

## Buğdaydaki Gluten Proteinleri: Gliadin

Halef Dizlek

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karacaoğlan Yerleşkesi, Osmaniye

*Geliş Tarihi (Received): 11.11.2011, Kabul Tarihi (Accepted): 12.03.2012*✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): hdizlek@osmaniye.edu.tr (H. Dizlek)*

☎ 0 328 827 10 00 📠 0 328 825 00 97

### ÖZET

Gluten kompleksinin 2 temel bileşeninden biri olan, sadece tahıl tohumlarında bulunan, kimyasal olarak basit proteinler sınıfına giren gliadin, heterojen bileşime sahip olup, birbirine benzer peptid zincirlerinden oluşmuştur. Glutenine göre daha simetrik, daha küçük yapıya, dolayısıyla daha düşük molekül ağırlığına sahip olan gliadin, hidrojen bağlı çözünenlerde ve %70-90'luk etil alkolde çözünebilir. Diğer tüm proteinlerden konsantre alkol çözeltilerinde çözünebilme özelliğiyle ayrılan, ancak suda ve saf alkolde çözünmeyen gliadin, uzayabilme yeteneğine sahip olup yekpare hamur kitlesi oluşumundan sorumlu olan başlıca bileşendir. Ekmek hacmini kontrol eden, şekil olarak küresel bir yapıya sahip olan gliadin, gluten oluşumunda pozitif yüke sahiptir. Gliadinler, elektroforez cihazında düşük pH'da fraksiyonlarına ayrıldıklarında alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gama ( $\gamma$ ) ve omega ( $\omega$ ) gliadin olmak üzere 4 gruba ayrılırlar.  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  gliadinler ekmekçilik açısından daha önemli işlev üstlenirler. Buna karşılık, zayıf emülgatör özelliği gösteren ve kükürt içermediği için S-S bağı oluşturamayan  $\omega$ -gliadin, gluten oluşumunda ve ekmekçilikte en az öneme sahiptir. Bu derlemede, gliadin başta olmak üzere buğdaydaki gluten proteinleri ve ekmekçilikteki önemleri derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, Gluten, Gliadin, Ekmek

## Wheat Gluten Proteins: Gliadin

### ABSTRACT

Gliadin, one of the two basic components of gluten complex, has been found only in cereal seeds, and chemically classified as basic proteins. It consists of homologous peptide chains and has more symmetrical, smaller structure thus lower molecular weight than glutenin. It can be solubilized in solvents of hydrogen bond and 70-90% ethyl alcohol. Its solubilization property at concentrated alcohol solutions is a distinctive characteristic in comparison to other proteins; however, it cannot be solubilized in water and pure alcohol. Having the ability of extension, gliadin is the main component responsible from the uniform dough structure. Gliadin, which controls bread volume and has a spherical structure, becomes positively charged during gluten formation. At low pH, gliadins are electrophoretically separated into four groups as alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ) and omega ( $\omega$ ) gliadins.  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  Gliadins have an important function in bread making. However,  $\omega$ -gliadin has a less important role in gluten formation and bread making because it shows poor emulgator property and does not include sulfur in its structure, thus unable to form S-S linkages. Wheat gluten proteins, especially gliadin, and their role in bread making were reviewed in this review.

**Key Words:** Wheat, Gluten, Gliadin, Bread

## GİRİŞ

İnsanların eski çağlardan bu yana tükettikleri temel gıda maddelerinin başında tahıllar gelmektedir. Buğday, dünyada en çok üretilen 3 tahıldan (mısır, buğday, pirinç) biridir [1]. Buğday ve pirinç tahıllar içerisinde gıda olarak kullanımda öne çıkmaktadır.

