

Buğday Ununa Ozon Gazı Uygulamasının Un ve Ekmek Kalitesine Etkisi

Muhammed Sami Elgün¹ , Nermin Bilgiçli²  

¹ İttifak Holding İmaş Makina Sanayi A.Ş. 2.Organize Sanayi Bölgesi Lalehan Cad. No:61 Selçuklu, Konya
² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Meram, Konya

Geliş Tarihi (Received): 13.10.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 27.03.2019

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): nerminbil2003@hotmail.com (N. Bilgiçli)

☎ 0 332 323 79 26 📠 0 332 236 21 41

ÖZ

Bu araştırmada, farklı buğday çeşitlerine ait unlara uygulanan ozon gazının, un, hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, öğütmeyi takiben iki farklı buğday çeşidine (Bezostaya-1 ve Gerek-79) ait unlara şahide karşılık ozon jeneratörü yardımıyla 0,4 g/h debi ile ozon gazı uygulanmıştır. Un örneklerinde ozonlamanın yapıldığı gün ve 21 günlük dinlendirme sonrasında fiziksel, kimyasal, teknolojik, reolojik ve mikrobiyolojik analizler ile ekmek denemeleri gerçekleştirilmiştir. Ozon uygulaması un örneklerinin sarılık değerini 9.17'den 8.37'e düşürmüştür. 21 gün dinlendirme ve ozon uygulaması sinerjistik etki göstererek unların parlaklık değerini daha fazla artıp, sarılık değerinin daha fazla düşmesine neden olmuştur. Ozon uygulaması buğday unlarının kül, protein, gluten, gluten indeksi, düşme sayısı, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerlerinde önemli ($p < 0.05$) bir farklılığa neden olmamıştır. Unlarda düşme sayısı 21 günlük dinlendirme ile 305.25 saniyeden 330.25 saniyeye yükselerek amilolitik aktivitede azalma gerçekleşmiştir. Ozonlama ile unlarda fitik asit miktarı 365.35 mg/100 g'dan 302.48'e düşerken, 21 gün dinlendirme süresi sonunda da unların fitik asit miktarında önemli ($p > 0.05$) azalma gerçekleşmiştir. Genel olarak, 21 günlük dinlendirme ve ozon uygulaması farinograf ve ekstensografta hamur reolojik özellikleri üzerinde olumlu etkide bulunmuştur. Tahmin edildiği gibi Bezostaya-1 buğday unları, Gerek-79 buğday unlarından daha üstün ekmek özellikleri vermiştir. Ozonlama ekmek simetrisi ve gözenek yapısını düzeltmiş, ekmek içi sertliğini önemli düzeyde düşürmüştür. Öğütme sonrası ozon gazı uygulanan unların, 21 gün dinlendirilmiş unlara yakın kalitede un, hamur ve ekmek özellikleri verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ozon, Un kalitesi, Hamur reolojisi, Ekmek kalitesi, Buğday çeşidi

Effect of Ozone Gas Treatment of Wheat Flours on Flour and Bread Quality

ABSTRACT

In this study, ozone gas was applied on the flours of different wheat varieties, and the effects of ozone on flour, dough and bread properties were investigated. For this purpose, ozone gas was applied just after milling at the flow rate of 0,4 g/h on flours of two different wheat varieties (Bezostaya-1 and Gerek-79). In flour samples, physical, chemical, technological, rheological and microbiological analysis with breadmaking experiments were conducted on the day of ozonation and after 21 days of resting time. Ozone application reduced the yellowness value of flour samples from 9.17 to 8.37. The 21-day resting time with ozone application showed synergistic effect on lightness and yellowness values of the flour samples. Ozone application did not cause significant ($p > 0.05$) difference on ash, protein, gluten, gluten index, falling number, phenolic content and antioxidant activity values of wheat flour. During 21-day resting time, falling number values of the flour increased from 305.25 to 330.25 second, and amyolytic activity decreased. The amount of phytic acid in flour decreased from 365.35 mg / 100 g to 302.48 mg / 100 g by ozone application. 21-day resting time was also significantly ($p < 0.05$) reduced the phytic acid content of the flour. In general, 21 days resting time and ozone application had a positive effect on the rheological properties of dough at farinograph and extensograph. As expected, Bezostaya-1 wheat flours gave superior bread properties than Gerek-79 flours.

Ozonation improved bread symmetry and pore structure, and decreased crumb firmness significantly. Flours ozonated just after milling procedure gave similar flour, dough and bread quality properties to flours rested 21 days.

