



## Makarnalık Buğday (*Triticum durum*) Kalitesi

Ferhat YÜKSEL<sup>1</sup> Mehmet KOYUNCU<sup>2</sup> Abdulvahit SAYASLAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, GÜMÜŞHANE

<sup>2</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, KARAMAN

<sup>3</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, KARAMAN

\*Sorumlu Yazar

e-posta: sayaslan@kmu.edu.tr

Geliş Tarihi : 23 Nisan 2011

Kabul Tarihi : 15 Temmuz 2011

### Özet

Buğday gerek dünyada gerekse ülkemizde temel bir gıda hammaddesidir. Dünyada ve Türkiye’de ticari olarak *Triticum aestivum* (ekmeklik buğday) ve *Triticum durum* (makarnalık buğday) türü buğdaylar yetiştirilmektedir. Durum buğdayı kaliteli makarna üretimine bazı spesifik özellikleri nedeniyle diğer buğday türlerinden daha uygundur. Uygun öğütme teknolojisi seçimi ve ırmık özelliklerinde etkili olan tane fiziksel özellikleri (boyut/homojenlik, sertlik ve camsılık), makarna renginde belirleyici olan sarı renkli pigmentler (karotenoidler ve flavonoidler) ve oksidatif enzimler (LOX, PPO ve POD) ve makarna pişme kalitesinde (*al dente*) önemli olan protein miktar ve özellikleri ( $\gamma$ -gliadin 42 /  $\gamma$ -gliadin 45 ve LMW-1 / LMW-2 glutenin tipleri) durum buğdayında önemli olan kalite kriterlerindedir. Bu çalışmada sözkonusu kalite kriterleri tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, durum, makarna, kalite, pigment, protein

## Durum Wheat (*Triticum durum*) Quality

### Abstract

Wheat is the basic food material around the world, including in Turkey. *Triticum aestivum* (common or bread wheat) and *Triticum durum* (durum or pasta wheat) are the commercially produced wheat species in the world and Turkey. Durum wheat is better suited for high-quality pasta processing than other wheats due to its certain unique and superior characteristics. Kernel physical properties (size/homogeneity, hardness and vitreousness) that are crucial in selection of proper milling technology and semolina characteristics, yellow-colored pigments (carotenoids and flavonoids) and oxidative enzymes (LOX, PPO and POD) that are important in pasta color and protein content and properties (types of  $\gamma$ -gliadin 42 /  $\gamma$ -gliadin 45 and LMW-1 / LMW-2 glutenins) that are vital in *al dente* pasta-cooking characteristics are among the major quality criteria of durum wheat. Those quality criteria were reviewed in this study.

**Key Words:** Wheat, durum, pasta, quality, pigment, protein

## GİRİŞ

Buğday, içerdiği vizkoelastik ve kohezif özelliklere sahip gluten proteinleri nedeniyle çok özel bir tahıl olup, birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de insanların beslenmesinde vazgeçilemez bir yere sahiptir. Buğday tür ve çeşidine bağlı olarak ekmek çeşitleri başta olmak üzere makarna, bulgur, erişte, kuskus, bisküvi, kraker, gofret, kek, simit, poğaç, kahvaltılık gevrekler, çerez gıdalar, nişasta, vital gluten ve nişasta bazlı şekerler gibi birçok gıdanın üretiminde kullanılmaktadır. Buğday öğütme yan ürünleri ise çoğunlukla yem sanayinde değerlendirilmektedir [1-4]. Dünyada ve Türkiye’de ticari anlamda üç tür içinde yer alan buğday çeşitleri yetiştirilmektedir. Bunlar; *Triticum aestivum* (ekmeklik), *Triticum durum* (makarnalık) ve *Triticum compactum* (bisküvilik, topbaş) buğdaylarıdır [1, 2, 5].

*Triticum aestivum* türü buğdaylar, sert veya yumuşak endosperm yapısına sahip olabilirler. Sert endosperme sahip olanlar çoğunlukla maya ile kabartılarak hazırlanan unlu mamullerden olan ekmek, poğaç ve simit gibi unlu mamullerin üretiminde kullanılmaktadır. Yumuşak endosperme

sahip olanlar ise genellikle kimyasal kabartıcılar kullanılarak üretilen bisküvi, kraker, gofret ve kek gibi unlu mamullerin üretiminde kullanılmaktadır. *Triticum durum* türü buğdaylar makarna ve spagetti gibi ırmık ürünleri ile bulgur ve kuskus gibi granüle gıdaların üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de çok az miktarda üretilen *Triticum compactum* türü buğdaylar ise bisküvi üretimine en uygun buğdaylardır. Ancak bu buğdayların üretimi yetersiz olduğundan bisküvi üretiminde genellikle yumuşak ekmeklik buğdaylardan düşük protein miktarı ve kalitesine sahip olanlar kullanılmaktadır [1, 2, 5-6].

Dünyada toplam buğday üretimi son yıllarda 580-630 milyon ton arasında, Türkiye’de ise 17-20 milyon ton arasında değişim göstermiştir [7, 8]. Dünyada üretilen buğdayın %90-95’ini (550-600 milyon ton / yıl) *aestivum* türü buğdaylar, yaklaşık %5’ini de (30-40 milyon ton / yıl) durum türü buğdaylar oluşturmaktadır. *Aestivum* türü buğdaylar Türkiye’de üretilen toplam buğdayın %85-90’ını (15-16 milyon ton / yıl), durum türü buğdaylar ise %10-15’ini (2-3 milyon ton / yıl) oluşturmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de üretilen toplam buğdayın %1’den daha az bir kısmını ise *compactum* buğdayları teşkil etmektedir [1, 5, 7, 8].

