



Derleme
(Review)

Gluten Oluşumu ve Bunu Sınırlayan-Engelleyen Etmenler

Halef DİZLEK

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Osmaniye/TÜRKİYE
hdizlek@osmaniye.edu.tr

Özet

Buğday unu; nicelik ve nitelik bakımından unlu mamullerin üretimindeki en önemli öğedir. Unun içerdiği protein niceliği ve niteliği un kalitesi üzerine etki eden etmenlerin en önemlileridir. Proteinler içerisinde ise gluten proteinleri (glutenin ve gliadin) özel ve çok önemli bir yere sahiptir. Glutenin ve gliadin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek, hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen ve hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturan elastik ve plastik yapıdaki özü (gluteni) meydana getirirler. Gluten hamurun iskeletini oluşturur. Üstün niteliklere sahip bir unlu mamul üretiminin gerçekleştirilebilmesi, ancak hamurda gluten oluşum mekanizmasının ve bunun buğdayda, hamurda oluşumunu sınırlayan, engelleyen etmenlerin iyi bilinmesi ve bu olumsuz etmenlere karşı alınacak tedbirler ile mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Gluten, buğday, hamur, oluşma, sınırlama, engelleme

The Formation of Gluten and Its Limiting-Preventing Factors

Abstract

Wheat flour is one of the most important component in making flour products for quality and quantity. Protein quality and quantity are unique importance in determining the functional properties of wheat flour. Among wheat proteins, gluten proteins (glutenin and gliadin) have specific and very important position. During the dough kneading, glutenin and gliadin proteins to be hydrated and associated with various chemical bonds to produce gluten. Gluten which forms bone of dough and effects dough characteristics greatly, has an elastic and plastic structure and forms semi continuous phase in dough. It is possible to produce a superior bakery product only through knowing the mechanism of formation of gluten on the dough and with a good knowledge of the factors that limit, prevent gluten formation on the wheat and dough, and taking precautions against these negative factors.

Key Words: Gluten, wheat, dough, formation, limitation, prevention

1. GİRİŞ

Buğday, başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılan başlıca hammadde olması ve diğer tahıl unlarından farklı olarak gluten (öz) yapısını oluşturması nedeniyle tahıllar içerisinde ayrı bir öneme sahiptir [1].

Bu makaleye atf yapmak için

Dizlek, H., "Gluten Oluşumu ve Bunu Sınırlayan-Engelleyen Etmenler" *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2011, 6(3) 14-22

How to cite this article

Dizlek, H., "The Formation of Gluten and Its Limiting-Preventing Factors" *Electronic Journal of Food Technologies*, 2011, 6(3) 14-22

Glutenin ve gliadin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek, hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen elastik ve plastik yapıdaki özü meydana getirirler. Öz hamurun iskeletini oluşturur, yoğurma sırasında hamura katılan havayı ve mayalar tarafından oluşturulan karbondioksit (CO₂) gazını hamur içerisinde tutarak ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar [2; 3].

Buğday ununda bulunan ve çözünmez proteinler olarak adlandırılan glutenin ve gliadine uygun miktarlarda su katılması, uygun pH (5.3-6.6) ve mekanik enerji uygulanması ile oluşturulan yaş öz, elastik ve plastik özelliklere sahip kompleks bir yapıdır [4]. 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 özün bileşimi içinde yer alır [5].

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 [6]. Gluten, unun su tutma kapasitesini artırır ve yaklaşık 85 °C'ye ısıtıldığında su vererek (dehidrate olarak) yapısı sabitleşir [7]. Yoğrulan ekmeğ hamurunda çözünmeyen fakat yüksek oranda su emen (hidrate olan) gluten, nişasta tanecikleri ve hava kabarcıkları gibi dağılan fazın diğer öğelerini çevreleyerek hamur içerisinde yarı sürekli faz oluşturur [8].

