

FARKLI TİP UNLARA OZON UYGULAMASININ, UN, HAMUR VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Mustafa Kürşat Demir*, Adem Elgün, M. Sami Elgün

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya

Geliş tarihi / *Received*: 05.05.2011

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 06.06.2011

Kabul tarihi / *Accepted*: 21.06.2011

Özet

Bu çalışmada, farklı tipteki unlara ozon uygulamasının un, hamur ve ekmek kalitesine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, 3 farklı tip unun (Tip 550, 650 ve 850) yarısına bir ozon jeneratörü yardımıyla ozon gazı uygulanmıştır. Diğer yarısı ise, ozon uygulamaksızın kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Un kalitesinin belirlenmesi amacıyla yaş gluten, gluten indeksi ve renk (L^* , a^* ve b^*) değerleri parametre olarak ele alınmıştır. Bu unlardan yapılan hamurların değerlendirilmesinde de, bazı farinograf ve ekstensograf özellikleri dikkate alınmış, daha sonra aynı unlardan yapılan ekmeklerin kalitatif özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen araştırma verilerine göre; ozon uygulamaları yaş gluten miktarını, un renginin L^* (parlaklık) değerlerini artırıcı; b^* (sarılık) değerlerini ise düşürücü etkide bulunmuş olup, daha beyaz bir un elde edilmesini sağlamıştır. Ozon uygulamasının, hamur reolojik özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı, hamur enerjisi değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca ozonun, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerlerini artırıcı etkide bulunduğu ortaya konulmuş, en iyi sonuçlar ise Tip 550 unlardan yapılan ekmek örneklerinde elde edilmiştir. Genel olarak ozon uygulamaları, ekmek içinin daha iyi tekstür yapısında ve beyaz olmasında olumlu etkide bulunmuştur.

Keywords: Un tipi, ozon, un, ekmek, oksidan madde

THE EFFECT OF OZONE APPLICATION ON QUALITY PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES OF FLOUR AND THEIR DOUGH AND BREAD

Abstract

This study aims to examine the effect of ozone application on quality characteristics of different types of flour samples and their dough and bread samples. For this purpose, ozone was applied to the half of the three different flour samples (Type 550, 650 and 850) by an ozone generator. The other half of the flour samples were designated as the control group with no ozone application. Wet gluten, gluten index and color values (L^* , a^* and b^*) were undertaken as the parameters in determination of flour quality. The Farinograph and Extensograph characteristics were taken into consideration in evaluation of doughs which were made from those flours and then, the qualitative characteristics of breads made from these flours. According to the obtained data, while the wet gluten and the L^* values were increased, b^* values were decreased by the ozone application. Besides, it increased the whiteness of the flour. It is determined that the ozone application had no significant effect on the rheological properties of the dough but, the energy values of the dough were significantly affected. It is also found that the ozone application had a significant positive effect on the bread volumes and specific volumes, especially for the breads made from Type 550 flours. In general, the ozone application had positive effects on the textural structure and the whiteness of the crumb.

Anahtar kelimeler: Flour type, ozone, flour, bread, oxidant agent

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ kdemir@selcuk.edu.tr

☎ (+90) 332 223 2952

☎ (+90) 332 241 0108

GİRİŞ

Aktif oksijen olarak da bilinen ozon, triatomik molekül (O_3) halinde doğada bulunan, açık mavi, son derece karakteristik kokusu olan bir gazdır (1, 2). Ozon ismi yunanca da koklamak anlamına gelen "Ozien" kelimesinden türemiştir (3). Ozon gazı, güneşten gelen ultraviyole (UV) ışınların, atmosferdeki oksijeni moleküllerine parçalaması sonucu oluşmaktadır (3, 4). Teknolojik olarak ise, elektron boşalımı yardımıyla elde edilebilmektedir (3, 5). Ozon gazı, hammaddesinin oksijen olması ve dezenfeksiyon sonrasında kalıntı bırakmaması nedeniyle tek doğal dezenfektan özelliğindedir. Bu nedenle, diğer dezenfektanlara göre daha avantajlı olup, gıda endüstrisinin birçok alanında kullanılmaktadır (1, 2, 6-10). Ozonun bakteri, maya, küf, patojen mikroorganizmalar ve sporlarını hızlı öldürme etkisi kanıtlandığından dolayı, gıda endüstrisinde en çokta suyun dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan bir ajandır (7, 11). Bu uygulamaların dışında da ayrıca, istenmeyen koku, tat ve renklerin giderimi, pestisit kalıntılarının üründen uzaklaştırılması, alet ve ekipmanın yüzey dezenfeksiyonlarının sağlanması ve meyve sebze işleme sanayinde ürün raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmaktadır (12-14).

