

**EKMEK ÜRETİMİNDE KİMYASAL OKSİDANLAR YERİNE
ENZİM SİSTEMLERİNİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

**A STUDY ON THE UTILIZATION OF ENZYME SYSTEMS
INSTEAD OF CHEMICAL OXIDANTS IN BREAD
PRODUCTION**

ERTAN KAYA

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

GIDA Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2007

EKMEK ÜRETİMİNDE KİMYASAL OKSİDANLAR YERİNE ENZİM SİSTEMLERİNİN KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Ertan Kaya

ÖZ

Ekmek katkı maddeleri arasında önemli bir yer tutan oksidanlar, gluten proteinindeki sülfidril gruplarını okside ederek daha kuvvetli bir yapı oluşturmaktadır. L-askorbik asit dışındaki oksidanların kullanımı, insan sağlığı üzerindeki muhtemel olumsuz etkileri nedeniyle birçok ülkede yasaklanmıştır. Bu nedenle kimyasal oksidanlar yerine aynı etkiyi gösteren enzim sistemlerinin kullanımı artmaktadır.

Araştırmada, ekmeklik kalitesi zayıf ve kuvvetli olan iki adet un numunesi alınmış ve bunların bazı kimyasal, fizikokimyasal, reolojik ve ekmek özellikleri belirlenmiştir. Hamur formülasyonlarına L-askorbik asit ve oksidatif enzimler (glukoz oksidaz, lipoksijenaz) ayrı ayrı ilave edilerek aynı analizler yapılmış ve bu maddeler hamur reolojisi ve ekmek özellikleri bakımından kıyaslanmıştır. Ayrıca pentozanaz, lipaz ve fungal α -amilaz'dan oluşan sabit bir katkı kombinasyonuna sırasıyla L-askorbik asit ve oksidatif enzimler, optimum kullanım miktarlarında ilave edilmiş, bunlara ait Chopin Alveogram ve ekmek denemeleri yapılmış ve böylece oksidanların diğer ekmek katkı maddeleriyle kombine kullanımında görülebilecek faydalar araştırılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Oksidatif enzimlerden glukoz oksidaz enziminin hem hamur reolojisi hem de ekmeklik kalite kriterleri bakımından L-askorbik asitle kıyaslandığında bazı dozlarda daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Glukoz oksidaz enzimi hamur direnci ve ekmeklik enerjisini artırırken, hamur uzama değerini L-askorbik asite göre daha az düşürmüştür. Bu durum ise hamurun işlenebilirliğini kolaylaştırıp daha iyi ekmek hacmi sağlamaktadır. Tüm araştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, katkı formülasyonlarında L-askorbik asit yerine glukoz oksidaz enzimi kullanılarak reolojik ve ekmeklik kalite özellikleri bakımından iyi sonuçlar elde edilebileceği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal Oksidanlar, oksidatif enzimler, ekmek katkı maddeleri.

Danışman: Prof. Dr. Hamit Köksel, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.

A STUDY ON THE UTILIZATION OF ENZYME SYSTEMS INSTEAD OF CHEMICAL OXIDANTS IN BREAD PRODUCTION

Ertan Kaya

ABSTRACT

Oxidants are one of the important bread improvers that cause stronger structure in gluten proteins by oxidation of sulphhydryl groups. The use of oxidants except L-ascorbic acid is prohibited in various countries because of their potential risk on human health. Therefore, utilization of enzyme systems instead of chemical oxidants has been increasing.

In this research, two types of flours that possess strong and weak physical dough properties were used and their chemical, physicochemical, rheological and bread making qualities were determined. L-ascorbic acid and the oxidative enzymes (glucose oxidase, lipoksisijenase) were added to the dough formulations, separately, and the same analyses were done to compare them in terms of rheological properties and baking quality. Furthermore, optimum dosages of L-ascorbic acid and the oxidative enzymes were added to a fixed combination of additives (including pentosanase, lipase and α -amylase) and then Chopin Alveogram and bread making trials have been performed to find out the benefits when they were used together with the other bread improvers. Then, results were compared and evaluated. Among the enzymes, glucose oxidase resulted in better results in some dose levels as compared to L-ascorbic acid in terms of rheological properties and bread properties. It has been observed that glucose oxidase resulted in an increase in dough resistance and baking strength. It caused a decrease in extensibility which was less than the one caused by L-ascorbic acid. This is expected to give better machinability and loaf volume. As a result, it can be concluded that, the enzyme glucose oxidase could be used in bread additive formulas instead of L-ascorbic acid to get good results in terms of dough rheology and bread properties.

Keywords: chemical oxidants, oxidative enzymes, bread improvers,

Advisor: Prof. Dr. Hamit Köksel, Hacettepe University, Department of Food Engineering.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın sonuçlandırılması sürecinde, engin hoşgörüsü ve sabrıyla ilgisini ve desteğini esirgemeyen, değerli görüş ve katkılarıyla sorunların çözümünde bana yardımcı olan , beraber çalışma fırsatına sahip olmaktan dolayı onur duyduğum tez hocam Sayın Prof. Dr. Hamit Köksel' e,

Tez çalışmalarım sırasında çekinmeden yardımlarını istediğim Araş. Gör. Kevser Ak, Araş. Gör. Seda Yalçın ve Araş. Gör. Serpil Öztürk' e,

Ekmek denemelerini yapma olanağı sağlayan Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Teknoloji Bölüm Başkanı Sayın Turgay Şanal ve tüm laboratuvar personeline,

Tez öncesi, yakın ilgilerini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Süeda Çelik'e, değerli arkadaşım Dr. Ali Topçu' ya ve Dr. Arzu Başman' a ,

Her zaman yanımda olan, her zaman yanlarında olacağım Anne ve Babama,

Hoşgörüsü ve anlayışından dolayı sevgili eşim Bengü' ye ve tezimin, bitmemesi için engellerini esirgemeyen hayat gayem, biricik kızım Zeynep'e,

Tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Ertan KAYA

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTARCT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Ekmek	4
2.2. Un	4
2.2.1. Proteinler	5
2.2.2. Karbonhidratlar	5
2.2.3. Lipidler	6
2.2.4. Enzimler	6
2.2.5. Su	6
2.2.6. Maya	7
2.2.7. Tuz	7
2.3. Katkı Maddeleri	8
2.3.1. Yüzey Aktif Maddeler	8
2.3.2. Enzim Preperatları	10
2.3.2.1. Amilazlar.....	11
2.3.2.2. Hemüselülazlar (pentozanazlar).....	14
2.3.3. Oksidan Maddeler.....	16
2.3.3.1. Potasyum Bromat.....	18
2.3.3.2. Benzoil Peroksit.....	19
2.3.3.3. Askorbik asit.....	19
2.3.4. Oksidazlar.....	23
2.3.4.1. Lipoksijenazlar.....	23
2.3.4.2. Glukoz Oksidaz	24
3. MATERYAL VE METOD.....	26

3.1. Materyal.....	26
3.2. Metod.....	26
3.2.1. Rutubet miktar tayini.....	26
3.2.2. Kül miktarı tayini.....	26
3.2.3. Yaş gluten (yaş öz) miktar tayini.....	26
3.2.4. Gluten indeks tayini.....	26
3.2.5. Sedimentasyon değeri tayini.....	27
3.2.6. Modifiye sedimentasyon değeri tayini.....	27
3.2.7. Düşme sayısı (falling number) tayini.....	27
3.2.8. Alveo-Konsistograf eğrileri.....	27
3.2.9. Ekmek yapma uygulamaları.....	27
3.2.10. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler....	28
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Un örneklerinin kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri	29
4.2. Un örneklerinin reolojik özellikleri.....	31
4.3 Katkı İlavesinin Un Örneklerinin Alveogram Özellikleri Üzerine Etkileri.....	33
4.3.1. L-askorbik asitin etkisi.....	33
4.3.2. Glukoz oksidaz etkisinin belirlenmesi.....	36
4.3.3. Soya ununun (Lipoksijenaz enzimi) etkisi.....	40
4.3.4. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren un örnekleri üzerindeki etkilerinin Alveo-Konsistografda belirlenmesi	43
4.4. Katkı maddelerinin un örneklerinin ekmeklik özellikleri üzerine etkileri	47
5. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME.....	57
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	58
ÖZGEÇMİŞ.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADI	Alınması Kabul Edilebilen Günlük Miktar
DHA	Dehidroaskorbikasit
EC	Avrupa Birliği
FAD	Flavin Adenin Dinükleotid
GRAS	Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen Madde
GSH	İndirgenmiş Glutatyon
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
IRAC	Uluslararası Kanseri Araştırmaları Kurumu
JECFA	Dünya Sağlık Örgütü Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi
NDP	Nişasta Dışı Polisakkarit
-SH	Sülfidril Grubu

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1.	Glutatiyonla gluten yapısının indirgenmesi	18
Şekil 2.2	Askorbik asit oksidasyonu	20
Şekil 2.3.	Askorbik asidin hamurdaki oksidatif etkisi.....	21
Şekil 2.4.	D-Glukoz'un glukoz oksidaz tarafından oksidasyonu.....	24
Şekil 2.5.	Glukoz oksidazın disülfid bağları oluşumu üzerine etkisi.....	25
Şekil 4.1.a.	L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun kuvvetli un örneğinde ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi.....	48
Şekil 4.1.b.	Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmeklerin dış görünüş özellikleri üzerine etkisi.....	48
Şekil 4.2.a.	Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi	50
Şekil 4.2.b.	Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmeklerin dış görünüş özellikleri üzerine etkisi	51
Şekil 4.3.a.	L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun zayıf örneğinde ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi.....	53
Şekil 4.3.b.	L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun zayıf un örneğinde ekmeklerin dış görünüşleri özellikleri üzerine etkisi	54
Şekil 4.4.a.	Zayıf un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi	56
Şekil 4.4.b.	Zayıf un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmeklerin dış görünüş özellikleri üzerine etkisi	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Unların bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri	30
Çizelge 4.2. Katkısız un örneklerinin reolojik özelliklerinin Chopin Alveograf-Konsistografta belirlenmesi.....	32
Çizelge 4.3. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit etkisinin Chopin Alveograf-Konsistografta belirlenmesi.....	34
Çizelge 4.4. Zayıf un örneğinde L-askorbik asit etkisinin Chopin Alveograf-Konsistografta belirlenmesi.....	35
Çizelge 4.5. Kuvvetli un örneğinde glukoz oksidaz etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi.....	38
Çizelge 4.6. Zayıf un örneğinde glukoz oksidaz etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi.....	39
Çizelge 4.7. Kuvvetli un örneğinde soya unu (Lipoksijenaz) etkisinin Alveograf- Konsistograf'ta belirlenmesi.....	41
Çizelge 4.8. Zayıf un örneğinde soya unu (Lipoksijenaz) etkisinin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi.....	42
Çizelge 4.9. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneği üzerindeki etkilerinin Alveo- Konsistografta belirlenmesi.....	45
Çizelge 4.10. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneği üzerindeki etkilerinin Alveo-Konsistografta belirlenmesi.....	46
Çizelge 4.11. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.12. Kuvvetli un örneğinde glukoz oksidaz ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	47
Çizelge 4.13. Kuvvetli un örneğinde soya unu ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	47

Çizelge 4.14.	L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneğinin ekmek özellikleri üzerindeki etkisi.....	50
Çizelge 4.15.	Zayıf un örneğinde L-askorbik asit ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	52
Çizelge 4.16.	Zayıf un örneğinde glukoz oksidaz ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	52
Çizelge 4.17.	Zayıf un örneğinde soya unu ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi.....	53
Çizelge 4.18.	L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneğinin ekmek özellikleri üzerindeki etkisi.....	55

1.GİRİŞ

Ekmek, temel bir besin maddesidir ve gıda tüketiminde önemli bir yere sahiptir. Besin unsurları içerisinde %51.8 oranında bulunan karbonhidrat ve %8.5 oranında bulunan protein ile ekmek insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir . Bunun yanısıra B grubu vitaminler yönünden bir kaynak olarak kabul edilmektedir. İyi bir enerji kaynağı olması nedeniyle, dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de günlük alınması gereken kaloringin büyük bir kısmı hububat ve ürünlerinden sağlanmaktadır ve yakın bir gelecekte de bu durumun değişmeyeceği tahmin edilmektedir (Talay,1996).

Ülkemiz, kişi başına düşen ekmek tüketimi açısından dünyada ön sıralarda yer almaktadır (Özkaya, 1992). Ancak çoğu fırınlarda ekmek kalitesi konusunda önemli bir takım problemler yaşanmakta ve istenen özellik ve çeşitte ekmek üretimi sağlanamamaktadır. Çünkü buğdaydan ekmek üretimine kadar geçen safhalar son derece hassasiyet taşımaktadır. Buğdayın genetik yapısı, yetiştirilme şartları, zirai ilaçlamalar, tarımsal zararlılar (süne, kımıl vb.), toprağın verimliliği, gübreleme, iklim şartları, hasatı, depolama, depo zararlıları, buğdayın değirmende temizlenmesi, tavlama, öğütülmesi, elenmesi, öğütme teknolojisi, unlara değirmende un katkı maddelerinin ilave edilmesi, unların olgunlaştırılması ve ekmek üretimi aşamasında maya, su, tuz ve ekmek katkı maddeleriyle yoğurma işlemine geçilmesi, dinlendirme, kesme, yuvarlama, ara dinlendirme, şekil verme, son dinlendirme, pişirme, soğutma, ambalajlama, dağıtım gibi aşamalardan sonra ekmek ekonomik ve besleyici değeri yüksek bir gıda olarak tüketime sunulur. Tüm bu aşamalar ekmek kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Sümbül,1995).

Ülkemizde üretilen buğdaylar bazı yıllar önemli düzeyde tarımsal zararlıların etkisinde kalmaktadır. Özellikle halk arasında süne (*Eurygaster spp.*) olarak bilinen zararlı, buğday tanesi içine proteaz enzimleri içeren bir salgı salgılamakta ve böylece mevcut protein yapısı bozulmaktadır. Süne zararına uğrayan buğdayların unlarından hamur yapıldığında, hamurun fermentasyon toleransının son derece düşük olduğu, hamurun akıcı ve işlenmesi güç bir hal aldığı ve ekmek yapımında önemli problemler yaşandığı görülmektedir. Süne zararının çok yüksek olduğu koşullarda ise ekmek üretebilmek mümkün olmamaktadır (Sivri et al., 1999).

Bu ve benzeri ekmek kalite sorunlarının giderilmesi amacıyla bazı uygulamalar yapılmaktadır. Fermentasyon şartlarından kaynaklanabilecek stabilite kayıplarını önlemek, hamur direncini artırmak, ekmek kabuk ve gözenek yapısını düzenlemek, iyi bir hacim ve hoş bir aroma vermek için ekmek katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkılar antimikrobiyel maddeler, emülgatörler, tatlandırıcılar, oksidanlar, enzimler ve besinsel açıdan zenginleştirici maddeler içermektedirler (Sümbül, 1986).

Bu katkı maddelerinden oksidanlar, özellikle süne tahribatı görmüş buğdaylardan elde edilen unların yanı sıra gluten kalitesi zayıf unlardan elde edilen hamurların direncini artırıp fermentasyon toleransını yükseltmek ve hamurun gaz tutma kapasitesini istenilen düzeye çıkarmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Oksidanlar gluten yapısında sülfür içeren aminoasitlerdeki sülfidril gruplarını okside ederek disülfid bağlarının oluşmasını sağlamakta ve daha stabil bir protein yapısı oluşturarak ekmeklik kalitesini artırmaktadır. Oksidanlar ayrıca undaki pigment maddelerini de okside ederek ağartıcı etki yapmakta ve ekmek içinin daha açık renkli olmasına neden olmaktadır. Bilinen kimyasal oksidan maddeler arasında L-askorbik asit, potasyum bromat, potasyum iyodat, azodikarbonamid, kalsiyum peroksit ve benzoil peroksiti saymak mümkündür. Bunlardan L-askorbik asit dışında kalan diğer kimyasallar kanserojen etki gösterdikleri gerekçesiyle birçok ülkede kullanımları yasaklanmıştır. Ancak ülkelerin kendi gıda mevzuatlarına göre farklı düzenlemelerin olduğu da bir gerçektir (Dupuis, 1997).

Ekmek formülasyonlarına ilave edilebilecek başlıca oksidatif enzimler ise glukoz oksidaz, lipoksijenaz ve peroksidazdır. Bu enzimler hamur reolojisi üzerinde önemli etkileri olan oksidatif reaksiyonları gerçekleştirmektedirler (Nicolas and Drapron, 1983; Van Dam and Hille, 1992; Miller and Hosenev, 1999).

Lipoksijenaz, soya fasülyesinden elde edilmekte olup, undaki tabii sarı renk pigmentlerini okside ederek ekmek içinin beyazlamasını sağlamaktadır (Fraizer, 1973; Drapron 1974; Hosenev and Miller, 1999). Ayrıca doymamış yağ asitleri üzerinde etkili olarak hamur direncini ve ekmek aromasını geliştirmekte ve gözenek yapısını düzenleyerek ekmek hacminde önemli oranda artış sağlamaktadır.

Glukoz oksidaz enzimi, oksijen varlığında β -D-glukoza δ -D-glukonalaktona okside ederek hidrojen peroksit oluşumunu sağlamaktadır. Glukonalakton ise enzimatik olmayan bir reaksiyonla glukonik asite hidrolize edilir. Oluşan hidrojen peroksit sülfidril gruplarını okside ederek disülfid köprülerinin oluşmasını sağlamakta ve bu iyileştirici etkisi ile hamurun fermentasyon direncini artırıp, oluşan gazın yapı içinde kalmasını sağlamaktadır (Haarisalta and Pullinen, 1992). Ayrıca ekmek içi tekstürünü iyi yönde değiştirmektedir (Martinez-Anaya and Jimenez, 1998; Wikstrom and Eliasson ,1998; Vemulapalli , 1998).

Bu araştırmada L-askorbik asitin oluşturduğu oksidatif etkinin, glukoz oksidaz ve lipoksijenaz gibi enzimlerle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle oluşturulan formülasyonlara L-askorbik asit yerine sırasıyla bu oksidatif enzimler ilave edilmiş, Chopin Alveogram ve ekmek denemeleri yapıldıktan sonra hamur reolojisi ve ekmek kalite özellikleri üzerinde oluşturdukları etkiler kıyaslanmıştır.