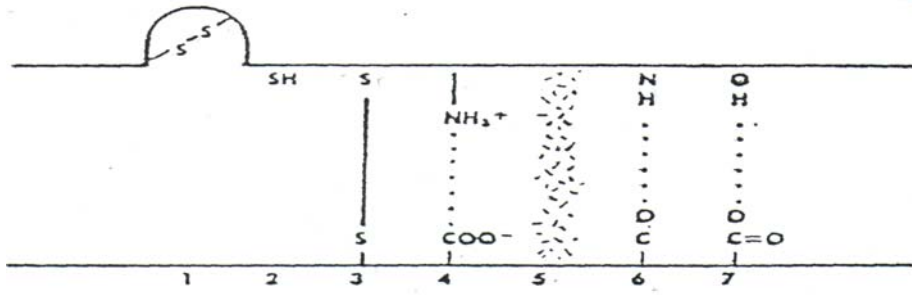
Tahıla dayalı endüstride farklı niteliklere ve özelliklere sahip mamul ürün üretiminde yer alan aşamalardan biri ve ilki hamur yapımıdır. Hamurun yoğrulma aşamasında meydana gelen gluten ağ yapısının nasıl oluştuğu ve bunun oluşumunu sınırlayan, engelleyen etmenlerin iyi bilinmesi durumunda son ürün kalitesine doğrudan etki eden temel bir etmen (gluten miktarı ve kalitesi) ve bu etmenin etkilediği diğer bazı hususlar açığa kavuşturulmuş olacaktır. Çünkü gluten, ara ürün olan hamurun sahip olduğu temel karakteristiklerin (uzama, elastikiyet, direnç, şekil, kıvam) yanı sıra mamul ürünün niteliklerini (hacim, gözenek yapısı, yumuşaklık, tekstür vs.) de doğrudan etkileyen ve unlu mamullerin kalitesini tayin eden temel öğedir.

Literatür taramasına dayanan bu çalışmada, hamurda gluten oluşum mekanizması ile gluten'in buğdayda ve hamurda oluşumunu sınırlayan-engelleyen etmenler üzerinde durulmuştur.

2. GLUTEN OLUŞUMU

Buğday ununda toplam 18 farklı amino asit bulunmasına karşılık, toplam proteinlerin 2/3'ü glutamin, prolin, sistein ve sistinden oluşmaktadır ve bu amino asitlere işlevsel özelliklerinden dolayı ayrı bir önem atfedilmektedir. Glutamin amino asidi hidrojen bağlarının kaynağı olan ikinci bir aktif amin (NH₂) grubu içerir. Prolin amino asidi protein kıvrımlarında yapısal olarak görev alır [3] ve pentozanlarla proteinler arasında köprü işlevi üstlenir [9]. Sistin amino asidi ise reaktif sülfidril (SH) grubu içeren iki sistein molekülünün bir disülfid (S-S) bağıyla birleşmesi sonucu oluşur ve glutendeki amino asitlerin yaklaşık %2.1'ini oluşturur. Sistini oluşturan sistein amino asitleri glutenin ve gliadin proteinlerinin her ikisinde de bulunmaktadır [3;10].

Hamur oluşumunda rol oynayan başlıca bağlar protein moleküllerinin ve gluten kompleksinin oluşumunda yer alan kovalent (S-S), iyon, hidrojen ve Van der Waals bağlarıdır [Şekil 1 ve Çizelge 1; 2].



Şekil 1. Peptid Zincirleri İçinde ve Arasında Yer Alan Bağlar (Düz çizgiler kovalent bağları, kesintili çizgiler ise kovalent olmayan bağları göstermektedir [3])

1. Molekül içi disülfit bağı
2. Serbest sülfidril grubu
3. Moleküller arası disülfit bağı
4. İyonik bağ
5. Van der Waals bağı
6. Peptid zincirleri arasındaki hidrojen bağı
7. Yan zincirler arasındaki hidrojen bağı

Çizelge 1. Hamur Proteinlerindeki Başlıca Kimyasal Bağlar [2; 11].