Makarnalık (durum) buğdaylar tetraploid ( $2n=4x=28$ , AABB) buğdaylar olup, kalite özellikleri ve kullanım alanları bakımından heksaploid ( $2n=6x=42$ , AABBDD) ekmeklik ve topbaş buğdaylardan çok farklı ve özel bir konuma sahiptir. Durum buğdayları bazı spesifik özellikleri nedeniyle makarna üretimi için diğer buğday türlerinden daha üstündür [9]. Diğer bir ifadeyle, durum buğdaylarının makarnalık kaliteleri diğer buğdaylardan daha yüksektir. Durum buğdaylarının çok sert bir endosperm yapısına sahip olmaları irmik verimlerini yükseltirken, tane camsılık oranlarının yüksek olması hem irmik verimlerini hem de irmik parlaklık değerlerini artırmaktadır [1, 5]. Yine durum buğdaylarının sarı renkli pigment içeriklerinin çoğunlukla daha yüksek olması, pigmentlerin tanede diğer buğdaylara göre daha homojen bir dağılım göstermesi ve renk ağarması veya ürün kararmasına neden olan oksidatif enzimlerden özellikle lipoksijenaz enzimlerinin daha düşük oranlarda bulunması durum buğdaylarının makarnalık kalitelerini yükselten önemli özelliklerdir [1, 6, 10, 11]. Ayrıca, durum buğdaylarının protein içeriklerinin genellikle daha yüksek olması ve bazı spesifik gluten proteinlerinin makarna pişme kalitesiyle önemli bir korelasyon göstermesi, durum buğdaylarını makarna üretimi için ideal kılmaktadır [12]. Durum buğdaylarının sözü edilen üstün özellikleri ve agronomik nedenlerle düşük miktarlarda üretilmesi piyasa değerlerini de yükseltmektedir. Durum buğdayları piyasada diğer buğdaylardan %10-20 daha yüksek bir fiyatla işlem görmektedir.

Dünyada yıllık yaklaşık 10,5 milyon ton, Türkiye’de ise 0,5 milyon ton civarında makarna üretilmektedir. Dünyada makarna tüketimi ortalama 2,0 kg/kişi/yıl civarında iken, bu rakam Türkiye’de 5,4 kg/kişi/yıl düzeyindedir [13]. Türkiye makarna tüketimi bakımından dünya ortalamasının üzerinde yer almakla birlikte birçok Avrupa ülkesi ve ABD’den oldukça geri durumdadır [14]. Makarna; uzun süre ve kolay muhafaza edilebilmesi, çeşit zenginliği, kolay hazırlanması, ekonomik olması, çok düşük düzeyde yağ ve tuz içermesi, sindirim hızı ve oranının düşük olması (düşük glisemik indeks) gibi nedenlerle tercih edilmektedir [1, 14].

Gerek duyuşsal gerekse besleyici açıdan kaliteli bir makarna üretimi, ancak uygun hammadde ve işleme teknolojisi seçimi ile mümkündür. Durum buğdaylarının makarnalık kaliteleri, genetik ve çevresel faktörlerden farklı derecelerde etkilenen tane fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri tarafından kontrol edilmektedir [15]. Durum buğdayının makarnalık kalitesinde; tane sertlik ve camsılık oranları, öğütme kalitesi (irmik verimi ve granülasyonu), protein miktar ve kalitesi (gluten kuvveti), sarı pigment konsantrasyonu ve sarı renk kaybı veya ürün kararmasına neden olan lipoksijenaz (LOX), polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) gibi oksidatif enzimlerin aktiviteleri oldukça belirleyicidir [5, 6, 12, 15, 16].

#### Makarnalık Buğdayda Kalite Kriteri Olarak Tane Fiziksel Özellikleri

Tane boyutu/homojenliği, sertliği ve camsılığı, buğday kalitesi ve optimum kullanım alanı seçiminde etkili olan en önemli fiziksel özelliklerdir.

##### Tane Boyutu/Homojenliği

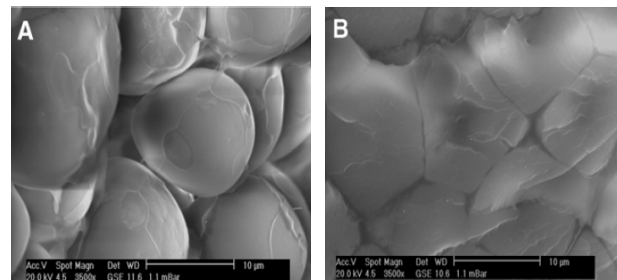
Buğday tane boyutu büyük oranda genotip kısmen de çevresel şartlara bağlı olarak değişmektedir [17]. Buğday tanesinin boyutunun belirlenmesinde; tane uzunluk ve genişlik ölçümleri, tek tane veya bin tane ağırlık tayinleri ya da spesifik

elek sistemleri kullanılmaktadır. Buğdayın sağlıklı, iri, dolgun ve homojen boyut dağılımına sahip olması, gerek tavlama ve öğütme işlemlerinin etkinliği gerekse un veya irmik verimi açısından önemlidir. Buğdaylarda tane boyutuna paralel olarak endosperm-kabuk oranı arttığı için un veya irmik verimi de yükselmektedir [1, 2, 18].

##### Tane Sertliği

Buğdayın tavlama ve öğütme gibi işleme koşullarını ve farklı ürünlere uygunluk derecelerini tayin eden fiziksel özelliklerden en önemlisi tanenin sertlik/yumuşaklık derecesidir. Buğday tanesinin sertliğinde endosperm tabakası belirleyici bir role sahip olup, tane sertliğini temelde nişasta-gluten arasındaki bağlar veya interaksiyonların kuvveti (Şekil 1) tayin etmektedir [18]. Buğday sertliği; tanenin ezme, kırma, aşındırma veya deformasyona karşı direnç derecesi olarak tanımlanmakta ve kabuk soyma sayısı (pearling index, PI), un veya irmik partikül boyut dağılımı (particle size index, PSI), tek tane karakterizasyon sistemi (single kernel characterization system, SKCS), Stenvert öğütme testi (Stenvert time-to-grind test) ve yakın-kızılötesi (NIR) spektroskopisi gibi yöntemlerle belirlenebilmektedir [1, 5, 19]. Tane sertliği genetik kontrol altında olup, büyük oranda buğdayın D genomu üzerinde (5DS) bulunan *Ha* gen bölgesi tarafından kontrol edilmektedir. Yumuşak ekmeklik buğday nişastalarının yüzeyinde 15 kDa ağırlığında hidrofobik bir protein olan yumuşaklık proteini (friabilin) oldukça yüksek oranda, sert ekmeklik buğdaylarda ise daha düşük oranda bulunmaktadır. Diğer taraftan D genomu içermeyen, dolayısıyla tanenin yumuşamasında etkili *Ha* gen bölgesini taşımayan durum buğdayında ise friabilin sentezlenmemekte ve ekstra sertlikte bir tane tekstürü oluşmaktadır [18]. Friabilin proteini; puroindolin a (*Pina*) ve puroindolin b (*Pinb*) olarak adlandırılan farklı polipeptitlerden oluşmaktadır. Buğdayların sözkonusu friabilin polipeptitlerini içerip içermemeleri ve bunların oranları sertlik derecelerini tayin etmektedir [20-22]. Buğdayların protein içerikleri ile sertlik ve camsılık değerleri arasında pozitif ilişkilerin olduğu yaygın kabul görmekte birlikte her zaman geçerli değildir. Zira yüksek protein içerikli fakat yumuşak ve unlu yapıda veya düşük protein içerikli fakat sert ve camsı yapıda buğdaylar mevcuttur [1].