Unculuk sektöründe kullanılan katkı maddelerinin başında oksidan maddeler gelmektedir (15). Oksidan maddeler olgunlaştırma ajanı olarak, protein molekülünde bulunan sülfhidril (-SH) gruplarını etkileyerek, disülfid (S-S) bağlarının oluşmasına ve gluten yapısının kuvvetlenmesine yardımcı olan bileşiklerdir (16). Bu özelliklerinin yanı sıra, un ve ekmek içi renginin ağartılmasına, hamur işleme özelliklerinin gelişmesine, son ürün hacminin artmasına ve ekmek içi tekstür özelliklerinin düzeltilmesine yardımcı olan katkı maddeleridir (17). Atmosferik oksijenin ise, un kalitesi üzerinde hem olgunlaştırıcı, hem de ağartıcı etkisi bulunmaktadır. Dolayısıyla ozonun parçalanmasıyla açığa çıkan moleküler oksijenin, çift yönlü etkisi söz konusudur (15).

Bu çalışmada, ozon gazının kuvvetli oksidan özelliği dikkate alınarak, buğday unu ile muamele edildiğinde, hem doğal bir beyazlatıcı vazifesi göreceği, hem de olgunlaştırıcı ajan olarak protein yapısını kuvvetlendirebileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, çalışmamızda laboratuvar tipi bir ozon jeneratörü kullanılarak, 3 farklı tipteki (Tip

550, 650 ve 850) buğday ununa ozon gazı uygulanmış, daha sonra bu unların ve bunlara ait hamur ve ekmeklerin bazı kalitatif özellikleri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada kullanılan, aynı paçaldan üretilen farklı tipteki (Tip 550, 650 ve 850) buğday unu örnekleri, Şevsan Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Ankara) firmasından, 50 kg'lık çuvallar içerisinde öğütme prosesinin hemen ardından temin edilmiştir. Ekmek denemelerinde kullanılan yaş maya (*Saccharomyces cerevisiae*), Pakmaya firmasından (İstanbul), fungal alfa amilaz enzim (Amylase A011P 60.000 SKB) preparatı ise, Vatan Gıda Ltd. Şti. (İstanbul)'den temin edilmiştir.

Metot

Ozon Gazının Uygulanması: Denemelerde, farklı tiplerdeki buğday unlarına, 1'er kg'lık partiler halinde, 0.4 g/h kapasiteli laboratuvar tipi bir ozon jeneratörü (Opal OG-400, Ankara, Türkiye) yardımıyla, 8 dakika süreyle, ozon gazı uygulanmıştır. Ozonlama işlemi, ağzı kapalı polikarbon özellikli bir şişe içerisinde gerçekleştirilmiş olup, homojen bir karışım eldesi için manuel olarak muamele boyunca çalkalanmıştır.

Denemenin Kuruluşu: Araştırma; 3 farklı un tipi üzerine, kontrole karşı ozon gazı uygulanması esasıyla kurulmuş olup, tesadüf blokları deneme deseninde, (3 x 2) x 2'lik faktöriyel plana göre, 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler ise, varyans analizine tabi tutulmuş ve farklılıkları önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (18). Önemli bulunan bazı interaksiyonlar ise, şekil üzerinde tartışılmıştır.

Analitik Analizler: Denemelerde kullanılan unların; su (AACC 44-19), protein (AACC 46-12), kül (AACC 08-01), yaş gluten ve gluten indeks (AACC 38-12) miktarları, AACC (19)'ye göre belirlenmiştir (Çizelge 1). Ayrıca renk okumaları, Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı kullanılarak, L* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a* değeri [(+) kırmızı- (-) yeşil] ve b* değeri [(+) sarı-(-) mavi] cinsinden ölçülmüştür (20).

Reolojik Analizler: Un örneklerinden elde edilen hamurların, farinograf özellikleri ICC Standart Metot No: 115/1'e göre, ekstensograf özellikleri ise ICC Standart Metot No: 114/1'e göre tespit edilmiştir (21).