Bağın Tipi	Mekanizma	Enerji (kcal/mol)
Kovalent	2 atomun ortak bir elektron çiftiyle bağlanması	30 – 100
İyon	Zıt yüklü iyonlar arasındaki elektriksel çekim	10 – 100
Hidrojen	Hidrojen atomunun kuvvetli elektronegatif atomlara (örneğin oksijen ve azot) duyduğu ilgi	2 – 5
Van der Waals	Polar olmayan ve en az ardışık 4 C atomu içeren gruplar arasındaki karşılıklı etkileşim	0.5 kadar

Gluten proteinlerinin neden birbirleriyle etkileşime girerek kuvvetli hamur oluşturdukları halen tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Fakat bazı etmenlerin glutenin hamur oluşturma yeteneği ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Amino asit kompozisyonları incelendiğinde (Çizelge 2), gluten proteinlerinin çok yüksek düzeyde glutamik asit (toplam proteinin yaklaşık %35'i) içerdikleri belirlenmiştir [3; 12]. Glutamik asit, proteinlerde serbest asitten daha çok amid olarak (glutamin) bulunur. Gluten proteinlerinin bazik amino asit (özellikle lizin) içerikleri çok azdır. Bu nedenle, gluten proteinlerinin düşük düzeyde pozitif yük gücüne, bunun sonucunda düşük yük yoğunluğuna sahip oldukları bildirilmektedir [2; 3]. Yük yoğunluklarının azlığı, proteinlerin itme kuvvetlerinin az olduğunu ve böylece protein zincirlerinin birbirleriyle çok kolay bir biçimde etkileşime girdiğini gösterir. Ekmek üretiminde hamur yapısının oluşması için protein zincirlerinin birbirleriyle etkileşime girmesi ve bu etkileşimin rahat bir biçimde gerçekleşmesi gerekir [12].

Hamurun yoğrulmasındaki temel amaçlardan biri; yoğurma ortamındaki moleküller arası mesafeyi azaltmak ve farklı yüzeylerin birbirlerine yaklaşmasını sağlamaktır. Böylece, öz proteinlerinde bulunan aktif grupların fiziksel etki yardımıyla belirli doğrultular üzerinde yönlendirilerek birbirlerine yaklaştırılmaları sağlanacak ve bu gruplar arasında S-S, iyon, hidrojen ve Van der Waals bağları oluşturularak gluten ağı meydana gelecektir. Hamur yoğurmanın gelişme aşamasında, büyük moleküllü maddeler bir yandan mekanik kuvvetle, polimer yapıları bozulmadan aynı doğrultuda dizilmek suretiyle uzatılırken diğer yandan kimyasal kuvvetlerin (Çizelge 1) etkisiyle geri çekilerek orijinal yapılarına dönmeye çalışırlar [13; 14; 15; 16]. Yoğurma sırasında, gliadinin açılıp uzatılması ve geri çekilmesi ile

yüzeyi büyür ve tesadüfi olarak çeşitli gruplarla yeni ilişkiler kurma ihtimali artırılarak hamurun öz yapısı sağlanmaktadır [16].

Çizelge 2. Buğdaydaki Protein Fraksiyonlarının Amino Asit Kompozisyonları (%) [3; 12].

Amino Asidin Adı	Gluten	Gliadin	Glutenin	Albumin	Globulin
Glutamin	35.8	38.0	36.2	19.5	11.6
Prolin	12.6	13.9	12.5	10.0	2.2
Lösin ⁽¹⁾	6.5	6.7	5.9	6.7	7.4
Fenilalanin ⁽¹⁾	4.8	6.3	4.3	3.8	3.5
Serin	4.7	3.7	4.6	4.6	6.7
Valin ⁽¹⁾	3.8	3.4	3.3	5.7	4.6
Tirozin	3.8	2.9	4.1	3.9	3.2
İzolösin ⁽¹⁾	3.8	3.8	2.9	3.6	3.9
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 ⁽¹⁾	2.3	1.9	2.6	2.4	2.0
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 ⁽¹⁾	1.8	1.5	1.1	1.8	1.1
Lisin ⁽¹⁾	1.1	0.7	1.2	3.9	3.0
Triptofan ⁽¹⁾	1.0	0.8	1.7	2.8	1.2
Amonyak ⁽²⁾	5.6	5.7	5.0	3.8	1.2
Toplam	101.5	100.9	99.7	98.0	86.3

⁽¹⁾ Temel amino asitler.

