Fibre Technology*, p. 106, Eds. McCleary, B.V., and Prosky, L., Blackwell Sciences Ltd., London, UK.
- Choi, Y., Jeong, H., and Lee, J.,** 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea, *Food Chemistry*, **103**, 130-138.
- Çelik, İ., Işık, F., and Gürsoy, O.,** 2004. Couscous, a traditional Turkish food product: production method and some applications for enrichment of

- nutritional value, *International Journal of Food Science and Technology*, 2004, **39**, 263–269.
- Dewanto, V., Wu, X., and Liu, R.H.**, 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity, *Journal of Food Chemistry*, **50**, 4959-4964.
- Dragovic-Uzelac, V., Delonga, K., Levaj, B., Djarkovic, S., and 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)**, 4836-4843.
- Dubick, M.A.**, 2002. Wine polyphenols and protection from atherosclerosis and ischemic heart disease: Drink to your health?, in *Phytochemicals in Nutrition and Health*, pp. 41-60, Eds., Meskin, M.S., Bidlack, W.R., Davies, A.J. and Omaye, S.T., CRC Press: LLC, Florida, USA.
- Eberhardt, M.V., Lee, C.Y., and Liu, R.H.**, 2000. Antioxidant activity of fresh apples, *Nature*, **405**, 903-904. (Alınmıştır: **Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., and Liu, R.H.**, 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Food Chemistry*, **50**, 3010-3014).
- Edge, M.S., Jones, J.M., and Marquart, L.**, 2005. A new life for whole grains, *J. Am. Dietet. Assoc.*, 2005, **105 (12)**, 1856–1860.
- Edwards, W.P.**, 2007. The Science of Bakery Products, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Elias, E.M.**, 1995. Durum wheat products, *Seminar on Durum wheat Quality in the Mediterranean Region CIHEAM/ICARDA/CIMMYT*, Mediterranean Agronomic Institute Zaragoza, Spain, 17-19 November, 23-31.
- Englyst, H.N., and Cummings, J.H.**, 1987. Resistant starch, a ‘new’ food component: A classification of starch for nutritional purposes, in *Cereals in a European Context*, pp. 221-233, Eds. Morton, I.D., Ellis Harwood: Chichester. (Alınmıştır: Unlu, E., and Faller, J.F., 1998. Formation of resistant starch by a twin-screw extruder, *Cereal Chemistry*, **75(3)**, 346–350.
- Englyst, H.N., Kingman S.M., and Cummings, J.H.**, 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, **46**, S33-S50.
- Englyst, H.N., Veenstra, J., and Hudson, G.J.**, 1996. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential in vitro predictor of glycaemic response, *British Journal of Nutrition*, **75**, 327-37.

- Englyst, K.N., Vinoy, S., Englyst, H.N., and Lang, V.**, 2003. Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose, *British Journal of Nutrition*, **89**, 329-339.
- Fulcher, R.G. and Rooney-Duke, T.K.**, 2002. Whole grain structure and organization: Implications for nutritionists and processors, in *Whole Grains in Health and Disease*, pp. 9-46, Eds. Marquart, L., Slavin, J., and Fulcher, R.G., AACC Intl., Minnesota.
- Gallardo, C., Jiménez, N., and Garcia-Conesa, M.T.**, 2006. Hydroxycinnamic acid composition and in vitro antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chemistry*, **99**, 455-463.
- Gelinas, P., and McKinnon, C.M.**, 2006. Effect of wheat variety, farming site, and bread-baking on total phenolics, *International Journal of Food Science and Technology*, **41**, 329-332.
- Goni, I., Garcia-Alonso, A., and Saura-Calixt, F.**, 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutrition Research*, **17 (3)**, 427-437.
- Halliwel, B.**, 1996. Antioxidants in human health and disease, *Annual Reviews in Nutrition*, **16**, 33-49.
- Hayta, M., Alpaslan, M., and Çakmaklı, U.**, 2003. Physiochemical and sensory properties of soymilk-incorporated bulgur, *Journal of Food Science*, Vol. **68 (9)**, 2800-2803.
- Ikeda, S., Yabuzoe, T., Takaya, T., and Nishinari, K.**, 2001. Effects of sugars on gelatinisation and retrogradation of corn starch, in *Starch Advances in Structure and Function*, p.67, Eds. Barsby, T.L., Donald, A.M., and Frazier, P.J., Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Jenkins, D.J., Wolever, T.M., Collier, G.R., Taylor, R.H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J.M., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L., and Goff, D.V.**, 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange, *American Journal of Clinical Nutrition*, **34**, 362-366.
- Johnson, I., and Williamson, G.**, 2003. Phytochemical Functional Foods, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, USA.
- Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J., Pihlaja, K., Kujala, T.S., and Heinonen, M.**, 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **47 (10)**.