Değişik düzeylerde birçok besin maddesi içeren buğdayın, beslenme bakımından en önemli görevi kalori ihtiyacını karşılamaktır. Buğdayı diğer tahıllardan farklı kılan özelliklerinin başlıcaları;

- Temel gıda olan ekmeğin hammaddesi olması dolayısıyla, ticaretinin yoğunluğu ve ekonomiye olan büyük etkisi/katkısı,
- Besin öğelerinin önemli bir kısmını bünyesinde yeterli düzeylerde bulundurması, yetersiz besin öğelerince de kolaylıkla zenginleştirilip takviye edilebilmesi,
- Bileşiminde çözünmez proteinler olan gliadini ve glutenini bulundurması ve dolayısıyla ekmeğin yapımında temel girdi olarak kullanılacak en uygun ürün olması ve
- Bileşiminin önemli bir kısmının kuru maddeden oluşması, böylece depolanma ve nakliye sırasında sorunlarla karşılaşılması ya da çok az karşılaşılması olarak sıralanabilir [2-4].

Çeşitli toprak ve iklim şartlarına uygunluğu, üretiminin kolay, veriminin yüksek olması buğdayın diğer önemli üstünlükleridir [5].

Buğday ununda bulunan ve çözünmez proteinler olarak adlandırılan glutenin ve gliadinin uygun miktarlarda su katılması, uygun pH (5.3-6.6) ve mekanik enerji uygulanması ile oluşturdıkları yaş öz (yaş gluten), elastik ve plastik özelliklere sahip kompleks bir yapıdır. Buğday kırmısından ya da unundan yapılan hamur, tuzlu su ile yıkandığında, nişasta ile albumin ve globulin proteinlerinin tamamına yakın bir kısmı su ile birlikte ortamdaki ayrılır, geriye yaş öz kalır. Yaş öz yaklaşık 2/3 oranında su tutar [6]. Yaş özün kurutulması ile kuru öz elde edilir. Kuru öz, başlıca gliadin (%43) ve glutenin (%39)'den oluşmakla birlikte nişasta (%6.4), diğer proteinler (%4.4), lipidler (%2.8) ve şekerler (%2.1) de kuru özün bileşimi içinde yer alır [7].

Buğdayın en önemli kalite ölçütleri olarak kabul edilen gluten niceliği ve niteliği, hamurun yoğrulma, işlenme, gaz tutma kapasitesi ve son ürün kalitesi üzerinde etkili olan en önemli öğelerdir. Gluten niceliğinin fazlalığı ve niteliğinin yüksekliği buğdaylarda bir kalite belirteci olarak kabul edilir [8].

Gluten kompleksinin oluşmasında bunu oluşturan başlıca bileşenler olan glutenin ve gliadin proteinlerinin toplam miktarlarının ve birbirine oranlarının yanı sıra her birinin özellikleri de etkilidir [9]. Literatür taramasına dayanan bu çalışmada, buğdaydaki gluten proteinlerinden biri olan gliadin'in başlıca özellikleri ve ekmeççilikteki önemi açıklanmaya çalışılmıştır.

## GLİADİNİN ÖZELLİKLERİ ve EKMEÇÇİLİKTEKİ İŞLEVI

Proteinler, bütün canlı organizmalarda doğal olarak bulunan polimerlerdir. Tahıllarda bulunan proteinler T. B. Osborne yöntemine [10] göre çözünürlükleri bakımından prolaminler, glutelinler, albuminler, globulinler ve arta kalan diğer proteinler (başlıca proteozlar) olmak üzere 5 gruba ayrılırlar. Bunlardan ilk 2 tanesi depo, çözünmez ya da hamur oluşturan, son 3 tanesi ise işlevsel, çözünür ya da hamur oluşturmeyen proteinler olarak adlandırılırlar [8, 11]. Fakat bunlar sadece çözünürlükleri ile değil, molekül büyüklükleri, kimyasal yapıları, buğday tanesindeki yerleri ve genetik özellikleri bakımından da farklıdırlar [9].

