



Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi

Ekstrüzyon Yöntemi ile Mercimek (*Lens culinaris*) Bazlı Glutensiz Bulgur-Benzeri Ürün Geliştirilmesi ve Fiziksel-Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi

Sibel Yağcı^{1*}, Faruk Doğan¹

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi 04 Şubat 2016

Kabul tarihi 21 Mart 2016

Anahtar Kelimeler:

Mercimek

Bulgur

Ekstrüzyon

Fitik asit

ÖZET

Bu çalışmada yeşil mercimekten bulgur benzeri ürün üretimi için ekstrüzyon tekniğinin uygunluğu araştırılmıştır. Ekstrüzyon yönteminin seçilmesinin başlıca amacı; pirinç unu ile mercimeğin optimum şekilde karışmasının sağlanması ve bu sayede mercimek bulguruna istenen şekil ve yapısal özelliklerin kazandırılarak glutensiz gıda ürünlerine yeni bir alternatif kazandırma potansiyelinin incelenmesidir. Yeşil mercimek unu, pirinç unu ile farklı oranlarda karıştırılarak (% 0-25-50) farklı nem içeriklerinde (%30-50) ve 200 rpm (dakikadaki devir sayısı) vida hızında beş farklı ısıtma bölgesi bulunan çift vidalı gıda ekstrüderi kullanılarak ekstrüde edilmiş ve bulgur benzeri bir ürün üretilmiştir. Üretilen ürünlerde bulgur verimi, renk yoğunluk, su emme kapasitesi, hamur reolojik özellikleri, toplam fenolik madde ve fitik asit içeriği ve duyu analizi yapılmıştır. Ürün miktarı en çok köftelik bulgur (600-1100 µm) boyutunda elde edilmiştir. Ekstrüzyon işlemi mercimek bulgurlarının toplam fenolik madde ve fitik asit içeriğini önemli oranlarda azaltmıştır. Duyusal analizde %75 mercimek ve %25 pirinç içeren bulgur numunesi genel kabul edilebilirlik açısından en çok beğenilen numune olmuştur.

Development of Gluten Free Bulgur-like Product from Lentil (*Lens culinaris*) and Investigation of Its Physical-Functional Properties

ARTICLE INFO

Article history:

Received 04 February 2016

Accepted 21 March 2016

Keywords:

Lentil

Bulgur

Extrusion

Phytic acid

ABSTRACT

In this study, the suitability of extrusion techniques for the production of bulgur-like product from green lentil was investigated. The main goal of choosing extrusion method was to provide properly mixing of rice flour and lentil, and to investigate the possibility of novel alternative gluten-free food product by means of shaping and texturizing the samples. Green lentil flour, which was mixed with different ratios with the rice flour (0-25-50%), was extruded using twin-screw extruder having five heating section in the different moisture content (30-50%) and 200 rpm of screw speed and a bulgur-like product was produced. Some certain analysis were carried out, namely bulgur efficiency, water absorption capacity, rheological properties of dough, total phenolic compounds and phytic acid. The most efficient product was fine bulgur (600-1100 µm). Extrusion process decrease total phenolic compound and phytic acid content of lentil bulgur significantly. Sample containing 75% lentil and 25% rice flour was selected as the most acceptable product in terms of overall acceptability.

1. Kısaltmalar

Rpm : Dakikadaki devir sayısı

W_2 : Santrifüj sonrasında tüpteki bulgur ağırlığı,

W_1 : Bulgur numunesinin ilk ağırlığı

A: Toplam bulgur ağırlığı (gr);

B : Bulgurun nem içeriği (%);

* Sorumlu yazar email: syagci@kmu.edu.tr

- C : Ekstrüzyon sonrasında elde edilen kuru kütle nin ağırlığı (g);
 D : Kuru kütle nin nem içeriği (%)
 C₁ : Su emme kapasitesi,
 C₂ : Protein redüksiyonu,
 C₃ : Nişasta jelatinizasyonu,
 C₄ : Amilaz aktivitesi,
 C₅ : Nişasta retrogradasyonu

2. Giriş

Baklagiller Türkiye’de hem tüketim hem de üretim açısından tahıllardan sonra gelen en önemli tarım ürünüdür. Ülkemizde özellikle Güneydoğu ve Orta Anadolu bölgelerinde yetiştirilen baklagiller ülkemiz tarım sektörünün lokomotiflerinden biridir. Ayrıca baklagiller sahip oldukları protein, kalori, vitamin ve minerallerden dolayı insan beslenmesi için çok büyük bir öneme sahiptir. Ancak, günümüzde özellikle gelişmiş toplumlarda baklagillerin tüketimindeki bazı sorunlar (sindirim ve pişme problemleri), bu mamullerin tüketimini istenen seviyelere çıkaramamaktadır. Bu duruma neden olan faktörlerden biri günümüz gıda tüketicisinin genelde daha pratik ve hazır gıda ürünlerine yönelmesidir. Diğer önemli bir unsur da pazarda bakliyatlardan elde edilen gıda ürünlerinin çeşitliliğinin sınırlı olmasıdır. Bu çalışma kapsamında, ülkemizde oldukça geniş bir üretim hacmine sahip olan mercimeğin, ekstrüzyon ile işlenerek tüketimi kolay, yemeye hazır veya yarı hazır bulgur benzeri bir ürüne dönüştürülmesi planlanmıştır. Bu sayede ürün yelpazesi sınırlı olan mercimeğin hem besinsel değeri artırılmış hem de içeriğinde gluten olmadığından dolayı çölyak hastalarının tüketimine uygun bir ürün haline getirilmiştir. Çölyak hastaları için ülkemizde henüz sınırlı sayıda özel gıda maddesi üretilmekte ve bu kişilerin ihtiyacı olan glutensiz gıda ürünleri genellikle ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Bu çalışmada üretilen bulgur benzeri ürün çölyaklı bireylerin tüketebileceği ucuz ve besin değeri yüksek bir gıda mamulü olma potansiyeline sahiptir.

Ekstrüzyon; karıştırma, pişirme, kesme, şekil ve yapı kazandırma gibi birim işlemleri bir arada gerçekleştiren bir gıda işleme yöntemidir (Harper, 1989). Ekstrüzyon sırasında jelatinize olmuş nişastaların elastikiyet, gaz tutma özellikleri, hamur karakteristikleri ve gluten gelişimi gibi fonksiyonel özellikleri gelişmektedir. Ekstrüderler şekil, tekstür, boyut, yoğunluk, rehidrasyon oranları ve rehidrasyon karakteristikleri açısından çok geniş aralıkta ürünler üretebilirler (Yıldırım ve Ercan, 1996).