- Liu, R.H.**, 2007. Whole grain phytochemicals and health, *Journal of Cereal Science*, **46**, 207–219.
- Liyana-Pathirana, C. M., Dexter, J., and Shahidi, F.**, 2006. Antioxidant properties of wheat as affected by pearling, *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 6177-6184.
- Liyana-Pathirana, C.M., and Shahidi, F.**, 2007. The antioxidant potential of milling fractions from breadwheat and durum. *Journal of Cereal Science*, **45**, 238–247.
- Marquart, L., Miller Jones, J., Cohen, E.A., and Poutanen, K.**, 2007. The future of whole grains, in *Whole Grains and Health*, pp. 3-17, Eds. Marquart, L., Jacobs Jr, D.R., McIntosh, G.H., Poutanen, K., and Reicks, M., Blackwell Publishing Ltd., London.
- McCleary, B.V.**, 2001. Measurement of dietary fiber components: The importance of enzyme purity, activity and specificity, in *Advanced Dietary Fibre Technology*, p.97, Eds. McCleary, B.V., and Prosky, L. Blackwell Sciences Ltd., Oxford.
- McKeown, N., Serdula, M., and Liu, S.**, 2007. Whole grains and related dietary patterns in relation to weight gain, in *Whole Grains and Health*, p.p. 47-59, Eds., Marquart, L., Jacobs Jr, D.R., McIntosh, G.H., Poutanen, K., and Reicks, M., Blackwell Publishing Ltd., London.
- Miller, N.J., and Rice-Evans, C.A.**, 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink, *Food Chemistry*, **60(3)**, 331-337.
- Mohapatra, D., and Rao, P.S.**, 2005. A thin layer drying model of parboiled wheat, *Journal of Food Engineering*, **66**, 513-518.
- Morrissey, P.A., and O'Brien, N.M.**, 1998. Dietary antioxidants in health and disease, *International Dairy Journal*, **8**, 463–472.
- Natella, F., Nardini, M., DiFelice, M., and Scaccini, C.**, 1999. Benzoic and cinnamic acid derivatives as antioxidants: Structure-activity relation. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 1453-1459.
- Ötles, S., and Cagindi, Ö.**, 2006. Cereal based functional foods and nutraceuticals, *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, **5 (1)**, 107-112.
- Pathak, P., Srivastava, S., and Grover, S.**, 2000. Development of food products based on millet, legumes, and fenugreek seeds and their suitability in the diabetic diet, *International Journal of Food Science and Nutrition*, **51**, 409-414.

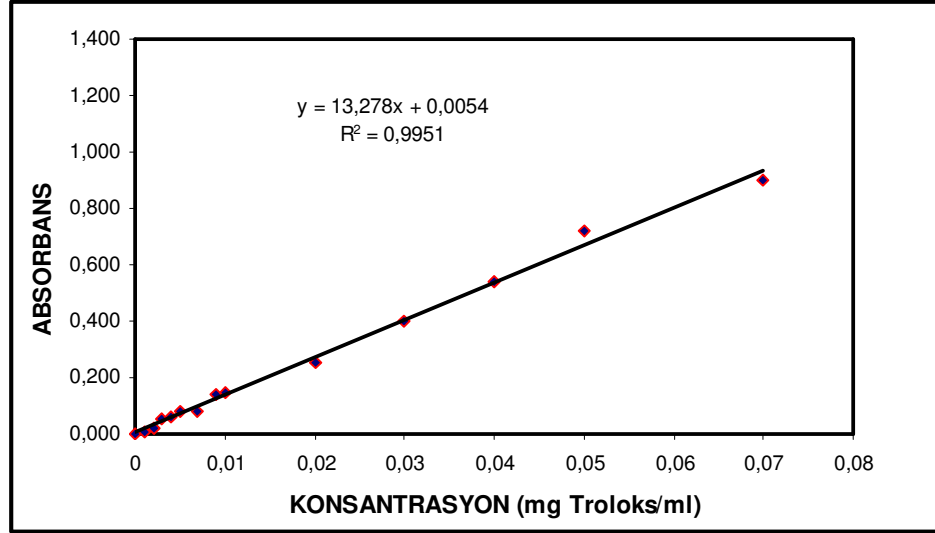
- Pence, J.W., Ferrel, R.E., and Robertson, J.A.,** 1964. Effects of processing on B-vitamin and mineral contents of bulgur, *Food Technology*, **18**, 171-174. (**Ahnmiştır:** Bayram, M. 2007. Application of bulgur technology to food aid programs, *Cereal Foods World*, **52**, (5), 249-256.
- Pereira, M.A., Jacobs, D.R., Pins, J.J., Raatz, S.K., Gross, M.D., Slavin, J.L., and Seaquist, E.R.,** 2002. Effect of whole grains on insulin sensitivity in overweight hyperinsulinemic adults, *American Journal of Clinical Nutrition*, **75**, 848–855.
- Quaglia, G.B.,** 1988. Other durum wheat products, in *Durum Chemistry and Technology*, pp. 281, Eds. Fabriani, G., and Lintas, C., AACC, Minnesota.
- Ragae, S., Abdel-Aal, E.M., and Noaman, M.,** 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for use, *Food Chemistry*, **98**, 32-38.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., and Kulkarni, P.R.,** 2006. Resistant starch - a review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **5**, 1-17.
- Schramm, D.D. and German, J.B.,** 1998. Potential effects of flavonoids on the etiology of vascular disease, *Journal of Nutritional Biochemistry*, **9** (10), 560-566. (**Ahnmiştır:** Phytochemicals in Nutrition and Health, pp. 19-40, Eds., Meskin, M.S., Bidlack, W.R., Davies, A.J., and Omaye, S.T, CRC Press: LLC, Florida).
- Selvendran, R.R., Setevens, B.J.H., and Du Pont, M.S.,** 1987. Dietary fiber: chemistry, analysis and properties, *Advances in Food Research*, **31**, 117-208. (**Ahnmiştır:** Advanced Dietary Fibre Technology, Eds. McCleary, B.V., and Prosky, L., Blackwell Sciences Ltd., Oxford).
- Sidhu, J.S., and Kabir, Y.** 2007. Functional foods from cereal grains, *International Journal of Food Properties*, **10**, 231–244.
- Singh, S., Sharma, S., and HPS, N.,** 2007. Effect of cooking treatments on the physical properties of bulgur, *Journal of Sci. Technol.*, **44** (3), 310-314.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M.,** 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, *Methods Enzymol.*, **299**, 152-178. (**Ahnmiştır:** Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., and Liu, R.H., 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Food Chemistry*, **50**, 3010-3014).