⁽²⁾ Amino asit analizinde arta kalan diğer azotlu maddeler.

Gluten kompleksinin oluşmasında görev alan başlıca 2 protein grubunun (glutenin ve gliadin) yanı sıra diğer bazı un (lipidler ve pentozanlar) ve hamur bileşenlerinin (su) de gluten oluşumunda önemli rolleri vardır [17]. Undan sonra ekmek hamurunun başlıca bileşeni olan ve hamurdaki sürekli fazı oluşturan su, hamur içerisinde yarı sürekli faz oluşturan gluten proteinleriyle devamlı etkileşim halindedir. Hamurun viskoelastik özelliğe sahip olmasında suyun gluten proteinleriyle girdiği etkileşimlerin önemi büyüktür [18].

Pentozanlar ve glikolipidler (birleşik lipidler) hamurun başlıca bileşenleri olan karbonhidratlar, proteinler ve lipidler arasında köprü görevi yaparlar [2; 19]. Böylece, öz yapısının kuvvetlenmesine ve bunun gaz tutma kapasitesinin artmasına neden olurlar.

Özetlenecek olursa, ekmek hamurunun oluşumunda pH 5.3-6.6 arasında gluteni oluşturan gliadinin pozitif (+), gluteninin ise negatif (-) elektrik yüklü olduğu [4], bu nedenle gluten oluşumunda bu iki protein molekülü arasındaki S-S ve zıt yüklü iyonlar arasındaki karşılıklı etkileşimi sağlayan iyon bağı çekimlerinin etkin oldukları, ayrıca hidrojen ve Van der Waals bağlarının çekimlerinin de etkili oldukları anlaşılmıştır [2; 15; 17]. Hamurun yoğrulması sırasında gliadin moleküllerinin glutenin molekülleri arasına girdiği ve gluten yapısının oluştuğu bildirilmektedir [20].

3. GLUTEN OLUŞUMUNU SINIRLAYAN VE ENGELLEYEN ETMENLER

Buğdayda gluten üzerine olumsuz etki yaparak teőekkölünü engelleyen etmenler süne ve kımıl tarla zararlılarıdır. Bunlar süt olum döneminde hasara uğrattıkları tanenin protein oranına az miktarda zarar vermelerine karşın, salgılarında bulunan proteolitik aktivite nedeniyle buğday kalitesini önemli düzeyde olumsuz etkilerler [21]. Bu zararlılar tarafından emgili olan taneler öğütüldüğünde, sünenin ve kımılın salgıladığı enzimler (özellikle proteaz ve az miktarda amilaz) una karışır ve unda su aktivitesinin düşük olması sonucu herhangi bir olumsuz etkileri görülmez. Enzim(ler)in aktif hale geçerek faaliyet gösterebilmesi için ortamın nem ve sıcaklığının uygun olması ve belirli bir sürenin geçmesi gerekir. Yani ancak bu un su ile yoğrulup hamur haline getirildiğinde, yeterli nem ve sıcaklık bulunan ortamda proteaz aktivite göstererek gluten proteinlerini parçalamaktadır. Gluten proteinlerinin parçalanması (hidrolize olması) sonucu hamur; yumuşamakta, yoğurma ve şekil verme sırasında elastikiyeti azalmakta ve yayılmaktadır. Ayrıca hamurun elde ve makinede işlenmesi güçleşmekte ve fermantasyonda gaz tutma kapasitesi düşerek ekmeğin kabarması engellenmektedir [22; 23; 24; 25; 26; 27; 28].