Bu değerlendirmelerin ışığında, kimyasallar yerine tamamen enzim sistemlerinden oluşan katkı formülasyonları oluşturulmaya çalışılmış ve bu tür formülasyonlarda oldukça yaygın olarak kullanılan bir katkı maddesi olan L-askorbik asit yerine glukoz oksidaz veya lipoksijenaz aktiviteli soya ununun kullanılması durumunda görülebilecek faydalar araştırılmıştır. Böylece tüketici sağlığını önemseyen katkı maddesi üreticileri için farklı bir alternatif yaratılmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ekmek

Ekmek, 17 Şubat 1999 tarih ve 23614 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan ve yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne göre yabancı maddelerden temizlenmiş ve tavlanmış buğdayların tekniğine uygun olarak öğütülmesi ile elde edilen buğday unundan elde edilmektedir (Anonymous, 1999). Yayınlanan Buğday Unu Kodeksi Tebliği, 1985 tarihli ve 18773 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan ve zorunlu olan TS 4500 Buğday Unu Standardını da zorunlu olarak uygulamadan kaldırmıştır. TS 12000 Ekmek Standardında ise; katkısız ekmeklerin una su, tuz ve maya katılması ile hazırlanacağı, gerek duyulan hallerde askorbik asitin de kullanılabileceği; katkılı ekmeklerin yapımında ise kaliteyi yükseltmek amacıyla (görünüşü düzeltmek ya da dayanıklılığı artırmak, besin değerinin yükseltmek gibi), müsaade edilen katkı maddelerinin kullanılabileceği belirtilmektedir (Anonymous, 1996).

Yukarıda yer alan tanımlamalardan da anlaşılacağı gibi ekmek; unun ve diğer maddelerin suyla birlikte çeşitli işlemlere tabi tutulması ile elde edilen mamül bir gıdadır. Bütün mamül ürünler gibi ekmeğin nitelikleri de bunun yapımında kullanılan ham maddelerin niteliklerine ve uygulanan teknolojik işlemlere bağlı olarak değişir ve bu nedenle bu bileşenlerin miktar ve nitelikleri özel bir öneme sahiptir.

2.2. Un

Buğdayın endosperminin diğer kısımlarından mümkün olduğunca arındırılarak öğütülmesi ile elde edilen bir ürün olan un; sabit bileşimli, homojen bir madde değildir. Aksine son derece karmaşık olup kompozisyonu değişkendir. Unun başlıca bileşenleri olarak proteinler, karbonhidratlar, lipidler, mineral maddeler, vitaminler, su ve enzimler sayılabilir. Her biri farklı öneme ve işleve sahip olan bu kimyasal madde gruplarının un içindeki miktarları ve birbirine oranlarının yanısıra kompozisyonları da çeşitli faktörlere bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir (Lasztity, 1986; Pylar, 1988). Bu maddelerin ekmekçilik açısından en önemli özellik ve işlevleri aşağıda özetlenmiştir.

2.2.1. Proteinler

Buğdayda bulunan proteinler, kurumaddede yaklaşık olarak; %4 gliadin, %4 glutenin, %0.4 albumin, %0.7 globulinden oluşmaktadır (Hoseney, 1983). Gliadin ve glutenin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak, çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen ve hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturan gluteni meydana getirirler. Gluteni meydana getiren proteinler sadece buğdayın endosperm kısmında bulunurlar (Pylar, 1988).

2.2.2. Karbonhidratlar

Unda bulunan karbonhidratların en önemli bölümünü nişasta (% 65-70) oluşturmaktadır. Nişastaya göre nisbeten az miktardaki diğer karbonhidratlar ise pentozanlar (% 2-3) ve selüloz (%0.1-0.5) ile bazı mono ve oligosakkaritlerdir (Pomeranz, 1987; Ercan, 1990). Nişastanın ekmekteki işlevlerinin başlıcaları şöyle özetlenebilir: amilolitik aktiviteyle şeker oluşumu için hammadde olarak görev yapar; gluteni istenen düzeyde seyreltir, glutenle kuvvetli bir şekilde birleşir ve glutenden su çekerek gluten ağının stabil bir yapı kazanmasına ve sertleşmesine yardım eder; jelatinize olarak esnek bir yapı kazanır ve böylece ekmeğin elastik özelliğine katkıda bulunur (Altan, 1986).

Pentozanların fonksiyonlarının en önemlilerinden birisi ağırlıklarının 10 misline kadar su bağlayabilmeleridir. Serbest suyun bağlanması hamurun sertliğini arttırmakta ve optimum gelişme için gerekli olan yoğurma süresini azaltmaktadır (Köksel, 2005). Pentozanlar sulu çözeltilerde ve yüksek sıcaklıklarda yapılarını korumakta, ayrıca nişasta gibi jelatinize olmamaktadırlar. Oda sıcaklığında, yükseltgen maddeler varlığında viskoelastik jeller oluşturmaktadırlar. Hamurun yoğrulması sırasında pentozanlarda meydana gelen oksidatif jelleşme, hamurun reolojik özelliklerine katkıda bulunmakta ve fermentasyon ile oluşan gaz kabarcıklarını çevreleyerek gazın hamur dışına difüzyonunu azaltmaktadır. Ekmeğin bayatlama hızı pentozanların eklenmesiyle düşürülebilmektedir. Eklenen pentozanlar muhtemelen nişastanın retrogradasyonunu yavaşlatmaktadırlar (Denli ve Ercan, 2000; Köksel, 2005).

Buğday ununda bulunan önemli polisakkaritlerden biri olan selüloz hidrofilik karakterli ve parçalanması güç olan bir maddedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Buğday tanesinin yaklaşık %2'sini oluşturan selülozun undaki miktarı randımana bağlı olarak değişmektedir (Kent, 1975).

2.2.3. Lipidler

Buğday ununda bulunan polar lipidler, apolar maddelerle polar karakterli maddeler arasında köprü oluşturarak, bu maddelerin birbirleri ile interaksiyona girmesini ve bu maddeler arasındaki yüzey geriliminin azalmasını sağlarlar. Polar lipidlerin hem glutenine hem de gliadine bağlanabilmesi, bu iki protein fraksiyonu arasında ek bağlar oluşturarak gluten yapısının güçlenmesini sağlar (Altan, 2002).

2.2.4. Enzimler

Buğdaylar ve dolayısıyla buğday unları çok büyük oranlarda değişiklik gösteren enzim aktiviteleri içerirler. Buğdayda doğal olarak bulunan enzimler: karbohidrazlar sınıfından α -amilaz, β -amilaz, pullulanaz, sellülaz, pentozanaz, β -glukozidaz, β -glukanaz; proteolitik enzimlerden endopeptidaz, ekzopeptidaz, karboksipeptidaz; ester hidrolazlardan lipaz, fitaz, esteraz, fosfataz; oksidazlardan askorbik asit oksidaz, lipoksidaz, glutation oksidaz, polifenol oksidaz, peroksidaz ve katalazdır (Kruger and Reed, 1988). Bu farklı endojen aktiviteler yetiştirilme, hasat ve depolama gibi koşullara bağlı olarak büyük bir değişim gösterebilir (Hamer, 1995).

2.2.5. Su

Su, diğer hamur bileşenlerinin karışmasını ve birbirleriyle etkileşime girmelerini sağlayan, hamura arzu edilen visko-elastik yapıyı kazandıran, fermentasyonun başlamasına ve devamına olanak sağlayan ve son ürün kalitesi üzerinde etkili olan bir bileşendir. Bir çok organik ve inorganik madde için çözücü olan su; hamurda tuz, şeker ve çözünen proteinler gibi hidrofilik bileşenleri çözer ve suda çözünmeyen proteinleri hidrate ederek gluten oluşmasında önemli rol oynar (Kent, 1975). Ekmek yapımında kullanılacak su, mikroorganizmalardan arınmış, temiz, renksiz, kokusuz ve orta sertlikte olmalıdır.

Fazla sert suların kullanılması durumunda, hamurun fermentasyonu sırasında oluşan ve maya çalışması için uygun bir ortam oluşturan asitler, nötralize olurlar. Çok yumuşak suların kullanılması ise, hamurdaki asitlik artışının nötralize edilememesinden dolayı, gluten proteinlerinin niteliklerinin bozulmasına neden olur (Pylar, 1988).

2.2.6. Maya

Ekmek mayası, hamurda bulunan, basit şekerleri anaerobik olarak metabolize ederek, fermentasyon sonucu oluşan CO₂ gazı ile hamurun kabarmasını, fermentasyon ürünü diğer maddelerle de hamurun olgunlaşmasını ve aroma teşekkülünü sağlayan *Saccharomyces cerevisiae*' dir (Kent, 1975; Pylar 1988). Maya üreme hızı 20°C'den düşük ve 40°C'den yüksek sıcaklıklarda önemli ölçüde düşer. Maya hücrelerinin çoğalabilmesi için en uygun sıcaklık 20-27°C'ler arasındadır. Optimum fermentasyon için ortamın Ph'sı 4-6 arasında olmalıdır (Özkaya ve Özkaya, 1994).

2.2.7. Tuz

Hamur ve ekmeğin başlıca bileşenlerinden olan tuz, ekmeğe tat vermesinin yanısıra gluten yapısını yumuşatıcı özelliğe sahip proteazların etkinliğini azaltır. Ayrıca, fermentasyon sırasında mayanın çalışmasını dolayısıyla gaz oluşumunu ve hamurun olgunlaşmasını düzenler (Linko and Linko, 1988). Tuz ayrıca nişastanın jelatinizasyonunu, heterofermentatif laktik asit bakterilerinin gelişmesini, ekmeğin su aktivitesini düşürerek mikrobiyolojik bozulmayı geciktirir. Tuz miktarındaki artış, unun su kaldırma kapasitesini azaltırken, hamurun gelişme süresi ve yoğurma direncini artırır. Aşırı tuz, ekmeğin hacmini düşürür, yapışkan hamur, kötü gözenek ve koyu renk oluşumuna neden olur. Ekmek yapımında kullanılacak tuz yeterli incelikte, temiz parlak ve beyaz olmalı, fermentasyonu etkileyecek iyot ve benzeri mineralleri içermemelidir. Tuz, ekmeğin üretiminde ekmeğin çeşidine ve hamurdaki kullanım amacına göre %1-3 oranında kullanılmaktadır.

2.3. Katkı Maddeleri

Ekmek yapımında, unun bileşimi ve özelliklerinden kaynaklanan bazı kusurlar ve eksikliklerin giderilerek kalitenin iyileştirilmesi, zaman ve işgücü tasarrufu sağlanarak işletmelerin rantabilitelerinin artırılması amaçlarıyla çeşitli katkı maddeleri yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Özer, 1998). Bu katkı maddelerinin başlıcalarını; oksidanlar, yüzey aktif maddeler ile şeker ve benzeri tatlandırıcılar, katı ve sıvı yağlar, proteince zengin katkıları (süt tozu, peynir altı suyu tozu, soya unu vb.) ve çeşitli enzim preparatları oluşturmaktadır.

2.3.1. Yüzey Aktif Maddeler

Yüzey aktif maddeler lipid kökenli olup, apolar gövdelerine ek olarak polar gruplar içerir ve bu suretle polar ve apolar maddelerin birbirleri içinde homojen olarak dağılması ve çeşitli kimyasal bağlarla bağlanabilmelerini sağlarlar (Pomeranz, 1987). Yüzey aktif maddeler kimyasal yapılarına göre hem su hem de yağ seven özellikte olan maddelerdir. Genel olarak gıda sistemlerindeki işlevleri aşağıdaki şekillerde özetlenmektedir:

- a) Emülsiyon kararlılığını sağlamak;
- b) Nişasta ile karışımlar oluşturarak, nişasta içeren ürünlerin tekstürünü geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak;
- c) Gluten proteinleriyle kompleks oluşturarak, buğday unu hamurlarının akışkan özelliklerini değiştirmek.
- d) Yağların polimorfik özelliğini ve kristal yapısını kontrol ederek yağ kökenli ürünlerin kıvam ve tekstürünü geliştirmek (Krog, 1977).

Yüzey aktif maddeler; yukarıdaki nedenlerle gluten gelişimini teşvik edici, yağla suyun emülsiyon oluşturma gücünü artırıcı ve suyun hamurda tutulmasını sağlayıcı, protein-nişasta, protein-yağ komplekslerinin oluşumunu sağlayıcı, yoğurma toleransını artırıcı, hamurun gaz tutma yeteneğini dolayısıyla ekmek hacmini artırıcı, ekmek içi sertliğini ve yapışkanlığını azaltıcı ve bayatlamayı geciktirici etkiye sahiptirler (Özkaya ve Özkaya, 1992; Özer ve Altan, 1995).

Yüzey aktif maddeler, içerisinde bulundukları sıvıların yüzey gerilimini azaltmakta ve dispers sistemlerden olan emülsiyonlarda emülsiyon kararlılığını geliştirmektedir (Birnbaum, 1977).

Yüzey aktif maddeler hidrofilik gruplar içermektedir ve bu özellik emülgatörün hidrofilik/lipofilik dengesi olarak adlandırılmaktadır. Sürfaktan madde molekülündeki yağ asidi zinciri, molekülün lipofilik kısmı; OH grupları, organik asitler veya tuzları ise hidrofilik kısmını oluşturmaktadır (Krog, 1977).

Genellikle katkı düzeyleri un ağırlığına göre %0.25-%1 arasında değişen sürfaktanların bu etkileri kimyasal kompozisyonlarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim hidrofilik kısmın yapısına, zincir uzunluğuna ve lipofilik kısmın doygunluk derecesine bağlı olmaktadır (Ünal, 1980). Yüzey aktif maddeler ekme yapımında etki mekanizmaları itibariyle hamur güçlendiriciler ve bayatlamayı geciktiriciler olarak iki ana grup olarak incelenmektedir. Günümüzde hamur güçlendirici olarak kullanılan başlıca yüzey aktif maddeler Mono ve Digliseridlerin Diasetil Tartarik Asit Esterleri (DATEM), Sodyum Stearoil Laktilat (SSL), Kalsiyum Stearoil Laktilat (CSL); ekme içi yumuşatıcı olarak kullanılanlar ise mono ve digliseridler, gliserol monostearat ve mono propilen glikoldür. Aslında bu tür bir ayrımı yapmak oldukça zordur. Çünkü bir hamur güçlendirici aynı zamanda ekme içini yumuşatma özelliğine de sahiptir. Lesitin ise her iki grubun özelliklerine de sahip olan bir yüzey aktif maddedir (Pyler, 1988).

Ekmeğin bayatlamasında, ekmeğin su kaybetmesi, gluten miktar ve kalitesi, ekme yapım tekniği gibi yan etkiler olmakla birlikte asıl etken nişastada meydana gelen değişimlerdir. Yani amiloz ve amilopektinin retrogradasyonu sebep olmaktadır. Ekme hamuruna uygun emülgatörlerin ilavesi halinde emülgatör maddeler glutenle kompleks teşkil etmek suretiyle viskoelastik yapıyı düzelterek ekmeğin bayatlamasının baş sorumlusu olarak kabul edilen nişastanın retrogradasyonunu önlemekte ve böylece bayatlama olayı geciktirilmektedir (Sümbül, 1986; Özkaya, 1994)

Novozymes firması, fırıncılık sanayi için çok önemli bir yenilik olarak kabul edilen Lipopan F isimli ürününü 2001 yılında pazara sunmuştur. Gregg'e göre (www.cfsan.fda.gov/rdb/opa-g103.html) bu ürün, yıllardan beri kullanılan DATEM, SSL/CSL, lesitin gibi kimyasal emülgatörlerin muadili olarak geliştirilmiş olup, özellikle Türk ve Fransız tipi ekmeklerin yapımında oldukça iyi sonuç vermektedir.

Lipopan F bir lipaz enzimi olup hamur stabilitesinin iyileşmesi, ekmek hacminin artması ve gözenek yapısının istenilen özelliklere sahip olması konusunda çok önemli yararlar sağlamaktadır. Bu lipaz enzimi buğday ununda doğal olarak bulunan polar ve apolar özellikteki lipidler üzerine etki ederek, lesitinin etki tarzına benzer modifikasyonlar gerçekleştirir.

Novozymes firmasına göre, lipaz enzimi trigliseridlerdeki ester bağlarınının bazılarını hidrolize ederek serbest yağ asitlerinin, monogliseridlerin, digliseridlerin ve gliserol'ün oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca 2-asil-1-lisofosfolipid ve bir serbest yağ asidi oluşturmak üzere diasilfosfolipidlerdeki sn-1 ester bağınyı hidrolize etmektedir. Meydana gelen bu değişimler sonucu hamurun gaz tutma kapasitesinde ve fermentasyon toleransında önemli artışlar olmaktadır. Lipaz enziminin hamurda ve unlu mamullerde kullanımı GRAS olarak ifade edilmiştir

Ekmekçilikte lipaz enzimi kullanmanın en önemli avantajı ise, kimyasal emülgatörlere göre çok daha az miktarlarda kullanılmasına rağmen aynı etkiyi gösteriyor olmasıdır. Uygulamada, lipaz enziminin 1 kilogramı 100-1000 kilogram aralığındaki kimyasal emülgatörün yerini alabilmektedir. Bu da nakliye giderleri, stok maliyetleri ve toplam ekmek katkı maddesi maliyetlerinde önemli düşüşler sağlamaktadır.

2.3.2. Enzim Preparatları

Enzimler, yakın zamana kadar ekmekçilik endüstrisinde sınırlı miktarlarda kullanılırken; günümüzde birçok enzim üreticisi, bu endüstriye çok büyük miktarlarda ve farklı özelliklere sahip enzim preparatları sağlamaktadırlar (Wikström and Eliasson, 1998).