- Singleton, V.L., and Rossi, J.A., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phophomolybdic – phophotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viniculture*, **16**, 144-158 (Alınmıştır: Velioğlu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B.D., 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products, *Journal of Food Chemistry*, **46**, 4113-4117).
- Slavin, J.L., Jacobs, D., and Marquart, L., 2000.** Grain processing and nutrition. *Nutritional Research*, **40 (4)**, 309-326. (Alınmıştır: Dewanto, V., Wu, X., and Liu, R.H., 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity, *Journal of Food Chemistry*, **50**, 4959-4964).
- Solah, V.A., Fenton, H., Kerr, D., Crosbie, G.B., and Siryani, S., 2007.** Measurement of satiety of wheat-based bulgur by intervention and sensory evaluation, *Cereal Foods World*, **52**, (1), 15-19.
- Shepherd, A.D., Ferrel, R.E., Bellard, N., and Pence J.W., 1965.** Nutrient composition of bulgur and lye peeled bulgur, *Cereal Science Today*, **(10)**, 590-592. (Alınmıştır: Bayram, M. 2007. Application of bulgur technology to food aid programs, *Cereal Foods World*, **52 (5)**, 249-256).
- Spacil, Z., Novakova, L., and Solich, P., 2008.** Analysis of phenolic compounds by high performance liquid chromatography and ultra performance liquid chromatography. *Talanta*, **76**, 189–199.
- Stratil, P., Klejdus, B., and Kuban, V., 2007.** Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals, *Talanta*, **71**, 1741–1751.
- Temple, N.J., 2000.** Antioxidants and disease: more questions than answers, *Nutr. Res.*, **20 (3)**, 449-459. (Alınmıştır: Dewanto, V., Wu, X., and Liu, R.H., 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity, *Journal of Food Chemistry*, **50**, 4959-4964).
- Tipples, K.H., Kilborn, R.H., and Preston, K.R., 1996.** Bread-wheat quality defined, in *Wheat Production, Properties and Quality*, pp. 27, Eds. Bushuk, W., and V.F., Rasper, Blackie Academic and Professional, London.
- Thompson, D.B., 2007.** Resistant starch, in *Functional Carbohydrates*, pp. 73-97, Eds. Biliaderis C.G., and Izydorczyk, M.S., CRC Press, Florida.
- Tooping, D.L., Fukushima, M., and Bird, A.R. 2003.** Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art, *Proceedings of the Nutrition Society*, **62**, 171-176.

