

**KIZILÖTESİ UYGULAMASININ BULGUR
ÜRETİMİNDE KULLANIMI
VE BULGUR KALİTESİNE ETKİSİ**

**UTILIZATION OF INFRARED TREATMENT IN
BULGUR PRODUCTION
AND ITS EFFECT ON BULGUR QUALITY**

KAMİLE SAVAŞ

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2010

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

Üye (Danışman) :
Doç. Dr. Arzu BAŞMAN

Üye :
Prof. Dr. Berrin ÖZKAYA

Üye :
Prof. Dr. S. Gülüm ŞUMNU

Üye :
Doç. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY

ONAY

Bu tez/...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Adil DENİZLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KIZILÖTESİ UYGULAMASININ BULGUR ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE BULGUR KALİTESİNE ETKİSİ

Kamile SAVAS

ÖZ

Bulgur, genellikle *Triticum durum* dan temizleme, pişirme, kurutma, kabuk soyma, kırma ve sınıflandırma işlemleri kullanılarak üretilen geleneksel bir buğday ürünüdür. Bulgur yüksek besinsel değeri, uzun raf ömrü ve düşük fiyatından dolayı tüm dünyada artan üretim ve tüketimi ile modern pazarlara girmektedir. Genellikle Türkiye, Arap ve Doğu Avrupa ülkelerinde tüketilmektedir. Pişirme ve kurutma bulgur üretiminde en kritik aşamalardır. Basınç altında ve atmosferik basınçta pişirme (geleneksel yöntem) sık kullanılan pişirme yöntemleridir. Bulgur geleneksel olarak güneşte kurutulmakta, modern işletmelerde sıcak havada kurutma yapılmaktadır. Diğer kurutma yöntemlerine kıyasla kızılötesi kurutma, daha hızlı kurutma sağlamakta ve enerji tüketiminde önemli azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada kızılötesi uygulamasının atmosferik basınçta ve otoklavda pişirilmiş buğday örneklerinin kurutulması için kullanılması amaçlanmış ve sonra bulgur örneklerinin kalite özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada iki çeşit durum buğdayı (cv. Mirzabey, cv. Altın) ve iki çeşit ekmeklik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğday kullanılmıştır. Kızılötesi kurutucuda kurutma farklı kızılötesi güçlerde gerçekleştirilmiştir (525 W, 666W, 814W). Elek analizi, pişme süresi, su absorpsiyonu, suya geçen madde, protein ve kül içerikleri, renk, mikroklorimetrik (DSC) özellikleri, mikro viskoanalizör (RVA) özellikleri, elektroforetik özellikler, protein çözünürlüğü, besinsel lif ve enzime dirençli nişasta içerikleri belirlenmiştir. Pişirilen bulgur örneklerinden soyma sırasında uzaklaştırılan kabuk miktarı kurutma sırasında uygulanan kızılötesi güç arttıkça artmıştır. Otoklavda pişirilen örneklerin suya geçen madde değerleri haşlama ile pişirilenlerden daha yüksek olmuştur. Bulgur üretim işlemleri sonrasında L* değerinde azalma ve a* ve b* renk değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi uygulanan örneklerin viskozite değerleri kızılötesi gücü arttıkça azalmıştır. Bulgur örneklerinin DSC termogramlarında jelatinizasyon piki gözlenmemiştir, bu durum bulgur örneklerindeki nişastanın bulgur

üretimi sırasında tamamen jelatinize olduğunu göstermektedir. Elektroforetik sonuçlar otoklavda pişirmenin, haşlama ile pişirilen örneklerde gözlenen bazı protein bantlarının kaybolmasına neden olduğunu göstermiştir. Özellikle 666W ve 814W güçte kızılötesi kurutma bazı bantların relatif yoğunluklarında azalmaya sebep olmuştur. Kızılötesi kurutucuda kurutulan örnekler için daha düşük protein çözünürlük değerleri elde edilmiştir. Farklı pişirme ve kurutma yöntemleri bulgur örneklerinin besinsel lif ve enzime dirençli nişasta içeriklerinde düzensiz değişimlere sebep olmuştur.

Anahtar kelimeler: bulgur, kızılötesi, kurutma, pişirme, kalite özellikleri

UTILIZATION OF INFRARED TREATMENT IN BULGUR PRODUCTION AND ITS EFFECT ON BULGUR QUALITY

Kamile SAVAŞ

ABSTRACT

Bulgur is a traditional wheat product which is generally produced from *Triticum durum*, by using cleaning, cooking, drying, dehulling, grinding and classification procedures. Bulgur inlets to modern markets with increasing production and consumption overall the world due to its high nutritional value, long shelf life and low price. It is generally consumed in Turkey, Arabic and East European countries. Cooking and drying are the most critical steps in bulgur production procedure. Pressure cooking and cooking under atmospheric pressure (traditional method) are the most frequently used cooking methods. Bulgur is traditionally sun-dried and hot air drying is used in modern plants. As compared to other drying techniques, infrared drying provides faster drying and cause a significant decrease in energy consumption. Therefore, in this study it was aimed to use infrared treatment for drying of wheat samples cooked at atmospheric pressure or in an autoclave and then the quality characteristics of the bulgur samples were determined. Grains of two durum wheat cultivars (cv. Mirzabey, cv. Altın) and two bread wheat cultivars (cv. Bayraktar, cv. İkizce) were used in the study. Drying in an infrared dryer was carried out at different IR powers (525 W, 666W, 814W). Sieve analysis, cooking time, water absorption, cooking loss, protein and ash contents, color, microcalorimetric (DSC) properties, micro viscoanalyser (RVA) properties, electrophoretic properties, protein solubility, dietary fiber and resistant starch contents were determined. Amount of the bran removed during dehulling of cooked bulgur samples increased as the infrared power applied during drying increased. Cooking loss values of the samples cooked in autoclave were higher than those of the ones cooked at atmospheric pressure. After bulgur production procedures a decrease in L* value and increases in a* and b* color values were observed. Viscosity values of the infrared treated samples decreased with increasing infrared powers. Gelatinisation peak was not observed in DSC thermograms of bulgur samples, indicating that the starch in bulgur samples are completely gelatinised during bulgur production. Electrophoretic results showed that cooking in autoclave caused disappearance of some protein bands observed in the

samples cooked at atmospheric pressure. Infrared drying, especially drying at 666W and 814W, caused considerable decreases in relative intensities of some of the bands. Lower protein solubility values were obtained for the samples dried in an infrared dryer. Different cooking and drying methods caused irregular changes in dietary fiber and resistant starch contents of bulgur samples .

Key words : bulgur, infrared, drying, cooking, quality properties

TEŞEKKÜR

Değerli görüş ve yönlendirmeleri ile tez çalışmamın tamamlanması için büyük emek veren, çalışmam sırasında hem öğrencilik hem de özel hayatımda karşılaştığım her zorlukta maddi ve manevi yardımı ile yanımda olan, ilgisini ve desteğini her zaman hissettiğim çok değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Arzu Başman'a,

Tez çalışmam sırasında değerli yorum ve önerileri ile desteğini esirgemeyen sevgili hocam Prof. Dr. Hamit Köksel'e;

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Uzman Yelda Zencir, Uzman Meltem Yıldırım ve Uzman Selin Heybeli'ye;

Tez çalışmamda kullandığım ekmeklik çeşitlerin temin edilmesindeki katkılarından dolayı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden Turgay Şanal' a;

Sorularımı sabırla yanıtlayan, her zaman bilgi ve deneyimlerini paylaşan Araş. Gör. Seda Yalçın ve Araş. Gör. M. Tuğrul Masatçioğlu'na; DSC analizleri sırasında yardımını esirgemeyen Araş. Gör. İlknur Gönenç'e,

Yüksek lisans öğrenimim süresince her zaman bana umut veren, beni yüreklendiren, sevgisini ve desteğini hiç bir zaman esirgemeyen değerli dostlarım H.Handan Mert ve Guşef Şekerci' ye;

Tez çalışmam sırasında manevi destekleri ve yardımları ile yanımda olan arkadaşlarım başta Ş. Özden İsmailoğlu olmak üzere, Demet Köroğlu, Seher Gümüş, Fatma Basıncı, Nurşen Zığal ve Zeynep Damla Güder'e ve bu süreçte bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Hububat Çalışma Grubu'ndaki tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her döneminde hem maddi hem manevi olarak beni her zaman destekleyen, her türlü fedakarlık ve çabaları ile daima yanımda olan, başladığım her işte benimle birlikte emek veren, sıkıntı çeken sevgili kardeşlerim Nihal Savaş ve Oğuz Savaş ile canım annem ve babam Fatma Savaş ve Nihat Savaş'a yürekten teşekkür ediyorum ve bu çalışmamı çok değerli aileme ithaf ediyorum.

Kamile SAVAŞ

Bu alışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi tarafından 010D05602001 No'lu “Kızılötesi Uygulamasının Bulgur Üretiminde Kurutma Aşamasında Kullanımı ve Bulgur Bileşimi ve Kalite Özelliklerine Etkisi” isimli proje kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZ	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
EKLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1.GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Bulgur ile ilgili genel bilgi ve araştırmalar	4
2.1.1. Bulgur.....	4
2.2. Kızılötesi uygulaması	10
2.2.1. Kızılötesi radyasyonunun gıda alanındaki uygulamaları	13
2.2.2. Kızılötesi radyasyonunun hububat ve bazı baklagillerdeki uygulamaları..	14
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Metot	20
3.2.1. Buğday örneklerinin analizi	20
3.2.1.1. Rutubet miktarı tayini	20
3.2.1.2. Hektolitre ağırlığı tayini	20
3.2.1.3. Bin tane ağırlığı tayini	20
3.2.1.4. Camsılık tayini	20
3.2.1.5. Protein miktarı tayini	20
3.2.1.6. Kül miktarı tayini.....	20

3.2.2. Bulgur Üretimi	21
3.2.2.1. Buğday örneklerinin pişirilmesi ve kurutulması	21
3.2.2.2. Kurutulan bulgur örneklerinin kabuklarının soyulup kırılması	23
3.2.2.3. Soyma ve kırma işlemleri sonrasında yapılan elek analizleri	23
3.2.3. Bulgur örneklerinin analizi	24
3.2.3.1. Rutubet miktarı tayini	24
3.2.3.2. Protein miktarı tayini	24
3.2.3.3. Kül miktarı tayini.....	24
3.2.3.4. Renk tayini	25
3.2.3.5. Pişme süresi tayini	25
3.2.3.6. Suya geçen madde miktarı analizi	25
3.2.3.7. Su absorpsiyon miktarı tayini	26
3.2.3.8. Mikro viskoanalizör (RVA) özelliklerinin belirlenmesi	26
3.2.3.9. Nişastanın mikrokalorimetrik özellikleri	27
3.2.3.10. Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektrofrez (SDS-PAGE) 27	
3.2.3.11. Enzime dirençli nişasta (EDN) miktarı tayini	28
3.2.3.12. Besinsel lif tayini	28
3.2.3.13. Protein çözünürlüğünün belirlenmesi	29
3.2.4. İstatistiksel Analiz.....	29
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	31
4.1. Buğday Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	31
4.1.1. Buğday örneklerinin bazı fiziksel özellikleri	31
4.1.2. Buğday örneklerinin bazı kimyasal özellikleri	31
4.2. Bulgur Örneklerinin Bazı Özellikleri	32
4.2.1. Bulgur örneklerinin soyma sonrası elek analizi sonuçları	32
4.2.2. Bulgur örneklerinin kırma sonrası elek analizi sonuçları	39
4.2.3. Renk değerleri.....	44

4.2.4. Kül miktarı	48
4.2.5. Su absorpsiyon değeri	50
4.2.6. Suya geçen madde miktarı	51
4.2.7. Mikro viskoanalizör (RVA) özellikleri	54
4.2.8. Mikrokalorimetrik (DSC) özellikler	59
4.2.9. Elektroforetik Özellikler	67
4.2.10 Besinsel lif miktarı	77
4.2.11 Enzime dirençli nişasta (EDN) tayini	80
4.2.12 Protein çözünürlüğü değerleri	81
KAYNAKLAR	88
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. Buğday örneklerinin bazı fiziksel özellikleri	31
Çizelge 4. 2. Buğday örneklerinin bazı kimyasal özellikleri.....	32
Çizelge 4. 3. Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)	35
Çizelge 4. 4. Altın çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)	36
Çizelge 4. 5. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)	37
Çizelge 4. 6. İkizce çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)	38
Çizelge 4. 7. Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurlara ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%)	40
Çizelge 4. 8. Altın çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%)	41
Çizelge 4. 9. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%).....	42
Çizelge 4. 10. İkizce çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%)	43
Çizelge 4. 11. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce buğday çeşitlerine ait renk	44
Çizelge 4. 12. Makarnalık çeşitlerden (cv. Mirzabey, cv. Altın) elde edilen bulgur örneklerine ait renk analizi sonuçları	46
Çizelge 4. 13. Ekmeklik çeşitlerden (cv. Bayraktar, cv. İkizce) elde edilen bulgur örneklerine ait renk analizi sonuçları	47
Çizelge 4. 14. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin kül miktarları (% , km)	49
Çizelge 4. 15. Kurutma yönteminin İkizce çeşidine ait bulgur örneklerinin kül miktarı üzerine etkisi.....	49
Çizelge 4.16. Kurutma işleminin Mirzabey çeşidine ait bulgur örneklerinin suya geçen madde miktarı üzerine etkisi	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Elektromanyetik dalga spektrumu	11
Şekil 2. 2. Radyasyon geçişi (absorpsiyon, geçiş ve yansıma).....	11
Şekil 3. 1. İnfrared cihazı (Infrared Heater-Dryer), yakın kızılötesi lamba sistemi ve havalandırma kanalları	22
Şekil 3. 2. Tipik RVA grafiği	26
Şekil 4. 1. Makarnalık (cv. Mirzabey, cv. Altın) ve ekmeklik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğdaylardan elde edilen bulgur örneklerinden uzaklaştırılan kabuk miktarları (%) . 32	
Şekil 4. 2. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait	51
Şekil 4.3. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerine ait suya geçen madde miktarları (%).....	53
Şekil 4. 9. Mirzabey çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	61
Şekil 4.10. Altın çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	62
Şekil 4. 11. Altın çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	63
Şekil 4.12. Bayraktar çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	64
Şekil 4.13. Bayraktar çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	65
Şekil 4. 14. İkizce çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	66
Şekil 4.15. İkizce çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları	67
Şekil 4.16. Mirzabey çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri	69

Şekil 4.17. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim	70
Şekil 4. 18. Altın çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri	72
Şekil 4. 19. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Altın çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim	73
Şekil 4. 20. Bayraktar çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri	74
Şekil 4. 21. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim	75
Şekil 4. 22. İkizce çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri	76
Şekil 4. 23. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin İkizce çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim	77
Şekil 4.24. Mirzabey, Altın, Bayraktar, İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait besinsel lif miktarları (%).....	79
Şekil 4. 25. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait enzime dirençli nişasta (EDN) miktarları (%)	81
Şekil 4. 26. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların protein çözünürlüğü üzerine etkisi	82

EKLER DİZİNİ

- Ek 1.** Protein çözünürlüğü değerlerinin belirlenmesinde kullanılan BSA (bovine serum albumin)' ya ait standart eğri85
- Ek 2.** Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce örneklerinden elde edilen bulgur örneklerinin iki faktörlü tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları.....92

SİMGELER VE KISALTMALAR

- AACC : American Association of Cereal Chemists; Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
- EDN : Enzime dirençli nisasta
- EDTA : Etilendiamin tetraasetikasit
- GOPOD : Glukoz oksidaz/peroksidaz
- IR : İnfrared (Kızılötesi)
- RVA : Rapid ViscoAnalyzer; Mikro viskoanalizör
- SDS : Sodyum dodesilsülfat
- SDS-PAGE : Sodyum Dodesilsülfat Poliakrilamid Jel Elektroforezi

1.GİRİŞ

Türklerin en eski ve en önemli geleneksel gıdalarından biri olan bulgur, ucuz, dayanıklı, oldukça besleyici ve hazırlanması kolay bir gıda olması sebebiyle Orta Asya ülkeleri, Avrupa ülkeleri ve Amerika'da da tüketimi yaygın hale gelen bir yarı mamuldür.

Çeşitli besinsel ve ekonomik avantajları, üretimi ve hazırlanması kolay bir gıda olması nedeni ile bulgurun yurtdışında da üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Bulgur üretimi ülkemizde irili ufaklı 500 civarı bulgur işletmesinde yapılırken, yurtdışında bulgur üretimi yapan toplam işletme sayısı 15-20 kadardır (Bayram ve Öner, 1997; Bayram et al., 2004). Ülkemizdeki işletme sayısı ve üretim kapasitesi dikkate alındığında bulgurun ülkemiz için önemli ihracat potansiyeli olan bir ürün durumuna geldiği görülmektedir. Bu durumda kaliteli bulgur üretiminin gerekliliği kaçınılmazdır. Bu da beraberinde üretim teknolojisinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların artırılması gerekliliğini gündeme getirmektedir.

Günümüzde bulgur üretimi farklı yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Bulgur hangi yöntemle üretilirse üretilsin, esas olarak pişirme, kurutma, kabuk soyma, kırma ve sınıflandırma aşamalarından oluşan bir üretim teknolojisini gerektirmektedir. Bu üretim sürecindeki kurutma aşaması günümüz şartlarında, geleneksel yöntemde güneş altında uzun sürelerde ve endüstriyel yöntemde ise yapay kurutucularda gerçekleştirilmektedir.

Günümüzde kullanılan bulgur üretim teknolojilerinin besinsel ve ekonomik açıdan sahip olduğu dezavantajlar nedeni ile yeni uygulamaların geliştirilmesi zorunlu olmaktadır. Kızılötesi (IR) uygulaması, gıda dışındaki sektörlerde kurutma amaçlı kullanılmakta olan kısa süreli, etkin ve ekonomik bir yöntem olarak bildirilmektedir ve yakın zamanda bu uygulamanın gıda alanında da kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Kızılötesi enerji elektromanyetik enerjinin bir şeklidir. Kızılötesi enerji dalgalar halinde yayılmakta ve bu dalgalar bir materyale çarptığında kızılötesi radyasyon enerjisi materyaldeki moleküller tarafından absorbe edilmekte ve enerjiyi absorplayan

moleküllerde titreşim meydana gelmektedir. Bu titreşim sonucunda kızılötesi enerji ısı enerjisine dönüşür (Skjöldebrand, 2002).

Kızılötesi enerji materyale direkt nüfuz ettiği için geleneksel yöntemlerde gerekli olan ısıtma süresi kısaldır. Ayrıca kızılötesi radyasyonunun yüksek ısı aktarım kapasitesine sahip olması, enerjinin transferi sırasında çevredeki havayı ısıtmaması ve bu teknolojinin kullanıldığı endüstrilerde proses kontrolünün hızlı olması kızılötesi radyasyon uygulamasının enerji ve zaman tasarrufu avantajlarını ön plana çıkarmaktadır.

Kızılötesi radyasyonun gıda işlemede kullanımı, yöntemin geleneksel ısıtma sistemlerine göre daha avantajlı olması nedeniyle giderek artmaktadır. Kızılötesi uygulaması gıda ürünlerinin kurutulması, pişirilmesi, kavrulması, pastörizasyonu ve sterilizasyonu amacı ile kullanılabilir (Krishnamurthy et al., 2008).

Yapılan bilimsel çalışmalar, bulgur üretiminde kullanılan farklı yöntemlerin, bulgurun besinsel içeriğini, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini etkilediğini ortaya koymuştur. Yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerin gıdaların besinsel değerinde düşüşe sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, bulgur üretim basamaklarının kalite özelliklerinde olumsuzluklara neden olmadan modifiye edilmesi son derece önemlidir.

Literatürde bulgurla ilgili çalışmaların çoğunun buğday çeşitleri ve farklı üretim yöntemlerinin bulgur kalitesi ve gıda bileşenleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacı ile yapıldığı görülmüştür. Literatürde bulgur üretiminde farklı kurutma işlemlerinin etkisini karşılaştıran çalışmalar oldukça sınırlı olup kızılötesi uygulamasının bulgur üretiminde kurutma aşamasında kullanılmasına ve bulgurda bileşenler üzerine yarattığı etkinin belirlenmesine yönelik herhangi bir yayına rastlanılmamıştır.

Bulgurun ticari ve besinsel açıdan önemi ve tüketiminin fazla olması ve bulgur üretiminde kızılötesi uygulaması ile ilgili çalışmaların eksikliği göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışma kapsamında kızılötesi uygulamasının 2 farklı şekilde pişirilmiş örneklerin kurutulması aşamasında kullanılması ve sonrasında kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan buğday çeşitleri (cv. Mirzabey, cv. Altın, cv. Bayraktar, cv. İkizce) 2 farklı şekilde pişirilmiş (haşlama ve otoklavda pişirme) ve kurutma aşamasında farklı güçlerde yakın kızılötesi bölgede ışın uygulanarak bulgur üretilmiştir. Her iki pişirme yöntemi ile

hazırlanmış örnekler güneşte, etüvde ve kızılötesi kurutucuda farklı güçlerde (525 W, 666W, 814W) kurutulmuş ve kabukları soyulduktan sonra kırılarak bulgur örnekleri hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada bulgur üretiminde kurutma aşamasının kızılötesi uygulaması ile kısaltılması da amaçlanmıştır.

Bulgur örneklerinin pişme süresi, su absorpsiyon miktarı, suya geçen madde miktarı, protein, kül, renk, besinsel lif içeriği, enzime dirençli nişasta (EDN) miktarı, ayrıca örneklerde nişasta özelliklerindeki değişimin belirlenmesi amacı ile mikrokolorimetrik özellikler (DSC; differential scanning calorimetry) ve RVA özellikleri incelenmiştir. Bulgurda protein özelliklerinin belirlenmesi amacıyla protein çözünürlüğü ve SDS-PAGE tekniği ile elektroforetik bant desenlerindeki değişim incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Bulgur ile ilgili genel bilgi ve araştırmalar

2.1.1. Bulgur

Dünyada ilk işlenen gıda maddelerinden biri olan bulgur, yaklaşık 4000 yıllık geçmişı olan ve eski Hitit ve Babil medeniyetlerinden beri tüketilen bir tahıl ürünüdür. Bulgur, geleneksel Türk mutfağının en eski ve temel besin maddelerinden birisidir. Geleneksel sanayi ürünü durumuna gelen bulgur, 20. yüzyılda yerli halkın farklı ülkelere göç etmelerinden dolayı farklı kültürler tarafından tanınmaya başlanmıştır. Besinsel açıdan önemli, üretimi ve hazırlanması kolay bir gıda olması ülkemizde üretim tekniğinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların artışına neden olurken yurtdışında da tüketimin yaygın hale gelmesini sağlamaktadır. Bugün ülkemizde hala geleneksel yöntemlerle üretim yapan çok sayıda imalathane varsa da yavaş yavaş modern işletmeler kurulmaya başlanmış ve bu geleneksel gıdamız önemli ihracat potansiyeli olan bir ürün durumuna gelmiştir (Anıl, 1994; Özkaya, 1996; Baysal, 1997; Öner, 2002; Bayram, 2005).

Bulgur, buğdayın 2-3 katı su ilave edilerek pişirilmesi, kurutulması, kabuğunun ayrılması, kırılması ve sınıflandırılması sonucu elde edilen yarı mamul bir gıdadır (Türksoy ve Özkaya, 2004). Bulgur genellikle *Triticum durum*' dan üretilmektedir. Durum buğdayının yanı sıra ekmeklik buğday çeşitleri de bulgur üretiminde kullanılabilir. Ancak amber renginden dolayı durum buğdayı tercih edilmektedir (Öner, 2002). Makarna, buğday unu ve pirinç gibi diğer bazı tahıl kökenli gıdalar ile kıyaslandığında bulgurun kalori değeri düşük, protein, vitamin ve mineral içeriği ise daha yüksektir (Anıl, 1994; Baysal, 1997).

Bulgur üretimi ülkemizde irili ufaklı 500 civarı bulgur işletmesinde yapılırken, yurtdışında bulgur üretimi yapan toplam işletme sayısı 15-20 kadardır. Türkiye'de yıllık bulgur üretiminin 1.000.000 tonun üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Bayram, 2005). Kişı başına bulgur tüketimi 12kg olup bu miktar makarna için belirtilen değerin 2.5 katıdır (Bayram ve Öner, 1997; Bayram et al., 2004). Bulgur işletmelerinin fazla olması nedeni ile bulgur üretim teknolojisinin dünyada en hızlı gelişme gösterdiği ülke Türkiye'dir. Bu yüzden bulgur üretim teknolojisinin Türkiye'de geliştirilmesi ve yurtdışına teknoloji transferinin gerçekleştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum ülkemizin, bu alanda yurtdışına teknoloji satmasına olanak

sağlaması açısından bir avantaj olarak görülmektedir (Öner, 2002) Dünyada artan bulgur tüketimine rağmen, mevcut bulgur üretim teknolojisini geliştirmeye ve modifiye etmeye yönelik yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Bulgur üretim teknolojisindeki yeni gelişmelerin bu sektörde yurtdışına teknoloji satan ülkemizin teknolojik alandaki değerini yükselteceği düşünülmektedir.

Bulgur üretim prosesindeki farklılıklar genelde pişirme ve kurutma aşamalarında yapılan değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Geleneksel yöntemle üretimde pişirme işlemi esnasında bulgur 1.5-2 katı su ile kaynatılır. Fabrikasyon üretimde ise önceden ıslatılan buğday, sürekli bir sistemde yüksek sıcaklık ve basınç altında buharla pişirilir (Özboy, 1998; Türksoy ve Özkaya, 2004). Pişirme ile nem içeriği %40-50' ye yükseltelen buğday, rutubeti yaklaşık %10 seviyesine düşürülene kadar kurutulur. Kurutma işlemi; geleneksel yöntemde buğdaylar bezler üzerine serilerek açık havada güneş altında yapılırken, endüstriyel yöntemde tünel ya da kule tip kurutucularda 60-65°C'deki hava akımı ile gerçekleştirilmektedir (Hayta, 2001; Türksoy ve Özkaya, 2004). Kurutma işleminin ardından, buğday %2 oranında nemlendirilerek kabuğu yumuşatılıp soyma işlemi ile taneden uzaklaştırılmaktadır. Kabuğu uzaklaştırılan tane, geleneksel yöntemde taş değirmende, endüstriyel yöntemde ise valsli veya çekiçli tip değirmenlerde kırılıp iriliğine göre sınıflandırılır (Türksoy ve Özkaya, 2004). Bulgur üretimi sırasında uygulanan işlem aşamaları, son ürünün fonksiyonel karakteristik özelliklerinin oluşmasını sağlamaktadır. Pişirme ve kurutma aşamaları bulgur üretiminde en önemli aşamalardır. (Bayram et al., 2004). Bulgur hangi yöntemle üretilirse üretilsin bu işleme aşamaları sırasında uygulanan tekniğe bağlı olarak, buğdayın fiziksel, kimyasal ve besinsel özelliklerinde bazı önemli değişimler meydana gelmektedir. Pişirme işlemi ile nişasta molekülleri su alarak jelatinize olmakta, çift kırınım (birefringence) özelliğini yitirmekte, proteinler ise denatüre olmaktadır. Pişirme süresi ve sıcaklığı tanenin su absorpsiyonunu etkilemektedir. Proteinde meydana gelen değişimler sonucunda proteinlerin biyolojik değerleri ve vücuda yararlılığı artmaktadır. Bütün bu değişimlerin sonucunda tane protein ve nişasta jelinin birbiri ile kaynaşması ile camsı ve oldukça sert bir yapı kazanmaktadır. Kurutma aşamasında tanenin nem içeriği istenilen düzeye düşürülürken; bunun yanı sıra ürün, kendine özgü aroma, renk, yapı gibi özellikler kazanmaktadır (Hayta, 2001). Kurutma ile sertliği artan tane dış etkenlere karşı daha dayanıklı bir hal almaktadır (Anıl, 1994; Özkaya, 1996). Pişirme ve kurutma, özellikle

de geleneksel yöntemle güneşte kurutma, kabuk tabakası ve bulgur irmiğinin ayrılması gibi üretim aşamaları, besinsel açıdan buğdaya yakın bileşenler içeren bulgurun vitamin, mineral ve fitik asit içeriğinde bazı değişikliklere neden olabilmektedir (Türksoy ve Özkaya, 2004).

Bir çalışmada, makarnalık ve ekmeklik buğday türlerini temsilen birer çeşit üzerinde geleneksel pişirme, otoklavda pişirme ve kızılötesi ışınlama ile pişirme işlemlerinin tane yapısı ve kırılma özellikleri, su tutma özellikleri, tiamin miktarı ve duyu kalite özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kullanılan geleneksel yöntemle pişirmede, belirli miktardaki bulgur yıkandıktan sonra 1.5 katı su ile 1.5 saatte suyunu tamamen çekecek şekilde pişirilmiştir. Otoklavda pişirme yönteminde, 60°C'de 3 saat ıslatılan buğdaylar ortalama %40 su içeriğine getirildikten sonra 120°C'de 15dk otoklavda pişirilmiştir. Kızılötesi ışınlama ile pişirme 3 saat süreyle 60°C'de ıslatılmış buğdayların toplam 49 saniye kızılötesi ışınlar ile pişirildikten sonra yarım saat bir kapalı bir kaptaki bekletilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Üç farklı yöntemle pişirilmiş olan buğdaylar %12 nem içeriğine kadar hava akımlı kurutucuda kurutulduktan sonra kısmi bir kabuk soyma işlemine tabi tutulmuş ve daha sonra dişli diskli öğütücüde öğütülerek çeşitli fraksiyonlara ayrılmıştır. Çalışmada, soyma işleminin kimyasal bileşim ve renk üzerine etkileri ve tane boyutunun kimyasal bileşenler üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda; *Tr. durum* buğdayından elde edilen bulgurda, *Tr. aestivum* dan üretilene göre çirilenme pik sıcaklığı, çirilenme oranı, tane sertliği ve soymada oluşan kırık tane oranı daha yüksek, hektolitreye ağırlığı ise daha düşük bulunmuştur. Buğdayların pişirilmesinden sonra bulgurda kalan çirilenmemiş nişastanın, çirilenme pik sıcaklığının 6-7°C düştüğü belirlenmiştir. Çirilenme oranı geleneksel yöntemle pişirilen bulgurda ortalama %74.42, otoklavda pişirilen bulgurda %78.67, ışınlanarak pişirilen bulgurda ise %80.45 olarak belirlenmiştir. Makarnalık buğday çeşidinin çirilenme başlangıç sıcaklığı doğal sert ekmeklik buğday çeşidinden daha düşük iken çirilenme pik ve çirilenme bitiş sıcaklıkları ekmeklik buğday çeşidinden daha yüksek bulunmuştur. Bunlara paralel olarak da makarnalık buğdayın çirilenme entalpisinin ekmeklik buğdayinkinden %5.58 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçların ekmeklik buğdayda çirilenmenin daha hızlı ve çabuk, makarnalık buğdaylarda ise kısmen yavaş gerçekleştiğini gösterdiği bildirilmiştir. Otoklavda pişirme işleminin pilavlık bulgur verimini arttırdığı, ışınlama işleminin ise toplam bulgur verimini arttırdığı ve ayrılan kepek miktarını da en aza

indirdiği belirlenmiştir. *Tr. aestivum* türü buğday ve bulgurlarının *Tr. durum* türünden daha fazla su absorbe ettiği belirlenmiştir. %90.69 nisbi nem ortamında buğdaya göre geleneksel yöntemle pişirilmiş bulgurun %7.36, otoklavda pişirilmiş bulgurun %5.45 ve ışınlama ile pişirilmiş bulgurun %2.77 daha fazla su absorbe ettiği belirlenmiştir. *Tr. durum* buğdayının tiamin içeriği ortalama 4.995 µg /g iken, *Tr. aestivum* çeşidinin tiamin içeriği ise 4.77 µg/g olarak tespit edilmiştir. Geleneksel yöntemle pişirilen bulgurda %23.71, otoklavda pişirilen bulgurda %34.36 ve ışınlama ile pişirilen bulgurda %14.18 tiamin kaybının olduğu sonucu ortaya konmuştur. Soyma işleminin bulgurda %4.42 mineral madde kaybına sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tam bulgura göre mineral madde içeriğinin pilavlık bulgurda %4.4 daha az, köftelik bulgurda %10.84 ve bulgur ununda %71.39 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Otoklav ve geleneksel yöntemle pişirme sonucunda bulgurun renginin %9.97, ışınlama ile pişirme sonucunda ise %4.41 oranında esmerleştiği belirtilmiştir (Certel, 1990; Certel ve Ertugay, 1992).