Prolamin proteini farklı tahıl cinslerinde moleküler yapısındaki farklılıklar nedeniyle ayrı isimlerle adlandırılmaktadır. Buğday prolaminine "gliadin", çavdar prolaminine "sekalin", mısır prolaminine "zein", arpa prolaminine "hordein", yulaf prolaminine "avenin", sorgum prolaminine "kafirin" ismi verilir. Pirinç ve tritikalede ise bu protein genel ismi ile yani "prolamin" olarak anılır [11]. Prolamin gluteline göre hemen tüm tahıllarda miktar olarak daha fazla bulunmakta ve tahıllardaki toplam protein miktarının yaklaşık yarısını yalnız başına oluşturmaktadır [8].

Prolamin, sadece tahıl tohumlarında bulunan ve kimyasal olarak basit proteinler sınıfına giren bir proteindir [4]. Yüksek düzeyde prolin ve glutaminden türediğinden (Tablo 1) prolamin ismiyle anılır [12]. Ekmek hamurundaki gluten teşekkülünün temel bileşenlerinden biri olan gliadin saf glutenin %30-45'ini oluşturur. Heterojen bileşime sahip olan gliadin, birbirine benzer peptid zincirlerinden oluşmuştur [4] (Şekil 1). Gliadin molekülleri glutenine göre daha simetrik, daha küçük yapıya [13] ve dolayısıyla daha düşük molekül ağırlığına (20.000-100.000) sahiptir. Gliadinler hidrojen bağlı çözgenlerde ve %70-90'lık etil alkolde çözünebilirler. Diğer tüm proteinlerden konsantre alkol çözeltilerinde çözünebilme özelliğiyle ayrılırlar. Suda ve saf alkolde çözünmezler [4]. Asetat ve salisilat gibi tampon çözeltilerde, ürede ve bazı deterjanlarda çok az çözünürler [14]. Uzayabilme yeteneğine sahiptirler. Uzamaya karşı ya çok az direnç gösterirler ya da hiç direnç göstermezler [15].

Yekpare (tek parça) hamur kitlesi oluşumundan sorumlu olan başlıca bileşendirler [15]. Ekmek hacmini kontrol ederler [18]. Şekil olarak küreseldirler. Yüzey alanları glutenine göre daha az olduğundan diğer moleküllerle (su ve yağ) etkileşimleri daha azdır [4, 19]. Gluten oluşumunda pozitif yüke sahiptirler. Gluteninlere göre daha hidrofobiktirler (gliadin miktarı fazla olan buğday çeşitleri az olanlara göre daha hidrofobik özelliktedir) [20]. Bu nedenle proteinlerin bir araya gelmesine (kümeleşmesine) katkıda bulunurlar ve glükolipidlerle diğer bazı lipidlere bağlanırlar (Şekil 2). Klor gazı ile muamele edilmiş olan unlardaki gliadin moleküllerinin yapılarında meydana gelen değişiklik ile hidrofobiklikleri artmaktadır [21]. Su çektiklerinde hayli yapışkan bir yapı kazanırlar [15] ve bu özellikleriyle yaş özün su ile yıkanarak elde edilmesinde nişasta taneciklerinin

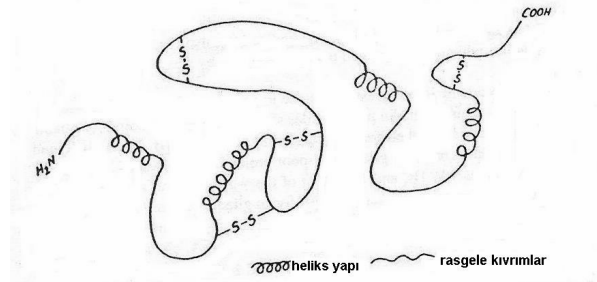
kendilerine yapışması suretiyle nişastanın tamamının yıkama atık suyuyla glutenden ayrılmasını önlerler ve dolayısıyla gluten kompleksinin az bir miktar da olsa bileşiminde nişasta içermesine neden olurlar [22]. Bu

protein moleküllerinin alt birimlerinin tamamı S-S bağları ile birbirine bağlanmış [23] (Şekil 1) çok sayıda küçük moleküllerden oluşmuşlardır [24].