Tane sertlik derecesine paralel olarak genellikle buğdayın tavlama nemi ve süresi, öğütmede enerji kullanımı ve nişasta zedelenmesi, un ve irmik partiküllerinin boyutu, unun su kaldırma ve fermantasyonda gaz üretme potansiyeli artmaktadır. Dolayısıyla tanenin sertlik derecesi ekmeklik buğdayların hangi ürünler için uygun olacağını tayin etmektedir [1, 5, 18]. Sert endosperme sahip olan ekmeklik buğdaylar çoğunlukla maya ile kabartılarak hazırlanan unlu mamullerden olan ekmek, poğaç ve simit gibi ürünlerde, yumuşak endosperme sahip olanlar ise genellikle kimyasal kabartıcılar kullanılarak üretilen



Şekil 1. Yumuşak (A) ve sert (B) buğday endosperm kesitleri [18]

bisküvi, kraker, gofret ve kek gibi unlu mamullerde iyi sonuç vermektedir [1, 2, 4-6]. Durum buğdayı en sert buğday türü olduğu için irmik verimi ve buna bağlı olarak da makarnalık değeri oldukça yüksektir.

#### Tane Camsılığı

Genellikle tane sertliği ile paralellik gösteren ancak nedeni kısmen farklı olan bir diğer buğday fiziksel özelliği ise tanenin camsı, unsu veya dönmeli bir görüntüye sahip olmasıdır. Tanenin camsı, unsu veya dönmeli bir görüntü vermesi görsel bir olgu olup, ışığın özellikle buğday endospermi ile olan ilişkisi (yansıma, kırılma gibi) sonucu ortaya çıkmaktadır. Eğer buğday endospermi küçük boşluklar veya kırıklar/çatlaklar içermez ve çok sıkı bir mikro yapıya sahip olursa camsı, tersi durumlarda ise unsu veya dönmeli (camsı-unsu karışımı) görüntü vermektedir (Şekil 2) [1]. Buğday sertliğinde genotip belirleyici bir role sahipken, camsılığa çevresel faktörler daha baskındır [4, 5]. Durum türü buğdayların camsılık oranları genellikle diğer türlerden daha yüksektir; ancak buğdayın olum devrelerinde (süt, sarı ve fizyolojik olum devreleri) abiyotik stres faktörleri veya hasat sırasında aşırı yağışa maruz kalması dönmeye neden olmaktadır. Ekmeklik buğdaylarda camsılık, unsuluk veya dönme kalite açısından fazla önem taşımamaktadır. Ancak durum buğdaylarının camsılık oranları ile irmik verimleri ve parlaklıkları pozitif korelasyonlar gösterdiği için bu buğdaylarda camsılık önemli bir kalite kriteri olarak kabul görmektedir [1, 2, 4-6, 17, 23].

#### Makarnalık Buğdayda Kalite Kriteri Olarak Renk

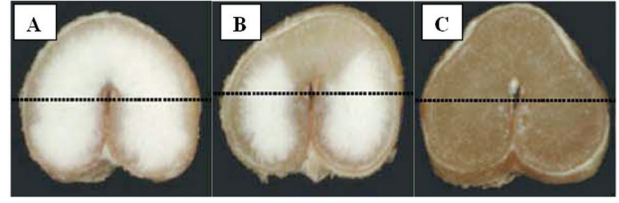
Renk, makarna ve makarnalık buğdayda önemli bir kalite kriteri olarak kabul görmektedir. Parlak sarı renkli olması istenen makarnada sözkonusu renk, temelde üç faktörden kaynaklanmakta veya etkilenmektedir:

a. Makarna üretiminde kullanılan irmiğin sarı renkli pigment içeriği makarna renginde oldukça belirleyicidir. Makarnalık buğdayların pigment içerikleri çeşide (genotip) ve yetiştirilme şartlarına (çevre) bağlı olarak genellikle 4-8 mg/kg arasında değişmektedir. Buğdayın irmiğe öğütülmesi sırasında %5-10, makarnaya işlenmesi sırasında ise %10-15 olmak üzere toplam %15-25 civarında pigment (renk) kaybı olmaktadır [1, 13, 25, 26].

b. Sarı renk kaybına (ağarmaya) neden olan veya üründe koyu renk gelişimine (kararmaya) sebep olan oksidatif enzimlerin aktiviteleri makarna renginde oldukça etkilidir. Buğdaylarda bulunan oksidatif enzimlerden makarna rengi üzerine en etkili olanlar LOX, PPO ve POD enzimleridir [1, 5, 10, 11, 16, 27].

c. Makarna rengi, makarna üretim aşamalarında meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından da etkilenmektedir. Bu kapsamda Maillard reaksiyonu sonucu oluşan kahverengi-siyah melaninler ile otoksidasyon ve enzimatik oksidasyon sonucu oluşan sarı renk kaybı (ağarma) önemlidir [10-12, 26].

Makarna üretimi sırasında makarna renginin olumsuz yönde etkilenmesini engellemek amacıyla vakum altında yoğurma ve kontrollü kurutma teknikleri kullanılmaktadır [1]. Dolayısıyla makarna rengi pratikte büyük oranda kullanılan irmiğin pigment içeriği ve oksidatif enzimlerin aktivitelerine bağlı olarak değişmektedir. Türkiye’de yetiştirilen durum buğdayı çeşitlerinin pigment içerikleri ve oksidatif enzim aktiviteleri konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır [28-32].



Şekil 2. Unsu (A), dönmeli (B) ve camsı (C) buğday kesitleri [24]

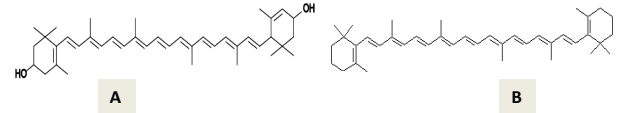
#### Pigmentler

Buğday farklı pigmentler içermekle birlikte makarna renginde en belirleyici olan pigmentler karotenoidler ve flavonoidlerdir [33].