Süne ve kımıl tarafından buğdaya salgılanan ve buğdayın teknolojik kalitesini olumsuz etkileyen proteazlar haricinde buğdayda doğal olarak bulunan proteazlar da vardır. Bunlar tanede çok düşük miktarda bulunurlar ve normal koşullarda buğdayın ekmeklik kalitesi üzerine herhangi bir olumsuz etkide bulunmazlar. Ancak, tanenin - havanın yağışlı olmasından dolayı - çimlenmesi sırasında bu doğal proteazların miktarı artar (hareketsiz [dormant] halden aktif konuma geçerler) ve sorunlara neden olabilirler [29]. Bu durumda unda doğal olarak bulunan proteazlar, süne ve kımıl zararlılarının salgıladığı gibi, proteolitik aktivite ile proteinleri parçalayarak hamur yapımında gluten teőekkölünü engellerler. Böylece hamurun gaz tutma kapasitesini azaltırlar ve ekmeğin düşük hacimli olmasına yol açarlar [30]. Özellikle kepekli ekmek yapımında kullanılan kepek düzeyine bağlı olarak ya da ekmek hamuru formülünde proteolitik starter kullanımı sonucunda artan proteolitik aktivite nedeniyle gluten; seyrelir, miktar olarak azalır ve yumuşar. Bunların doğal sonucu olarak hamurun viskoelastik niteliği proteolitik aktiviteden etkilenir ve elastikiyeti kaybolur, hamur daha yumuşak bir yapı kazanır ve hamurun CO₂ gazı tutma kapasitesi azalır [31].

Ekmek yapımında, hamur formülüne bileşiminin yaklaşık %25'i pentozan olan kepek ilave edilmesiyle: hamurdaki gluten proteinleri oransal olarak seyrelir. Kepek parçacıklarının boyutlarına ve miktarına bağlı olarak gluten ağının oluşumu sınırlanır ve/ya da engellenir. Bunlara bağlı olarak hamurun viskozitesi değişir; katılığı ile durağanlığı artar, elastikiyeti azalır; hamurun ve ekmeğin nitelikleri geriler [10; 32]. Gluten moleküllerinden daha büyük boyutlu olan kepek parçacıkları, hamurun yoğrulması sırasında, tesadüfi olarak gluten moleküllerinin aralarına girerek moleküller arasındaki mesafeleri arttırırlar. Gluten proteinleri, öz yapısının oluşması ve gelişmesi için yapmaları gereken çeşitli kimyasal bağları, moleküller arasındaki mesafelerin çekim kuvvetine engel olabilecek bir uzaklığa erişmesi durumunda yapamazlar ve gluten ağı yeterince gelişemez. Ayrıca hamurun gelişme aşamasında, hidrate olmuş gluten proteinlerinin elastikiyetleri ve uzamaya karşı dirençleri iri kepek parçacıklarından dolayı azaldığı için yeterince uzatılmayıp kolaylıkla koparlar. Bunun sonucunda diğer gruplarla etkileşime girip yeni bağlar oluşturma ihtimalleri azalır [10].

Kepeğin başlıca bileşenlerinden olan ve kendi ağırlıklarının 8-10 katı kadar su absorbe edebilen pentozanlar, hamurdaki suyu absorbe etmek için nişasta ve gluten proteinleriyle (sırasıyla ağırlıklarının 1/3 ve 2.8 katı kadar su absorbe edebilirler) yarış yaparak [33] gluten kompleksinin yeterince hidrate olmasını engeller, böylece hamurda öz yapısı tam teőekköl edemez [34; 35; 36]. Çünkü gluten ancak tamamen hidrate olduğu zaman kendine özgü özellikler (elastik ve plastik) kazanır, bu sayede hamurun düzenli bir şekilde kabarmasını ve gaz tutma yeteneğinin artmasını sağlar [12].

