

AKTİF SOYA UNU, GLUKOZ OKSİDAZ VE LİPAZ ENZİM KATKILARININ UN, HAMUR VE EKMEK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ*

THE EFFECTS OF SOY FLOUR, GLUCOSE OXIDASE AND LIPASE ENZYMES ADDITION ON FLOUR, DOUGH AND BREAD PROPERTIES

Nilgün ERTAŞ¹, Nermin BİLGİÇLİ, Selman TÜRKER

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

ÖZET: Bu çalışmada, aktif soya ununun (ASU) ekmeğin üretimindeki performansını artırmak amacıyla lipaz ve glukoz oksidaz (GO) enzim katkılarının etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ASU katkılı (% 0,5) ve katkısız Tip 550 ve Tip 650 unlara; GO (% 0 ve 0,0016) ve lipaz (% 0 ve 0,002) enzimleri katılarak un (gluten, gluten indeksi ve Zeleny sedimentasyon) hamur (farinograf ve ekstensograf) ve ekmeğin (ağırlık, hacim, spesifik hacim, sertlik, tekstür, ekmeğin içi ve kabuk rengi) özellikleri araştırılmıştır. ASU'ya ilaveten lipaz kullanımı ekmeğin özelliklerini olumlu etkilemiş, ekmeğin hacmi, spesifik hacmi, ekmeğin içi tekstürü düzelmiş, 72 saat ekmeğin içi yumuşaklığı yükselmiştir. Lipaz tek başına en iyi ekmeğin içi tekstürünü sağlamış, ekmeğin içinde sarı renk intensitesini artırmıştır. GO Tip 650 unlarda ekmeğin içi beyazlığını destekleyici, kabukta kırmızı renk yoğunluğunu artırıcı etki göstermiştir. En cazip kırmızı kabuk rengi lipaz + ASU kombinasyonu ile elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Soya unu, lipaz, glukoz oksidaz, ekmeğin, farinograf, ekstensograf

ABSTRACT: In this study, the effects of the glucose oxidase (GO) and lipase enzyme preparations on the performance of the fullfat active soy flour (ASF) addition on breadmaking was investigated. For this purpose ASF (0 and 0.5 %), GO (0 and 0,0016 %) and lipase (0 and 0,002 %) were added into Type 550 and 650 wheat flour. Flour (gluten, gluten index and Zeleny sedimentation), dough (farinograph and extensograph) and bread (weight, volume, specific volume, crumb softness, texture, crumb and crust color) properties were investigated. ASF together with lipase affected the bread properties positively and increased the bread volume, specific volume, crumb texture, and 72nd hours crumb softness. Lipase gave the best crumb texture and increased green color intensity of bread crumb. GO increased the intensity of crumb whiteness and crust redness. The most acceptable red crust color was obtained by ASF and lipase combination.

Key words: Soy flour, lipase, glucose oxidase, bread, farinograph, extensograph

GİRİŞ

Ülkemizde günlük kalorinin sağlanmasında ekmeğin çok önemli bir yeri olmasına karşılık üretilen ekmeğin kalitesi istenen düzeyde değildir. Ekmeğin katkı maddeleri; ekmeğin besin değerini ve kaliteyi artırmak ve işlemeyi kolaylaştırıp, hızlandırmak amacıyla kullanılır. Enzim katkılarının hızlı ekmeğin yapımında kullanım amacı, ekmeğin kalitesini artırarak; enerji, zaman ve işgücünden tasarruf sağlamaya yöneliktir (1,2,3). Soya ürünleri gıdaların besin değerini zenginleştirip, raf ömrünü artıran ve maliyeti düşüren, özgün fonksiyonel ve beslenme özellikleri nedeniyle fırın ürünlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Soya ürünlerinin fırın ürünlerinde işlevleri, protein takviyesi, emülsifikasyon, su bağlama, gluten güçlendirme, yumuşatma, ağartma, şeklinde özetlenebilir (4,5). Lipazlar yağları hidrolize eden enzimlerdir. Lipaz enzimi ekmeğin hamuruna ilave edildiğinde yağları parçalayarak monogliseridlerin ve yağ asitlerinin oluşmasını sağlar. Bu parçalanma ürünleri retrogradasyon vasıtasıyla ekmeğin bayatlamasını geciktirir. Özellikle soya katkısı kullanılarak ekmeğin hamurundaki yağ oranının artmasıyla lipaz enziminin aktivitesi yükselmektedir (5). Glukoz oksidaz enzimi ise