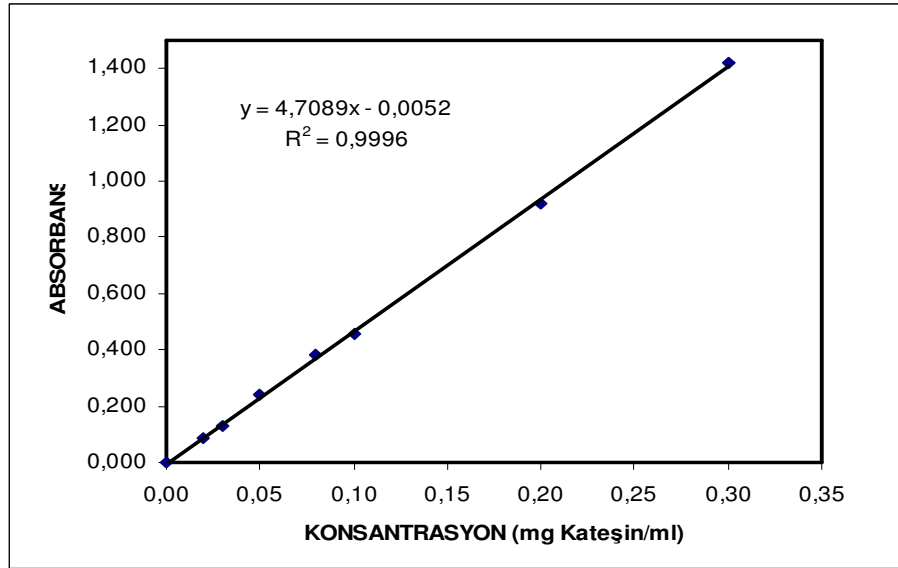
- Toufeili, I., Melki, C., Shadarevian, S., and Robinson, R.K.,** 1999. Some nutritional and sensory properties of bulgur and whole wheatmeal kishk (a fermented milk-wheat mixture), *Food Quality and Preference*, **10**, 9-15.
- Turhan, M., Oymael, B., and Ekiz, H.İ.,** 2003. Water adsorption of ready-to-cook wheat, *Journal of Food Engineering*, **57**, 269–272.
- Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B.D.,** 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products, *Journal of Food Chemistry*, **46**, 4113-4117.
- Wisker, E.,** 2000. Functional properties of non-digestible carbohydrates, fibrous fibres and resistant starch, *Ernaehrung*, **24**, 298-302.
- Wolk, A., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Hu, F.B., Speizer, F.E., Hennekens, C. II., and Willett, W.C.,** 1999. Long-term intake of dietary fiber and decreased risk of coronary heart disease among women, *Journal of the American Medical Association*, **281**, 1998-2004. (Ahnmıstır: Liu, R.H., 2007. Whole grain phytochemicals and health, *Journal of Cereal Science*, **46**, 207–219).
- Yu, L., Perret, J., Harris, M., Wilson, J., and Haely, S.,** 2003. Antioxidant properties of bran extracts from Akron wheat grown at different locations, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 1566-1570. (Ahnmıstır: Ragae, S., Abdel-Aal, E.M., and Noaman, M., 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for use, *Food Chemistry*, **98**, 32-38).
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., Harris, M., Wilson, J., and Qian, M.,** 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **50**, 1619-1624.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W.,** 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals, *Food Chemistry*, **64**, 555–559.
- Zielinski, H., and Kozłowska, H.,** 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their morphological fractions, *Journal of Food Chemistry*, **48**, 2008-2016.