Tablo 1. Buğdaydaki protein fraksiyonlarının amino asit kompozisyonları (%) ve sağlıklı bir yetişkin insan için gerekli olan günlük asgari temel amino asit gereksinimi [4, 15, 16]

Amino Asidin Adı	Gluten	Gliadin	Glutenin	Albumin	Globulin	Gereksinim (g/gün)
Glutamin	35.8	38.0	36.2	19.5	11.6	
Prolin	12.6	13.9	12.5	10.0	2.2	
Lösin <sup>(1)</sup>	6.5	6.7	5.9	6.7	7.4	0.83
Fenilalanin <sup>(1)</sup>	4.8	6.3	4.3	3.8	3.5	0.50
Serin	4.7	3.7	4.6	4.6	6.7	
Valin <sup>(1)</sup>	3.8	3.4	3.3	5.7	4.6	0.75
Tirozin	3.8	2.9	4.1	3.9	3.2	
İzolösin <sup>(1)</sup>	3.8	3.8	2.9	3.6	3.9	0.75
Aspartik asit	2.8	2.2	2.3	5.9	7.1	
Glisin	2.6	1.3	4.2	3.2	9.0	
Arginin	2.3	2.5	2.8	5.9	8.2	
Treonin <sup>(1)</sup>	2.3	1.9	2.6	2.4	2.0	0.50
Alanin	2.1	1.6	2.0	3.4	3.3	
Histidin	2.1	1.8	1.7	3.4	5.2	
Sistin	2.0	2.2	1.3	3.7	1.9	
Metionin <sup>(1)</sup>	1.8	1.5	1.1	1.8	1.1	0.75
Lisin <sup>(1)</sup>	1.1	0.7	1.2	3.9	3.0	0.75
Triptofan <sup>(1)</sup>	1.0	0.8	1.7	2.8	1.2	0.25
Amonyak <sup>(2)</sup>	5.6	5.7	5.0	3.8	1.2	
Toplam	101.5	100.9	99.7	98.0	86.3	5.08

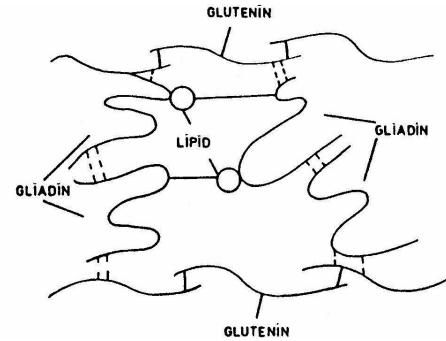
<sup>(1)</sup> Temel amino asitler, <sup>(2)</sup> Amino asit analizinde arta kalan diğer azotlu maddeler



Şekil 1. Düşük molekül ağırlığına sahip gluten proteinlerinin (gliadinin) yapısı [17]

Gliadinler, elektroforez cihazında düşük pH'da fraksiyonlarına ayrıldıklarında alfa (α), beta (β), gama (γ) ve omega (ω) gliadin olmak üzere 4 gruba ve çok sayıda (en az 50) farklı alt birimlere ayrılırlar. Son zamanlarda yapılan çalışmalar α ve β-gliadinlerin amino grup asit dizilişlerinin birbirleriyle benzer ve hemen hemen aynı olduğunu, dolayısıyla bunların molekül ağırlıklarının da benzer olduğunu göstermiş ve bu nedenlerle her iki grup α tipi-gliadin (αβ-gliadin) olarak isimlendirilmiştir [12, 17, 25] (Şekil 3).