¹ E-posta: nabasiz@selcuk.edu.tr

* Gıda Kongresi 2005'de sunulmuştur.

glukozu oksijen varlığında glukonik asit ve H_2O_2 e indirger. Oluşan H_2O_2 ekmeğin yapımında glukoz oksidazın hamuru geliştirici etkisinden sorumludur. Glukoz oksidaz hamurun stabilitesinin artmasını, işlenebilirliğinin kolaylaşmasını, duyu ve görünüş özelliklerinin iyileşmesini sağlar (6,7).

Bu çalışmada, aktif soya ununun (ASU)'nun ekmeğin üretimindeki performansını artırmak amacıyla lipaz ve glukoz oksidaz enzim preparatı katkılarının Tip 550 ve Tip 650 unlarda etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Tip 550 ve Tip 650 unlar Hekimoğlu Un Fabrikasından (Konya), glukoz oksidaz (G631 P/2500), lipaz (Lipomod 627 P) ve fungal alfa amilaz (Amylase AO11P 60,000 SKB) enzim preparatları Vatan Gıda'dan (İstanbul) temin edilmiştir. Soya fasulyesi piyasadan temin edilmiş olup, çekiçli değirmende 1mm gözenek çaplı elekten geçecek şekilde incelti olarak hava geçirmeyecek şekilde cam kavanoz içinde soğutucuda muhafaza edilmiştir.

2.2. Yöntem

Denemenin Düzenlenmesi ve İstatistik Analizler

Deneme, tip 550 ve tip 650 unlara aktif soya unu (% 0 ve 0,5), glukoz oksidaz (% 0 ve 0.0016) ve lipaz (% 0 ve 0,002) ilave edilerek 2x2x2 faktöriyel düzenleme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Deneme deseni içinde kullanılacak her un örneğine % 0,0016 oranında fungal alfa amilaz katılmış olup, katkılamalar 100 g un esasına göre yapılmıştır. Araştırma sonunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, farklılıkları istatistik olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (18).

Analitik Yöntemler

Unlarda su (AACC 44-19), protein (AACC 46-12), kül (AACC 08-03), yaş gluten ve gluten indeksi (AACC 3812), sedimantasyon (AACC 56-60), farinogram (AACC 54-21) ve ekstensogram (AACC 54-10) değerleri AACC(9)'ye göre yapılmıştır.

Ekmeğin Pişirme Denemeleri

Ekmeğin pişirme denemelerinde ise direkt ekmeğin pişirme metodu (AACC 10-10) modifiye edilerek ekmeğin yapımında kullanılmış ve üretilen ekmeğin fırından çıkar çıkmaz ağırlıkları tartılarak ve hacimleri ölçülüp 1 saat sonra polietilen torbalara koyularak ağızları kapatılmıştır (9,4). 24 saat sonra ekmeğin içi gözenek yapısı, simetri ve tekstür puanlanarak (1-10 puan arası) değerlendirilmiştir. Elde edilen ekmeğin paralellerinden biri 24 saat, diğeri 72 saat sonra polietilen torbasından çıkarılarak sertlik ölçümleri (Biyolojik materyal test ünitesi) yapılmıştır. Renk tayini, Minolta CR 300 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Renk skalası : L değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a değeri [(+) kırmızı-(-) yeşil] ve b değeri [(+) sarı-(-) mavi] olarak kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Analitik Sonuçlar

Denemede kullanılan unlara ait analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Un randımanı arttıkça kül, protein ve gluten miktarları artarken; sedimantasyon ve gluten-indeksi değerleri azalış göstermiştir. Farinogram değerlerinde ise; un randımanının artmasına bağlı olarak gelişme süresi, yumuşama derecesi ve farinograf kalite derecesi artarken, su kaldırma ve stabilitede azalış görülmüştür. Ekstensogram değerlerinde un randımanı arttıkça direnç, maksimum direnç ve oran sayısı artmış, uzama kabiliyeti değerleri azalmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan unlara ait bazı analiz sonuçları