EKLER

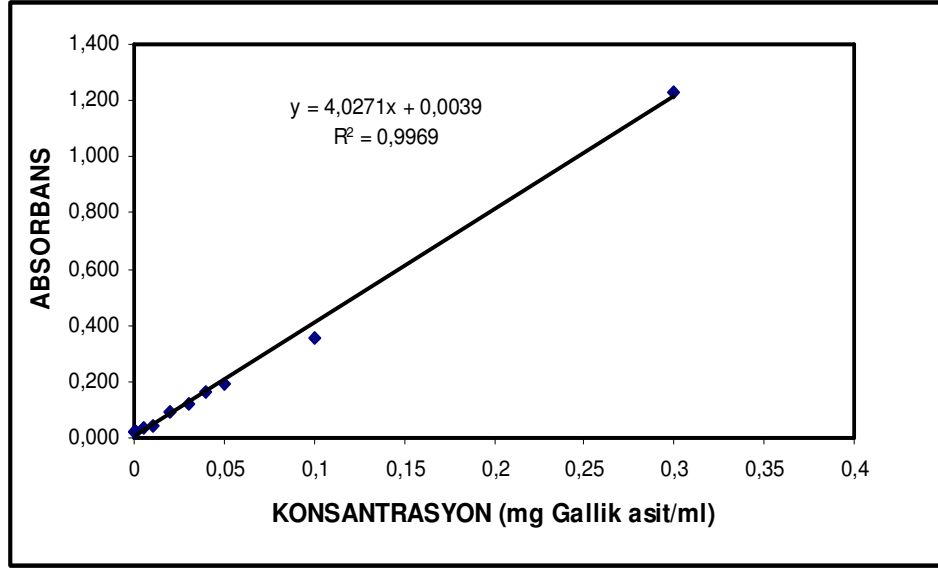
EK A



Şekil A.1: Troloks Kalibrasyon Eğrisi

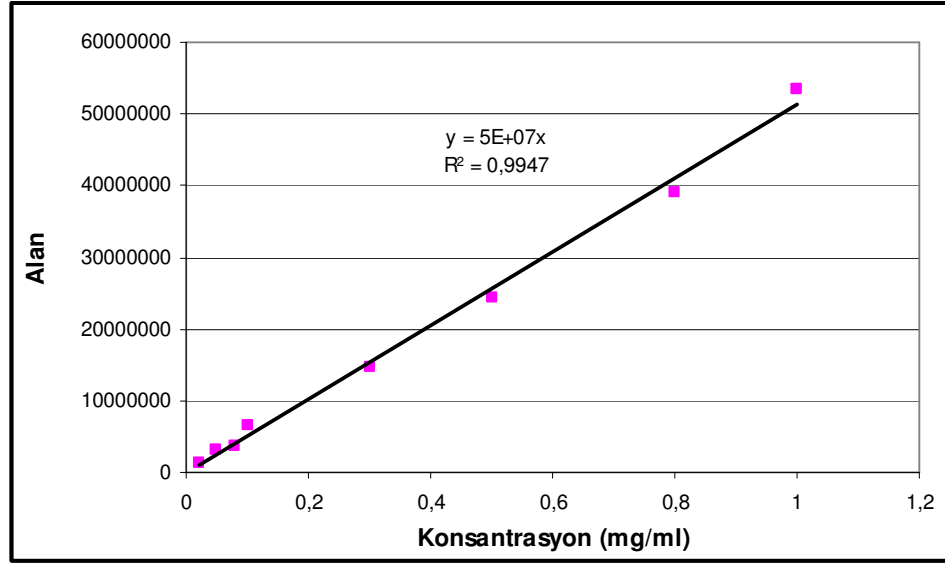


Şekil A.2: Kateşin Kalibrasyon Eğrisi

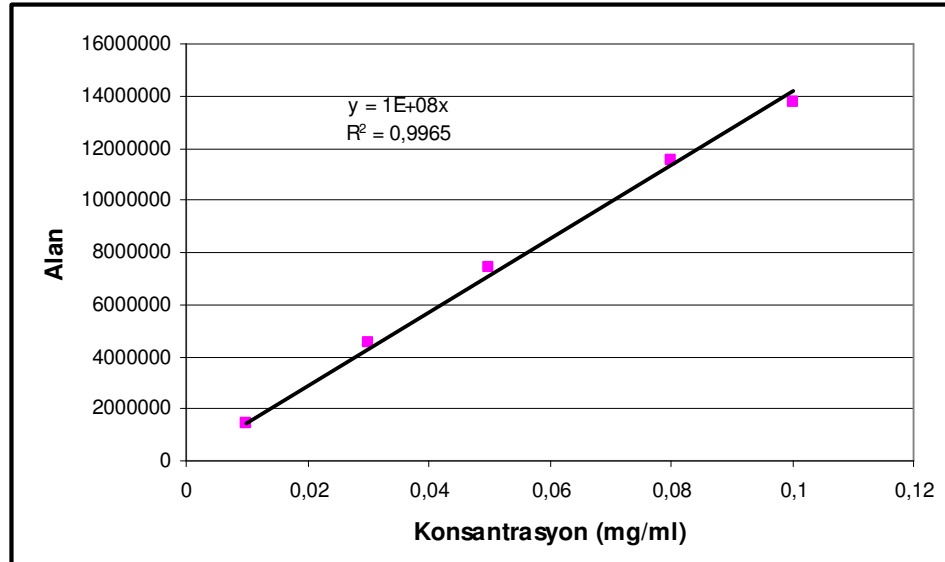


Şekil A.3: Gallik Asit Kalibrasyon Eğrisi

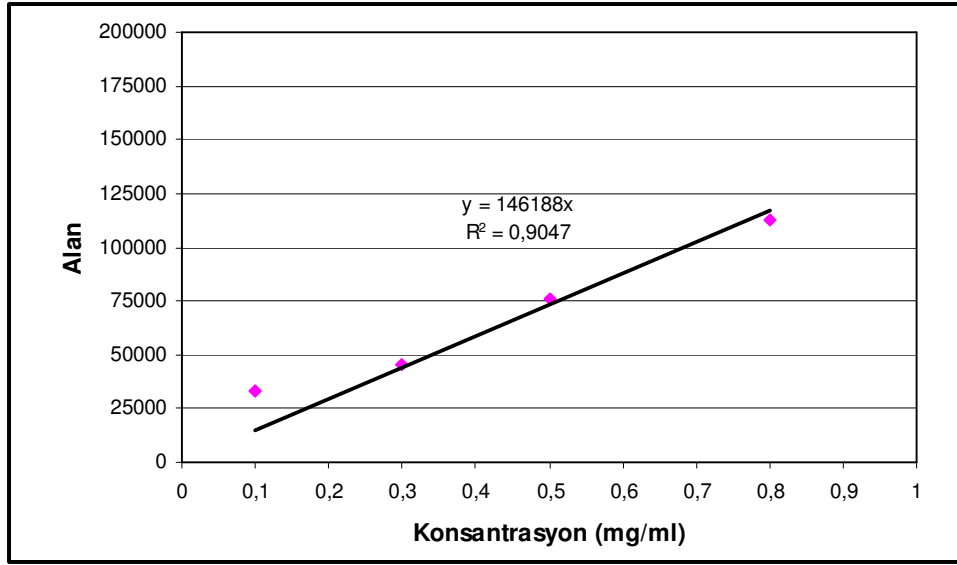
EK B