Bir başka çalışmada, bir ekmeklik ve dört durum buğday örneği atmosferik basınçta ve otoklavda pişirilmiş ve örnekler iki farklı yöntemle (güneşte ve etüvde 80°C'de) kurularak bulgura işlenmiştir. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında örneklerin protein içeriklerinin istatistiksel olarak önemli oranda değişmediği, pişirme ve kurutma yöntemlerinin kül miktarı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, ancak kabuk tabakasının ve bulgur ununun ayrılması sonucunda kül miktarında istatistiksel açıdan önemli bir düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir. Bulgur üretimi sırasında meydana gelen tiamin ve riboflavin miktarındaki azalmanın önemli olduğu ortaya konmuştur. Bulgurların riboflavin miktarlarına pişirme yönteminin fazla bir etkisi olmamasına rağmen kurutma yönteminin etkisinin önemli miktarda olduğu ve güneşte kurutulan örneklerin riboflavin miktarlarının etüvde kurutulan örneklere göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğu belirlenmiştir. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında örneklerin Fe, Cu ve Zn içeriklerindeki düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmazken; Mn, Ca ve Mg içeriklerindeki azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirtilmiştir. Bulgur örneklerine ait gliadin bantlarının relatif yoğunlukları, buğday örneklerinininkinden daha düşük çıkmıştır. Bulgur örneklerinin nişasta granülleri polarize ışık altında incelenmiş ve bazı granüllerin çift kırınım özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir (Özkaya ve ark; 1993).

Bir çalışmada bulgur üretiminde farklı buğday eşitleri, pişirme yöntemleri ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada biri ekmeklik, ikisi makarnalık olmak üzere 3 farklı buğday çeşidi kullanılmıştır. Her bir buğday için geleneksel, otoklavda 110°C' de 0.4 At' de 10 dk. ve otoklavda 121°C' de 1.1 At'de 5 dk olmak üzere 3 farklı pişirme yöntemi uygulanmıştır. Pişirilen bulgurlar 50°C ve 70°C olmak üzere 2 farklı sıcaklıkta kurutulmuştur. 50°C' de kurutulan bulgurlarda hektolitre ağırlığının, 70°C'de kurutulan bulgurlarda ise yağ miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca durum buğdayından elde edilen bulgurların protein içeriğinin ekmeklik buğdaydan elde edilen bulgurlara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 50°C'de kurutulan bulgurlardan en yüksek protein miktarına sahip olan örneğin otoklavda 121°C de hazırlanan örnek olduğu, 70°C'de kurutulan bulgurlardan otoklavda 110°C 'deki pişirme ile elde edilenlerde ise en düşük protein miktarına sahip örnek olduğu belirtilmiştir. Bulgur rneklerinin ham selüloz miktarları üzerine buğday eşitleri, pişirme yöntemleri ve kurutma sıcaklıklarının etkisi istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (Anıl, 1994).

Literatürde bulgur üretiminde farklı kurutma işlemlerinin etkisini karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Yapılan bir çalışmada solar kurutucuda kurutma, mikrodalga ile kurutma, tepsili kurutucuda kurutma ve güneşte (açık havada) kurutma ile elde edilen bulgurda verim, bulgurun su ve yağ absorpsiyon kapasiteleri ve ekstrakte edilebilir protein miktarı üzerine etkisi araştırılmıştır. Bulgur rnekleri arasında ekstrakte edilebilir protein açısından istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir. Solar kurutucuda kurutulan bulgurların su absorpsiyonu diğer yöntemlerle kurutulan bulgurlardan istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Tepsili kurutucu ve solar kurutucuda kurutulan bulgurların yağ absorpsiyonu istatistiksel olarak aynı grupta olup, güneşte ve mikrodalgada kurutulanlara göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinin bulgur örneklerinde aroma, ağızda bıraktığı his ve görüntü açısından önemli fark yaratmadığı belirtilmiştir. Pilavlık bulgur verimi, solar kurutucuda kurutulan örneklerde daha yüksek çıkmıştır. Mikrodalga ile kurutma yönteminde istenilen nem değerlerine daha kısa sürede ulaşılmıştır fakat bu sistemin maliyetinin yüksek olması endüstriyel kullanım açısından bir dezavantaj olarak değerlendirilmiştir (Hayta, 2001).

Bir tez çalışmasında (Kahyaoğlu, 2009) fiskeyli yataklı ve mikrodalga yardımcı fiskeyli yataklı kurutucuların bulgurların kuruma hızı ve kalite parametreleri (haşlanıp

kurutulmuş buğday için yığın yoğunluk, görünen yoğunluk, görünen gözeneklilik, iç gözeneklilik, mikroyapı ve renk) üzerine etkisi araştırılmıştır. Bulgurların kuruma hızının hava sıcaklığı ve mikrodalga gücünün artması ile arttığı belirlenmiştir. Mikrodalga yardımcı fısıkiyeli yataklı kurutucu ile yapıla kurutma işleminde 288W ve 624W mikrodalga güçleri uygulanmasının kuruma süresini fısıkiyeli yataklı kurutucuya göre sırasıyla en az %60 ve %85 oranında azalttığı belirtilmiştir. Kurutma sıcaklığı olarak 50, 70, 90°C, mikrodalga gücü olarak da 288W ve 624W güçleri kullanılmıştır. Fısıkiyeli yataklı kurutmada hava sıcaklığının, renk dışındaki kalite parametreleri üzerine etkili olmazken, haşlandıktan sonra kurutulan buğdayın iç tane gözenekliliği, küreselliği ve L* değerinin hava sıcaklığı ve artan mikrodalga gücü ile arttığı belirtilmiştir. Bulgurun verimi ve su absorpsiyon kapasitesinin uygulanan mikrodalga gücü arttıkça azaldığı belirtilmiştir. Örneklerin SEM analizleri sonucunda mikrodalga yardımcı fısıkiyeli yataklı kurutucuda kurutulan bulgur örneklerinin hava ile kurutulan örneklere kıyasla daha gözenekli yapıda olduğu belirtilmiştir.

Özboy (1998) tarafından gerçekleştirilen bir tez çalışmasında, bulgur üretiminin ısı işlem aşamasında nişastada meydana gelmiş olan değişiklikler termoanalitik bir yöntem olan DSC (Differential Scanning Calorimetry) yöntemi ile belirlenmiştir. Dört çeşit makarnalık ve iki çeşit ekmeklik buğday ve bu buğdaylardan elde edilen bulgurlara ait DSC sonuçları incelendiğinde, makarnalık buğday çeşitlerinin genellikle jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı, bitiş sıcaklığı ve pik sıcaklık değerleri bakımından ekmeklik çeşitlere göre biraz daha yüksek sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Ayrıca genel olarak makarnalık ve ekmeklik buğdayların entalpi değişimlerinin, pek farklı olmadığı gözlenmiştir. Ekmeklik buğdaylarda nişastanın jelatinizasyonunun makarnalık buğdaylara göre daha hızlı gerçekleştiği bildirilmiştir. Bu sonuçların başka çalışmalardan elde edilen sonuçlarla (Certel,1990; Certel ve Ertugay,1992) uyumlu olduğu bildirilmiştir.

Saraçoğlu (1953), farklı bölgelerden elde ettiği 28 çeşit buğdayın ve bunlardan üretilen bulgurların tiamin içeriklerini incelemiş ve buğdayların bulgura işlenmesi esnasında % 8.9-%42.4 (ortalama %27.3) oranında tiamin kaybının meydana geldiğini belirtmiştir. Pence ve arkadaşlarının çalışmasında bulgur yapımında kullanılan değişik üretim yöntemlerinin B grubu vitaminleri üzerine etkisini incelenmiş ve bu çalışma sonunda buğdaydan bulgur üretilirken ortalama olarak riboflavinde %12 ve tiaminde %15 oranında kayıp olduğu belirtilmiştir (Anıl, 1994). Tiamin

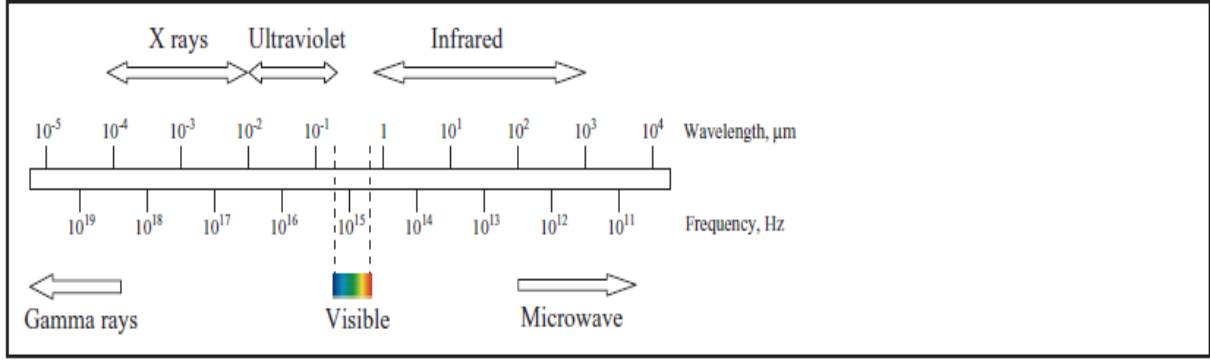
kaybının daha çok pişirme aşamasında meydana geldiği, kurutma yönteminin ise bu öge üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmektedir (Özkaya, 1996).

Bir çalışmada, geleneksel yöntemle (90 ve 100°C'de) ve otoklavda (121°C'de 17dk) pişirilip sıcak hava fırını ve açık havada kurutulan bulgur örneklerinin tiamin, riboflavin, niasin, piridoksin, pantotenik asit gibi bazı suda çözünen vitamin içerikleri üzerine pişirme ve kurutma yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. Pişirme ve kurutma yöntemlerinin bulgurun suda çözünür vitamin içeriği üzerine etkisi olduğu ve otoklavda pişirmenin diğer pişirme yöntemine göre tiamin, riboflavin, niasin, piridoksin ve pantotenik asit içeriğini daha fazla azalttığı belirlenmiştir (Kadalkal et al., 2007).

Bulgurun fitik asit içeriğine işlemlerin etkisinin belirlenmesi amacı ile yapılan bir çalışmada beş makarnalık buğday çeşidi kullanılmış, bu örnekler atmosfer basıncında ve otoklavda (121°C'de 15dk) olmak üzere iki farklı yöntemle pişirilmiş ve bu örnekler açıkta ve etüvde (80°C'de) kurutulmuştur. Bu çalışma sonucunda buğdayların bulgura işlenmesi sırasında fitik asit miktarında önemli bir düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. %18.9 ile %33.9 arasında değişen bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Özkaya ve ark, 2004). Arpa ve tritikale gibi buğday harici hammaddelerden bulgur üretimi sırasında da üretim prosesinin hammaddeden bağımsız olarak üründe tiamin, riboflavin, mineral, fitik asit ve β -glukan içeriğinde çeşitli kayıplara sebep olduğu belirtilmiştir (Köksel et al., 1999; Özboy Özbaş ve Köksel, 2003).

2.2. Kızılötesi uygulaması

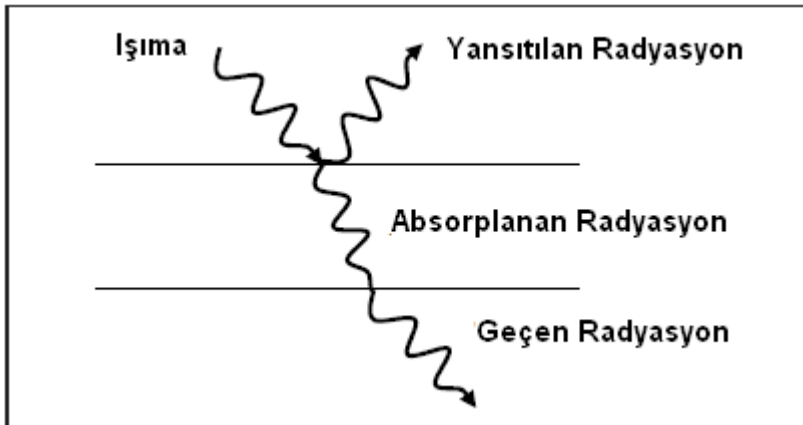
Isı transferi kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon olmak üzere 3 şekilde gerçekleşmektedir. Kızılötesi radyasyonda ısı enerjisi elektromanyetik dalgalar formunda transfer edilmekte ve elektromanyetik spektrumun görünür ışık ve mikrodalga arasındaki kısmını kapsamaktadır (Şekil 2.1). Kızılötesi radyasyonu yakın infrared (NIR), orta infrared (MIR) ve uzak infrared (FIR) olmak üzere sırasıyla 0.75 – 1.4 μm , 1.4-3 μm ve 3 – 1000 μm spektral aralıklarında sınıflandırılabilir (Sakai and Hanzawa 1994).



Şekil 2. 1 Elektromanyetik dalga spektrumu

Kızılötesi ile ısıtmanın, bazı uygulamalarda diğer ısıtma yöntemlerinden daha etkin olması, ışının dalga boyu ve reflektivite gibi belirli karakteristiklerine bağlıdır. Bir yüzeyin aldığı kızılötesi radyasyon miktarı ışının ait olduğu spektruma bağlıdır. Kızılötesi ışın farklı dalga boylarından oluşmaktadır ve her banttaki ışının sahip olduğu enerji sıcaklığa ve kaynağın yayım gücüne bağlıdır. Bu ilişki temel siyah cisim radyasyonu için Planck Yasası, Wien yer değiştirme yasası, Stefan–Boltzman yasası gibi temel kanunlarla tanımlanmaktadır (Dagerskog and Osterstrom 1979; Sakai and Hanzawa, 1994).

Yayılan elektromanyetik enerji bir gıda yüzeyine çarptığında, atom ve moleküllerin elektronik, titreşimsel ve rotasyonel durumunu değiştirebilir. Kızılötesi radyasyona maruz kalan gıda bu enerjiyi absorplayabilir, yansıtabilir (reflect) ya da dağıtabilir (scatter) (Şekil 2.2). Siyah cisimler (blackbody) kızılötesi radyasyonu yansıtmaz ve dağıtmazlar (Krishnamurthy et al., 2008).



Şekil 2. 2. Radyasyon geçişi (absorpsiyon, geçiş ve yansıma)

Kızılötesi ışınların ürüne doğrudan nüfuz etmesi ve çevredeki havayı ısıtmadan doğrudan örneği ısıtması nedeniyle yüksek ısı transfer kapasitesine sahiptir. Bu nedenle konveksiyonel ısıtmaya kıyasla daha kısa sürede etkisini göstermektedir. Bu avantajları sayesinde kızılötesi radyasyon, ısı işlem amaçlı uygulamalarda kullanılabilecek ideal bir enerji kaynağı olma potansiyeline sahiptir (Skjöldebrand, 2001).

Kızılötesi radyasyonunun gıda bileşenlerinin optik ve fiziksel özellikleri üzerine etki göstermesi, bir kızılötesi ısıtma sisteminin tasarımı ve bu sistemde gıdalara uygulanacak termal işlemin optimizasyonu açısından önemlidir. Ayrıca kızılötesi uygulamasının bazı gıdalarda protein ve nişasta gibi kimyasal bileşenler üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Krishnamurthy et al.; 2008).

Son zamanlarda kızılötesi radyasyon uygulaması gıda endüstrisinde dehidrasyon, kızartma, mikroorganizma inaktivasyonu, ağartma gibi çeşitli işlemler için ve ayrıca hayvan yemi olarak kullanılan hububatın sindirilebilirliğinin artırılmasında, baklagillerin pişme süresinin ve antibesinsel faktörlerinin azaltılmasında, biyoyarayışlılığın artırılmasında bir ön işlem basamağı olarak kullanılmaktadır (Sakai and Hanzawa, 1994; Sun et al., 2006; Krishnamurthy et al., 2008).

Gıda sistemleri farklı biyokimyasal moleküllerin, biyolojik polimerlerin, inorganik tuzların ve suyun kompleks karışımlarıdır. Böyle karışımlarda kızılötesi uygulamasıyla moleküllerde ve özellikle molekül agregatlarında mekanik titreşimler meydana gelmektedir (Halford, 1957). Amino asitler, polipeptidler ve proteinler 3-4µm ve 5-6µm'de lokalize olmuş 2 kuvvetli absorpsiyon bandına, yağlar kızılötesi spektrumda 3-4µm, 6µm ve 9-10µm'de 3 kuvvetli absorpsiyon bandına, karbonhidratlar 3µm ve 7-10µm'de bulunan 2 kuvvetli absorpsiyon bandına sahiptirler (Sandu, 1986; Krishnamurthy et al., 2008).

Farklı dalga boylarında absorpsiyon yoğunlukları gıda bileşenlerine göre değişiklik göstermektedir. Enerji absorpsiyonu mekanizma tipleri maruz kalınan radyasyon enerjisinin dalga boyu aralığı ile belirlenir ve (1) 0.2 -0.7 µm dalgaboyu aralığında (morötesi ve görünür ışınlar) elektronik durumdaki değişiklikler (2) 2.5 -1000 µm (FIR) dalga boyunda titreşimsel durumdaki değişiklikler (3) 1000 µm üzerindeki dalga boylarında (mikrodalga) rotasyonel durumdaki değişiklikler (Decareau, 1985) şeklinde kategorize edilebilir. Gıda maddeleri genelde, moleküler boyutta gerçekleşen

titreşimsel değişiklikler nedeniyle radyasyonel ısınmaya sebep olan kızılötesi enerjiyi etkin şekilde absorplamaktadır. Su ve protein, nişasta gibi temel gıda bileşenleri, 2,5 µm'den daha büyük dalga boyundaki uzak kızılötesi enerjiyi absorplamaktadır (Sakai and Hanzawa, 1994). Sandu (1986) pek çok gıdanın 2.5 µm'den daha düşük dalga boylarında düşük absorpsiyon gösterdiğini bildirmiştir.

2.2.1. Kızılötesi radyasyonunun gıda alanındaki uygulamaları

Kızılötesi uygulamasının plastik, kağıt, otomotiv gibi alanlarda kullanımı oldukça yaygın olup, gıdalarda kızılötesi uygulaması son yıllarda önem kazanmış ve bu konuda araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Kızılötesi radyasyonun gıda işleme amacıyla kullanımı, yöntemin konveksiyonel ısıtma sistemlerine göre daha avantajlı olması nedeniyle giderek artmaktadır. (Krishnamurthy et al., 2008).

Kızılötesi uygulaması kurutma teknolojisinde önemli bir yere sahiptir ve bu alanda yapılan kapsamlı çalışmalar giderek artmaktadır. Kızılötesi radyasyonu sebze, meyve, hububat ve hububat ürünlerinin kurutulması amacı ile kullanılmaktadır. Sıcak havalı kurutucular ile konveksiyonla yapılan kurutma işlemi ile kurutulan sebzelerin rehidrasyon hızı düşük olmakta ve konveksiyonla kurutma işleminin tüketime hazır (instant) ürün üretimine uygun olmadığı, bir alternatif olan dondurarak kurutma işleminin ise pahalı bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Krishnamurthy et al., 2008). Kızılötesi ürüne doğrudan nüfuz eder, yüksek ısı kapasitesine sahiptir, çevredeki havayı ısıtmadan doğrudan örneği ısıtır, hızlı süreç kontrolü ve kısa işlem süresi sağlar. Bu avantajları sayesinde kızılötesi radyasyon, ısıtma amaçlı uygulamalarda kullanılabilecek ideal bir enerji kaynağı olma potansiyeline sahiptir (Skjöldebrand, 2001). Ayrıca kızılötesi uygulamasının soya fasulyesindeki tripsin inhibitörleri, kanoladaki (Bellido et al., 2006), mısır ve pirinçteki (Skjöldebrand, 2002) antibesinsel maddeleri azaltabileceğini gösteren çalışmalar da yapılmıştır.

Sebzeler üzerine yapılan bir çalışmada kızılötesi uygulaması geleneksel kurutma yöntemi ile kombine edilmiştir. Bu kombinasyonla kurutma süresi geleneksel kurutmaya göre %48, tüketilen enerji miktarı da %63 oranında azaltılmıştır (Hebbar et al., 2004). Elma dilimleri ile yapılan bir model çalışmada ise infrared uygulaması ile

kurutma süresinin geleneksel kurutmaya kıyasla %50 oranına kadar kısaltılabileceği belirtilmiştir (Nowak and Lewicki, 2004).

Fasulyelerde yapılan bir çalışmada kızılötesi uygulanmış fasulyelerin sertliğindeki azalmanın, düşük çözünür protein ve yüksek jelatinize nişasta düzeyleri ile korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Kızılötesi uygulamasında farklı fasulyelerin renklerinin etkilenme derecesinin de farklı olduğu belirtilmiştir (Bellido et al., 2006).

Bir çalışmada mikrodalga ve infrared ile kurutulmuş kayıslarda kurutma ile A, C, E vitamini ve MDA (malondialdehid) değişimleri incelenmiştir. Mikrodalga ile kurutulan kayıslardaki A, C, E vitamin değerleri kızılötesi ile kurutulan kayıslardakinden daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada ayrıca kızılötesi ve mikrodalga kurutma sistemleri vitamin kaybı, kurutma hızı ve kayısların orjinal renginin korunması açısından karşılaştırılmış ve çalışma sonunda mikrodalga kurutmanın daha az vitamin kaybı, kurutma süresi ve orjinal rengin korunması bakımından kızılötesine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Karataş ve Kamışlı, 2007).

Başka bir çalışmada, mikrodalga-kızılötesi kombinasyonlu fırının fındıkların kavrulması amacı ile kullanımı olasılığı incelenmiştir. Ayrıca fındıkların L*, a*, b* renk değerleri, tekstürel özellikleri ve rutubet içerikleri belirlenmiştir. Kıyaslama amacı ile 150°C de 20 dakika konveksiyon ile olarak kavrulmuş fındıklar kullanılmıştır. %90 mikrodalga gücü ve üstten %60 ve alttan %20 halojen lamba gücü ile 2.5 dakika kavurma süresine tabi tutulan örnekler için optimum kavurma koşulları bulunmuştur. Bu optimum koşullarda kavruan fındıkların konveksiyon yolu ile kavruan örnekler ile renk, tekstür, nem içeriği ve yağ asidi kompozisyonu bakımından uyumlu kalite özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Uysal et al., 2008).

2.2.2. Kızılötesi radyasyonunun hububat ve bazı baklagillerdeki uygulamaları

Hububat alanında kızılötesi ile ilgili uygulamaların sayısı oldukça azdır. Sun ve ark. (2006) nın çalışmasında kızılötesi uygulamasının buğdayın kimyasal ve reolojik özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amacıyla, üç farklı nem içeriğindeki (tavlanmamış, %16 ve %22 neme tavlanmış) taneye kızılötesi uygulanmıştır. Kızılötesi uygulamasının un protein fraksiyonları üzerine etkisini belirlemek için proteinler monomerik protein, çözünür glutenin, çözünmeyen glutenin ve kalıntı protein olmak üzere 4 fraksiyona ayrılmıştır. Kızılötesi uygulamasının bu fraksiyonlar

üzerine etkisi 4 çeşidin de protein fraksiyonlarının ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir. Kızılötesi uygulamasının örneklerdeki çözünür monomerik protein ve çözünür glutenin içeriğinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Kızılötesi uygulamasının kontrole kıyasla buğdayların protein çözünürlüğünde ve glutenin fonksiyonel özelliklerinde ve monomerik protein yüzdesinde önemli bir azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Kontrol örneğinde monomerik protein içeriği %53.7 iken, tavlammamış, %16 ve %22 rutubete tavlanaarak kızılötesi uygulaması yapılmış örneklerde sırasıyla %47.2, %43.9 ve %37.4' e kadar düşmüştür. Monomerik protein içeriğinde gerçekleşen düşüşe benzer şekilde çözünür glutenin içeriğinde de bir azalma gerçekleşmiştir. Kontrol örneklerinde çözünür glutenin içeriği %9.4 olarak belirlenirken, yüksek rutubet değerine tavlanaarak kızılötesi uygulanan örneklerde bu değerler %2.4 e kadar düştüğü gözlenmiştir. Kızılötesi uygulanan buğday örneklerinde çözünmeyen glutenin miktarında %21-59, kalıntı protein miktarında da %61-79 oranında artış olduğu bulunmuştur. Toplam ekstrakte edilebilir protein miktarı %22 nem içeriğine tavlanaan örneklerde %43.5 oranında azalmıştır. 100±5°C'de kızılötesi uygulamasının protein çözünürlüğünü azalttığı, farinograf parametrelerinden hamur gelişme süresi ve stabilite değerlerinde önemli düzeyde azalmaya sebep olduğu ve miksograf pik süresi ile pik yüksekliği parametrelerinde artan kızılötesi şiddeti ile belirgin bir düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir.

Tavlammamış ve tavlanaıp (%16-%22) kızılötesi uygulanmış örneklerde monomerik ve çözünmeyen glutenin miktarları toplamı kontrol örneği ile kıyaslandığında kızılötesi uygulamasının toplam miktarda bir değişikliğe sebep olmadığı gözlenmiştir. Kızılötesi uygulamasının un örneklerinin hamur gelişme süresi ve stabilite değerinde, miksograf pik süresi ve pik yüksekliği özelliklerinde düşüşe sebep olduğu belirtilmiştir.

Afzal et al. (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada uzak kızılötesi ve konveksiyon kurutma yöntemleri kullanılmış ve arpa örneklerine ait kalite özellikleri ve farklı kurutma yöntemleri için harcanan spesifik enerji miktarları kıyaslanmıştır. Uzak kızılötesi ve konveksiyonun birlikte kullanıldığı kurutma işlemi için 40, 55, 70°C sıcaklık değerleri ile 0.167, 0.333, 0.500 W/cm² radyasyon şiddeti kullanılmış ve örnekler son rutubet değerleri %15 olana kadar kurutulmuşlardır. Konveksiyon ile kurutma için de 40, 55, 70°C sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yöntemler kurutma hızları açısından karşılaştırıldığında uzak kızılötesi radyasyonu

uygulamasının konveksiyonla kurutma yöntemine göre kurutma hızını artırıcı etki gösterdiği ve enerji tüketimini büyük ölçüde azalttığı belirtilmiştir. Uzak kızılötesi - konveksiyonla kurutma yöntemleri ile 40, 55 ve 70°C sıcaklık değerlerinde gerçekleştirilen kurutma prosesinde aynı sıcaklık değerlerinde uygulanan konveksiyonla kurutmada harcanan toplam enerji miktarında sırasıyla %156, %238 ve %245 oranında azalma gerçekleştiği belirtilmiştir. Genel olarak kızılötesi şiddetinin artması ile arpa kalitesinde düşüş olduğu belirtilmiştir.

Kızılötesi uygulamasına dair son 3 yıl içerisinde “Kızılötesi Uygulamasının Pirinç ve Arpa Ana Bileşenleri Üzerine Etkisi” isimli bir yüksek lisans tez çalışması (Fevzioğlu, 2008) ve “İnfrared Uygulamasının Pirinç ve Makarna Bileşenleri ve Kalitesi Üzerine Etkisi” isimli H.Ü. Bilimsel Araştırmalar Birimi projesi (Başman ve Yalçın, 2008) yürütülmüştür. Proje kapsamında erişte örneklerinin üretiminde kurutma aşamasında kızılötesi kullanılması ile kontrol örneğinde 7.5 dak olan pişme süresi 3.45 dakikaya düşürülmüştür. Kızılötesi uygulama gücü arttıkça pişme kaybı ve toplam organik madde miktarında önemli azalma kaydedilmiştir. Su absorpsiyonu ve hacim artışı değerleri kızılötesi uygulamasından olumsuz etkilenmiştir. Kızılötesi uygulanmış erişte örnekleri pişirilip tekstür analizinde kopmaları için gerekli kuvvet belirlendiğinde bu örneklerin daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Kızılötesi uygulaması ile üretilmiş erişte örneklerinin özellikle son viskozite değerleri artmıştır. Tez çalışması kapsamında ise kızılötesi uygulamasından önce pirinç örnekleri %12 ve %15, arpa örnekleri ise %20 ve %26 rutubet değerlerine tavlansızdır. Tavlanmamış, %12 ve %15 rutubete tavlansız pirinç örneklerine 545, 727, 909, 1127 ve 1309 W; tavlanmamış, % 20 ve %26 rutubet değerlerine tavlansız arpa örneklerine ise 814, 1003, 1208, 1342 ve 1505 W güçte kızılötesi uygulanmıştır. Kızılötesi uygulamasının nişasta ve protein bileşenlerine ait özelliklerde önemli değişimlere sebep olduğu belirtilmiştir. Uygulanan kızılötesi gücü arttıkça pirinç örneklerinde pişme süresinde yaklaşık %75 azalma kaydedilmiştir. Tavlanmış örneklerin pişme sürelerinin tavlanmamış örneklere kıyasla daha kısa olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi uygulaması ile bazı pirinç ve arpa örneklerinin çözünür karbonhidrat içeriği ve *in vitro* nişasta sindirilebilirliği artmış, viskozite değerlerinde ciddi değişimler gözlenmiştir. Tavlanmış ve tavlanmamış Baldo ve Demir pirinç örneklerinin 1127 W ve 1309 W gücündeki kızılötesi uygulamasından sonra pik viskozitesi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir azalma gözlenmiştir. Tavlanmamış ve 1309W gücünde kızılötesi

uygulanmış pirinç örneklerinin karıştırma ile viskozite azalması değerlerinin en düşük ve son viskozite değerlerinin en yüksek olduğu bildirilmiştir. Arpa örneklerinde tavlammamış ve 1505W gücünde kızılötesi uygulanmış örneklerin incelme sonrası viskozite, karıştırma ile viskozite azalması ve son viskozite değerlerinin en düşük olduğu belirtilmiştir. Tüm arpa örnekleri içerisinde en düşük pik viskozitesi değerleri tavlammamış arpa örneklerine 1505W gücünde kızılötesi uygulanması sonucunda elde edilmiştir. Tavlammamış pirinç örneklerinin protein çözünürlüğü değerinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca elektroforegramların densitometrik analizi, kızılötesi uygulama gücü arttıkça bazı pirinç ve arpa proteinlerinin relatif bant yoğunluklarının azaldığını göstermiştir. Kızılötesi uygulamasının pirinç ve arpa örneklerinin toplam besinsel lif ve enzime dirençli nişasta değerlerinde önemli değişikliklere neden olmadığı belirlenmiştir.

Fevzioğlu ve Başman (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada buğday örneği (cv. Mızrak) %16, %20 ve %24 rutubet değerlerine tavlannarak bir gece bekletilmiştir. Tavlammamış ve farklı rutubet değerlerine tavlannmış örneklere yakın kızılötesi bölgede 727 W ve 1309 W güçte 5 ve 10 dakika süre ile kızılötesi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Örneklerin RVA özellikleri incelendiğinde kızılötesi uygulamasının buğday nişasta özelliklerini değiştirdiği; tavlammamış buğday örneklerine kızılötesi uygulanması ile genellikle tüm viskozite değerlerinde kontrol örneğine kıyasla bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Tavlannmış örneklerde tavlama rutubetinin artması ile aynı güçte aynı süre işlem görmüş örneklerin pik viskozitesi, incelme sonrası viskozite ve son viskozite değerlerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Aynı rutubet değerine tavlannmış ve farklı süreler ile 1309 W kızılötesi güç uygulanan örneklerde süre arttıkça pik viskozitesinde ve son viskozite değerinde azalma gözleendiği belirtilmiştir. Buğday örneklerinden %24 rutubete tavlannmış örneğe, 5 ve 10 dakika süre ile 727W güçte kızılötesi uygulandığında örneğin en yüksek pik viskozitesi değerini; 5 ve 10 dakika süre ile 1309W kızılötesi uygulandığında ise en yüksek son viskozite değerini verdiği belirtilmiştir.

Bir başka çalışmada pirinç örneklerine kalınlıkları 3, 6, 12 ve 25 mm olmak suretiyle farklı şiddetlerde (5514, 4520, 3510, 2520, 1509 W/cm²) kızılötesi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kızılötesi uygulaması yapılmadan önce örnekler 24 saat süre ile suda bekletilmiştir. Süre sonunda ortamdaki su uzaklaştırılarak örneklerin dengeye gelmesi için 60 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örnekler, uygulanan 5514,

4520, 3510, 2520 ve 1509 W/cm² kızılötesi şiddetlerinde son rutubet seviyeleri %13-14 olacak şekilde kurutulmuştur. Örnek kalınlığının artmasının, sarılık indeksini düşürücü etkisinin olduğu belirtilmiştir. Yüksek kızılötesi güçlerinde düşük kızılötesi güçlerine göre daha koyu renkli örnekler elde edildiği belirtilmiştir. 0.3, 0.6, 1.2 ve 2.5 cm örnek kalınlıklarında radyasyon şiddeti arttıkça spesifik enerjide sırasıyla: 73.4 MJ/kg' dan 49.1 MJ/kg' a, 35.4 MJ/kg' dan 20.3 MJ/kg' a, 31.5MJ/kg' dan 19.8 MJ/kg' a ve 23.9 MJ/kg' dan 14.7 MJ/kg ' a kadar azalmanın gözlemlendiği belirtilmiştir. Örneklerle uygulanan kızılötesi gücü arttıkça % jelatinize olmuş tane miktarının da yükseldiği belirtilmiştir (Das et al., 2004).

Gıda endüstrisinde kızılötesi uygulaması ile ilgili çalışmalar genellikle baklagillerin pişme süresini kısaltmak ve enerji tasarrufu üzerine yoğunlaşmıştır. IR uygulanmış baklagillerde nişasta kısmen jelatinize olmakta ve su taneye daha kolay nüfuz edebilmekte ve böylece pişme süresi kısalmaktadır (Arntfield et al., 1997).