Analizler	Un Tipi	
	Tip 550	Tip 650
Rutubet (%)	12,3	13,8
Kül (%)	0,49	0,61
Protein (%)*	12,9	13,1
Zeleny Sedimentasyon (ml)	38	32
Yaş Gluten (%)	27,3	31
Gluten İndeks (%)	95,6	68,2
Farinogram Değerleri		
<i>Su Kaldırma (%)</i>	62,5	57,5
<i>Gelişme Süresi (dk)</i>	2,0	3,5
<i>Stabilite (dk)</i>	5,8	4,3
<i>Yumuşama Derecesi (BU)</i>	56	143
<i>Farinograf Kalite Derecesi</i>	36	54
Ekstensogram Değerleri		
<i>Enerji (cm²)</i>	113	92
<i>Direnç (BU)</i>	414	496
<i>Uzama Kabiliyeti (mm)</i>	154	126
<i>Max. Direnç (BU)</i>	556	562
<i>Oran Sayısı (BU/mm)</i>	2,7	3,9

*N x 5,70

3.2. Araştırma Sonuçları

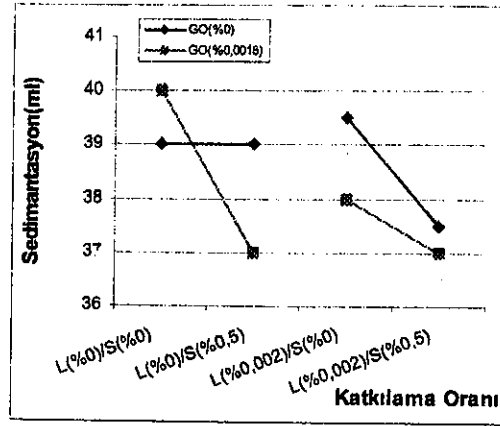
3.2.1. Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Tip 550 ve 650 un örneklerine ait Zeleny sedimentasyon, gluten ve gluten indeks değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir. Her iki un tipinde de ASU katkısı ortalama Zeleny sedimentasyon değerini düşürmüştür. Tip 550 unda Zeleny sedimentasyon değeri üzerine etkili "GO x Lipaz x ASU" interaksyonunu Şekil 1'de verilmiştir. ASU katkısı ile GO'nun birlikte kullanımı Zeleny sedimentasyon değerini düşürmüştür, Lipazın tek başına kullanımı Zeleny sedimentasyon değerini arttırmış, üçlü kombinasyon ile sedimentasyon değerinde düşüş görülmüştür.

Çizelge 2. Un örneklerinin fizikokimyasal analiz değerleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	N	Sedimentasyon (ml)	Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Tip 550	Glukoz	0	8	38,750 a	26,413 a	95,962 a
	Oksidaz	0,0016	8	38,000 b	26,938 a	96,038 a
	Lipaz	0	8	38,750 a	26,450 a	95,450 a
		0,002	8	38,000 b	26,900 a	96,550 a
	Soya	0	8	39,125 a	26,713 a	95,575 a
		0,5	8	37,625 b	26,638 a	96,425 a
Tip 650	Glukoz	0	8	31,000 a	31,350 a	81,463 a
	Oksidaz	0,0016	8	31,375 a	31,900 a	82,213 a
	Lipaz	0	8	31,125 a	31,275 a	83,925 a
		0,002	8	31,250 a	31,975 a	79,750 a
	Soya	0	8	31,500 a	32,188 a	79,475 a
		0,5	8	30,875 b	31,063 b	84,200 a

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p < 0,05)



Şekil 1. Tip 550 un örneklerinde Zeleny sedimentasyon değeri üzerine etkili "Glukoz Oksidaz x Lipaz x ASU" interaksyonu