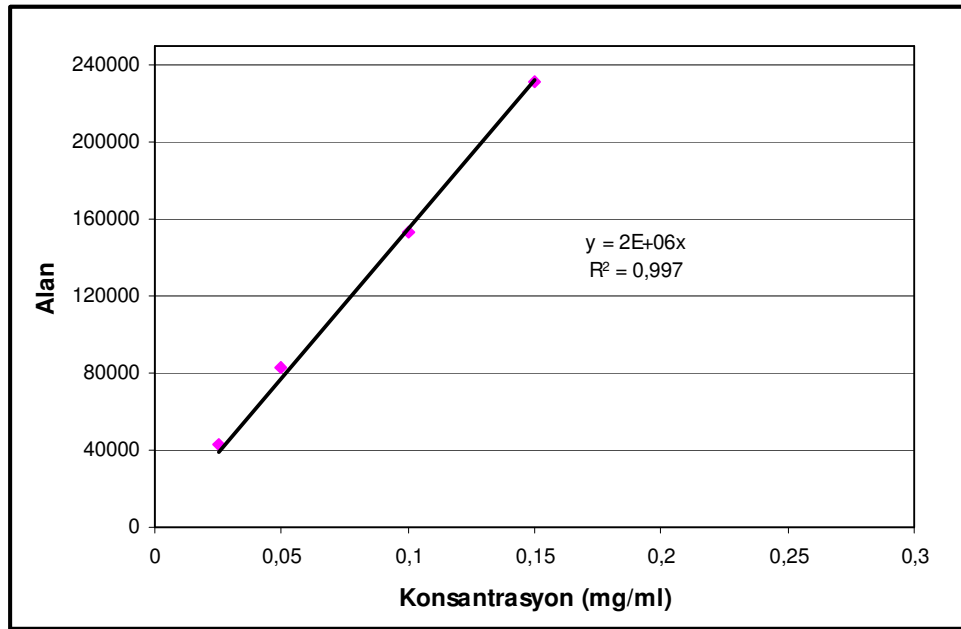
Şekil B.1: Gallik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi



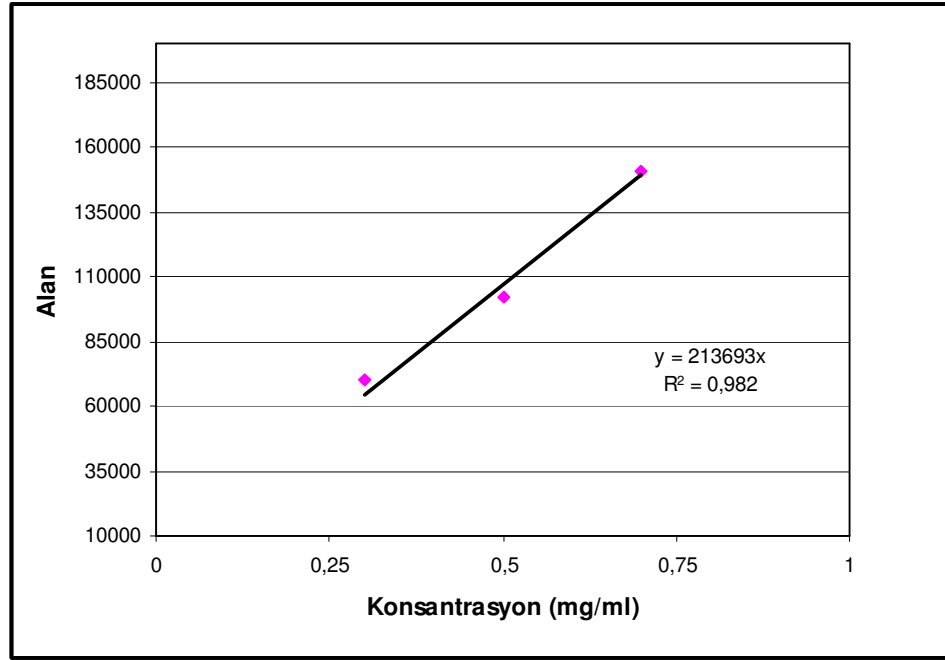
Şekil B.2: Kafeik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi



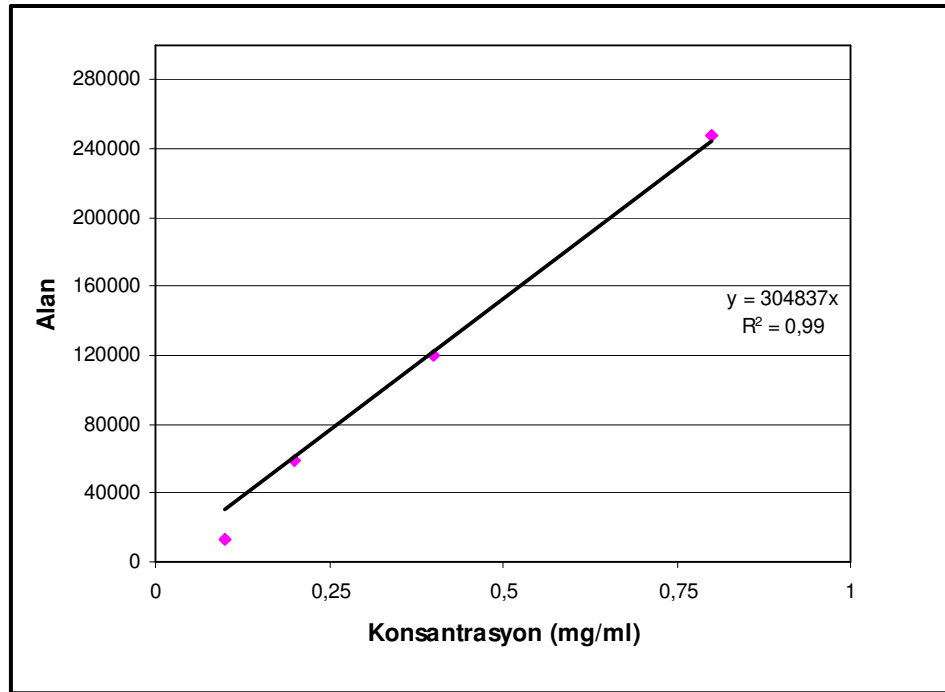
Şekil B.3: Epikateşin Standardı Kalibrasyon Eğrisi