Enzimlerin ekmekçilikte kullanılmalarında sıcaklık ve pH önemli kavramlardır. Ekmeklerde kullanılacak enzimler genellikle oda sıcaklığında stabildirler. Ayrıca, enzimlerin inaktivasyonu sıcaklık 50°C veya daha fazla oluncaya kadar gerçekleşmemektedir. pH ise enzim aktivitesini iki yoldan etkilemektedir. Çoğu enzim pH 4-9 değerleri arasında stabil olup çok asidik (pH <4) veya çok bazik (pH >9) koşullarda inaktive olmaya çok yatkındırlar. Genellikle hamurlardaki pH , 5-6 civarında olduğundan, bu pH'larda inaktivasyonu fırıncılar için bir sorun oluşturmamaktadır (Bahar, 2001).

Buğdaylar ve dolayısıyla buğday unları enzim aktiviteleri bakımından büyük değişim gösterirler (Kruger ve Reed, 1988). Bu farklı aktiviteler yetiştirilme yeri, hasat ve depolama koşullardan kaynaklanabilir. Bununla ilgili iyi bir örnek α -amilazdır; yüksek ya da düşük amilaz aktivitesi buğdayı ekmek yapımı için uygun olmayan hale getirirken, uygun aktiviteyle çok daha iyi bir ürün meydana gelir. Buğdayların paçal yapılması ya da diğer kaynaklardan elde edilen enzimlerin ilavesiyle aktivitenin uygun hale getirilmesi, ekmekçilik endüstrisindeki enzim kullanımının temelini oluşturur (Hamer, 1995).

Ekmek yapımında, uzun zamandan beri amilaz grubu enzim preparatları kullanılmaktadır. Buna ilaveten son yıllarda hemiselülaz/ksilanaz (pentozanaz), oksidazların (lipoksijenaz, glukoz oksidaz) ve ayrıca lipaz enziminin kullanımı da oldukça yaygınlaşmıştır.

2.3.2.1. Amilazlar

Amilazlar doğada yaygın olarak bulunan karbohidrazlar genel sınıfı içerisinde yer alan bir enzim grubudur (Fellows, 2000). Bu enzimler nişastayı fermente olabilir şekerlere parçaladıkları için ekmek yapımında özel bir öneme sahiptirler. Amilazlar nişasta üzerindeki etki şekillerine göre α -amilaz (α -1-4-Glukan glukanohidrolaz: EC 3.2.1.1), β -amilaz (β -1-4 glukano maltohidrolaz: EC 3.2.1.2) ve glikoamilaz (α -1-4 glukano glukozidaz: EC 3.2.1.3) olarak ayrılmaktadırlar (Linko and Linko, 1988; Hamer, 1995).

Amilazlar, endo ve ekzo amilazlar olarak ikiye ayrılırlar. Endo amilazlar (örneğin α -amilaz), nişastayı oluşturan amiloz ve amilopektin zincirlerinin iç ve dış bölümlerinde bulunan, glukoz ünitelerini birbirine bağlayan α -1,4-glukozidik bağlarını; ekzo amilazlar ise söz konusu zincirlerin dış kısımlarında yer alan glukoz ünitelerine bağlı α -1,4-glukozidik bağlarını (örneğin β -amilaz) ya da hem α -1-4 hem de α -1,6-glukozidik bağlarını (örneğin glikoamilaz) koparabilirler (Van der Maarel et al., 2002).

Alfa amilazın nişastayı hidrolizi sonucunda nişastalı gıdalarda viskozite azalmaları meydana gelir (Kruger and Reed, 1988; Temiz, 2005).

Bu durum, ekmek hamuru gibi ürünler için önem taşımaktadır. Nişastanın α -amilaz ile hidrolizi sonunda indirgen gruplar oluşmakta ve bu gruplar hidroliz ürününün indirgeme gücünde bir artış sağlamaktadır. α -amilazın nişasta üzerindeki etkisi sonucu vizkozitede ve nişastanın iyotla vermiş olduğu mavi renkte bir azalma olmaktadır. Bu nedenle α -amilaz enzimi “sıvılaştırıcı enzim” adıyla da anılmaktadır. Hidroliz sonunda oluşan temel ürünler dekstrinlerdir. Bu nedenle, α -amilaza “dekstrinojenik enzim” adı da verilmektedir (Kruger and Reed, 1988; Temiz, 1998; Ünal, 1998). Dekstrinler dışında maltoz, maltooligosakkaritler ve az bir miktarda da glukoz ve α -1-6-glikozidik bağına sahip bir trisakkarit olan panoz oluşur (Pomeranz, 1991). Sonuç olarak nişasta molekülünü indirgen olmayan uçtan başlayarak maltoza parçalayan β -amilaz için uygun bir substrat hazırlanmaktadır. α -amilazlar, nişastanın amiloz ve amilopektin fraksiyonlarını hidrolize etmekte ancak dallı bir fraksiyon olan amilopektin molekülündeki α -1,6 bağlarını hidrolize edemediği gibi, faaliyeti α -1,6 bağlarına birkaç glukoz molekülü kala durmaktadır (Pomeranz, 1971; Pylar, 1973; Elgün ve Ertugay 1992).

Bir ekzoenzim olan β -amilaz nişasta molekülünü zincirin indirgen olmayan uçlarından α -1,4 glikozidik bağlantılarına etki ederek, ikişer glukoz biriminden ibaret olan maltoza parçalamaktadır. Ancak β -amilaz, α -1-6 glikozidik bağı üzerinde etkisiz kalmaktadır (Kruger and Reed, 1988; Linko and Linko, 1988).

Glukoamilazlar, genel olarak mantarlar tarafından oluşturulmaktadır. Bu enzimler nişastayı indirgen olmayan uç kısımlarından glukoz ünitelerine ardışık bir şekilde hidrolize etmektedirler (Linko and Linko, 1988; Pomeranz, 1991; Temiz, 2005). Bu enzim α -1,4 bağlarına, α -1,6 bağına etkisinden 20 kat daha hızlı etki etmekte ve hem düz, hem de dallanmış zincir yapısındaki nişasta fraksiyonlarını hidrolize edebilmektedir. Glukoz, maltoza göre daha hızlı fermente olduğundan glukoamilaz, fermentasyonun aktive edilmesi ve fermentasyon süresinin kısaltılması için kullanılabilir (Hamer, 1995; Temiz, 2005).

Fermentasyon sırasında hamur bünyesindeki enzimatik faaliyet ve maya aktivitesi sonucu meydana gelen CO₂ gazı, asitler, alkoller, aroma maddeleri ve diğer bileşiklerin ayrı ayrı ekmek kalitesi üzerinde rolleri vardır. Bunların istenilen miktarlarda oluşturulması maya ve enzimlerin uyum içerisinde çalışmalarıyla mümkün olmaktadır. Fermentasyon sırasında yeterli miktarda CO₂ gazı meydana getirilmesi ve aynı zamanda hamurun viskoelastik özelliklerini değiştiren kimyasal bileşiklerin oluşması ortamda yeterli oranda fermente edilebilir şekerlerin bulunmasına bağlıdır.

Amilazların aktivitesi sonucu oluşan şekerlerin diğer bir fonksiyonu ise; ekmeğin arzu edilen tat özelliklerini kazanmasına ve ekmek kabuğunun istenilen renge ulaşılmasına (protein ve şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu) olumlu etki etmeleridir (Hamer, 1995; Temiz, 1998; Van der Maarel et al., 2002).

Amilazlar undaki normal nişasta granüllerini fazla parçalayamamaktadır (Walden, 1955). Halbuki hem α - hem de β -amilaz zedelenmiş nişasta granüllerini veya jelatinize olmuş nişastayı kolayca parçalayıp ortama şeker sağlayabilmektedir (Swanson, 1948). Bu amilazlar fermentasyon sırasında zedelenmiş nişasta granüllerini, pişirmenin ilk dakikalarında da jelatinize olmuş nişastayı parçalamaktadır (Walden, 1955; Pylar, 1973).

Amilazlar hamurun gaz üretim gücünü artırmak suretiyle ekmek kalitesini iyileştirir ve bayatlamayı geciktirirler. Yapılan çalışmalardan una gerekli miktarda α -amilaz katıldığında bunun ekmek hacmini artırdığı, ekmek içi gözenek yapısını ve ekmek içi tekstürünü düzelttiği anlaşılmaktadır (Johnson and Miller, 1949; Tissue and Bailey, 1949). Unda α -amilaz aktivitesi yetersiz olduğu takdirde ekmek soluk renkte, düşük hacimde, ince gözenek yapısında ve kaba tekstürde olmaktadır. Aksine aşırı amilaz aktivitesinde ise kaba gözenek yapısında, yapışkan ve kaba tekstürde ekmek elde edilmektedir (Walden, 1955; Beck et al., 1957). Fermentasyon sırasında hamur konsistansı düşmektedir. Hildebrand and Burkert (1942) tarafından yapılan açıklamada buna proteinazların değil, α -amilaz aktivitesinin neden olduğu belirtilmiştir. Bunun nedeni, α -amilazın nişastayı hidrolize uğratarak dekstrinler, maltoz ve glukoz oluşturması, böylece nişastanın su tutma özelliğinin bozularak hamur viskozitesinin azalmasıdır.

Ekmekçilikte kullanılan α -amilaz, başlıca malt, bakteri ve fungal kaynaklı olarak elde edilmektedir. Bu üç kaynaktan elde edilen α -amilazların termostabiliteleri başta olmak üzere bazı özellikleri birbirlerinden farklıdır. Bu da bunların ekmek üretim koşulları içinde nişasta ve ekmek kalitesi üzerine etkilerinin farklı olmasına neden olmaktadır.

Johnson and Miller (1953) fungal, bakteriyel ve buğday maltı kaynaklı alfa amilazların termostabiliteleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, bakteriyel α -amilazın en termostabil, tahıl α -amilazının orta derecede, fungal α -amilazın ise en az termostabiliteye sahip olduğunu bulmuşlardır. Aynı sonucu Pomeranz and Shellenberger (1962) bir araştırmalarında göstermişlerdir. Fleming et al. (1961) 'da aynı görüşü desteklemişlerdir. Bakteriyel α -amilaz ortamda nişasta varlığında termal inaktivasyona karşı korunma eğilimindedir. Diğer enzimler ise bu karakteristiği göstermemektedir. Her üç enzim çeşidinin konsantrasyonunun artması ekmek içinin bayatlama oranını azaltmakta ve meydana gelen dekstrinlerin daha kompleks olmasını sağlamaktadır (Fleming et al., 1961).

Ekmekçilikte kullanılan amilazlar bakteri ve funguslardan üretilmekte olup elde edilen enzimler mikroorganizmanın tipine, gelişme şartlarına ve saflaştırma yöntemine göre değişiklik gösterirler (Himmelstain, 1984). Ticari olarak, bakteriyel α -amilaz, *Bacillus subtilis* ve *Bacillus mesentericus*' tan, fungal α -amilaz ise *Aspergillus oryzae*' nin bazı suşlarından elde edilmektedir (Conn et al., 1950).

2.3.2.2. Hemiselülazlar (pentozanazlar)

Buğday unu, yaklaşık %2-3 kadar aleron ve kepek kaynaklı nişasta dışı polisakkaritler (NDP) içerir. NDP'in yaklaşık %1'lik kısmı suda çözünür özelliktedir ve bu fraksiyon pentozanlar olarak adlandırılır. NDP'ler yüksek su bağlama özellikleri nedeniyle ekmek yapımında önemli role sahiptirler (Boyacıoğlu, 1998).

Pentozan ve hemiselüloz terimleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılmakta olup, farklı görüşler olması nedeniyle ikisinin birbirinden ayrımı tam olarak yapılamamıştır. Kompozisyonları, basit bir polisakkarit olan beta glukandan; pentozlar, heksozlar, proteinler ve fenolik maddeleri içeren kompleks polimerlere kadar büyük değişim gösterirler. Tahıllar suda çözünen ve çözünmeyen hemiselülozları içerirler (Hamer, 1995). Suda çözünen pentozanlar temel olarak ksiloz, arabinoz ve galaktoz; bunların dışında ise genellikle glukoz, mannoz, fruktoz ve protein yapılarından oluşmuştur.

Suda çözünen pentozanlar, arabinoksilan ve arabinogalaktan olmak üzere iki fraksiyondan oluşur. Arabinogalaktanda hem β -1-4 hem de β -1-6 bağı ile bağlı olan galaktopiranozil birimleri mevcuttur. Suda çözünmeyen pentozanların kimyasal yapıları suda çözünen pentozanlara benzer, buna karşın dallanma dereceleri daha fazladır. Ayrıca pentozanlar ester bağı ile bağlı ferulik asit içerirler (Meuser and Suckow, 1988).

Pentozanların fonksiyonlarının en önemlilerinden birisi ağırlıklarının 10 misline kadar su bağlayabilmeleridir. Serbest suyun bağlanması hamurun sertliğini arttırmakta ve optimum gelişme için gerekli olan yoğurma süresini azaltmaktadır (Köksel, 2005).

Pentozanların, pentozanaz enzimi tarafından hidrolize uğratılması ile açığa çıkan su hamurda yumuşamaya neden olur. Bu etki hacim artışına sebep olur (Hamer, 1995; Martinez-Anaya and Yimenez, 1998). Bir araştırmada, viskozitesi düşük hamur sistemlerinde pentozanazların glutenin koagülasyonu üzerine belirgin bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak da gluten, ekmek yapım testinde daha yüksek bir performans göstermektedir (Hamer, 1995).

Pentozanaz aktivitesiyle ortaya çıkan su, pişirme sırasında nişastanın jelatinizasyonu ve hidrolizi için kullanılmaktadır. Suda çözünmeyen pentozan derişimi çok fazla ve pentozanaz aktivitesi düşük olduğu durumlarda; pişirme sırasında nişastanın jelatinizasyonu yetersiz kalmakta, hacim ve ekmek içi tekstür özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca, gluteninle ilişkide bulunan suda çözünmeyen pentozanlar gluten ağı oluşumunu büyük ölçüde etkilemektedirler.

Bu anlamda pentozanazların ekmek formulasyonuna eklenmesi ekmek kalitesi üzerine iyileştirici etkide bulunmaktadır (Denli ve Ercan, 2000; Köksel, 2005). Bununla birlikte yüksek oranda enzim kullanılması hamur kalitesini olumsuz şekilde etkilemekte, hamur yumuşamakta ve yapışkanlık özelliği artmaktadır. Aşırı dozda enzim ilave edildiğinde hamur reolojisinde gözlemlenen bu değişimin nedeni, kolay işlenme özelliğine sahip hamurların elde edilmesinde büyük önem taşıyan suda çözünen pentozanların aşırı hidrolizine bağlanmaktadır (Denli ve Ercan, 2000).

2.3.3. Oksidan Maddeler

Yeni öğütülmüş ve işlem görmemiş un kullanıldığında arzu edilmeyen kalitede ekmek elde edilir. Bu unun kalitesi optimum düzeyde değildir. Taze undan yapılan ekmekler küçük hacimli, kaba gözenek yapılı ve kalın bir kabuğa sahiptirler. Un öğütüldükten sonra birkaç hafta bekletilecek olursa hem ekmeklik kalitesinde düzelme olur hem de rengi beyazlaşır. Buna unun tabii olgunlaşması denir. Bu sırada protein ve lipidler başta olmak üzere bünyesinde birtakım değişimler meydana gelir (Özkaya ve Özkaya, 1992; Özkaya ve Özkaya, 1994).

Unun tabii olarak olgunlaştırılması oldukça uzun zaman gerektirdiği için, bu işlemin yapay yoldan gerçekleştirilmesi için birtakım kimyasal maddeler kullanılır. Bu maddelerin cins ve miktarları buğday çeşidi, yetiştirme koşulları, depolama koşulları, unun ekstraksiyon derecesi ve öğütme koşullarına göre değişir. Olgunlaştırma maddeleri yeterli oranda katıldıklarında işlenmesi zor ve yapışkan olan hamurun toparlanmasını, uzamaya karşı direncinin artmasını sağlarlar. Ekmeklerin daha hacimli, şeklin düzgün, gözeneklerin uniform ve ince duvarlı olmasına ve ekmeğin geç bayatlamasına yardımcı olurlar (Özkaya ve Özkaya, 1992; Özkaya ve Özkaya, 1994).

Unda ve hamur yapımında kullanılan başlıca oksidan maddeler:

Askorbik asit: Vit C

Potasyum bromat: $KBrO_3$

Potasyum iyodat: KIO_3

Kalsiyum bromat: $Ca(BrO_3)_2$

Kalsiyum peroksit CaO_2

Azodikarbonamid $H_2NC(=O)N=NC(=O)NH_2$ tir (Bahar, 2001).

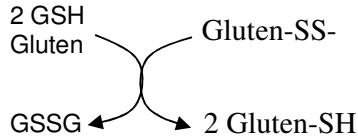
Ekmekçilikte oksitleyici maddeler gluteni kuvvetlendirerek zayıf unların ekmeklik kalitesini geliştirir. Buna karşın indirgeyici maddeler, özellikle kuvvetli unlar kullanıldığında yoğurmada kullanılan enerjiyi azaltır ve hamuru yumuşatır (Indrani, 1992).

Potasyum bromat, hamurda direnci arttırıcı ve uzama yeteneğini azaltıcı etkilere sahip bir oksidan maddedir (Wikström and Eliasson, 1998). Ekmek yapımında bromatların, deney hayvanları üzerinde kanserojen etkiye sahip olduğu kanıtlanan bromidlere dönüştüğü belirlenmiştir (Cunningham and Warner, 2000). Günümüzde, birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de un ve ekmek katkı maddelerinde kullanılan oksidanlardan sadece askorbik aside izin verilmektedir (Bahar, 2001). Oksidan maddeler kullanılarak hazırlanan hamurların daha yüksek fırın sıçraması (oven spring) yaptıkları ve ekmeklerin; daha iyi bir hacime sahip oldukları, ekmek içi gözenek yapısının küçük ve ince çeperli, tekstürlerinin ise yumuşak ve kadife gibi bir yapıya sahip oldukları bildirilmektedir (Miller and Hosney, 1999).