3.2.2. Reolojik Analiz Sonuçları

Farinograf Denemeleri : Tip 550 unlarda lipaz ilavesi su kaldırma ve yumuşama derecesini düşürüp, stabilite ve farinograf kalite derecesini artırmıştır. ASU ilavesi ise yumuşama derecesini artırmıştır (Çizelge 3). Tip 650 unlarda varyasyon kaynakları farinogram değerleri üzerinde daha etkili bulunmuş, GO ve ASU ilavesi su kaldırma ve gelişme süresini düşürmüştür (Çizelge 3). Tip 650 unda Tip 550 undan biraz daha uzun gelişme süresinin belirlenmesi, yüksek randımanlı unlarda glutenin seyrelmesi sonucu gelişmenin daha uzun süreye ihtiyaç göstermesi, aynı nedenle zayıf gluten ağının teşekkülü sonucu sistemde yıkılmanın erken başlaması ile açıklanabilir (2). Tip 650 una ilave edilen GO yumuşama derecesini artırıcı, ASU ise düşürücü etki göstermiştir (Çizelge 3). Gelişme süresi ve stabilitenin artması yumuşama ve tolerans indeksinin düşmesi enzime ASU'nun glutenin kuvvetini artırıcı etkisiyle (10) açıklanabilir. Böylece sıkı bir karakter kazanan hamuru 500 BU'te yumuşatmak için ilave edilen su ile de hamurun su absorpsiyonunu artırıcı etkide bulunmaktadır.

Ekstensograf Denemeleri: Tip 550 unlarda GO enerjli, uzama kabiliyeti ve maksimum direnci azaltıcı yönde etki ederken direnç ve oran sayısını artırmıştır. Lipaz enzimi katkısı ekstensogram özelliklerinin hepsini artırıcı yönde etkilemiştir. ASU katkısı ise uzama kabiliyeti hariç, diğer ekstensogram özelliklerini düşürücü etkide bulunmuştur (Çizelge 4). Tip 650 unlarda GO ilavesi, enerji, direnç ve oran sayısını artırıcı yönde, uzama kabiliyetini ise düşürücü yönde etki etmiştir. Lipaz enzimi katkısı uzama kabiliyetini düşürürken oran sayısını

Çizelge 3. Tip 550 Un örneklerinin farinograf değerleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	N	Su Kaldırma (%)	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite (dk)	Yumuşama Derecesi (BU)	Farinograf Kalite Derecesi
Tip 550	Glukoz Oksidaz	0	8	61,638 a	1,575 a	1,150 a	160,750 a	22,250 a
		0,0016	8	61,775 a	1,563 a	1,125 a	159,125 a	22,125 a
	Lipaz	0	8	61,850 a	1,588 a	1,100 b	162,625 a	21,750 b
		0,002	8	61,563 b	1,550 a	1,175 a	157,250 b	22,625 a
	Soya	0	8	61,725 a	1,575 a	1,162 a	151,250 b	22,000 a
		0,5	8	61,688 a	1,563 a	1,112 a	168,625 a	22,375 a
Tip 650	Glukoz Oksidaz	0	8	57,013 a	2,525 a	4,063 a	133,750 b	48,625 a
		0,0016	8	56,638 b	2,225 b	3,975 b	137,500 a	47,375 b
	Lipaz	0	8	56,838 a	2,450 a	4,013 a	134,375 b	47,500 b
		0,002	8	56,813 a	2,300 b	4,025 a	136,875 a	48,500 a
	Soya	0	8	57,025 a	2,525 a	3,825 b	140,500 a	47,500 b
		0,5	8	56,625 b	2,225 b	4,212 a	130,750 b	48,500 a

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05)

Çizelge 4. Un örneklerinin ekstensogram değerleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	n	Enerji (cm ²)	Direnç (BU)	Uzama Kabiliyeti (mm)	Max Direnç (BU)	Oran Sayısı (BU/mm)
Tip 550	Glukoz	0	8	109,000 a	440,125 b	145,125 a	592,375 a	3,075 b
	Oksidaz	0,0016	8	106,250 b	447,875 a	140,625 b	584,250 b	3,187 a
	Lipaz	0	8	101,000 b	424,125 b	140,625 b	560,625 b	3,038 b
		0,002	8	114,000 a	463,875 a	145,125 a	616,000 a	3,225 a
	Soya	0	8	109,875 a	454,000 a	143,375 a	597,000 a	3,188 a
		0,5	8	105,375 b	434,000 b	142,375 a	579,625 b	3,075 b
Tip 650	Glukoz	0	8	54,250 b	186,125 b	166,000 a	239,750 a	1,121 b
	Oksidaz	0,0016	8	59,500 a	214,750 a	157,625 b	265,000 a	1,363 a
	Lipaz	0	8	57,500 a	200,375 a	163,250 a	259,250 a	1,229 b
		0,002	8	56,250 a	200,500 a	160,375 b	245,500 a	1,256 a
	Soya	0	8	51,625 b	186,750 b	161,250 b	224,750 b	1,162 b
		0,5	8	62,125 a	214,125 a	162,375 a	280,000 a	1,323 a