Keywords: Ozone, Flour quality, Dough rheology, Bread quality, Wheat cultivars

GİRİŞ

Ekmeklik unların teknolojik kalite takdirinde, aynı protein miktar ve kalitesine sahip unlarda rengin beyazlığı, ekmeğin daha iyi iç ve dış özelliklerine sahip olacağına işaret sayılır. Un renginin beyazlığı, un randımanının düşüklüğünden, granülasyonunun inceliğinden ve öğütme sonrasında en az üç hafta olgunlaşma süreci geçirmiş olmasından kaynaklanır. Dolayısıyla unun beyazlığı, kalitatif değerlendirilmesinde ve fiyat oluşturmada oldukça önemlidir. Genellikle kuvvetli buğday çeşitleri kırmızı renk gurubunda yer alır. Oldukça sınırlı olan beyaz ve kuvvetli buğday çeşitlerinin geliştirilmesi son yılların başlıca ıslah konuları arasına girmiştir. Un için en doğal olgunlaşma ajanı dinlendirme sırasında aktivitesini gösteren hava oksijendir. Diğer taraftan da bazı kimyasal bazlı oksidatif ajanlar kullanılarak katkılama işlemlerine başvurulabilmektedir. Ülkemizde ise, Avrupa gıda kodeksi kaynaklı sağlık sakıncaları ve haksız rekabet dikkate alınarak bu tür un ağartma ve kuvvetlendirme işlemleri yasaklanmıştır. Diğer doğal bir ağartıcı katkı olarak kabul edebileceğimiz aktif soya unu, ransit gelişmeyi tetiklemesinden dolayı öğütme aşamasında kullanılamamaktadır [1]. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA, United States Environmental Protection Agency) 1997 yılında gıda endüstrisinde ozon kullanımının GRAS statüsünde zararsız olduğunu belirtmiştir [2, 3]. Bu karar Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA, Food and Drug Administration) ve Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA, United States Department of Agriculture) tarafından onaylanmış ve gıda ile temas eden maddeler tebliğinde organik olarak sertifikalandırılmıştır [4]. Ülkemiz dahil Avrupa'nın bir çok ülkesinde, İskandinav ülkelerinde ve Japonya başta olmak üzere diğer ülkelerde ozon gıda endüstrisinde kullanılmak üzere uluslararası mevzuatta yerini almıştır [5]. Gıda işleme dahil, endüstriyel uygulamalarda, son 30-40 yılda önemli reaktif oksijen kaynağı olarak ozon gazı önem kazanmış, dezenfektan olarak klor gazı yerine ve ağartıcı etkisiyle de oksidan katkı maddelerinin yerine; tıpta ozon tedavisi şeklinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Endüstriyel olarak ozon üretimi, elektron boşalımı yardımıyla atmosferik ortamdan veya saf oksijenden elde edilebilmektedir [6]. Sulu ortamlarda 20 dakikada, hava ortamında 2-3 saatte yarılanmaktadır. Açığa çıkan aktif oksijen ($O^{\cdot-}$), moleküler oksijene (O_2) göre çok daha reaktif olduğundan oksidasyon olaylarını önemli düzeyde hızlandırmaktadır. Ozon reaksiyonlarının çoğu, organik materyalde karbon-karbon ($C=C$) çift bağının açılması esasına dayanır. Ozon gazının tekrar oksijene dönüşerek kalıntı bırakmama özelliği [7] gıda endüstrisi ile bitki ve hayvan yetiştiriciliği alanlarındaki kullanımını, yaygın kullanılan klor ve diğer dezenfektanlara göre avantajlı kılmaktadır [8-13]. Ozonun hidrojen peroksit

gibi farklı kimyasallar ya da UV gibi fiziksel yöntemlerle kombine edildiğinde antimikrobiyal etkisinin arttığı belirtilmektedir [14].

Gıda işlemede koku, renk, organik kirlilikler ve mikroflora gidermekle ilgili ozon jeneratörü kullanan başlıca sanayi kolları; meyve sebze depolama ve yıkama, su işleme ve arıtma, süt işleme, siyah çay, ilaç, balık işleme, alet sterilizasyonu, kauçuk, yağ, kağıt ve kimyasal madde fabrikalarıdır [2, 13-23]. Yüksek dozlarda uygulandığı zaman yağ, proteinler ve karotenoidler üzerinde olumsuz etkide bulunabilmektedir. Ozon gazının taneli ürünlerde kullanım alanları, özellikle koruma amaçlı olarak, ziraatından depolamaya kadar oldukça geniştir [13,24], Buğdayların depolanması [25], yıkanması [10] ve tavlama [26] ozon gazı ya da ozonlu su kullanılmasının mikrobiyolojik kaliteyi yükselttiği belirlenmiştir. Un üzerine yapılan uygulamalarda, kek ve ekmeklik un kalitesi üzerinde olumlu etkisinin olduğuna dair literatür bulguları mevcuttur [27,28] Unun klorlanması yerine doğrudan ozon gazı ile muamelesi, özellikle kek unlarında çok olumlu sonuçlar vermiş, ilaveten UV radyasyonu ile kombine edilerek etkinliği daha da artırılmıştır [21,22 29-30]. Una ozonasyon uygulanmasının etkisini belirlemek için Demir ve ark. [31] tarafından yürütülen bir çalışmada, endüstriyel un örnekleri üzerine, laboratuvar şartlarında ozonlama işlemi uygulanmış ve un kalitesi ile ilgili olumlu sonuçlar tespit edilmiştir. Unculuk sektöründe kullanılan oksidan maddeler ağartma ve/veya olgunlaştırma ajanı olarak kullanılmakta olup, protein moleküllerinde bulunan sülfhidril ($-SH$) gruplarını oksitleyerek, disülfid ($S-S$) bağlarının oluşmasına, böylece gluten yapısının kuvvetlenmesine ve/veya karotenoid pigmentleri oksitleyip çift bağlarını açıp ağartarak un, hamur ve ekmek kalitesinin artırılmasında yardımcı olmaktadır [1, 32-34]. Atmosferik oksijen unun dinlendirilmesi sürecinde, un kalitesi açısından hem olgunlaştırıcı ve hem de ağartıcı etkide bulunmaktadır. Dolayısıyla ozonun parçalanmasıyla açığa çıkan atomik ve moleküler oksijen yapılarının da, buğday unu üzerine çok yönlü kaliteyi artırıcı etkisi söz konusu olmaktadır. Literatürde buğdaya ozon uygulaması üzerine yapılan çalışmalarda; genellikle depolama, yıkama, tavlama ve öğütme aşamalarında ozon kullanımının ürün özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada ise farklı sertlikteki buğdaylara öğütme aşamasını takiben uygulanan ozon gazının, 21 günlük doğal dinlendirme süresine eşdeğer ağartma ve olgunlaşma sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi, ayrıca ozonlama-dinlendirme uygulamalarının sinerjistik etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı buğday çeşitlerinden elde edilen ekmeklik unlara ozon gazı uygulanarak, unlarda fiziksel-kimyasal değişimler ile, teknolojik ve hijyenik kalite ortaya konmuş ve 21 günlük doğal dinlendirmeye tabi tutulmuş unlarla karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada, Konya piyasasından temin edilen ikişer adet Bezostaya-1 ve Gerek-79 buğday kültür çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Laboratuvar şartlarında temizlenip, tavlani, bir gün sonra öğütülerek elde edilen unlar, şahit ve ozon gazı uygulamalı test ve denemelerde kullanılmıştır. Ekmek denemelerinde kullanılan yaş maya ve sofr tuzu Konya piyasasından temin edilmiştir.