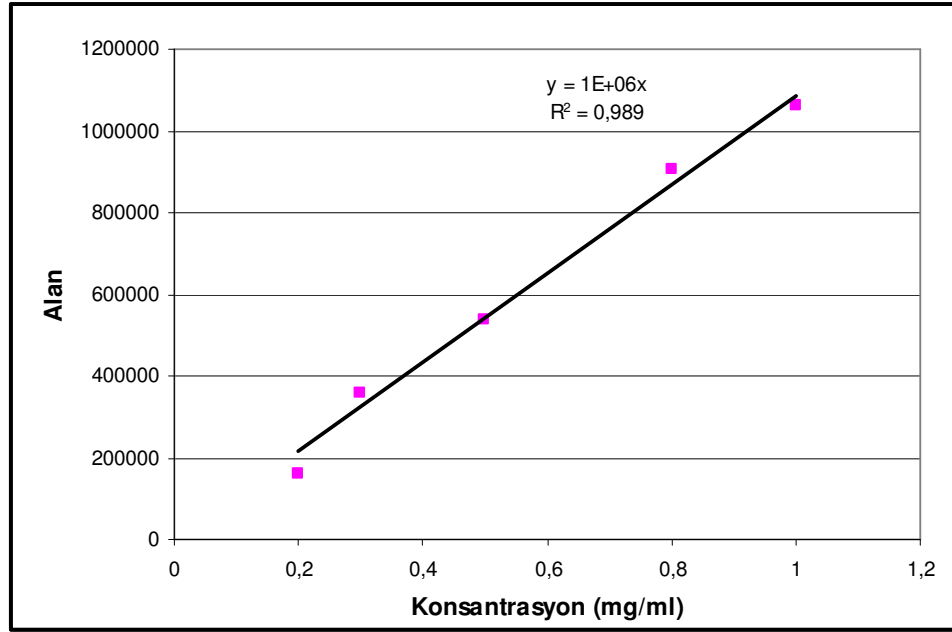
Şekil B.4: Ferulik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi



Şekil B.5: Benzoik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi



Şekil B.6: 3,4 Hidroksibenzoik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi



Şekil B.7: Elajik Asit Standardı Kalibrasyon Eğrisi

EK C**Tablo C.1:** P1, P2 ve P3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

P					
Pik No	Fenolik Bileşik		Altkonma süresi, dk	Alan	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	P1	5.314	94530	0.038
		P2	5.200	28020	0.011
		P3	5.235	19434	0.008
2	3,4 hidroksi benzoik asit	P1	12.570	12471	0.008
		P2	11.530	10423	0.006
		P3	12.004	11514	0.008
3	Epikateşin	P1	21.917	566717	0.073
		P2	23.010	556278	0.072
		P3	23.289	585620	0,076
4	Kafeik asit	P1	22,762	25942	0,0052
		P2	23,950	21265	0,0043
		P3	24,228	23467	0,0047
5	Ferulik asit	P1	31,511	24526	0.0025
		P2	32,244	20677	0.0021
		P3	32,381	21626	0.0022

Tablo C.2: S1, S2 ve S3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

S					
Pik No	Fenolik Bileşik		Altkonma süresi, dk	Alan	Miktar (mg/g)
1	Galik asit	S1	5.228	16049	0,006
		S2	5.313	19677	0,008
		S3	4.330	42686	0,017
2	3,4 hidroksi benzoik asit	S1	11.813	18191	0,012
		S2	14512	11.867	0,010
		S3	11.266	15246	0,010
3	Epikateşin	S1	23.531	458271	0,059
		S2	23.500	454319	0,059
		S3	22.773	410886	0,053
4	Kafeik asit	S1	24,229	29883	0,006
		S2	24.200	22944	0,005
		S3	23.439	16051	0,003
5	Ferulik asit	S1	32.681	13775	0,001
		S2	32.623	14768	0,001
		S3	31.622	13938	0,001

Tablo C.3: B1, B2 ve B3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

B					
Pik No	Fenolik Bileşik		Altkonma süresi, dk	Alan	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	B1	-	-	-
		B2	6.238	4131	0,002
		B3	6.978	33292	0,013
2	3,4 hidroksi benzoik asit	B1	-	-	-
		B2	11.475	14043	0,009
		B3	7.040	13462	0,009
3	Epikateşin	B1	22.948	382457	0,049
		B2	23.325	429362	0,055
		B3	23.392	449960	0,058
4	Kafeik asit	B1	23.382	15372	0,003
		B2	23.846	16869	0,003
		B3	24.274	21897	0,004
5	Ferulik asit	B1	31.656	12507	0,001
		B2	32.068	12859	0,001
		B3	32.467	17376	0,002