Hemen hemen bütün ekmek katkı maddeleri bileşiminde kullanılan askorbik asidin, doğal bir madde olmasına karşın bazı ülkelerdeki geleneksel ekmek çeşitlerinde, örneğin Fransa'da baget ekmekte kullanımı yasaktır. Askorbik asit, özellikle "mekanik hamur geliştirme" yöntemiyle ekmek yapımında kullanılan, hamur ve ekmek niteliklerini iyileştirici etkiye sahip bir maddedir. Günümüzde ekmek yapımında yaygın bir biçimde kullanılan katkı maddelerinden biri olan L-askorbik asit, indirgen bir maddedir. L-askorbik asitin hamurdaki aktif formu ise dehidro L-askorbik asittir. Ekmek yapımında kullanılan L-askorbik asit, hamurda bulunan atmosferik oksijenle reaksiyona girerek dehidro L-askorbik aside yükseltgenir (Linko, 1988; Grosch and Wieser, 1999). Oluşan dehidro L-askorbik asit unda bulunan sülfidril (-SH) gruplarıyla reaksiyona girerek, bunları, disülfite (-SS-) yükseltger ve hamurun gluten yapısının kuvvetlenmesinde önemli rol oynar (Hosney, 1983; Pomeranz, 1987; Pyle, 1988). Bu etkisi ile ekmekte hacim artışına neden olur, gluten miktar ve kalitesi yüksek olan unlardan elde edilen ekmeklerde ise gluten yapısının aşırı kuvvetlenmesi sonucu hacim azalması gözlenebilir (Wikström and Eliasson, 1998).

Ancak, askorbik asitin yüksek oranda kullanılmasında yasal bir engel yoktur. Sağlık ve güvenlik için bir risk taşımadığından diğer geliştiricilerle karşılaştırıldığında bir avantaj sağlamaktadır.

Un proteini glutenin, intra- ve intermoleküler disülfid bağları oluşumu ile üç boyutlu ağ görünümünde olur. Unun doğal bir komponenti olan ve 3 amino asit içeren (sistein- glisin- glutamik asit) tripeptid “glutasyon”, kolayca “glutasyon disülfid”e okside olur. Hamurda glutasyon ve gluten molekülleri arasında sülfidril-disülfid değişimi görülür (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Glutasyonla gluten yapısının indirgenmesi (Schuler, 1982)

2.3.3.1 Potasyum Bromat

Potasyum Bromat 1980’li yılların ortalarına kadar tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir hamur geliştiricidir. Günümüzde ise bromatların güvenilirliği tüketicilerin ekmekte kullanılmasına gösterdiği tepki ve yasal düzenlemeler nedeniyle azalmaktadır (Labell, 1993; Yamada, 1994). Bromat, sisteinin sülfidril gruplarını molekül içi ve moleküller arası disülfid bağlarına çevirerek etki etmektedir. Bu değişimin sonucunda protein stabilitesi ve fermentasyon toleransı artmaktadır. Bu etki yeni öğütölmüş unlarda, yüksek proteinli unlardan daha fazla kendini göstermektedir. Yavaş etkili olan potasyum bromat düşük Ph ve yüksek sıcaklıkta aktif olmaya başlayan bir oksidan olduğundan etkisini son fermentasyonda ve pişme işleminin başında göstermektedir. Potasyum bromatın uzun dönem kanserojenlik testi çalışmaları sonucu, 1995 yılında JECFA (Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi)’nin 44. toplantısında, bu maddenin kanserojen olduğu ve un katkı maddesi olarak kullanımına uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Popper, 2000).

ABD’de 1991 yılından itibaren unlu mamül üreticileri gönüllü olarak bromat kullanımına son vermişlerdir. Ülkemizde bromat kullanımına izin verilmemektedir. Avrupa’da ise sadece ihraç edilen unlarda kullanılmaktadır.

Ayrıca potasyum bromat, vitamin A, B₂, E ve niasinin bozunmasına neden olur. Bu nedenle bromat tuzları kullanımının sağlıklı beslenme açısından da önemli oranda zararı söz konusudur (Schuler, 1982).

2.3.3.2. Benzoil Peroksit

Taze öğütülmüş unlarda ksantofil grubu pigmentler una sarımsı rengi vermektedir. Un doğal olgunlaştırma sürecinde belli ölçüde kendiliğinden beyazlamaktadır. Ancak piyasada daha beyaz una olan talep nedeniyle benzoil peroksit un pigmentlerini beyazlatmak için kullanılmaktadır. Benzoil peroksit undaki beyazlatıcı etkisini 48 saat içinde göstermektedir. Ayrıca gluten yapısı üzerinde de çok az da olsa kuvvetlendirici etkiye sahiptir.

JECFA'nın değerlendirmesine göre benzoil peroksit un katkı maddesi olarak 0-75 mg/kg un aralığında kullanılabilir. Uluslararası Kansere Araştırmaları Kurumu, IARC (1985) benzoil peroksidin deney hayvanlarında kansere neden olduğuna dair sınırlı ve insanlarda kansere neden olduğuna dair yeterli kanıt olmadığına karar vermiş ve bu maddenin insanlar için kanserojen olduğu konusunda bir değerlendirme yapılamayacağını rapor etmiştir. AB ülkelerinde kullanımı yasaktır. İngiltere'de 1995'ten itibaren kullanımdan kaldırılmıştır (Popper, 2000). Ülkemizde de aynı şekilde un ve unlu mamullerde kullanımına izin verilmemektedir.

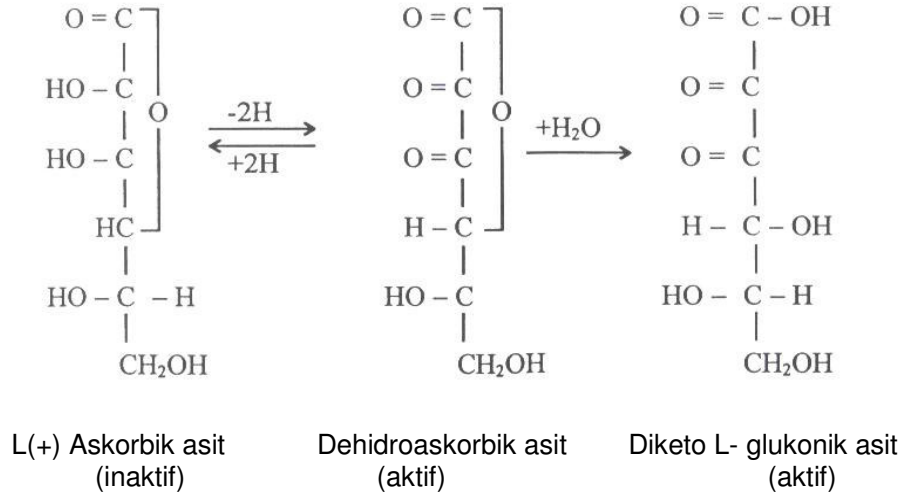
2.3.3.3. Askorbik asit

Askorbik asitin kimyasal isim ve sinonimleri aşağıda verilmiştir:

EEC No : E 300
INS No : 300
Ascorbic acid
Vitamin C
L-ascorbic acid
2,3-didehydro-L-threo-hexono-1,4-lactone 3-keto-L-gulofuronolactone

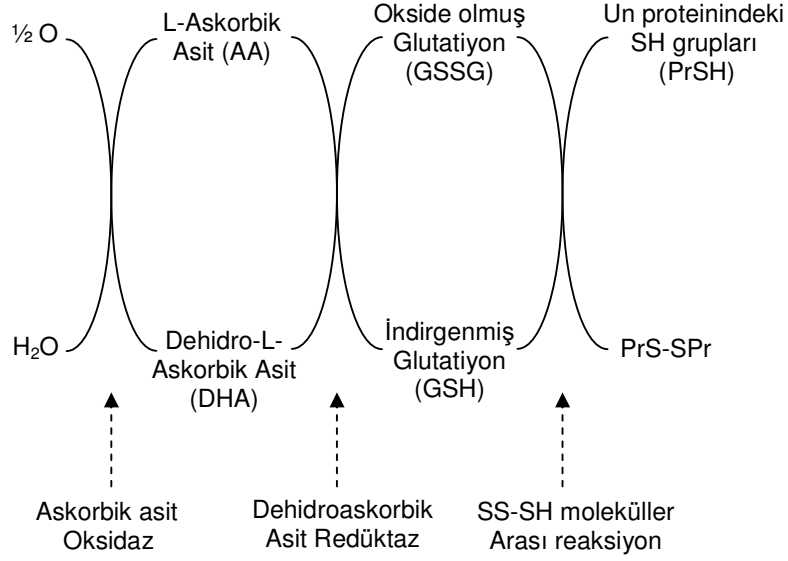
Kimyasal formülü : C₆H₈O₆
Molekül ağırlığı : 176,13
Çözünürlük : 1 gr madde 3 ml suda, 30 ml alkolde çözülür. Kloroform, benzen ve eterde çözünmez.
pH : 2.4-2.8 (1/50 solüsyonunda)

Askorbik asit uluslararası terminolojide vitamin C olarak adlandırılmaktadır. Altı karbonlu bir yapıya sahip olup glukoza benzer. Kapalı formülü $C_6H_8O_6$ olan bir ketolaktondur. L (+)-askorbik asit ve D (+)-askorbik asit olmak üzere iki şekli vardır. Kuru iken dayanıklı olmakla birlikte sudaki çözeltisinde kolaylıkla okside olur. L-askorbik asit oksitlenme ile iki hidrojen atomu kaybeder ve dehidroaskorbik asit meydana gelir. Uygun şartlarda dehidroaskorbik asidin redüksiyona uğramasıyla tekrar L-askorbik asit meydana gelir. Dehidroaskorbik asit tekrar okside olursa oksidasyon sonucu oluşan molekül L-diketoglukonik asit tekrar dehidroaskorbik aside indirgenemez ve vitamin aktivitesi kaybolur. Isı, ışık ve bakır gibi bazı maddeler özellikle alkali ortamda C vitamininin kolaylıkla okside olmasına yol açar (Park, 1994).



Şekil 2.2. Askorbik asit oksidasyonu (Park, 1994).

L-askorbik asit hamur üzerinde iyileştirici bir etkiye sahiptir. Bu geliştirici etkinin askorbik asit için geri dönüşümlü bir redoks sistemi ve bunu takip eden, undaki sülfidril gruplarının oksidasyonu ile oluştuğu düşünülmektedir. Askorbik asit hamur yoğurma sırasında askorbik asit oksidaz ve ferrik iyonlar gibi inorganik katalizörlerin varlığı ile atmosferik oksijen etkisi ile dehidro-L-askorbik asit (DHA)'e okside olur. DHA redüktazın yardımıyla kendi içinde varolan glutatyonu okside eder. (Kuninori, 1993). Askorbik asidin hamurdaki oksidatif etkisi Şekil 2.3' te özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Askorbik asidin hamurdaki oksidatif etkisi (Kuninori, 1993)

Genel olarak bu mekanizma Askorbik asidin oksidaz veya diğer faktörlerin etkisiyle ekme hamurunda hızla dehidro-L-askorbik aside (DHA) oksitlenmesi, DHA'nın diğer oksitleyici ajanlar gibi sülfidril bileşenlerinin disülfidlere ($SH \rightarrow SS$) oksitlenmesi, böylece gluten dayanıklılığın artmasına neden olan moleküller arası bağların oluşması şeklinde kabul edilmektedir (Nishimura and Ohtsuru, 1989)

Askorbik asidin okside olmuş formu olan dehidro-L-askorbik asit, oksijenin hamur içine dahil edildiği yoğurma aşamasında oluşmaktadır. Ayrıca enzimler ve unda doğal olarak bulunan bileşenlerin, hamur gelişimi sırasında DHA oluşumu üzerine etkisi vardır. DHA glutenin sülfidril grupları ile reaksiyona girerek, disülfid bağları oluşturarak protein zincirleri ile bağlanır. Gluten ağı kuvvetlenir, hamur daha elastik hale gelir ve hamurun maya tarafından oluşturulan CO_2 'i tutma kapasitesini artırır. Oluşan gaz hücrelerinin bir araya gelmesi önlenir, ince, uniform, gözenekli ekme içi yapısı ile yüksek hacim sağlanır (Labell, 1993).

Ünal (1980) farklı oranlardaki C vitamininin hamurun reolojik özelliklerine etkilerini incelemiş ve C vitamininin hamurun ekstensogram özelliklerine olumlu etki yaptığını ve uzamaya karşı direncini arttırıp, uzama kabiliyetini azalttığını belirtmiştir.

Ayrıca C vitamini katkısının unun farinogram özelliklerine önemli bir etkisinin olmadığını, hamurda meydana gelen toplam gaz miktarını ise çok az da olsa olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiştir.

Un randımanı arttıkça katılacak askorbik asit miktarıda artmaktadır. Askorbik asidin işlem görmemiş unlarda daha etkili olduğu belirtilmektedir (Ünal, 1993). Değişik kullanım yolları vardır. Un fabrikalarında hız kontrollü dozaj makineleriyle, paketleme işleminden önce, saatte üretilen un miktarı dikkate alınarak dozajlanmakta iken fırınlarda; ya doğrudan tartılmış una, ya da hamur hazırlamada kullanılan hamur suyuna çözülmüş olarak katılır. Hazırlanmış çözelti kullanımının pratik avantajları vardır. Ekleme otomatikleştirilebilir. Yoğurma sırasında askorbik asidin üniform dağılımı sağlanır (Schuler, 1982).

Kimyasal yapısına bağlı olarak saf askorbik asit, az miktarda oksidasyona uğramaya ve yapısal bozunmaya eğilimlidir. Askorbik asit serin ve karanlık yerde, hava sızdırmaz kaplarda depolanmalıdır. Bu koşullar altında yıllarca stabil kalabilir. Askorbik asit unla ya da diğer katkıları içeren unlarla karıştırıldığında, oda sıcaklığında depolama sırasında stabil kalır. Bu koşullarda kayıp % 3-10'dur. Sulu çözeltilerdeki askorbik asit sınırlı bir stabiliteye sahiptir. Uygun olmayan koşullarda karışım halindeki katılarda bulunan askorbik asit, oksijen ve oksitleyici maddelerle DHA'e bozunabilir (Schuler, 1982).

Avrupa ve Amerika'daki fırıncılık endüstrisinde un kalitesi, ekmek tipi ve üretim koşulları gibi konularda büyük farklılık olsa da, askorbik asit fırıncılar tarafından yeni hazırlanan hamur geliştiriciler içinde önemli rol almaktadır. Çeşitli Latin Amerika ülkeleri ve Avrupa'nın çoğunluğunda askorbik asit izin verilmiş tek hamur geliştiricidir. Genellikle GMP (teknolojinin gerektirdiği kadar) olarak kullanılır, belirli bir sınırlayıcı doz yoktur ya da her 100 kg una 20 g'a kadar izin verilmektedir (Labell, 1993).

JECFA, askorbik asidi A kategorisine almıştır. Bu kategorideki katkıları JECFA tarafından tam olarak incelenmiştir (Schuler, 1982). ADI (Acceptable Daily Intake, alınması kabul edilebilir) değerleri verilmiştir. Toksikolojik sınırlama yoktur.

Askorbik asit için ADI değeri 15 mg/kg'dır EC (European Community, Avrupa Birliği)'nin yasal düzenlemeleri içinde Askorbik asit antioksidan (E300) olarak izin verilmiştir (Schuler, 1982).

Ülkemizde askorbik asidin un işlemlerinde kullanım miktarı 7 Haziran 1990 tarih ve 20541 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak Yürürlüğe giren Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre 75 mg/kg'dır (Anonymous, 1990).

2.3.4. Oksidazlar

Oksidazlar, hamur bileşiminde bulunan çeşitli maddelerin oksidasyonunu sağlayan enzimlerdir. Ekmek yapımında kullanılan oksidazların başlıcaları; lipoksijenaz ve (E.C 1.13.11.12), glukoz oksidaz (EC 1.1.3.4)'dir.

2.3.4.1. Lipoksijenazlar

Buğday embriyosunda lipoksijenazın başlıca üç izoenzim formu saptanmış olup (L-1, L-2, L-3), L-3 lipoksijenaz , bu üç izoenzim arasında en yüksek aktiviteye sahip olanıdır. Lipoksijenaz buğdayda embriyo ve skutellumda bulunur. (Stauffer, 1987; Hamer, 1995).

Lipoksijenazlar, serbest veya bağlı haldeki yağ asitlerini okside edip serbest kökçeler ve hidroperoksitler oluştururlar. Oluşan bu peroksitler buğday unundaki hem sarı karotenoid pigmentlerini hem de doymamış yağ asitlerini (linoleik ve linolenik) oksijen varlığında oksitleyerek unların ağarmasına neden olur. Ayrıca hamurun yoğurulması esnasında disülfid bağlarının da oluşumunu sağlarlar (Kruger et al., 1991; Hamer, 1995; Özer, 1998; Temiz,1998).

Lipoksijenazların, hamur geliştirici olarak, hamura yüksek bir yoğurma toleransı kazandırdığı ve hamurun reolojik özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir (Kruger and Reed, 1988; Matz, 1992; Hamer, 1995). Birçok araştırmacı, soya unu katkısı ile unun su absorpsiyonunun arttığını, yoğurma süresinin azaldığını, fermentasyon süresinin azaldığını ve hamur kuvvetlendirici olarak kullanılan surfaktanların performansının arttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, daha yüksek bir ekmek hacmi sağladığı ve ekmeğin bayatlamasını geciktirdiği bildirilmiştir (Morrison,1988; Hamer ,1995).

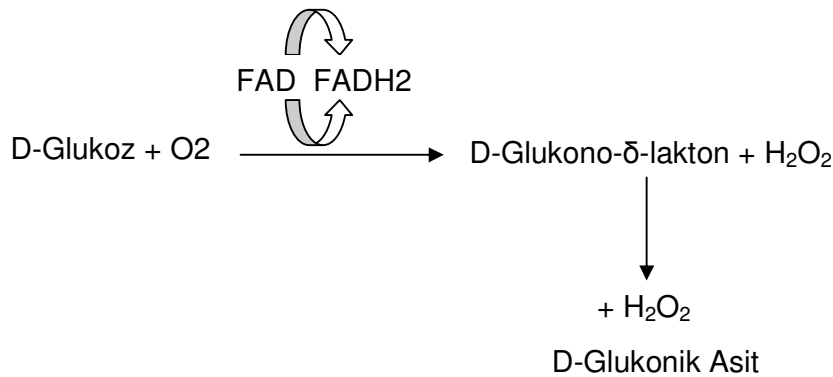
Lipoksijenazlar gıdalarda istenmeyen etkiler de gösterirler. Bunlar; oksidatif tat ve aroma bozulmaları, vitaminlerde ve proteinlerde oksidatif parçalanmalar ve temel yağ asitlerinin (linoleik, linolenik ve arışidonik asit) oksidasyonu şeklinde özetlenmiştir (Linko and Linko,1988; Temiz,1998). Optimum pH 6.5 ve kullanım miktarı %0.5-1'dir.