#### Karotenoidler

Karotenoidler, bitkilere sarı-kırmızı renk veren pigmentlerdir. Bitkilerde bugüne kadar yaklaşık 600 karotenoid tanımlanmıştır. Buğday ve buğday ürünlerinin renginde etkili pigmentler karotenoidlerdir. Karotenoidler, yapılarında oksijen içerip içermemelerine göre iki grupta incelenmektedir. Bunlar; yapılarında oksijen içermeyen  $\beta$ -karoten ve likopen gibi karotenler ile yapılarında oksijen içeren lutein ve zeaksantin gibi ksantofillerdir [31-35].

Karotenoidler lipit karakterli hidrokarbonlar olup, konjuge çift bağlar içermektedirler. Bu nedenle karotenoidler kolay okside olmakta ve sarı-kırmızı renklerini kaybederek buldukları ürünlerin ağarmasına veya beyazlamasına sebep olmaktadır. Diğer taraftan karotenoidler yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle sağlıklı beslenme açısından oldukça önemlidir [11, 34]. Makarnalık buğdaylarda karotenoidlerin oksidatif yolla sarı renklerini kaybetmeleri istenmezken, ekmeklik buğdaylarda oksidatif yolla ağarma beyaz un üretimi açısından istenen bir durumdur. Buğdaylarda bulunan en önemli karotenoidler, ksantofillerden lutein ve lutein-yag asidi esterleri ile karotenlerden  $\beta$ -karotendir (Şekil 3) [33].

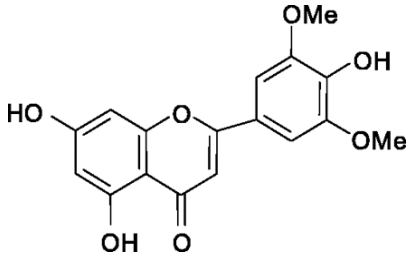


Şekil 3. Buğdayda bulunan önemli karotenoidlerden lutein (A) ve  $\beta$ -karoten (B)

Durum buğdaylarının toplam karotenoid içerikleri genellikle diğer buğdaylardan daha yüksektir. Bu durum büyük oranda genetik kaynaklı olup, çevrenin etkisi sınırlıdır. Karotenoidler buğday tanesinde homojen olarak dağılmamıştır. Tanede büyük oranda embriyo tabakasında yoğunlaşan karotenoidler, endosperm ve kepek kısımlarında ise daha düşük ancak benzer oranlarda bulunmaktadır [11, 33-36].

#### Flavonoidler

Buğdaylarda bulunan flavanoidler, karotenoidlerden sonra makarna renginde ikinci derecede etkili olan pigmentlerdir. Flavonoidler bitkilere sarımtırak renk veren, kuvvetli antioksidan ve antikanserijen özelliklere sahip polifenolik maddelerdir. Buğdaylarda bulunan en önemli flavonoid, bir flavon olan tric'in'dir (Şekil 4). Tricin, buğday tanesinde karotenoidlere benzer şekilde heterojen olarak dağılmıştır. Tricin'in tane içinde en çok bulunduğu yer embriyo olup, bunu kepek kısmı takip etmektedir. Endosperm ise en düşük oranda tric'in içeren buğday tabakasıdır. Buğdayların flavonoid içerikleri tür ve çeşide göre



Şekil 4. Buğdayda bulunan önemli flavonoidlerden tricetin

değişmekte olup, durum buğdaylarının flavonoid içeriklerinin aestivum buğdaylarından genellikle daha yüksek olduğu belirtilmektedir [33, 35, 36].

#### Oksidatif Enzimler

Buğdayın içerdiği enzimlerden özellikle oksido-redüktaz grubu içinde yer alan birkaç enzim buğday ve buğday ürünlerinin rengi üzerinde oldukça etkilidir. Buğday renginde etkili olan en önemli oksidatif enzimler LOX, PPO, POD enzimleridir [1, 5, 11, 12, 16, 27].

#### Lipoksijenazlar (LOX)

LOX enzimleri demir içeren dioksijenazlar olup; *cis,cis*-1,4-pentadiene yapısına sahip çoklu doymamış yağ asitlerini (linoleik asit gibi) konjuge *cis,trans*-dienoik hidroperoksitlere katalize etmektedirler. LOX katalizli oksidasyon sırasında oluşan yağ asidi radikalleri ise  $\beta$ -karoten ve ksantofillerin oksidatif olarak parçalanmalarına ve renklerini kaybetmelerine neden olmaktadır [37]. Linoleik aside karşı afiniteleri oldukça yüksek olan durum buğdayı LOX enzimlerinin molekül ağırlıklarının 95 kDa civarında ve optimum aktivitelerinin hamur pH değerlerine (pH 4-6) yakın olduğu belirlenmiştir [38]. LOX enzimlerinin substratı olan linoleik asit, buğdayda en fazla bulunan (yağ asitlerinin %50'sinden daha çoğu) yağ asididir. Buğdayların LOX katalizli oksidasyonu sonucu oluşan renk ağarması makarnalık buğdaylarda istenmeyen bir durumdur. Ancak ekmeçlik buğdaylarda belli bir düzeyde LOX aktivitesi istenmektedir. Zira LOX katalizli oksidasyon, ekmeçlik buğday onların ağarmasına ve gluten proteinlerinin dolaylı yoldan okside edilerek hamurun kuvvetlenmesine neden olmaktadır [1, 2].

LOX enzimleri tanede heterojen bir dağılıma sahiptirler [39]. LOX enzimleri buğdayda embriyo, kabuk ve endospermde bulunur. Embriyo endospermden 17 kat, kabuk ise endospermden dört kat daha fazla LOX enzimi içermektedir [40]. Buğday LOX enzim aktiviteleri; tür, çeşit ve yetiştirme şartlarından etkilenmektedir [10, 33]. Durum buğdaylarının LOX enzim aktiviteleri genellikle diğer türlerden daha düşüktür [1, 25].