Ekmek Pişirme Denemeleri: Ekmek pişirme denemelerinde direkt pişirme metodu (AACC 10-10) Türk usulü ekmeklere göre modifiye edilerek kullanılmıştır. Denemeler, 100 g un esasında göre yapılmıştır. Önceden tespiti yapılan farinograf değerleri baz alınarak, unlara bu değerlerden 2 ml daha az su verilmiş, % 1.5 sofrata tuzu, % 3.0 yaş maya ve 20 ppm fungal amilaz enzimi ilave edilerek, olgun hamur elde edilene kadar yoğrulmuştur. Bu hamurlar, % 80-90 nispi nemde ve 30 oC sıcaklıkta, 2 defa 30 dakikalık kitle fermantasyonuna bırakılmış ve bu süreler sonunda katlanıp havalandırılmıştır. Daha sonra da ekmek hamuruna son şekli verilip, 30 °C'de 60 dakika süreyle son fermantasyona tabi tutulmuştur. Kabaran hamurlar 250 ± 5 °C'de 15 dakika süre ile fırında (Arçelik ARMD-580, Türkiye) pişirilmiştir. Fırın çıkışını takiben, oda sıcaklığına kadar soğultulmuş ekmeklerde, hacim (cm³) ve ağırlık (g) ölçümleri yapılmış, bu parametrelerden spesifik hacim (cm³/g) değerleri hesaplanmış, bir saat sonra da polietilen torbalara konularak ağızları kapatılmıştır. 24 saat sonra da, ekmek içi gözenek yapısının homojenliği, gözeneklerin küçük ve ince kenarlılığı, tekstürün ipeksi yapısı, organoleptik olarak, yüksekte (10) düşüğe doğru (1) puanlanmış, ekmek içi tekstür- gözenek yapısı olarak değerlendirilmiştir (22). Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renkleri ise, (L*,a* ve b*) Minolta CR-400 cihazı kullanılarak belirlenmiştir (20).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Analitik sonuçlar

Çizelge1'de araştırmamızda kullanılan farklı tipteki buğday unlarına ilişkin bazı bulgular

Çizelge 1. Farklı tip un örneklerine ait bazı analitik analiz sonuçları¹

	Un Tipi		
	Tip 550	Tip 650	Tip 850
Su (%)	12.91±0.15	13.32±0.32	13.02±0.29
Protein (%) ^{1,2}	11.02±0.08	11.68±0.16	12.81±0.47
Kül (%) ¹	0.531±0.04	0.638±0.04	0.822±0.02
Yaş Gluten (%)	22.70±1.20	25.10±1.40	27.35±1.10
Gluten indeks (%)	95.25±3.52	95.60±2.45	64.65±5.15

¹ Sonuçlar iki paralel ortalaması olup, kuru madde üzerinden verilmiştir.; ² N x 5.7.

özetlenmiştir. Bu sonuçlara göre, materyal olarak kullanılan Tip 550 ve Tip 650 un kül miktarı düşük ekmeklik özellikte, Tip 850 un ise kül miktarı diğerlerine göre çok yüksek esmer un özelliğindedir. Un randımanı arttıkça kül, gluten ve protein miktarları artarken, gluten indeks değerleri azalmıştır.

Unların kalitatif özellikleri

Ozon gazı uygulanmış farklı tipteki buğday unların bazı kalitatif özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 3'de özetlenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, un tipi ve ozon uygulaması etkileşimini, "gluten indeks", "L*" ve "b*" değerleri üzerinde $P<0.01$; a* değerleri üzerinde $P<0.05$ seviyesinde önemli etkide bulunmuştur. Çizelge 3'e bakıldığında; ozon uygulanan un örneklerinin ortalama "yaş gluten" ve "gluten indeks" değerlerinin sırasıyla % 26.27 ve % 84.85 olduğu; ozon uygulanmayan örneklerin ise aynı değerlerinin sırasıyla % 25.05 ve % 85.17 olduğu belirlenmiştir. Ozon uygulaması ile unların yaş gluten miktarının az da olsa arttığı, gluten indeks değerlerinin ise değişmediği tespit edilmiştir. Ozon gazı kuvvetli oksidan özelliği ile muhtemelen sülfhidril disülfid değişimiyle kısa zincirli gluten parçalarının, gluten yumağına bağlanması sonucu, gluteni sıkılaştırıcı, miktarını az da olsa artırıcı etkide bulunmuştur. Ayrıca, Tip 850 unların yaş gluten miktarlarının daha yüksek (% 27.68) olduğu, kül miktarındaki artışlara bağlı olarakta gluten indeks değerlerinin (% 66.78) düştüğü tespit edilmiştir. Buna sebep olarak, randımanla birlikte artan ve tanenin dış kısmından gelen gluten olmayan proteinlerin, enzim yoğunluğunun ve pike kontaminasyonunun artışı, gluten indeks değerlerinin düşüşüne sebep olarak gösterilebilir.