Ekstrüzyon yöntemi ile mercimek bulguru üretilirken özellikleri itibariyle geleneksel bulgura yakın bir ürün elde etmek için karışıma belirli oranlarda pirinç unu ilavesi yapılmıştır. Pirinç unu ham tadından, beyaz renginden, sindirilebilirliğinden ve hipoalerjenik özelliklerden dolayı glutensiz ürünlerin üretimi için en uygun hammaddedir (Rosell ve ark., 2007; Rosell ve Marco, 2008).

Bulgurun, üretim aşamasında uygulanan ısı işlemler sayesinde bir ön-pişirme işlemi gerçekleştirildiğinden dolayı tüketilirken uzun süre pişirilmesine gerek yoktur. Ayrıca bulgur mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal bozulmalar açısından oldukça stabil bir ürün olup uzun raf ömrüne sahip besin değeri yönünden de zengin bir gıda maddesidir (Bayram ve ark., 2002). Bulgur toplam karbonhidrat hariç diğer besin elementleri bakımından pirince göre oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Ayrıca bulgurun proteinleri koagüle ve nişastası jelatinize olduğu için hazmı da kolaydır (Nouri, 1988).

Sayısı az olmakla beraber geleneksel olarak arpa, mısır vb. tahıllardan da bulgur üretilmektedir. Özellikle Karadeniz ve Orta Anadolu bölgesinde üretilen mısır bulgurunun üretim süreci buğdaydan üretilen bulgura benzemektedir, işlem şartlarında bazı değişiklikler vardır (Türksoy ve Özkaya, 2004). Literatürde yulaf, arpa, tritikale, çavdar gibi tahılların yanı sıra soya, nohut, fasulye gibi baklagillerin de bulgur üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Baklagillerden hazırlanan bu yarı-hazır ürünlerin üretilmesi özellikle kolay hazırlanabilen proteini yüksek gıdaların tüketimi açısından önemlidir (Köksel ve ark., 1999; Özbaş ve Köksel, 2003; Türker, 2011).

Bu çalışmanın amacı, birçok besleyici bileşiği bünyesinde barındıran yeşil mercimekten besin değeri yüksek, ekonomik, kolay tüketilebilen, yemeye hazır veya yarı hazır halde, tüketicinin kabul edebileceği renk, görünüş ve tatta bulgur benzeri ürünler geliştirmek ve üretilen gıdaların kalite parametrelerini incelemektir.

3. Materyal ve Metot

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan yeşil mercimek Duru Bulgur (Karaman, Türkiye) ‘dan, kırık pirinç ise yerel marketten temin edilmiştir. Mercimek ve pirinç, çekiçli değirmen kullanılarak un boyutunda (100 µm) öğütülmüştür. Bulgur benzeri ürün üretiminde kullanılan mercimeğin ve pirincin kimyasal özellikleri Tablo 1’de verildi. Kullanılan hammaddelerde nem, protein, kül ve yağ miktarı sırası ile AOAC 925.40, AOAC 991.20E, AOAC 940.26A ve AOAC 933.05 standart yöntemlerine göre analiz edilmiştir (AOAC, 1995).

Tablo 1

Hammaddelerin genel bileşen analizi sonuçları

Bileşen	Mercimek	Pirinç
Nem (%)	8,67 ± 0,14	10,15 ± 0,14
Kül (%)	3,49 ± 0,11	0,85 ± 0,08
Yağ (%)	1,17 ± 0,26	1,24 ± 0,22
Protein (%)	17,8 ± 0,18	8,07 ± 0,18
Karbonhidrat*	68,87	79,69

*Bileşenlerin toplamı 100’den çıkarılarak hesaplanmıştır.

3.2. Ekstrüzyon Yöntemi

Mercimekten bulgur benzeri ürün üretimi sırasında çalışılan değişkenler mercimek: pirinç unu oranı ve kovan içi nem miktarıdır. Vida dönüş hızı (200 rpm) ve kovanın ısıtma bölgelerindeki sıcaklık profili (30/50 /70 /80/90°C) ekstrüzyon deneyleri sırasında sabit tutulmuştur. Mercimek ununun, pirinç unu ile karışım oranı % 0-25-50, kovan içi nem yüzdesi ise % 30, 40 ve 50 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar ölçekli beş farklı ısıtma bölgesine sahip bilgisayar kontrollü, aynı yönde dönen, çift vidalı ekstrüder (Gövde çapı: 21 mm, L/D: 30:1) (Rondol, İngiltere) mercimek unundan bulgur benzeri ürün üretmek için kullanılmıştır. Gravimetrik besleme ünitesi (Brabender) 1,75 gr/saat numune besleyecek şekilde ayarlanmıştır. Ekstrüderin çıkışında 4 mm'lik yuvarlak kalıp kullanılmıştır.

Ekstrüderden çıkan ön-jelatinize olmuş ürünler daha sonra kurutuma fırınında 40°C'de yaklaşık %7 nem içeriğine gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş ürünler 3 mm elek aralığına sahip çekiçli değirmen kullanılarak öğütülmüştür. Öğütülen mercimek numuneleri 600, 1000 ve 1500 µm elek aralığına sahip standart elekler (Retsch, Germany) kullanılarak elenmiş olup her bir eleğin üstünde kalan mercimek numuneleri hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. 600 µm'lik eleğin üstünde kalan tüm mercimek numuneleri bulgur-benzeri ürün olarak kabul edildi ve yüzde verim hesaplaması yapılmıştır.

3.3. Ürün Analizleri

3.3.1. Fiziksel Analizler

Bulgur verimi ekstrüzyonda kullanılan ham karışımın miktarı ve nem içeriği referans alınarak Eşitlik 2.1 kullanılarak bulundu (Elgün ve ark., 1990).

$$\text{Bulgur verimi} = 100 \frac{AxB}{Cx D} \quad (\text{Eşitlik 2.1})$$

- A : Toplam bulgur ağırlığı (gr);
 B : Bulgurun nem içeriği (%);
 C : Ekstrüzyon sonrasında elde edilen kuru kütlenin ağırlığı (g);
 D : Kuru kütlenin nem içeriği (%)

Bulgur benzeri ürünlerin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) HunterLab renk ölçer (ColorFlex, USA) kullanılarak tespit edildi ve 3 tekrarın ortalaması alındı.

Bulgur-benzeri ürünlerin yoğunlukları (g/cm^3) gaz piknometresi (Micromeritics Instrument Corporation, USA) kullanılarak belirlendi ve sonuçlar 3 tekrarın ortalaması olarak hesaplandı.

