

## Gluten Kompleksinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkileri

Halef Dizlek ✉

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

Geliş Tarihi (Received): 11.11.2011, Kabul Tarihi (Accepted): 05.04.2012

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): [hdizlek@osmaniye.edu.tr](mailto:hdizlek@osmaniye.edu.tr) (H. Dizlek)

☎ 0 328 827 10 10 - 3604 📠 0 328 825 00 97

### ÖZET

Ekmeklik buğday unlarının ve başta ekmek olmak üzere birçok unlu mamulün kalitesi gluten tarafından kontrol edilmektedir. Ancak, günümüze kadar yapılan çalışmalarda, gluten kompleksinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki olumlu etkilerinin bunun bileşiminde yer alan unsurların hangi özelliklerinden kaynaklandığı hususunda araştırmacılar tarafından henüz ortak bir görüşe varılmamış ve bu konuda çok sayıda varsayım ortaya konulmuştur. İlk olarak gliadin/glutenin oranı ile unun içerdiği toplam protein miktarının hamur ve ekmek niteliklerini etkileyen başlıca hususlar olduğu ortaya atılmışsa da son yıllarda yapılan çalışmalar, gluten kompleksindeki glutenin fraksiyonunun buğday unu ile hazırlanan hamurların viskoelastik niteliği üzerinde birinci derecede etkili olduğunu ve değişik buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitelerini tayin ettiğini, ayrıca, yüksek molekül ağırlığına sahip olan glutenin alt birimlerinin fazla miktarda bulunduğu buğday çeşitleri ile daha üstün niteliklere sahip ekmek üretilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gluten, Glutenin, Gliadin, Hamur, Ekmek

### Effects of Gluten Complex on Dough and Bread Qualities

### ABSTRACT

The quality of wheat flour and many bakery products, primarily bread, is controlled by gluten. Studies have not been fully revealed the exact reasons of the positive effects of the gluten complex on dough and bread qualities, and many assumptions have been reported about this matter. Firstly, although it has been suggested that the gliadin/glutenin ratio and the total amount of protein in flour are the primary reasons that influence dough and bread qualities, the recent studies have shown that the glutenin fraction in the gluten complex is primarily effective on the viscoelastic quality of the dough. Type of wheat variety determines bread quality. Additionally, much more superior bread could be produced with the use of wheat varieties containing a great amount high molecular weight-glutenin sub unite. This study reviews the effects of gluten complex on wheat dough and bread qualities.

**Key Words:** Gluten, Glutenin, Gliadin, Dough, Bread

### GİRİŞ

Tahılların kimyasal yapılarının başlıca bileşen grubu karbonhidratlar olmasına karşın bunların içerdikleri protein fraksiyonlarının miktarları ve kaliteleri - mamul ürün üretiminde kaliteye etki eden temel öğeler olmaları nedeniyle - özel bir öneme sahiptir [1].

Tahıllar içerisinde buğday, başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılan başlıca hammadde olması ve diğer tahıl unlarından farklı olarak kendine özgü bir takım özelliklere sahip olması (gluten teşekkülü, viskoelastik nitelikte hamur oluşturması, gaz tutabilme yeteneği ile gözenekli ve kabarcık mamul ürün üretimine olanak sağlaması) nedenleriyle ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Ekmek üretiminde buğdayı diğer tahıllardan üstün kılan en önemli özelliği; bileşimindeki

proteinlerin yaklaşık %85'ini oluşturan ve çözünmez proteinler, depo proteinleri ya da hamur oluşturan proteinler olarak bilinen gluten proteinleridir (glutenin ve gliadin) [1-6].

Buğday tanesinin kimyasal yapısı esas itibarıyla; karbonhidratlar, azotlu maddeler (proteinler), su, lipidler, mineral maddeler, vitaminler ve enzimlerden oluşur. Bu bileşenlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri fırın ürünlerinin kalite etmenleri üzerinde etkilidir. Bu özellikler; doğal organik bileşenlerin çeşitliliğine, bitkilerin genetik potansiyeline, yetiştirme koşullarına ve iklime bağlı olarak değişir [7]. Nişasta, proteinler ve amilolitik enzimler, onların işlenebilirlik özellikleri ile son ürün kalitesi üzerinde büyük etkiye sahiptirler [8]. Bunlar içerisinde proteinler özel ve ayrıcalıklı bir yere sahiptir.