Ozon uygulaması, un rengini de bariz bir şekilde etkilemiştir. Ozon muamelesine tabi tutulan un örneklerinin. L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerleri

Çizelge 2. Ozon uygulanmış farklı tip unların bazı kalitatif özelliklerine ait varyans analizi sonuçları¹

Varyasyon kaynağı	Yaş Gluten	Gluten İndeks	F değerleri		
			L*	a*	b*
Ozon uygulaması (A)	50.75**	1.62ns	169.07**	68.49**	752.82**
Un tipi (B)	210.87**	5367.19**	162.28**	30.54**	721.39**
A x B	2.87ns	84.29**	11.51**	8.93*	108.84**
Hata	0.09	0.19	0.01	0.01	0.01

¹ * $P < 0.05$ düzeyinde önemli, ** $P < 0.01$ düzeyinde önemli, ns=önemsiz

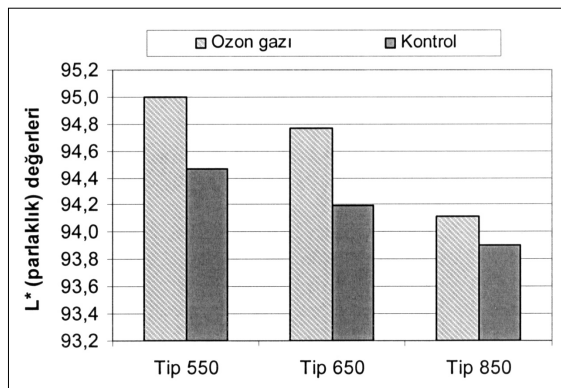
Çizelge 3. Ozon uygulanmış farklı tip unların bazı kalitatif özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Yaş Gluten (%)	Gluten İndeks (%)	Un Rengi			
				L*	a*	b*	
Ozon Uygulaması	Ozonlu	6	26.27 ^a	84.85 ^a	94.63 ^a	-1.05 ^a	10.31 ^b
	Kontrol	6	25.05 ^b	85.17 ^a	94.19 ^b	-1.22 ^b	10.61 ^a
Un Tipi	Tip 550	4	23.40 ^c	94.03 ^a	94.74 ^a	-1.25 ^b	10.18 ^c
	Tip 650	4	25.90 ^b	94.23 ^a	94.48 ^b	-1.09 ^a	10.50 ^b
	Tip 850	4	27.68 ^a	66.78 ^b	94.01 ^c	-1.07 ^a	10.69 ^a

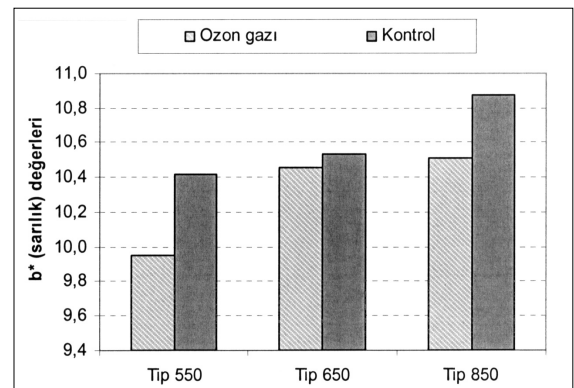
¹Sütunlarda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir ($P < 0.05$).

üzerine etkili "*Un tipi x Ozon uygulaması*" interaksiyonların gidişi Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. Şekil 1'e göre, en yüksek L* değerleri Tip 550 unlarında, en düşük L* değerleri ise Tip 850 unlarında elde edilmiştir. Şekil 2'ye bakıldığında ise, ozon uygulanmış Tip 850 unların, ozon uygulanmayan Tip 650 unlardan bile daha az sarı renkte un rengi verdiği belirlenmiştir. Tip 850 unlar, tanenin dış kısımlarından önemli düzeyde morfolojik tabakalar içerir. Bu morfolojik tabakalar, oksidasyondan etkilenmeyen (15) ve tanenin dış kısımlarında yoğun olan flavanoid pigmentlerince zengindir (23). Dolayısıyla Tip 850 unlar, ozon oksidasyonundan sınırlı düzeyde etkilenmiştir. Bu sonuçlara göre genel olarak, ozon uygulamasının,