Ekmekçilikte katkı maddesi kullanılmasının başlıca amaçlarından biri: öz niteliklerini iyileştirmek, bu suretle öze ve hamura kuvvetli ve stabil bir yapı kazandırmaktır. Bu amaçla kullanılan başlıca katkı

maddeleri oksidan maddeler, oksidatif enzimler, yüzey aktif maddeler ve vital glutendir [37]. Ancak söz konusu katkı maddelerinin, ekmek yapımında kullanılan unun kuvvetine ve üretim yöntemlerine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, belirli bir düzeye kadar kullanılmaları ekmek niteliklerini olumlu yönde etkilerken gereğinden fazla kullanılmaları özün aşırı kuvvetlenmesine neden olur [38]. Bu durum; hamurdaki gluten teşekkülünün (viskoelastik yapının bozulması, gaz tutma kapasitesinin azalması) ve dolayısıyla da ekmek niteliklerinin (hacmin ve yumuşaklığın azalması, gözenek yapısının bozulması) gerilemesine yol açar. Bunun için katkı maddelerinin unlu mamullerin üretiminde uygun düzeylerde kullanılması gerekir.

Gluten oluşumunu sınırlayan ve engelleyen etmenlerden bazıları unlu mamul üretiminde yer alan işlem basamaklarından da (yoğurma, fermantasyon, pişirme) kaynaklanabilir. Örneğin, hamurun pişirme aşamasından önce pratik olarak 43 °C ve üzerindeki bir ısıl işleme tabi tutulması, proteinlerin (gluten) doğal yapılarının bozulmasına (denatüre olmasına) yol açar ve dolayısıyla hamurdaki gluten teşekkülü bu durumdan zarar görür (Isıl işlemin normlarına bağlı olarak gluten oluşumu kısmen sınırlanır ya da tamamen engellenir).

Ekmek hamurunun az yoğrulması durumunda gluten ağı yeterince gelişemez. Fazla ve şiddetli yoğrulan hamurlarda ise glutendeki bazı S-S bağları parçalanarak SH kökleri formuna dönüşür, gluten proteinleri kısmi depolimerizasyona uğrayarak çözünürlükleri artar ve gluten ağı zayıflar [6; 12; 39; 40].

Yetersiz fermantasyon gluten ağının tam gelişmemesine, aşırı fermantasyon ise gluten ağının zayıflamasına yol açar ve her iki durumda da hamurun gaz tutma kapasitesi azalır [41].

4. SONUÇ

Gluten; başlıca bileşenleri glutenin ve gliadin olan 2 ayrı protein ile nişasta, diğer proteinler, lipidler ve şekerlerden oluşan kompleks bir yapıdır [6; 42]. Ekmek hamurunun oluşumunda pH 5.3-6.6 arasında gluteni oluşturan gliadinin pozitif (+), gluteninin ise negatif (-) elektrik yüklü olduğu belirlenmiştir. Buğdayda gluten oluşumuna hasar veren etmenlerin başında süne ve kımıl zararlıları gelir. Bunun yanı sıra buğdayda doğal olarak bulunan proteaz miktarının yüksek olması da gluten teşekkülünü olumsuz etkiler. Unlu mamullerin üretiminde kepek kullanılması, unun ve hamurun niteliklerini - bilhassa öz yapısını - geliştirmek amacıyla gereğinden fazla katkı maddesi (özellikle oksidan madde ve/ya da oksidatif enzim) kullanılması ve üretim basamaklarında yapılabilecek yanlış uygulamalar (az/fazla yoğurma, az/fazla fermantasyon) hamurda gluten oluşumunu sınırlayan ve engelleyen başlıca etmenlerdir.