Tablo C.4: F1, F2 ve F3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

F					
Pik No	Fenolik Bileşik		Altkonma süresi, dk	Alan	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	F1	5.470	14678	0,006
		F2	0		0,000
		F3	5.173	23976	0,010
2	3,4 hidroksi benzoik asit	F1	11.591	21936	0,014
		F2	11.308	16408	0,011
		F3	11.765	24094	0,016
3	Epikateşin	F1	23.156	164125	0,021
		F2	23.022	135638	0,017
		F3	23.309	227203	0,029
4	Kafeik asit	F1	23.644	18142	0,004
		F2	23.505	16293	0,003
		F3	24.108	30551	0,006
5	Ferulik asit	F1	31.915	13639	0,001
		F2	31.622	11885	0,001
		F3	32.381	19926	0,002

Tablo C.5: D1, D2 ve D3 Kodlu Bulgur Örneklerine Ait Fenolik Bileşikler

D					
Pik No	Fenolik Bileşik		Alıkonma süresi, dk	Alan	Miktar (mg/g)
1	Gallik asit	D1	5,555	11821	0,005
		D2	5,472	24202	0,010
		D3	5,222	19791	0,008
2	3,4 hidroksi benzoik asit	D1	10,633	3587	0,003
		D2	11,773	25221	0,017
		D3	11,410	24804	0,016
3	Epikateşin	D1	22,953	69554	0,009
		D2	23,508	198295	0,026
		D3	23,191	222716	0,029
4	Kafeik asit	D1	23,626	11035	0,002
		D2	24,263	20578	0,004
		D3	23,983	24156	0,005
5	Ferulik asit	D1	31,93	5126	0,000
		D2	32.,32	15470	0,001
		D3	32,330	24182	0,002

EK D.**Tablo D.1:** Bulgur örnekleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek-yollu ANOVA) sonuçları

Toplam Nem Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	3,381	4	0,845	1,901	0,187
Grup içi	4,447	10	0,445		
Toplam	7,827	14			
Toplam Kül Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	0,319	4	0,080	18,331	0,000
Grup içi	0,04353	10	0,004		
Toplam	0,363	14			
Toplam Protein Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	9,125	4	2,281	18,087	0,000
Grup içi	1,261	10	0,126		
Toplam	10,386	14			
Toplam Nişasta Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	81,395	4	20,349	1,807	0,204
Grup içi	112,612	10	11,261		
Toplam	194,007	14			
Toplam Dirençli Nişasta Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	1,326	4	0,331	10,351	0,001
Grup içi	,320	10	0,032		
Toplam	1,646	14			
Çözünür Diyet Lifi Miktarı	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	6,221	4	1,555	9,986	0,002
Grup içi	1,557	10	0,156		
Toplam	7,779	14			
Çözünür Olmayan Diyet Lifi	Kareler Topamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	18,610	4	4,653	17,336	0,000
Grup içi	2,684	10	0,268		
Toplam	21,294	14			

Tablo D.2: Bulgur örnekleri ile gerçekleştirilen farklı analizlere ait istatistiksel analiz (tek-yollu ANOVA) sonuçları (devam ediyor)

Toplam Diyet Lifi Miktarı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	7,084	4	1,771	2,505	0,109
Grup içi	7,071	10	0,707		
Toplam	14,154	14			
NSİ	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	213,259	4	53,315	4,877	0,019
Grup içi	109,323	10	10,932		
Toplam	322,582	14			
HKG	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	46603,545	4	11650,886	29,043	0,000
Grup içi	4011,593	10	401,159		
Toplam	50615,138	14			
Toplam Fenolik Madde Miktarı	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	100,190	4	25,048	0,931	0,484
Grup içi	268,955	10	26,896		
Toplam	369,145	14			
DPPH Serbest Radikal Yakalama Metodu, %	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	38,006	4	9,502	2,110	0,154
Grup içi	45,028	10	4,503		
Toplam	83,034	14			
ABTS Metodu	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	46603,545	4	11650,886	29,043	0,000
Grup içi	4011,593	10	401,159		
Toplam	50615,138	14			
Toplam Flavonoid	Kareler Toplamları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P
Gruplararası	34,558	4	8,640	2,855	0,081
Grup içi	30,258	10	3,026		
Toplam	64,817	14			

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılının 6 Şubat'ında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da Özel Eyüboğlu Lisesi İlk Okulu ve F.M.V. Özel Ayazağa Işık Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nde 2006 yılında tamamladı. Aynı yıl İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Aralık 2006'dan beri bölümde araştırma görevlisi olarak çalışıyor. Çeşitli kongrelerde poster ve bildiriler sundu. Eğitim hayatı boyunca F.M.V. Başarı Bursu, Uğur Dershanesi Başarı Bursu, TÜBİTAK Yüksek Lisans Bursu ve DANONE Enstitüsü Derneği Yüksek Lisans Programı burslarını kazandı. İngilizce ve orta düzeyde Almanca biliyor.