Denemenin Kuruluşu ve İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada, sert-kuvvetli (Bezostaya-1) ve yumuşak-zayıf (Gerek-79) karakterli buğday çeşidine ait ikişer buğday örneği kullanılmış ve Bezostaya-1a, Bezostaya-1b, Gerek-79a ve Gerek-79b şeklinde

isimlendirilmişlerdir. Bu buğdayların öğütülmesiyle elde edilen un örneklerine, kontrole "0" karşı ozon gazı "O₃" uygulanarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Deneme desenine göre hazırlanan örneklerde un, hamur ve ekmek kalite analizleri yapılmıştır. Ayrıca, ozonlama yapılan unlarda ve doğal haliyle (ozonlama uygulanmadan) 21 gün dinlendirilmiş un örneklerinde, deneme deseni çerçevesinde aynı kalite analizleri tekrarlanmıştır. Denemeler (2x4x2)x2 deneme desenine göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme deseni Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen araştırma sonuçları TARİST (Versiyon 4.0, İzmir) programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmış, analiz sonuçları tablolar halinde özetlenmiş, önemli ve anlamlı bulunan interaksyonlar şekiller üzerinde tartışılmıştır [35].

Tablo 1. Ozon uygulamasında kullanılan deneme deseni

Dinlendirme süresi (gün)	Buğday çeşidi	Ozonlama (0.4g/h/kg un)
0. gün	Bezostaya-1a	0
		O ₃
	Bezostaya-1b	0
		O ₃
	Gerek-79a	0
		O ₃
Gerek-79b	0	
	O ₃	
21. gün	Bezostaya-1a	0
		O ₃
	Bezostaya-1b	0
		O ₃
	Gerek-79a	0
		O ₃
Gerek-79b	0	
	O ₃	

Analitik Metotlar

Fiziksel analizler tane halindeki buğday örneklerinde, kimyasal analizler ise öğütülmüş tane üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hammadde olarak kullanılan buğday çeşitlerinde fiziksel olarak; bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, sertlik ve tanede irilik dağılışı tayinleri Elgün ve ark. [36]'na göre yürütülmüştür. Su miktarı 135°C'de 2.5 saat kurutma normu uygulanarak AACC 44-19 metoduna göre yapılmıştır. Kül miktarı ICC Standart No.104-1 metoduna göre, örneklerin 900°C'de kül fırınında (Wisd WiseTherm, Wertheim, Almanya) yakılmasıyla belirlenmiştir. Protein miktarı AACC 46-12 metoduna göre, Kjeldahl yöntemiyle yakma (Foss Digestion System, Hilleroed, Danimarka), destilasyon cihazları (Foss Kjeltex 8100, Hilleroed, Danimarka) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yaş gluten miktarı ile gluten indeks değerinin (AACC 38-12) tespitinde Glutomatic-2200 yıkama cihazı ve Centrifuge 2015 santrifüj sistemlerini içeren cihazlar (Perten Instruments AB, Huddinge, İsveç) kullanılmıştır [37,38].

Araştırma Metotları

Araştırmada Bezostaya-1, Gerek-79 buğday örnekleri, kontrol ve ozonlanacak grup olmak üzere ayrı ayrı öğütülmüş, sert buğdaylar için %17, yumuşak olanlar için %16 su esasına göre tav suyu verilip, 24 saat dinlendirilmiştir. Tavlani örnekler laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) %70±1 randımanla öğütülmüştür [36]. Kırma ve redüksiyon sistemlerinden elde edilen un örnekleri tartılıp toplam un verimi (%) hesaplanmış ve randıman düzenlemesi yapılmıştır.

Doğal Dinlendirme ve Ozon Uygulaması

Doğal dinlendirme; Her bir çeşit buğdaya ait un örneklerinden kontrol grubu iki kısma ayrılarak biri ilk gün analizlerine tabi tutulmuş, diğeri ise oda şartlarında 21 günlük doğal olgunlaşmaya terk edilmiştir.

Ozon uygulaması (Ozonasyon); Farklı buğday çeşitlerinden elde edilen unlarına; 1'er kg'lık partiler halinde, 0.4 g/h kapasiteli laboratuvar tipi ozon jeneratörü (Opal OG-400, Ankara, Türkiye) yardımıyla,

ağzı kapalı polikarbon özellikli bir şişe içerisine 5 dakika süreyle çalkalanarak ozon gazı uygulaması yapılmıştır. Ozonlama işlemine tabi tutulan un örnekleri de ilk gün ve 21. gün analizlerine tabi tutulmak üzere iki kısma ayrılmıştır.