α ve γ-Gliadinlerin molekül ağırlıkları 30.000 ile 45.000, ω-gliadinlerin molekül ağırlıkları 40.000 ile 75.000 arasında değişmektedir. α ve γ-gliadinler LMW-GS (Low Molecular Weight Glutenin Subunits = Düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri) gibi kükürt içeriği bakımından zengindirler ve bunlar birçok yönden (molekül ağırlıkları, amino asit bileşimleri ve dizilişleri)

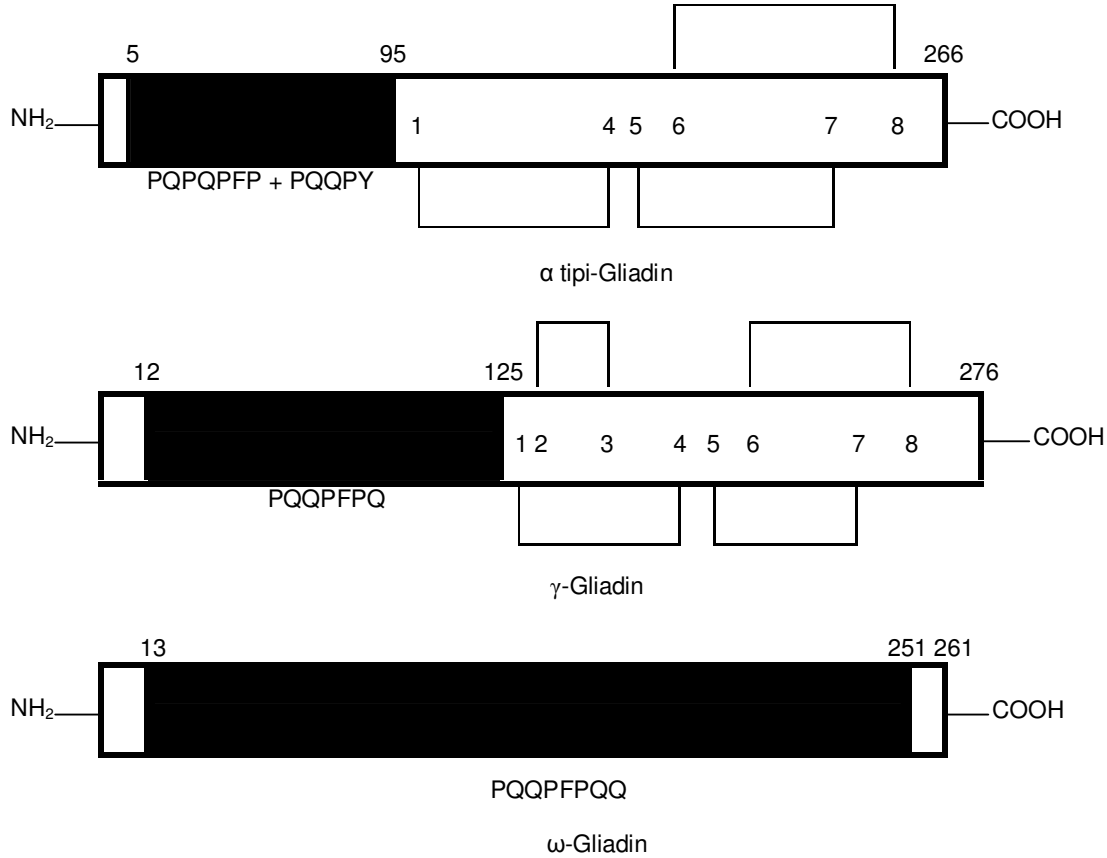


Şekil 2. Lipidlerin gluten ağı içerisindeki muhtemel yeri (lipidler gliadin-gliadin interaksiyonunda köprü işlevi üstlenirler [17])