Mercimek örnekleri üzerine yapılan bir çalışmada; örnekler deiyonize su veya bir veya birden fazla tuz (sodyum karbonat, sodyum bikarbonat, trisodyum fosfat ve sodyum tripolifosfat) veya asit (disodyum EDTA, askorbik asit ve sitrik asit) içeren çözeltilerle %20 ve %40 rutubet değerlerine tavlansın ve kızılötesi uygulaması yapılmıştır. Fazla sıvı içerisine daldırılan örnekler için de daha sonra kızılötesi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Her üç işlemde de (%20 ve %40 tavlama ve fazla sıvıya daldırma) pişme süresinin kısaldığı, %40'a tavlansın örneklerde pişme süresinin %20'ye tavlansınlar örneklerdekinden daha kısa olduğu belirlenmiştir. Pişme süresinin kısılması açısından en etkili yöntemin ise fazla miktarda sıvı içerisine daldırma işlemi olduğu belirtilmiştir. En iyi (optimum) pişmenin görüldüğü mercimeklerde pik kuvveti 33N iken, fazla suya daldırılıp kızılötesi uygulansın örneklerde 15 dakika pişirme işlemi sonunda pik gücünün 24.9 N'a düştüğü belirtilmiştir. Sadece su ile %20 rutubet içeriğine tavlansın ve kızılötesi uygulansın örnekler 30 dakika pişirildiğinde pik kuvveti 31.1N olurken, su ile %40 rutubete tavlansın kızılötesi uygulansın ve 30 dakika pişirilen örneklerde ise pik kuvveti 22.6N olmuştur. Pik gücünün düşmesi yapının yumuşadığını ve pişme süresinin kısaldığını göstermektedir (Scanlon et al., 1998).

Bir başka çalışmada ise kızılötesinin mercimek örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kızılötesi uygulaması için 115 voltta çalışan

kuartz lambaların bulunduğu ve elde edilen maksimum dalga boyunun 1150 nm olduğu kızılötesi cihazı kullanılmıştır. %25, 29 ve 33 rutubet içeriklerine tavlana mercimek örneklerine kızılötesi uygulanmıştır. Kızılötesi uygulamasının ardından örnekler %7, 9, 12 rutubet içeriğine kadar kurutulmuştur. Tavlama rutubetinin % jelatinize nişasta miktarını önemli oranda etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca IR uygulamasından sonra örneğin ulaştığı son rutubet değerlerinin de nişasta jelatinizasyon derecesi açısından önemli birer etken olduğu ve düşük rutubet (%7) değerlerine sahip örneklerde jelatinize nişasta oranının da daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi uygulamasının mercimeklerin protein çözünürlüğü değerleri üzerine etkisi de incelenmiştir. Örnekler pH 7' de 0.5M NaCl çözeltisinde ekstrakte edildikten sonra protein çözünürlüğü belirlenmiştir. Tavlama rutubetinin protein çözünürlüğünü önemli derecede etkilediği ve %25 rutubete tavlama örneklerin protein çözünürlüğünün %29 ve %33 rutubete tavlama örneklerinkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında son rutubet değerinin de protein çözünürlüğü üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. %7 değerine sahip örneklerin %9 ve %12 oranla daha düşük protein çözünürlüğüne sahip olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi uygulaması sırasında örneklerdeki yüksek rutubet içeriğinin proteinlerde denatürasyon ve agregasyona duyarlılığı arttırdığı ve protein çözünürlüğünü azalttığı açıklanmıştır. Kızılötesi uygulamasının örneklerin renk değerleri üzerinde de etkili olduğu ve tavlama düzeyi arttıkça L değerinde düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir (Arntfield et al., 1997).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında bulgur üretimi için Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü' (Ankara) nden temin edilen 2 çeşit ekmeclik buğday (cv. Bayraktar ve cv. İkizce); 2 çeşit durum buğdayı (cv. Altın ve cv. Mirzabey) kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Buğday örneklerinin analizi

3.2.1.1. Rutubet miktarı tayini

Buğday örneklerinin rutubet miktarı AACC Metod No: 44-01 (AACC, 1990)'e göre belirlenmiştir.

3.2.1.2. Hektolitreye ağırlığı tayini

Buğday örneklerinde hektolitreye ağırlığı tayini, bir litrelik hektolitreye terazisinde yapılmış ve sonuçlar kg/hl şeklinde verilmiştir (AACC, 1990).

3.2.1.3. Bin tane ağırlığı tayini

Yabancı maddelerinden temizlenmiş 20g buğday örneğinin içerdiği tane sayısı belirlendikten sonra bin tane ağırlığı hesaplanmıştır (Köksel ve ark., 2000).

3.2.1.4. Camsılık tayini

Camsılık tayini, buğday örneklerinde Grobecker kesit aleti kullanılarak yapılmıştır (Köksel ve ark., 2000).

3.2.1.5. Protein miktarı tayini

Buğday örneklerinin protein miktarı (Nx5.7) AACC Metod No: 46-12 (AACC, 1990)'de belirtilen Kjeldahl yöntemine göre saptanmıştır.

3.2.1.6. Kül miktarı tayini

Buğday örneklerinin kül içeriği AACC Metod No: 08-01 (AACC, 1990)'e göre belirlenmiştir.

3.2.2. Bulgur Üretimi

3.2.2.1. Buğday örneklerinin pişirilmesi ve kurutulması

Buğday örnekleri haşlama yöntemi ile veya otoklavda olmak üzere 2 farklı şekilde pişirilmiştir. Haşlama yöntemi ile pişirmede buğday örnekleri nem içerikleri yaklaşık %45-50 olacak şekilde buğday miktarının 2.5 katı su eklenip ağzı kapalı şekilde Berzelius kaplarında 1 saat 10 dakika süre ile suyunu tamamen çekecek şekilde pişirilmiştir. Pişirme işlemi sıcaklığı ayarlanabilen ve sabit tutulabilen kum banyosunda sıcaklık 250°C'ye ayarlanarak gerçekleştirilmiştir. İkinci pişirme tekniği olan otoklavda pişirmede, buğday örneğinin üzerine su (1.3L su/1kg buğday örneği) eklenerek 60°C'deki su banyosunda ağzı kapalı kavanozlar içerisinde 3 saat süre ile bekletilmiş ve daha sonra örneklere otoklavda 1.1 bar basınç altında 121°C'de 17 dakika süre ile pişirme işlemi uygulanmıştır. Pişirilen buğdaylar süzülerek fazla suyu alınıp bir süre dinlendirildikten sonra nem içeriğinin %8 -11'e düşürülmesi amacı ile farklı yöntemlerle kurutulmuştur.

Belirtilen her iki yöntemle pişirilen buğday örnekleri Eylül ayında açık havada güneş altında 72 saat (3 gün) süre ile kurutularak kontrol bulgur örnekleri elde edilmiştir. Etüvde kurutma işlemi 60°C'de 18 saat süre ile gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında pişmiş buğday örneklerinin kızılötesi ile kurutulması için laboratuvar tipi kapalı bir sistem olarak dizayn edilmiş infrared cihazı (Infrared Heater-Dryer, Biasis Ltd. Şti., Ankara) kullanılmıştır. İnfrared cihazı yakın (near) infrared bölgede çalışabilen kapalı bir sistem olarak dizayn edilmiştir. Sistemde kısa dalgalar yayan 12 adet 150 Watt'lık halojen lamba (Philips, Infrared, R125 IR R, Holland) kullanılmıştır.

Sistemde ısınmayı önlemek ve hava sirkülasyonunu sağlamak amacı ile havalandırma kanalları bulunmaktadır. Cihazın üst kısmında toplam 9 volt'ta çalışan 2 adet hava sirkülasyon fanı, kurutma tepsisi hizasında ise her biri 12V ile çalışmakta olan 5 tanesi sağ ve 5 tanesi de sol tarafta olmak üzere toplam 10 adet hava sirkülasyon fanı mevcuttur. Yan yüzeylerde ışığın absorplanmasını engellemek için alüminyum reflektör kullanılmıştır. Işık kaynağı örnekten en az 5 cm en çok 39 cm uzaklıkta olacak şekilde ayarlanabilmektedir. Ayrıca cihaz içinde ortamın sıcaklığı

ölçülmektedir. Işık kaynağının güç ayarı sisteme kombine edilmiş 10 kademeli dimmer vasıtası ile yapılabilmektedir.



Şekil 3. 1. İnfrared cihazı (Infrared Heater-Dryer), yakın kızılötesi lamba sistemi ve havalandırma kanalları

Kızılötesi cihazı ile kurutma yapılan örneklerde ışık kaynağı örnekten 20 cm uzaklıkta olacak şekilde ayarlanmış ve pişirilen buğdaylar 525 W, 666 W ve 814 W olmak üzere 3 farklı güçte, son rutubet değerleri %8-11 olacak şekilde kızılötesi uygulamasına maruz bırakılarak kurutulmuştur. Yapılan ön denemelerde yüksek güçlerde kızılötesi uygulaması sırasında pişmiş buğday materyalinin suyunun çok fazla olması ve kızılötesi uygulaması sırasında tane içerisindeki su buharı basıncının hızla artması sonucunda tane şişerek kabarcıklı ve içi boş bir hal almaktadır. Bu boşluklu yapının oluşmasını en aza indirmek amacıyla tez çalışması kapsamında kurutmanın gerçekleşebileceği en düşük güçlerde kızılötesi uygulaması tercih edilmiştir. Kızılötesi uygulaması ile kurutma aşamasında kurutma süreleri 525 W için 3 saat 30 dakika, 666W için 2 saat 10 dakika ve 814 W için 1 saat 20 dakika olarak uygulanmıştır. Bu süreler yapılan ön denemeler ile belirlenmiştir. Kurutma sonrasında elde edilen tüm tane bulgur örneklerinin rutubet değerleri % 8.50–10.85 aralığında olacak şekilde kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir kızılötesi gücü için kurutma

sırasında IR tabanca ile örneklerin sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri, kızılötesi 525W, 666W ve 814W güç ile kurutmada sırasıyla 83.8°C, 90.9°C ve 122.2°C olarak belirlenmiştir.

Kurutma işleminden sonra örnekler 10 dakika oda sıcaklığında soğutulduktan sonra paketlenmiş ve kabuk soyma aşamasına kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2.2.2. Kurutulan bulgur örneklerinin kabuklarının soyulup kırılması

Farklı rutubet değerlerine sahip olan bulgur örnekleri soyma aşamasından önce, ilk olarak rutubet oranı %11 olacak şekilde tavlaniş dengeye gelmesi için 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra son rutubeti %12 olacak şekilde uygun miktarda su ilave edilip yarım saat süre ile ikinci tavlama yapılmıştır. Her iki tavlama işlemi de oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Tavlama aşamasında verilecek su miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$W = [A (R_2 - R_1)] / (100 - R_2)$$

W: İlave edilecek su miktarı (ml)

R₁: Örneğin rutubeti

R₂: Tavlama rutubeti

A: Tavlanaş örnek miktarı (g)

Tavlama işlemi gerçekleştirildikten sonra kabuk soyucuda (Poyraz Kabuk Soyma Makinası, Konya) kabukları 5 dakika süre ile soyulmuş ve daha sonra bulgur kırma değirmeninde (Duru Değirmen Makinaları, Karaman) kırılmıştır.

3.2.2.3. Soyma ve kırma işlemleri sonrasında yapılan elek analizleri

Pişirilmiş ve kurutulmuş bulgur örneklerinin soyulması sırasında tanelerde istenmeyen parçalanmalar meydana gelmiştir. Bu parçalanmaların kırma öncesinde tane boyutu dağılımını ne yönde etkilediğinin belirlenmesi amacıyla soyma işlemi sonrasında 3 mm, 2.8 mm, 2.5 mm, 2 mm, 1.6 mm ve 0.5 mm'lik elekler kullanılarak soyulan örnekler için elek analizi yapılmıştır.

Kırma işlemi sonucunda tane boyutu dağılımının belirlenmesi amacı ile kırılan bulgur örnekleri için elek analizi gerçekleştirilmiştir. Kırma işleminden sonra örnekler 3.5mm,

3mm, 2.8mm, 2.5mm, 2mm, 1.6mm ve 0.5mm'lik eleklerden elenmiş ve 0.5mm'lik elek altında kalan kısım dışındaki tüm kısımlar karıştırılarak analiz amacıyla kullanılmıştır.

Kırma analizi sonrasında bulgur örneklerinin kütle ortalama çapları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\overline{D}_{pi} = \frac{D_{pi} + D_{p(i-1)}}{2} \quad \overline{D}_w = \sum_{i=1}^n \overline{D}_{pi} X_i^w$$

X_i^w : Elekler arasında kalan örnek miktarı (g)

D_{pi} : Elek gözenek boyutu (mm)

\overline{D}_{pi} : Ortalama partikül çapı (mm)

\overline{D}_w : Kütle ortalama çapı (mm)

3.2.3. Bulgur örneklerinin analizi

Üretilen bulgur örnekleri kahve değirmeni (Moulinex Super Junior 'S' A505, Fransa) kullanılarak öğütülmüş, 212 µm' lik elekten elenmiş ve analiz yapmak üzere oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Analiz için öğütülmüş bulgur örneklerinden 212 µm elek altında kalan kısım kullanılmıştır.

3.2.3.1. Rutubet miktarı tayini

Kabukları soyulmuş, kırılmış ve öğütülmüş bulgur örneklerinin rutubet miktarı AACC Metod No 44-01 (AACC, 1990)'e göre belirlenmiştir.

3.2.3.2. Protein miktarı tayini

Kabukları soyulmuş, kırılmış ve öğütülmüş bulgur örneklerinin protein içeriği AACC Metod No 46-12 (AACC, 1990)'ye göre belirlenmiştir.

3.2.3.3. Kül miktarı tayini

Kabukları soyulmuş, kırılmış ve öğütülmüş bulgur örneklerinin kül içeriği AACC Metod No 08-01 (AACC, 1990)'e göre belirlenmiştir.

3.2.3.4. Renk tayini

Renk değerleri tane buğday örneklerinde ve kabuğu soyulmuş ve kırılmış bulgur örneklerinde Minolta Spectrophotometer, CM-360d kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri L* (siyah-beyaz), a* (yeőil-kırmızı), b* (mavi-sarı) olarak ölçölmüőtür. Uygulanan farklı piştirme ve kurutma yöntemlerinin renk değerlerinde neden olduğu deęiőtimin genel olarak değerlendirilmesi amacıyla ΔE değerleri hesaplanmıőtir. Bu değer için hesaplama aőaęıda verilen formöle göre yapılmıőtir. Referans değerler olarak her bir piştirme yöntemi için güneşte kurutulan kontrol örneğine ait L*, a* ve b* değerleri alınmıőtir.

$$\Delta E = \sqrt{((L^* - L^*_{ref})^2 + (a^* - a^*_{ref})^2 + (b^* - b^*_{ref})^2)}$$

3.2.3.5. Piőtme süresi tayini

Piştirme iőtlemi sıcaklığı ayarlanabilen ve sabit tutulabilen kum banyosunda sıcaklık 220°C'ye ayarlanarak geręekleőtirilmiőtir. Kaynamakta olan suyun içerisine atılan bulgur örneklerinden belirli sürelerde bir miktar alınıp cam levhalar arasında sıkıőtırılıp bulgur örneğinde sert piőtmemiőt kısım kalmayınca kadar bu iőtleme 30 sn ara ile devam edilmiştir. Tüm bulgur örnekleri için piőtme süresi 8 dakika olarak belirlenmiştir.

3.2.3.6. Suyu geçen madde miktarı analizi

Kaynamakta olan 100 ml su içerisine 10 g örnek ilave edilip piőtme süresi (8 dk) sonunda piőtme suyu, önceden sabit tartıma getirilmiőt 600ml' lik behere süzölmüőtür. Piştirme kabında kalan kısmı da alabilmek için 36ml su ilave edilmiőt ve kalan kısım yıkanarak süzölmüőtür. Süzme iőtleminin tamamlanması için 5 dakika beklendikten sonra beherlere alınan süzöntü 98±1°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuőtür. Suyu geçen madde miktarı aşağıdaki formöle göre saptanmıőtir. Suyu geçen madde miktarı aşağıdaki formöle göre hesaplanmıőtir.

$$\% \text{ Suyu geçen madde} = 100 \times (G \times 10) / (100 - R)$$

G = Suyu geçen madde miktarı (g)

R = Örnek rutubeti

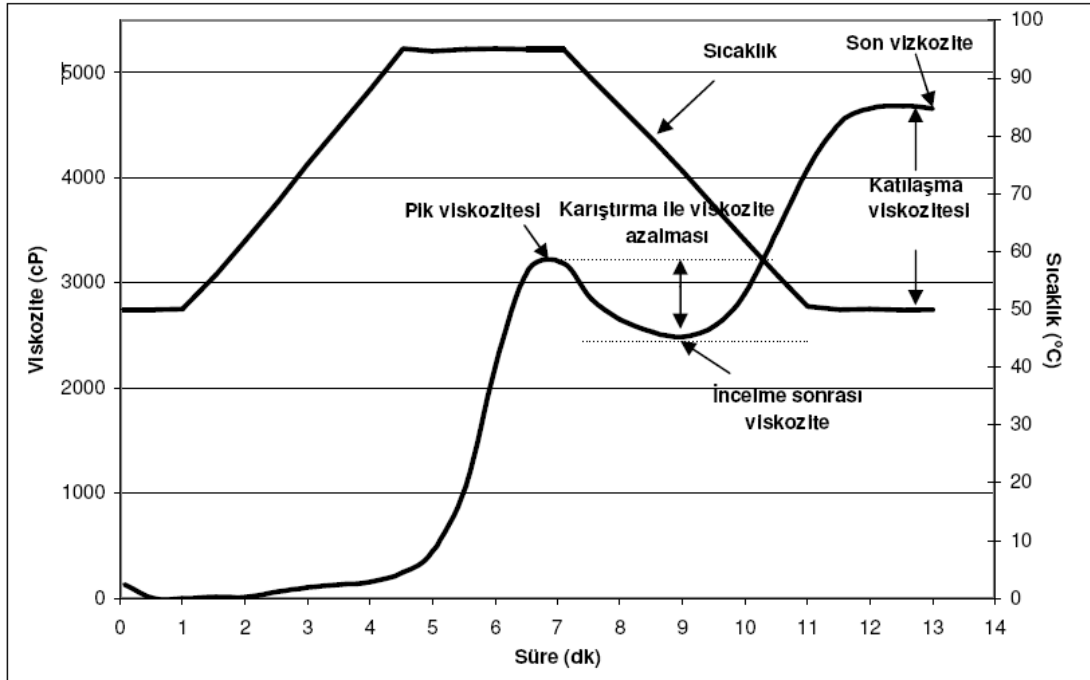
3.2.3.7. Su absorpsiyon miktarı tayini

Suya geçen madde analizinde elde edilen, süzme işlemi tamamlanmış örnek tartılıp örneğin ilk ağırlığı üzerinden % su absorpsiyon miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3.8. Mikro viskoanalizör (RVA) özelliklerinin belirlenmesi

Farklı yöntemlerle elde edilen bulgur örneklerinin nişasta karakterizasyonu mikro viskoanalizör (RVA; Rapid Visco Analyser, Newport Scientific, Warriewood, Australia) kullanılarak yapılmıştır.

Tipik bir RVA grafiği Şekil 3.2' de verilmiştir. Pik viskozitesi; nişasta veya nişastalı karışımın su bağlama kapasitesini göstermektedir. Pik viskozitesi ile son ürün kalitesi arasında genellikle uyum vardır ve pik viskozitesi viskoz ürünün bir göstergesidir. Belirli bir örneğin kalite yönünden değerlendirilmesinde en fazla kullanılan parametre olan son viskozite; örneğin pişirildikten veya soğutulduktan sonra jel oluşturabilme yeteneğini göstermektedir.



Şekil 3. 2. Tipik RVA grafiği

Her bir analiz öncesinde cihazın 0 ayarı yapıldıktan sonra %14 nem esasına göre düzeltilmiş uygun miktarda örnek (M_2), cihazın özel kabına tartılan saf su (W_2) üzerine ilave edilmiş ve karıştırıcı palet yerleştirildikten sonra cihaza konulmuştur.

Öğütülmüş ve 212 μm ' lik elekten geçirilmiş bulgur örneklerinin RVA analizi 3.5 g örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılacak örnek ve eklenecek saf su miktarı aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$M_2 = (100-14) \times M_1 / (100-W_1)$$

$$W_2 = 25.0 + (M_1 - M_2)$$

M_1 = %14 nem esasına göre tartılacak örnek miktarı, g

M_2 = Düzeltilmiş örnek miktarı, g

W_1 = Örneğin nem miktarı, %

W_2 = Düzeltilmiş su miktarı, g

3.2.3.9. Nişastanın mikrokolorimetrik özellikleri

Bulgur örneklerinde DSC (Differential Scanning Calorimetry; Diferansiyel Taramalı Kalorimetre) analizi için mikrokolorimetre kapsülcüklerine 2-2.5 mg örnek tartılıp üzerine örneğin son su içeriği kurumadde içeriğinin 3 katı olacak şekilde su ilave edildikten sonra kaplar hermetik olarak kapatılmıştır. Bir gece buzdolabında bekletilen örnekler, cihaz üzerinde bulunan standart mikrokolorimetre hücreleri içine referans olarak kullanılan boş örnek kapsülcükleri ile birlikte yerleştirilmiştir. Mikrokolorimetre hücreleri oda sıcaklığından 120°C'ye 10°C/dak hızında ısıtılarak örneklerin DSC termogramları elde edilmiştir.

3.2.3.10. Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektrofrez (SDS-PAGE)

Bulgur örneklerinin elektrofretik analizi SDS-PAGE yöntemiyle dikey elektrofrez ünitesinde (Hoefler Scientific Instruments, San Francisco, Calif., USA) sabit akımda Ng and Bushuk (1987)' a göre gerçekleştirilmiştir.

Öğütülen ve 212 μm 'lik elekten geçirilmiş örneklerden 50 mg (%14 rutubet esasına göre) 1000 μL ekstrakt seyreltme çözeltilisinde çözüldürülmüştür. Ekstrakt seyreltme çözeltilisi 0.063 M Tris-HCl, %2 (w/v) SDS, %20 (w/v) gliserol ve %0.01 (w/v) Pyronin

Y içermektedir. Hazırlanan örnekler 95°C de 2.5 dk ısıtılmış, 13000 rpm de 5 dk santrifüj edilmiştir. Protein marköründen jel yuvacığınaya 9 µL, santrifüj edilen bulgur örneklerinden 10 µL enjekte edilmiştir. Jelde örnek yürütme işlemi 20°C' de sabit akımda (2 jel başına 60 mA) gerçekleştirildikten sonra jeller cam plakalardan çıkartılmış ve bir gece Coomassie Brilliant Blue G-250 boya çözeltisi ile boyanmıştır. Protein bantlarının moleküler ağırlığının tespitinde referans proteinler (SigmaMarker, Wide Range, M.W. 6500-200000) kullanılmıştır. Kullanılan referans proteinler; miyozin (200000), β- galaktosidaz (116000), fosforilaz b (97000), albumin (66000), glutamik dehidrojenaz (55000), ovalbumin (45000), gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz (36000), karbonik anhidraz (29000), tripsinojen (24000), tripsin inhibitör (20000), α-laktalbumin (14200), aprotinin (6500) dir.

SDS-PAGE sonuçlarının densitometrik analizi TotalLab TL100 Trial Version (Nonlinear Dynamics, USA) programı ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin densitometrik alanları her bir pişirme yöntemi için kontrol olarak kabul edilen güneşte kurutulmuş örnekler esas alınarak normalize edilmiş ve hesaplanmıştır.

3.2.3.11. Enzime dirençli nişasta (EDN) miktarı tayini

Bulgur örneklerinin EDN miktarı Megazyme (Megazyme International Ireland Ltd., Ireland) firmasının enzime dirençli nişasta kiti kullanılarak belirlenmiştir. Çözünür nişasta pankreatik α-amilaz ve amiloglukosidaz enzimlerini içeren enzim çözeltisi ile 37°C de 16 saat inkübe edilerek glukoz birimlerine parçalanmakta ve inkübasyon süresi sonunda çözünür nişastanın uzaklaştırılması amacıyla örnek etanolle yıkanıp santrifüj edilmektedir. Çökelekteki EDN, 2N KOH ile çözündürüldükten sonra bunun, amiloglukosidaz enzimi ile glukoz birimlerine parçalanması sağlanmaktadır. Örnekteki glukoz miktarı glukoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) kullanılarak 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenmektedir.

3.2.3.12. Besinsel lif tayini

Bulgur örneklerinin toplam besinsel lif miktarı Megazyme (Megazyme International Ireland Ltd., Ireland) firmasının toplam besinsel lif kiti kullanılarak belirlenmiştir. Yöntem AOAC 991.43, AOAC 985.29, AACC 32-07 ve AACC 32-05 metotlarının

modifiye edilmesiyle elde edilen bir yöntemdir. Örnekteki nişasta ve proteinler sırasıyla α -amilaz, proteaz ve amiloglukosidaz enzimleri ile uzaklaştırılmaktadır.

α -amilaz ile 100°C ' de nişasta hidrolize edilip proteaz ile 60°C 'de proteinler çözündürülmekte; amiloglukosidaz ile 60°C 'de nişastanın glukoz birimlerine parçalanması sağlanmaktadır. Çözünür liflerin çöktürülmesi, protein ve glukoz birimlerinin ortamdaki uzaklaştırılması amacıyla örnekler etanol eklenerek 525°C 'de sabit tartıma getirilmiş krozelere filtrasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Filtratlar etanol ve aseton ile yıkanıp besinsel lif miktarının belirlenmesi amacıyla 103°C ' de bir gece kurutulmaktadır. Krozeler tartıldıktan sonra 525°C 'ye ayarlanmış kül fırınında 2 saat tutulur. Toplam besinsel lif miktarını belirlemek amacıyla 1 gece kurutma sonrasında elde edilen kalıntı miktarından kül miktarı çıkarılıp % besinsel lif miktarı kuru madde üzerinden hesaplanmaktadır.

3.2.3.13. Protein çözünürlüğünün belirlenmesi

0.25 g bulgur örneği 50 ml 0.1N NaCl çözeltisinde ($\text{pH}=7$) 1 saat boyunca oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Örnek ekstraktlarındaki çözünür protein miktarı 1/1 oranında seyreltilerek hazırlanan Folin-Fenol çözeltisi ile Lowry et al. (1951)' a göre 660 nm de spektrofotometrik (Agilent 8453, USA) olarak belirlenmiştir. Standart eğri stok BSA (bovin serum albumin) (100 $\mu\text{g}/\text{ml}$) çözeltisinden 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.07, 0.08, 0.09 ve 0.10 mg BSA/ml konsantrasyonlarında hazırlanmış ve elde edilen standart eğri Ek 1' de verilmiştir. Çözünür protein miktarı, Kjeldahl metodu ile belirlenen toplam protein miktarı da kullanılarak % çözünür protein olarak ifade edilmiştir.

3.2.4. İstatistiksel analiz

Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin bulgur örneklerinin kül, renk, su absorpsiyon miktarı, suya geçen madde, enzime dirençli nişasta, besinsel lif ve protein çözünürlüğü özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla SPSS 11.5 programı ile iki yönlü (pişirme x kurutma) varyans analizi yapılmıştır. Etkileşimin önemsiz olduğu durumda verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için sadece pişirme ve sadece kurutmanın etkisi incelenmiştir. Pişirme (haşlama ve otoklav) için sadece iki grup bulunması sebebiyle etkinin önemli olup olmadığını belirlemek yeterli olmuş,

kurutmanın etkisini değerlendirmek amacıyla Duncan testi kullanılmıştır. Kül miktarı ve renk değerleri için standart sapmanın hesaplanması MS Excel (MS Excel, Microsoft Corp., USA) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin iki faktörlü tesadüf blokları deneme deseni ANOVA ile incelenmesi sonucunda bulunan P değerleri Ek.2'de verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

4.1.1. Buğday örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Bulgur üretiminde kullanılan makarnalık (cv. Altın, cv. Mirzabey) ve ekmeçlik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğday örneklerinin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Makarnalık çeşitlere (cv. Altın, cv. Mirzabey) ait bin tane ağırlıklarının ekmeçlik çeşitlerinkine (cv. Bayraktar, cv. İkizce) göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Makarnalık buğdaylar camsı özellik gösterirken, ekmeçlik çeşit olan Bayraktar tamamen unlu özellik göstermektedir. Ekmeçlik buğday örneklerinin hektolitreye ağırlığının makarnalık buğday örneklerine benzer olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4. 1. Buğday örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

	Bin tane ağırlığı (g, k.m)	Camsılık (%)	Hektolitreye ağırlığı (kg/hl)
Mirzabey	44.1	100	80.0
Altın	44.6	92	79.9
Bayraktar	37.1	0	81.7
İkizce	29.0	85	79.4

4.1.2. Buğday örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

Tez çalışması kapsamında bulgur üretiminde kullanılan buğday çeşitlerinin kül ve protein miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir. En düşük kül içeriği makarnalık buğday çeşidi olan Mirzabey'e, en yüksek kül içeriği ekmeçlik çeşit olan Bayraktar'a aittir. İkizce ve Altın buğday çeşitlerinin protein miktarının diğer buğday örneklerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

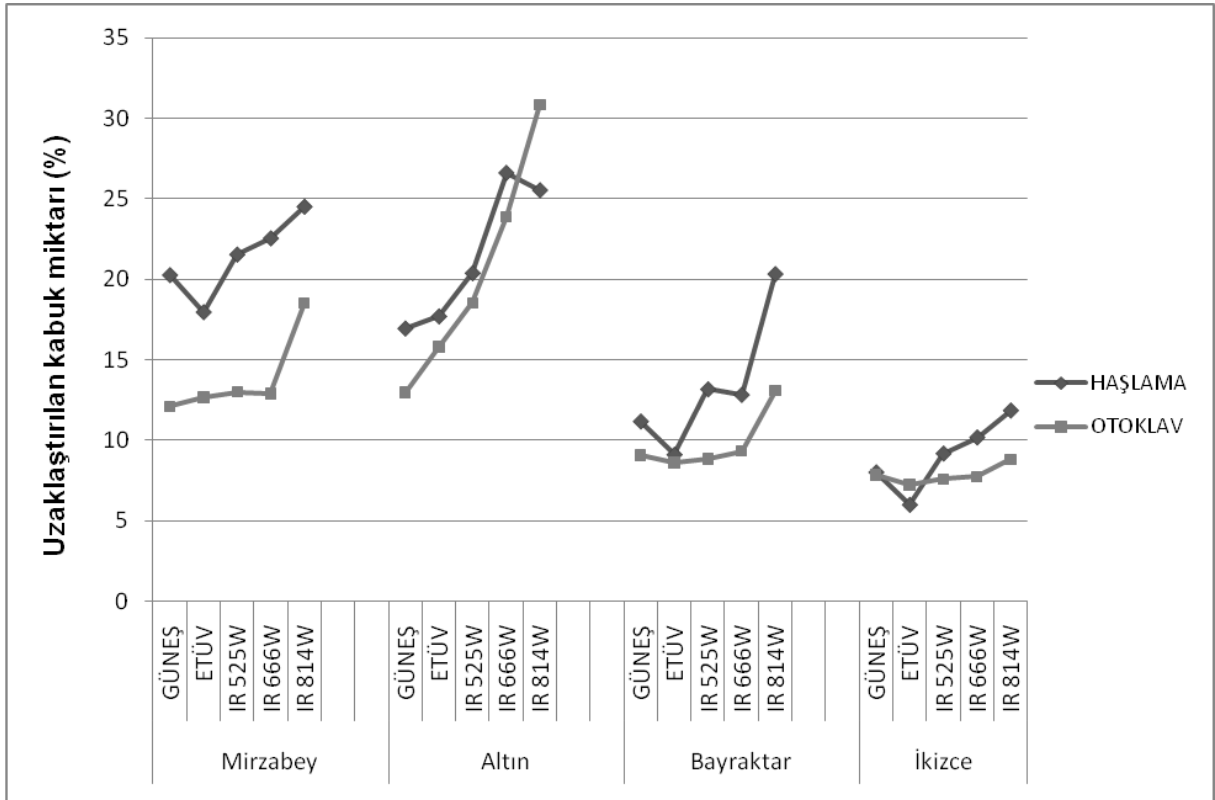
Çizelge 4. 2. Buğday örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

	Kül (% , k.m)	Protein (% , k.m)
Mirzabey	1.25	12.81
Altın	1.41	13.44
Bayraktar	1.43	12.49
İkizce	1.38	14.29

4.2. Bulgur Örneklerinin Bazı Özellikleri

4.2.1. Bulgur örneklerinin soyma sonrası elek analizi sonuçları

Piştirilmiş ve kurutulmuş tüm tane bulgur örnekleri kabuk soyucuda 5 dakika süre ile soyulmuştur. Elde edilen tane ve kepek miktarı tartılarak belirlenmiş ve uzaklaştırılan kabuk miktarı yüzde olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Makarnalık (cv. Mirzabey, cv. Altın) ve ekmeklik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğdaylardan elde edilen bulgur örneklerinden uzaklaştırılan kabuk miktarları (%)

Makarnalık buğday çeşidi olan Mirzabey ve Altın'dan elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarı Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden uzaklaştırılan kabuk miktarlarından daha yüksek bulunmuştur. Altın çeşidinden elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarı genellikle daha fazla iken, İkizce çeşidinden elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarı tüm çeşitlerdekinden daha düşük bulunmuştur. Aynı yöntemle kurutulan bulgur örneklerinden haşlama ile pişirilenlerden uzaklaştırılan kabuk miktarı otoklavda pişirilen örneklerinkinden genel olarak daha yüksektir. Aynı yöntemle pişirilmiş örnekler üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde; kızılötesi uygulaması ile kurutulan örneklerden uzaklaştırılan kabuk miktarının genelde güneş ve etüvde kurutulan örneklerden daha yüksek olduğu ve uygulanan kızılötesi gücü arttıkça uzaklaştırılan kabuk miktarının genellikle arttığı görülmüştür. Uzaklaştırılan kabuk miktarındaki bu artışın, kızılötesi uygulaması ile tane içerisinde az da olsa boşluklu bir yapının oluşması ve soyma aşamasında bu tanelerin daha fazla parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pişirilmiş ve kurutulmuş tüm tane bulgur örnekleri 5 dakikalık soyma işlemine tabi tutulduğunda bazı bulgur örneklerinde tane bütünlüğü tam olarak korunamamış ve tanelerde parçalanmalar meydana gelmiştir. Soyma işlemi sırasında istenmeyen parçalanmanın tane boyutu dağılımına etkisini belirlemek amacıyla soyma işlemi sonrasında elek analizi yapılmıştır. Eleme işlemi için 3 mm, 2.8 mm, 2.5 mm, 2 mm, 1.6 mm ve 0.5 mm'lik delikli elekler kullanılmıştır. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerine ait soyma sonrası elek analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Haşlama ile pişirilmiş farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş Mirzabey çeşidine ait bulgur örneklerinde soyma sonrası 3mm'lik elek üzerinde kalan kısım %58.03-71.86 arasında değişmektedir. Otoklavda pişirilip güneşte veya kızılötesi uygulamasıyla kurutulan Mirzabey çeşidine ait bulgur örneklerinin soyma işlemi sonrasında tane bütünlüğünü gayet iyi bir şekilde koruduğu, tanelerin %90'ından fazlasının 3mm'lik elek üzerinde kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.3).