Un ve Hamur Analizleri

Un örneklerinde renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ise Minolta CR 400 (Konica Minolta Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir [39]. Unda su (AACC 44-19), kül (ICC No.104-1), protein (AACC 46-12) analizleri analitik metotlarda verilen metotlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [37,38]. Guten ve gluten indeks tayini AACC 38-12'ye, düşme sayısı değeri AACC 56-81b'ye göre yapılmıştır [37]. Kontrol ve ozonlanmış un örneklerinde öğütmeyi takiben ilk gün ve 21 gün dinlendirme süresinden sonra maya ve küf sayımı yapılmıştır [40]. Ozonasyon işleminin fonksiyonel ve antibesinsel bileşenler üzerinde sebep olabileceği kayıpları ortaya koyabilmek için fitik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri gerçekleştirilmiştir. Fitik asit analizi için un örnekleri hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve Demir III çözeltisi ile çöktürülerek serum kısmında kalan demir miktarı spektrofotometrik yolla belirlenmiştir [41]. Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocaltaeu metodu kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmiştir. Örnek (200 mg), asitlendirilmiş metanol (HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) içerisinde (4 ml), 2 saat süre ile bir çalkalamalı su banyosunda ($24\pm 1^\circ\text{C}$) çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Daha sonra bu karışım, 3000 rpm'de 10 dakika süre ile santrifüj edilmiş ve sonrasında elde edilen süpernatant kullanılarak toplam fenolik madde içeriği tespit edilmiştir. Analizde 0.1 ml süpernatant örnek, 0.5 ml Folin-Ciocaltaeu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) ve 1.5 ml sodyum karbonat çözeltisi (%20'lik, a/h, suda) deney tüpünde karıştırılarak, 2 saat oda sıcaklığında ($24\pm 1^\circ\text{C}$) inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda da çözeltilerin absorpsiyon değerleri 760 nm'de spektrofotometrede okunmuş ve toplam fenolik madde miktarı gram ekstrede mg gallik asite (mg GAE/g) eşdeğer olacak şekilde hesaplanmıştır. Antioksidan aktivite tayininde, fenolik madde analizinde belirtildiği gibi ekstrakte edilen örneklerde, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikali metodu üzerinden tayin edilmiş olup, % olarak belirlenmiştir [42-45]. Un örneklerinden elde edilen hamurların, farinogram özellikleri ICC Standart Metot No: 115/1'e göre Farinograf (Brabender Farinograph-E, Duisburg, Almanya) cihazı, ekstensogram özellikleri ise ICC Standart Metot No: 114/1'e göre Ekstensograf cihazı (Brabender Extensograph-E, Duisburg, Almanya) cihazı ile tespit edilmiştir [38].

Ekmek Pişirme Denemeleri

Ekmek denemeleri direkt ekmek pişirme metodu Türk usulü ekmeklere göre modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. 100 g un esasına göre 1.5 g sofra tuzu, 3.0 g yaş maya ve su ilave edilerek olgun hamur elde edilene kadar yoğrulmuştur. Hamurlar, %80-90 nispi nemde ve 30°C 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 fermentasyona tabi tutulmuştur. Kabaran hamurlar 250°C 'de 15 dakika süre ile fırında (Arçelik ARMD-580, Türkiye) pişirilmiştir. Ekmekler pişirildikten sonra ağırlık ve hacimleri ölçülmüş ve spesifik hacim değerleri hesaplanmıştır. Ekmekler polietilen torbalara konularak ağızları kapatılmıştır. 24 saat sonra, simetri ve ekmek içi gözenek yapısı puanlanarak (1-5) değerlendirilmiştir [36]. Sertlik ölçümü için ekmek örnekleri 24/72 saat sonra polietilen torbadan çıkartılıp, özel yapılmış kalıbın içerisine oturtularak, testere ağızlı elektrikli bıçak ile 20 mm kalınlığında 5 dilime kesilmiştir. Orta dilimi ekmek içi renk tayininde kullanılmış, iki yanında kalan dilimlerin içe bakan yüzeylerinde sertlik ölçümü yapılmıştır. Ekmek kabuk ve iç renkleri Minolta CR-400 cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hammaddelerin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri

Tablo 2'de, araştırmada kullanılan buğday örneklerine ait bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik tane özelliklerinin analiz sonuçları özetlenmiş olup, Bezostaya-1 örneklerinin daha yüksek bin tane ve hektolitreye ağırlıkları, iri tane yapısı ve tane sertliği ile değirmencilik ve ekmeçlilik değerleri açısından kuvvetli; Gerek-79 örneklerinin ise zayıf ve yumuşak tane özelliğinde oldukları belirlenmiştir. Bezostaya-1 buğdaylarının, Gerek-79 buğdaylarından daha yüksek kül ve gluten indeks değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Buğday standardı bakımından Bezostaya-1 kuvvetli özellikte sert-kırmızı; Gerek-79 ise zayıf özellikli yumuşak-beyaz kültür çeşitleri içinde yer almaktadır [36, 46].

Ozon Uygulamasının Un Kalitesine Etkisi

Farklı buğday örneklerinin unlarına ozon uygulaması sonrasında, onların renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. Unların 21 gün dinlendirilmesi tahmin edildiği gibi L^* değerini yükseltmiş, b^* değerini düşürmüştür. Buğday çeşitleri arasında Gerek-79 örnekleri, Bezostaya-1 örneklerinden daha parlak un rengi vermiş, sarılık değerleri ise düşük bulunmuştur. Ozon uygulaması un örneklerinin parlaklığını artırmış ve ozon uygulanmamış örneklerde ortalama 95.62 olan L^* değeri, ozon gazı uygulananlarda 95.86'ya yükselmiştir. Ozon gazı uygulaması örneklerin b^* değerini 9.17'den 8.37'e düşürürken, a^* değerini ise -0.93'ten -0.85'e yükseltmiştir. Ozon gazı diğer oksidanlar gibi undaki karotenoid pigmentleri okside ederek ağartıcı etkide bulunmaktadır [29]. Sui ve ark. [28], ozon uygulamasının buğday ununun parlaklığını artırdığını bildirmişlerdir. Mendez ve ark. [25] buğdaya uygulanan ozon gazının, yumuşak buğdaylarda L^* renk değerini 83.50'den 85.00'e, sert buğday unlarında ise 76.00'dan 78.50'ye yükselttiğini belirlemişlerdir. İbanoğlu [26] tavlama kullandığı ozonun, yumuşak ve sert buğdaylardan elde edilen unların parlaklığını ancak deskriptif olarak artırdığını bulmuştur. Unun parlaklığı üzerine etkili "dinlendirme süresi x ozon uygulaması"