Buğdayda bulunan proteinler, kurumadde bileşiminin yüzdesi olarak, yaklaşık; %4 glutenin, %4 gliadin, %0.7 globulin, %0.4 albumin ve %0.3 proteozdan oluşur [7]. Bunlardan albuminin molekül ağırlığı; 17.000 ile 28.000 [9], globulinin ise 25.000 ile 100.000 arasında değişir [10]. Albumin, unlar arasında pişme karakteristikleri bakımından oluşan farklılıklardan sınırlı ölçüde (kısmen), globulin ise onların uygun pişme yeteneğinin oluşmasından sorumlu bileşen [9] olmalarına rağmen her iki protein de ekmek yapımında temel rol oynamaz [10], fakat bunlar proteinlerin hava kabarcıklarını stabilize etme işlevlerini gerçekleştirmede etkin roller üstlenirler [11].

Tahıl unları içerisinde sadece buğday unu (un) kuvvetli yapıda, gaz tutabilen ve hafif, havalanmış mamul ürün üretimini mümkün kılan hamur oluşturma yeteneğine sahiptir. Buğdayın sahip olduğu bu ayrıcalıklı durumdan buğday proteinlerinin, daha özgün olarak gluten proteinlerinin sorumlu olduğuna inanılmaktadır [12].

Ekmekçilik açısından gluten proteinlerinin miktarı ve kalitesi unun içerdiği toplam protein miktarından daha önemlidir. Glutenin ve gliadin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek, hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen elastik ve plastik yapıdaki özü (gluteni) meydana getirirler. Gluten hamurun iskeletini oluşturur. Yoğurma sırasında hamura katılan havayı ve mayalar tarafından oluşturulan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazını hamur içerisinde tutarak ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar [2, 10].

Buğday ununda bulunan ve çözünmez proteinler olarak adlandırılan gluteninin ve gliadinin uygun miktarlarda su katılması, uygun pH (5.3-6.6) ve mekanik enerji uygulanması ile oluşturdukları yaş öz, elastik ve plastik özelliklere sahip kompleks bir yapıdır [7] ve bileşimi başlıca gliadin (%43) ve glutenin (%39)'den oluşmakla birlikte nişasta (%6.4), diğer proteinler (%4.4), lipidler (%2.8) ve şekerler (%2.1) de özün bileşimi içinde yer alırlar [13].

Unların ekmeklik performansını belirlemede çok önemli etkisi olan gluten proteinleri üzerinde çok sayıda araştırma yapılmasına rağmen, bunların kimyasal

yapıları ve fırın ürünleri üzerindeki etkileri henüz net olarak açığa kavuşturulamamıştır.

Bu çalışmada; gluten kompleksinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki olumlu etkilerini tayin eden hususların hangi etmenler olduğu konusunda geniş bir literatür taraması yapılmış ve konu hakkında ortaya atılan tüm farklı bilimsel yaklaşımlara (hipotezlere) yer verilerek bunların tartışılması sağlanmış, bu suretle bazı çıkarımlara varılmıştır.