Mirzabey çeşidinde olduğu gibi Altın çeşidinde de aynı kurutma tekniğinin kullanıldığı örnekler kıyaslandığında otoklavda pişirilen örneklerde 3 mm'lik elek üstünde kalan kısmın haşlama ile pişirilen örneklerdekine kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Altın çeşidi için her iki pişirme yönteminde de uygulanan kızılötesi gücü arttıkça 3mm'lik elek üstünde kalan kısmın azaldığı gözlenmiştir. Kızılötesi ile kurutmada etki mekanizmasının daha hızlı olması ve tane içinde az da olsa boşluklu bir yapı oluşması nedeni ile iri tane boyutunun azalması yönünde beklenen etki Altın çeşidinden kızılötesi ile elde edilen bulgurlarda ciddi şekilde gözlenmiştir (Çizelge 4.4).

Ekmeklik buğday çeşitlerinden (cv.Bayraktar, cv. İkizce) elde edilen bulgur örneklerinin soyma sonrası elek analizi sonucunda, diğer çeşitlerde olduğu gibi haşlama ile pişirilen örneklerde 3mm'lik elek üstünde kalan kısmın otoklavda pişirilen örneklerdekenden daha az olduğu gözlenmiştir. Bu çeşitlerden her ikisi de 3mm'lik elek üzerinde kalan tane miktarı açısından makarnalık buğdaylardan elde edilen bulgurlara kıyasla daha iyi sonuç vermiştir. Farklı pişirme yöntemleri uygulanarak İkizce çeşidinden bulgur örnekleri elde edildiğinde, örneklerin 3 mm'lik elek üstünde kalan tane miktarı açısından birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. İkizce çeşidinden elde edilen bulgur örneklerinde soyma sırasında tane bütünlüğünün diğer tüm çeşitlerden elde edilen bulgur örneklerine kıyasla daha iyi korunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6).

Genel olarak bakıldığında bulgur üretiminde kullanılan tüm çeşitler içerisinde Altın çeşidinden elde edilen bulgurlarda soyma sonrasında 3mm'lik elek üstünde kalan kısmın en az, İkizce çeşidinde de bu miktarın en fazla olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4. 3. Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)

	Kurutma	x>3mm	3>x>2.8mm	2.8>x>2.5mm	2.5>x>2mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm
Haşlama	Güneş	71.86	3.71	4.49	17.83	1.39	0.71
	Etüv	63.21	6.99	11.00	17.75	0.79	0.25
	IR 525W	58.21	3.36	8.52	24.44	1.25	0.59
	IR 666W	70.24	3.09	5.19	19.20	1.62	0.66
	IR 814W	58.03	4.06	8.74	23.56	3.01	2.61
Otoklav	Güneş	93.33	2.71	1.70	1.88	0.21	0.17
	Etüv	64.09	6.23	8.37	20.20	0.85	0.26
	IR 525W	94.78	1.32	1.03	2.37	0.32	0.18
	IR 666W	96.83	0.67	0.58	1.46	0.27	0.19
	IR 814W	92.26	2.68	3.21	9.23	0.58	0.29

Çizelge 4. 4. Altın çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)

Piştirme	Kurutma	x>3mm	3>x>2.8mm	2.8>x>2.5mm	2.5>x>2mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm
Haşlama	Güneş	60.20	5.23	5.82	25.93	2.27	0.56
	Etüv	62.16	5.36	6.85	24.49	0.90	0.24
	IR 525W	60.40	3.49	8.84	25.36	1.30	0.61
	IR 666W	33.55	6.80	16.70	36.63	5.02	1.29
	IR 814W	20.21	4.75	15.65	48.22	9.05	2.12
Otoklav	Güneş	93.55	1.66	1.45	2.67	0.42	0.25
	Etüv	64.81	8.26	13.04	13.33	0.49	0.08
	IR 525W	82.86	3.62	3.05	9.39	0.79	0.29
	IR 666W	68.91	3.24	4.62	20.63	1.89	0.71
	IR 814W	40.01	3.44	10.55	41.22	3.70	1.07

Çizelge 4. 5. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)

Piştirme	Kurutma	x>3mm	3>x>2.8mm	2.8>x>2.5mm	2.5>x>2mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm
Haşlama	Güneş	84.05	4.64	4.56	6.22	0.38	0.15
	Etüv	75.78	8.57	7.28	7.88	0.37	0.11
	IR 525W	91.40	2.76	2.01	3.34	0.32	0.18
	IR 666W	91.78	2.87	1.83	3.02	0.34	0.16
	IR 814W	79.35	6.19	5.14	7.97	0.91	0.44
Otoklav	Güneş	96.88	1.08	0.88	1.04	0.09	0.05
	Etüv	88.92	4.68	2.75	3.24	0.31	0.10
	IR 525W	98.43	0.59	0.39	0.48	0.07	0.04
	IR 666W	97.44	0.82	0.49	0.96	0.11	0.18
	IR 814W	92.20	1.72	1.98	3.53	0.37	0.20

Çizelge 4. 6. İkişirince çeşidinden elde edilen bulgurlara ait soyma sonrası elek analizi sonuçları (%)

Piştirme	Kurutma	x>3mm	3>x>2.8mm	2.8>x>2.5mm	2.5>x>2mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm
Haşlama	Güneş	98.13	0.91	0.51	0.39	0.04	0.03
	Etüv	97.39	1.19	0.88	0.49	0.03	0.02
	IR 525W	97.16	0.83	0.64	1.18	0.14	0.05
	IR 666W	95.99	1.05	0.74	1.91	0.23	0.08
	IR 814W	93.18	1.35	1.31	3.62	0.41	0.12
Otoklav	Güneş	97.68	0.99	0.65	0.58	0.07	0.04
	Etüv	91.70	4.08	2.52	1.59	0.06	0.05
	IR 525W	97.57	0.97	0.83	0.58	0.02	0.03
	IR 666W	98.38	0.61	0.49	0.47	0.03	0.03
	IR 814W	97.08	1.20	0.88	0.75	0.06	0.04

4.2.2. Bulgur örneklerinin kırma sonrası elek analizi sonuçları

Soyulmuş bulgur örnekleri kırma işlemi sonrasında 3.5 mm, 3 mm, 2.8 mm, 2.5 mm, 2 mm, 1.6 mm ve 0.5 mm gözenek çapına sahip elekler kullanılarak elenmiştir. 0.5mm gözenek çapına sahip elek altına geçen kısım örneği temsil etmediği ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyeceği için bu kısım uzaklaştırılmış ve sonraki analizler 0.5 mm'lik elek üzerinde kalan bulgur örnekleri ile gerçekleştirilmiştir.

Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası eleme sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10' da verilmiştir. Tüm çeşitlerden elde edilen bulgurlara ait kırma sonrası eleme sonuçları incelendiğinde miktarı en fazla olan fraksiyon 2.5 mm'lik elekten geçen fakat 2 mm' lik elekten geçmeyen kısım olarak belirlenmiş ve bu kısmın haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerde otoklavda pişirilen örneklerdekinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirilen örneklerde 2.8mm'lik elekten geçen fakat 2.5mm'lik elekten geçmeyen kısmın haşlama örneklerindeki kiyasla daha yüksek olduğu, yani otoklavda pişirme ile daha iri tane eldesinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Tüm çeşitlerden her iki pişirme yöntemi ile elde edilen bulgurlar için 3 mm'lik elek üzerinde kalan, 3 mm'lik elekten geçen fakat 2.8mm'lik elekten geçmeyen ve 2.8 mm'lik elekten geçen fakat 2.5 mm'lik elekten geçmeyen kısımların genellikle uygulanan kızılötesi gücü arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Kızılötesi ile kurutmada etki mekanizmasının daha hızlı olmasından dolayı, bu yöntemle kurutma sırasında örneklerde su buharı basıncının hızla artması az da olsa boşluklu bir yapı oluşumuna neden olmuş ve bu boşluklar işlemler sırasında zayıf nokta oluşturmuştur.

Mirzabey ve İkizce çeşitlerinden haşlama yöntemi ile veya otoklavda pişirilerek elde edilen bulgurlarda kurutma yöntemi olarak kızılötesi kullanıldığında uygulanan kızılötesi güç yükseldikçe kaliteyi olumsuz yönde etkileyen 0.5mm'lik elek altına geçen kısım artış gösterirken, Altın çeşidinden haşlama yöntemi ile veya otoklavda pişirilerek elde edilen bulgurlarda ise uygulanan kızılötesi güç arttıkça 0.5 mm'lik elek altına geçen kısmın azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin bulgur örneklerinin kütle ortalama çapını önemli oranda değiştirmedeği; ekmeklik çeşitlerden elde edilen bulgurlara ait kütle ortalama çaplarının makarnalık çeşitlerden üretilen bulgurların kütle ortalama çaplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 7. Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurlara ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%) ve hesaplanan kütle ortalama çapları

Piştirme	Kurutma	3.5>x>3mm	3>x>2.8 mm	2.8>x>2.5mm	2.5>x>2 mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm	0.5>x>0 mm	Kütle ortalama çapı (mm)
Haşlama	Güneş	0.23	4.34	9.44	58.78	14.82	10.41	1.98	2.09
	Etüv	0.31	6.48	13.67	58.53	11.83	7.43	1.75	2.17
	IR 525W	0.22	3.74	9.35	58.72	14.80	11.33	1.76	2.07
	IR 666W	0.18	3.37	8.04	60.05	14.51	11.86	1.99	2.06
	IR 814W	0.14	2.60	6.97	60.39	15.52	12.39	2.00	2.04
Otoklav	Güneş	0.51	10.08	15.70	51.74	10.68	9.30	2.00	2.18
	Etüv	0.40	9.40	18.06	51.13	10.85	8.34	1.82	2.20
	IR 525W	0.39	8.11	13.48	51.40	13.53	11.43	1.68	2.13
	IR 666W	0.49	7.89	14.05	50.48	13.22	11.58	2.30	2.12
	IR 814W	0.37	5.70	13.20	52.30	14.01	12.02	2.39	2.09

Çizelge 4. 8. Altın çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%) ve hesaplanan kütle ortalama çapları

Piştirme	Kurutma	3.5>x>3 mm	3>x>2.8 mm	2.8>x>2.5 mm	2.5>x>2 mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm	0.5>x>0 mm	Kütle ortalama çapı (mm)
Haşlama	Güneş	0.24	3.74	8.05	62.48	13.48	9.85	2.16	2.09
	Etüv	0.30	4.41	8.39	64.94	11.81	8.27	1.89	2.13
	IR 525W	0.10	2.83	6.73	64.51	13.40	10.59	1.85	2.07
	IR 666W	0.04	1.77	4.64	66.83	15.72	9.40	1.61	2.06
	IR 814W	0.04	1.32	4.28	65.70	18.34	8.74	1.57	2.06
Otoklav	Güneş	0.70	10.60	15.76	49.41	11.23	9.79	2.51	2.17
	Etüv	0.32	6.93	16.37	57.15	10.13	6.69	2.41	2.19
	IR 525W	0.30	5.71	11.74	55.90	12.38	11.42	2.55	2.09
	IR 666W	0.23	4.68	9.25	58.07	13.59	11.88	2.30	2.07
	IR 814W	0.17	3.42	8.53	65.16	11.96	9.00	1.79	2.11

Çizelge 4.9. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%) ve hesaplanan kütle ortalama çapları

Piştirme	Kurutma	3.5>x>3 mm	3>x>2.8 mm	2.8>x>2.5 mm	2.5>x>2 mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm	0.5>x>0 mm	Kütle ortalama çapı (mm)
Haşlama	Güneş	0.39	7.28	13.61	55.96	12.64	8.18	1.94	2.31
	Etüv	0.47	8.80	16.88	52.64	12.20	7.21	1.80	2.48
	IR 525W	0.26	6.34	11.85	53.27	15.74	10.64	1.94	2.36
	IR 666W	0.24	5.51	11.86	52.11	16.85	11.43	2.00	2.41
	IR 814W	0.14	3.48	8.79	56.46	16.85	12.60	1.67	2.26
Otoklav	Güneş	0.94	11.67	18.75	49.73	10.01	6.89	2.01	2.24
	Etüv	0.51	9.65	18.52	50.46	11.00	8.10	1.76	2.36
	IR 525W	0.44	8.25	15.73	50.68	13.30	9.45	2.14	2.27
	IR 666W	0.50	8.41	14.97	51.45	12.96	9.62	2.11	2.30
	IR 814W	0.29	6.21	12.39	53.12	14.68	11.15	2.15	2.37

Çizelge 4. 10. İkizce çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait kırma sonrası elek analizi sonuçları (%) ve hesaplanan kütle ortalama çapları

Piştirme	Kurutma	3.5>x>3 mm	3>x>2.8 mm	2.8>x>2.5 mm	2.5>x>2 mm	2>x>1.6 mm	1.6>x>0.5 mm	0.5>x>0 mm	Kütle ortalama çapı (mm)
Haşlama	Güneş	0.39	9.00	15.32	52.52	12.56	8.09	2.14	2.40
	Etüv	0.64	10.53	19.05	52.16	8.98	6.60	2.04	2.53
	IR 525W	0.23	5.14	10.11	57.35	13.64	11.31	2.22	2.25
	IR 666W	0.25	4.94	10.33	58.27	12.22	11.73	2.25	2.28
	IR 814W	0.11	3.53	7.90	59.16	13.64	13.33	2.32	2.18
Otoklav	Güneş	1.01	14.61	19.98	47.32	8.62	6.60	1.86	2.33
	Etüv	0.85	11.72	19.61	49.89	8.31	7.36	2.26	2.41
	IR 525W	0.53	7.92	15.00	53.56	11.31	9.54	2.14	2.21
	IR 666W	0.50	7.81	13.99	54.29	11.15	10.13	2.13	2.23
	IR 814W	0.36	7.41	14.28	53.55	11.74	10.50	2.17	2.40

4.2.3. Renk değerleri

Bulgur üretiminde kullanılan Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerine ait renk değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.11) tüm çeşitler içinde en yüksek L* değerine sahip, yani en açık renkli örneğin Bayraktar, en düşük L* değerine sahip, yani en koyu renkli örneğin ise İkizce çeşidi olduğu gözlenmiştir. Örneklerin kırmızılık değerini belirten a* değeri sonuçlarına bakıldığında en yüksek a* değeri İkizce çeşidinde bulunurken, en düşük a* değeri Altın çeşidi için elde edilmiştir. Sarılık değeri ile ilgili olan b* değeri için en yüksek sonuç Bayraktar çeşidin için, en düşük İkizce çeşidi için elde edilmiştir. Makarnalık çeşitler için (cv. Mirzabey, cv. Altın) b* değerleri birbirine yakın bulunmuştur.

Çizelge 4. 11. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce buğday çeşitlerine ait renk değerleri

Buğday çeşidi	L*	a*	b*
Mirzabey	59.32±0.110	7.61±0.090	19.10±0.015
Altın	59.79±0.072	6.90±0.070	18.09±0.044
Bayraktar	64.01±0.238	7.50±0.071	22.44±0.023
İkizce	54.78±0.116	7.98±0.067	14.88±0.058

Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden üretilen bulgur örneklerine ait renk analizi sonuçları Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13' de verilmiştir.

Farklı çeşitler kullanılarak üretilen bulgur örneklerinde pişirme yönteminin (haşlama, otoklav) veya kurutma yönteminin (güneşte, etüvde, IR 525W, IR 666W, IR 814W) veya her ikisinin birden bulgur kalite karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir. İki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçlarına bakıldığında Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin L*, a* ve b* renk değerleri üzerine pişirme x kurutma interaksyonunun etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p< 0.05).

Buğday örnekleri ile aynı çeşitten elde edilen bulgur örneklerinin renk değerleri karşılaştırıldığında bulgurlara ait L* değerlerinin muhtemelen kabuk soyma işlemine bağlı olarak arttığı, yani rengin açıldığı gözlenmiştir. Buğday ve bulgurlara ait a* ve b*

değerleri kıyaslandığında pişirme ve kurutma işlemlerinin etkisi ile bulgurlara ait a^* değerleri aynı çeşidin buğday örneğine kıyasla daha düşük iken, b^* değerlerinin genel olarak buğdaylarınkinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm çeşitler için haşlama yöntemi ile veya otoklavda pişirilen bulgurlar kızılötesi ile kurutulduğunda uygulanan kızılötesi gücü arttıkça a^* ve b^* değerlerinde genel olarak bir artış olduğu gözlenmiştir.

Üretilen bulgur örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin sırası ile 60.47, 6.40 ve 26.40 olarak belirlendiği ticari bir bulgur örneği ile benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Renk değerleri incelendiğinde, aynı çeşit için otoklavda pişirilen örneğe ait L^* değerinin haşlama ile pişirilen örneğe ait L^* değerinden genel olarak daha düşük olduğu yani otoklav işleminin örneklerin renginde koyulaşmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Bir çalışmada (Certel, 1990) geleneksel yöntem ile ve otoklavda pişirilen bulgur örneklerinde rengin geleneksel yöntemle göre ortalama %9.37 oranında koyulaştığı belirtilmiştir.

ΔE değerleri, her bir pişirme çeşidi için güneşte kurutulan örneğe ait renk değerleri referans alınarak hesaplanmıştır. Kızılötesi ile kurutulan örneklere ait renk değerleri güneş ve etüvde kurutulanlarla kıyaslandığında çok farklı olmadığı gözlenmiştir. Genellikle kızılötesi 814W güçte kurutulan örneklerde ΔE değerinin en yüksek olduğu, yani diğerlerine kıyasla kontrolden daha fazla farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Otoklavda pişirilip etüv ve kızılötesi 525W güçte kurutulan örneklerin genellikle daha düşük ΔE değerine sahip olduğu, yani renk değerleri açısından kendi kontrol örneklerine daha yakın sonuç verdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4. 12. Makarnalık çeşitlerden (cv. Mirzabey, cv. Altın) elde edilen bulgur örneklerine ait renk analizi sonuçları

		cv. Mirzabey				cv. Altın			
Piştirme	Kurutma	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
Haşlama	Güneş	66.10±0.193	5.33±0.210	22.98±0.015	-	66.70±0.690	4.94±0.422	21.09±0.650	-
	Etüv	64.64±0.345	5.48±0.104	24.63±0.437	2.20	63.32±0.349	5.38±0.059	22.74±0.101	3.79
	IR 525 W	64.07±0.484	6.15±0.062	24.24±0.501	2.53	63.92±0.742	5.77±0.312	22.39±0.127	3.17
	IR 666W	64.46±0.023	6.16±0.078	24.10±0.457	2.16	64.09±0.921	5.83±0.331	22.62±0.225	3.15
	IR 814 W	64.84±0.581	6.19±0.210	24.61±0.123	2.23	63.45±0.421	5.93±0.340	22.61±0.312	3.71
Otoklav	Güneş	64.73±0.323	4.85±0.081	22.02±0.110	-	62.24±0.641	5.04±0.360	21.03±0.531	-
	Etüv	63.18±0.528	5.81±0.153	22.63±0.168	1.92	61.42±0.906	5.29±0.410	20.76±0.358	0.89
	IR 525 W	63.48±0.372	5.84±0.075	22.72±0.282	1.74	63.03±0.242	5.07±0.688	21.56±0.491	0.95
	IR 666W	62.30±0.497	7.03±0.093	23.26±0.231	3.49	60.97±0.306	7.00±0.190	21.85±0.032	2.48
	IR 814 W	61.95±0.500	7.37±0.066	23.01±0.229	3.88	59.90±0.006	6.89±0.598	21.24±0.537	2.99

Çizelge 4. 13. Ekmeklik çeşitlerden (cv. Bayraktar, cv. İkizce) elde edilen bulgur örneklerine ait renk analizi sonuçları

		cv. Bayraktar				cv. ikizce			
Piştirme	Kurutma	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
Haşlama	Güneş	66.50±0.213	5.03±0.188	20.48±0.178	-	57.93±0.298	5.38±0.215	13.13±0.121	-
	Etüv	64.34±0.291	5.46±0.055	20.96±0.044	2.20	56.24±0.422	5.51±0.074	13.07±0.044	1.69
	IR 525 W	65.23±0.402	5.93±0.055	21.71±0.166	1.72	56.31±0.561	6.09±0.087	14.19±0.078	2.06
	IR 666W	65.11±0.116	5.89±0.021	21.35±0.249	1.68	57.35±0.056	6.11±0.042	14.12±0.146	1.34
	IR 814 W	63.75±0.330	6.06±0.125	21.67±0.085	3.02	57.17±0.370	6.31±0.065	14.30±0.199	1.65
Otoklav	Güneş	64.44±0.129	4.86±0.026	19.49±0.164	-	55.27±0.603	5.26±0.087	12.47±0.486	-
	Etüv	63.83±0.373	5.18±0.075	19.60±0.155	0.69	55.32±0.451	5.53±0.087	13.00±0.197	0.53
	IR 525 W	64.66±0.148	5.27±0.035	19.83±0.064	0.58	56.81±0.452	5.42±0.220	13.17±0.099	1.70
	IR 666W	63.49±0.760	5.84±0.157	20.13±0.098	1.51	56.38±0.452	6.05±0.064	14.12±0.075	2.05
	IR 814 W	63.75±0.143	6.14±0.019	21.12±0.231	2.19	55.39±0.420	6.16±0.101	13.84±0.156	1.51

4.2.4. Kül miktarı

Bulgur üretiminde kullanılan Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitleri için kül içerikleri kuru madde esasına göre sırasıyla %1.25, %1.41, %1.43 ve %1.37 olarak belirlenmiştir. Üretilen bulgur örneklerinin kül miktarları Çizelge 4.14' te verilmiştir. Tüm çeşitler için, üretilen bulgurların kül içeriği aynı çeşidin buğday örneğine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Bu durum kabuk soyma aşamasında kepek tabakasının uzaklaştırılmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kül miktarındaki azalma, kısmen de olsa kırma aşamasında istenmeyen ufalanmalar ve eleme işlemi sonrasında 0.5mm'lik elek altında kalan kısmın örneklerden uzaklaştırılması nedeniyle de olabilmektedir. Yapılan ön denemelerde yüksek güçlerde kızılötesi uygulaması sırasında pişmiş buğday materyalinin suyunun çok fazla olması (%45-%50) ve kızılötesi uygulaması sırasında tane içerisindeki su buharı basıncının hızla artması sonucunda tane şişerek kabarcıklı ve içi boş bir hal almaktadır. Bu sebeple tez çalışması kapsamında kurutmanın gerçekleşebileceği en düşük güçlerde kızılötesi uygulaması tercih edilmiş ve pişmiş buğday örneklerinde tane içerisinde mümkün olduğunca boşluk oluşmadan kurutma gerçekleştirilmiştir. Bu sayede soyma ve kırma aşamalarında istenmeyen parçalanmaların minimum düzeyde olması sağlanmıştır. Çizelge 4.14' te de görüldüğü gibi kızılötesi uygulamasının kurutma aşamasında kullanıldığı bulgur örnekleri güneşte kurutulmuş veya etüvde kurutulmuş bulgur örnekleri ile kıyaslandığında kül içeriği açısından ciddi bir farklılığın olmadığı gözlenmiştir.

Farklı çeşitler kullanılarak üretilen bulgur örneklerinde pişirme yönteminin (haşlama, otoklav) veya kurutma yönteminin (güneşte, etüvde, IR 525W, IR 666W, IR 814W) veya her ikisinin birden bulgur kül içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir. İki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde Mirzabey, Altın, Bayraktar çeşitlerine ait bulgurların kül değerleri için pişirme x kurutma interaksyonu önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4. 14. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin kül miktarları (% , km)

Pişirme	Kurutma	Durum Buğday Çeşidi		Ekmeklik Buğday Çeşidi	
		Mirzabey	Altın	Bayraktar	İkizce
Haşlama	Güneş	0.92±0.001	1.02±0.008	1.01±0.004	1.19±0.005
	Etüv	0.90±0.027	0.99±0.002	0.99±0.005	1.17±0.000
	IR 525 W	0.95±0.016	1.07±0.019	0.95±0.015	1.17±0.016
	IR 666W	0.96±0.008	0.96±0.016	1.00±0.008	1.14±0.015
	IR 814 W	0.98±0.004	1.09±0.004	1.00±0.0016	1.17±0.025
Otoklav	Güneş	0.91±0.016	1.06±0.008	0.90±0.016	1.22±0.005
	Etüv	0.98±0.014	1.05±0.016	1.01±1.016	1.22±0.008
	IR 525 W	0.94±0.012	1.02±0.003	0.96±0.015	1.18±0.031
	IR 666W	0.96±0.005	1.05±0.016	1.00±0.015	1.13±0.005
	IR 814 W	0.99±0.000	1.10±0.023	0.86±0.000	1.15±0.008

İkizce çeşidinden elde edilen bulgurların kül miktarları üzerine pişirme x kurutma interaksyonu önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Tek başına pişirme yöntemi önemsiz iken kurutma yönteminin kül miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kurutma yönteminin İkizce çeşidine ait bulgur kül içerikleri üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 4.15' te verilmiştir.

Çizelge 4. 15. Kurutma yönteminin İkizce çeşidine ait bulgur örneklerinin kül miktarı üzerine etkisi

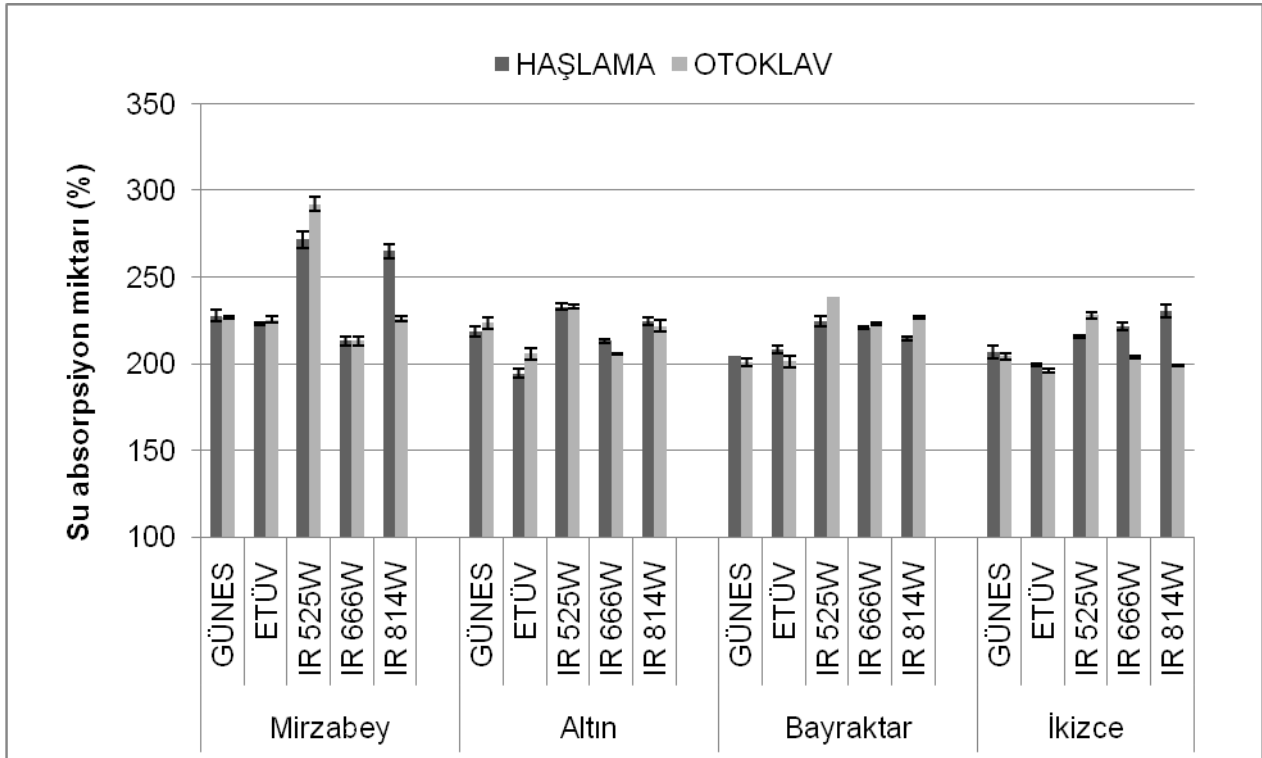
Kurutma	Kül miktarı (%)
Güneş	1.21 a
Etüv	1.19 ab
IR 525 W	1.17 bc
IR 666W	1.14 d
IR 814 W	1.16 cd

Kurutma işleminin bulgur örneklerinin kül miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, en yüksek kül miktarı güneşte kurutulan örnekte bulunurken, en düşük kül içeriği kızılötesi 666W güçte kurutulan örnekte bulunmuştur. Kızılötesi uygulaması ile farklı güçlerde kurutulan örneklerin kül içeriğinde güneş ve etüvde kurutulan örneklerin kül içeriğine göre azalma olduğu gözlenmiştir. Sayısal olarak fazla farklılık gözlenmese de güneşte kurutulan örnek ile kızılötesi ile kurutulan örnekler istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almaktadır.

4.2.5. Su absorpsiyon değeri

Farklı yöntemlerle pişirilen (haşlama ve otoklavda pişirme) ve kurutulan (güneşte, etüvde, IR 525W, IR 666W, IR 814 W) bulgur örneklerinin su absorpsiyon değerleri Şekil 4.2'de verilmiştir. İki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde tüm çeşitlerden elde edilen bulgur örneklerinin su absorpsiyon değerleri üzerine pişirme x kurutma interaksyonunun etkisinin önemli olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir.

Haşlama yöntemiyle ya da otoklavda pişirilmiş örneklerde farklı kurutma yöntemlerinin kullanılmasının örneklerin su absorpsiyon değerleri üzerine belirli yönde düzenli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Örneklerin su absorpsiyon değerlerindeki bu düzensiz değişimin, soyma işleminin her bir çeşitte farklı gerçekleşmesi ve kırma işlemi sonrasında bulgur örneklerinden farklı boyutta fraksiyonlar oluşmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. 2. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait su absorpsiyon değerleri

Altın çeşidi hariç tüm çeşitlerde haşlama yöntemi veya otoklavda pişirilen ve etüvde kurutulan örneklere ait su absorpsiyon değerleri genellikle güneşte kurutulan örneklerdekine yakın sonuçlar vermiştir.

Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden haşlama ile pişirilip kızılötesi ile kurutulan bulgurların su absorpsiyon değerleri güneşte ve etüvde kurutulan örneklerinkinden daha yüksek bulunmuştur. Otoklavda pişirilen Mirzabey, Altın ve Bayraktar çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinde en yüksek su absorpsiyonu değeri kızılötesi 525W güçte kurutulan örnekler için bulunmuş ve aynı örneklerin bölüm 4.2.7’de değerlendirilen RVA sonuçlarında da su absorpsiyon değerlerindeki benzer şekilde yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.6. Suya geçen madde miktarı

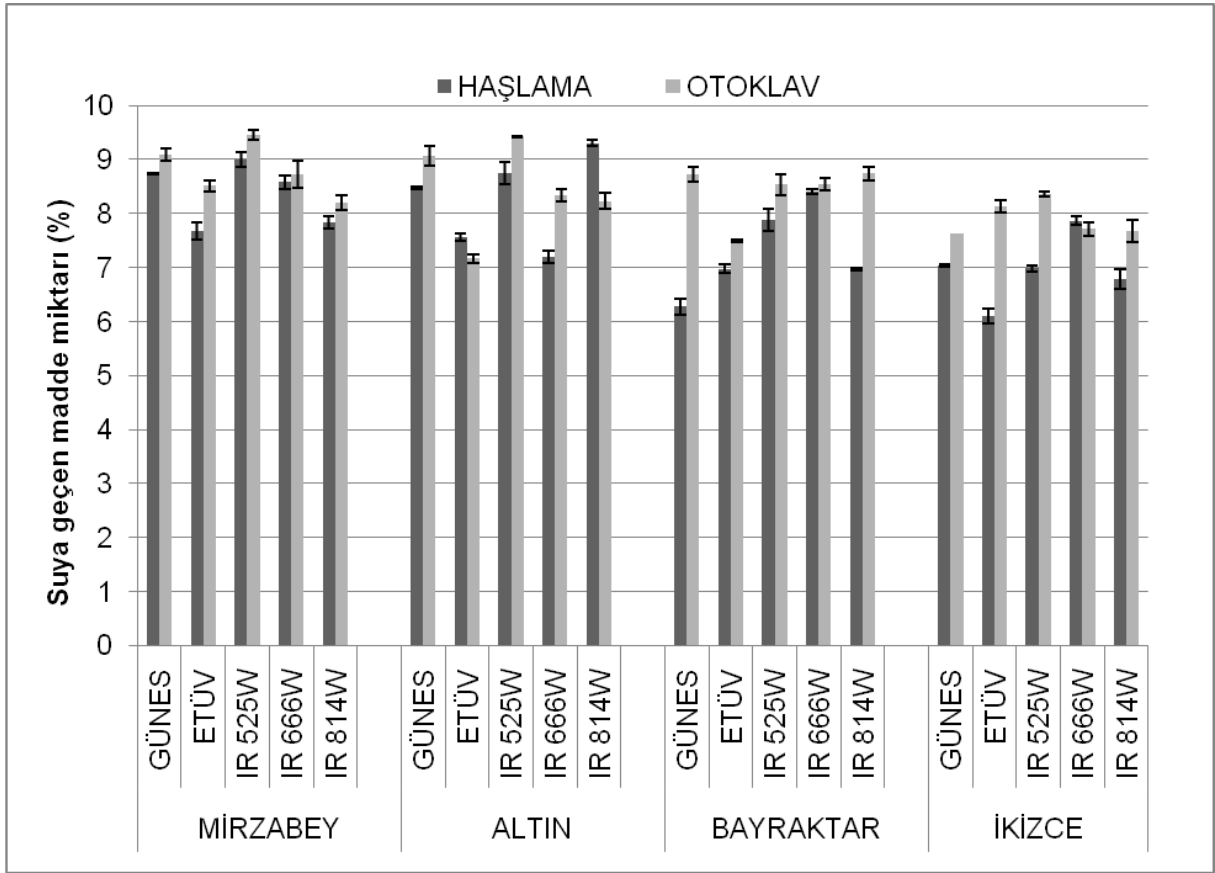
Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin suya geçen madde miktarlarını gösteren grafik Şekil 4.3’te verilmiştir. Pişirme işlemi otoklavda yapılmış ve farklı yöntemlerle kurutulmuş örnekler haşlama yöntemiyle pişirilmiş örnekleriyle kıyaslandığında genel olarak otoklavda pişirilen örneklerin suya geçen madde miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Suya geçen madde

miktarları incelendiğinde Mirzabey ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlarda haşlama yöntemi ile pişirilip etüvde kurutulmuş örneklere ait suya geçen madde değerlerinin güneş ve kızılötesi ile kurutulan örneklere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgurlar arasında en düşük suya geçen madde miktarına sahip örnek, haşlama ile pişirilmiş ve güneşte kurutulmuş bulgur örneği olarak bulunmuştur.

Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinde suya geçen madde değerlerinin genel olarak diğer çeşitlerdekine kıyasla daha az olduğu gözlenmiştir. Bu çeşitlerden elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarlarının daha az ve kırma sonrası 2.5mm'lik elekten geçmeyen kısmın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu örneklerde tane boyutunun daha büyük olması nedeniyle suya geçen madde miktarının daha düşük olduğu düşünülmektedir.

Mirzabey, Altın ve İkizce çeşitlerinden otoklavda pişirme ve kızılötesi kurutma ile elde edilen örneklerde kızılötesi gücü arttıkça suya geçen madde miktarının genellikle düşüş gösterdiği gözlenmiştir.

TSE 2284:2009 bulgur standardında ve Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği 2009/04 sayılı Bulgur Tebliği'nde pilavlık bulgurlarda suya geçen madde miktarının en çok %10 olabileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada incelenen Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların suya geçen madde miktarı açısından bulgur standardına ve Türk Gıda Kodeksine uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerine ait suya geçen madde miktarları (%)

Farklı buğday çeşitlerinden farklı yöntemlerle elde edilen bulgur örneklerinin suya geçen madde miktarları iki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA ile değerlendirildiğinde Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların suya geçen madde değerleri üzerine pişirme x kurutma interaksiyonunun etkisi önemli bulunurken ($p < 0.05$), Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgur örnekleri için suya geçen madde miktarları üzerine pişirme x kurutma interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Tek başına pişirme ve kurutma işlemlerinin suya geçen madde değerleri üzerine etkisinin ise önemli olduğu belirlenmiştir. Kurutma yönteminin Mirzabey çeşidinden elde edilen örneklerin suya geçen madde miktarları üzerine etkisini gösteren sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir. Kızılötesi 525W güçte kurutulan örneklerde suya geçen madde miktarı en yüksek bulunmuştur. 525W kızılötesi güçte kurutulan örnekler hariç diğer tüm örneklere ait suya geçen madde miktarı değerleri güneşe kıyasla daha düşük bulunmuştur. Etüvde ve kızılötesi 814W güçte kurutulan örnekler istatistiksel olarak aynı grupta yer

almıştır. Kızılötesi gücü arttıkça suya geçen madde miktarı kademeli olarak azalmıştır.

Çizelge 4.16. Kurutma işleminin Mirzabey çeşidine ait bulgur örneklerinin suya geçen madde miktarı üzerine etkisi

Kurutma	Suya geçen madde (% , km)
Güneş	8.92 b
Etüv	8.10 d
IR 525 W	9.23 a
IR 666W	8.65 c
IR 814 W	8.02 d

4.2.7. Mikro viskoanalizör (RVA) özellikleri

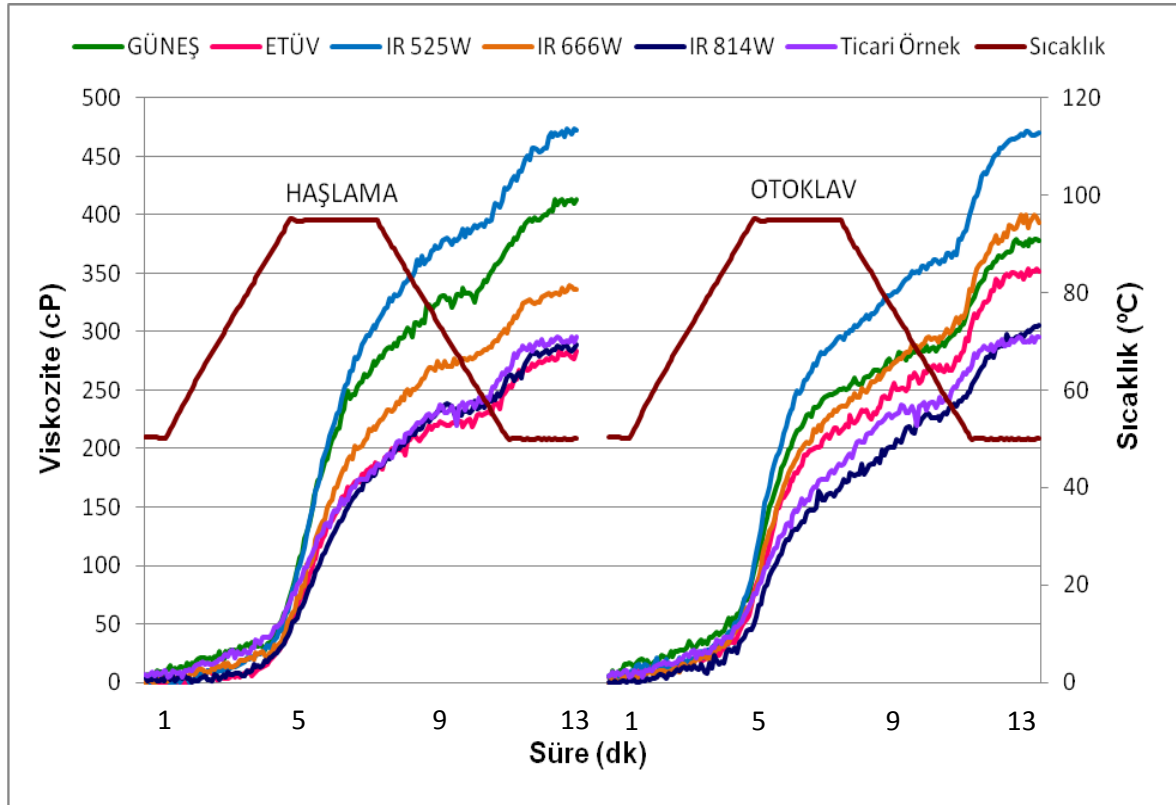
Farklı çeşitlerden elde edilen bulgur örneklerinin mikro viskoanalizör özellikleri, Mirzabey, Altın Bayraktar ve İkizce çeşidi için sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında uygulanan haşlama ve otoklavda pişirme işlemleri sırasında nişasta jelatinizasyonu gerçekleştiği için normal nişasta örneklerinin verdiği tipik RVA grafiği bulgur örnekleri için elde edilmemiştir.

Mirzabey çeşidi için en yüksek viskozite değerleri haşlama yöntemiyle veya otoklavda pişirilen ve kızılötesi cihazında 525W’ta kurutulan örnekte elde edilmiştir. Uygulanan kızılötesi gücünün artması ile örneklerin viskozite değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi cihazında 525W güçte kurutulan örneğin viskozite değerinin haşlama yöntemiyle veya otoklavda pişirilen ve güneşte kurutulan örneğe kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Ayrıca, Mirzabey çeşidinde haşlama yöntemi ile veya otoklavda pişirilen ve kızılötesi ile 525W güçte kurutulan bu örneğin bu çeşitten elde edilen bulgurlar içerisinde en yüksek su absorpsiyon değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2).

Otoklavda pişirilen örneklerde kurutma işlemi IR 666W güçte yapıldığında örneğin viskozite değerinin güneşte kurutulan örneğin viskozite değerine yakın olduğu gözlenmiştir. Ancak haşlama yöntemi ile pişirilen ve 666W güçte kurutulan örnekte viskozite değeri güneşte kurutulan örneğe göre daha düşük bulunmuştur. Haşlama

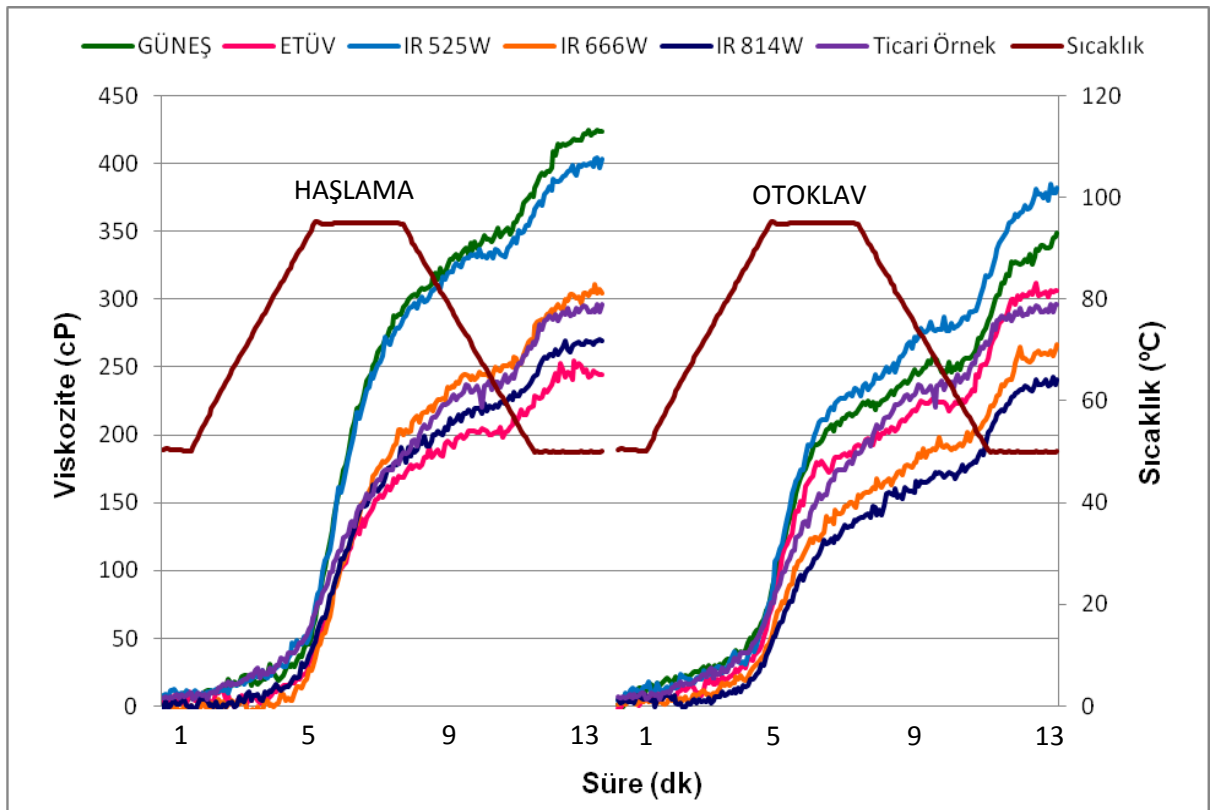
yöntemi ile pişirilen örneklerde etüv ve IR 814W kurutma amaçlı kullanıldığında örneklerin viskozite değerlerinin benzer olduğu ancak otoklavda pişirilen örneklerde en düşük viskozite değerlerinin IR 814W güç ile kurutulan örneklerde elde edildiği gözlenmiştir. Mirzabey çeşidinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve güneşte, kızılötesi 525W ve 666W güçte kurutulan örneklerin ve otoklavda pişirilen ve güneşte, etüvde, kızılötesi 525W ve 666W güçte kurutulan örneklerin viskozite değerlerinin incelenen ticari örneğinkinden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4. Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgur örnekleri için RVA grafikleri

Altın çeşidi için en yüksek viskozite değerleri haşlama ile pişirilip güneşte kurutulmuş örnekte bulunmuştur. Haşlama ile pişirilip kızılötesi ile 525W güçte kurutulan örneğin viskozite değerleri bu örneğe oldukça yakın bulunmuştur. Haşlama ile pişirilen ve 525W güçte kurutulan örneğin viskozitesi güneşte kurutulan örneğin viskozitesinden daha düşük bulunmuştur. Otoklavda pişirilen örneklerde kızılötesi ile 525W güçte kurutulan örneğin viskozite değerleri güneşte kurutulan örneğe göre daha yüksek çıkmıştır. Otoklavda pişirme ve kızılötesi 525W güçte kurutma ile elde edilen örneğin su absorpsiyon değeri de yüksek bulunmuştur. Altın çeşidinden bulgur eldesinde de

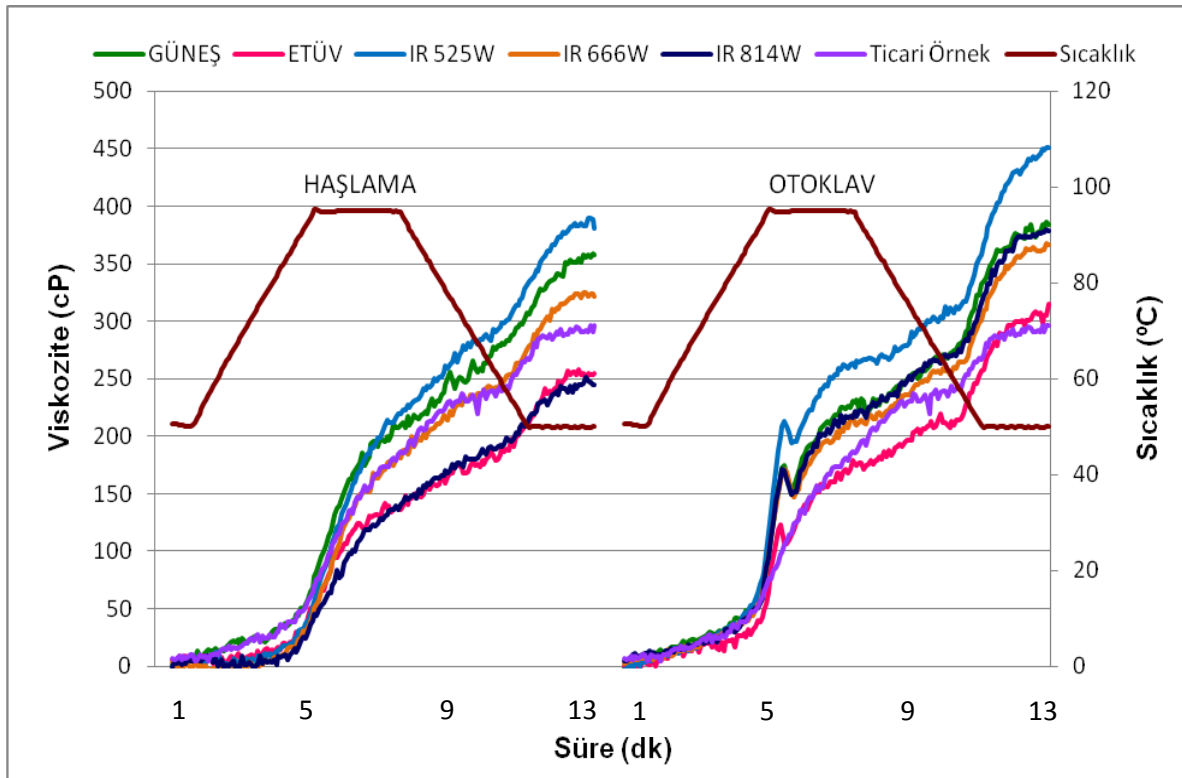
kurutma aşamasında kullanılan kızılötesi gücünün artırılması ile viskozite değerlerinde düşüş meydana gelmiştir (Şekil 4.5). Mirzabey çeşidine benzer şekilde Altın çeşidinde de haşlama yöntemi ile pişirilen örnekler kızılötesi ile kurutulduğunda etüvde kurutulan örneğe kıyasla daha yüksek viskozite değerleri vermiştir. Otoklavda pişirilen örneklerde ise kızılötesi ile yüksek güçlerde kurutulan örneklerin viskozite değerleri etüvde kurutulan örneklere kıyasla daha düşük olmuştur. Elde edilen bulgurlardan, haşlama ile pişirilen ve 666W kızılötesi güçte kurutulan bulgur örneği ticari örnek ile benzer sonuç verirken, haşlama ile pişirilen ve 814W güçte kurutulan örneğin viskozite değeri daha düşük olmuştur.



Şekil 4. 5. Altın çeşidinden elde edilen bulgur örnekleri için RVA grafikleri

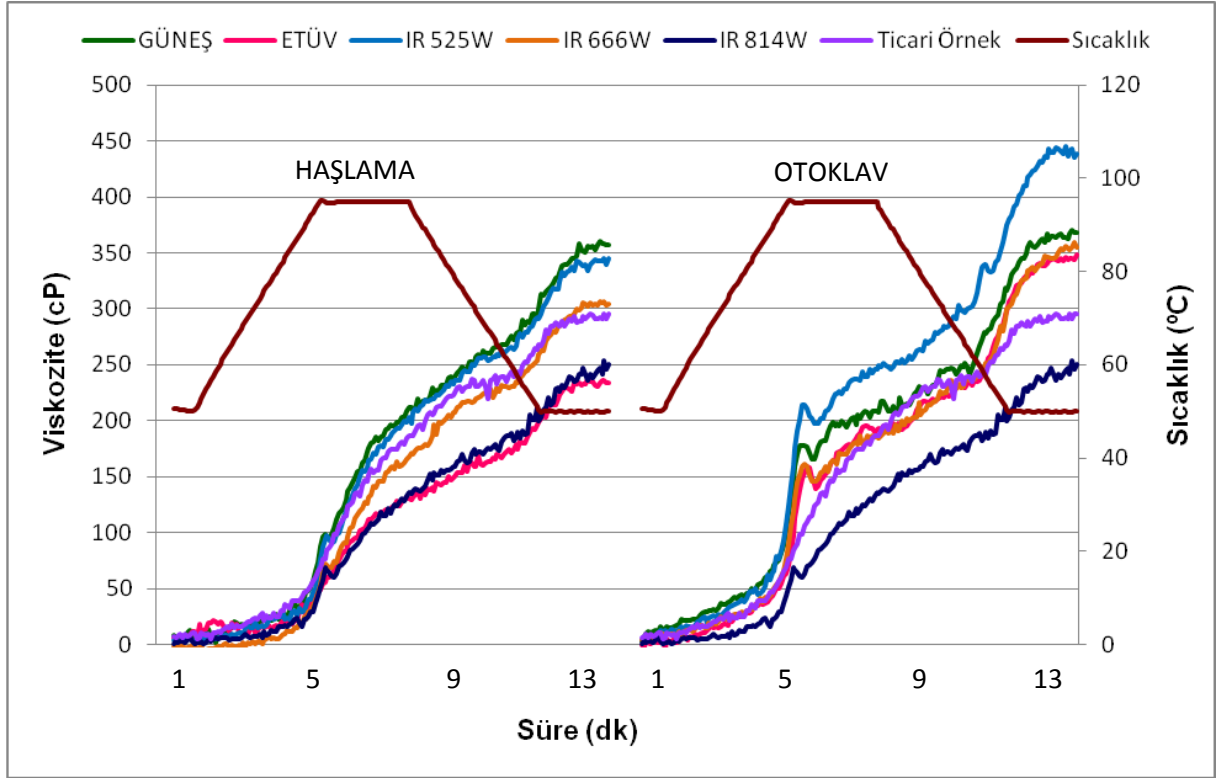
Ekmeklik çeşitlerden Bayraktar'dan haşlama yöntemi ile veya otoklavda pişirilmiş bulgur örneklerinde en yüksek viskozite değerleri 525 W'ta kızılötesi cihazında kurutulmuş örnek için elde edilmiştir. Makarnalık buğday örneklerinden elde edilen bulgur örneklerinin aksine ekmeklik buğdaylardan otoklavda pişirilen örnekler kızılötesi ile kurutulduğunda etüvde kurutulan örneğe kıyasla oldukça yüksek viskozite değerleri vermiştir. Otoklavda pişirilen bulgurlardan güneşte kurutulan örnek ile IR 666W ve IR 814W ile kurutulan örneklerin viskozite değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Haşlama veya otoklavda pişirilmiş ve kızılötesi 525W güç ile kurutulmuş

örneklerin RVA sonuçları ile uyumlu olarak su absorpsiyon değerleri de (Şekil 4.2) diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerden 814W kızılötesi güçte kurutulmuş örneğin viskozitesi, güneşte kurutulan örneğin viskozitesinden daha düşük ve etüvde kurutulan örneğin viskozitesi ile hemen hemen aynı iken, otoklavda pişirilen örneklerden 814 W kızılötesi güç ile kurutulan örneğe ait viskozite değerlerinin etüvde kurutulan örneğin viskozite değerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Genel olarak ekmeklik çeşitlerden elde edilen bulgurlarda viskozite değerlerinin makarnalık çeşitlerden elde edilen bulgurlara göre daha düşük bulunmuştur. Farklı yöntemlerle üretilen bulgur örneklerinin viskoziteleri ticari bulgur örneğinin viskozitesi ile kıyaslandığında, haşlama ile pişirilen örneklerden güneşte ve kızılötesi 525W güçte kurutulan örneklerin, otoklavda pişirilen örneklerden güneşte ve tüm kızılötesi güçlerde kurutulan örneklerin viskoziteleri ticari örneğin viskozite değerinden daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4. 6. Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgur örnekleri için RVA grafikleri

Diğer ekmeklik çeşit olan İkizce'den hazırlanan bulgur örneklerinin RVA sonuçlarına bakıldığında otoklavda pişirilmiş ve 525W' ta kızılötesi cihazında kurutulmuş örneğin viskozite değerlerinin güneşte kurutulmuş örneğe kıyasla yüksek olduğu, ancak haşlama yöntemi kullanıldığında IR 525W güçte kurutulmuş örneğin güneşte kurutulan örnek ile benzer sonuç verdiği belirlenmiştir. Otoklavda pişirme ve kızılötesi 525W uygulaması ile kurutulan örneğe ait mikro viskoanalizör sonuçları ile uyumlu olarak aynı örneğin su absorpsiyon değerinin (Şekil 4.2) de otoklavda pişirilen diğer örnekler göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İkizce çeşidinden elde edilen bulgur örneklerinde genellikle kurutma aşamasında kullanılan kızılötesi uygulama gücü arttıkça viskozite değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. 7. İkizce çeşidinden elde edilen bulgur örnekleri için RVA grafikleri

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde kızılötesi 525W ile kurutulan örneklerin hem haşlama hem de otoklavda pişirilen örnekler arasında genellikle en yüksek viskozite değerine sahip olduğu ve bu sonuçların su absorpsiyon değerleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Haşlama ile pişirilen örneklerden etüvde kurutulan örneğin genelde en düşük viskozite değerine sahip olduğu ve etüvde kurutulan örneklere ait viskozite değerlerinin güneşte kurutulan örneklere ait viskozite

değerlerinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirilen örneklerde ise güneşte ve etüvde kurutulan örneklerin viskozite değerlerinin haşlamaya kıyasla daha yakın olduğu belirlenmiştir. Kızılötesi ile kurutulan örnekler kıyaslandığında kızılötesi gücün artması ile örneklerin viskozitelerinde kademeli bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Kızılötesi 525W ile kurutulan örneklerin viskozite değerlerinin güneşte kurutulan örneğin viskozite değerine göre daha yüksek olması kızılötesi 525W ile kurutmanın son ürün viskozitesi açısından daha avantajlı ürünler verebileceğini göstermektedir.

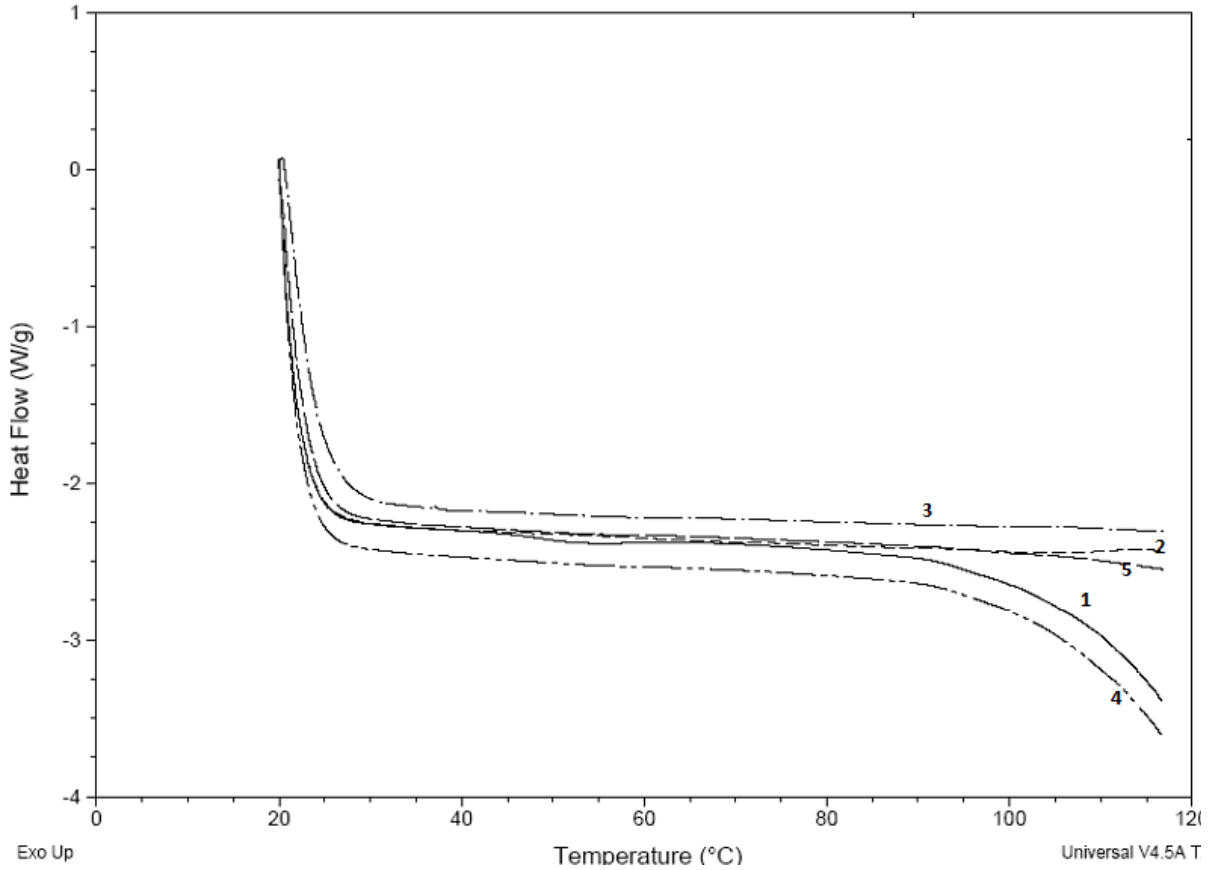
4.2.8. Mikrokolorimetrik özellikler

Bulgur üretiminin ısı işlem aşamasında nişastada meydana gelmiş olan değişiklikler termoanalitik bir yöntem olan DSC ile incelenmiştir. Makarnalık çeşitlerden Mirzabey, Altın ve ekmeçlik çeşitlerden Bayraktar, İkizce' den haşlama yöntemi ile elde edilen bulgurlara ait DSC termogramları sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.10, Şekil 4.12 ve Şekil 4.14'te, otoklavda pişirme ile elde edilen bulgurlara ait DSC termogramları sırasıyla Şekil 4.9, , Şekil 4.11, Şekil 4.13, ve Şekil 4.15 'te verilmiştir.

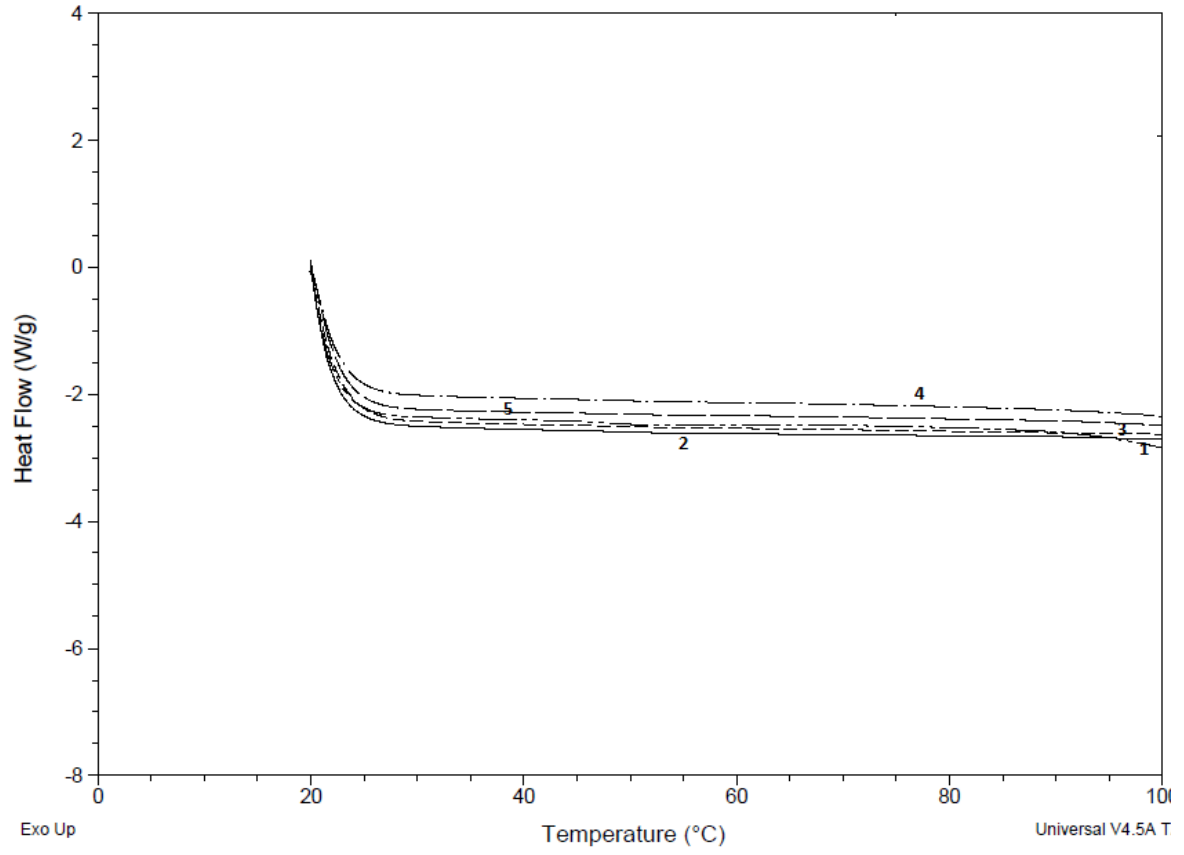
Her bir çeşide ait bulgur örneğinin DSC termogramı incelendiğinde termogramlarda bir jelatinizasyon piki gözlenmemiştir. Bu durum bulgur üretimi sırasında uygulanan pişirme ve kurutma aşamalarındaki ısı işlemler sırasında nişastanın tamamının jelatinize olduğuna işaret etmektedir.