#### Polifenol Oksidazlar (PPO)

PPO enzimleri, substratları fenolik maddeler olan ve bakır içeren oksido-redüktaz grubu enzimlerdir. PPO enzimleri un veya irmikte bulunan fenolik maddelerin kinonlara oksidasyonunu katalize etmektedir. Stabil olmayan kinon bileşikleri, birbirleriyle polimerleşerek veya amin ( $-NH_2$ ) ya da tiyol ( $-SH$ ) içeren bileşenlerle reaksiyona girerek kahverengi renkli kompleksler oluştururlar [41]. Buğdaylarda PPO enzim aktivitesini kontrol etmeye yönelik ıslah çalışmaları sonucunda ABD'de düşük PPO enzim aktivitesine sahip Lakin isimli bir buğday çeşidi geliştirilmiştir [42].

PPO enzimleri, LOX enzimleri gibi tanede heterojen dağılırarak daha çok tanenin kabuk kısmında yoğunlaşmıştır. Tanenin endosperm ve embriyo kısımları ise benzer PPO aktivitelerine sahiptir [39]. PPO enzim aktiviteleri çeşit ve yetiştirme şartlarından etkilenmektedir. Hindistan'da aynı çevrede yetiştirilen durum buğdayı çeşitleri arasında PPO aktiviteleri bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir [10]. Makarnada renk kararmasını engellemek için düşük PPO aktiviteli durum buğdayı çeşitleri belirlenmeli ve makarna sanayinde kullanılmalıdır.

#### Peroksidazlar (POD)

Oksido-redüktaz grubu enzimlerden olan POD enzimleri, PPO enzimleri gibi makarnanın kararmasına neden olmakta, ancak mekanizması tam olarak bilinmemektedir. POD enzimleri için önerilen etki mekanizmaları, LOX enzimlerinde olduğu gibi karotenoidlerin ko-oksidasyon yoluyla ağarması ve PPO enzimlerinde olduğu gibi fenolik bileşenlerin dolaylı oksidasyonu ve ürün renginin esmerleşmesidir [27, 43-45].

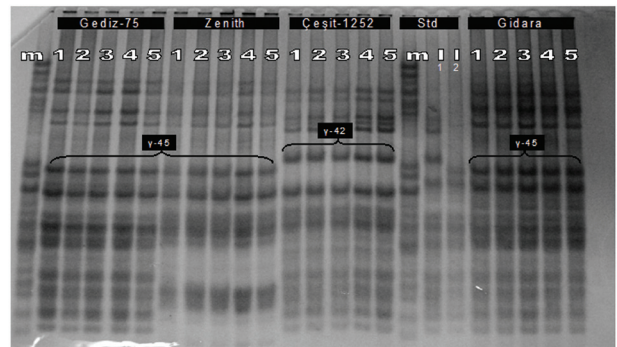
POD enzimleri, tanenin anatomik kısımlarında heterojen olarak dağılmış olup; en çok kepek ve embriyo kısımlarında, en az da endospermde bulunmaktadır [39]. Buğdayların POD aktiviteleri çeşit ve çevresel faktörlere göre değişmektedir.

#### Makarnalık Buğdayda Kalite Kriteri Olarak Protein Miktarı ve Özellikleri

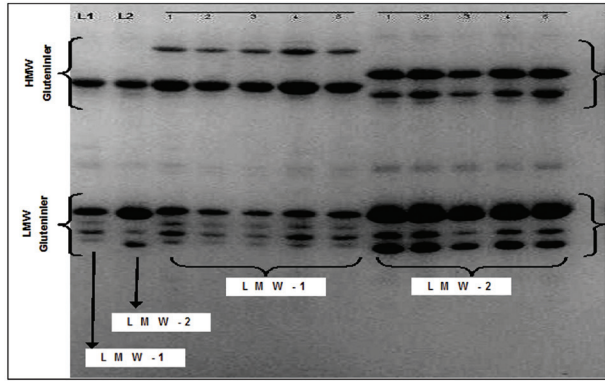
Makarna ve spagetti gibi irmik ürünlerinde pişme özellikleri önemli bir kalite kriteridir. Makarna pişirilirken dağılmamalı ve yapışmamalı, suya geçen kuru madde miktarı düşük ancak ağırlık ve hacim artışı yüksek olmalı, ısırıldığında ise hissedilebilir sertlikte (*al dente*) bir tekstüre sahip olmalıdır [1]. Makarnanın pişme kalitesi büyük oranda kullanılan buğdayın protein miktar ve özelliklerine bağlı olarak değişmektedir [4, 12, 46].

Pişme kalitesi yüksek makarna üretimi için buğdayın protein miktarı yüksek ( $>13\%$ ), aynı zamanda gluten proteinlerinin vizkoelastik ve kohezif özellikleri (gluten kuvveti) optimum düzeyde olmalıdır. Durum buğdaylarının makarnalık kaliteleri gerek yüksek protein içerikleri gerekse uygun kuvvete sahip gluten proteinleri nedeniyle ekmeçlik buğdaylardan daha yüksektir [1]. Buğdayların protein içerikleri genotip ve özellikle de yetiştirilme şartlarından etkilenirken, gluten proteinlerinin vizkoelastik ve kohezif özellikleri büyük oranda genotipe bağlı olarak değişmektedir [4, 12, 16, 31, 47-52].

Durum buğdaylarının içerdikleri bazı gliadin ve glutenin proteinleri ile gluten kuvveti, dolayısıyla makarna pişme kalitesi arasında kuvvetli bir korelasyon mevcuttur [12, 31,



Şekil 5. Durum buğdaylarında  $\gamma$ -gliadin 42 ve  $\gamma$ -gliadin 45 proteinlerinin A-PAGE yöntemiyle belirlenmesi [31]



**Şekil 6.** Durum buğdaylarında LMW-1 ve LMW-2 glutenin desenlerinin SDS-PAGE yöntemiyle belirlenmesi [32]

32, 46, 50]. Buğday gluten proteinleri çözünürlüklerine göre gliadinler ve gluteninler olarak sınıflandırılmaktadır. Polimerik yapıda ve zayıf asit veya bazik çözeltilerinde çözünen gluteninler, sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) sisteminde moleküler ağırlıklarına göre yüksek moleküler ağırlıklı (HMW, 80-130 kDa) ve düşük moleküler ağırlıklı (LMW, 35-80 kDa) gluteninler olarak gruplandırılmaktadır. Monomerik yapıda ve seyreltik alkolde çözünen gliadin proteinleri (30-75 kDa) ise, asit poliakrilamid jel elektroforez (A-PAGE) sisteminde dört alt gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar, sülfürce fakir ve sistein içermeyen  $\omega$ -gliadinler ile sülfürce zengin ve zincir-içi disülfid bağları yapabilen  $\gamma$ -,  $\beta$ - ve  $\alpha$ -gliadinlerdir. Gluteninler büyük oranda hamurun elastik özelliklerinde, gliadinler ise hamurun viskoz ve kohezif özelliklerinde etkilidir [46, 47, 51-56].