LMW-GS ile benzerlik gösterirler. Bunların molekül ağırlıklarının %30-40'ı glutamin, %15-20'si prolin, %2-3'ü ise sisteinden oluşmaktadır. Bu amino grup asitler, söz konusu protein moleküllerinin merkez bölgelerinde tekrarlı, uç kısımlarında tekrarsız gruplar halinde yer almaktadırlar. α tipi ve γ-gliadinler yapıları ve amino grup asit dizilişleri bakımından: β-kıvrımlı yapı ve glutamin-prolin-fenilalanin amino asitleri yönünden zengin olan tekrarlı kısım (NH<sub>2</sub> [amin] bölgeleri), α-heliks yapı bakımından zengin olan ve temel amino asitler ile S-S bağlarının bulunduğu tekrarsız kısım (COOH [karboksil] bölgeleri) olmak üzere 2 ana kısma ayrılırlar. ω-gliadinler, gluten proteinlerini oluşturan diğer alt birimlerden proteinlerin uç kısımlarında bulunan NH<sub>2</sub> ve COOH bölgelerinin kısa olması ve bu iki bölge arasında kalan kısmın tümünün tekrarlı bir amino grup asit dizisi halinde yer alması özelliğiyle ayrılırlar. Bunlar sistein ve sistin yönünden fakirdirler ve bu nedenle ne molekül içi

ne de moleküller arası S-S bağı içerirler. Oysa α ve β-gliadinler 3, γ-gliadinler ise 4 tane molekül içi S-S bağı

içerirler [12, 28-30] (Tablo 2). ω-gliadinler, diğer proteinlerle sadece kovalent olmayan çekimlerle etkileşime girerler [4].



Şekil 3. α tipi, γ ve ω-gliadinin yapısal durumlarının şematize edilmesi (α tipi ve γ-gliadinde yer alan ve 1-8 arasında değişen rakamlar protein zincirindeki molekül içi S-S bağlarının oluşumunu sağlayan sistein amino asidinin yerini göstermektedir [12, 26, 27]). P : Prolin, Q : Glutamin, F : Fenilalanin, Y : Tirozin

Gliadinin S-S bağı oluşturma yeteneği gliadinlerin α tipi ve γ alt birimlerinden kaynaklanır. Gliadinin ω

fraksiyonunun fazla olması hamurun uzama yeteneğinin azalmasına ve kuvvetini kaybetmesine neden olur [32].

Tablo 2. Buğdaydaki gluten proteinlerinden gliadinin gruplandırılması ve özellikleri [12, 29, 31]

Gliadin Alt Grubunun Adı	Gluten'deki Payı (%)	İçerdiği Amino Asit Sayısı	Molekül Ağırlığı (x1000)	Amino Asit Kompozisyonu (%)	μmol sistein / gram un <sup>(1)</sup>	İçerdiği Sistein Sayısı	MI <sup>(2)</sup> ve MA <sup>(3)</sup> Disülfid Bağ Sayısı
α tipi <sup>(4)</sup> -Gliadin	28-33	266	30-45	30-40 glutamin 15-20 prolin 2-3 sistein <1 lizin	6.0	6	3 Mİ
γ-Gliadin	23-31	276	30-45	30-40 glutamin 15-20 prolin 2-3 sistein <1 lizin	6.7	8	4 Mİ
ω-Gliadin	10-20	261	40-75	40-50 glutamin 20-30 prolin 8-9 fenilalanin 0-0.5 lizin	0	0	0

<sup>(1)</sup> Gluten proteinlerinin ortalama bileşiminden türetilmiş ve %10 oranında gluten proteini içeren un esasına göre hesaplanmıştır.

<sup>(2)</sup> Molekül içi, <sup>(3)</sup> Moleküller arası, <sup>(4)</sup> α-Gliadin + β-Gliadin

Gliadinlerin çoğu amino asit kompozisyonları bakımından büyük benzerlik gösterirler. Yüksek

düzeyde glutamin ve prolin, az miktarda lizin amino grup asidi içerirler [15] (Tablo 1-2). Lizin, arginin ve histidin ile

serbest karboksil gruplarının az olması proteinler içerisinde gliadinin en az yük yoğunluğuna sahip protein olarak tanımlanmasının temel nedenidir [17].