Certel ve Ertugay (1992) bulgur üretiminde en önemli işlem basamaklarından biri olan pişirmenin geleneksel yöntemle düşük yoğunluktaki ısının yavaş transferi ile 1.5 saatte, otoklavda daha yoğun ısının basınçlı transferi ile 15 dakikada, kısa ve uzun süreli ışınlamalarda ise çok yoğun ısının daha etkin ve hızlı transferi ile 49 ve 99 saniyede ve çok daha yüksek düzeylerde gerçekleştirilebildiği belirtmiştir. Pişirilmemiş buğdaya göre geleneksel yöntemle 1.5 saat pişirilen bulgurlarda %74.4, otoklavda 120°C'de 15 dakika pişirilen bulgurlarda %78.1, kısa süreli (49sn) kızılötesi ışınlanarak pişirilmiş bulgurlarda %79.9 ve uzun süreli (90sn) ışınlanarak pişirilmiş bulgurlarda en yüksek %90 çirışlenme derecesi tespit edilmiştir. Elde edilen bulgurların çirışlenme için suyun yanı sıra gerekli ısı enerjisinin transfer şeklinin ve debisinin de çirışlenme için etkili olduğu açıklanmıştır .

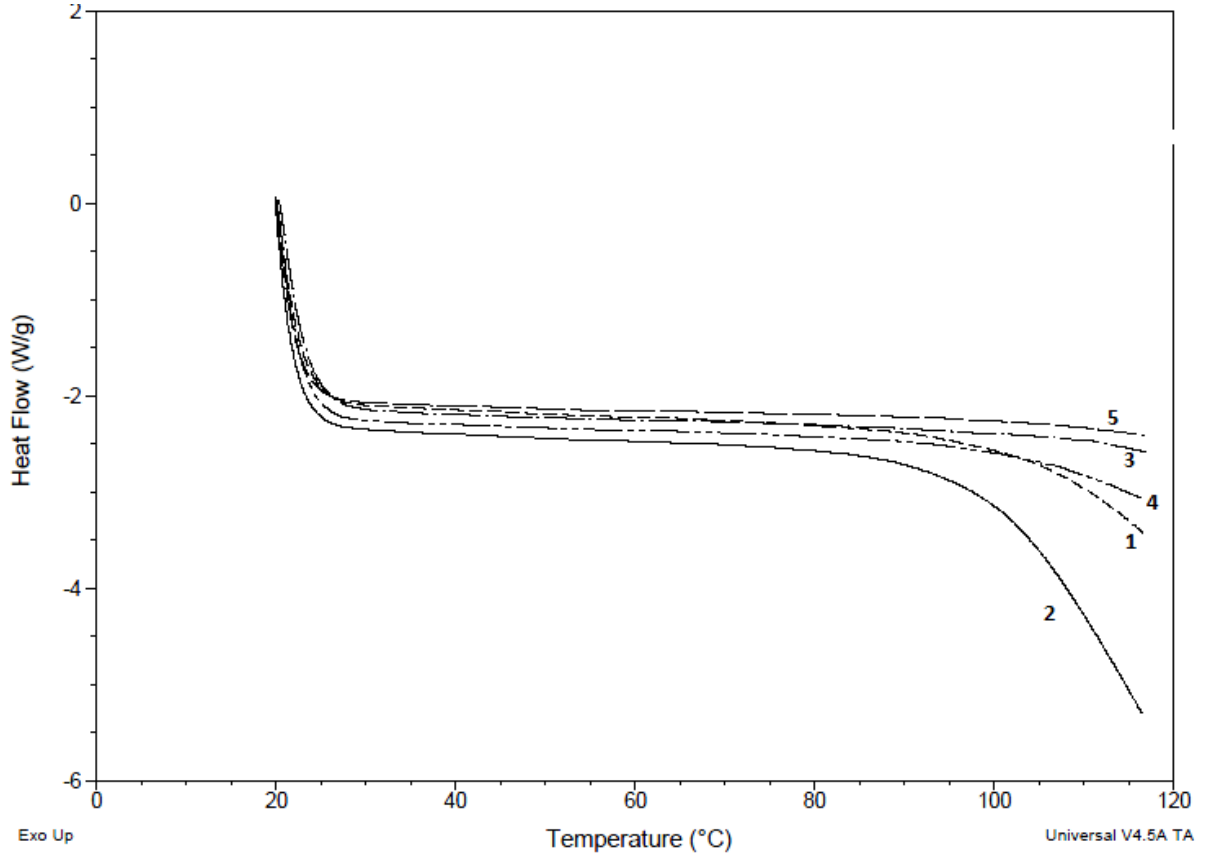
Tez çalışmasında buğday örnekleri pişirme öncesinde 3 saat 60°C'deki su banyosunda ıslatıldıktan sonra otoklavda pişirme işlemi 121°C'de 1.1 bar basınç altında 17 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle bulgur örneklerinin DSC termogramlarında jelatinizasyon pikine rastlanmamıştır. Özboy (1998) tarafından gerçekleştirilen çalışmada buğday örnekleri 3 saat 60°C'deki su banyosunda ıslatıldıktan sonra otoklavda 1.2atm basınç altında, 121°C sıcaklıkta 15 dakika süre ile pişirilmiş ve 18 saat süre ile 60°C 'deki etüvde kurutulmuştur. Hem makarnalık hem de ekmeklik buğdaylardan elde edilen bulgurlara ait DSC sonuçları (faz değişimi başlangıç sıcaklığı, bitiş sıcaklığı ve pik sıcaklık değerleri) için ölçülebilir sonuçlar elde edilmiş ve buğdaylara ait değerlerin aynı çeşitten elde edilen bulgurlarinkinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Jelatinizasyonun ekmeklik buğdaylardan elde edilen bulgurlara kıyasla makarnalık buğdaylarda daha geç gerçekleştiği belirtilmiştir. Buğdayın bulgura dönüşümü ile entalpi değerlerinde %87.42 'ye kadar azalma meydana geldiği belirtilmiştir.



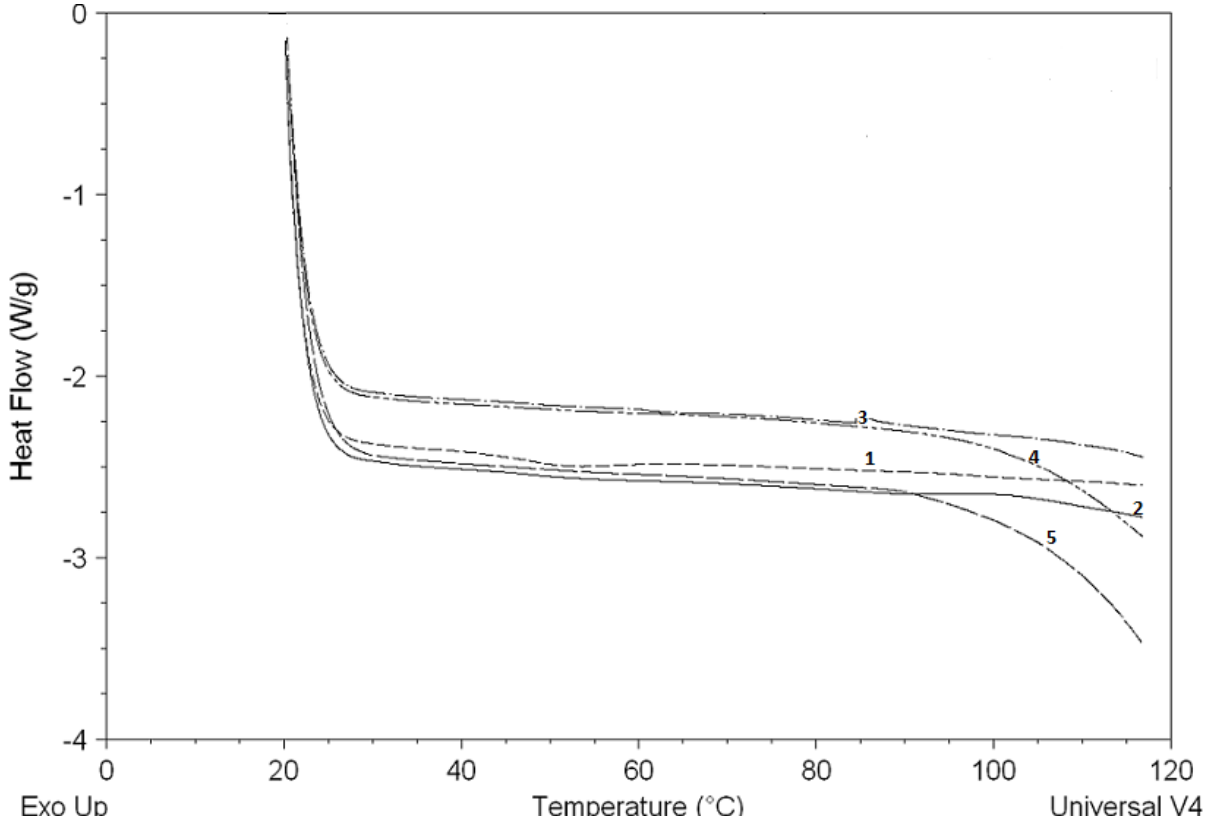
Şekil 4. 8. Mirzabey çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



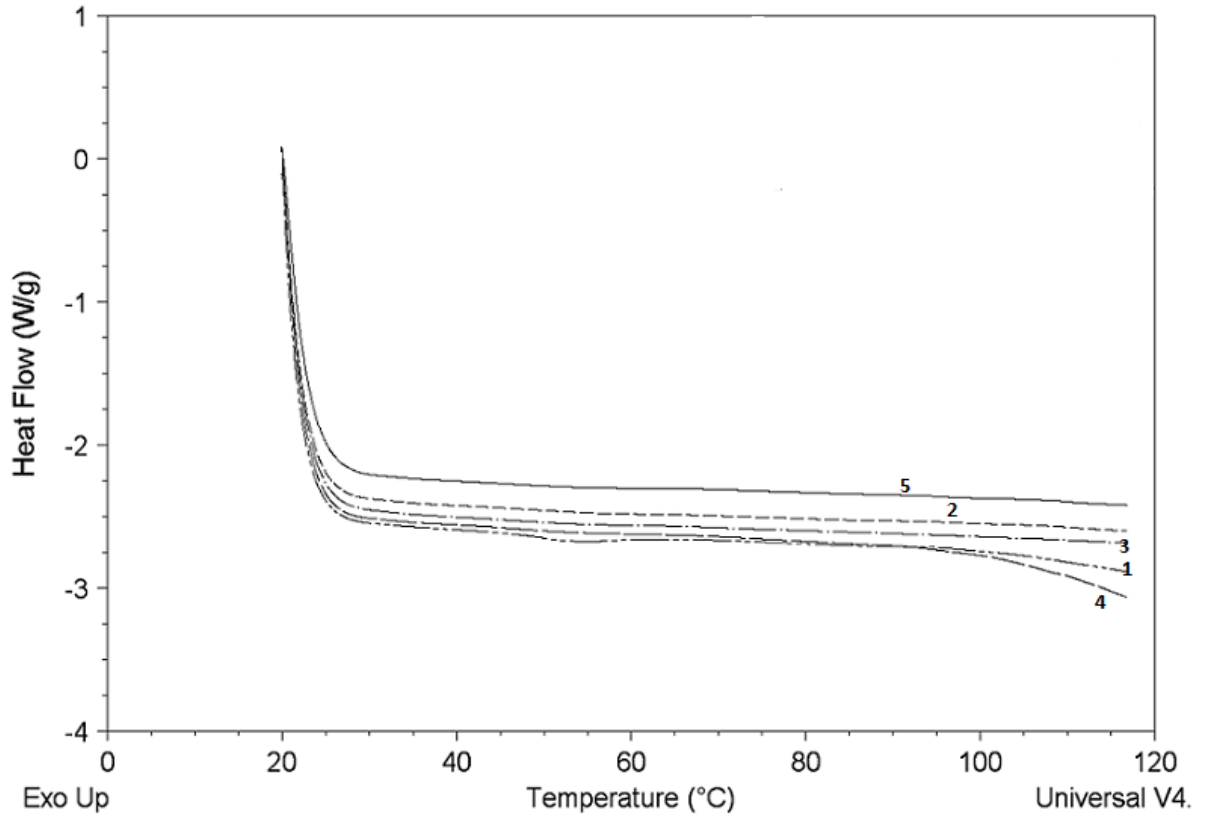
Şekil 4. 9. Mirzabey çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



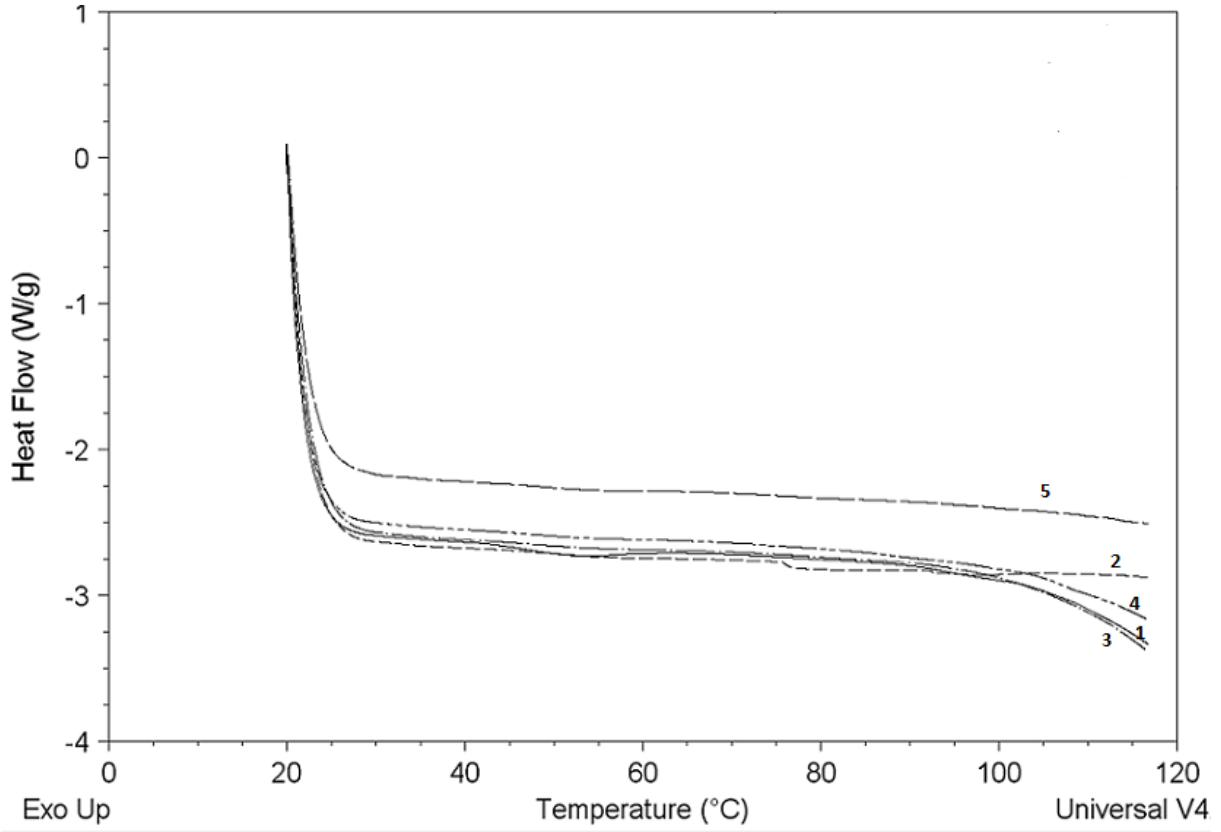
Şekil 4.10. Altın çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



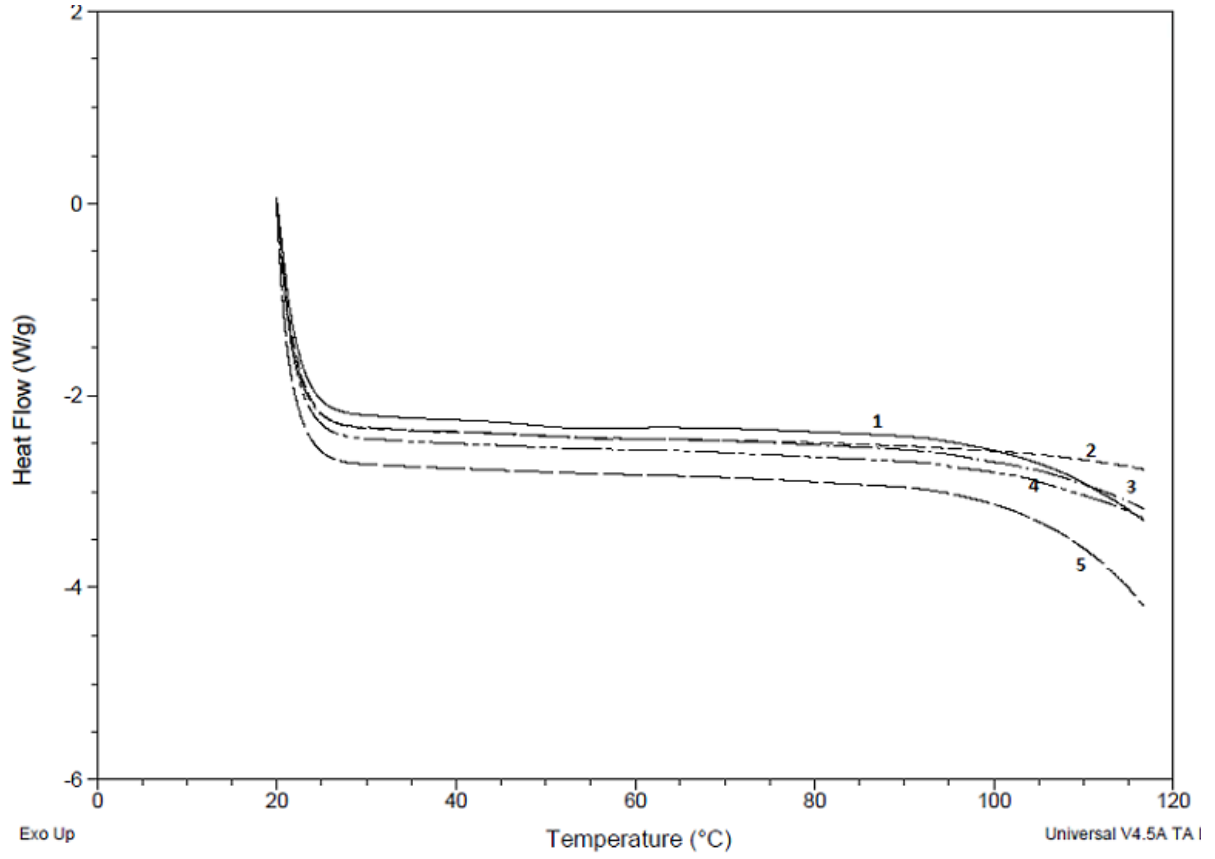
Şekil 4. 11. Altın çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



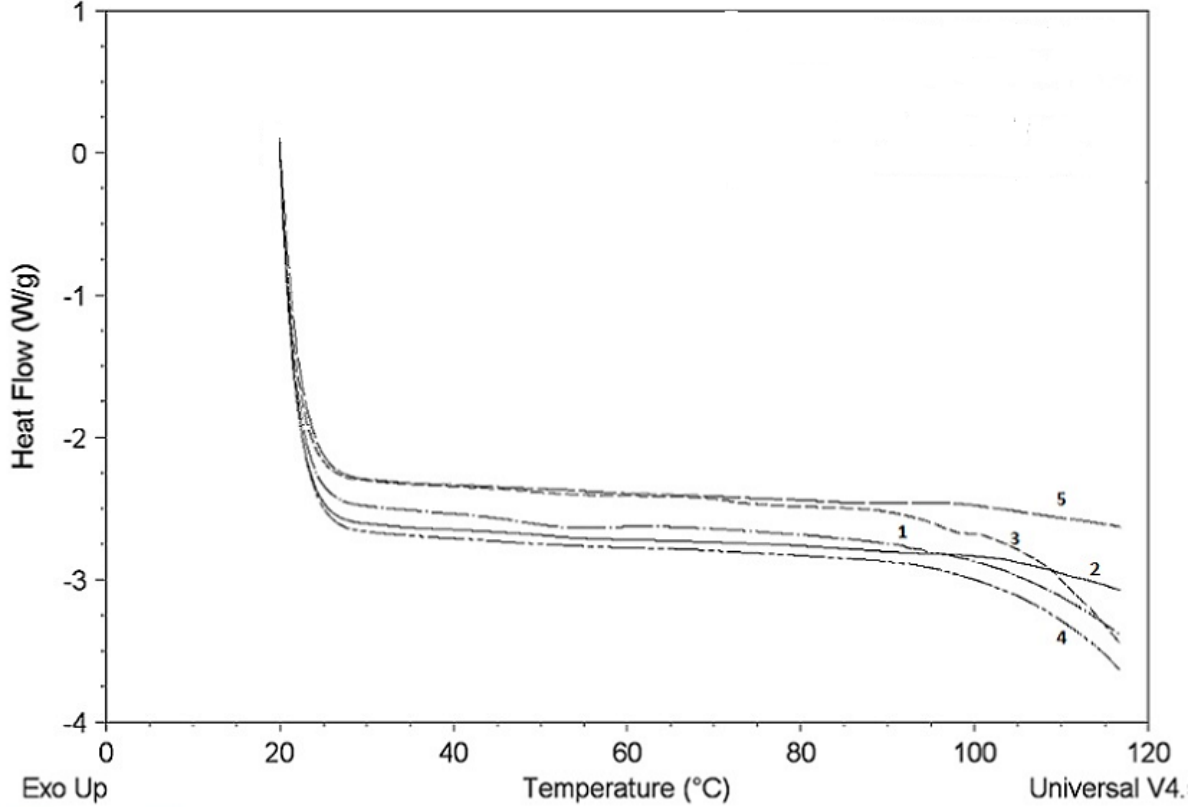
Şekil 4.12. Bayraktar çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



Şekil 4.13. Bayraktar çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



Şekil 4. 14. İkizce çeşidine ait buğday örneklerinden haşlama yöntemi ile pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüvde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma



Şekil 4.15. İkiçce çeşidine ait buğday örneklerinden otoklavda pişirilen ve farklı kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurlara ait DSC termogramları (1) Güneşte kurutma (2) Etüde kurutma (3) IR 525W kurutma (4) IR 666W kurutma (5) IR 814W kurutma

4.2.9. Elektroforetik özellikler

Farklı pişirme ve kurutma yöntemleri kullanılarak üretilmiş, Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkiçce çeşitlerine ait bulgur örneklerinin elektroforegramları Şekil 4.16, Şekil 4.18, Şekil 4.20, Şekil 4.22' de ve densitometrik analiz sonuçları Şekil 4.17, Şekil 4.19, Şekil 4.21, Şekil 4.23' te verilmiştir. Densitometrik analizde, densitometrik alanlar her bir pişirme yöntemi için kontrol örneği olarak değerlendirilen güneşte kurutulmuş örnek esas alınarak normalize edilmiştir.

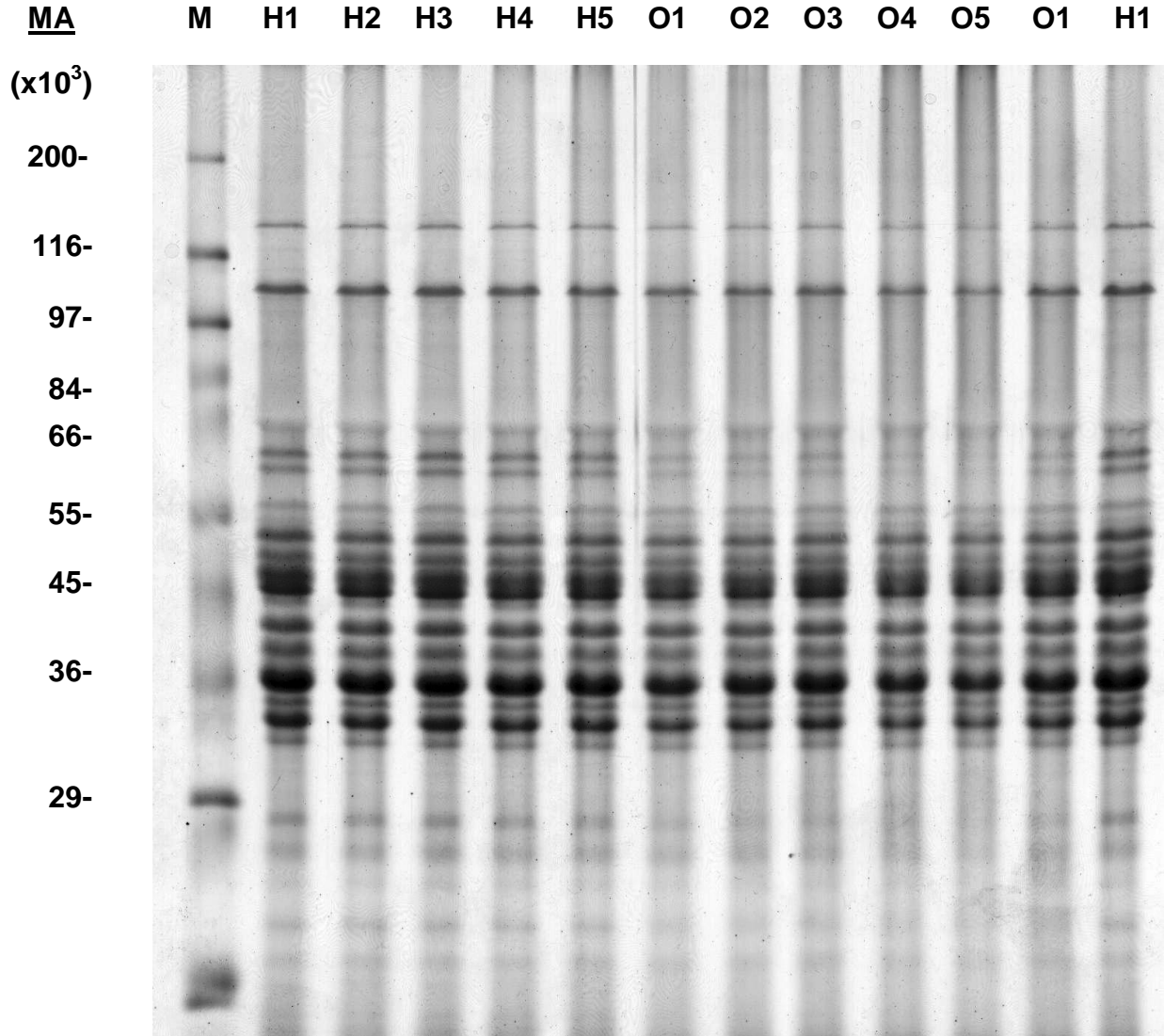
Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkiçce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait SDS-PAGE desenleri incelendiğinde aynı çeşidin farklı pişirme ve farklı kurutma yöntemleri uygulanarak hazırlanmış bulgur örneklerinin bazılarında ayırıcı jelin üst kısmında hafif "streaking" (proteinlerin bantlar halinde ayrılmayıp hat boyunca yaygın

koyu alan halinde gözlenmesi) gözlenmiştir. Bu duruma otoklavda pişirilen örneklerde daha fazla rastlanmaktadır.

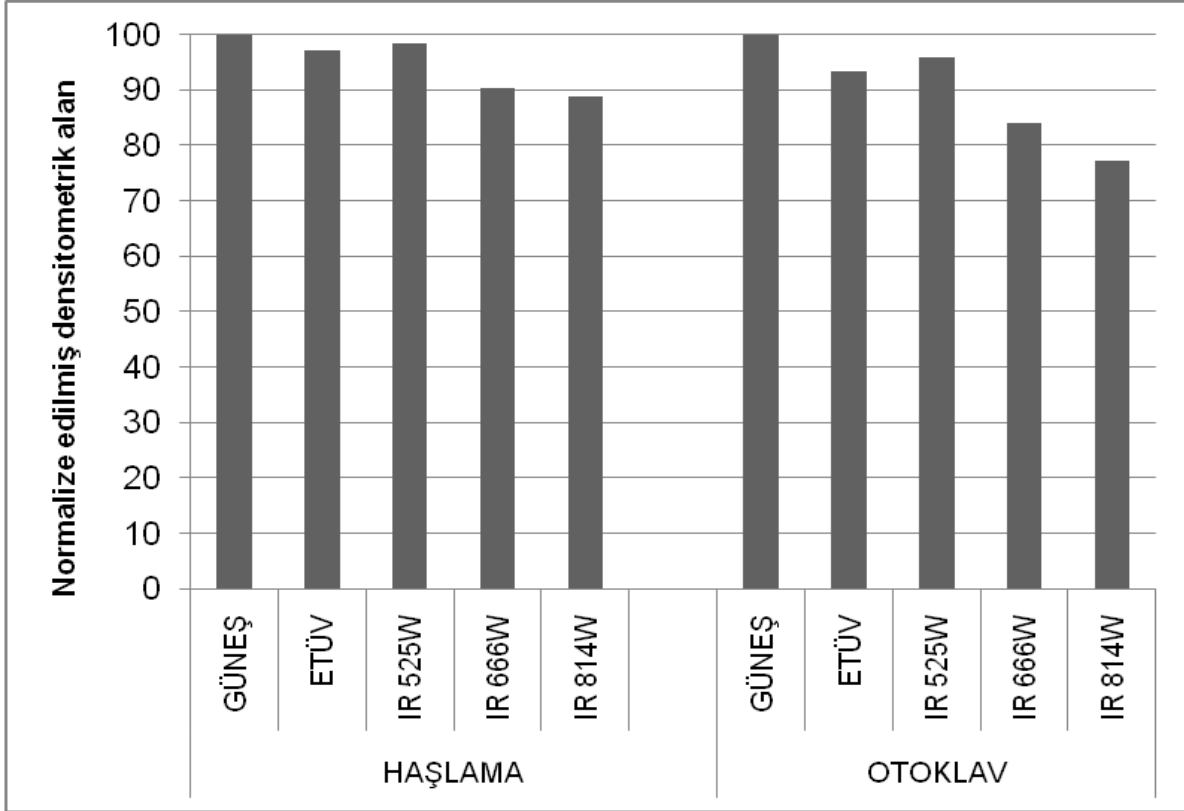
Genel olarak, haşlama yöntemi veya otoklavda pişirilen örneklerin etüvde ve kızılötesi uygulaması ile kurutulmasının güneşte kurutulan örneğe kıyasla relatif bant yoğunluklarında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Otoklavda pişirilen örnekler haşlama ile pişirilen örneklerle kıyaslandığında aynı yöntemle kurutulan örneklere ait bantların relatif yoğunluklarında önemli azalmalar olmuştur. Bu durum otoklavda pişirmenin relatif bant yoğunlukları üzerine etkisinin haşlama ile pişirmeden daha fazla olduğunu göstermektedir. Otoklavda pişirilen örnekler kızılötesi ile kurutulduğunda kızılötesi gücü arttıkça bantların relatif yoğunluklarında kademeli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Her iki yöntem ile de pişirilen örneklerde kızılötesi ile kurutulan örneklere uygulanan güç arttıkça densitometrik alanlarda kademeli bir azalma gözlenmiştir.

Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurlarda, hem haşlama ile hem de otoklavda pişirilen örneklere kızılötesi 814W güç ile kurutma uygulandığında 66kDa' un hemen altındaki çift bantın relatif yoğunluğunda bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.16). Otoklavda pişirilen örneklerde moleküler ağırlığı 29kDa civarında olan bant haşlama ile pişirilenlerdekine göre neredeyse kaybolmuştur.

Mirzabey çeşidine ait densitometrik analiz sonucunda elde edilen normalize edilmiş alanlara bakıldığında (Şekil 4.17) haşlama ve otoklavda pişirilen örnekler için güneşte, etüvde ve kızılötesi 525W ile kurutulan örneklerin densitometrik alanlarındaki değişim benzer bir eğilim göstermiştir. Hem haşlama yöntemi ile hem de otoklavda pişirilen örneklerde kızılötesi 525W güçte kurutulan örneğin relatif bant yoğunlukları güneşte kurutulan örneğinkine daha yakın iken, etüvde kurutulan örneğe göre daha yüksek bulunmuştur.