2.3.4.2. Glukoz Oksidaz

Ekmek yapımında kullanılan oksido-redüktaz enzimlerinden biri olan glukoz oksidaz (β -D-glukoz; oksijen-l-oksiredüktaz; EC 1.1.3.4), glikozu oksidasyona uğratarak hidrojen peroksit oluşturmaktadır. Oluşan hidrojen peroksit gluten proteinlerinde bulunan sülfidril (-SH) gruplarına etkiyerek disülfid bağlarının oluşumunu sağlar ve hamur yapısını kuvvetlendirir (Liao et al., 1998; Wikström and Eliasson, 1998; Miller and Hosney, 1999).

Glukoz oksidaz, glukozun glukonik asit ve H_2O_2 'ye oksidasyonu tepkimesinde katalizör olarak yer alır (Aiba et al., 1973; Milson and Meers,1985). Bu katalitik oksidasyon (Şekil 2.4) glukoz oksidazın içerdiği flavin adenin dinükleotid (FAD) kofaktöründeki bir redoks değişimi ($FAD \leftrightarrow FADH_2$) sayesinde meydana gelir (Kilara and Shahani, 1985; Haouz et al., 1998; Nakabayashi et al., 2002).

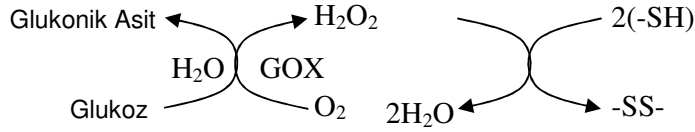
Bu tepkime hamurun yoğurulması sırasında atmosferik oksijenin etkisiyle gerçekleşir (Hamer, 1995).



Şekil 2.4. D-Glukoz'un glukoz oksidaz tarafından oksidasyonu

Glukoz oksidazın etkisiyle oluşan H_2O_2 'in gluten proteinlerindeki sülfidril (-SH) gruplarını oksitleyerek disülfid (-SS-) bağları oluşturduğu (Şekil 2.2) ve bu suretle gluten ağını kuvvetlendirdiği bildirilmektedir (Poulsen and Hostrup,1998).

D-glukozu okside edici özelliğe sahip olan glukoz oksidazın ekmekçilikte kullanımı henüz yenidir. Glukoz oksidazın, hamurun yapısını geliştirdiği (Vemulapalli et al., 1998), viskozitesini ve elastikiyetini arttırdığı, ayrıca ekmekte etkili bir hacim artışı sağladığı saptanmıştır (Miller and Hosenev, 1999). Haarasilta et al. (1989), Sato et al. (1992); söz konusu enzimin, hamurun işleme toleransını artırdığını, iyi bir fırın sıçraması ve ekmek hacmi sağladığını, bu suretle, bromatların ve kısmen de yüzey aktif maddelerin yerlerini alabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 2.5. Glukoz oksidazın disülfid bağları oluşumu üzerine etkisi

Aspergillus niger kökenli glukoz oksidazın etkinlik gösterdiği optimum sıcaklık derecesinin 40-50°C, optimum pH değerinin ise 4.5-6.0 olduğu bildirilmektedir (Anonymous, 2002).

Glukoz oksidaz tarafından üretilen H_2O_2 'in, peroksidazla birlikte, unun suda çözünür pentozanları oksidasyona uğratarak jel oluşumuna neden olduğu ve glukoz oksidazın hamurdaki kurutucu etkisinin bu sayede gerçekleştiği düşünülmektedir (Vemulapalli et al., 1998).

Glukoz oksidazın hamur (yoğurulduktan 2 dakika sonra) özellikleri üzerine etkisi incelendiğinde; hamurun kuruluğunda, kabarmasında ve elastikiyetinde belirgin bir artış sağladığı, ancak uzayabilirliği üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı saptanmıştır. Glukoz oksidaz ile hazırlanan hamurların deformasyona ve uzamaya karşı dirençlerinin kontrolden ve diğer örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiş olup; bu etki durumu, glukoz oksidazın disülfid bağları oluşturucu etkisine, dolayısıyla hamurun kuvvetlenmesine bağlanmaktadır (Hilhorst et al., 1999). Aynı çalışmada, elde edilen bulgular incelendiğinde; glukoz oksidazın yalnız başına hamurun fermentasyon stabilitesini ve ekmek (yuvarlak) şeklini belirgin bir şekilde geliştirdiği, özgül hacim üzerinde çok az (% 4) bir artış sağladığı, ancak ekmek içi strüktürü üzerinde belirgin bir iyileştirici etkisinin olmadığı saptanmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Araştırmada iki farklı un fabrikasından biri zayıf diğeri ise kuvvetli olmak üzere Tip 550 un örnekleri kullanılmıştır. Denemelerde kullanılmak üzere Merck firması ürünü saf L-askorbik asit, *Aspergillus oryzae* kökenli ve AB Enzymes (Rajamaki, Finlandiya) üretimi olan 60.000 SKB'lik fungal α -amilaz Veron M4, yine aynı firma üretimi saf hemiselülaz-pentozanaz enzimi Veron 191, DSM (MA Delft, Hollanda) üretimlerinden 1500 SR Ünitesi/g düzeyinde aktiviteye sahip glikoz oksidaz preperatı, Merk (Ankara, Türkiye) üretimi yağsız soya unu ve Novozyme (Bagsvaerd, Danimarka) imalatı *Aspergillus oryzae* 'dan elde edilen lipaz enzimi "Lipopan F" temin edilmiştir.

3.2. Metod

3.2.1. Rutubet miktarı tayini

Rutubet miktarı ICC-Standart No. 110-1 (Anonymous 1976) metoduna göre belirlenmiştir.

3.2.2. Kül miktarı tayini

Kül miktarı ICC-Standart No. 104 (Anonymous 1960a) metoduna göre belirlenmiştir.

3.2.3. Yaş gluten (yaş öz) miktarı tayini

Yaş gluten miktarı tayinlerinde AACC-Metot No. 38-12A (Anonymous 1990) metodu esas alınmıştır.

3.2.4. Gluten indeks tayini

Gluten İndeks tayininde AACC-Metot No. 38-12A (Anonymous 1990) metodu esas alınmıştır.

3.2.5. Sedimentasyon değeri tayini

Sedimentasyon değeri ICC-Standart No. 116 (Anonymous 1960b) metoduna göre belirlenmiştir.

3.2.6. Modifiye sedimentasyon değeri tayini

Modifiye sedimentasyon değeri Köksel ve ark. (2000)' a göre belirlenmiştir.

3.2.7. Düşme sayısı (falling number) tayini

Düşme sayısı tayini ICC-Standart No. 107 (Anonymous 1960c) metoduna göre belirlenmiştir.

3.2.8. Alveo-Konsistograf eğrileri

Absorpsiyon değeri konsistografta belirlenen un rneklerinin Alveogram zellikleri AACC-Metod No. 54-30A (Anonymous 1990)' ya göre belirlenmiştir.

3.2.9. Ekmek yapma uygulamaları

Yapılan denemelerde AACC-Metot No.10-11 (Anonymous, 1990) yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Uygulamalarda kullanılmak üzere maya süspansiyonu 80 g yaş maya / litre, tuz zeltisi ise 60 g tuz (NaCl) / litre olacak şekilde 30 C'deki saf su kullanılarak hazırlanmıştır. %14 rutubet esasına göre 100 gram un yoğurucu kabına alınıp, hem maya süspansiyonundan hem de tuz zeltisinden 25 ml. İlaveler yapılmıştır. Böylece hamurların una göre % 2 maya ve % 1.5 tuz içermeleri sağlanmıştır. Farinografta belirlenen su absorpsiyon değerleri dikkate alınarak gereken su miktarı ilave edilmiştir.Yoğurma süreleri ise zayıf un için 40 saniye, kuvvetli un için ise 70 saniye olarak belirlenmiştir.

Denemeler paralel çalışılarak yürütülmüş olup, yoğurma işleminden sonra ilk fermentasyon süresi 30 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Fermentasyon 30 C'de ve %80 nisbi rutubette National M.F.G. Co. (Lincoln, Nebraska, ABD) firması tarafından üretilen fermentasyon dolabında yapılmıştır. İlk fermentasyonun bitiminden sonra birinci havalandırma, ikinci havalandırma ve şekil verme ise yoğurmadan 60 dakika sonra yapılmıştır. Son fermentasyon süresi ise 55 dakika olarak belirlenmiştir.

Pişirme “Despatch” firması tarafından üretilen elektrikli fırında 225° C de 25 dakikada yapılmıştır.

Ekmeklerin hacimleri pişirme işlemi bittikten 1 saat sonra National M.F.G.Co. (Lincoln, Nebraska, ABD) hacim lme cihazında kolza tohumu kullanılarak ml olarak ölçülmüştür. Daha sonra ekmek ağırlıkları saptanmıştır.

Ekmeklerin simetri durumu 5.0, ekmek içi rengi, ekmek içi yumuşaklığı ve ekmek içi gözenek yapısı 10.0 tam puan üzerinden değerlendirilmiştir.

3.2.10. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler

Ekmek hacmi değerleri MSTAT-C istatistik paket programı (Anonymous, 1988) kullanılarak tek faktörlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Farklar önemli bulunduğunda ortalamalar LSD (least significant difference) testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Un örneklerinin kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

Un örneklerinin bazı kalite özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kuvvetli unda yaş gluten değeri % 36.5, zayıf unda ise % 21.5 olarak ölçülmüştür. Gluten kalitesinin bir ölçüsü olan sedimentasyon ve modifiye sedimentasyon değerleri sırasıyla kuvvetli unda 36 ve 42 ml olarak bulunurken, zayıf unda bu değerler 21 ve 22 ml olarak tespit edilmiştir. Gluten indeks değerleri ise kuvvetli unda %89, zayıf unda ise %65 olarak belirlenmiştir. Undaki alfa amilaz aktivitesinin değerlendirilmesi için yapılan Düşme Sayısı analizlerinde bulunan değerler kuvvetli unda 492 sn, zayıf unda ise 456 sn olmuştur.

Analiz edilen unlar, ekmeklik kalite kriterleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapıldığında kuvvetli un olarak seçilen unun yaş gluten miktarı ve gluten kalitesinin optimum değerlerin üzerinde olduğu, zayıf unun ise optimum değerlerin altında gluten miktar ve kalitesine sahip olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi sedimentasyon değeri gluten kalitesinin ve hamur gaz tutma kapasitesinin bir ölçüsüdür. Sedimentasyon ve modifiye sedimentasyon değerleri incelendiğinde her iki unda da süne tahribatı olmadığı ancak kuvvetli unda sedimentasyon değeri iki saatlik bekleme süresinden sonra 36 ml' den 42 ml'ye çıkmış olup, bu parametre zayıf unda 21 ml'den 22 ml'ye yükselmiştir.

Çizelge 4.1. Unların bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

Un Örneği	Rutubet (%)	Kül** (%)	Yaş Gluten (%)	Gluten İndeks (%)	Sedimentasyon* (ml)	Modifiye Sedimentasyon* (ml)	Düşme* Sayısı (sn)
Zayıf Un	15.2	0.56	21.5	65	21	22	456
Kuvvetli Un	14.5	0.54	36.5	89	36	42	492

* %14 nem esas alınmıştır.

** Kurumadde üzerinden

Undaki alfa amilaz aktivitesi hakkında bilgi veren düşme sayısı değerleri her iki unda da yüksek çıkmış olup, bu durum her iki unda da alfa amilaz aktivitesinin yetersiz olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile undaki alfa amilaz aktivitesini artırmak ve istenilen ekmek hacmi, gözenek ve kabuk yapısına ulaşılabilmek için , dışarıdan alfa amilaz enzimi ilavesi gereklidir.

Undaki kül miktarları kuvvetli un için %0.54, zayıf un için ise %0.56 bulunmuştur. Tip 550 ekmeklik buğday unu olarak üretilen her iki undan kuvvetli olanı % kül değeri olarak bu sınıflandırmanın içerisinde yerini bulurken, zayıf undaki % kül oranı olması gereken maksimum kül oranından %0.01 fazla bulunmuştur.

4.2. Un örneklerinin reolojik özellikleri

Araştırmada kullanılan un örneklerinin reolojik özellikleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Reolojik özellikler Chopin Alveograf-Konsistograf cihazında analiz edilmiştir. Alveo-konsistograf, unun su kaldırma kapasitesinin ölçülmesini, hamurun yoğurma sırasındaki davranışlarının belirlenmesini ve tek bir cihazla hem klasik Alveograf çalışması (AlveoCH; unun % rutubetine göre su ilave edilerek) yapılmasını hem de su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unlarda Alveograf çalışmasının yapılmasını (Alveo AH) olanaklı kılmaktadır.

Çizelge 4.2 incelendiğinde görülebileceği gibi zayıf un örneğinde su absorpsiyon değeri % 61.1, Chopin protokolüne göre düzeltilmiş absorpsiyon değeri ise %60.2 olarak bulunmuştur. Bu değerler kuvvetli un örneğinde ise sırasıyla %62.1 ve %61.1'dir.

Zayıf un örneğinde hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (T) 49 mm H₂O iken bu değer kuvvetli un örneğinde 82 mm H₂O olarak ölçülmüştür. Hamur uzama değeri (A) zayıf un örneğinde 81 mm iken kuvvetli un örneğinde 71 mm olarak ölçülmüştür.

Hamurun uzamaya karşı gösterdiği direncin, hamur uzama değerine oranı olan T/A değerleri ise zayıf un için 0.60, kuvvetli un için ise 1.15'tir. Pratikte, ekmeklik unlarda T/A değerinin ideal kabul edildiği oran 1'dir. 1 ile 2 aralığındaki T/A değerleri kabul edilebilir bir aralık ifade ederken bu oran 1'den daha düşük olduğunda unun fermentasyon toleransının zayıf olabileceği ve bu oran 2'den daha büyük olduğunda ise sıkı hamur yapısı ile ilgili sorunların ortaya çıkabileceği beklenmektedir.

Bu oran aynı zamanda hamurun işlenebilirliği ile ilgili olarak verdiği sonuçlar nedeni ile teknolojik olarak oldukça önemli bir değerdir. Bu anlamda her iki un örneği arasında bir kıyaslama yapıldığında zayıf un örneğinin T/A oranının 1'den düşük olması nedeniyle fermentasyon toleransının azlığı ve fırında işlenebilirliği ile ilgili sorunları beraberinde taşıma olasılığı yüksek iken, kuvvetli un örneğinde bu değer 1.15 olup olması istenilen aralıktadır (Faridi et al., 1987).

Unların kalitesi hakkında önemli bilgiler veren ve ekmeklik enerji değeri olarak adlandırılan Fb değerleri incelendiğinde ise zayıf un için 122×10^{-4} J, kuvvetli un için ise 184×10^{-4} J olarak belirlenmiştir. Enerji değeri, un örneğinin ekmeklik kalitesinin bir ifadesidir. Gluten miktarı ve gluten kalitesi bu değeri etkileyen en önemli faktörlerdir.

Her iki un numunesinin reolojik özellikleri kıyaslandığında kuvvetli un numunesinin, zayıf un numunesine göre daha iyi Alveograf sonuçları verdiği ortadadır. Alveograf grafiğinde, teknolojik olarak önemli sonuçlar ifade eden T, A, T/A ve Fb değerleri incelendiğinde kuvvetli un örneğinin zayıf un örneğine göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Katkısız un örneklerinin reolojik özelliklerinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD 2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10^{-4} J)	lec
Zayıf Un	61.1	60.2	49	81	20.0	0.60	122	46.5
Kuvvetli Un	62.1	61.1	82	71	18.8	1.15	184	45.2

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

lec : Elastikiyet indeksi

4.3 Katkı İlavasının Un Örneklerinin Alveogram Özellikleri Üzerine Etkileri

4.3.1. L-askorbik asitin etkisi

Bu çalışmada, L-askorbik asit üç farklı dozda (20 ppm, 40 ppm, 60 ppm) katkısız un örneklerine homojen bir karışım oluşturacak şekilde ilave edilmiştir. Kullanılan her doz için Konsisto-CH ve Alveo-AH grafikleri çizdirilmiştir ve Alveolink NG vasıtasıyla gerekli tüm değerler sayısal olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3'te de görülebileceği gibi L-askorbik asit, kuvvetli un örneğinde 20 ppm dozda kullanıldığında T değerini 82 mm H₂O' dan 88 mm H₂O'ya çıkarmış olup %7.3 artırmıştır. İlave doz 40 ppm olduğunda T değeri 90 mm H₂O' ya ulaşmış olup değişim oranı % 9.7'dir. Kullanılan üçüncü doz olan 60 ppm'de ise T değeri %10.9 artarak 91 mm H₂O olarak belirlenmiştir. Kuvvetli un örneği için bu durum genel olarak değerlendirildiğinde, L-askorbik asitin kullanım miktarı arttıkça hamur direncininin arttığını söylemek mümkündür.

Uzama değerinde (A) meydana gelen değişim incelendiğinde ise L-askorbik asit'in 20 ppm ilave dozunda 71 mm'den 68'e, 40 ppm ilave dozunda 66 mm' ye ve 60 ppm ilave dozunda ise 65 mm' ye düştüğü tespit edilmiş olup azalma oranları sırasıyla % 4.2, % 7.0 ve % 8.4 olarak gerçekleşmiştir.