## SONUÇ

Buğdaydaki gluten proteinleri ekmek yapımında çok önemli işlevler üstlenirler. Gluten, başlıca bileşenleri glutenin ve gliadin olan 2 ayrı protein ile nişasta, diğer proteinler, lipidler ve şekerlerden oluşan kompleks bir yapıya sahiptir [33, 34]. Gluten kompleksinin 2 temel bileşeninden biri olan, sadece tahıl tohumlarında bulunan ve kimyasal olarak basit proteinler sınıfına giren gliadin, heterojen bileşime sahip olup, birbirine benzer peptid zincirlerinden oluşmuştur [4]. Glutenine göre daha simetrik, daha küçük yapıya [13] ve dolayısıyla daha düşük molekül ağırlığına (20.000-100.000) sahip olan gliadin, hidrojen bağlı çözümlerde ve %70-90'lık etil alkolde çözünür [4]. Gliadin, gluten yapısının ve ekmek hamurunun uzayabilme yeteneğine sahip olmasından ve yekpare hamur kitlesi oluşumundan sorumlu olan başlıca bileşendir [15]. Ekmek hacmini kontrol eden [18], şekil olarak küresel bir yapıya sahip ve yüzey alanı glutenine göre daha az olduğundan su ve yağ gibi diğer moleküllerle etkileşimi daha az olan gliadin, gluten oluşumunda pozitif yüke sahiptir [4, 19]. Bu protein moleküllerinin alt birimlerinin tamamı S-S bağları ile birbirine bağlanmış çok sayıda küçük moleküllerden oluşmuştur [23, 24]. Gliadinler, elektroforez cihazında düşük pH'da fraksiyonlarına ayrıldıklarında alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gama ( $\gamma$ ) ve omega ( $\omega$ ) gliadin olmak üzere 4 gruba ve çok sayıda (en az 50) farklı alt birimlere ayrılırlar [12, 17].  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  gliadinler ekmekçilik açısından daha önemli işlev üstlenirler. Gluten proteinlerinin alt fraksiyonları arasında gluten oluşumunda ve ekmekçilikte en az öneme sahip olan  $\omega$ -gliadin'dir.  $\omega$ -gliadin diğer gliadinlerden ve gluteninden farklı olarak zayıf emülgatör özelliği göstermekte ve kükürt içermediği için S-S bağı oluşturamamaktadır [30, 35].

## KAYNAKLAR

- [1] FAO, 2011. Food Agricultural Organization. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (17.10.2011).
- [2] Arat, O., 1949. Buğday Teknolojisi. Tarım Bakanlığı Neşriyatı, İstanbul.
- [3] Tekeli, S.T., 1964. Hububat Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- [4] Pyler, E.J., 1988. Baking Science and Technology. Sosland Publishing Company, U.S.A.
- [5] Anonim, 1992. Un. *Gıda İşveren Dergisi* 24 (255): 16.
- [6] Altan, A., 1986. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- [7] Vakar, A.B., 1961. Wheat Gluten. Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, Moscow.
- [8] Kent, N.L., 1982. Technology of Cereals. Pergamon Press, U.S.A.
- [9] Özkaya, B., 1995. Durum buğdayının protein kompozisyonu ve makarna kalitesindeki önemi. *Un Mamülleri Dünyası* 4(6): 15-24.
- [10] Osborne, T.B., 1907. The Proteins of the Wheat Kernel. Carnegie Inst., Publication No:84, Washington.
- [11] Pomeranz, Y., 1987. Modern Cereal Science and Technology. VCH Publishers, Washington.
- [12] Shewry, P.R., 2003. Wheat Gluten Proteins. In Wheat Gluten Protein Analysis, Edited by P.R. Shewry and G.L. Lookhart, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 1-17p.
- [13] Tapucu, B.Ş.K., 1996. Effects of Vital Wheat Gluten, Ascorbic Acid and DATEM on Bread Quality by Using Response Surface Methodology. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [14] Nierle, W., El Baya, A.W., 1991. Functionality of Modified Wheat Gluten in Baking. In Gluten Proteins 1990, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 42-56p.
- [15] Hosney, R.C., 1994. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota.
- [16] Altan, A., 2004. Tahıl İşleme Teknolojisi (Yayınlanmamış Ders Notları), Adana.
- [17] Lásztity, R., 1996. The Chemistry of Cereal Proteins. CRC Press, U.S.A.
- [18] Finney, K.F., Jones, B.L., Shogren, M.D., 1982. Functional (breadmaking) properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. *Cereal Chemistry* 59 (6): 449-453.
- [19] Tronsmo, K.M., Faergestad, E.M., Longva, A., Schofield, J.D., Magnus, E.M., 2002. A study of how size distribution of gluten proteins, surface properties of gluten and dough mixing properties relate to baking properties of wheat flours. *Journal of Cereal Science* 35: 201-214.
- [20] Kaczowski, J., Kos, S., Pior, H., 1991. Gliadin Hydrophobicity and Breadmaking Potential. In Gluten Proteins 1990, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 66-70p.
- [21] Sinha, N.K., Yamamoto, H., Ng, P.K.W., 1997. Effects of flour chlorination on soft wheat gliadins analyzed by reversed-phase high-performance liquid chromatography, differential scanning calorimetry and fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry* 59(3): 387-393.
- [22] Schober, T.J., Clarke, C.I., Kuhn, M., 2002. Characterization of functional properties of gluten proteins in spelt cultivars using rheological and quality factor measurements. *Cereal Chemistry* 79(3): 408-417.
- [23] Schofield, J.D., 1986. Flour Proteins: Structure and Functionality in Baked Products. In Chemistry and Physics of Baking, Edited by J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier and T. Galliard, The Royal Society of Chemistry, England, 14-29p.