Durum buğdayı irmiğinden üretilen makarnanın pişme kalitesinde etkili olan spesifik gliadin proteinleri  $\gamma$ -gliadin 42 ve  $\gamma$ -gliadin 45 proteinleridir [12, 31, 32, 47, 57].  $\gamma$ -Gliadin 45 proteini makarnada optimum gluten kuvveti ve yüksek pişme kalitesinin,  $\gamma$ -gliadin 42 proteini ise zayıf gluten ve düşük pişme kalitesinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, durum buğdaylarının gluten kuvvetleri ve makarna pişme kalitelerinde esas belirleyici proteinlerin  $\gamma$ -gliadin 42 ve  $\gamma$ -gliadin 45 proteinleriyle (Şekil 5) genetik olarak ilişkili olan sırasıyla LMW-1 ve LMW-2 glutenin proteinleri (Şekil 6) olduğunu göstermiştir [16, 31, 32, 46, 50, 51, 53, 56-58].

Durum buğdaylarının spesifik gliadin ve glutenin proteinlerinin elektroforez yöntemleriyle belirlenmesinin yanında SDS-sedimentasyonu ve gluten indeksi (Gİ) testleri, buğdayların gluten kuvvetleri ve makarna pişme kalitelerinin tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır [31, 32, 51, 60-63]. Pişme kalitesi yüksek makarna üretebilmek için yüksek

protein içerikli ve aynı zamanda özellikle  $\gamma$ -gliadin 45 (LMW-2 glutenin) proteinlerini içeren durum buğday çeşitleri seçilmeli veya ıslah edilmelidir (Tablo 1). Türkiye'de yetiştirilen makarnalık buğday çeşitlerinin spesifik gliadin ve glutenin proteinleri konusundaki çalışmalar oldukça sınırlı sayı ve kapsamdadır [31, 32, 64-66].

## SONUÇ

Makarnalık buğdayda boyut ve homojenlik, sertlik ve camsılık kalitede önemli olan fiziksel özelliklerdendir. Boyut ve homojenlik, un/irmik verimi ve uygun öğütme teknolojisi seçiminde önemlidir. Büyük oranda genetik kaynaklı olan ve buğdayın uygun olacağı ürünleri tayin eden sertlik, uygun öğütme teknolojisinin seçiminde büyük önem taşımaktadır. Çevresel şartlardan oldukça yüksek derecede etkilenen camsılık ise, özellikle makarnalık buğdayda irmik verimi ve parlaklığı açısından önemli bir kalite kriteridir.

Makarnada parlak sarı renk önemli bir kalite kriteridir. Makarna rengi kullanılan buğdayın/irmiğin pigment ve oksidatif enzim içeriği ile işleme teknolojilerinden kaynaklanmakta veya etkilenmektedir. Buğdayın en önemli sarı renkli pigmentlerini karotenoidlerden lutein ve  $\beta$ -karoten ile flavonoidlerden tricinin oluşturmaktadır. Makarnada sarı rengin ağarmasında veya koyu renk gelişiminde oksidatif enzimler oldukça etkili olup, sözkonusu enzimlerin en önemlilerini LOX, PPO ve POD teşkil etmektedir. Buğdayların pigment içerikleri ve oksidatif enzim aktiviteleri tür, çeşit ve yetiştirilme şartlarından etkilenmektedir. Bu nedenle pigment içeriği yüksek fakat oksidatif enzim aktiviteleri düşük stabil durum buğdayı çeşitlerinin seçimi, ıslahı, yetiştirilmesi ve makarna sanayinde kullanılması önem taşımaktadır.

Makarnalık buğdayda protein miktarı ve özellikleri de önemli kalite kriterlerindedir. Pişme kalitesi (*al dente*) yüksek makarna üretebilmek için yüksek protein içeriğinin (>%13) yanı sıra  $\gamma$ -gliadin 45 (LMW-2 glutenin) proteinlerini de içeren durum buğdayı çeşitlerinin seçilmesi, ıslah edilmesi, yetiştirilmesi ve makarna sanayinde kullanılması önemlidir.

Türkiye makarnalık buğday yetiştirmeye en uygun ekolojiye sahip ülkelerden biridir. Türkiye hem makarnalık buğday üretimi hem de makarna sanayi kurulu kapasitesi bakımından ülke ihtiyacının 2-3 katı bir kapasiteye sahiptir. Ancak üretilen makarnalık buğdayların kaliteleri genellikle yeterli düzeyde değildir. Ülkemizin üretim ve işleme potansiyelleri dikkate alınarak durum buğdaylarında gerekli ıslah çalışmaları yapılmalı ve daha kaliteli makarna üretimi sağlanarak uluslararası pazarlarda daha etkin olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

**Tablo 1.** Türkiye'de üç farklı lokasyonda iki yıl süreyle yetiştirilen durum buğdaylarının  $\gamma$ -gliadin tiplerine göre ortalama protein miktarları ve bazı kalite göstergeleri [31]

$\gamma$ -Gliadin tipi	Protein içeriği (%)	Spesifik sedimentasyon hacmi (mL / Protein içeriği)	Gluten indeksi
$\gamma$ -Gliadin 45 (n=9)	11,6	2,07	32
$\gamma$ -Gliadin 42 (n=7)	11,4	1,87	25

- [1] Hosoney, R.C., 1994. Principles of Cereal Science and Technology (2<sup>nd</sup> ed.). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [2] Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- [3] Oğuz, A., Akarçay, E., Telaşeli, Ö., ve Sayaslan, A., 2006. Düşük amilozlu, amilozsuz ve yüksek amilozlu buğdayların gelişimleri, özellikleri ve kullanım alanları. Hububat 2006 - Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 07-08 Eylül 2006, Gaziantep.
- [4] Bushuk, W., 1998. Wheat breeding for end-product use. Euphytica, 100, 137-145.