## GLUTEN KOMPLEKSİNİN HAMUR ve EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ OLUMLU ETKİLERİNİ BELİRLEYEN HUSUSLAR

Ekmeklik buğday unlarının ve başta ekmek olmak üzere birçok unlu mamulün kalitesi gluten tarafından kontrol edilmektedir [12]. Ancak, günümüze kadar yapılan çalışmalarda, glutenin ekmek nitelikleri üzerindeki olumlu etkilerinin bunun bileşiminde yer alan unsurların hangi özelliklerinden (miktarı, molekül büyüklüğü, amino asit sayısı ve dizilişi vs.) kaynaklandığı hususunda araştırmacılar tarafından henüz ortak bir görüşe varılamamış ve başlıca 12 etmen üzerinde durulmuştur:

- Gliadinin glutenine oranı [14-17],
- Buğday unundaki toplam protein miktarı [2, 12, 18-20],
- Buğday unundaki toplam glutenin miktarı [21],
- Glutenin proteininin toplam protein miktarına oranı [19, 22],
- Glutenin alt birimlerinin birbirlerine oranı = Yüksek Molekül Ağırlıklı Glutenin Alt Birimleri (High Molecular Weight-Glutenin Subunit)/Düşük Molekül Ağırlıklı Glutenin Alt Birimleri (Low Molecular Weight-Glutenin Subunit) = HMW-GS/LMW-GS [10, 19, 23-25],
- Bazı HMW-GS'lerin (2, 8 ve 9 numaralı alt ünitelerin) glutenin kompozisyonu içerisinde bulunup/bulunmaması [16],
- HMW-GS'deki Sodyum Dodesil Sülfat çözeltisinde (SDS'de) çözünmeyen proteinlerin (glutenin makropolimerleri) miktarının bu çözeltilerde çözünen proteinlerin miktarına oranı [26],
- Unun SH (sülfidril=tiyol) ve S-S (disülfid) içeriği [27-29],
- S-S/SH (disülfid/sülfidril) oranı [18],
- Özelde glutenin genelde gluten proteinlerinin molekül büyüklüklerinin dağılımı [30],
- Gluten proteinlerinin amino asit kompozisyonu [31],
- Minör bileşenlerin (şeker, pentozan, lipid vs.) tipi, miktarı ve bunların gluten proteinleriyle girdikleri etkileşimler [16, 21, 32].

Bazı araştırmacılar, gluten kompleksinin işlevsel özellikleri ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerini aynı anda yukarıdaki etmenlerden birkaçına bağlamışlardır. Örneğin; Wrigley ve Bekes [33], buğday protein kalitesini belirleyen temel etmenlerini; 1) protein içeriği, çeşit ve yetiştirme koşulları, 2) gliadin/glutenin oranı ve 3) glutenin polimerlerinin ve bunların alt birimlerinin molekül büyüklüğü dağılımı olduğunu bildirmişlerdir. Schober ve Kuhn [25] ise, glutenin işlevsel özellikleri üzerinde gliadin/glutenin oranı ile gluteninin

kompozisyonunun etkili olduğunu buna karşılık gliadinin kompozisyonunun önemli olmadığını ileri sürmüşlerdir.

Osborne [14] ve Dimler [15], ekmeğin kalitesinin gliadin ve glutenin arasındaki oran ile ilişkili olduğu yönünde görüş bildirmişlerdir. Bunlara ilave olarak bazı araştırmacılar [10'un bildirdiğine göre 34; 35-37] her bir proteinin diğer proteinlerle etkileşime girmesi ve birbirlerinin özelliklerini değiştirmeleri bakımından gluteninin ve gliadinin yanı sıra diğer proteinler arasında da uygun bir denge olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ancak glutenin ve gliadin arasında uygun bir denge olması, glutenin kendi bileşimi bakımından önemli bir etmen olmasına rağmen ekmeğin niteliklerini belirleyen başlıca unsurlardan biri değildir. Çünkü son zamanlarda yapılan çalışmalar, hamur kuvvetinin az çözünür proteinlerin miktarıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Buğdaydaki az çözünür protein grubu glutenindir ve bu proteinin daha çok yüksek molekül ağırlığına sahip alt birimleri (HMW-GS) az çözünür proteinleri oluşturmaktadır. Hamur kuvvetinin ve yoğurma süresinin, açık bir biçimde, yüksek molekül ağırlığına sahip olan proteinlerin miktarı ve tipi ile ilişkili olduğu bildirilmektedir [12].