interaksiyonunun ($p<0.05$) gidişi Şekil 1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi ozonlama ile ilk günde elde edilen parlaklık, ozon uygulanmamış şahit örnekte ancak 21. günde elde edilebilmiştir. Dinlendirme aşamasında doğal oksidasyon sonucu karotenoid pigmentlerin yapısında bulunan çift karbon bağları doyularak unun ağarması sağlanmakta [1,47], ozonlama işlemi ise dinlendirme süresi ile sinerjistik etkide bulunarak, unun parlaklık derecesini daha yüksek seviyeye ulaştırmaktadır (Şekil 1). Ele alınan faktörler arasında, özellikle unun ağartılması açısından önemli olan sarı renk intensitesinde, $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunan üçlü interakasyonun gidişi Şekil 1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, yumuşak taneli çeşit (Gerek-79), 21 günlük dinlendirme süresi ve ozonasyon işlemlerinin sarı renk intensitesinde sağladığı düşüş açıkça izlenmektedir. Oksidan maddeler, özellikle de hava oksijeni undaki karotenoid pigmentleri okside ederek, ağartıcı etkide bulunmaktadır. Laszlo ve ark. [21] da UV

radyasyonu ile birlikte uyguladığı ozonasyon işlemi ile daha açık ve benzer sonuçlar elde etmiştir. Daha ince granülasyon veren yumuşak buğday unlarında [48] ozonasyon işlemi, daha etkili olmuştur. Ozonasyon işlemi, hava oksijenine göre daha reaktif bir oksijen atomunu aktif duruma getirerek ağarmayı hızlandırmış, un inceliği ve dinlendirme süresi etkinliği daha da yükseltmiştir. Bu sebeple yumuşak ve ince granülasyonlu kek unlarının ağartılmasında ozonasyon işlemi yaygın şekilde kullanılmaktadır [30].

Farklı buğday örneklerinin unlarına ozon uygulaması sonrasında unların bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. 21 gün dinlendirme ya da ozon gazı uygulaması faktörleri un örneklerinin kül, protein, yaş gluten ve gluten indeks miktarı üzerinde önemli bir değişime sebep olmamıştır.

Tablo 2. Buğday örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik tane özellikleri¹

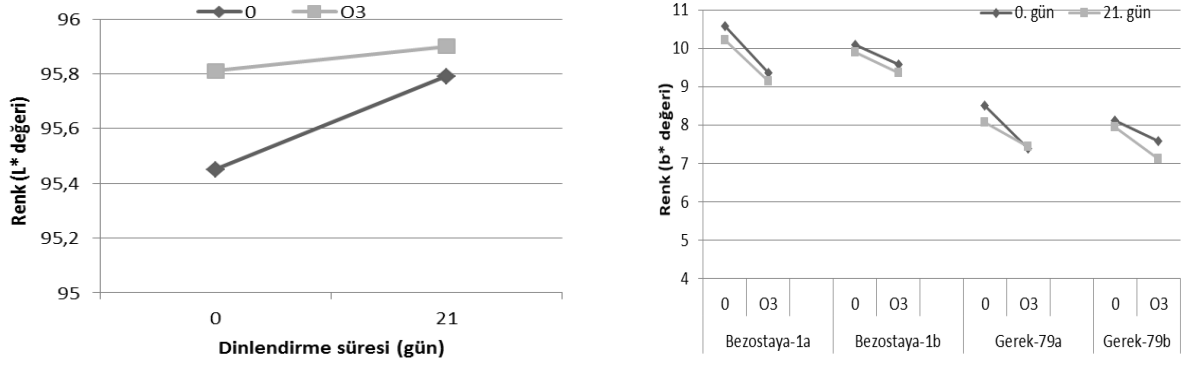
Tane Özellikleri	Bezostaya-1a	Bezostaya-1b	Gerek-79a	Gerek-79b
Bin tane (g) ²	45.1±0.14 ^a	42.3±0.14 ^b	35.4±0.14 ^c	35.1±0.14 ^c
Hektolitire (kg/hL)	81.7±0.28 ^a	80.5±0.28 ^b	79.8±0.14 ^b	76.5±0.14 ^c
Sertlik (%)	83.0±1.41 ^a	75.8±0.71 ^b	37.0±0.71 ^c	27.5±1.41 ^d
İrilik dağılışı ³				
>2.8 (mm)	1.92±0.08 ^a	0.38±0.10 ^b	0.24±0.08 ^b	0.29±0.08 ^b
2.8-2.5 (mm)	36.8±0.13 ^a	17.6±0.13 ^b	4.3±0.14 ^c	0.8±0.10 ^d
2.5-2.2 (mm)	61.1±0.14 ^d	81.6±0.16 ^c	95.4±0.10 ^b	98.6±0.13 ^a
2.2> (mm)	0.19±0.13 ^a	0.43±0.13 ^a	0.09±0.11 ^a	0.23±0.11 ^a
Su (%)	11.5±0.14 ^a	10.8±0.28 ^b	11.1±0.14 ^{ab}	10.7±0.14 ^b
Kül (%) ²	1.56±0.03 ^a	1.59±0.01 ^a	1.28±0.03 ^b	1.24±0.04 ^b
Protein (%) ^{2,4}	12.1±0.14 ^a	11.6±0.14 ^{ab}	11.2±0.28 ^b	12.0±0.28 ^a
Yaş gluten (%)	29.0±0.71 ^a	28.0±0.71 ^{ab}	27.0±0.00 ^b	29.0±0.71 ^a
Gluten indeks (%)	87.0±0.71 ^a	88.0±0.71 ^a	72.0±0.71 ^b	73.0±1.41 ^b