- [5] Morris, S.R., 2004. Grain: Quality attributes. In: Encyclopedia of Grain Science, Eds.: Wrigley, C. et al., Elsevier Ltd., Amsterdam, 238-254.
- [6] Sissons, M., 2004. Pasta. Encyclopedia of Grain Science, Eds: Wrigley, C. et al., Elsevier Ltd., Amsterdam, 410-418.
- [7] Anonim, 2006. Agricultural Statistics (FAO). <http://faostat.fao.org>.
- [8] Anonim, 2007. Hububat Raporu - 2007. Toprak Mahsulleri Ofisi, Ankara.
- [9] Liu, C.Y., Shepherd, K.W., and Rathjen, A.J., 1996. Improvement of durum wheat pastamaking and breadmaking qualities. Cereal Chemistry, 73, 155-166.
- [10] Aalami, M., Leelavathi, K., and Rao, U.J.S.P., 2007. Spaghetti making potential of Indian durum wheat varieties in relation to their protein, yellow pigment and enzyme contents. Food Chemistry, 100, 1243-1248.
- [11] Borrelli, G.M., Troccoli, A., DiFonzo, N., and Fares, C., 1999. Durum wheat lipoxigenase activity and other parameters that affect pasta color. Cereal Chemistry, 76, 335-340.
- [12] Troccoli, A., Borrelli, G.M., DeVita, P., Fares, C., and DiFonzo, N., 2000. Durum wheat quality: A multidisciplinary concept. Journal of Cereal Science, 32, 99-113.
- [13] Anonim, 2004. Türkiye Makarna Sektörü. Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği, Ankara.
- [14] Anonim, 2008. Bilimsel Yönleriyle Makarna. Türkiye Makarna Sanayicileri Derneği, Ankara.
- [15] Fares, C., Novembre, G., DiFonzo, N., Galterio, G., and Pogna, N.E., 1997. Relationship between storage protein composition and gluten quality in breeding lines of durum wheat (*Triticum turgidum* spp. *durum*). Agriculture Mediterranean, 127, 137-144.
- [16] Clarke, J.M., Marchylo, B.A., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S., McCaig, T.N., and Howes, N.K., 1998. Breeding durum wheat for pasta quality in Canada. Wheat: Prospects for Global Improvement, Eds: Braun, H.-J. ve ark., Kluwer Academic Publishers, New York, 229-236.
- [17] Dziki, D. and Laskowski, J., 2005. Wheat kernel physical properties and milling process. Acta Agrophysica, 6, 59-71.
- [18] Turnbull K.M. and Rahman S., 2002. Endosperm texture in wheat. Journal of Cereal Science, 36, 327-337.
- [19] Williams, P., 1998. Applications of the Perten SKCS 4100 in flour milling. Association of Operative Millers (AOM) 10. Annual Conference and Exposition, Nairobi, Kenya.
- [20] Morris, C.F., 2002. Puroindolines: The molecular genetic basis of wheat grain hardness. Plant Molecular Biology, 48, 633-647.
- [21] Hogg, A.C., Sripo, T., Beecher, B., Martin, J.M., and Giroux, M.J., 2004. Wheat puroindolines interact to form friabilin and control wheat grain hardness. Theoretical and Applied Genetics, 108, 1089-1097.
- [22] Mikulikova, D., 2007. The Effect of friabilin on wheat grain hardness. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 43, 35-43.
- [23] Atlı, A., Koçak, N., ve Aktan, B., 1993. Ülkemiz çevre koşullarının makarnalık buğday yetiştirmeye uygunluk yönünden değerlendirilmesi. Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu, 30 Kasım - 03 Aralık 1993, Ankara.
- [24] Konopka, I., Kozirok, W., and Tanska, M., 2005. Wheat endosperm hardness. Part I. Relationships to colour of kernel cross-section. European Food Research and Technology, 220, 11-19.
- [25] Coşkun, E., 2001. Makarnalık Buğdaylarda Lipoksijenaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- [26] Borrelli, G.M., DeLeonardis, A.M., Fares, C., Platani, C., and DiFonzo, N., 2003. Effects of modified processing conditions on oxidative properties of semolina dough and pasta. Cereal Chemistry, 80, 225-231.
- [27] Taha, S.A. and Sagi, F., 1987. Relationship between chemical composition of durum wheat semolina and macaroni quality. II. Ash, carotenoid pigments and oxidative enzymes. Cereal Research Communications, 15, 123-129.
- [28] Pekin, F. ve Çakmaklı, Ü., 1987. Bazı Türk ıslah çeşidi buğdayların kimi teknolojik ve renk özellikleri üzerinde araştırma. Türkiye Tahıl Sempozyumu, 06-09 Ekim 1987, Bursa.
- [29] Tuncer, T. ve Ercan, R., 1999. Makarnalık Buğdaylarda Lipoksijenaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi (TÜBİTAK-TOGTAG-1711 Nolu Proje Sonuç Raporu). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Ankara.
- [30] Coşkun, E. ve Ercan, R., 2003. Makarnalık buğdaylarda lipoksijenaz enzim aktivitesinin belirlenmesi. Gıda, 28, 221-226.
- [31] Yüksel, F., 2009. Bazı Makarnalık Buğday İleri Islah Hatlarının Kalite Özellikleri ve Stabilitate Yetenekleri (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- [32] Koyuncu, M., 2009. Yerel Durum Buğday Çeşitlerinin Makarnalık Kalitelerini Etkileyen Önemli Parametreler Bakımından Taranması (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- [33] Fortmann, K.L. and Joiner, R.R., 1978. Wheat pigments and flour color. Wheat Chemistry and Technology (2<sup>nd</sup> ed.), Ed: Pomeranz, Y., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 493-523.
- [34] Laignelet, B., 1983. Lipids in pasta and pasta processing. Lipids in Cereal Technology, Ed: Barnes, Y., Academic Press, London, 269-286.
- [35] Kruger, J.E. and Reed, G., 1988. Enzymes and color. Wheat: Chemistry and Technology (3<sup>rd</sup> ed., Vol. I), Ed: Pomeranz, Y., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, 441-500.
- [36] Feng, Y. and McDonald, C.E., 1989. Comparison of flavonoids in bran of four classes of wheat. Cereal Chemistry, 66, 516-518.
- [37] Siedow, J.N., 1991. Plant lipoxigenase: Structure and function. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 42, 145-188.
- [38] Barone, R., Briante, R., D'Auria, S., Febbraio, F., Vaccaro, C., DelGiudice, L., Borrelli, G.M., DiFonzo, N., and Nucci, R., 1999. Purification and characterization of lipoxigenase enzyme from durum wheat semolina. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 1924-1931.