unların parlaklık değerlerini bariz bir şekilde arttırdığı ve sarılık değerlerini ise düşürdüğü ortaya konmuştur. Oksidanlar, undaki karotenoid pigmentlerini okside ederek ağartıcı etkide bulunmaktadır (24). Düşük randımanlı unlar, ozonun ağartıcı etkisinden daha çok etkilenmiştir. Çünkü, düşük randımanlı unlar karotenoid pigmentlerince daha zengindir (25). Sonuç olarak, ozon gazının oksidan özelliğiyle unlar üzerinde oldukça etkili olduğu ve düşük randımanlı unlarda daha bariz olmak üzere, un renginin ağartılmasında kolaylıkla uygulanabileceği belirlenmiştir.



Şekil 1. Un parlaklık (L*) değerleri üzerine etkili "*Un tipi x Ozon uygulaması*" interaksiyonu



Şekil 2. Un sarılık (b*) değerleri üzerine etkili "*Un tipi x Ozon uygulaması*" interaksiyonu

Hamurların reolojik özellikleri

Ozonasyon işlemi uygulanmış, farklı tipteki unlardan yapılan hamurların bazı reolojik özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4'te, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları da Çizelge 5'te verilmiştir. "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksyonu; "su absorpsiyonu" değerleri üzerinde $P<0.01$ seviyesinde, önemli etkide bulunmuştur. Ayrıca "ozon uygulaması" da "enerji" değerleri üzerinde ($P<0.01$) istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 5'e göre; un tipine bağlı olarak randmanın düşmesi, farinogram özelliklerinden su absorpsiyonu ve yumuşama derecesi değerlerini de azaltırken, gelişme süresi değerlerini arttırmıştır. En düşük gelişme süresi (1.83 dakika) ve en yüksek yumuşama derecesi (94.25 FU) Tip 850 unda elde edilmiştir. Ekstensogram özellikleri incelendiğinde, Tip 550 unların enerji değerlerinin 104.75 cm^2 olduğu, en düşük değerlerin ise Tip 850 unlarda (47.00 cm^2) elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, ozon gazı uygulanmış unlardan üretilen hamurların enerji değerlerinde, gözle görülür artışlar meydana gelmiştir. Bu durum, ozonasyona bağlı oksidasyonun intermoleküler sülfhidril gruplarını, disülfid gruplarına okside ederek, hamuru kuvvetlendirici etkide bulunması ile açıklanabilir.

Ekmeğin kalitatif özellikleri

Hacim ve spesifik hacim: Ozon gazı uygulanmış, farklı tipteki unlardan yapılan ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 7'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, "ekmek hacmi" ve "spesifik hacim" değerleri üzerinde "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksyonu $P<0.01$ seviyesinde etkili bulunmuştur. Ozon uygulaması, uygulanmayan gruplara göre ekmek hacimlerini 769.58 cm^3 'den, 821.25 cm^3 'ye; ekmek spesifik hacimlerini ise $5.40 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dan $5.85 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'a yükseltmiştir (Çizelge 7). Ekmek hacim değerleri üzerine etkili "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksyonu Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'ten; un tipine bağlı olarak hacim artışları olmasının yanı sıra, ozon uygulamasıyla da bariz bir şekilde ekmek hacim değerlerinin arttığı anlaşılmaktadır. Özellikle de randman azaldıkça, ozonlama işleminin ekmek hacmini artırıcı etkisi de artmıştır. Tip 850 unlarda ise, protein kalitesindeki düşüşe paralel olarak, olumlu etki biraz daha az olmuştur. Oksidan maddeler kullanılarak hazırlanan hamurların gluten yapısının kuvvetlenmesine bağlı olarak; viskoelastik niteliklerinin geliştiği, bu suretle gaz tutma kapasitelerinin arttığı, ekmeklerin ise daha iyi bir hacime sahip oldukları ve raf ömürlerinin de daha uzun olduğu bilinmektedir (26, 27).