Bulgur benzeri ürünlerde su emme kapasitesi (Bilgiçli, 2009) tarafından kullanılan yöntemle santrifüj (Nüve, Türkiye) cihazı kullanılarak analiz edildi. Su emme kapasitesi Eşitlik 2.2.'deki formülle hesaplandı.

$$\text{Su Emme Kapasitesi} \left(\frac{\text{g su}}{\text{g bulgur}} \right) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (\text{Eşitlik 2.2})$$

- W_2 : Santrifüj sonrasında tüpteki bulgur ağırlığı,
 W_1 : Bulgur numunesinin ilk ağırlığı

3.3.2. Kimyasal Analizler

Toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteou yöntemi kullanılarak belirlendi ve sonuçlar gallik asit (mg/g kuru numune) cinsinden hesaplandı (Singleton, 1965).

Fitik asit miktarı modifiye edilmiş Haug ve Lantzsch (1983) yöntemi kullanılarak belirlendi. Analiz için hazırlanan karışımın absorban değerleri spektrofotometre (HachCompany,USA) de 519 nm'de 1 dakika içinde ölçüldü. Fitik asitin sodyum tuzu (Sigma, USA) ile hazırlanan standart çözeltiler (9-45 µg/ml) kalibrasyon eğrisinin ($y=1,101-0,0039x$, $r^2=0,991$) hazırlanması için kullanıldı. Sonuçlar iki ekstraksiyondan elde edilen dört ölçümün ortalaması olarak (mg/g kuru numune) hesaplandı.

3.3.3. Hamur Reolojik Özellikleri

Bulgur benzeri ürünlerden 1000 µm'lik elek ölçüsüne sahip numunelerin ve ticari köftelik bulgurun hamur yapma özellikleri Mixolab (Chopin, France) cihazı kullanılarak belirlendi. Ürünlerin analizi için standart kuskus protokolü kullanılmıştır. Protokolde bulgur numuneleri %100 hidrasyon oranında önce 30°C'den 90°C'ye ısıtıldı ve sonra 50°C'ye soğutuldu. Protokolün ayrıntıları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2

Mixolab sisteminde kullanılan kuskus protokolü

Kuskus Protokolü	
Hamur Karıştırma Hızı	250 rpm
Hidrasyon Oranı	% 100
Hamur Ağırlığı	90 gr
Tank Sıcaklığı	30°C
1. Aşamada Tank İlk Sıcaklığı	30°C
1. Aşamının Süresi	23 dakika
1. Aşamadaki Sıcaklık Artış Hızı	4°C/dk
2. Aşamadaki Tank Sıcaklığı	90°C
2. Aşamının Süresi	7 dakika
2. Aşamadaki Sıcaklık Azalma	-4°C/dk
3. Aşamadaki Tank Sıcaklığı	50°C
3. Aşamının Süresi	5 dakika

3.3.4. Duyusal Analiz

Duyusal analiz için ürün seçimi yapılırken özellik itibarı ile piyasadaki ticari bulgura benzemesi dikkate alındı ve % 30 kovan içi nem yüzdesinde üretilen ürünler seçildi. Bu nem içeriğinde üretilen farklı mercimek unu içeriğindeki (%50-75-100) 1000 µm elek ölçüsüne sahip üç farklı numune duyusal analiz yapmak üzere seçildi. Duyusal analiz yöntemi olarak standart ile karşılaştırma yöntemi uygulandı. Bu yöntemde ticari olarak üretilen köftelik bulgur (600-1000 µm arası elek ölçüsüne sahip) standart numune olarak Karamanoğlu Meh-

metbey Üniversitesinde Gıda Mühendisliği Bölümü çalışanlarından seçilen eğitilmiş panelistlere sunuldu. Panelistler ürünleri renk, yapı, tat, koku, yapışkanlık, aroma ve genel kabul edilebilirlik ölçeğinde değerlendirdi. Duyusal analizde analiz edilen bulgur benzeri mercimek numuneleri önce ham halleriyle ardından 1:2 oranında 100°C'ye ısıtılan su ile ıslatılarak panelistlere sunuldu. Bu analizde mercimek numuneleri panelistler tarafından ıslatılmamış bulgurda görünüş (renk ve yapı) testi, ıslatılmış bulgurda ise tat, koku, yapışkanlık ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından, 1 (kötü) ve 5 (mükemmel) olmak üzere değerlendirildi.

3.4. İstatistiksel Analiz

Sonuçların istatistiksel analizi ANOVA çoklu karşılaştırma testi (SPSS 16 SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak yapıldı. Sonuçların modellenmesinde SigmaPlot (version 8) grafik çizim programı kullanıldı.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

4.1. Fiziksel Analizler

Elek analizi sonuçları ve bulgur verimleri Tablo 3'de verilmiştir. Bulgur-benzeri ürünlerin elek analizi sonuçları incelendiğinde bulgur miktarı en çok 1000 µm üzeri tanecik büyüklüğünde (köftelik bulgur) elde edilmiştir. Ekstrüde ürünlerin bulgur verimleri %56 ile %69 aralığında değişmektedir. Yapılan bir çalışmada kuru fasulye ve nohuttan atmosferik, basınçlı ve mikrodalgalı yöntemleri ile ürettiği bulgurlardaki bulgur verimi oranlarının yaklaşık % 80 civarında olduğunu tespit edilmiştir (Bilgiçli, 2009). Bir diğer çalışmada farklı kurutma teknikleri kullanılarak kurutulmuş bulgurların verimleri %79'dan 84'e kadar değişmektedir (Hayta, 2001). Bu çalışmada bulgur verimi açısından daha düşük değerler elde edilmiştir (Tablo 3). Bu düşük değerlerin, 600 µm altında kalan elek altı numune miktarının oldukça yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ekstrüzyon işlemi sonrasında elde edilen numuneler kurutulup sonrasında öğütülmüştür. Bu işlemler sırasında klasik bulgur üretim yöntemlerine kıyasla numune daha fazla ısı ile maruz kalmıştır. Ayrıca bulgur-benzeri numuneler klasik yöntemle kıyasla daha gözenekli bir yapıdadır, bundan dolayı numunenin bir sonraki aşama olan öğütme işlemine karşı dayanıklılığının azaldığı düşünülmektedir. Bulgurda verimin öğütme işlemi sırasında buğdayın sertliğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Bir çalışmada buğdayın yapısındaki gözenek miktarı artışı, buğdayın endosperm yapısını zayıflattığı ve gözenekli yapıdaki bu boşlukların mekanik stresi azalttığı sonucuna varmışlardır. Aynı çalışmada buğdaydan bulgur üretimi sırasında, özellikle kurutma işleminde ne kadar gözenekli bir yapı elde edilirse bulgur veriminin o kadar azalacağı kaydedilmiştir (Hayta, 2001). Ekstrüde edilen karışımdaki mercimek unu oranı arttıkça bulgur verimi oranı azalmaktadır. Karışımdaki pirinç oranı artırıldığında daha elastik yapıda bir ürün elde edilmiştir, bu da öğütme sırasında daha büyük partikül boyutuna sahip ürünler üretilmesine neden olmuştur. Nişasta oranının