He ve Hosney [38] ile Hosney [12], buğdaydaki toplam protein miktarı ile somun hacmi arasında yüksek korrelasyon olduğunu (Pomeranz [2], bu korrelasyon katsayısının 0.901 ile 0.951 arasında değiştiğini bildirmiştir.), buğday ve ürünlerindeki kalite kavramının belirli bir bileşen veya proteinlerin ya da diğer bileşenlerin küçük bir kısmı tarafından kontrol edilmediğini ve kalite kavramını simgeleyen anahtar sözcük protein ise bu kavramın (kalite) buğday örneğinin toplam protein miktarı ile yüksek korrelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. He ve Hosney [38] ile Hosney [12]'in bildirdiği görüşün aksi yönünde görüş bildiren araştırmacılar da mevcuttur. Örneğin, Tronso ve ark. [26], protein oranının artmasıyla birlikte undaki gliadin/glutenin oranının arttığını, bu tür unlarla hazırlanan hamurların daha fazla uzayabilme yeteneği kazanırken elastikiyetlerinin azaldığını ve bu nedenle ekmeğin hacminin gerilediğini bildirmişlerdir. Hamer [39], gluten proteinlerinin karakteristik olarak kendilerine has bir takım reolojik özellikleriyle (viskoelastik nitelikte hamur oluşturma ve gerilip katılma) bilindiklerini, bunların lipidler ve diğer proteinler ile bir arada bulunmaları nedeniyle hamura gaz tutma yeteneği kazandırdıklarını ve gluten kompleksinin bu özelliklerinin oluşumunda başlıca katkının gliadin varlığında glutenin tarafından sağlandığını bildirmiştir. Preston ve Stevenson [30] ise, gluten proteinlerinin (özellikle gluteninin) molekül büyüklüklerinin dağılımının buğday unu kalitesi üzerinde birincil derecede önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Bu konuda birbirinden farklı birçok görüş bulunmakla birlikte gluten proteinleri üzerinde yapılan çalışmaların çoğu gluten kalitesini, HMW-GS'nin LMW-GS'ye ve gliadine göre daha çok etkilediğini göstermiştir [40]. Shewry ve ark. [21], bu duruma gerekçe olarak 3 kuram ortaya atmışlardır: 1) Bu proteinin bileşiminde yüksek molekül ağırlığına sahip glutenin polimerlerinin (HMW-GS) varlığı, 2) Bu polimerlerin sistein aminoasitleri

arasında oluşan moleküller arası S-S bağları tarafından stabilize edilmesi ve 3) İçerdiği toplam amino asit sayısı 627 ile 827 arasında değişen HMW-GS'nin 480 ile 695 arasında değişen amino asidinin tekrarlı alanda (proteinin merkez bölgesinde) olması ve bu alandaki amino asitlerin yaklaşık %40'ını glutamin'in oluşturması (Glutamin'in amid grupları birbirine komşu HMW-GS ile diğer proteinler arasında hidrojen bağları oluşturarak HMW-GS'nin kuvvetli ve stabil bir yapı kazanmasını sağlamaktadır.).

Buğday çeşitleri arasındaki gluten kalitesinin farklılığı ve buğdayların ekmeğin niteliklerinin değişkenliği glutenin miktarının ve kompozisyonunun farklılığından kaynaklanmakta [40, 41] ve özellikle yüksek molekül ağırlığına sahip glutenin alt birimleri glutenin viskoelastik özelliğe sahip olması [42] dahil birçok işlev göstermesinde en önemli rolü üstlenmektedir [21, 43]. Birçok araştırmacı [44-51]; buğday unlarının ekmeğin kaliteleri arasındaki farklılıkların yüksek molekül ağırlığına sahip olan glutenin alt birimlerinin kompozisyonu ile ilgili olduğunu bildirmiştir. Buğday ununda yüksek molekül ağırlığına sahip glutenin alt birimlerinin bulunmamasının ya da çok az miktarda bulunmasının glutenin elastikiyetini önemli ölçüde azalttığı [21] ve ekmeğin hamurunu çok zayıf kıldığı bildirilmiştir [12]. Pepe ve ark. [52] ise, yukarıdaki araştırmacıların aksine düşük molekül ağırlığına sahip olan glutenin alt birimlerinin, glutenin molekülü içerisinde daha önemli bir yere sahip olduğunu ve bunların hamur yapısını kuvvetlendirmek, somun hacmini geliştirmek suretiyle kaliteyi yükselttiğini bildirmişlerdir.