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05)

arttırmıştır. Lipaz enziminin Tip 650 un örneklerinde, Tip 550 un örneklerine göre daha zayıf etkisi söz konusudur. ASU katkısı ise enerji ve direnci arttırmış bunun yanında maksimum direnç oran sayısı üzerinde de olumlu etkide bulunmuştur. Tip 550 un örneklerinde aynı gelişme gözlenmemiştir. Tip 650 un örneklerinde Tip 550'ye göre maksimum direnç ve enerji değerleri önemli ölçüde düşmüştür (Çizelge 4). Bu durum ekstraksiyon oranının artmasıyla undaki protein ve kül miktarının artması, buna karşılık protein içinde gluten nispetinin düşmesiyle unda protein kalitesinin zayıflaması ile izah edilir (11).

3.2.3. Ekmek Denemeleri

Katkılı unlarınla yapılan ekmek denemelerine ait değerlerin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 5, 6 ve 7'de verilmiştir. ASU'ya ilaveten lipaz kullanımı ekmek özelliklerini olumlu etkilemiş, ekmek hacmi, spesifik hacim, ekmek içi tekstürü düzelmiş, 72 saat ekmek içi yumuşaklığı yükselmiştir (Çizelge 5 ve 6). Bu olumlu gelişmeler özellikle lipaz tarafından tetiklenmiştir. Lipaz aktivitesi sonucu oluşan serbest yağ asitleri ve mono gliseritler ortamda emülgatör ve olgunlaştırıcı etkide bulunmuş, diğer taraftan hamur reolojik özelliklerini düzelterek farinografta stabiliteyi artırmış (Çizelge 3), sonuçta ekmek özellikleri de olumlu yönde etkilenmiştir (12). Lipaza ilaveten ASU kullanılması; ilave proteinler ile un proteinleri ile interaksyonu, diğer taraftan da lipoksigenaz aktivitesi sonucu, lipaz aktivitesi ile serbest kalan doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu hem hamurun kuvvetlenmesini hem de ağarmasını teşvik etmiştir (4). Bu olgu özellikle Tip 650 unlarda, farinografta hamur gelişmesini düşürerek, olgunlaşmayı hızlandırmış ve hamur stabilitesini artırmıştır (Çizelge 3). Ekstensografta ise özellikle direnç ve enerjiyi artırıcı etkisi söz konusudur (Çizelge 4).

Çizelge 5. Ekmek özelliklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	n	Ağırlık (g)	Hacim (cc)	Spesifik Hacim (cc/g)
Tip 550	Glukoz	0	8	149,655 a	741,250 a	4,956 a
	Oksidaz	0,0016	8	148,516 b	754,375 a	5,079 a
	Lipaz	0	8	149,818 a	735,000 b	4,906 b
		0,002	8	148,354 b	760,625 a	5,129 a
	Soya	0	8	149,433 a	735,625 b	4,924 b
		0,5	8	148,729 a	760,000 a	5,111 a
Tip 650	Glukoz	0	8	148,745 b	581,250 b	3,906 b
	Oksidaz	0,0016	8	150,073 a	621,875 a	4,145 a
	Lipaz	0	8	149,620 a	577,500 b	3,858 b
		0,002	8	149,0198 a	625,625 a	4,194 a
	Soya	0	8	149,516 a	588,125 b	3,931 b
		0,5	8	149,301 a	615,000 a	4,120 a

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05)

Çizelge 6. Organoleptik ekmek özellikleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları*

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	n	Simetri	Tekstür	24. saat Sertlik	72. Saat Sertlik
Tip 550	Glukoz	0	8	7,375 a	7,875 a	0,315 a	0,411 a
	Oksidaz	0,0016	8	7,375 a	8,188 a	0,302 a	0,400 a
	Lipaz	0	8	7,438 a	7,625 b	0,283 b	0,407 a
		0,002	8	7,313 a	8,438 a	0,333 a	0,404 a
	Soya	0	8	7,000 b	7,563 b	0,331 a	0,455 a
		0,5	8	7,750 a	8,500 a	0,285 b	0,356 b
Tip 650	Glukoz	0	8	7,813 b	7,063 a	0,736 a	1,047 a
	Oksidaz	0,0016	8	8,750 a	6,125 b	0,610 b	0,885 b
	Lipaz	0	8	7,813 b	5,938 b	0,807 a	1,102 a
		0,002	8	8,750 a	7,250 a	0,539 b	0,830 b
	Soya	0	8	8,125 a	6,563 a	0,740 a	1,077 a
		0,5	8	8,438 a	6,625 a	0,605 b	0,855 b

* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05)

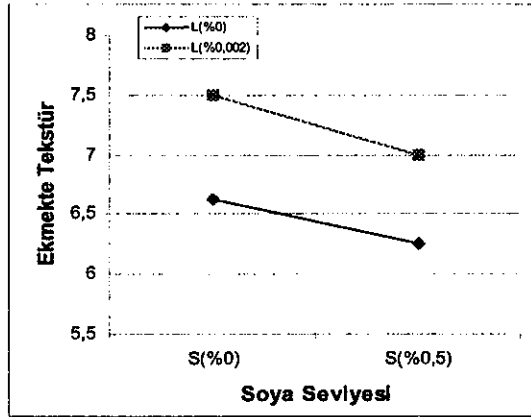
Çizelge 7. Ekmek kabuk ve iç rengi ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları *

Un Tipi	Faktör	Katkı Oranı (%)	n	Kabuk Rengi			Ekmek İçi Rengi		
				L	a	b	L	a	b
Tip 550	Glukoz	0	8	54,239 a	12,846 a	31,595 a	65,701 b	-1,094 a	9,775 a
	Oksidaz	0,0016	8	46,366 b	12,716 a	28,338 b	67,623 a	-1,073 a	9,744 a
	Lipaz	0	8	52,321 a	15,530 a	31,428 a	64,266 b	-1,038 a	9,223 b
		0,002	8	48,284 b	12,033 b	28,505 b	69,058 a	-1,129 a	10,296 a
	Soya	0	8	51,845 a	12,805 a	30,840 a	65,075 b	-1,297 b	10,604 a
		0,5	8	48,760 b	12,758 a	29,092 b	68,249 a	-0,869 a	8,915 b
Tip 650	Glukoz	0	8	54,866 b	12,511 a	31,113 a	62,285 a	-1,236 b	13,039 a
	Oksidaz	0,0016	8	61,003 a	9,259 b	29,941 b	58,989 b	-0,730 a	12,441 b
	Lipaz	0	8	58,827 a	11,124 a	31,893 a	59,231 b	-0,653 a	12,958 a
		0,002	8	57,041 b	10,646 b	29,161 b	62,043 a	-1,314 b	12,523 a
	Soya	0	8	59,513 a	9,798 b	30,280 a	61,260 a	-1,439 b	13,360 a
		0,5	8	56,356 b	11,973 a	30,774 a	60,014 b	-0,528 a	12,120 b

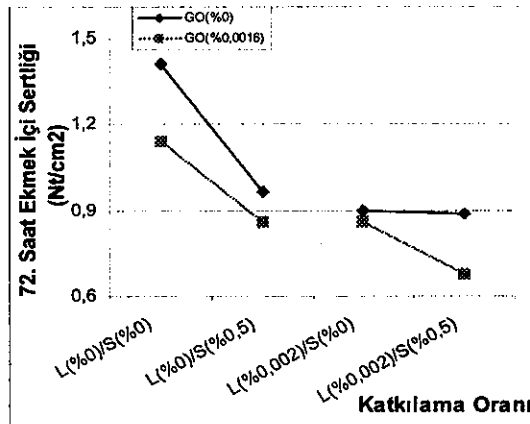
* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0,05)

Lipaz tek başına en iyi ekmek içi tekstürünü sağlamıştır (Şekil 2). Diğer katkıları bunu kısmen sınırlamıştır. Burada lipaz hidroliz ürünlerinin emülgatör etkileri baskın rol oynamakta, diğer katkıları ise seyreltici veya az da olsa engelleyici etkide bulunmaktadır (12). ASU, GO ve lipazın birlikte kullanımı 72 saatlik bekleme sonucunda en yumuşak yani en geç bayatlayan ekmek içini sağlamıştır (Şekil 3). Burada da lipazın hidrolitik ürünlerinin nişastanın amilaz fraksiyonu ile kompleks oluşturarak, ekmek içi retrogradasyonunu sınırladığı söylenebilir (Çizelge 6). ASU ise hem yağ içeriği ve hem de lipoksigenaz aktivitesinin sebep olduğu olgunlaştırıcı etkisi ile sinerjistik fonksiyon göstermiştir.