artması ile mercimek bulguru içerisinde oluşturulmak istenen nişasta-protein yapısının daha güçlü bir şekilde oluştuğu tahmin edilmektedir. Elek analizi sonuçları incelendiğinde karışımdaki pirinç oranının artırılması (%50), 1500 µm üzerinde kalan ürün miktarında artışa yol açmıştır (Tablo 3). Pirinç, mercimeğe kıyasla nişasta içeriği yüksek bir hammaddedir (Tablo 2). Nişasta içeriği yüksek hammaddelerin ekstrüzyonu esnasında kovan içinde oluşan yüksek basınç ile nişasta mekanik olarak kısmen parçalanır ve kristal yapısını kaybeder, buda hamurun plastikleşmesini sağlar (Lai ve Kokini, 1991). Ekstrüzyon işlemi sırasında değiştirilen nem içeriğinin bulgur verimi üzerine önemli ($P<0.05$) bir etkisi bulunmamıştır. Renk, bulgur üretiminde tüketicinin ürünü kabulü açısından dikkate alınan en önemli kalite parametresidir (Bayram, 2003). Renk ölçümünde kullanılan HunterLab renk ölçüm sisteminde L^* değeri (parlaklık); siyahlık ile beyazlık aralığında değişmektedir. a^* ve b^* değeri sırasıyla, artı değerlerde kırmızılığı ve sarılığı, eksi değerlerde ise yeşilliği ve maviliği göstermektedir.

Mercimek bulguru için ölçülen HunterLab renk değerleri L^* için 40,2-50,1, a^* için 1,7-3,5 ve b^* için 9,5-14,7 arasında değişmektedir. Ticari olarak üretilen bulgurun renk değerleri sırasıyla, L^* : 61,58, a^* : 4,14 ve b^* : 22,5'dur. Mercimek bulgurunun renk değerlerine bakıldığında ticari bulgura kıyasla özellikle parlaklığının ve sarılığın daha düşük değerlerde olduğu gözükmemektedir. Literatürde yer alan bir çalışmada, kuru fasulye ve nohut için HunterLab renk değerlerinin L^* için 64 ile 72 arasında, b^* için 16 ile 26 arasında değiştiğini tespit etmiştir (Kahyaoglu ve ark., 2010). Farklı hammaddelerden elde edilen bulgurlar için renk değerlerinin farklı olması beklenen bir sonuçtur.

Farklı elek ölçülerine sahip numunelerin HunterLab renk değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Elde edilen mercimek bulgurlarının farklı elek ölçülerine sahip ürünleri (600, 1000 ve 1500 µm) arasında HunterLab renk değerleri açısından çoğunlukla önemli ($P<0.05$) bir fark bulunmamıştır. Mercimek unu oranının ürünlerin parlaklık (L^*) üzerine etkisi ekstrüzyon işlemi sırasında uygulanan nem miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. %30 nem içeriğinde işlenen numunelerde mercimek unu oranındaki artış parlaklığı azaltırken, %40 ve 50 nem içeriğinde işlenen numunelerin parlaklık değerlerini genelde artırmıştır.

Numunelerin kırmızılık değerleri (a^*) ekstrüzyon işlemi sırasında uygulanan nem miktarındaki artış ile azalmaktadır. Makarna ve noodle gibi ürünlerin ekstrüzyon işlemi sırasında uygulanan nem miktarı genelde %20'nin üzerindeki seviyelerde tutulur. Ekstrüzyon işlemi sırasında uygulanan nemin pek çok rolü vardır. Bunlardan en önemlileri jelatinizasyon için gerekli su miktarının sağlanması ve ekstrüder gövdesi içinde oluşan kesme kuvvetlerini azaltarak viskoziteyi düşürmesidir (Ilo ve Berghofer, 1999). Düşük nem içeriğinde işlenen numuneler gövde içinde daha yüksek kesme kuvvetine ve ısıya maruz kalırlar, bu da bu numunelerde enzi-

matik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının daha yüksek seviyelerde gerçekleşmesini (Köksel, 2003) ve renk kayıplarına neden olmasını sağlar. Ekstrüde edilen karışımındaki mercimek unu oranının artırılmasının kırmızılık

(a^*) üzerine önemli bir etkisi ($P<0.05$) olmamıştır. Mercimek bulgurunun sarılık (b^*) değerlerinde ise çalışılan proses değişkenlerine göre önemli bir değişim ($P<0.05$) olmamıştır.

Tablo 3

Ürünlerde yapılan fiziksel analizlerin sonuçları

Mercimek unu oranı (%)	Nem Miktarı (%)	Elek analizi sonuçları			Yoğunluk (g/cm ³)					
		1500 µm (%)	1000 µm (%)	600 µm (%)	Bulgur Verimi (%)	1500 µm	1000 µm	600 µm		
50	50	13,2	26,0	17,7	67a	1,36n	1,35n	1,38n		
50	40	15,6	27,8	15,5	69a	1,39n	1,41n	1,44n		
50	30	15,4	27,2	16,4	69a	1,43n	1,41n	1,46n		
75	50	4,8	27,0	20,2	62b	1,43n	1,41n	1,42n		
75	40	7,0	25,2	18,6	61b	1,43n	1,39n	1,43n		
75	30	6,7	27,9	23,3	68b	1,45n	1,45n	1,46n		
100	50	5,6	21,6	18,9	56c	1,38n	1,39n	1,41n		
100	40	10,5	22,5	16,3	59c	1,34n	1,37n	1,41n		
100	30	3,9	26,4	21,6	62c	1,47n	1,44n	1,45n		

Mercimek unu oranı (%)	Nem Miktarı (%)	Renk								
		L*			a*			b*		
		1500 µm	1000 µm	600 µm	1500 µm	1000 µm	600 µm	1500 µm	1000 µm	600 µm
50	50	49,5d	49,1d	48,7d	2,2f	2,2f	2,4f	12,3h	12,2h	12,6h
50	40	47,4d	47,6d	47,4d	2,2f	2,2f	2,5f	11,2h	10,9h	11,8h
50	30	46,5d	46,5d	46,9d	2,9g	2,9g	2,9g	12,3h	12,2h	12,3h
75	50	43,8d	43,2d	43,2d	2,3f	2,4f	2,4f	11,2h	11,1h	11,2h
75	40	46,8d	47,0d	47,0d	2,7f	2,6f	2,8f	13,6h	13,2h	13,6h
75	30	44,6d	44,9d	44,8d	3,5g	3,5g	3,5g	12,7h	12,4h	12,6h
100	50	45,7d	46,3d	47,8d	1,7f	2,3f	2,1f	11,7h	12,1h	13,4h
100	40	46,9d	48,0d	50,1d	2,0f	2,5f	2,6f	12,5h	13,2h	14,7h
100	30	40,2d	42,3d	43,9d	2,4g	2,8g	3,0g	9,5i	11,0h	12,4h

Aynı harfi içeren puanlamalar istatistiksel olarak farklı ($p<0.05$ seviyesinde) değildir.