- [39] Rani, K.U., Prasada-Rao, U.J.S., Leelavathi, K., and Haridas-Rao, P., 2001. Distribution of enzymes in wheat flour mill streams. *Journal of Cereal Science*, 34, 233-242.
- [40] Nicolas, J., Autran, M., and Drapron, R., 1982. Purification and some properties of wheat germ lipoxygenase. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 33, 365-369.
- [41] Whitaker, J.R. and Lee, C.Y., 1995. An overview - Recent advances in chemistry of enzymatic browning. *Enzymatic Browning and Its Prevention*, Eds: Lee, C.Y. and Whitaker, J.R., American Chemical Society, Washington, DC, 2-7.
- [42] Martin, T.J., Fritz, A., and Shroyer, J.P., 2001. Lakin Hard White Wheat (L-922). Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, KS.
- [43] Kobrehel, K., Laignelet, B., and Feillet, P., 1974. Study of some factors of macaroni brownness. *Cereal Chemistry*, 51, 675-684.
- [44] Iori, R., Cavalieri, B., and Palmieri, S., 1995. Cathodic peroxidases of durum wheat flour. *Cereal Chemistry*, 72, 176-181.
- [45] Fraignier, M.P., Michaux-Ferriere, N., and Kobrehel, K., 2000. Distribution of peroxidases in durum wheat (*Triticum durum*). *Cereal Chemistry*, 77, 11-17.
- [46] Feillet, R., Ait-Mouh, O., Kobrehel, K., and Autran, J.-C., 1989. The role of low molecular weight glutenin proteins in the determination of cooking quality of pasta products: An overview. *Cereal Chemistry*, 66, 26-30.
- [47] Payne, P.I., Holt, L.M., Lawrence, G.J., and Law, C.N., 1982. The genetic of gliadin and glutenin - The major storage proteins of the wheat endosperm. *Plant Foods for Human Nutrition*, 31, 229-241.
- [48] Özkaya, H. ve Özkaya, B., 1993. Makarna kalitesinde buğday bileşiminin önemi. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, 30 Kasım - 03 Aralık 1993, Ankara.
- [49] Kovacs, M.I.P., Dahlke, G., and Noll, J.S., 1994. Gluten viscoelasticity. Its usefulness in the Canadian durum wheat breeding program. *Journal of Cereal Science*, 19, 251-257.
- [50] Kovacs M.I.P., Howes N.K., Leslie D., and Zawistowski, J., 1995. Effect of two low molecular weight glutenin subunits on durum wheat pasta quality parameters. *Cereal Chemistry*, 72, 85-87.
- [51] Porceddu, E., Turchetta, T., Masci, S., D'Ovidio, R., Lafiandra, D., Kasarda, D.D., Impiglia, A., and Nachit, M.M., 1998. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. *Euphytica*, 100, 197-205.
- [52] Veraverbeke, W.S. and Delcour, J.A., 2002. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 179-208.
- [53] Gianibelli, M.C., Larroque, O.R., MacRitchie F., and Wrigley, C.W., 2001. Biochemical, Genetic, and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins (Online Review). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [54] D'Ovidio, R. and Macsi, S., 2004. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 39, 321-339.
- [55] Edwards, N.M., Mulvaney, S.J., Scanlon, M.G., and Dexter, J.E., 2003. Role of gluten and its components in determining durum semolina dough viscoelastic properties. *Cereal Chemistry*, 80, 755-763.
- [56] Edwards, N.M., Gianibelli, M.C., McCaig, T.N., Clarke, J.M., Ames, N.P., Larroque, O.R., and Dexter, J.E., 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *Journal of Cereal Science*, 45, 140-149.
- [57] Pogna, N.E., Autran, J.C., Mellini, F., Lafiandra, D., and Feillet, P., 1990. Chromosome 1B-encoded gliadins and glutenin subunits in durum wheat: Genetics and relationship to gluten strength. *Journal of Cereal Science*, 11, 15-34.
- [58] Gupta, R.B., Paul, J.G., Cornish, G.B., Palmer, G.A., Bekes, F., and Rathjen, A.J., 1994. Allelic variation at glutenin subunits and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats. I. Its additive and interaction effects on dough properties. *Journal of Cereal Science*, 19, 9-17.
- [59] ieto-Taladriz, M.T., Ruitz, M., Martinez, M.C., Vaz-quez, J.F., and Carrillo, J.M., 1997. Variation and classification of B low-molecular-weight subunit alleles in durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 95, 1155-1166.
- [60] Ammar, K., Kronstad, W.E., and Morris, C.F., 2000. Breadmaking quality of selected durum wheat genotypes and its relationship with high molecular weight glutenin subunits allelic variation and gluten protein polymeric composition. *Cereal Chemistry*, 77, 230-236.
- [61] Pena, R.J., 2000. Durum wheat for pasta and bread-making: Comparison of methods used in breeding to determine gluten quality-related parameters. *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*, Eds: Royo, C. et al., CIHEAM-IAMZ (No. 40), Zaragoza, Spain, 423-430.
- [62] Marchylo, B.A., Dexter, J.E., Clarke, F.R., Clarke, J.M., and Preston, K.R., 2001. Relationship among bread-making quality, gluten strength, physical dough properties, and pasta cooking quality for some Canadian durum wheat genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 81:611-620.
- [63] Cubadda, R.E., Carcea, M., Marconi, E., and Trivisonno, M.C., 2007. Influence of protein content on durum wheat gluten strength determined by the SDS sedimentation test and by other methods. *Cereal Foods World*, 52, 273-277.
- [64] Genç, İ., Veli, S., Tükel, S.S., Yağbasanlar, T., Bilgin, R., ve Özkan, H., 1993. Makarnalık buğdayda (*Triticum durum*) elektroforetik ve bazı biyokimyasal yöntemlerle kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, 30 Kasım - 03 Aralık 1993, Ankara.
- [65] Eser, V., 1996. Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* Desf.) Bazı Kalite Özelliklerinin ve Gliadin Bant Yapılarının Diallel Analiz Metodu ile Araştırılması (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- [66] Göçmen, B., 2001. Genetic Characterization of 150 F6-Inbred Durum Wheat Lines Derived from Kunduru-1149 x Cham-1 Cross Using Molecular Markers and Economically Important Traits (PhD Dissertation). Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Biology, Ankara.