## SONUÇ

Tahılların kimyasal yapılarının başlıca bileşen grubu karbonhidratlar olmasına karşın bunların içerdikleri protein fraksiyonlarının miktarları ve kaliteleri mamul ürün üretiminde kaliteye etki eden temel öğeler olması nedenleriyle özel bir öneme sahiptirler [1]. Protein fraksiyonları içerisinde ise gluten proteinleri ayrı bir öneme sahiptir.

Gluten proteinleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar, çoğunlukla hamur ve ekmeğin üzerindeki kombine etkilerine dayanmaktadır. Farklı faktörlerin farklı etkileri ve farklı etkenlerin karşılıklı etkileşimleri ile araştırma bulguları arasında farklılıklar ve zıtlıklar ortaya çıkabilmektedir. Gluten proteinlerinin ve alt birimlerinin ortamdan izole edilip saflaştırılarak incelenmesine yönelik çalışmalarda ise kullanılan kimyasal maddelerle incelenen maddelerin karşılıklı kimyasal etkileşimleri sonucu, bunların kimyasal yapıları (molekül ağırlıkları, amino asit dizilişleri ve bileşimleri) ve işlevsel özellikleri değiştiğinden ortak bir sonuca varılamamıştır. Bu kısımlarla ilgili olarak saptanan özellikler ile bunların bir arada buldukları ortamda gösterdikleri özellikler uyumlu olmadığından gluten'in bileşimi, özellikleri ve ekmeğin nitelikleri üzerindeki etkileriyle ilgili çelişkili bulgular ve görüşler bulunmaktadır. Bununla birlikte başlıca bileşenleri gluten proteinleri olan ve hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturan gluten kompleksinin hamur ve ekmeğin nitelikleri üzerindeki olumlu etkileriyle ilgili olarak konuyla ilgilenen

araştırmacılar tarafından son yıllarda yaygın olarak kabul edilen hususlar şöyle özetlenebilir:

Bazı konular henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamış olmakla birlikte, glutenin fraksiyonunun buğday unu ile hazırlanan hamurların viskoelastik niteliği üzerinde birinci derecede etkili olduğu ve değişik buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitelerini tayin ettiği [53], ayrıca, HMW-GS'nin fazla miktarda bulunduğu buğday çeşitleri ile daha üstün niteliklere sahip ekmek üretilebileceği saptanmıştır [35]. Glutenin moleküllerinin; şekilleri itibarıyla yüzey alanlarının geniş olmasının diğer moleküllerle etkileşim için çok sayıda olasılık içermelerine neden olduğu (diğer hamur bileşenleriyle rahatlıkla etkileşime girmelerine zemin yarattığı), bu durumun hamura dayanıklı ve kuvvetli bir yapı kazandırdığı ve ekmek niteliklerini önemli ölçüde geliştirdiği belirlenmiştir [10, 26, 53].