Çizelge 4. Ozon uygulanmış farklı tip unlardan üretilen hamurlarının bazı reolojik özelliklerine ait varyans analizi sonuçları¹

Varyasyon kaynağı	F değerleri				
	Farinograf			Ekstensograf	
	Su Absorpsiyonu	Gelişme Süresi	Yumuşama Derecesi	Enerji	Uzama Kabiliyeti
Ozon uygulaması (A)	37.39**	1.14ns	1.99ns	17.62**	5.66ns
Un tipi (B)	9.75*	8.36*	62.45**	103.05**	6.78*
A x B	15.96**	0.50ns	0.17ns	1.22ns	0.79ns
Hata	0.38	0.01	45.58	32.58	39.83

¹* $P<0.05$ düzeyinde önemli, ** $P<0.01$ düzeyinde önemli, ns=önemsiz

Çizelge 5. Ozon uygulanmış farklı tip unlardan üretilen hamurlarının bazı reolojik özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Farinograf			Ekstensograf		
		Su Absorpsiyonu (%)	Gelişme Süresi (dakika)	Yumuşama Derecesi (FU)	Enerji (cm^2)	Uzama Kabiliyeti (mm)	
Ozon Uygulaması	Ozonlu	6	57.53 ^b	1.98 ^a	65.83 ^a	84.17 ^a	111.83 ^a
	Kontrol	6	59.72 ^a	1.92 ^a	71.33 ^a	70.33 ^b	120.50 ^a
Un Tipi	Tip 550	4	57.58 ^b	2.13 ^a	41.00 ^c	104.75 ^a	114.00 ^a
	Tip 650	4	58.83 ^a	1.90 ^a	70.50 ^b	80.00 ^b	109.25 ^b
	Tip 850	4	59.48 ^a	1.83 ^b	94.25 ^a	47.00 ^c	125.25 ^a

¹Sütunlarda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($P<0.05$).

Çizelge 6. Ozon gazı uygulanmış farklı tip unlardan üretilen ekmeklerin bazı kalitatif özelliklerine ait varyans analizi sonuçları¹

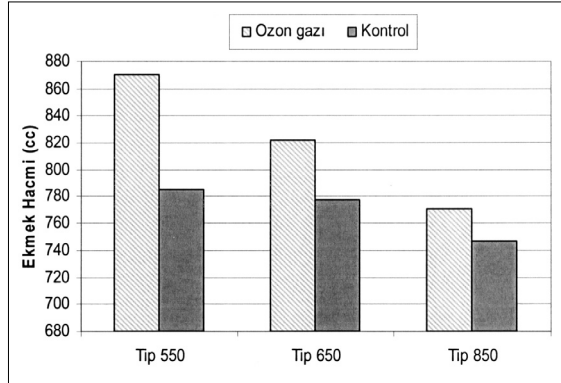
Varyasyon kaynağı	F değerleri			
	Ağırlık	Hacim	Spesifik Hacim	Tekstür-Gözenek Yapısı
Ozon uygulaması (A)	307.03**	187.51**	245.35**	40.33**
Un tipi (B)	30.97**	112.15**	113.73**	34.33**
A x B	20.18**	21.85**	21.85**	0.33ns
Hata	0.05	42.71	0.01	0.06

¹* P< 0.05 düzeyinde önemli, ** P< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz

Çizelge 7. Ozon gazı uygulanmış farklı tip unlardan üretilen ekmeklerin bazı kalitatif özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Ağırlık (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	Tekstür-Gözenek Yapısı (1-10)
Ozon Uygulaması					
Ozonlu	6	140.30 ^b	821.25 ^a	5.85 ^a	7.67 ^a
Kontrol	6	142.53 ^a	769.58 ^b	5.40 ^b	6.75 ^b
Un Tipi					
Tip 550	4	140.72 ^b	827.50 ^a	5.88 ^a	7.75 ^a
Tip 650	4	141.69 ^a	800.00 ^b	5.65 ^b	7.50 ^a
Tip 850	4	141.85 ^a	758.75 ^c	5.35 ^c	6.38 ^b

¹Sütunlarda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (P<0.05).



Şekil 3. Ekmek hacmi üzerine etkili "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksiyonu

Tekstür-gözenek yapısı: İnce ve ipeksi tekstür, ekmek için yumuşaklığı, kalitesinin yüksekliği ve geç bayatlamasında önemli bir ölçü olarak kabul edilir. Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 6), un tipi ve ozon uygulaması varyasyon kaynakları

P<0.01 seviyesinde önemli etkide bulunmuştur. Çizelge 7'ye bakıldığında ise, un randımanının azalması ve ozon uygulaması ile ekmeklerin ekmek içi tekstür ve gözenek yapısı puanlama değerlerini arttığı belirlenmiştir. Oksidan maddelerin olgunlaştırıcı etkisine bağlı olarak (15), kullanıldığı ekmeklerin gözenek yapılarının küçük ve ince çepirli, tekstürlerinin ise yumuşak ve kadife gibi bir yapıya sahip olduğu birçok çalışma ile ortaya konulmuştur (26, 27).