Farklı elek ölçülerine sahip mercimek bulgurularının yığın yoğunluk değerleri arasında çoğunlukla ($P<0.05$) önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak %50 mercimek unu içeren karışımların ekstrüzyonundan elde edilen farklı elek ölçülerine sahip numunelerde, elek ölçüsü oranı arttıkça ürün yoğunluğu çok az azalmaktadır (Tablo 3). Mercimek unu oranının yığın yoğunluk üzerine etkisi çalışılan bütün nem içeriklerinde önemli değildir. Literatürde ekstrüzyon yöntemi ile üretilen buğday bulgurularının yoğunluk değerlerinin ekstrüzyon nem içeriğinin artırılmasıyla arttığı tespit edilmiştir (Ryu ve Walker, 1995). Yapılan diğer bir çalışmada, ekstrüde ettikleri buğdayın yığın yoğunluklarının ekstrüzyon nem içeriği ile doğru orantılı arttığını; ancak ekstrüzyon çıkışındaki kalıbın çapı 3 mm'nin üzerine çıkarıldığında nem içeriğinin artırılmasının tam tersi bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir (Mason ve Hosenev, 1986). Bu çalışmamızda elde edilen sonucun kullanılan farklı proses şartlarından ve hammaddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ticari köftelik bulgur (600-1000 µm) için ölçülen yoğunluk değeri 1,460'tır. 1000 µm elek ölçüsüne sahip mercimek bulgurunun yoğunluk değeri ise ortalama 1,400' tür, bu açıdan bakıldığında ticari bulgura benzer yoğunlukta bir ürün elde edilmiştir.

Su emme kapasitesi genellikle nişastanın suyu tutması ile ilişkilendirilir. Su emme kapasitesi nişastanın çok fazla miktardaki su içinde çözdürüldüğündeki hacmini ölçer (Wojtowicz, 2011; Rayas-Duarte ve ark.,

1998). Su tutma miktarındaki artış ise nişasta jelatinizasyonu ile doğru orantılı olarak artar (Wojtowicz, 2003). Ayrıca su emme kapasitesinin ön-pişmiş makarna ve benzeri ürünlerde bu ürünlere eklenmesi gereken sıcak su miktarını ifade ettiği belirtilmiştir (Rayas-Duarte ve ark., 1998). Mercimek bulgurularının su emme kapasitesi, 600 µm'lik bulgur için 2,2 g su/g bulgur ile 2,9 g su/g bulgur; 1000 µm'lik bulgur için 2,0 g su/g bulgur ile 2,5 g su/g bulgur; 1500 µm'lik bulgur için 1,9 g su/g bulgur ile 2,4 g su/g bulgur aralığında değişmektedir (Tablo 4). Ticari bulgur için su emme kapasite değerleri: köftelik bulgur için 3,3 ve pilavlık bulgur için ise 2,7'dir. Mercimek bulgurularının su emme kapasitesi ticari bulgurlara kıyasla daha düşük orandadır. Bu çalışmada elde edilen bulguya benzer bir şekilde literatürde farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan buğdaylar için de bulunmuştur (Dobraszczyk, 2002). Bahsi geçen çalışmada üretilen ince bulguruların su emme kapasitesi değerlerinin 1,97 ile 2,39 arasında değiştiğini tespit edilmiştir. Farklı ekstrüzyon nem şartlarında mercimek bulgurularının su emme kapasitesindeki değişim sadece %100 mercimekten üretilen bulgurlarda önemlidir ($P<0.05$), diğer karışım oranlarında nem içeriğinin herhangi bir etkisi olmamıştır (Tablo 4). Nem miktarındaki artış mercimek bulgurularını su emme kapasitesini azaltmıştır. Ekstrüzyon yöntemi ile üretilen ön pişmiş makarna için en uygun su emme kapasitesine sahip ürünün %30 nem içeriğinde üretildiği, ekstrüzyon sırasındaki hamur nem içeriğinin ve vida hızının artırılmasıyla bu ürünlerdeki su

emme oranının azaldığı kaydedilmiştir (Rayas-Duarte, 1998; Wojtowicz, 2008). Karışımdaki mercimek unu oranı arttığında su emme kapasitesi bazı numunelerde artmıştır (Tablo 4). Yapılan bir çalışmada (Torbica ve ark., 2010), ön-pişmiş ekstrüde makarnaya %10-40 oranında eklenen baklagillerin bu ürünlerin su emme oranını %250'den %340'a artırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada baklagillerin yüksek protein içeriğine sahip olması dolayısıyla su emme kapasitesini artırdığı ifade edilmiştir. Elde edilen sonuç bu araştırmanın sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Tablo 4

Ürünlerde yapılan su emme kapasitesi sonuçları

Mercimek unu oranı (%)	Nem Miktarı (%)	Su emme kapasitesi (g/g)		
		1500 μm	1000 μm	600 μm
50	50	2,11a	2,03d	2,31f
50	40	2,13a	2,16d	2,17f
50	30	1,88a	2,01d	2,25f
75	50	1,83a	2,13d	2,22f
75	40	1,96a	2,16d	2,54g
75	30	1,13b	2,42e	2,64g
100	50	1,93a	2,06d	2,28f
100	40	2,03a	2,20d	2,33f
100	30	2,38c	2,48e	2,88h

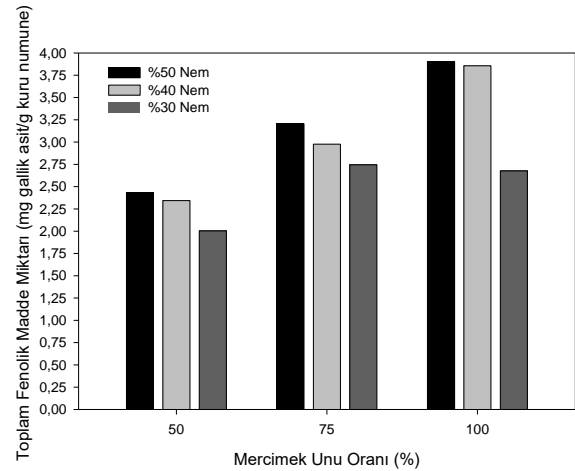
Aynı harfi içeren puanlamalar istatistiksel olarak farklı ($p < 0.05$ seviyesinde) değildir.