Ekmeklik enerji değeri (Fb) ise L-askorbik asitin artan dozlarıyla ile birlikte yükselmiştir. Katkısız un örneğinde bu değer 184 x10⁻⁴ J iken sırasıyla 192, 195 ve 199 x10⁻⁴ J olarak bulunmuştur ve değişim sırasıyla %4.3, %5.9 , %8.1 olarak tespit edilmiştir.

Zayıf un örneğinde yapılan analizlerin sonuçları ise Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (T), katkısız unda 49 mm H₂O iken 20 ppm kullanımda 58 mm H₂O, 40 ppm kullanımda 61 mm H₂O ve 60 ppm kullanımda 65 mm H₂O olmuştur. Meydana gelen artış ise sırasıyla % 18.3, % 24.4 ve % 32.6'dir.

Hamur uzama değeri (A) ise katkısız unda 81 mm iken, L-askorbik asitin artan dozlarıyla birlikte bu değer sırasıyla 73, 72 ve 71 mm olmuştur. Azalma miktarı ise sırasıyla % 9.8, % 11.1 ve % 12.3 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	62.1	61.1	82	71	18.8	1.15	184	45.2
L-askorbik asit, 20 ppm	61.2	60.2	88	68	18.1	1.29	192	45.5
L-askorbik asit, 40 ppm	61.0	60.0	90	66	18.0	1.36	195	45.7
L-askorbik asit, 60 ppm	61.1	60.1	91	65	17.9	1.40	199	46.2

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

Çizelge 4.4. Zayıf un örneğinde L-askorbik asit etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	61.1	60.2	49	81	20.0	0.60	122	46.5
L-askorbik asit, 20 ppm	60.6	59.0	58	73	20.6	0.79	137	47.5
L-askorbik asit, 40 ppm	60.4	58.8	61	72	20.2	0.67	152	47.2
L-askorbik asit, 60 ppm	60.3	58.7	65	71	18.8	0.92	153	48

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

Ekmeklik enerji değeri ise 122×10^{-4} J'den sırasıyla 137, 152 ve 153×10^{-4} J değerlerine yükselmiştir. %12.3, 16.4 ve %17.2 artan dozajlarla birlikte meydana gelen % artış oranlarıdır.

Sonuç olarak L-askorbik asit'in her iki un için de söyleyebileceğimiz ortak etkilerini şu şekilde değerlendirmek mümkündür;

Kullanım dozu arttıkça hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (T) değerleri artış göstermektedir. Bu durum L-askorbik asitin gluten proteinlerinde gerçekleştirdiği oksidasyon sonucu oluşan disülfid bağlarının yapıyı daha kuvvetli hale getirmesiyle açıklanabilmektedir. Hamurun uzama yeteneği (A) ise askorbik asitin hamur reolojik özellikleri üzerindeki karakteristik etkisinin bir sonucu olarak kullanım miktarı arttıkça düşüş göstermektedir. Dolayısı ile gluten dengesi olarak ifade edilen T/A değerleri de artan L-askorbik asit dozları ile beraber artmaktadır. Benzer artış ekmeklik enerji değerlerinde de görülmektedir.

4.3.2. Glukoz oksidaz etkisinin belirlenmesi

Bu çalışmada L-askorbik asit yerine benzer oksidatif etkiye ulaşmak amacıyla glukoz oksidaz enzimi 10 ppm, 20 ppm ve 30 ppm dozlarında çalışılmıştır. Uygulanan her doz için Konsisto-CH ve Alveo-AH grafikleri çizdirilmiştir ve Alveolink NG vasıtasıyla gerekli tüm değerler sayısal olarak tespit edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5'te kuvvetli unda yapılan uygulamaların sonuçları yer almaktadır. Buna göre glukoz oksidaz enzimi 10 ppm kullanıldığında hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (T) değeri 82 mm H₂O' dan 83 mm H₂O'ya yükselirken, hamurun uzama değeri (A) 72 mm den 66 mm ye, ekmeklik enerji değeri (Fb) ise 184×10^{-4} J den 179×10^{-4} J e düşmüştür. Glukoz oksidaz 20 ppm kullanıldığında T değeri 82 mm H₂O' dan 84 mm H₂O' ya yükselirken A değeri 71 mm den 66 mm ye, Fb değeri ise 184×10^{-4} J den 180×10^{-4} J e düşmüştür. Kullanım miktarı 30 ppm olduğunda ise T değeri 82 mm H₂O'dan 86 mm H₂O'ya çıkarken, A değeri 71 mm den 65 mm ye, Fb değeri ise 184×10^{-4} J den 180×10^{-4} J e düşüş söz konusu olmuştur.

Çizelge 4.6'da ise zayıf unda yapılan denemeler gösterilmiştir. Zayıf unda 10 ppm glukoz oksidaz kullanımı sonucunda T değeri 49 mm H₂O'dan 56 mm H₂O'ya, 20 ppm kullanımda 55 mm H₂O' ya, 30 ppm kullanımda ise 57 mm H₂O'ya yükselmiştir. A değeri 10 ppm kullanım için 81 mm'den 82 mm'ye yükselirken 20 ppm'de 80 mm' ye ve 30 ppm kullanımda ise 79 mm' ye düşmüştür. Fb değerinde ise 10 ppm için 122 x10⁻⁴ J'den 138 x10⁻⁴ J' e, 20 ppm'de 134 x10⁻⁴ J'e, 30 ppm'de ise 136 x10⁻⁴ J' e yükselme sözkonusudur.

Sonuç olarak glukoz oksidaz enziminin reolojik etkisi değerlendirildiğinde hem zayıf hem de kuvvetli unda kullanım miktarı arttıkça hamur direncinde bir artış sözkonusu olmuştur. Bu durum glukoz oksidazın etkisiyle oluşan H₂O₂'nin gluten proteinlerindeki sülfidril (-SH) gruplarını oksitleyerek disülfid (-SS-) bağları oluşturması ve bu suretle gluten ağını kuvvetlendirerek hamur direncini artırması ile açıklanabilmektedir (Poulsen and Hostrup 1998, Ameille et al. 2000 b). Hamur uzama değeri ise glukoz oksidazın artan dozu ile birlikte, kuvvetli unda az da olsa bir düşüşe neden olurken, enzimin farklı kullanım miktarlarının kendi aralarında A değeri üzerindeki etkileri incelendiğinde önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır.

Zayıf unda ise yine kullanım miktarı arttıkça hamur direncinde yükselme sözkonusu iken, hamur uzama değerinde kuvvetli una oranla daha az bir düşme sözkonusu olmuştur yani glukoz oksidaz enzimi zayıf unda hamur direncini artırırken, L-askorbik asitin tersine hamur uzama değerinde bir düşüşe neden olmamıştır. Dolayısı ile hamurun işlenebilirliği noktasında L-askorbik asite oranla önemli bir avantaj sağlamaktadır. Glukoz oksidaz enzimi ekme miktarı enerji değerini ise kuvvetli unda ihmal edilebilir düzeyde azaltırken, zayıf unda artan kullanım miktarına göre sırasıyla %13.1, %9.8 ve % 11.4 oranlarında artışlara neden olmuştur.

Çizelge 4.5. Kuvvetli un örneğinde glukoz oksidaz etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	62.1	61.1	82	71	18.8	1.15	184	45.2
Glukoz oksidaz, 10 ppm	60.0	59.0	83	66	18.2	1.25	179	44.8
Glukoz oksidaz, 20 ppm	60.1	59.1	84	66	18.1	1.26	180	44.7
Glukoz oksidaz, 30 ppm	60.1	59.0	86	65	18.0	1.32	180	44.6

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

Çizelge 4.6. Zayıf un örneğinde glukoz oksidaz etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH		ALVEO AH					
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	61.1	60.2	49	81	20.0	0.60	122	46.5
Glukoz oksidaz, 10 ppm	60.1	59.0	56	82	20.2	0.68	138	46
Glukoz oksidaz, 20 ppm	60.3	59.2	55	80	19.9	0.69	134	45.8
Glukoz oksidaz, 30 ppm	60.4	59.3	57	79	19.8	0.71	136	45.9

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

4.3.3. Soya ununun (Lipoksijenaz enzimi) etkisi

Bu çalışmada lipoksijenaz enziminin reolojik etkisini görebilmek amacıyla enzimce aktif yağsız soya unu %0.2, %0.5 ve %1 oranlarında denenmiştir. Üzerinde çalışılan her doz için Konsisto-CH ve Alveo-AH grafikleri çizdirilmiştir ve hesaplanan değerler Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Kuvvetli unda soya ununun %0.2 kullanılmasıyla hamur direnci (T) değeri 82 mm H₂O' dan 86 mm H₂O'ya yükselmiş, hamur uzama değeri (A) 71 mm' den 65 mm' ye düşmüş ve ekmeklik enerjisi (Fb) ise 184 x10⁻⁴ J' dan 190 x10⁻⁴ J' a artmıştır. Soya ununun %0.5 kullanımında T değeri 82 mm H₂O' dan 88 mm H₂O'ya, Fb değeri 184 x10⁻⁴ J' dan 191 x10⁻⁴ J'a yükselirken A değerinde 71'den 64'e bir düşüş söz konusudur. %1 kullanımda ise T değeri 82 mm H₂O' dan 92 mm H₂O' ya , Fb değeri 184 x10⁻⁴ J' den 195 x10⁻⁴ J' e yükselirken A değeri 71 mm' den 62 mm' ye düşmüştür. Bu durum Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Zayıf unda soya ununun reolojik etkisi ise Çizelge 4.8'deki gibidir. Bu unda hamur direnci %0.2 kullanımda 49 mm H₂O' dan 56 mm H₂O'ya, ekmeklik enerjisi 122 x10⁻⁴ J'den 135 x10⁻⁴ J' e yükselirken hamur uzama değeri 81 mm' den 73 mm' ye düşmüştür. Kullanım oranı %0.5 olduğunda T değeri 49 mm H₂O' dan 59 mm H₂O' ya, Fb değeri 122 x10⁻⁴ J' den 148 x10⁻⁴ J'e yükselirken A değerinde 81 mm'den 71 mm' ye bir düşüş söz konusu olmuştur. %1 kullanım dozajında ise T değeri 49 mm H₂O' dan 63 mm H₂O' ya, Fb değeri ise 122 x10⁻⁴ J' den 151 x10⁻⁴ J' e yükselirken A değeri 81 mm' den 70 mm' ye düşmüştür.

Soya ununun reolojik özellikler üzerine etkisi genel olarak değerlendirildiğinde hem zayıf hem kuvvetli unda hamur direncini ve ekmeklik enerjisini artırdığı ancak hamur uzama değerini düşürdüğü görülmüştür. Soya ununun artan kullanım miktarları ile bu etkilerin de arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca zayıf undaki iyileştirici etkisinin kuvvetli una göre daha belirgin olduğu da dikkat çeken bir başka konudur. Yine bütün denemelerde diğer oksidanların tersine hamurun su absorpsiyon değerini artırdığı görülmüştür.

Çizelge 4.7. Kuvvetli un örneğinde soya unu (Lipoksijenaz) etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	62.1	61.1	82	71	18.8	1.15	184	45.2
Soya unu, %0.2	63.1	62.1	86	65	18.2	1.32	190	45.3
Soya unu, %0.5	63.3	62.2	88	64	18.1	1.37	191	45.4
Soya unu, %1	63.4	62.5	92	62	18.0	1.48	195	45.7

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

Çizelge 4.8. Zayıf un örneğinde soya unu (Lipoksijenaz) etkisinin Chopin Alveograf-Konsistograf'ta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	61.1	60.2	49	81	20.0	0.60	122	46.5
Soya unu, %0.2	62.1	61.2	56	73	20.4	0.76	135	47.5
Soya unu, %0.5	63.2	62.1	59	71	20.4	0.83	148	47.1
Soya unu, %1	63.4	62.2	63	70	19.8	0.90	151	48.1

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi

Iec : Elastikiyet indeksi

4.3.4. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren un örnekleri üzerindeki etkilerinin Alveo-Konsistografta belirlenmesi

L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun ayrı ayrı hem kuvvetli hem zayıf unda uygulanıp reolojik etkilerinin gözlemlenmesinden sonra belirlenen bir sabit katkı kombinasyonu ile beraber bu oksidanlar tekrar denenmiştir. Sabit katkı kombinasyonu 80 ppm pentozanaz ve 20 ppm lipaz enzimi içermektedir. Ayrıca kontrol dahil tüm örnekler 60 ppm fungal α amilaz içermektedir. Karışım 1 bu sabit katkı kombinasyonuna ilaveten 60 ppm L-askorbik asit, Karışım 2 sabit katkı kombinasyonuna ilaveten 30 ppm glukoz oksidaz, Karışım 3 ise sabit katkı kombinasyonuna ilave olarak %1 soya unu içermektedir. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu, çalışmanın ilk bölümünde iyi sonuç elde edilen dozlarda sabit katkı kombinasyonuna ilave edilmiştir. Bu katkı maddeleri kullanıldıkları maximum dozajlarda en iyi reolojik değerleri vermişlerdir.

Çizelge 4.9'da Karışım 1, Karışım 2 ve Karışım 3 ün kuvvetli unun reolojik özellikleri üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Buna göre Karışım 1 uygulandığında yani sabit katkı grubu ile beraber L-askorbik asit kullanıldığında hamur direnci 82 mm H₂O' dan 89 mm H₂O'ya (% 8.5), ekmeklik enerjisi 184 x10⁻⁴ J' den 195 x10⁻⁴ J' e (% 5.9) yükselirken, hamur uzama değeri ise 71 mm' den 67 mm' ye (% 5.6) düşmüştür.

Karışım 2'de ise sabit katkı grubu ile beraber glukoz oksidaz enzimi kullanıldığında hamur direnci 82 mm H₂O' dan 91 mm H₂O' ya (%11.1), ekmeklik enerjisi ise 184 x10⁻⁴ J' den 198 x10⁻⁴ J' e (% 7.6) yükselirken, hamur uzama değeri 71 mm' den 70 mm' ye (% 1.4) düşmüştür.

Karışım 3'ün etkisi incelendiğinde ise yine Çizelge 4.9'da görüldüğü üzere hamur direnci 82 mm H₂O' dan 86 mm H₂O' ya (% 4.8), ekmeklik enerjisi ise 184 x10⁻⁴ J' den 188 x10⁻⁴ J' e (% 2.1) yükselirken, hamur uzama değerinde 71 mm' den 64 mm' ye (% 9.8) düşüş görülmüştür.

Çizelge 4.10'da da görülebileceği üzere zayıf unda Karışım 1 uygulandığında yani sabit katkı grubu ile beraber L-askorbik asit en faydalı dozajında kullanıldığında hamur direnci 49 mm H₂O' dan 62 mm H₂O'ya, ekmeklik enerjisi 122 x10⁻⁴ J' den 158 x10⁻⁴ J'e yükselirken hamur uzama değeri ise 81 mm' den 75 mm' ye düşmüştür. Hamur direncinde %26.5 , ekmeklik enerjisinde %27.0'lük bir artış söz konusu iken hamur uzama değerinde %7.4 oranında bir düşme görülmüştür.

Karışım 2 çalışıldığında ise yani sabit katkı grubu ile beraber glukoz oksidaz enzimi kullanıldığında hamur direnci 49 mm H₂O' dan 60 mm H₂O'ya (% 22.4) , ekmeklik enerjisi 122 x10⁻⁴ J' den 159 x10⁻⁴ J' a (% 30.3) yükselirken , hamur uzama değeri 81 mm' den 80 mm' ye (%1.2) düşüş göstermiştir.

Karışım 3 ise diğer iki karışımdan farklı olarak lipoksijenaz aktivitesi ile zayıf unda hamur direncini 49 mm H₂O' dan 55 mm H₂O' ya (% 12.2), ekmeklik enerjisini 122 x10⁻⁴ J'den 155 x10⁻⁴ J' e (%27) artırırken, hamur uzama değerini 81 mm'den 72 mm' ye (% 11.1) düşürmüştür.

Çizelge 4.9. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneği üzerindeki etkilerinin Alveo-Konsistografta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH			ALVEO AH				
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	62.1	61.1	82	71	18.8	1.15	184	45.2
Karışım 1*	63.2	62.1	89	67	18.1	1.32	195	46.1
Karışım 2**	63.4	62.2	91	70	18.3	1.30	198	48.3
Karışım 3***	63.8	63.2	86	64	17.9	1.34	188	42.5

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi, 10⁻⁴ Joule

Iec : Elastikiyet indeksi

* Karışım 1 : 60 ppm L-askorbik asit, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

** Karışım 2 : 30 ppm glukoz oksidaz, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

*** Karışım 3 : %1.0 soya unu, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

Çizelge 4.10. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneği üzerindeki etkilerinin Alveo-Konsistografta belirlenmesi

Uygulamalar	KONSİSTO CH				ALVEO AH			
	WA (%)	HYD2000 (%)	T (mm H ₂ O)	A (mm)	Ex	T/A	Fb (10 ⁻⁴ J)	Iec
Katkısız Un	61.1	60.2	49	81	20.0	0.60	122	46.5
Karışım 1*	62.3	61.2	62	75	20.4	0.82	158	47.8
Karışım 2**	62.3	61.4	60	80	20.7	0.75	159	48.2
Karışım 3***	62.5	61.9	55	72	20.3	0.76	155	47.5

Konsisto CH : % Rutubete göre su ilave edilmiş unda yapılan konsistograf analizi

WA : % Rutubete göre su ilave edilen unda su kaldırma miktarı

HYD2000 : Chopin protokolüne göre su kaldırma miktarı

Alveo AH : Su kaldırma kapasitesi belirlenmiş unda yapılan Alveograf testi

T : Uzamaya karşı gösterilen direnç

A : Uzama değeri

T/A : Gluten dengesi

Fb : Ekmeklik enerjisi, 10⁻⁴ Joule

Iec : Elastikiyet indeksi

* Karışım 1 : 60 ppm L-askorbik asit, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

** Karışım 2 : 30 ppm glukoz oksidaz, , 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

*** Karışım 3 : %1.0 soya unu, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

4.4. Katkı maddelerinin un örneklerinin ekmeklik özellikleri üzerine etkileri

Kuvvetli un örneğine değişik dozlarda L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilave edilerek üretilen ekmek denemelerinin sonuçları sırasıyla Çizelge 4.11, 4.12, 4.13 te verilmiştir. Bu ekmek örneklerinin iç ve dış görünüş özellikleri ise Şekil 4.1.a ve 4.1.b de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	475	9.0	9.0	8.0
L-askorbik asit, 20 ppm	475	8.5	9.0	9.5
L-askorbik asit, 40 ppm	475	7.5	9.0	9.0
L-askorbik asit, 60 ppm	465	7.5	8.5	9.0
LSD (p<0.05)	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.
ÖD: Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur.