- [24] Dimler, R.J., 1965. Exploring the structure of proteins in wheat gluten. *The Baker's Digest* November 35-42.
- [25] Özalp, V.C., 2000. Genetic Diversity of Gluten Protein Patterns of Wheat Cultivars and Their Importance in Dough Making Properties of Flour. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- [26] Lindsay, M.P., Skerritt, J.H., 1999. The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: structure-function perspectives. *Trends in Food Science and Technology* 10 (1999): 247-253.
- [27] Gianibelli, M.C., Larroque, O.R., Macritchie, F., Wrigley, C.W., 2001. Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *Cereal Chemistry* 78(6): 635-646.
- [28] Bollecker, S., Popineau, Y., 1991. Functional Properties of Deamidated Gliadins. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 29-41p.
- [29] Shewry, P.R., Tatham, A.S., Lazzeri, P., 1997. Biotechnology of wheat quality. *Journal Science Food Agriculture* 73: 397-406.
- [30] Örnebro, J., Nylander, T., Eliasson, A.C., 2000. Interfacial behaviour of wheat proteins. *Journal of Cereal Science* 31: 195-221.
- [31] Grosch, W., Wieser, H., 1999. Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. *Journal of Cereal Science* 29: 1-16.
- [32] Shewry, P.R., Tatham, A.S., 1997. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. *Journal of Cereal Science* 25: 207-227.
- [33] Mosleth, E., Uhlen, A.K., 1991. Associations between the Composition of Gliadins and HMW Glutenin Subunits and the Gluten Quality in Wheat (*T. aestivum* L.). In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 112-128p.
- [34] Lookhart, G.L., Martin, M.L., Mosleth, E., Uhlen, A.K., Hosene, R.C., 1993. Comparison of high-molecular-weight subunits of glutenin and baking performance of flours varying in bread-making quality. *Lebensm. -Wiss. u.- Technology* 26(4): 301-306.
- [35] Örnebro, J., Nylander, T., Eliasson, A.C., Shewry, P.R., Tatham, A.S., Gilbert, S.M., 2001. Adsorption of the high molecular weight glutenin subunit 1Dx5 compared to the 58-kDa central repetitive domain and  $\alpha$ -gliadins. *Journal of Cereal Science* 34: 141-150.
-