4.2. Kimyasal Analizler

Mercimek bulguru numunelerinin toplam fenolik madde içeriği 2,00 ile 3,90 mg gallik asit eşdeğeri/g aralığında değişmektedir. Ham mercimek ve pirinç numunelerinin toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 5,97 mg gallik asit/ g numune ve 2,50 mg gallik asit/ g numunedir. Ekstrüzyon işlemi ile bulgur üretimi sonrasında numunelerin toplam fenolik madde içeriği ham numuneye göre %50 oranına varan seviyelerde azalmıştır. Yapılan bir çalışmada Viscidi ve ark. (2004) ekstrüde edilmiş yulafın toplam fenolik madde içeriğinin %24-46 oranında azaldığını belirtmiştir (Dlamini ve ark., 2007). Benzer sonuçlar literatürde ekstrüde edilmiş darı için (Chaovanalikit ve ark., 2003) ve ekstrüde yaban mersini-mısır karışımı (Beta, 2003) için elde edilmiştir. Ekstrüde ürünlerde, fenolikler yüksek basınç altında ısı işleme maruz kalırlar. Fenolik bileşenler bu şartlar altında kolaylıkla yapılarını değiştirebilirler, özellikle bağlı olan fonksiyonel grupların yapıları değiştiğinden fenoliklerin çözünürlükleri etkilenmektedir (Ozkaya ve Ozkaya 1998). Ekstrüzyon işlemi sırasında numunenin nem içeriği artırdığında toplam fenolik madde içeriğinin arttığı görülmektedir. Karışımdaki mercimek unu arttığında ise ürünlerin toplam fenolik içeriği doğru orantılı olarak artmıştır (Şekil 1).

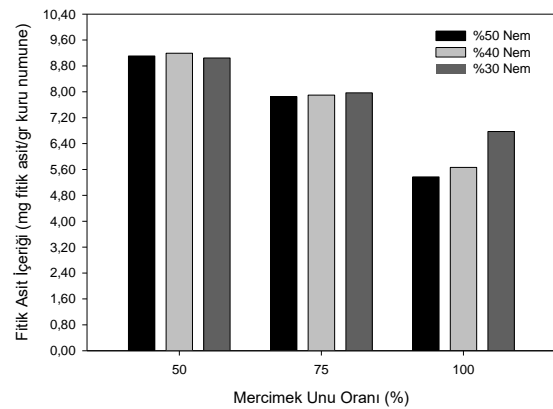
Mercimek bulguru numunelerinin fitik asit içeriği 5,37 ile 9,19 mg fitik asit/g aralığında değişmektedir. Ham mercimek ve pirinç numunelerinin fitik asit içeriği

sırasıyla 11,02 mg fitik asit/ g numune ve 12,96 mg fitik asit/ g numunedir. Ekstrüzyon işlemi mercimek bulguru numunelerinin fitik asit içeriğini önemli oranlarda azaltmıştır. Pişirme, kabuk soyma ve otoklavda pişirme gibi işlemler bulgurdaki fitik asit içeriğini önemli oranlarda azaltmaktadır, bunun nedeni ısı tarafından fitat bileşiklerinin daha düşük molekül ağırlığına sahip bileşiklere parçalanmasıdır (Ozkaya ve ark., 2000). Ekstrüzyon nem içeriğinin fitik asit içeriğine önemli bir etkisi ($P < 0.05$) görülmemektedir, ancak mercimek unu miktarı arttıkça ürünlerin fitik asit içeriği önemli oranda azalmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1

Ekstrüde mercimek bulguru numunelerinin toplam fenolik madde içeriği



Şekil 2

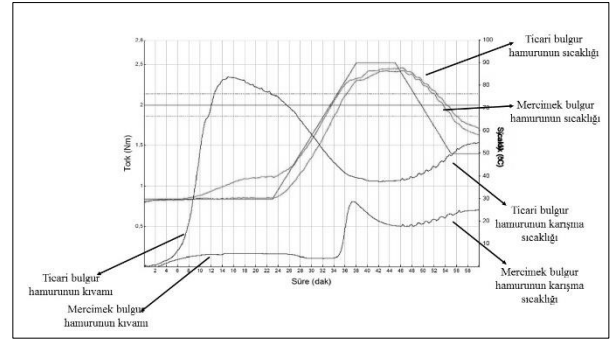
Ekstrüde mercimek bulguru numunelerinin toplam fitik asit içeriği

4.3. Hamur Reolojik Özellikleri

Mercimek bulgurularının ve ticari bulgurun hamur yapma özellikleri Mixolab cihazı ile test edilmiştir. Mixolab (Chopin, France) cihazında numunelerin karıştırma ve ısıtma işlemleri esnasında oluşturdukları mekanik davranışlar kaydedilebilmektedir. Kontrollü ısıtma

ve karıştırma sırasında elde edilen Mixolab sonuç grafiği beş farklı aşamadan oluşmaktadır.

Şekil 3 ticari bulgurun ve mercimek bulgurunun mixolab deneyleri sonucu elde edilen grafikleri göstermektedir. Tablo 5 ise ticari köftelik bulgur ve bulgur benzeri ürünlerin mixolab grafiklerinden elde edilen sayısal değerler verilmektedir. Ticari bulgura kıyasla mercimek bulgurları için elde edilen grafikler özellikle hamur gelişim süresi ve kuvvet miktarı açısından oldukça farklıdır. Hem ticari bulgur hem de mercimek bulgurları için elde edilen grafiklerde C₃ (nişasta jelatinizasyonu) ve C₄ (amilaz aktivitesi) değerleri elde edilememiştir, bu sonuç da nişastanın bu ürünlerde üretim süreci esnasında daha önceden jelatinize olduğunu göstermektedir. Daha önce glutensiz formülasyonlar kullanılarak yapılan benzer çalışmalarda pirinç ununun mixolab eğrisi soya fasulyesi, mısır vb. tahıllara kıyasla buğday eğrisine daha çok benzemiştir (Köksel ve ark., 2009; Ozturk ve ark., 2008). Bu yakınlık pirinç ununun ısıtma periyodu boyunca buğday ununa en iyi alternatif olabileceğini göstermiştir. Ticari bulgurun mixolab değerlerine bakıldığında mercimek/pirinç unu karışımı ile yapılan bulgurlara göre hamur oluşma zamanının (Tablo 5 de ticari bulgur: 15 dk ve mercimek bulgurları: ~ 37dk) daha kısa sürdüğü görülmektedir. Ayrıca ticari köftelik bulgurda hamur gelişimi için gerekli kuvvet miktarı mercimek bulgurlarına kıyasla oldukça yüksek (yaklaşık 4 katı) orandadır. Mixolab eğrisindeki protein kalitesini gösteren C₁ (su emme kapasitesi) ve C₂ (protein redüksiyonu) değerlerinden yola çıkarak stabilite ve elastiklik ile ilgili yorum yapılabilir (Viscidi ve ark., 2004). Genel olarak mercimekten elde edilen bulgur benzeri ürünlerde hamur stabilitesi gözlenmemiştir, hamur elastikliğinin ticari bulgurda daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Buğdayın yapısında bulunan gluten proteininin ticari bulgurun elastikliğini ve stabilitesini artırdığı düşünülmektedir. %100 mercimek unu kullanılarak üretilen ürünlerde hamur gelişim süresi ve gerekli kuvvet miktarı (Tablo 5) diğer bulgur benzeri ürünlere göre genelde daha yüksektir. Dolayısıyla mercimek oranının fazla olduğu numunelerde su absorpsiyonu oranı daha fazladır, bunun nedeni karışımdaki protein içeriğinin artması ve su emme oranının nispeten daha fazla olmasıdır. Bu çalışmada benzer bir sonuç fiziksel olarak ölçülen su emme kapasitesi değerleri içinde elde edilmiştir, yukarıdaki bölümde de ifade edildiği gibi mercimek bulgurlarının su emme kapasite değerleri karışımdaki mercimek unu oranı arttıkça artmaktadır. Daha önce yapılan bir çalışmada (Köksel, 2009) pirinç unu kullanılarak üretilen ekmeçlerde, en uygun hamur yapısına ulaşmak için, buğday unundan yapılan ekmeğe kıyasla daha fazla su eklenmesi gerektiği tespit edilmiştir. Farklı nem içeriklerinde üretilen mercimek bulgurlarının Mixolab değerleri arasında önemli bir fark (p<0.05) bulunmamıştır. Mercimek bulgurlarının hamur yapma özellikleri ticari bulgura kıyasla zayıftır ve bu özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3