Buğdayda ve muhtelif unlu mamullerin üretiminde gluten oluşumunu/gelişimini sınırlayan, engelleyen etmenlere karşı önlem alınması, gerek hammadde (buğday) gerekse mamul ürün (ekmek) kalitesi açısından hayati öneme sahiptir. Nitekim yukarıda da belirtildiği üzere gluten, buğdayın ve çoğu unlu mamulün kalite özelliklerini tayin eden en temel bileşendir. Bu yüzden, bu konuya gereken önem verilmeli ve özellikle hammadde üretiminde gluten oluşumunu sekteye uğratarak ciddi boyutlarda sorunlara/ekonomik kayıplara yol açan süne ve kımıl gibi hububat zararlılarına karşı çözüm bulunmalıdır. Ayrıca, unlu mamul üretiminde; kullanılan katkı maddelerinin cinsi ve miktarı ile izlenen işlem basamaklarına özen gösterilerek hamurdaki gluten ağ yapısı korunmalı/geliştirilmelidir. Bu suretle, unlu mamul üretiminde ortaya konulan tüm müspet çabalar (üretim girdileri, zaman, işgücü, emek, enerji sarfi vs.) heba edilmemelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Dizlek, H., Özer, M. S., Altan, A. ve Gül, H., 2006, Buğdaydaki Gluten Proteinlerinin Birbirleriyle Etkileşimleri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı, s:280-286. 7-8 Eylül 2006, Gaziantep.
2. Pomeranz, Y., 1987, Modern Cereal Science and Technology, VCH Publishers, Inc., Washington, U.S.A.
3. Pyler, E. J., 1988, Baking Science and Technology, Sosland Publishing Company, U.S.A.
4. Altan, A., 1986, Tahıl İşleme Teknolojisi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, TÜRKİYE.
5. Vakar, A. B., 1961, Wheat Gluten, Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, Moscow.
6. Kent, N. L., 1982, Technology of Cereals, Pergamon Press, U.S.A.
7. Bushuk, W. and Wadhawan, C., 1989, Wheat Gluten is Good Not Only for Breadmaking, In Wheat is Unique, (Y. Pomeranz (Ed.)), p.263, AACC, St. Paul, Minnesota.
8. Doğan, İ. S., 2002, Hamurda Gaz Tutulmasını Kontrol Eden Faktörler, Türkiye 7. Gıda Kongresi, s:701-708. 22-24 Mayıs 2002, Ankara.
9. Meuser, F. and Suckow, P., 1986, Non Starch Polysaccharides, In Chemistry and Physics of Baking, (J. M. V. Blanshard, P. J. Frazier and T. Galliard (Ed.)), pp:42-61, The Royal Society of Chemistry, England.
10. Özer, M. S., 1998, Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 152 s.
11. Altan, A., 2004, Tahıl İşleme Teknolojisi (Yayınlanmamış Ders Notları), Adana, TÜRKİYE.
12. Hosney, R. C., 1994, Principles of Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
13. Schofield, J. D., 1986, Flour Proteins: Structure and Functionality in Baked Products, In Chemistry and Physics of Baking, (J. M. V. Blanshard, P. J. Frazier and T. Galliard (Ed.)), pp:14-29, The Royal Society of Chemistry, England.
14. Shewry, P. R., Tatham, A. S. and Lazzeri, P., 1997, Biotechnology of Wheat Quality, Journal Science Food Agriculture, 1997(73):397-406.
15. Gianibelli, M. C., Larroque, O. R., Macritchie, F. and Wrigley, C. W., 2001, Biochemical, Genetic, and Molecular Characterization of Wheat Endosperm Proteins, Cereal Chemistry, 78(6):635-646.
16. Tronsmo, K. M., Faergestad, E. M., Longva, A., Schofield, J. D. and 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(2002):201-214.