Ekmekçilik açısından son derece büyük öneme sahip olan gluten kompleksinin, ekmek yapımı ve fırın ürünlerinin kalitesi üzerindeki fonksiyonel rolünün tamamen açıklığa kavuşturulabilmesi için; bunun kimyasal yapısı ile işlevsel özelliği arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar sürdürülmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Dizlek, H., Özer, M.S., Altan, A., Gül, H., 2006. Buğdaydaki gluten proteinlerinin birbirleriyle etkileşimleri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı*, 7-8 Eylül, 2006, Gaziantep, Türkiye, Bildiri Kitabı, 280-286s.
- [2] Pomeranz, Y., 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers, Washington.
- [3] 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.
- [4] Jood, S., Schofield, J.D., Tsiami, A.A., Bollecker, S., 2001. Effect of glutenin subfractions on bread-making quality of wheat. *International Journal of Food Science and Technology* 36 (2001): 573-584.
- [5] 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.
- [6] McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober T.J., Arendt, E.K., 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry* 82(5): 609-615.
- [7] Altan, A., 1986. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- [8] Meuser, F., Suckow, P., 1986. Non Starch Polysaccharides. In *Chemistry and Physics of Baking*, Edited by J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier and T. Galliard, The Royal Society of Chemistry, England, 42-61p.
- [9] Kent, N.L., 1982. *Technology of Cereals*. Pergamon Press, U.S.A.
- [10] Pyler, E.J., 1988. *Baking Science and Technology*. Sosland Publishing Company, U.S.A.
- [11] Örnebro, J., Nylander, T., Eliasson, A.C., 2000. Interfacial behaviour of wheat proteins. *Journal of Cereal Science* 31: 195-221.
- [12] Hosney, R.C., 1994. *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota.
- [13] Vakar, A.B., 1961. *Wheat Gluten*. Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, Moscow.
- [14] Osborne, T.B., 1907. *The Proteins of the Wheat Kernel*. Carnegie Inst., Publication No:84, Washington.
- [15] Dimler, R.J., 1965. Exploring the structure of proteins in wheat gluten. *The Baker's Digest* November: 35-42.
- [16] Khan, K., Figueroa, J., Chakraborty, K., 1991. Relationship of Gluten Protein Composition to Breadmaking Quality of HRS Wheat Grown in North Dakota. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 81-97p.
- [17] Janssen, A.M., Vereijken, J.M., Beintema, J.J., Witholt, B., Vliet, T.V., 1991. Rheological Studies on Gluten. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 180-186p.
- [18] Belderok, B., 1967. *Getreide Mehl Brot*, 17: 20-23.
- [19] Singh, N.K., Shepherd, K.W., Gupta, R.B., Moss, J., Macritchie, F., 1991. Proportion of Glutenin in the Flour Protein as a Measure of Dough Strength. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 129-144p.
- [20] Indrani, D., Rao, G.V., 2000. Effect of chemical composition of wheat flour and functional properties of dough on the quality of south Indian *Parotta*. *Food Research International* 33: 875-881.
- [21] Shewry, P.R., Tatham, A.S., Lazzeri, P., 1997. Biotechnology of wheat quality. *Journal Science Food Agriculture* (73): 397-406.
- [22] Gupta, R.B., Macritchie, F., Shepherd, K.W., Ellison, F., 1991. Relative Contribution of LMW and HMW Glutenin Subunits to Dough Strength and Dough Stickiness of Bread Wheat. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 71-80p.
- [23] Orth, R.A., Bushuk, W., 1972. A comparative study of the proteins of wheats of diverse baking qualities. *Cereal Chemistry* 49: 268-275.
- [24] Gupta, R.B., Batey, I.L., Macritchie, F., 1992. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. *Cereal Chemistry* 69(2): 125-131.
- [25] Schober, T.J., Kuhn, M., 2003. Capillary zone electrophoresis for gliadin separation: applications in a spelt breeding program. *European Food Research Technology* 217: 350-359.
- [26] 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.
- [27] Bloksma, A.H., 1975. Thiol and disulfide groups in dough rheology. *Cereal Chemistry* 52: 170-183.
- [28] Graveland, A., Bosveld, P., Marseille, J.P., 1978. Determination of thiol groups and disulfide bonds in wheat flour and dough. *Journal Science Food Agriculture* 29: 53-61.