Çizelge 4.12. Kuvvetli un örneğinde glukozoksidaz ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

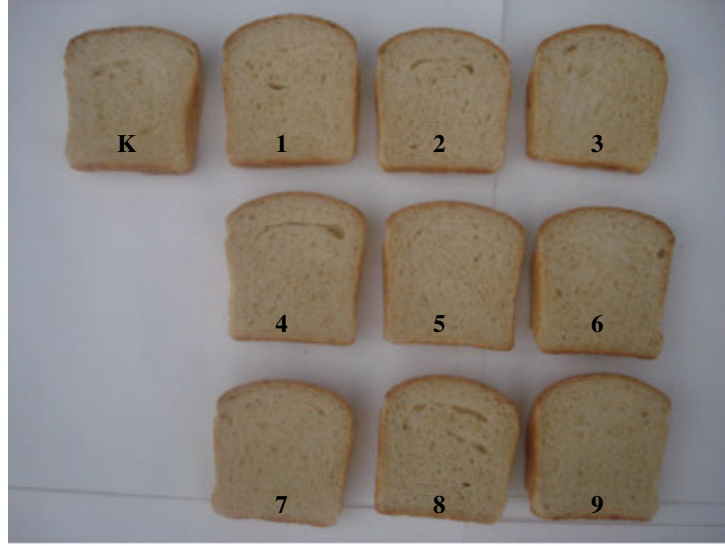
Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	475	9.0	9.0	8.0
Glukoz oksidaz, 10 ppm	490	9.5	9.0	8.5
Glukoz oksidaz, 20 ppm	475	9.0	9.0	8.0
Glukoz oksidaz, 30 ppm	465	8.5	8.5	8.0
LSD (p<0.05)	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.
ÖD: Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur.

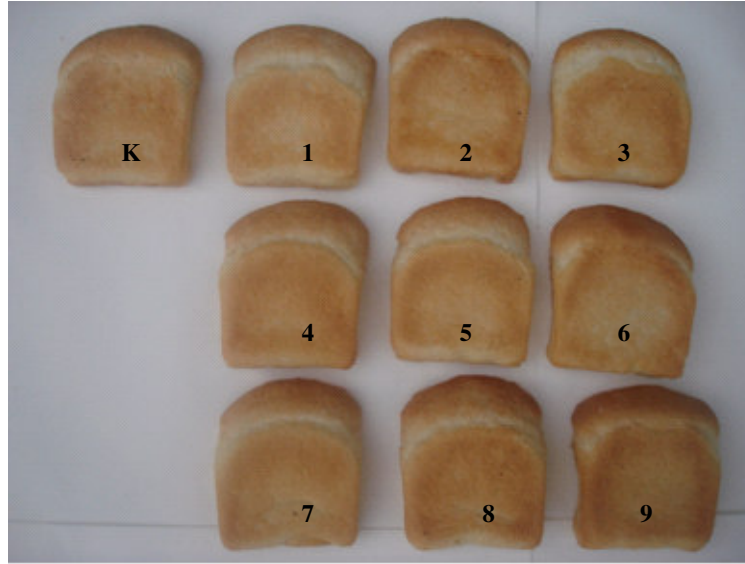
Çizelge 4.13. Kuvvetli un örneğinde soya unu ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	475	9.0	9.0	8.0
Soya unu, % 0.2	460	9.5	9.5	9.5
Soya unu, % 0.5	470	9.5	9.5	9.5
Soya unu, % 1	475	7.8	8.5	8.0
LSD (p<0.05)	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.
ÖD: Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur



Şekil 4.1.a. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun kuvvetli un örneğinde ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi



Şekil 4.1.b. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun kuvvetli un örneğinde ekmeklerin dış görünüşleri özellikleri üzerine etkisi

Kontrol (K) : Kuvvetli unun kontrol ekmeği

1, 2 ve 3 no'lu ekmekler : 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit kullanılan ekmekler

4, 5 ve 6 no'lu ekmekler : 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz kullanılan ekmekler

7, 8 ve 9 no'lu ekmekler : %0.2, %0.5 ve %1.0 soya unu kullanılan ekmekler

Kuvvetli una 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ekmek içi gözenek yapısında çok az düzeyde azalma, yumuşaklık değerinde biraz artış gözlenmiştir.

Kuvvetli una 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz enzimi ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, 10 ppm glukoz oksidaz enzimi ilavesinde ekmek hacminde bir miktar artış ve ekmek içi gözenek yapısında çok az iyileşme tespit edilmiştir. Ekmek içi rengi ve yumuşaklık değerinde belirgin bir değişim görülmemiştir.

Kuvvetli una %0.2, 0.5 ve 1.0 oranlarında soya unu ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, %0.2 ve 0.5 oranlarında soya unu ilavesinde ekmek içi gözenek yapısı, rengi ve yumuşaklık değerinde olumlu yönde değişimler gözlemlenmiştir. Soya ununun %1.0 oranında ilavesinde ise bu değerlerde azalma tespit edilmiştir.

Kuvvetli una ait deneme sonuçları birlikte değerlendirildiğinde bu üç katkı maddesi arasında ekmek hacmi değerlerini etkileme bakımından farklılık bulunmadığı, fakat glukoz oksidaz ve soya ununun düşük ilave oranlarının ekmek içi özelliklerini daha iyi etkilediği gözlemlenmiştir.

L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun iyi sonuç veren oranlarda sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneğine ilavesiyle elde edilen ekmeklerin kalite özellikleri Çizelge 4.14 de verilmiştir. Bu ekmek örneklerinin iç ve dış görünüş özellikleri ise Şekil 4.2.a ve 4.2.b de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneğinin ekmek özellikleri üzerindeki etkisi¹

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Katkısız un	475 b	9.0	9.0	8.0
Karışım 1**	505 a	10.0	10.0	10.0
Karışım 2***	515 a	10.0	10.0	10.0
Karışım 3****	513 a	10.0	10.0	10.0
LSD (p<0.05)	23.2			

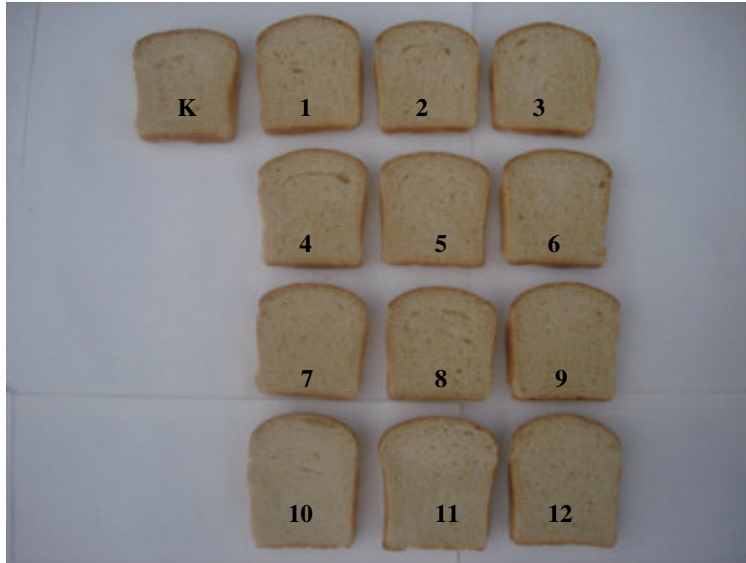
¹Aynı sütünde farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir

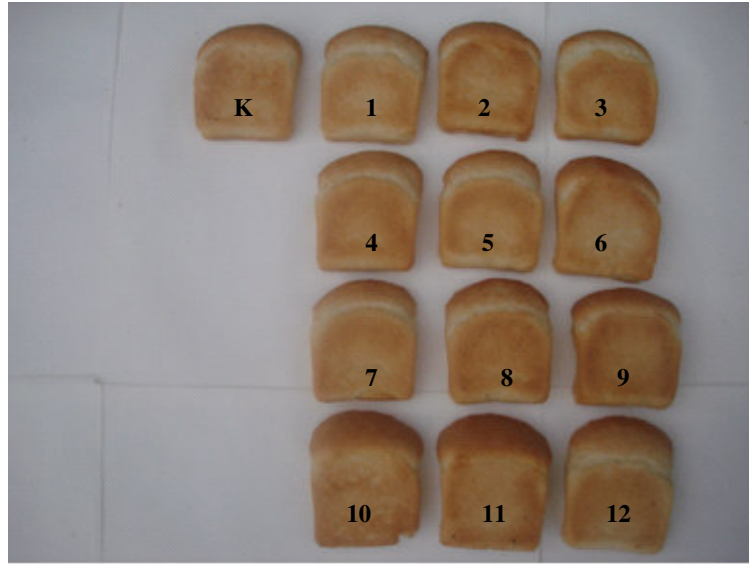
** 20 ppm L-askorbik asit, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

*** 10 ppm glikozoksidaz, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

**** % 0.5 soya unu, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz



Şekil 4.2.a. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi



Şekil 4.2.b. Kuvvetli un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmeklerin dış görünüş özellikleri üzerine etkisi

Kontrol (K) : kuvvetli unun kontrol ekmeği

1, 2 ve 3 no'lu ekmekler : 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit kullanılan ekmekler

4, 5 ve 6 no'lu ekmekler : 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz kullanılan ekmekler

7, 8 ve 9 no'lu ekmekler : %0.2, %0.5 ve %1.0 soya unu kullanılan ekmekler

10 nolu ekmek : 20 ppm L-askorbik asit + sabit katkı karışımı*

11 nolu ekmek : 10 ppm glukoz oksidaz + sabit katkı karışımı

12 nolu ekmek : %0.5 soya unu + sabit katkı karışımı

* sabit katkı karışımı : 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun iyi sonuç veren oranlarda sabit katkı kombinasyonu içeren kuvvetli un örneğine ilavesiyle elde edilen ekmeklerin ekmek hacimleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilave edilen ekmekler, ekmek hacmi bakımından kendi aralarında değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak fark bulunmasa da en yüksek değer glukoz oksidaz ilavesiyle elde edilmiştir. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilavesi sonucu ekmek içi gözenek yapısı, rengi ve yumuşaklık değerlerinde kontrol örneğine göre belirgin iyileşme gözlemlenmiştir.

Zayıf un örneğine değişik dozlarda L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilave edilerek üretilen ekmek denemelerinin sonuçları sırasıyla Çizelge 4.15, 4.16 ve 4.17’de verilmiştir. Bu ekmek örneklerinin iç ve dış görünüş özellikleri ise Şekil 4.3.a ve 4.3.b’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Zayıf un örneğinde L-askorbik asit ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	408	6.5	8.0	7.0
L-askorbik asit, 20 ppm	413	7.5	8.0	7.0
L-askorbik asit, 40 ppm	403	7.5	8.0	7.0
L-askorbik asit, 60 ppm	410	7.0	8.0	7.0
LSD (p<0.05)	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.
ÖD: Ortalamala arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur.

Çizelge 4.16. Zayıf un örneğinde glukozoksidaz ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

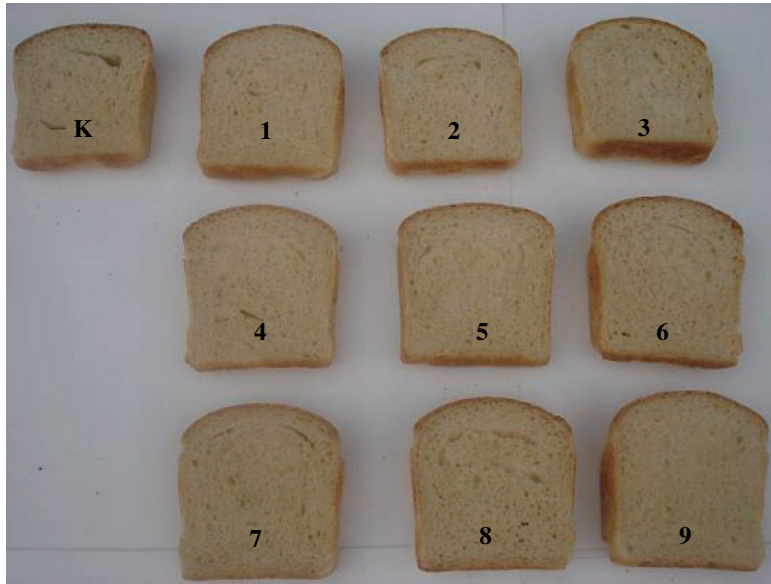
Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	408	6.5	8.0	7.0
Glukozoksidaz, 10 ppm	425	8.0	8.0	7.5
Glukozoksidaz, 20 ppm	405	7.5	8.0	7.5
Glukozoksidaz, 30 ppm	423	7.0	8.0	7.3
LSD (p<0.05)	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.
ÖD: Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur

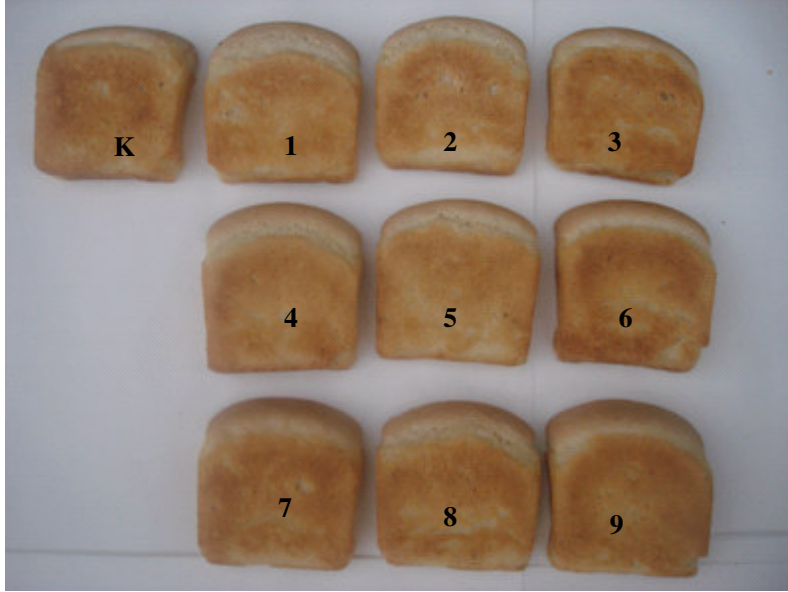
Çizelge 4.17. Zayıf un örneğinde soya unu (Lipoksijenaz) ilavesinin ekmek hacmi üzerine etkisi

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	408	6.5	8.0	7.0
Soya unu, % 0.2	395	7.5	8.0	7.0
Soya unu, % 0.5	410	7.5	8.3	7.0
Soya unu, % 1	393	7.5	8.0	7.0
LSD	ÖD			

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir
ÖD: Ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur.



Şekil 4.3.a. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unununun zayıf un örneğinde ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi



Şekil 4.3.b L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun zayıf un örneğinde ekmeklerin dış görünüşleri özellikleri üzerine etkisi

Kontrol (K) : zayıf unun kontrol ekmeği

1, 2 ve 3 no'lu ekmekler : 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit kullanılan ekmekler

4, 5 ve 6 no'lu ekmekler : 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz kullanılan ekmekler

7, 8 ve 9 no'lu ekmekler : %0.2, %0.5 ve %1.0 soya unu kullanılan ekmekler

Zayıf una 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ekmek içi gözenek yapısında artış gözlemlenirken, ekmek içi rengi ve yumuşaklık değerinde bir değişim görülmemiştir.

Zayıf una 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz enzimi ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, 10 ppm glukoz oksidaz enzimi ilavesinde ekmek hacminde bir miktar artış, ekmek içi gözenek yapısı ve yumuşaklık değerinde az da olsa bir iyileşme tespit edilmiştir. Ekmek içi renginde bir değişim görülmemiştir.

Zayıf una %0.2, 0.5 ve 1.0 oranlarında soya unu ilave edilerek üretilen ekmeklerde ekmek hacmi değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, kullanılan tüm oranlarda ekmek içi gözenek yapısında bir iyileşme sözkonusu olmuştur

Zayıf una ait deneme sonuçları birlikte değerlendirildiğinde bu üç katkı maddesi arasında glukoz oksidaz katkısının ekmek hacmini daha fazla arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca glukoz oksidazın ve soya ununun ekmek içi gözenek yapısını olumlu yönde geliştirdiğini söylemek mümkündür.

L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun iyi sonuç veren oranlarda sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneğine ilavesiyle elde edilen ekmeklerin kalite özellikleri Çizelge 4.18'de verilmiştir. Bu ekmek örneklerinin iç ve dış görünüş özellikleri ise Şekil 4.4.a ve 4.4.b' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneğinin ekmek özellikleri üzerindeki etkisi¹

Uygulamalar*	Ekmek Hacmi (ml)	Gözenek Yapısı	Ekmek içi rengi	Yumuşaklık
Kontrol	408 b	6.5	8.0	7.0
Karışım 1**	473 a	9.5	9.0	8.5
Karışım 2***	465 a	9.0	9.0	8.0
Karışım 3****	473 a	8.5	9.0	8.0
LSD (p<0.05)	23.2			

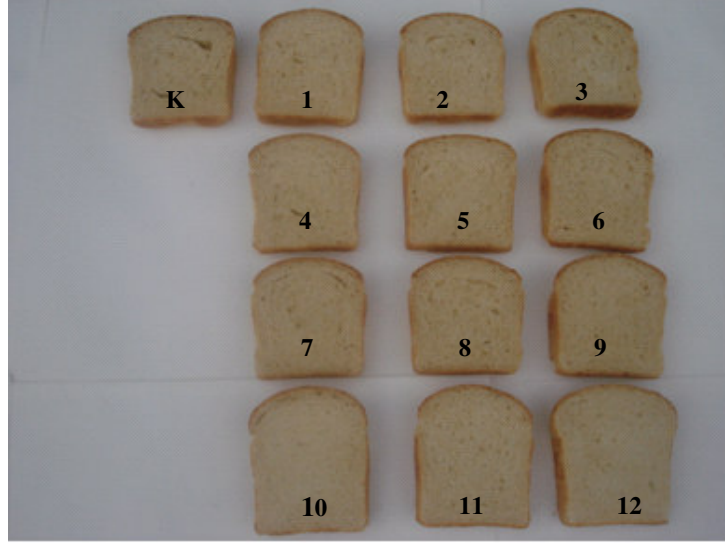
¹Aynı sütünde farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır

* Kontrol dahil bütün uygulamalarda 60 ppm fungal alfa amilaz ilave edilmiştir.