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). ² Kuru madde üzerinden verilmiştir. ³ Elek üstü. ⁴ Nx5.7

Tablo 3. Un örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Un rengi ²			Su (%)	Kül ² (%)	Protein ^{2,3} (%)	Yaş gluten miktar (%)	Yaş gluten indeks (%)	Düşme sayısı (sn)
		L*	a*	b*						
<i>Dinlendirme süresi (gün)</i>										
0	16	95.63±0.73 ^b	-0.91±0.12 ^b	8.90±1.17 ^a	12.83±0.66 ^a	0.56±0.02 ^a	10.98±0.33 ^a	27.55±0.79 ^a	82.25±8.09 ^a	305.25±31.45 ^b
21	16	95.84±0.66 ^a	-0.87±0.12 ^a	8.65±1.16 ^b	12.31±0.69 ^b	0.55±0.02 ^a	11.07±0.29 ^a	27.98±0.99 ^a	82.75±7.80 ^a	330.25±30.27 ^a
<i>Buğday çeşidi</i>										
Bezostaya-1a	8	95.22±0.17 ^b	-0.93±0.08 ^b	9.82±0.68 ^a	13.20±0.23 ^a	0.54±0.01 ^b	11.38±0.05 ^a	28.24±0.14 ^{ab}	89.18±0.66 ^b	348.00±16.63 ^a
Bezostaya-1b	8	94.99±0.26 ^c	-0.72±0.04 ^a	9.73±0.32 ^b	13.18±0.32 ^a	0.57±0.01 ^a	10.90±0.08 ^{ab}	26.94±0.42 ^c	90.68±0.46 ^a	343.75±13.18 ^a
Gerek-79a	8	96.31±0.21 ^a	-0.99±0.06 ^c	7.85±0.53 ^c	12.08±0.38 ^b	0.54±0.01 ^b	10.63±0.10 ^b	27.41±0.73 ^{bc}	74.78±0.72 ^d	286.50±13.53 ^b
Gerek-79b	8	96.43±0.18 ^a	-0.92±0.05 ^b	7.69±0.44 ^d	11.83±0.26 ^b	0.58±0.01 ^a	11.20±0.08 ^a	28.46±0.54 ^a	75.45±0.82 ^c	292.75±19.74 ^b
<i>Ozon uygulaması</i>										
0	16	95.62±0.71 ^b	-0.93±0.12 ^b	9.17±1.11 ^a	12.56±0.71 ^a	0.56±0.02 ^a	11.03±0.35 ^a	27.68±0.94 ^a	82.25±8.11 ^a	318.50±33.26 ^a
O ₃	16	95.86±0.68 ^a	-0.85±0.11 ^a	8.37±1.07 ^b	12.56±0.74 ^a	0.55±0.02 ^a	11.03±0.28 ^a	27.85±0.85 ^a	82.75±7.79 ^a	317.00±33.99 ^a

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). ² Kuru madde esaslı. ³ Nx5.7



Şekil 1. Unun parlaklık (L*) değeri üzerine etkili “dinlendirme süresi x ozon uygulaması” interaksyonu ile sarı renk (b*) değeri üzerine etkili “dinlendirme süresi x ozon uygulaması x buğday çeşidi” interaksyonu

Buğdayı yıkama ve tavlama kullanılan ozonun, unların protein miktarını şahide göre istatistiki düzeyde değiştirmedikleri literatürde yer almaktadır [10, 26, 31]. Ticari unlar üzerinde yürütülen bir çalışmada ise ozonasyon işleminin, yaş öz miktarını ancak deskriptif ölçüde artırdığını bildirilmektedir [31]. 21 günlük depolama sonunda un örneklerinin düşme sayısı değeri yükselmiştir. Ozon uygulamasının düşme sayısı üzerinde istatistiksel olarak önemli etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Literatürde depolama süresine bağlı olarak enzimatik aktivitenin düştüğüne dair çalışmalar mevcut olup [26, 29, 49], tahıl ve ürünlerinin ozonlanması ile oluşan, bir oksidatif enzim inhibasyonunun varlığından bahsedilmektedir.

Un örneklerinde ozon uygulamasının mikrobiyal yük üzerine etkilerinin ortaya koymak üzere yapılan küf-maya sayımı sonuçlarını Tablo 4’te verilmiştir. Bazı örneklerde sayım yapılamayacak kadar aşırı yük mevcudiyeti sebebiyle, istatistik analizlere girilememiş, sonuçlar deskriptif karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği’nde tahıl unları için gıda güvenilirliği kriterlerinde küf sayısı 10^4 - 10^5 kob/g limit değer olarak belirtilmiştir. Yumuşak yapılı buğday daha fazla küf-maya yükü göstermiş, ozonasyon işlemi 3 hafta sonra daha belirgin olmak üzere küf-maya yükünde düşümlere sebep olmuştur. Bulgular çeşitli literatür bilgilerini doğrulamaktadır [9-13, 21, 50]. Bu sonuçlar unda ozonasyon işleminin, öğütme ürünlerinin sanitasyonu ve raf ömrü açısından önemli bir avantaja sahip olabileceğini göstermektedir.