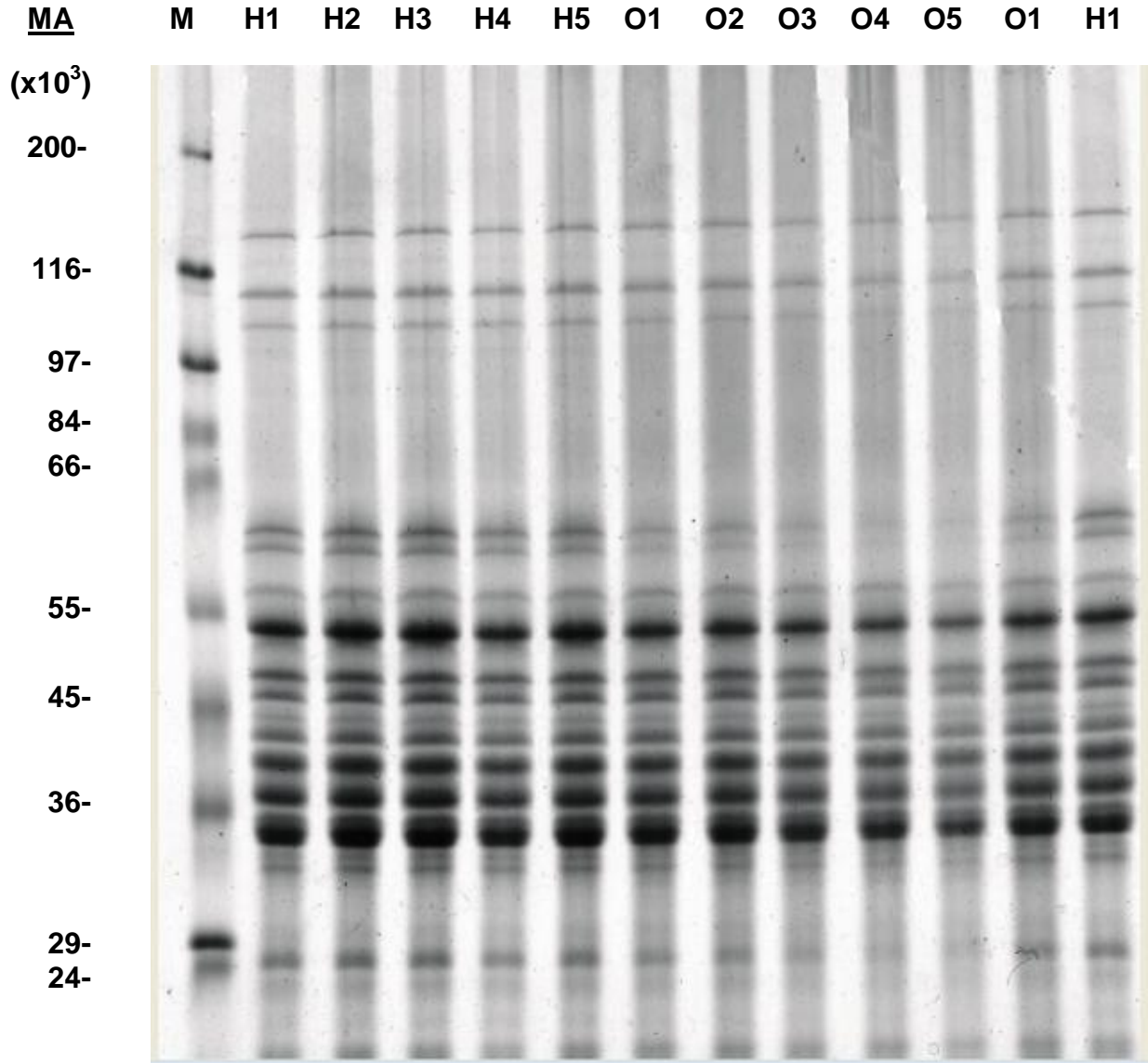
Şekil 4.16.Mirzabey çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri (M: Markör protein, H: Haşlama ile pişirilen örnekler, O: Otoklavda pişirilen örnekler, 1: Güneşte kurutma, 2: Etüvde Kurutma, 3: IR 525 W güçte kurutma, 4: IR 666 W güçte kurutma, 5: IR 814 W güçte kurutma)



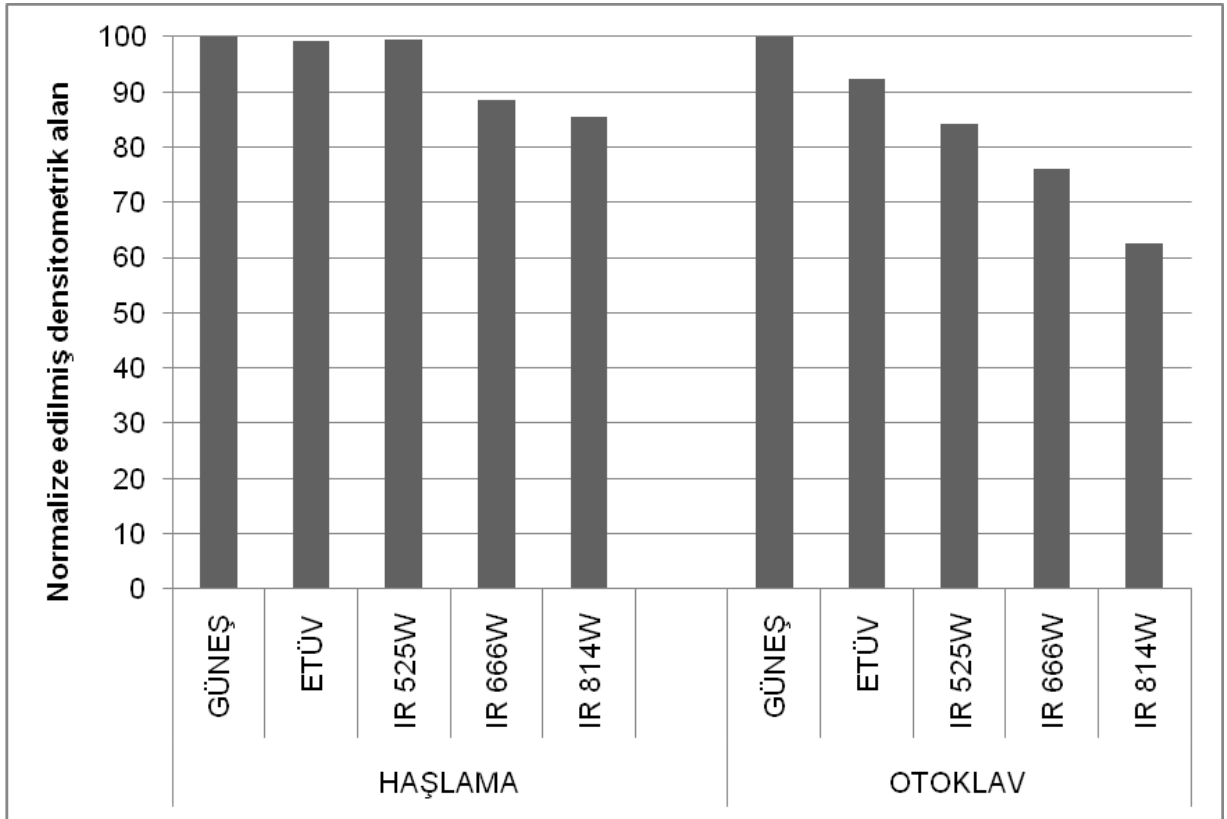
Şekil 4.17. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim (Örneklerin densitometrik alanları her bir pişirme yöntemi için güneşte kurutulan örnek esas alınarak normalize edilmiştir)

Altın çeşidinden elde edilen bulgurlarda haşlama ile pişirilip kızılötesi 666W ve 814W güç ile kurutmanın moleküler ağırlığı 66-55kDa aralığında olan bantların relatif yoğunluğunun güneşte kurutulan örneğe göre azalmasına sebep olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirme ve 525W, 666W ve 814W kızılötesi gücü ile kurutma yapılarak elde edilen bulgur örneklerinin moleküler ağırlığı 97kDa'un hemen üzerinde olan bantların yoğunluğunun oldukça azaldığı gözlenmiştir. Otoklav ile pişirilip 814W güçte kurutulmuş örneklerde moleküler ağırlığı 66-55 kDa arasında olan çift bandın, 55kDa'un hemen üzerindeki bandın kontrol örneğindeki kıyasla neredeyse kaybolduğu belirlenmiştir. Otoklavda pişirilen ve 666W ve 814W kızılötesi güçte kurutulan örneklerde 24 kDa civarındaki bant haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerdekine kıyasla neredeyse kaybolmuştur. Haşlama ve otoklavda pişirilen örnekler kıyaslandığında otoklavda pişirilen örneklerde 55-66kDa aralığındaki çift bant ile 24kDa molekül ağırlığındaki bant yoğunluğunun çok azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.18).

Altın çeşidine ait densitometrik analiz sonuçları (Şekil 4.19) incelendiğinde, haşlama yöntemi ile elde edilen bulgurların etüv veya kızılötesi 525W güçte kurutulmasının bulgur örneklerinin relatif bant yoğunlukları üzerine azaltıcı etkisinin çok az olduğu gözlenmiştir. Güneşte kurutulan örneğe ait relatif bant yoğunluğunun diğer yöntemlerle kurutulan örneklere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak otoklavda pişirme yöntemi uygulandığında etüvde ve kızılötesinin farklı güçlerinde kurutulan örneklere ait normalize edilmiş dansitometrik alanların güneşte kurutulan örneğinkinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirilen örnekler haşlama ile pişirilen örneklerle kıyaslandığında aynı yöntemle kurutulan örneklere ait tüm bantların relatif yoğunluklarında önemli azalmalar olduğu, otoklavda pişirilen örnekler kızılötesi ile kurutulduğunda kızılötesi gücü arttıkça bantların relatif yoğunluklarında kademeli bir azalma olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 18. Altın çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri (M: Markör protein, H: Haşlama ile pişirilen örnekler, O:Otoklavda pişirilen örnekler, 1: Güneşte kurutma, 2: Etüvde kurutma, 3: IR 525W güçte kurutma, 4: IR 666 W güçte kurutma, 5: IR 814 W güçte kurutma)

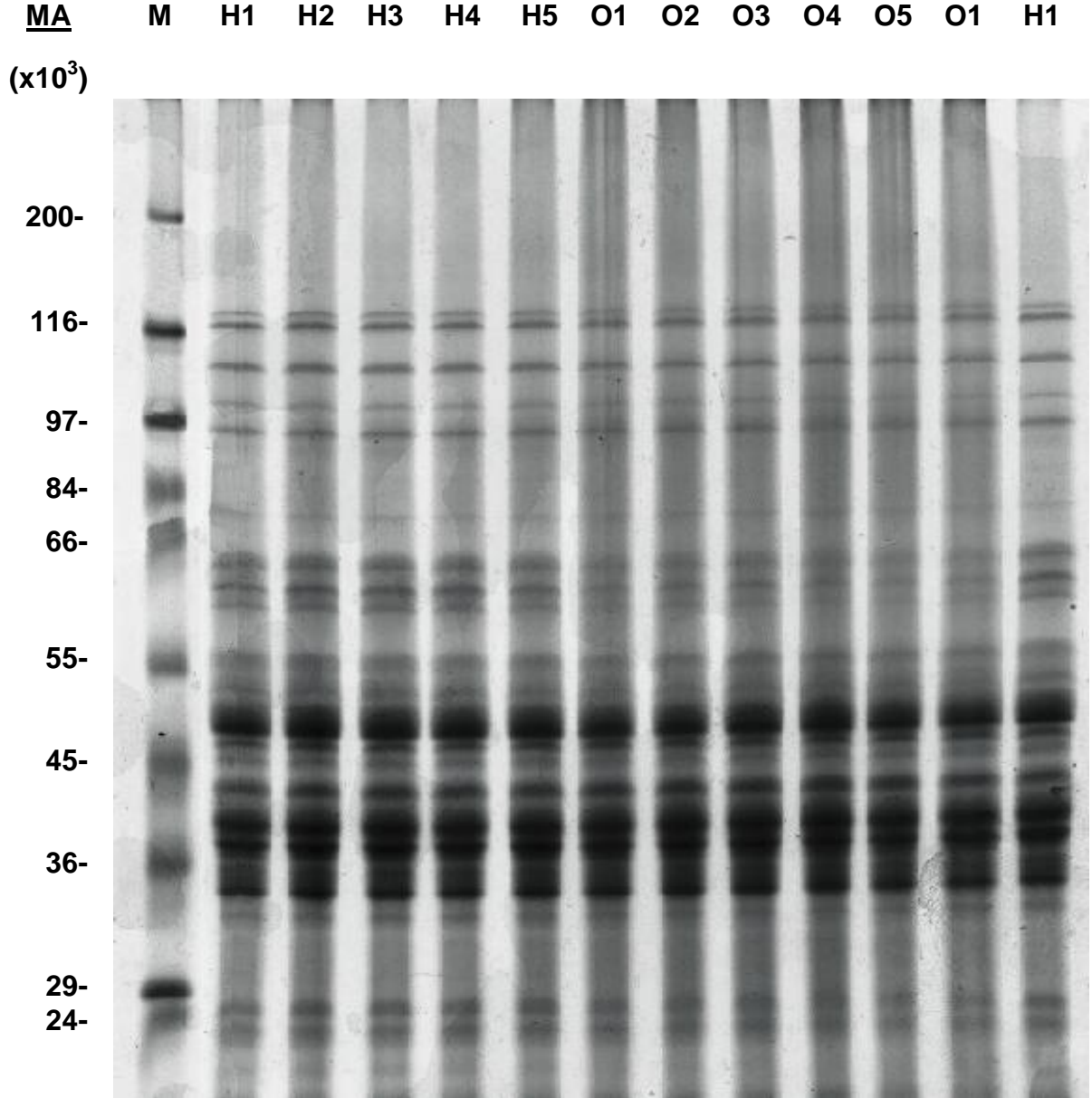


Şekil 4. 19. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Altın çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim (Örneklerin densitometrik alanları her bir pişirme yöntemi için güneşte kurutulan örnek esas alınarak normalize edilmiştir)

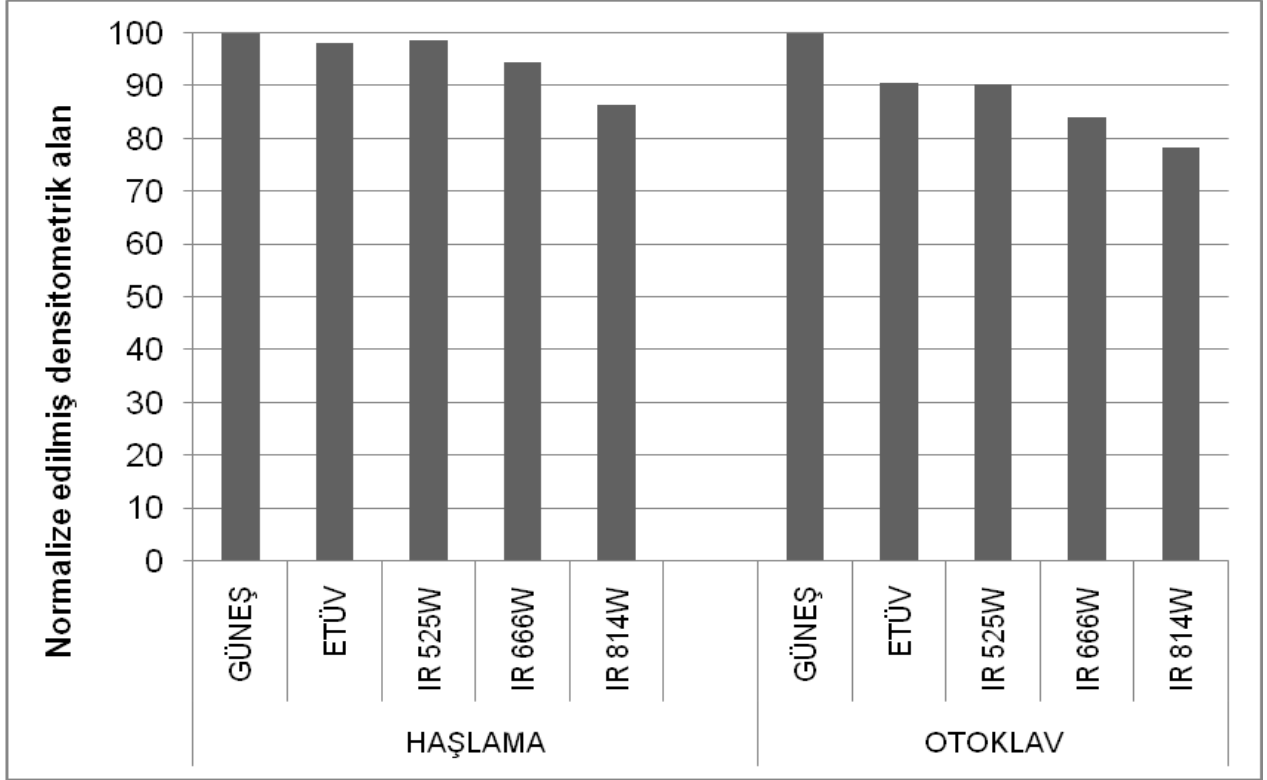
Bayraktar çeşidinden her iki yöntemle pişirilen bulgurlar için, etüvde veya kızılötesi 525W ile kurutulan örnekler kıyaslandığında aralarında önemli bir farkın olmadığı, ancak farklı güçlerde kızılötesi kurutma uygulanan örneklerde uygulanan güç arttıkça örneklerin densitometrik alanlarında kademeli bir azalmanın olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirme ile elde edilen bulgur örneklerinde moleküler ağırlığı 97 kDa' un hemen üzerindeki, 66-84kDa arasındaki, 66kDa'un altındaki ve 24kDa civarındaki bantın yoğunlunda azalma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.20).

Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgur örneklerine ait elektroforegramların normalize edilmiş densitometrik alanları incelendiğinde haşlama yöntemi ile elde edilen bulgurlardan etüvde ve 525W kızılötesi güç ile kurutulan örneklerin normalize edilmiş densitometrik alanları güneşte kurutulan örneğine yakın bulunurken, otoklavda pişirilen örneklerden etüv ve 525W güç ile kurutulanların normalize edilmiş

densitometrik alanları güneşte kurutulan örneğe göre önemli bir farklılık göstermiştir (Şekil 4.21).



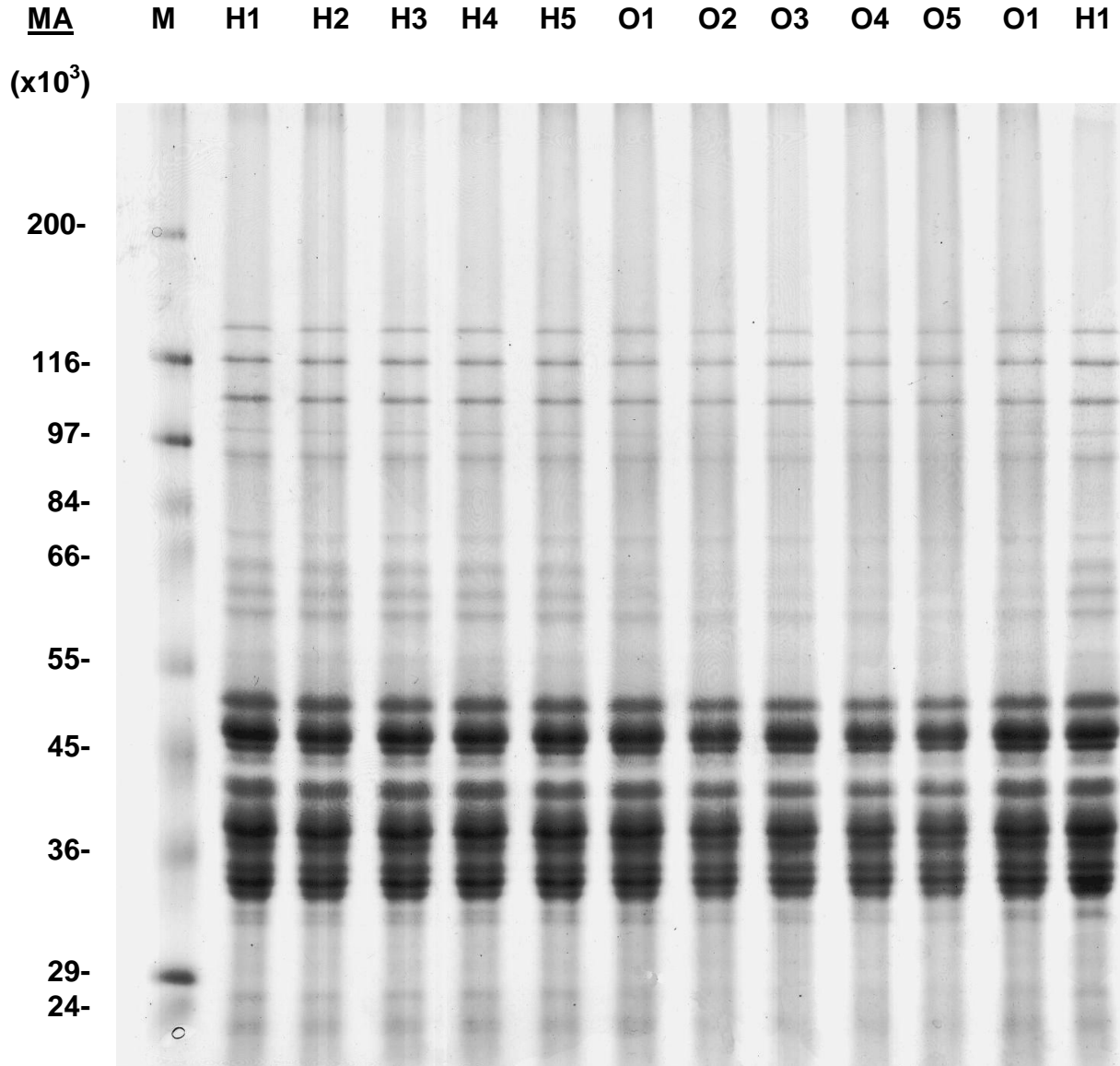
Şekil 4. 20. Bayraktar çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri (M: Markör protein, H: Haşlama ile pişirilen örnekler, O:Otoklavda pişirilen örnekler, 1: Güneşte kurutma, 2: Etüvde kurutma, 3: IR 525W güçte kurutma, 4: IR 666 W güçte kurutma, 5: IR 814 W güçte kurutma)



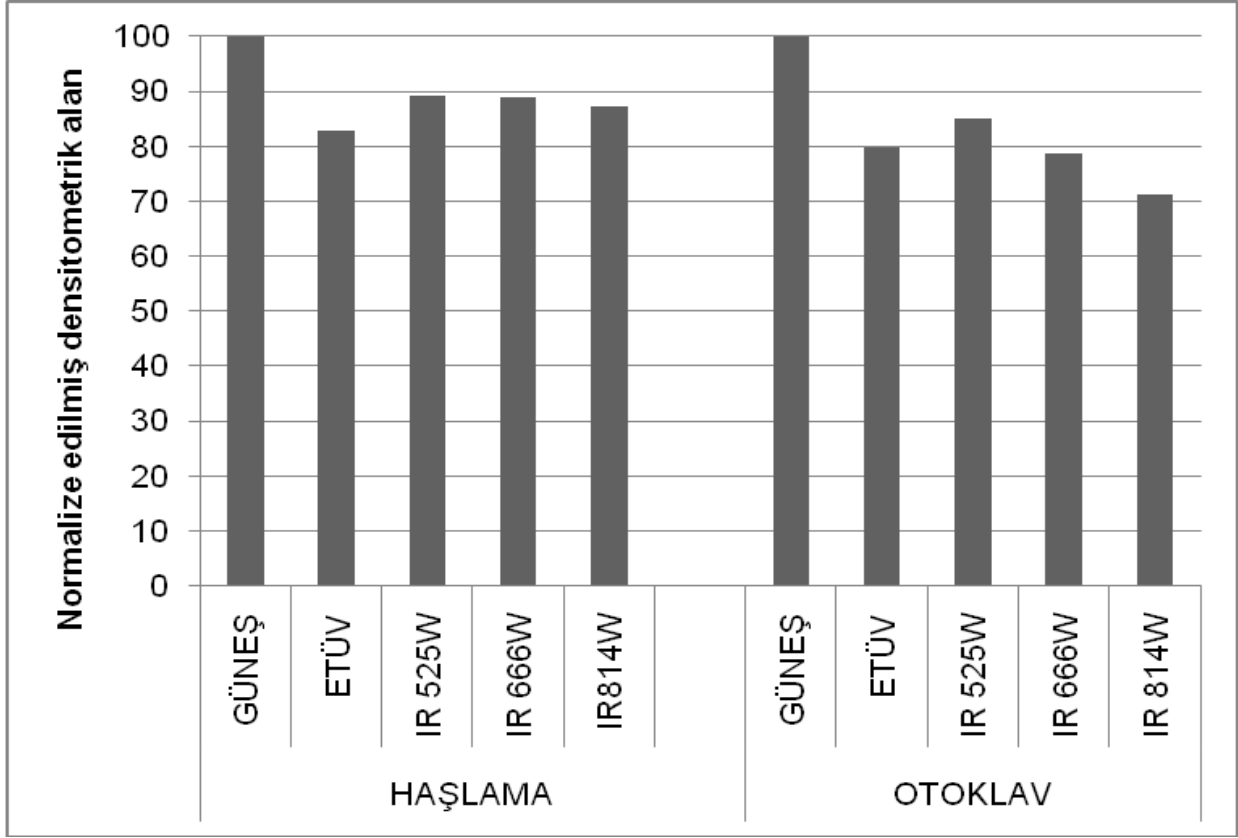
Şekil 4. 21. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Bayraktar çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim (Örneklerin densitometrik alanları her bir pişirme yöntemi için güneşte kurutulan örnek esas alınarak normalize edilmiştir)

İkizce çeşidinden elde edilen bulgurların elektroforetik bant desenleri incelendiğinde, haşlama yöntemi ile pişirilip 814W kızılötesi gücünde kurutma uygulanan örnek ile otoklavda pişirilen tüm örneklerde moleküler ağırlığı 55 kDa'un hemen üzerindeki ve 29kDa bandının hemen altındaki bantların relatif yoğunluklarında kontrol örneklerine göre önemli bir azalma olduğu hatta bazı bantların kaybolduğu gözlenmiştir (Şekil 4.22).

İkizce çeşidinden elde edilen bulgurlara ait densitometrik analiz sonucu incelendiğinde, diğer çeşitlerde de olduğu gibi otoklavda pişirilen ve kızılötesi ile kurutulan bulgurlara uygulanan kızılötesi güç arttıkça normalize edilmiş densitometrik alanlarda kademeli bir azalma gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4. 22. İkişce çeşidinden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile üretilen bulgurların elektroforetik bant desenleri (M: Markör protein, H: Haşlama ile pişirilen örnekler, O:Otoklavda pişirilen örnekler, 1: Güneşte kurutma, 2: Etüvde Kurutma, 3: IR 525W güçte kurutma, 4: IR 666 W güçte kurutma, 5: IR 814 W güçte kurutma)



Şekil 4. 23. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin İkizce çeşidinden elde edilen bulgurların densitometrik alanlarında meydana getirdiği değişim (Örneklerin densitometrik alanları her bir pişirme yöntemi için güneşte kurutulan örnek esas alınarak normalize edilmiştir)

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Mirzabey, Altın ve Bayraktar çeşitlerinden haşlama yöntemi ile pişirme ve kızılötesi 525W güçte kurutma ile elde edilen örneklerin relatif bant yoğunlukları haşlama ile pişirilen ve güneşte kurutulan örneklerin bant yoğunlukları ile yakın çıkmıştır.

4.2.10 Besinsel lif miktarı

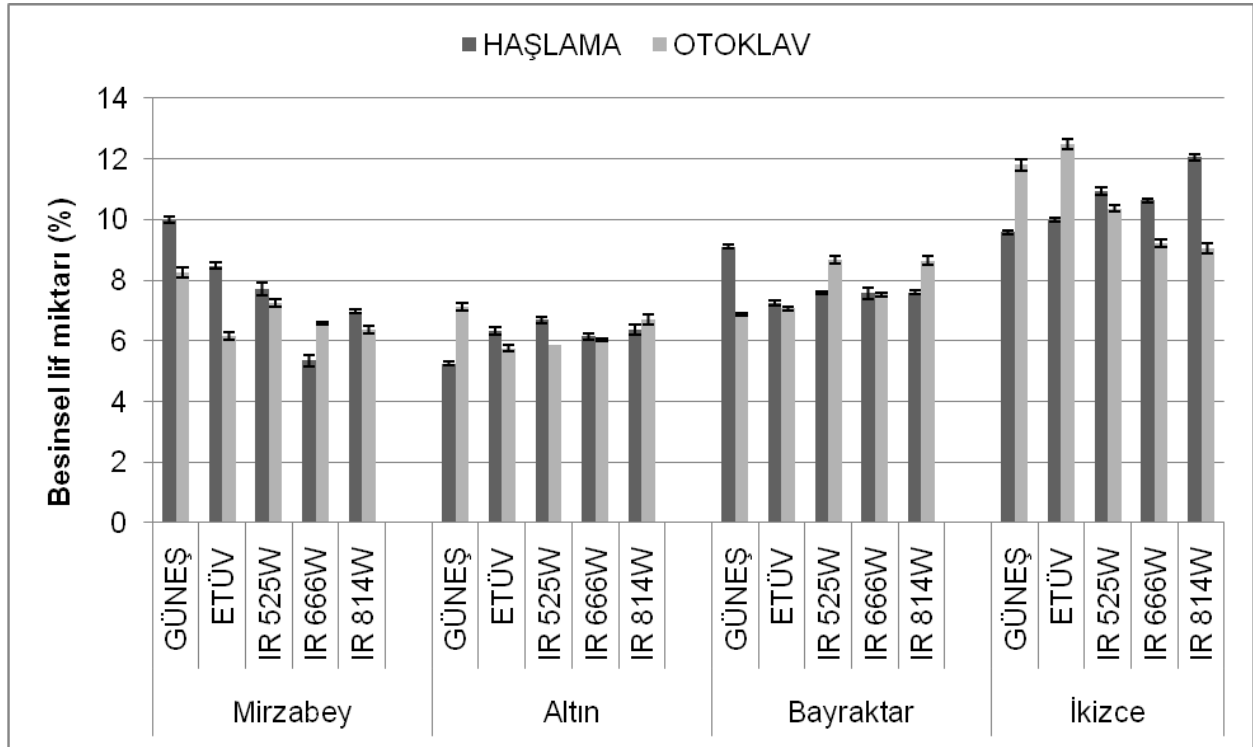
Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden farklı pişirme (haşlama, otoklav) ve kurutma yöntemleri ile elde edilen bulgur örneklerine ait besinsel lif miktarları kuru madde üzerinden hesaplanmış ve sonuçları Şekil 4.24' te verilmiştir.

Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce buğdaylarına ait besinsel lif değerleri sırasıyla %11.69, 12.25, 12.00 ve 14.17 olarak bulunmuştur. Belirtilen çeşitlerden farklı pişirme ve kurutma yöntemleri ile elde edilen bulgur örneklerinin besinsel lif miktarları

%5.25-12.49 aralığında bulunmuştur. Buğdayın bulgura işlenmesi ile besinsel lif miktarlarında bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Bu düşüşün kabuk soyma işlemi ile besinsel lif kaynağı olan kepeğin buğday tanesinden uzaklaştırılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Literatürde besinsel lif miktarındaki azalmanın pişirme işleminden kaynaklı olabileceği de belirtilmektedir. İşlem görmemiş, 20°C'de 18 saat süre suda (300ml/100g) bekletilen fasulyeler pişirildikten (40dk) sonra toplam besinsel lif miktarının işlem görmemiş fasulyeye kıyasla azaldığı belirtilmiştir (Kutos et al., 2003). Tez çalışması kapsamında bulgur örneklerinin besinsel lif miktarında kaydedilen azalmanın kısmen de olsa pişirme işleminden de kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar Özboy(1998) 'in çalışması ile uyum göstermemektedir. Özboy (1998)' un çalışmasında 60°C'de 3 saat ıslatıldıktan sonra 15dk 121°C'de 1.2 atm basınç ile otoklavda pişirilen ve 60°C'de sıcaklıktaki etüvde 18 saat süre ile kurutulan bulgur örneklerinde, ADF, NDF+ α -amilaz değerleri incelenmiş ve buğdayın bulgura işlenmesi ile besinsel lif miktarında artış olduğu belirtilmiştir.

Bulgur örneklerine ait besinsel lif miktarları iki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA ile değerlendirildiğinde, Mirzabey çeşidinden elde edilen bulgur miktarları üzerine pişirme x kurutma interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; Altın, Bayraktar, İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örnekleri için önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tüm örneklerle ait besinsel lif sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde uzaklaştırılan kabuk miktarının en fazla olduğu (Şekil 4.1) Altın çeşidinden elde edilen bulgurlara ait besinsel lif miktarları en düşük iken, uzaklaştırılan kabuk miktarının en az olduğu İkizce çeşidinden elde edilen bulgurlara ait besinsel lif miktarlarının en yüksek olduğu gözlenmiştir. Haşlama ile pişirilen örneklerdeki besinsel lif miktarlarının genellikle otoklavda pişirilen örneklerdekine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Mirzabey ve İkizce çeşitlerinden otoklavda pişirme ve kızılötesi kurutma ile elde edilen bulgur örneklerinde uygulanan güç arttıkça örneklerin besinsel lif miktarlarında kademeli bir düşüş olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.24. Mirzabey, Altın, Bayraktar, İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait besinsel lif miktarları (%)

Makarnalık çeşitlerde haşlama ile pişirilip kızılötesi ile kurutulan örnekler içerisinde en yüksek besinsel lif miktarı kızılötesi 525W ile kurutulan örneklerde elde edilmiştir.