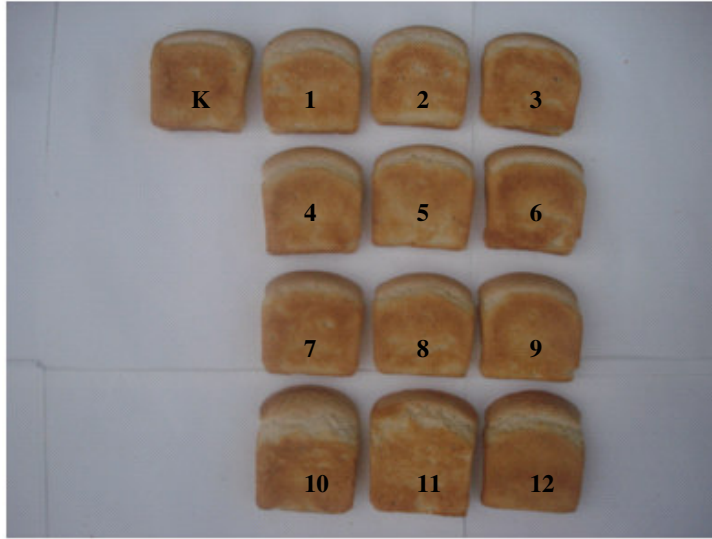
** 20 ppm L-askorbik asit, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

*** 10 ppm glikozoksidaz, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz

**** %0.5 soya unu, 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz



Şekil 4.4.a. Zayıf un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmek içi gözenek özellikleri üzerine etkisi



Şekil 4.4.b. Zayıf un örneğinde L-askorbik asit, glukoz oksidaz, soya unu ve katkı karışımının ekmeklerin dış görünüş özellikleri üzerine etkisi

Kontrol (K) : zayıf unun kontrol ekmeği

1, 2 ve 3 no'lu ekmekler : 20, 40 ve 60 ppm L-askorbik asit kullanılan ekmekler

4, 5 ve 6 no'lu ekmekler : 10, 20 ve 30 ppm glukoz oksidaz kullanılan ekmekler

7, 8 ve 9 no'lu ekmekler : %0.2, %0.5 ve %1.0 soya unu kullanılan ekmekler

10 nolu ekmek : 20 ppm L-askorbik asit + sabit katkı karışımı*

11 nolu ekmek : 10 ppm glukoz oksidaz + sabit katkı karışımı

12 nolu ekmek : %0.5 soya unu + sabit katkı karışımı

* sabit katkı karışımı : 80 ppm pentozanaz, 20 ppm lipaz
L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya ununun iyi sonuç veren oranlarda sabit katkı kombinasyonu içeren zayıf un örneğine ilavesiyle elde edilen ekmeklerin ekmek hacimleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilave edilen ekmekler, ekmek hacmi bakımından kendi aralarında değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. L-askorbik asit, glukoz oksidaz ve soya unu ilavesi sonucu ekmek içi gözenek yapısı, rengi ve yumuşaklık değerlerinde kontrol örneğine göre belirgin iyileşme gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE GENEL DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada tüm oksidan maddeler reolojik ve ekmeklik kalite özellikleri üzerine etkileri bakımından karşılaştırılmıştır. Bu maddelerden glukoz oksidaz enziminin hem hamur reolojisi hem de ekmeklik kalite kriterleri bakımından L-askorbik asitle kıyaslandığında bazı dozlarda daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Glukoz oksidaz enzimi, L-askorbik asite benzer şekilde hamur direnci ve ekmeklik enerjisini artırırken, hamur uzama değerini L-askorbik asite göre daha az düşürmüştür. Bu durum ise hamurun işlenebilirliğini kolaylaştırmakta ve ekmek özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Tüm araştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, katkı formülasyonlarında L-askorbik asit yerine glukoz oksidaz enzimi kullanılarak reolojik özellikler ve ekmek kalitesi bakımından iyi sonuçlar elde edilebileceği görülmektedir.

KAYNAKLARLAR DİZİNİ

- Aiba, S., Humphrey, A. E., Milles, N.F., 1973, Biochemical Engineering, 2nd Edition, Academic Pres, Inc., Newyork and London, 434 p.
- Altan, A., 1986, Tahıl İşleme Teknolojisi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Adana, 13,107
- Altan, A., 2002, Tahıl İşleme Teknolojisi, Yayınlanmamış Ders Notları, Adana.
- Anonymous, (1960-a), International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standart No:110.
- Anonymous, (1960-a), International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standart No:104
- Anonymous, (1960-b), International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standart No:116.
- Anonymous, (1960-c), International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standart No:110.
- Anonymous, 1976, International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standart No:110-1.
- Anonymous, 1987, Ekmek (TS 5000), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonymous, 1988, User' s guide to MSTAT-C, a software program for the design, management and analysis of agronomic research experiments, Michigan State University, USA.
- Anonymous, 1990, Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, American Association of Cereal Chemists Inc., The Association, StPaul, MN, USA.
- Anonymous, 1990, T.C. Sağlık Bakanlığı, Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 20542, Ankara.

- Anonymous, 1995, Ekmeğin pişirilmesi, Pakmaya Dergisi, 4(16), 11-13.
- Anonymous, 1996, Ekmek-300 gram (TS 12000), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1999, Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 23614, Ankara.
- Anonymous, 2001, Novozymes develops alternative to chemical baking additives, [Http://www.cfsan.fda.gov/rdb/opa-g103.html](http://www.cfsan.fda.gov/rdb/opa-g103.html)
- Anonymous, 2002, Glucose oxidase from microorganism, [Http://www.toyobo.co.jp/e/xr/enzyme/products/glo-201.html](http://www.toyobo.co.jp/e/xr/enzyme/products/glo-201.html)
- Bahar, B., 2001, Un işleme ajanları, Gıda Katkı Maddeleri, Meta Basım, İzmir, 241-259.
- Beck, H., Johnson, J.A., Miller, B.S., 1957, Studies on the soluble dextrin fraction and sugar content of bread baked with α -amylase and a cross-linked starch, Cereal Chemistry, 36, 368.
- Birnbaum, H., 1971, Interactions of surfactants in bread making, Baking Digest, 51(3), 16.
- Boyacıoğlu, M.H., 1998, Ekmek katkı maddeleri, tanımları, işlevleri ve bazı son çalışmaları, Dünya Gıda, 35, 44.
- Conn, J.F., Johnson, J.A., Miller, B.S., 1950, An investigation of commercial fungal and bacterial alpha amylase preparations in baking, Cereal Chemistry, 27, 191-205.
- Cunningham, W.C., Warner, C.R., 2000, Bromate Concentration as indication of pre-baking bromation of bread products, Food Additives and Contaminants, 17(2), 143-148
- Denli, E., Ercan, R., 2000, Buğdaydan elde edilen suda çözünmeyen pentozan kalıntısının ekmeğin bazı özellikleri üzerine etkisi, Gıda Dergisi, 25(6), 395-405

- Dupuis, B., 1997, The chemistry and toxicology of Potassium Bromate, *Cereal Foods World*, 42, 171-183.
- Elgün, A., Ertugay, Z., 1997, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, 718, 376.
- Ercan, R., 1990, Karbonhidratların ekmekçilikte önemi, *Gıda Dergisi*, 15(1), 29-34
- Faridi, H., Rasper, V.F., Launay, B., 1987, *The Alveograph Handbook*. American Association of Cereal Chemists Inc., The Association, StPaul, MN, USA.
- Fellows, P., 2000, *Food Processing Technology*, Woodhead Publishing Limited and CRC Pres LLC, USA, 575 p.
- Fleming, J.R., Miller, B.S., Johnson, J.A., 1961, A method for determination of relative amounts of malted-wheat, fungal and bacterial alpha amylase in mixtures and its application to malted wheat, *Cereal Chemistry*, 11, 319.
- Fraizer, P.J, Daniels, N.W., 1973, The effect of lipoxigenase action on the mechanical development of wheat flour doughs, *J.Sci.Food Agric.*, 24, 421-436.
- Grosch, W., Wieser, H., 1999, Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid, *Journal of Cereal Science* 29, 1-16.
- Haarasilta, S., Pullinen, T., Vaisanen, S., Tammersalo-Karsten, L., 1989, A method of improving the properties of dough and the quality of bread, European Patent, No:0 338 452 B1.
- Hamer, R.J., 1995, *Enzymes in baking industry*, 190-222
- Hildebrand, F.C., Burkert, G.M., 1942, Amylase and protease systems of malted wheat flour, *Cereal Chemistry*, 19, 27-35.

- Hilhorst, R., Dunnewind, B., Orsel, R., Stegeman, P., Van Vliet, T., Schols, H.A., 1999, Baking performance, Rheology and Chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes, *Journal of Food Science*, Volume 64, 5, 808-813.
- Himmelstein, A., 1984, Enzyme treatment of flour. Will it help frozen and related doughs?, *Bakers Dig.*, 58(5), 8.
- Hoseney, R.C., 1988, *Principle of Cereal Science and Technology*, American Association of Cereal Chemists Inc., The Association, StPaul, MN, USA, 327p.
- Hoseney, R.C., Vemulapalli, V., 1998, Glucose Oxidase effects on gluten and water solubles, *Cereal Chem.*, 75(6), 859-862.
- Indrani, D., 1992, Influence of Additives on the Rheological and Bread Making Characteristics of Differently Milled Whole Wheat Flours, *J. Fd. Sci. Tech.*, 29(5), 296-298.
- Johnson, J.A., Miller, B.S., 1949, Studies on the role of α -amilaz and proteinase in breadmaking, *Cereal Chemistry*, 26, 371-383.
- Kent, N.L., 1975, *Technology of Cereals*, Pergamon Press, 2nd Ed., New York, USA, 306p.
- Kilara, A., Shahani, K.M., 1985, Enzymes in food technology, *Comprehensive Biotechnology*, Moo-Young, M. (Ed.), Volume 3, Pergamon Pres, England, 1136 p.
- Köksel, H., 2005, Karbonhidratlar, *Gıda Kimyası*, Saldamlı, İ. (Ed.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 49-132 s.
- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., Karacan, H., 2000, *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 106 s.
- Krog, N., 1971, Amylose complexing effect on food grade emulsifiers, 23, 206 p

- Kruger, J.E., McGregor, A.W., Marchylo, B.A., 1991, Endogenous Cereal Enzymes, Food Enzymology , Fox, P.F. (Ed.), Volume 2, Elsevier Applied Science, London, 327 p.
- Kruger, J.E., Reed, G., 1988, Enzymes and Color, 441-501.
- Kuninori, T., 1993, Recent advances in dough improvement with ascorbic acid and its derivatives, Cereal Foods World, 38(8), 554-556.
- Labell, F., 1993, Ascorbic acid conditions dough for yeast breads, Food Processing, 54(7), 69-70.
- Lazsisty, R., 1986, The chemistry of cereal proteins, CRC Press, USA, 203 p.
- Liao, Y., Miller, R.A., Hosney, R.C., 1988, Role of hydrogen peroxide produced by baker's yeast on dough rheology, Cereal Chemistry, 75(5), 612-616
- Linko, Y., Linko, P., 1988, Enzymes in baking, 53, 105-116
- Martinez-Anaya, M.A., Jimenez,T., 1998, Physical properties of enzyme-supplemented doughs and relationships with bread quality parameters, Z Lebensm Unters Forsh A 206, 134-142.
- Matz, S.A., 1992, Bakery Technology and Engineering, 3th. Edition, Van Nostrand Reinhold/AVI, New York, 853 p.
- Meuser, F., Suckow, P., 1998, Non-Starch Polysaccharides. Chemistry and Physics of Baking, Galliard,T (Ed.), The Royal Society of Chemistry, London, 42-61.
- Miller, K.A., Hosney, R.C., 1999, Effect of oxidation on the dynamic rheological properties of wheat flour-water doughs, Cereal Chemistry, 76(1), 100-104.
- Milson, P.E., Meers, J.L., 1985, Gluconic and Itaconic acid, Comprehensive Biotechnology, Moo-Young, M. (Ed.), Volume 3, Pergamon Pres, England, 1136 p.

- Morrison, W.R., 1988, Lipids, Wheat Chemistry and Technology, Pomeranz, Y. (Ed.), Volume 1, American Association of Cereal Chemists Inc., Minnesota, USA, 514 p.
- Nicolas, J., Drapron, R., 1983, Lipoxigenase and some related enzymes in breadmaking, 2, 13-215.
- Nishimura, K., Ohtsuru, M., 1989, Effect of dehydroascorbic acid on ovalbumin, J.Agric. Food Chemistry, 37(6), 1539-1543.
- Özer, M.S., 1998, Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 152 s.
- Özer, M.S., Altan, A., 1995, Küçük ekmek yapımında bazı katkı maddelerinin kullanılmasının ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri, Gıda Dergisi, 20(6), 357-363.
- Özkaya, H., 1992, Ekmeğin beslenmedeki önemi ve ekmek türlerinin sağlık açısından farklılıkları, Unlu Mamüller Dünyası Dergisi, 1, 5-10.
- Özkaya, H., Özkaya, B., 1992, Ekmek katkı maddeleri önemi ve kullanımındaki sorunlar. Gıda mevzuatında aksayan hususlar ve çözüm yolları sempozyumu, Tekirdağ, 108-117.
- Özkaya, H., Özkaya, B., 1994, Ekmek hatalarını önlemede katkı maddelerinin rolü, Unlu Mamuller Dünyası, 16-20.
- Park, H., 1994, Stabilities of several forms of Vitamin C during making of pup-loaves of white pan bread, Cereal Chemistry, 71(5), 412-417.
- Pomeranz, Y., Shellenberger, J.A., 1962, Starch liquefying of α -amylase, Cereal Chemistry, 39, 327.
- Pomeranz, Y., 1987, Modern Cereal Science and Technology, VCH Publishers Inc., USA, 569 p.
- Popper, L., 2000, European flour treatments, World Grain, January 2000.

- Poulsen, C., Hostrup, P.B., 1998, Purification and Characterization of a hexose oxidase with excellent strengthening effects in bread, *Cereal Chemistry*, 75(1), 51-57.
- Pyler, E.J., 1988, *Baking Science and Technology*, Sosland Publishing Co., USA, 23, 1345.
- Pyler, J., 1973, *Baking Science and Technology Vol. 2*, Siebel Publishing Company, Chicago, USA.
- Sato, N., Mikiko, S., Nagashima, A., 1992, Bread Improver and Method of Producing Bread, Canadian Patent, No:2 047 798.
- Schuler, P., 1982, Food and Pharmaceutical Industries Department and Fine Chemical Division, 270, 5-29.
- Sivri, D., Sapirstein, H.D., Köksel, H., Bushuk, W., 1999, Effects of wheat bug (*Eurygaster maura*) protease on gluten proteins, *Cereal Chemistry*, 76, 816-820.
- Stauffer, C.E., 1987, Oxidases, Enzymes and Their Role in Cereal Technology, Stauffer, C.E. (Ed.), American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul, Minnesota, USA, 403 p.
- Sümbül, Y., 1986, Ekmek katkı maddesi olarak emülgatörler, Standart özel sayı VII, 35-47.
- Sümbül, Y., 1995, Pratik olarak ekmek yapımı hataları ve nedenleri, *Unlu Mamüller Dünyası Dergisi*, 1(2), 32-35.
- Swanson, M.A., 1948, A study on the structure of polysaccharides, 172, 805-814
- Talay, M., 1997, *Ekmek Bilimi ve Teknolojisi*, İstanbul
- Tissue, K.A., Bailey, C.H., 1949, A study of proteolytic enzyme of malt preparation, *Cereal Chemistry*, 26, 217-226.

- Ünal, S.S., 1980, Hamur niteliklerine bazı katkı maddelerinin etkisi, Ege Üniversitesi Gıda Fakültesi Dergisi, İzmir, 1, 13-55.
- Van Dam, H., Hille, J.D.R., 1992, Yeast and enzymes in breadmaking systems, Cereal Foods World, 37, 245-252.
- Van der Maarel, M.J.E.C., Van der veen, B., Uitdehaag, J.C.M., Leemhuis, H., Dijkhuizen, L., 2002, Properties and application of starch-converting enzymes of the α -amilaz family, Journal of Biotechnology, 94, 137-155.
- Vemulapalli, V., Miller, K.A., Hosney, R.C., 1998, Glucose oxidase in bread making systems, Cereal Chemistry, 75(4), 439-442.
- Walden, C.C., 1955, The action of wheat amylases on starch under conditions of time and temperature as they exist during baking, Cereal Chemistry, 32, 421-431.
- Wikström, K., Eliasson, A.C., 1998, Effects of enzymes and oxidizing agents on shear stress relaxation of wheat flour dough, Cereal Chemistry, 75(3), 331-337.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ertan Kaya

Doğum Yeri : Çankırı

Doğum Yılı : 1972

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1986-1989, Çankırı Lisesi

Lisans : 1989-1996, Hacettepe Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce, Rusça

İş Tecrübesi:

1999-2000 Altınmarka Gıda Sanayi Ltd.Şti., İstanbul

2000-2002 ABP Gıda İthalat Pazarlama Ltd.Şti., Ankara

2002-..... Erkaya Un ve Ekmek Katkı Maddeleri İmalat Makine İthalat
İhracat Ltd. Şti., Ankara