17. Örnebro, J., Nylander, T. and Eliasson, A. C., 2000, Interfacial Behaviour of Wheat Proteins, *Journal of Cereal Science*, 31(2000):195-221.
18. Schober, T. J., Clarke, C. I. and 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.
19. Patil, S. K., Tsen, C. C. and Lineback, D. R., 1975, Water-Soluble Pentosans of Wheat Flour. II. Characterization of Pentosans and Glycoproteins from Wheat Flour and Dough Mixed Under Various Conditions, *Cereal Chemistry*, 52:57-69.
20. Örnebro, J., Nylander, T., Eliasson, A. C., Shewry, P. R., Tatham, A. S. and Gilbert, S. M., 2001, Adsorption of the High Molecular Weight Glutenin Subunit 1Dx5 Compared to the 58-kDa Central Repetitive Domain and α -Gliadins, *Journal of Cereal Science*, 34(2001):141-150.
21. Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H. G., 2002, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Erzurum, TÜRKİYE.
22. Kretovich, V. L., 1944, Biochemistry of the Damage to Grain by the Wheat-Bug, *Cereal Chemistry*, 21(1):1-16.
23. Lorenz, K. and Meredith, P., 1988a, Insect Damaged Wheat: History of the Problem, Effects on Baking Quality, Remedies, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 21(4):181-187.
24. Lorenz, K. and Meredith, P., 1988b, Insect Damaged Wheat: Effects on Starch Characteristics, *Starch/Staerke*, 40(4):136-139.
25. Dıraman, H., 1996, Süne Hasarlı Buğday Probleminin Tarihi-Coğrafi Dağılışı ve Önemi, *Gıda Sanayii*, 46:31-32.
26. Boyacıoğlu, M. H., 1998, Böcek Zararı Görmüş Buğdaylar: Problemin Tarihçesi, Etki Alanı, Etki Mekanizması ve Zararın Tahminlenmesinde Kullanılan Yöntemler, *Un Mamülleri Dünyası*, 7(1):34-39, 42-47.
27. Karababa, E. ve Ozan, A. N., 1998, Effect of Wheat Bug (*Eurygaster Integriceps*) Damage on Quality of a Wheat Variety Grown in Turkey, *Journal Science Food Agriculture*, 77:399-403.
28. Aja, S., Perez, G. and Rosell, C. M., 2004, Wheat Damage by *Aelia spp.* and *Erygaster spp.*: Effects on Gluten and Water-Soluble Compounds Released by Gluten Hydrolysis, *Journal of Cereal Science*, 39(2004):187-193.
29. Sivri, D., 1998, Süne (*Eurygaster spp.*) Proteolitik Enzimlerinin İzolasyonu, Karakterizasyonu, Saflaştırılması ve Gluten Proteinleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 101 s.
30. Göçmen, D., 1993, Un ve Katkı Maddelerinin Ekmek Kalite ve Bayatlamasına Etkileri, *Gıda Dergisi*, 18(5):325-331.
31. Pepe, O., Villani, F., Oliviero, D., Greco, T. and Coppola, S., 2003, Effect of Proteolytic Starter Cultures as Leavening Agents of Pizza Dough, *International Journal of Food Microbiology*, 84(2003):319-326.

32. Sievert, D., Pomeranz, Y. and Abdelrahman, A., 1990, Functional Properties of Soy Polysaccharides and Wheat Bran in Soft Wheat Products, *Cereal Chemistry*, 67(1):10-13.
33. Lai, C. S., 1986, Effect of Wheat Bran, Short and Germ on Bread Making, Kansas State University, PhD Thesis, U.S.A.
34. Lai, C. S., Hosoney, R. C. and Davis, A. B., 1989a, Effects of Wheat Bran in Bread Making, *Cereal Chemistry*, 66(3):217-219.
35. Lai, C. S., Hosoney, R. C. and Davis, A. B., 1989b, Functional Effects of Shorts in Bread Making, *Cereal Chemistry*, 66(3):220-223.
36. He, H. and Hosoney, R. C., 1991, Gas Retention of Different Cereal Flours, *Cereal Chemistry*, 68:334-336.
37. Dizlek, H., 2005, Buğdaydaki Gluten Proteinleri ve Ekmekçilikteki İşlevleri, Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Seminer Notları, Adana, TÜRKİYE.
38. Wikström, K. and Eliasson, A. C., 1998, Effects of Enzymes and Oxidizing Agents on Shear Stress Relaxation of Wheat Flour Dough: Addition of Protease, Glucose Oxidase, Ascorbic Acid, and Potassium Bromate, *Cereal Chemistry*, 75(3):331-337.
39. Danno, G. and Hosoney, R. C., 1982, Effects of Dough Mixing and Rheologically Active Compounds on Relative Viscosity of Wheat Proteins, *Cereal Chemistry*, 59(3):196-198.
40. Potter, N. N. and Hotchkiss, J. H., 1996, Food Science, Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company, U.S.A.
41. Lásztity, R., 1996, The Chemistry of Cereal Proteins, CRC Press, U.S.A.
42. Mosleth, E. and 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*, (W. Bushuk and R. Tkachuk (Ed.)), pp:112-128, American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.