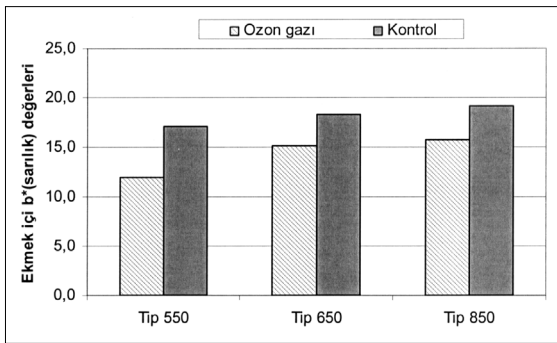
Ekmek kabuk rengi: Ekmek örneklerinin "kabuk rengi L*, iç renk L* ve b*" değerleri üzerinde, "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksiyonu, istatistiki olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur (Çizelge 8). Ozon uygulamasının ekmeklerin kabuk L* değerlerini arttırdığı, ayrıca daha parlak ve beyaz ekmek içi özelliklerine sahip ürünlerin elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 9). Ekmek içi rengi b* değerleri üzerine etkili "Un tipi

Çizelge 8. Ozon gazı uygulanmış farklı tip unlardan üretilen ekmeklerin kabuk ve iç rengi değerlerine ait varyans analizi sonuçları¹

Varyasyon kaynağı	F değerleri			
	Kabuk Rengi		İç Renk	
	L*	a*	L*	b*
Ozon uygulaması (A)	32.10**	9.88*	255.53**	2400.92**
Un tipi (B)	597.58**	38.04**	503.32**	462.96**
A x B	485.72**	2.01ns	124.21**	62.73**
Hata	0.05	0.05	0.04	0.02

¹* P< 0.05 düzeyinde önemli, ** P< 0.01 düzeyinde önemli, ns=önemsiz

"*x Ozon uygulaması*" interaksiyonuna bakıldığında; ozon uygulaması, unda olduğu gibi, ekmek içi sarılık değerlerini de düşürmüştür. En yüksek sarılık değerleri, Tip 850 unlarla yapılan ekmeklerde tespit edilmiştir. (Şekil 4). Bunun muhtemel sebebi, un renginde de tartışıldığı gibi, Tip 850 unların oksidatif ağarmadan etkilenmeyen flavanoid pigmentleri içermesi, protein oranının yüksekliği ve öğütme prosesi esnasında kabuk altı tabakalardan gelen şekerlerin Maillard reaksiyonu sonucu, daha esmer ekmek içi vermesidir.



Şekil 4. Ekmek içi sarılık değerleri (b*) üzerine etkili "Un tipi x Ozon uygulaması" interaksiyonu

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; farklı un tiplerine uygulanan ozonasyon işleminin, un kalitesi ve un rengi özelliklerinin yanısıra hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerinde oldukça olumlu sonuçlar verdiği kanaatine varılmıştır.

Ozon uygulamalarıyla yaş gluten miktarının az da olsa arttığı, özellikle de un rengi üzerinde oksidan madde özelliği nedeniyle ağartıcı rol oynadığı, daha beyaz un elde edilemesine yardımcı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca hamur reolojisi özellikleri üzerinde olumlu etkide

bulunduğu, düşük randımanlı unlarda daha fazla olmak üzere hamur enerjisi değerlerini arttırdığı tespit edilmiştir. Ozon uygulaması ile daha hacimli, ince tekstürlü ve daha beyaz iç özelliklerine sahip ekmekler elde edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK-TEYDEP-7080534) tarafından desteklenmiş olup, buğday unlarının üretimi projenin paydaşı olan ŞEVSAN Gıda Sanayi A.Ş. (Sincan/Ankara) işletmelerinde, bazı analizleri ise Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Polat H. 2009. Dezenfeksiyon amaçlı ozon kullanımı. *Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yunus Araştırma Bülteni*, 9(2):14-17.
- Çatal H, İbanoğlu Ş. 2010. Gıdaların ozonlanması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (3):47-55.
- Anık A. 2007. İklimlendirme sistemlerinde ozon kullanımının incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 102 s.
- Marston KG. 2009. Effect of sorghum flour treated with ozone and heat on the quality of gluten-free bread and cake. M.S. Thesis, Kansas State University, Manhattan, Kansas, 109 p.