Ozonasyonun fonksiyonel ve antibesinsel bileşikler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla fitik asit, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları incelenmiş ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5’te özetlenmiştir. Öğütme ve dinlendirme gibi işlemler öğütme ürünlerinde fenolik bileşikler ve antioksidan aktiviteyi farklı yönlerde değiştirebilmektedir [45]. Fitik asidin, antioksidan özelliği ile sağlık ve

beslenme üzerinde olumlu; mineral maddeleri bağlayıcı özelliği ile de olumsuz etkisi söz konusudur [51]. 21 günlük depolama süresinin sonunda un örneklerindeki fitik asit miktarı önemli seviyede ($p < 0.05$) düşüş göstermiştir.

Yumuşak karakterli Gerek-79 buğday çeşidi, sert karakterli Bezostaya-1 buğdayından daha düşük fitik asit miktarı sergilemiştir. Ozonlama uygulaması, undaki fitik asit miktarını 365.35 mg/100g’dan 302.48 mg/100g değerine düşürmüştür (Tablo 5). Desvignes ve ark. [22], buğdaya tane halinde iken ozon gazı uygulamasının buğday öğütme ürünlerinden kepek ve redüksiyon ununda fitik asit miktarını istatistiki olarak değiştirmediklerini, kırma unlarında artırdığını belirlemiştir. Ozonasyon ile fitik asit miktarının düşüş trendi göstermesi, mineral biyoyararlılığı bakımından dikkate alınması gereken önemli bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Dubois ve ark. [29], ozonasyon işleminin, öğütme ürünlerinin besinsel faktörleri ve bileşenleri üzerine kayda değer bir değişiklik oluşturmadığını belirtmiştir. 21 gün dinlendirme süresi unların antioksidan aktivitesinde değişikliğe neden olmamıştır. Bezostaya-1a örneği diğerlerine göre daha düşük antioksidan aktivite değeri sergilemiştir. Unda uygulanan ozonasyon işlemi, deskriptif bir artışa sebep olsa da, antioksidan aktivite üzerine yeterince etkili olmamıştır (Tablo 5). Fenolik maddelere olan ilgi onların antioksidan aktivitesinden kaynaklanmaktadır [45, 52]. Un örneklerinde ortalama fenolik madde miktarı 0.078 ile 0.155 mg GAE/g arasında bulunmuştur. Yu ve ark. [53], un örneklerinin fenolik madde miktarını 0.177 ile 0.257 mg GAE/g arasında belirlemiştir. Bezostaya-1a ve Gerek-79a buğdaylarının fenolik madde miktarı diğer buğday örneklerinden düşük bulunmuştur. Beta ve ark. [45] ise yumuşak ve sert buğday çeşitlerinin fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinin birbirinden farksız olduğunu, çevresel faktörlerin fenolik madde ve antioksidan aktivite üzerinde çok etkili olan faktörler olduğunu rapor etmiştir.

Tablo 4. Un örneklerinde küf-maya sayımı (log kob/g) sonuçları¹

Dinlendirme süresi (gün)	Buğday çeşidi	Ozonlama (0.4 g/h/kg un)	Küf-Maya (log kob/g)
0. gün	Bezostaya-1a	0	2.69±0.09
		O ₃	2.33±0.04
	Bezostaya-1b	0	2.10±0.07
		O ₃	2.02±0.03
	Gerek-79a	0	3.08±0.14
		O ₃	2.88±0.11
	Gerek-79b	0	2.98±0.11
		O ₃	2.58±0.04
21. gün	Bezostaya-1a	0	5.89±0.13
		O ₃	2.76±0.09
	Bezostaya-1b	0	5.48±0.17
		O ₃	2.83±0.09
	Gerek-79a	0	5.29±0.06
		O ₃	3.02±0.14
	Gerek-79b	0	SKÇ ²
		O ₃	4.08±0.07

¹Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. ²SKÇ: Sayılmayacak kadar çok.

Tablo 5. Un örneklerinin fitik asit, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarlarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Fitik asit (mg/100 g)	Antioksidan aktivite (%)	Toplam fenolik madde ² (mg GAE/g)
<i>Dinlendirme süresi (gün)</i>				
0	16	362.89±100.82 ^a	3.27±0.52 ^a	0.078±0.01 ^b
21	16	304.94±116.85 ^b	3.51±0.62 ^a	0.155±0.01 ^a
<i>Buğday çeşidi</i>				
Bezostaya-1a	8	455.25±82.39 ^a	2.78±0.93 ^b	0.113±0.04 ^b
Bezostaya-1b	8	385.55±51.06 ^b	3.60±0.17 ^a	0.123±0.04 ^a
Gerek-79a	8	284.60±45.31 ^c	3.60±0.17 ^a	0.110±0.05 ^b
Gerek-79b	8	210.25±42.24 ^d	3.56±0.17 ^a	0.133±0.05 ^a
<i>Ozon uygulaması</i>				
0	16	365.35±125.43 ^a	3.20±0.76 ^a	0.116±0.04 ^a
O ₃	16	302.48±88.00 ^b	3.58±0.16 ^a	0.118±0.04 ^a

¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). ²GAE: Gallik asit eşdeğeri.