Mirzabey çeşidinden her iki pişirme yöntemi ile elde edilen ve kızılötesi ile kurutulan bulgurlarda besinsel lif miktarının güneş ve etüve kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tüm örnekler içinde en yüksek besinsel lif miktarına sahip örneklerin İkizce çeşidinden otoklavda pişirme, güneşte ve etüvde kurutma yöntemi ile elde edilen bulgur örnekleri olduğu gözlenmiştir. Mirzabey ve İkizce çeşitlerinden otoklavda pişirme ve kızılötesi kurutma ile elde edilen örneklerin besinsel lif miktarlarında kontrole kıyasla önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Altın çeşidinden elde edilen bulgurlara ait besinsel lif değerlerinin birbirinden çok farklı olmadığı belirlenmiştir.

Fevzioglu (2008) 'nun çalışmasında tavlanmış (%12 ve %15) pirinç örneklerinde düşük güçlerde (545, 727, 909W) kızılötesi uygulaması ile besinsel lif içeriğinin çok hafif arttığı, yüksek kızılötesi güçlerinde (1127 ve 1309W) besinsel lif içeriğinde çok hafif bir azalmanın meydana geldiği gözlenmiştir. Arpa örneklerinde ise kızılötesi uygulaması 644 nolu arpa hattının besinsel lif içeriğinde önemli bir değişim meydana

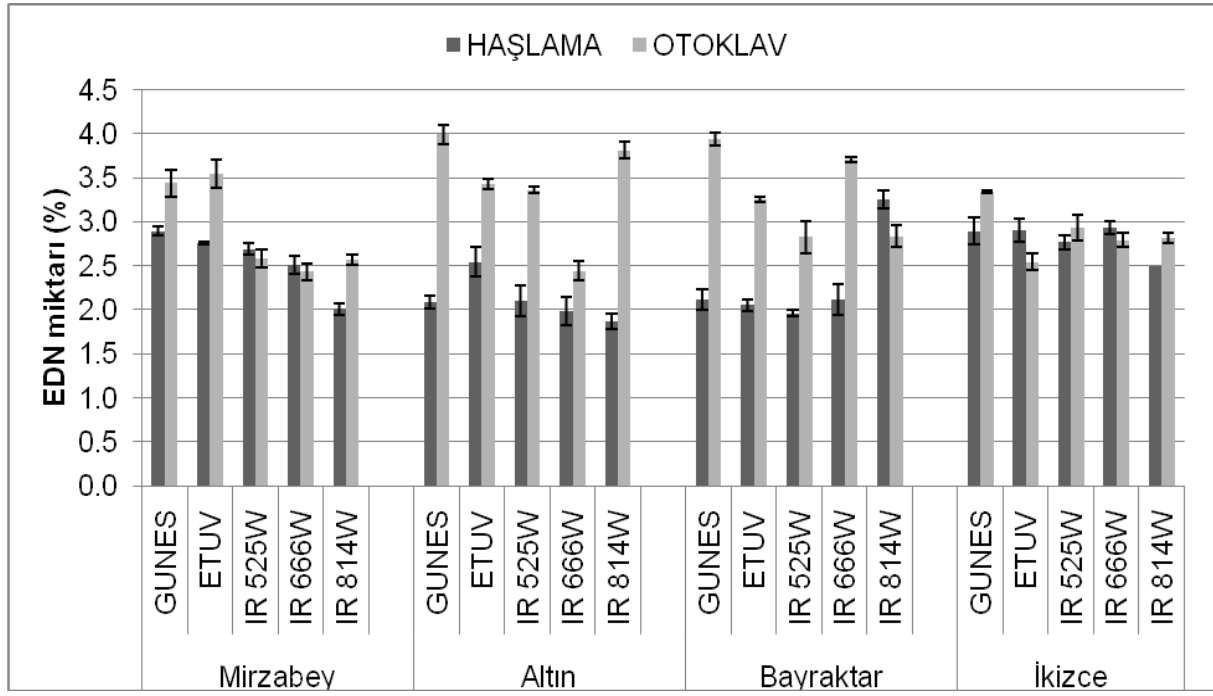
getirmezken, 637 nolu arpa hattının besinsel lif içeriğinde kontrole kıyasla bir miktar artış meydana gelmiştir.

4.2.11 Enzime dirençli nişasta (EDN) tayini

Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin enzime dirençli nişasta miktarlarına ait grafik Şekil 4.25' te sunulmuştur.

Farklı çeşitlerden elde edilen bulgur örneklerine ait iki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları incelendiğinde Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşidinden elde edilen bulgurların EDN miktarları üzerine pişirme x kurutma interaksyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen bulgur örneklerinin kuru madde üzerinden EDN içerikleri %1.87-3.99 aralığında bulunmuştur. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında uygulanan pişirme ve kurutma işlemlerinin bulgur örneklerinin EDN içeriğinde farklılıklara neden olduğu gözlenmiştir. Örneklerde genellikle EDN miktarı açısından düzenli bir değişimin olmadığı saptanmıştır. Otoklavda pişirilen örneklerdeki EDN miktarlarının genelde haşlama ile pişirilen örneklerdekinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Altın ve Bayraktar çeşitlerinden otoklavda pişirme ile elde edilen bulgurların EDN içerikleri diğer çeşitlerden elde edilen örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. İkizce çeşidinden haşlama yöntemi kullanılarak elde edilen örneklerde EDN içeriklerinin diğer çeşitlerden aynı pişirme yöntemi ile elde edilen örneklere göre genellikle daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 25. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurlara ait enzime dirençli nişasta (EDN) miktarları (%)

İncelenen bulgur örneklerinin EDN içeriğindeki düzensiz değişimin nedeninin, kızılötesi ile yüksek güçlerde kurutulan örneklerden bazılarında tane içinde buhar basıncının aniden artması sonucu tanelerin kabarcıklı ve homojen olmayan gözenekli bir hal alması ve bu tanelerin kırma ve soyma işlemleri sırasında parçalanarak kepek kısmı ile birlikte uzaklaşması olduğu düşünülmektedir.

Fevzioğlu (2008) tarafından yapılan bir çalışmada pirinç ve arpa örneklerinin enzime dirençli nişasta miktarları %1' in altında bulunmuştur. Çalışmada seçilen tavlama rutubeti (% 22, %26) ve IR uygulama güçlerinde (814, 1003, 1208, 1342 ve 1505 W) enzime dirençli nişasta oluşumu için gerekli koşulların oluşmadığı belirtilmiştir.

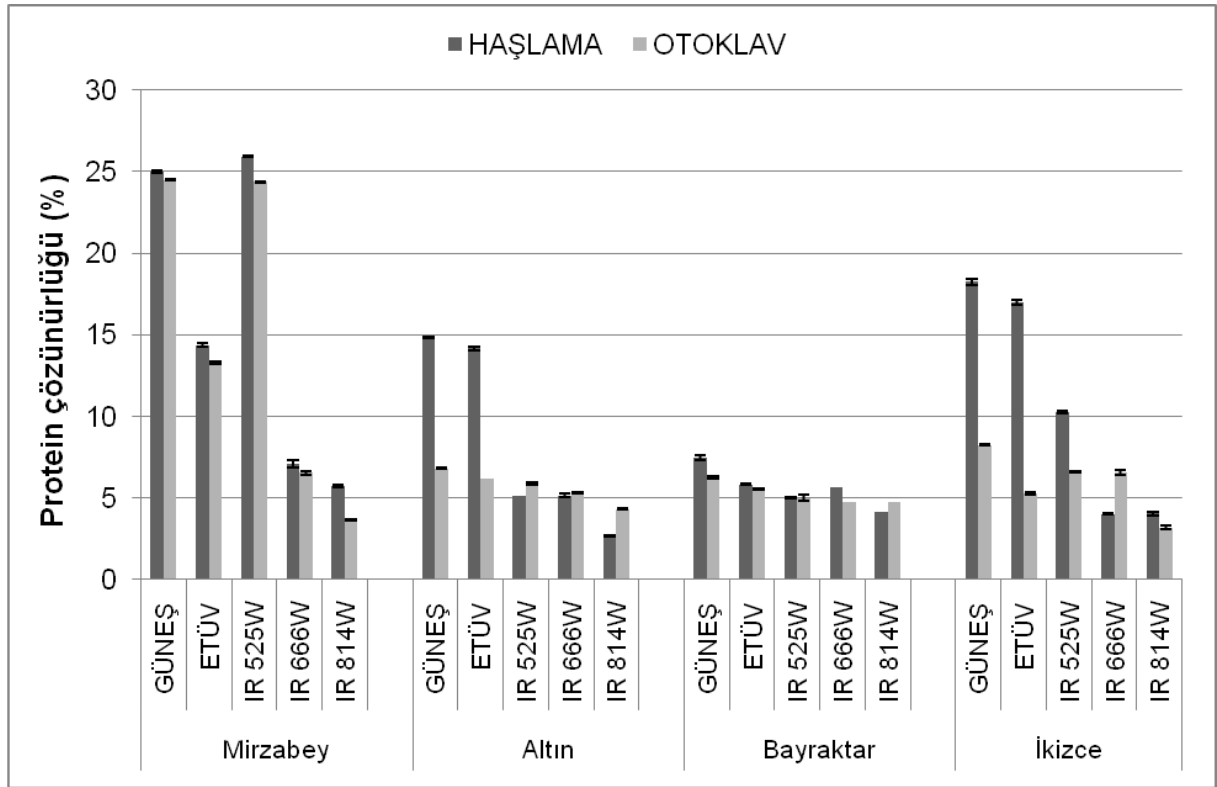
4.2.12 Protein çözünürlüğü değerleri

Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların protein çözünürlükleri üzerine etkisi incelenmiş ve bulgur örneklerinin protein çözünürlüğü sonuçlarını gösteren grafik Şekil 4.26'da verilmiştir.

Bulgur örneklerinin protein çözünürlüğü değerlerine ait iki faktörlü (pişirme x kurutma) tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde Mirzabey,

Altın, Bayraktar, İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgur örneklerinin protein çözünürlük değerleri üzerine pişirme x kurutma interaksyonunun etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde otoklavda pişirme ile elde edilen bulgurların protein çözünürlüğü değerleri haşlama yöntemi ile pişirilenlerdekine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Güneşte kurutulan örnekler için protein çözünürlük değerlerinin etüvde kurutulan örnekler göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kızılötesi uygulanan örneklerin protein çözünürlüğü değerleri güneş ve etüvde kurutulan örneklerin protein çözünürlük değerlerine göre genellikle daha düşük bulunmuştur.



Şekil 4. 26. Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların protein çözünürlüğü üzerine etkisi

Fevzioğlu (2008) çalışmasında, tavlammamış, %12 ve % 15'e tavlammamış pirinç örneklerine 545W gücünde kızılötesi uygulamasının tavlammamış ve tavlammamış örneklerin protein çözünürlüğü değerlerinde önemli bir fark yaratmadığını; 727 ve 909W güçlerde kızılötesi uygulamalarının tavlammamış örneklerin protein çözünürlüğünde önemli bir azalmaya neden olduğunu fakat %12 ve 15'e tavlammamış örneklerin protein çözünürlüğünde artışa sebep olduğunu bildirmiştir. 1127 ve 1309W

güçlerde kızılötesi uygulanan örneklerde protein çözünürlüğü değerlerinin önemli oranda azaldığı ortaya konmuştur. Farklı güçlerde kızılötesi uygulaması %20 ve %26 rutubete tavllanmış arpa örneklerinin protein çözünürlüğü değerlerinde güneşte kurutulan kendi kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel olarak önemli azalmaya neden olmuştur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında farklı pişirme (haşlama yöntemi ve otoklav) ve kurutma yöntemlerinin (güneş, etüv, IR 525W, IR 666W, IR 814W) makarnalık (cv. Mirzabey, cv. Altın) ve ekmeklik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğday çeşitlerinden elde edilen bulgurların kalite karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen başlıca bulgular şu şekilde sıralanabilir:

- Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin, Mirzabey Altın, Bayraktar ve İkizce çeşitlerinden elde edilen bulgurların incelenen tüm özelliklerinde değişime sebep olduğu belirlenmiştir.
- Soyma işlemi sonucunda makarnalık (cv. Mirzabey, cv. Altın) buğdaylardan elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarı, ekmeklik (cv. Bayraktar, cv. İkizce) buğdaylardan elde edilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarından daha yüksek bulunmuştur. Otoklavda pişirilen bulgurlardan uzaklaştırılan kabuk miktarının genel olarak haşlama yöntemi ile pişirilenlerden daha az olduğu bulunmuştur. Pişirme yöntemine bağlı olmaksızın kızılötesi gücünün artması ile örneklerden uzaklaştırılan kabuk miktarı da artmıştır.
- Kırma işlemi sonrasında yapılan elek analizi sonucunda tüm çeşitlerden elde edilen bulgurlarda miktarı en fazla olan fraksiyon 2.5 mm'lik elekten geçen fakat 2 mm'lik elekten geçmeyen kısım olarak belirlenmiş ve bu kısmın haşlama yöntemi ile pişirilen örneklerde otoklavda pişirilen örneklerdekinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Uygulanan kızılötesi gücü arttıkça 2.5mm'lik elek üzerindeki kısımların genellikle azaldığı gözlenmiştir.
- Buğdayın bulgura işlenmesi, örneklerin L*, a* ve b* renk değerlerinde de değişime sebep olmuştur. Bulgurlara ait L* değerlerinin kabuk soyma işlemine bağlı olarak buğdayların L* değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Otoklavda pişirilen örneklerin L* değerlerinin haşlama ile pişirilen örneklere göre düşük olduğu, yani örnek renginin daha koyu olduğu tespit edilmiştir. Kızılötesi kurutma gücü arttıkça genellikle örneklerin L* değerlerinin azaldığı, a* ve b* değerlerinin ise arttığı gözlenmiştir.

- Kabuk soyma işlemine ve elek analizi sonrasında 0.5mm elek altında kalan kısmın uzaklaştırılmasına bağlı olarak bulgur örneklerinin elde edildikleri buğdaylara göre daha düşük kül içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.
- Farklı kurutma yöntemlerinin bulgurların su absorpsiyon değerlerinde belirli bir yönde düzenli bir değişime sebep olmadığı, ancak hem haşlama ile hem de otoklavda pişirilen örneklerin kızılötesi 525W güç ile kurutulması ile elde edilen bulgurların su absorpsiyon değerlerinin güneşte kurutulan kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin farklı çeşitlerden elde edilen bulgurların suya geçen madde miktarları üzerine etkili olduğu, ancak bu etkinin belirli bir yönde ve düzenli şekilde olmadığı belirlenmiştir. Uzaklaştırılan kabuk miktarının daha az ve tane iriliğinin daha fazla olduğu Bayraktar ve İkizce örneklerinde suya geçen madde miktarının diğer örneklere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Otoklavda pişirilen ve kızılötesi kurutma uygulanan örneklerde kızılötesi gücü arttıkça suya geçen madde miktarı genellikle düşüş göstermiştir. Üretilen tüm bulgur örneklerinde suya geçen madde miktarının TS 2284:2009 bulgur standardı ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.
- Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında uygulanan haşlama ve otoklavda pişirme işlemleri sırasında nişasta jelatinizasyonu gerçekleştiği için normal nişasta örneklerinin verdiği tipik RVA grafiği bulgur örnekleri için elde edilmemiştir. Mikro viskoanalizör sonuçları değerlendirildiğinde kızılötesi 525W ile kurutulan örneklerin viskozitesinin genelde en yüksek olduğu ve bu sonuçların aynı örneğin su absorpsiyon değeri ile de uyumluluk gösterdiği saptanmıştır. Pişirme yöntemine bağlı olmaksızın kızılötesi 666W ve 814W güçte kurutulan örneklere ait viskozite değerlerinin genelde kontrol örneğine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.
- Bulgur örneklerinin DSC termogramları incelendiğinde bulgur örneklerinde bir jelatinizasyon pikine rastlanmamıştır. Bulgur örneklerinde tipik RVA grafiğinin gözlenmemiş olması da bu sonucu desteklemektedir.

- Otoklavda pişirmenin haşlama ile pişirmeye göre relatif bant yoğunluklarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Kızılötesi ile uygulanan güç arttıkça relatif bant yoğunluklarında azalma olduğu gözlenmiştir.
- Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında uygulanan pişirme ve kurutma işlemleri elde edilen bulgur örneklerinin EDN içeriğinde de değişime neden olmuştur. Kızılötesi uygulanan örneklerde bu değişimin düzenli bir şekilde olmadığı tespit edilmiştir. Kızılötesi uygulanan örneklerdeki EDN miktarının genellikle güneşte kurutulan örneğinkinden daha düşük olduğu saptanmıştır.
- Tüm çeşitlerden elde edilen bulgurlardaki besinsel lif miktarının her bir çeşidin buğday örneğine kıyasla daha düşük olduğu, bu düşüşün kabuk soyma işlemi ile tanedeki kepeğin uzaklaştırılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Kızılötesi uygulamasının örneklerin protein çözünürlüğünü genelde azalttığı, artan kızılötesi gücü ile bulgur örneklerinin protein çözünürlüklerinde kademeli bir düşüş gerçekleştiği belirlenmiştir.
- Bulgurun ülkemizde yüksek miktarda tüketilen bir gıda olması nedeniyle bulgurda kalite özelliklerinin artırılması önemlidir. Düşük güçte (525W) kızılötesi uygulaması ile örneklerin su absorpsiyonu ve mikro viskoanalizör özelliklerinde olumlu gelişmeler elde edilmiştir. 525W güç ile kurutulan örneklerin elektroforetik özellikleri güneşte kurutulan örneğinki ile yakın çıkmıştır. Kızılötesi kurutma ile elde edilen bulgur örneklerinin renk değerleri ticari örneğinkine yakın bulunurken, mikro viskoanalizör özellikleri genelde ticari örneğin RVA özelliklerinden daha iyi bulunmuştur. Elde edilen tüm bulgur örneklerinde suya geçen madde miktarı bulgur standardı ile uyumlu bulunmuştur.
- Kızılötesi 666W ve 814W güçlerde kurutulan bazı örnekler için de su absorpsiyonu, suya geçen maddede, besinsel lif, EDN değerleri açısından güneşte kurutulan örneklerle kıyaslanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca kızılötesi 666W güçte kurutulan bazı bulgur örneklerinin RVA değerleri de hem ticari örneğe hem de güneşte kurutulan örneğe yakın bulunmuştur.

- Düşük güçlerde gerçekleştirilen kızılötesi kurutma ile genellikle güneşe yakın sonuçların elde edilmiş olması, bazı değerler açısından ticari örneklerle benzer ve bazen daha iyi sonuçlar elde edilmesi, kurutmanın kapalı sistemde güneşte kurutmaya göre daha hijyenik ve daha hızlı olması nedeni ile bulgurların kızılötesi 525W güçte kurutulmasının geleneksel güneşte kurutma yöntemine alternatif olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 8th Edition, The Association, St. Paul, MN., USA

Afzal, T.M., Abe, T. and Hikida, Y., 1999, Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley, Journal of Food Engineering, 42, 177-182

Anıl, M., 1994, Bulgur yapımında farklı buğday çeşitleri, pişirme yöntemleri ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi

Arntfield, S. D., Scanlon, M.G., Malcolmson, L.J., Watts, B., Ryland, D. and Savoie, V., 1997, Effect of tempering and end moisture content on the quality of micronized lentils, Food Research International, 30(5), 371-380

Başman, A., Yalçın, S., 2008, İnfrared uygulamasının pirinç ve makarna bileşenleri ve kalitesi üzerine etkisi, H.Ü. Bilimsel Araştırmalar Birimi Proje Raporu, Proje No: 0 501 602 001

Bayram, M., 2005, Modelling of cooking of wheat to produce bulgur, Journal of Food Engineering, 71, 179–186

Bayram, M., Öner, M.D., 1997, Bulgur üretiminin bugünkü durumu ve sorunları, 2. Un-Bulgur ve Bisküvi Sempozyumu, 28-30 Mayıs 1996, Karaman, 165-177

Bayram, M., Öner, M.D., Eren, S., 2004, Effect of cooking time and temperature on the dimensions and crease of the wheat kernel during bulgur production, Journal of Food Engineering, 64, 43–51

Baysal, A., 1997, Bulgur: Beslenme ve sağlık yönünden önemi, 2. Un – Bulgur ve Bisküvi Sempozyumu, 28-30 Mayıs 1996, Karaman, 23-30

Bellido, G., Arntfield, S.D., Cenkowski, S., Scanlon, M., 2006, Effects of micronization pretreatments on the physicochemical properties of navy and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.), LWT, 39, 779-787.

Certel, M., 1990, Makarnalık (*Tr. durum*) ve ekmeklik (*Tr. aestivum*) buğdaylardan farklı ısı işlem uygulamalarıyla üretilen bulgur ve ürünlerinin fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite özellikleri. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi) , Erzurum, 131 sayfa

Certel, M., Ertugay, Z., 1992, Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında nişastada meydana gelen fizikokimyasal değişimler, Gıda, 17(4), 227-234

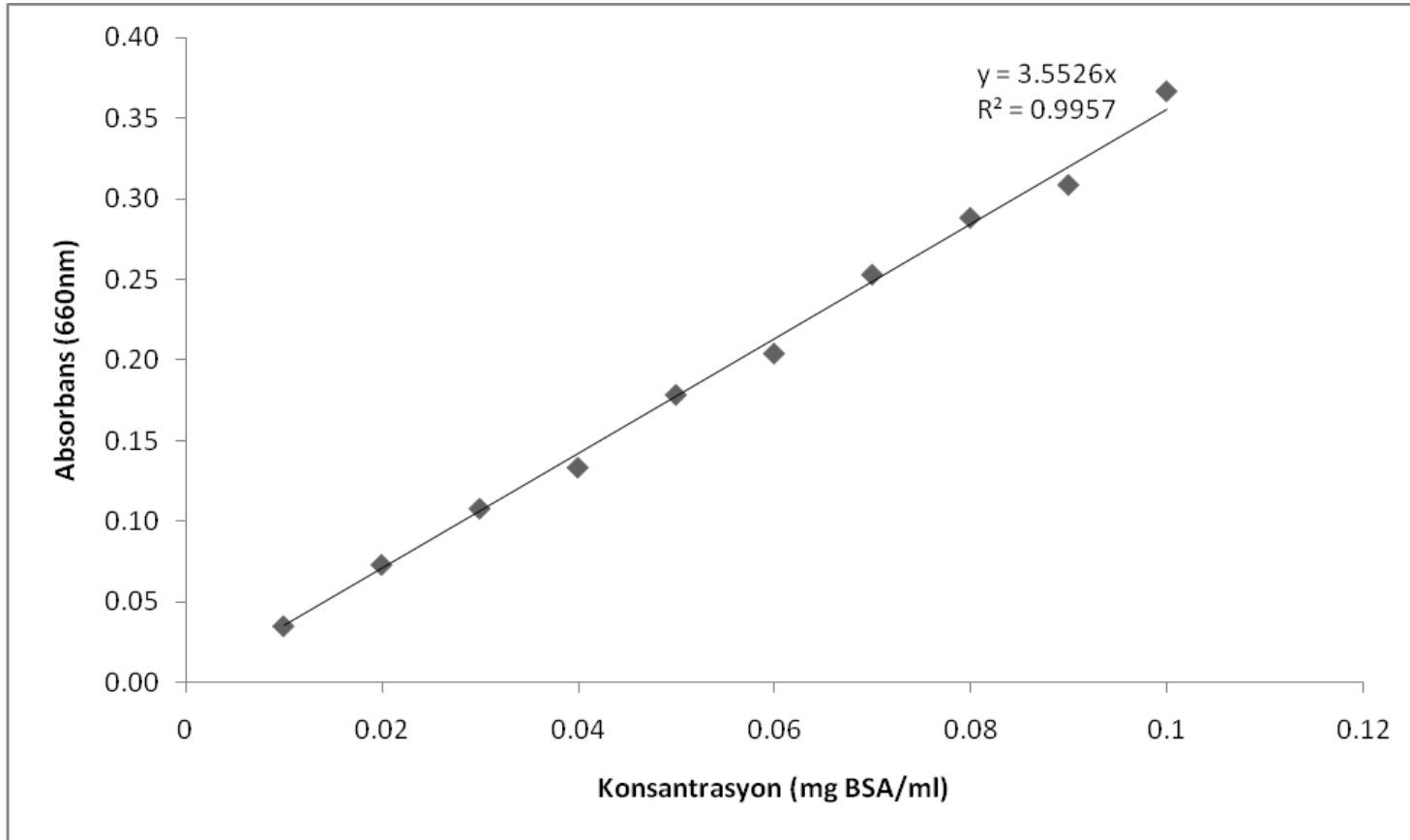
Dagerskog, M., Österström, L., 1979, Infrared radiation for food processing I. A study of the fundamental properties of infrared radiation. Lebens Wissen Technol 12(4):237–42.

- Das, I., Das, S.K. and Bal, S., 2004, Specific energy and quality aspects of infrared (IR) dried parboiled rice, *Journal of Food Engineering*, 62, 9-14.
- Decareau, R.V., 1985, *Microwaves in the food processing industry*. Orlando, Fla.: Academic Press.
- Fevzioğlu, M., Basman, A., 2008, İnfrared uygulamasının buğday çirşlenme özellikleri üzerine etkisi, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum, 483-486
- Fevzioğlu, M., 2008, İnfrared uygulamasının pirinç ve arpa bileşenleri üzerine etkisi, Hacettepe Üniversitesi, Y. Lisans Tezi, 2008 YL 4048
- Halford, R.S., 1957, The influence of molecular environment on infrared spectra. *Ann New York Acad Sci* 69:63–9.
- Hayta, M., 2001, Bulgur quality as affected by drying methods, *Journal of Food Science*, 67, 6, 2241-2244
- Hebbar, H.U., Vishwanathan, K.H., Ramesh, M.H., 2004, Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables, *Journal of Food Engineering*, 65, 557-563.
- Kadalkal, Ç., Ekinci, R., Yapar, A., 2007, The effect of cooking and drying on the water-soluble vitamin content of bulgur, *Food Science and Technology International*, 13, 349-354
- Kahyaoğlu, L., N., 2009, Usage of spouted bed and microwave assisted spouted bed dryers in bulgur production, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Y. Lisans Tezi, Ağustos 2009
- Karatas, F., Kamışlı, F., 2007, Variations of vitamins (A, C and E) and MDA in apricots dried in IR and microwave, *Journal of Food Engineering* 78 -662–668
- Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A., 2008, Infrared Heating in Food Processing: An Overview, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 1-12
- Köksel, H., Edney, M.J., Özkaya, B., 1999, Barley Bulgur: Effect of processing and cooking on chemical composition, *Journal of Cereal Science*, 29, 185–190
- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., Karacan, H., 2000, *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 47, Ankara.
- Kutos, T., Golob, T., Kac, M., Plestenjak, A., 2003, Dietary fibre content of dry and processed beans, *Food Chemistry* , 80 (2003) 231–235
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *J Biological Chem.* 193, 265-275.
- Ng, P. K. W. and Bushuk, W., 1987, Glutenin of Marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis, *Cereal Chemistry*, 64, 324-327.
- Nowak, D., Lewicki, P.P., 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 353-360.

- Öner, M.D., 2002, Bulgur sanayi, sorunları ve çözüm önerileri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim, Gaziantep, 39-48
- Özboy Özbaş, Ö., Köksel, H., 2003, Triticale ve buğday bulgurlarının fiziksel, kimyasal ve pişirme özelliklerinin karşılaştırılması, Gıda, 28 (5): 531-537
- Özboy, Ö., 1998. Bulgur üretiminde verim ve kalite belirlemede kullanılacak testler ile üretimin nişasta ve protein özelliklerine etkisi, Hacettepe Üniversitesi, Doktora tezi.
- Özkaya, B., 1996, Bulgur işleme tekniğinin beslenme kalitesi açısından önemi, 2. Un Bulgur ve Bisküvi Sempozyumu, 28-30 Mayıs 1996, Karaman, 153-164
- Özkaya, B., Köksel, H., Özkaya, H., 1993, Bazı buğday çeşitlerinden farklı yöntemlerle üretilen bulgurların bazı vitamin ve mineral içerikleri ile proteinlerin elektroforetik ve nişastalarının "Birefringence" Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2(4), 36-56
- Özkaya, H., Özkaya, B., Bayrak, H., Gökpınar, F., 2004, Bulgurun fitik asit içeriğine prosesin etkisi, s/ 54-59, Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül 2004, Van,
- Sakai, N, Hanzawa, T., 1994. Applications and advances in far-infrared heating in Japan. Trends Food Sci Technol 5:357–62.
- Sandu, C., 1986, Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. Biotechnol Prog 2(3):109–19.
- Saraçoğlu, S., 1953, The tiamin content of Turkish wheats and corresponding bulgurs, Cereal Chemistry, 30, 8, 323
- Scanlon, M.G., Malcolmson, L.J., Arntfield, S.D., Watts, B., Ryland, D. and Prokopowich, D.J., 1998, Micronization Pretreatments for Reducing the Cooking Time of Lentils, J Sci Food Agric, 76, 23-30.
- Skjöldebrand, C., 2001, Infrared heating: thermal technologies in food processing, P. Richardson (Ed.), Woodhead Publishing Limited, CRC Press LLC.
- Skjöldebrand, C., 2002, Infrared processing: The nutrition handbook for food processors, C.J.K. Henry and C. Chapman (Eds.), Woodhead Publishing Limited, CRC Press LLC.
- Sun, S., Watts, B.M., Lukow, O.M., Arntfield, S.D., 2006, Effects of micronization on protein and rheological properties of spring wheat, Cereal Chemistry, 83(4):340–347
- Türksoy, S., Özkaya, B., 2004, Bulgurun besin değeri ve prosesin bileşim üzerine etkileri, Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül 2004, Van, 329-333
- Uysal, N., Sumnu, G., Şahin, S., 2008, Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut, Journal of Food Engineering 90 (2009) 255–261

EKLER

Ek 1: Protein çözünlüğü değerlerinin belirlenmesinde kullanılan BSA (bovine serum albumin)' ya ait standart eğri



P değerleri (Mirzabey)			
Analizler	Piştirme	Kurutma	Piştirme X Kurutma
Kül	0.037	<0.001	0.010
Renk L*	<0.001	<0.001	<0.001
Renk a*	<0.001	<0.001	<0.001
Renk b*	<0.001	<0.001	0.017
Su absorpsiyonu	0.029	<0.001	0.001
Suya geçen madde	<0.001	<0.001	0.051
Besinsel lif	<0.001	<0.001	<0.001
EDN	<0.001	<0.001	0.044
Protein çözünürlüğü	<0.001	<0.001	<0.001
P değerleri (Altın)			
Analizler	Piştirme	Kurutma	Piştirme X Kurutma
Kül	<0.001	<0.001	<0.001
Renk L*	<0.001	<0.001	0.001
Renk a*	0.067	<0.001	0.004
Renk b*	<0.001	0.001	0.006
Su absorpsiyonu	0.279	<0.001	0.003
Suya geçen madde	0.001	<0.001	<0.001
Besinsel lif	0.011	<0.001	<0.001
EDN	<0.001	<0.001	<0.001
Protein çözünürlüğü	<0.001	<0.001	<0.001
P değerleri (Bayraktar)			
Analizler	Piştirme	Kurutma	Piştirme X Kurutma
Kül	<0.001	<0.001	<0.001
Renk L*	<0.001	<0.001	<0.001
Renk a*	<0.001	<0.001	<0.001
Renk b*	<0.001	<0.001	<0.001
Su absorpsiyonu	0.002	<0.001	<0.001
Suya geçen madde	<0.001	<0.001	<0.001
Besinsel lif	0.852	0.078	<0.001
EDN	<0.001	<0.001	0.001
Protein çözünürlüğü	0.014	<0.001	<0.001
P değerleri (İkizce)			
Analizler	Piştirme	Kurutma	Piştirme X Kurutma
Kül	0.224	0.001	0.056
Renk L*	<0.001	0.019	<0.001
Renk a*	<0.001	<0.001	0.001
Renk b*	<0.001	<0.001	0.001
Su absorpsiyonu	<0.001	<0.001	<0.001
Suya geçen madde	<0.001	<0.001	<0.001
Besinsel lif	0.197	0.001	<0.001
EDN	0.078	0.001	0.001
Protein çözünürlüğü	<0.001	<0.001	<0.001

Ek 2. Mirzabey, Altın, Bayraktar ve İkizce örneklerinden elde edilen bulgur örneklerinin iki faktörlü tesadüf blokları deneme deseni ANOVA sonuçları (P değerleri)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Kamile SAVAŞ

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 13.07.1983

Eğitim:

Lise: 1997-2001 İncirli Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi

Lisans: 2001-2005 Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: 2007-2010 Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yabancı Dil: İngilizce