En cazip kırmızı kabuk rengini Lipaz + ASU kombinasyonu vermiştir. ASU ortama protein türevlerini vererek Maillard reaksiyonunu teşvik etmektedir. GO ise serbest indirgen şeker glikozu tutarak Maillard reaksiyonunu sınırlamakta ve kırmızı renk yoğunluğunu düşürmektedir (Çizelge 7). Ekmek içi sarı renk yoğunluğunun düşmesinde, ASU'ya ilaveten GO'da olumlu etkiyi artırmıştır. Burada muhtemelen ekmek içi su tutma kapasitesini artıran ve sarı renk veren serbest şeker (glikoz) içeriğinin GO ile bağlanması sonucu, suyun kolayca uzaklaşması sebep olarak gösterilebilir. Bunu ASU + Lipaz kombinasyonunun ekmek hacmi ve tekstüründeki olumlu etkisi de doğrulanmaktadır (Çizelge 5 ve 6). GO'nun ekmek içi beyazlığını destekleyici etkisi, daha yüksek amilaz enzim aktivitesi ve serbest şeker (glikoz) muhtevasına sahip Tip 650 unda daha açık şekilde görülmektedir. GO'nun Tip 550 un için kayda değer önemde bir etkinliğine rastlanmamıştır (Çizelge 7).



Şekil 2. Tip 650 un örneklerinde ekmekte tekstür üzerine etkili "Lipaz x ASU" interaksyonu



Şekil 3. Tip 650 un örneklerinde ekmek içi 72. saat sertliği üzerine etkili "Glukoz Oksidaz x Lipaz x ASU" interaksyonu

Sonuç olarak ASU ile birlikte lipaz enziminin kullanılması ekmek hacmini, spesifik hacmi, ekmek içi tekstürü, ekmek içi yumuşaklığı ve ekmek kabuk rengini olumlu yönde etkileyerek ekmek kalitesini artırmıştır. GO ekmek içi beyazlığında beklenen etkiyi göstermemiş olup, lipazın tek başına kullanılması ekmek içi sarılığını artırmıştır.

KAYNAKLAR

1. Pomeranz Y. 1980. What ? How much ? Where ? What fuction ? in bread making. *Cereal Foods World*. 25:656-662.
2. Elgün A. 1981. Farklı un örneklerine L-askorbik asit ile birlikte katılan peyniraltı suyu tozunun hamur ve ekmek özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi. Doçentlik Tezi, Erzurum.
3. Bushuk W. 1985. Wheat flour proteins: Scructure and role in bread making. *In: Analyses As Practical Tools in The Cereal Field*. K.M. Fjell. 8ed). pp 187-198. Norway Grain Corp. Oslo.
4. Pylar E.J. 1979. *Baking Science and Tecnology*. Siebel Publ. Co. Chicago, USA.
5. Frazier P.J. 1979. Lipoxigenase action and lipid binding in bread making. *Bakers Digest*. 53 (6): 8.
6. Temiz A. 1998. Enzimler. *Gıda Kimyası*. İ Saldamlı (ed), Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara.
7. Venulapalli V, Miller K.A, Hosoney R.C. 1998. Glucose oxidase in bread making systems. *Cereal Chemistry*, 75(4) : 439-442.
8. Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz,F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yay., No:295, Ankara.
9. Anonymous. 1990. *American Association of Cereal Chemists*. Approved Methods. 8th Edn. AACC, St.Paul, MA, USA.
10. Certel M. 1986. Soya unununun hamurun fiziksel özellikler ve ekmek kalitesine etkisi üzerine araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ürünleri Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
11. Anonymou. 1990. *American Association of Cereal Chemists*. Approved Methods. 8th Edn. AACC, St.Paul, MA, USA.
12. Elgün A, Ertugay Z. 1992. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 718, Erzurum.
13. Stauffer C.E. 1983. Dough conditioners. *Cereal Foods World*, 28 (12) : 729-730.