- [29] Lásztity, R., 1996. The Chemistry of Cereal Proteins. CRC Press, U.S.A.
- [30] Preston, K.R., Stevenson, S.G., 2003. Size Exclusion Chromatography and Flow Field-Flow Fractionation of Wheat 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., 115-136p.
- [31] McDonald, C.E., Gilles, K.A., 1967. Amino acid composition of wheat as related to quality. *The Baker's Digest* 1(1): 45.
- [32] 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.
- [33] Wrigley, C.W., Bekes, F., 2001. Cereal-Grain Proteins. In *Chemical and Functional Properties of Food Proteins*, Edited by Z.E. Sikorski, CRC Press LLC, U.S.A., 373-406p.
- [34] Huebner, F.R., 1977. *Bakers Digest* 51 (5): 25.
- [35] Belitz, H.D., Kieffer, R., Seilmeier, W., Wieser, H., 1986. Structure and function of gluten proteins. *Cereal Chemistry* 63 (4): 336-341.
- [36] Eliasson, A.C., Lundh, G., 1989. Rheological and interfacial behavior of some wheat protein fractions. *Journal of Texture Studies* 20: 431-441.
- [37] Eliasson, A.C., Silverio, J., 1991. Interfacial Behaviour of Gluten Proteins After Heat Treatment. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 11-20p.
- [38] He, H., Hosney, R.C., 1991. Gluten, A Theory of How it Controls Bread Making Quality. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 1-10p.
- [39] Hamer, R.J., 2003. Fractionation Techniques. 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., 19-30p.
- [40] 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.
- [41] Toufeili, I., İsmail, B., Shadarevian, S., Baalbaki, R., Khatkar, B.S., Bell, A.E., Schofield, J.D., 1999. The role of gluten proteins in the baking of arabic bread. *Journal of Cereal Science* 30: 255-265.
- [42] Pezolet, M., Bonenfant, S., Dousseau, F., Popineau, Y., 1992. Conformation of wheat gluten proteins. *Federation of European Biochemical Societies* 299(3): 247-250.
- [43] Mimouni, B., Robin, J.M., Azanza, J.L., Raymond, J., 1998. Wheat flour proteins: isolation and functionality of gliadin and HMW-glutenin enriched fractions. *Journal Science Food Agriculture* 78: 423-428.
- [44] Karpati, E.M., Lásztity, R., Kuroczi, L.G., Czirak, L., 1991. Relationship between High Molecular Weight Subunits of Glutenin and Breadmaking Quality of Hungarian Wheats. In *Gluten Proteins 1990*, Edited by W. Bushuk and R. Tkachuk, American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., 245-252p.
- [45] Lookhart, G.L., Martin, M.L., Mosleth, E., Uhlen, A.K., Hosney, 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.
- [46] Gupta, R.B., Khan, K., Macritchie, F., 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *Journal of Cereal Science* 18: 23-41.
- [47] Weegels, P.L., Hamer, R.J., Schofield, J.D., 1996. Functional properties of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science* 23: 1-18.
- [48] Weegels, P.L., Pijpekamp, A.M.V., Graveland, A., Hamer, R.J., Schofield, J.D., 1996. Depolymerisation and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. I. relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters. *Journal of Cereal Science* 23: 103-111.
- [49] Fido, R.J., Bekes, F., Gras, P.W., Tatham, A.S., 1997. Effects of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\omega$ -gliadins on the dough mixing properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science* 26: 271-277.
- [50] Demir, Z., Atlı, A., Baran, I., 1998. Glutenin subunit composition of some old and new wheat varieties in winter wheat growing regions of Turkey. *9<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium*, August 2-7, 1998, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, Poster Presentation. (<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/9IWGS/glutenin.html>)
- [51] Lindsay, M.P., Skerritt, J.H., 1999. The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: structure-function perspectives. *Trends in Food Science and Technology* 10: 247-253.
- [52] Pepe, O., Villani, F., Oliviero, D., Greco, T., Coppola, S., 2003. Effect of proteolytic starter cultures as leavening agents of pizza dough. *International Journal of Food Microbiology* 84: 319-326.
- [53] Ünal, S.S., Olçay, M., Özer, Ç., 1996. Bazı ekmeçlik buğday çeşitlerinin kalite niteliklerinin belirlenmesi. *Gıda Dergisi* 21(6): 451-456.