Ticari bulgur ve mercimek bulgurunun karşılaştırmalı hamur reolojik özellikleri

4.4. Duyusal Analiz

Bulgur benzeri mercimek ürünlerinin piyasada satılan buğday bulguru üzerinden değerlendirilerek yapılan duyu özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 6'da verilmiştir.

Ürünlere verilen tat puanları incelendiğinde en düşük puanlamayı 2,0'lık puanlama ile pirinç oranı en az olan bulgur numunesinin aldığı görülmektedir. Bu durum üründe ham mercimek tadının hissedilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı şartlarda pirinç içeriği daha yüksek olan numuneler panelistlerden yüksek puanlar almıştır. Koku açısından değerlendirildiğinde panelistler numuneler arasında belirgin bir koku farkı (P<0.05) bulamamışlardır. Renk açısından ticari bulgura en çok benzeyen ürün 3,7'lik puan (iyi) ile %25 pirinç ve %75 mercimek içeren numunedir. % 100 mercimek unundan üretilen ürün renk bakımından 5 üzerinden 2 puan ortalaması ile en az beğenilen ürün olmuştur. Bunun sebebi olarak hammaddenin tamamını oluşturan mercimeğin renk olarak geleneksel bulgurdan hayli farklı görünmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Görünüş testinin oluşturan diğer bir kategoride ürünler yapısal özellikler açısından değerlendirildiğinde %25 pirinç ve %75 mercimek karışımına sahip olan ürün 4 puan (iyi) olarak en beğenilen ürün olmuştur. Yine sadece mercimek unu kullanılarak üretilen bulgur benzeri ürün yapısal özellik açısından panelistlerden en düşük puanı almıştır. İslatılan bulgurda yapılan yapışkanlık analizi sonuçlarına göre karışımdaki pirinç oranı arttıkça ürün yapışkanlığı azalmaktadır. Bu çalışmada da mercimek ununa pirinç unu eklenmesinin başlıca sebebi ürünün su emme kapasitesini artırarak yapışkanlığını azaltmaktır. %30 ekstrüzyon nem içeriğinde üretilen ürünlerin su emme oranı değerleri ile elde edilen duyu verilerinin bu açıdan uyum içinde olduğu görülmektedir. Mercimek bulguru numunelerinin genel kabul edilebilirlik değerleri genel manada istatistiksel olarak farklı (P<0.05) bulunmuştur ve puanlamalar 2,7 (ne iyi ne kötü) ile 4 (iyi) aralığında değişmektedir. Panelistler örnekler arasında bütün kriterler düşünerek bir analiz yaptığında %75 mercimek %25 pirinç içeren numuneyi diğerlerine kıyasla daha çok beğenmişlerdir.

Tablo 5
Bulgur benzeri ürünlerin hamur reolojik özellikleri

Mercimek unu oranı (%)	Nem miktarı (%)	Mixolab Deney Verileri					
		C ₁		C ₂		C ₅	
		Zaman (dk)	Tork (Nm)	Zaman (dk)	Tork (Nm)	Zaman (dk)	Tork (Nm)
50	50	37,82	0,57a	47,47	0,40b	60,02	0,59c
50	40	37,42	0,81a	46,75	0,49b	60,05	0,71c
50	30	36,95	0,63a	47,87	0,41b	60,05	0,60c
75	50	37,95	0,76d	47,47	0,57e	60,03	0,77f
75	40	37,92	0,79d	47,93	0,58e	60,03	0,84f
75	30	37,37	0,74d	46,35	0,52e	60,05	0,82f
100	50	37,82	0,73d	47,23	0,60e	60,03	0,80g
100	40	60,02	1,01h	-	-	-	-
100	30	60,03	1,07h	-	-	-	-
Ticari köftelik bulgur	15,78	2,35	42,17	1,05	60,03	1,54	
Mercimek unu oranı (%)	Nem miktarı (%)	Su emme kapasitesi (g/g)					
		Stabilite (dk)	1500 µm	1000 µm	600 µm		
50	50	0,01	2,11a	2,03d	2,31f		
50	40	0,01	2,13a	2,16d	2,17f		
50	30	0,01	1,88a	2,01d	2,25f		
75	50	0,01	1,83a	2,13d	2,22f		
75	40	0,01	1,96a	2,16d	2,54g		
75	30	0,01	1,13b	2,42e	2,64g		
100	50	0,01	1,93a	2,06d	2,28f		
100	40	0,01	2,03a	2,20d	2,33f		
100	30	0,01	2,38c	2,48e	2,88h		
Ticari köftelik bulgur	15,78	12,12					

Aynı harfi içeren puanlamalar istatistiksel olarak farklı ($p < 0.05$ seviyesinde) değildir.