Çizelge 9. Ozon gazı uygulanmış farklı tip unlardan üretilen ekmeklerin kabuk ve iç rengi değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Kabuk Rengi		İç Renk		
		L*	a*	L*	b*	
Ozon Uygulaması	Ozonlu	6	56.95 ^a	13.53 ^a	76.38 ^a	14.24 ^b
	Kontrol	6	56.22 ^b	13.14 ^a	74.52 ^b	18.17 ^a
Un Tipi	Tip 550	4	59.74 ^a	12.94 ^b	78.02 ^a	14.53 ^c
	Tip 650	4	55.18 ^b	12.96 ^b	74.60 ^b	16.68 ^b
	Tip 850	4	54.84 ^b	14.10 ^a	73.75 ^c	17.40 ^a

¹Sütunlarda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir ($P < 0.05$).

5. Muthukumarappan K, O'Donnell CP, Cullen P. 2009. Ozone treatment of food materials. In: *Food Processing Operations Modeling Design and Analysis*, Jun S (chief ed) CRC Press, Boca Raton, FL: pp. 263-280.
6. İbanoğlu Ş. 2002. Wheat washing with ozonated water: Effects on selected flour properties. *Int J Food Sci Technol*, 37(5): 579-584.
7. Tiwari BK, Brennan CS, Curran T, Gallagher E, Cullen PJ, O'Donnell CP. 2010. Application of ozone in grain processing. *J Cereal Sci*, 51:248-255.
8. Khadre MA, Yousef AE. 2001. Decontamination of a multilaminated aseptic food packaging material and stainless steel by ozone. *J Food Saf*, 21(1): 1-13.
9. László Z, Hovorka-Horváth Z, Beszédes S, Kertész S, Gyimes E, Hodúr C. 2008. Comparison of the effects of ozone, UV and combined ozone/UV treatment on the color and microbial counts of wheat flour. *Ozone: Sci Eng*, 30 (6):413-417.
10. Desvignes C, Chaurand M, Dubois M, Sadoudi A, Abecassis J, Lullien-Pellerin V. 2008. Changes in common wheat grain milling behavior and tissue mechanical properties following ozone treatment. *J Cereal Sci*, 47:245-251.
11. Von Gunten U. 2003. Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Res*, 37:1443-1467.
12. Mendez F, Maier DE, Mason LJ, Woloshuk CP. 2003. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *J Stored Prod Res*, 39:33-44.
13. Kuşçu A, Pazır F. 2004. Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları. *GIDA*, 29(2):123-129.
14. Tetik N, Topuz A, Turhan İ, Karhan M. 2006. Meyve ve sebzelerin işlenmesi ve muhafazasında ozon uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu, Türkiye, 281-284.
15. Elgün A, Ertugay Z. 1995. *Tabıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:718, Erzurum, Türkiye, 376 s.
16. Cauvain SP, Young LS. 2007. The Technology of Breadmaking. 2nd Edition. New York: Springer-Verlag. 397 p.
17. Elgün A, Türker S., Bilgiçli N. 2007. *Tabıl Ürünleri Teknolojisi*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, Konya, Türkiye, 186 s.
18. Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları, (İstatistik Metotları-II)*. Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları No:1021, Ankara, Türkiye, 381 s.
19. AACC 1990. American association of cereal chemists, Approved methods of the AACC: 8th ed., The association:St. Poul, MN.
20. Francis FJ. 1998. Colour analysis, In: *Food Analysis*. Nielsen SS (Ed), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.
21. ICC 2002. International association for cereal science and technology, ICC-Vienna.
22. Elgün A, Türker S, Bilgiçli N. 2001. *Tabıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü*. Konya Ticaret Borsası Yayınları. Yayın No:2, Konya, Türkiye, 112 s.
23. Beta T, Nam S, Dexter JE, Sapirstein HD. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chem*, 82:390-393.
24. Dupuis B. 1997. The chemistry and toxicology of potassium bromate. *Cereal Foods World* 42:171-183.
25. Pomeranz Y. 1988. *Wheat Chemistry and Technology*. AACC. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 562 p.
26. Fischer F. 1985. Oxidation and reduction: electron transfer is key to dough improvements. *Bakers Digest*, 59(1):22.
27. Miller KA, Hosney RC. 1999. Effect of oxidation on the dynamic rheological properties of wheat flour-water doughs. *Cereal Chem*, 76(1):100-104.