P: pirinç unu oranı (%), M: mercimek unu oranı (%), C₅: Nişasta retrogradasyonu

Tablo 6
Bulgur benzeri mercimek numunelerinin duyusal analizinde elde edilen ortalama puanlamalar

Numune	Duyusal testte verilen puanlamalar*					Genel kabul edilebilirlik
	Islatılmamış		Islatılmış			
	Renk	Yapı	Tat	Koku	Yapışkanlık	
50 P+ 50 M (a)	3,5 ^a	3,7 ^a	3,3 ^a	4,2 ^a	3,5 ^a	3,7 ^a
25 P +75 M (b)	3,7 ^a	4,0 ^b	4,0 ^b	4,0 ^a	3,3 ^a	4,0 ^b
0 P + 100 M (c)	2,0 ^b	2,7 ^c	2,2 ^c	3,8 ^a	3,0 ^b	2,7 ^c

P: pirinç unu oranı (%), M: mercimek unu oranı (%);* 5 noktalı hedonik skalada, 1- Çok kötü, 5- Çok iyi

Aynı harfi içeren puanlamalar istatistiksel olarak farklı ($p < 0.05$ seviyesinde) değildir.

5. Teşekkür

11-M-11 kodlu bu araştırma projesini destekleyen Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Proje Birimine teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- AOAC. Official Methods of Analysis (16th ed) (1995). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Bayram M, Kaya A, Öner M D (2002). Soy-bulgur üretimi için uygulanacak olan ıslatma işleminin incelenmesi. *Hububat Kongresi Bildiri Kitabı*, 3-4 Ekim, Gaziantep: s. 629-643.
- Bayram M (2003). Production of Bulgur-like Foods from Soybean and Rye, *Doktora Tezi*, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.

Beta T (2003). Anti-nutrients or anti-oxidants in cereal grains: an evaluation of the composition and functionality of phenolic compounds with special reference to sorghum and barley. In P.S Belton and J.R.N. Taylor (Eds.) *Workshop on the proteins of sorghum and millet: Enhancing nutritional and functional properties for Africa*. Pretoria: South Africa.

Bilgiçli N (2009). Effects of cooking and drying processes on physical, chemical and sensory properties of legume based bulgur. *Journal of Food processing and Preservation* 33: 590-604.

Chaovanalikit A, Dougherty, MP, Camire ME, Briggs J (2003). Ascorbic acid fortification reduces anthocyanins in extruded blueberry-corn cereals. *Journal of Food Science* 68: 2136-2140.

Dlamini NR, Taylor JRN, Rooney LW (2007). The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of African sorghum-based foods. *Food Chemistry* 105: 1412-1419.

- Dobraszczyk BJ, Whitworth MB, Vincent JFV, Khan AA (2002). Single kernel wheat hardness and fracture properties in relation to density and the modelling of fracture in wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* 35: 245–263.
- Elgün A, Ertugay Z, Certel M (1990). Corn Bulgur: Effects of corn maturation stage and cooking form on bulgur-making parameters and physical and chemical properties of bulgur products. *Cereal Chemistry* 67 (1): 1-6.
- Harper JM (1989). Food extruders and their applications. In C. Mercier, P. Linko and J.M. Harper (Eds.) *Extrusion Cooking*. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists Inc.
- Haug W, Lantzsich HJ (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal and cereal products. *Journal of Science and Food Agriculture* 34: 1423–1427.
- Hayta M (2001). Bulgur quality as affected by drying methods. *Journal of Food Science* 67: 2241–2244.
- Ilo S, Berghofer E (1999). Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize gritz. *Journal of Food Engineering* 39: 73-80.
- Kahyaoglu LN, Sahin S, Sumnu G (2010). Physical properties of parboiled wheat and bulgur produced using spouted bed and microwave assisted spouted-bed drying. *Journal of Food Engineering* 98: 159–169.
- Köksel H, Edney MJ, Özkaya B (1999). Barley bulgur: Effect of processing and cooking on chemical composition. *Journal of Cereal Science*, 29: 185-190.
- Köksel H, Kahraman K, Sanal T, Ozay DS, Dubat A (2009). Potential utilization of Mixolab for quality evaluation of bread wheat genotypes. *Cereal Chemistry* 86(5): 522-526.
- Köksel H, Ryu GH, Özboy-Özbaş Ö, Basman A, Ng PKW (2003). Development of a bulgur-like product using extrusion cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 630-636.
- Lai LS, Kokini JL (1991). Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion. *Biotechnology Progress* 7: 251-266.
- Mason WR, Hosney, RC (1986). Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chemistry* 63: 436-441.
- Nouri N (1988). Bulgur-ein beitrage zur vollwert –und vegetarischen ernahrung. *Getreide Mehl und Brot* 42(10): 317-320.
- Özkaya B, Özkaya H (1998). Einflub der herstellungsbedin gürgen auf der phtyin sauregehalt in bulgur. *Getreide Mehl und Brot*. 52: 182-184.
- Özkaya B, Özkaya H, Köksel H (2000). Abbau der phytinsäure in gelockerten und nicht gelockerten türkischen flachbrotten. *Getreide Mehl und Brot*. 55: 225-227.
- Öztürk S, Kahraman K, Tiftik B, Köksel H (2008). Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab. *European Food Research and Technology* 227(5): 1549-1554.
- Rayas-Duarte P, Majewska K, Doetkott C (1998). Effect of extrusion process parameters on the quality of buckwheat flour mixes. *Cereal Chemistry* 75:338-345.
- Rosell CM, Marco C (2008). Rice. In E. A. Arendt, & F. Dal Bello (Eds.), *Glutenfree cereal products and beverages*, Oxford, UK. 81-100. Academic Press.
- Rosell MC, Collar C, Haros M (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids* 21: 452-462.
- Ryu GH and Walker CE (1995). The effects of extrusion conditions on the physical properties of wheat flour extrudates. *Starch* 47(1): 33-36.
- Singleton VL, and Rossi JAJr (1965). Calorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
- Torbica A, Hadnadev M, Dapčević T (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids* 24: 626–632.
- Türker S (2011). Nutritional importance of cereal and legume based bulgur. *Bulletin UASVM Horticulture*. 68(2): 281.
- Türksoy S, Özkaya B (2004). Bulgurun besin değeri ve prosesin bileşim üzerine etkileri. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Bildiri Kitabı*. 23-24 Eylül, Van, s. 329-333.
- Viscidi KA, Dougherty MP, Briggs J and Camire ME (2004). Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereals. *LWT – Food Science and Technology* 37: 789-796.
- Wojtowicz A (2003). Evaluation of extrusion-cooking processing of precooked pasta. *Doktora Tezi*, Akademia Rolnizca, Lublin.
- Wojtowicz A (2008). Influence of legume addition on proceeding of extrusion-cooking process of precooked pasta. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 8a, pp. 209-216.
- Wojtowicz A (2011). *Precooked Pasta*, in *Extrusion-Cooking Techniques: Applications, Theory and Sustainability* (ed L. Moscicki), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Yıldırım Z, Ercan R (1996). Gıda Endüstrisinde Ekstürüzyonla Pişirme Tekniği, *Gıda Dergisi* 21(1): 9-16.