Ozon Uygulamasının Hamur Reolojisine Etkisi

Ozon uygulamasının hamur reolojisi açısından etkinliği farinograf ve ekstensograf testleri ile belirlenmiştir (Tablo 6). Burada ozonasyon işleminin, farklı varyasyon kaynakları bazında, atmosferik oksijene benzer şekilde [54] hamur oksidasyonuna etkisinin olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır. 21. gün dinlendirme ile tahmin edildiği gibi stabilite, gelişme süresi artarken yumuşama derecesi değeri düşmüştür. Kuvvetli-sert karakterde buğday çeşidi olan Bezostaya-1 buğday örnekleri, zayıf-yumuşak karakterli Gerek-79 buğdaylarından daha üstün farinogram özellikleri sergilemiştir. Ozon uygulaması, tüm farinogram değerlerini etkileyerek, su absorpsiyonunu ve yumuşama derecesini düşürürken, hamurun gelişme süresi ve stabilite sürelerini uzatmış, net bir şekilde unu ve hamuru kuvvetlendirici etkisini ortaya koymuştur. Ozonasyon uygulaması ile sülfhidril-disülfid değişimi sebebiyle intermoleküler bağlantılar sonucu hamur mukavemetinin arttığı, yoğurma süresinin uzadığı sonucuna varılmaktadır [1, 32, 48, 55].

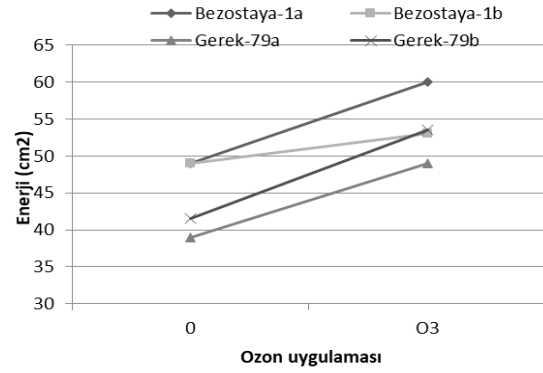
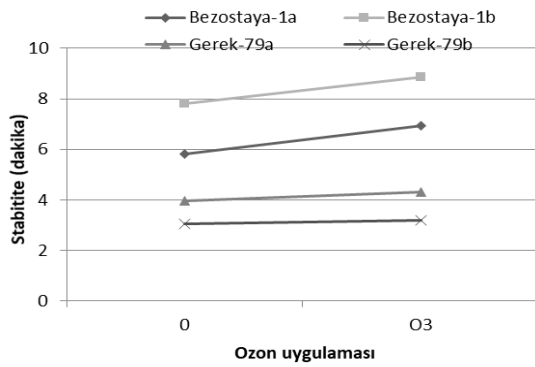
Buğdayların depolanması [25], yıkanması [10] ve tavlınmasında [26] ozon gazı ya da ozonlu su kullanılmasının bu buğdaylardan elde edilen unların farinograf özelliklerini kontrole göre değiştirmede, ancak mikrobiyolojik kalitede olumlu sonuçlar elde edildiği rapor edilmiştir.

Stabilite üzerinde önemli (p<0.01) bulunan “buğday çeşidi x ozon uygulaması” interaksyonu da Şekil 2’de verilmiştir. Kuvvetli buğday çeşitlerine ait unlar ozonasyonla sağlanan oksidasyona karşı daha iyi performans göstererek, önemli stabilite artışı göstermişlerdir.

Tablo 6. Un örneklerinin farinogram ve ekstensogram değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹

Faktör	n	Farinogram				Ekstensogram				
		Su absorpsiyonu (%)	Stabilite (dakika)	Gelişme süresi (dakika)	Yumuşama derecesi (BU)	Enerji (cm ²)	Direnç (BU)	Uzama kabiliyeti (mm)	Maksimum direnç (BU)	Oran sayısı
<i>Dinlendirme süresi (gün)</i>										
0	16	53.89±2.34 ^a	5.01±2.19 ^b	3.53±1.52 ^b	70.00±32.59 ^a	41.38±6.99 ^b	149.88±36.03 ^b	177.13±16.83 ^a	161.63±44.72 ^b	0.89±0.32 ^b
21	16	53.79±2.54 ^a	5.96±2.22 ^a	4.18±1.29 ^a	63.25±30.43 ^b	57.13±6.81 ^a	205.50±30.90 ^a	165.19±17.76 ^b	228.88±42.44 ^a	1.18±0.23 ^a
<i>Buğday çeşidi</i>										
Bezostaya-1a	8	56.60±0.47 ^a	6.38±0.74 ^b	4.45±0.25 ^b	40.00±6.00 ^a	54.50±11.21 ^a	202.75±33.32 ^a	155.50±10.66 ^b	238.25±49.47 ^a	1.30±0.18 ^a
Bezostaya-1b	8	55.20±0.24 ^a	8.33±0.95 ^a	5.70±0.36 ^a	36.50±7.33 ^a	51.00±6.78 ^a	192.50±28.21 ^b	160.38±7.04 ^c	212.00±33.30 ^b	1.18±0.21 ^a
Gerek-79a	8	50.68±0.59 ^d	4.13±0.54 ^c	2.60±0.41 ^c	87.00±6.38 ^b	44.00±11.40 ^c	163.00±55.96 ^c	176.25±9.83 ^b	170.50±61.01 ^c	0.88±0.25 ^b
Gerek-79b	8	52.88±0.17 ^c	3.13±0.67 ^d	2.65±0.64 ^c	103.00±9.83 ^a	47.50±13.03 ^b	152.50±45.61 ^d	192.50±13.80 ^a	160.25±48.30 ^d	0.78±0.31 ^b
<i>Ozon uygulaması</i>										
0	16	54.13±2.40 ^a	5.15±2.00 ^b	3.75±1.41 ^b	70.88±30.76 ^a	44.63±9.50 ^b	157.50±35.28 ^b	177.38±19.35 ^a	172.00±46.40 ^b	0.90±0.26 ^b
O ₃	16	53.55±2.45 ^a	5.83±2.44 ^a	3.95±1.49 ^a	62.38±32.04 ^b	53.88±9.89 ^a	197.88±42.95 ^a	164.94±14.74 ^b	218.50±54.75 ^a	1.16±0.31 ^a

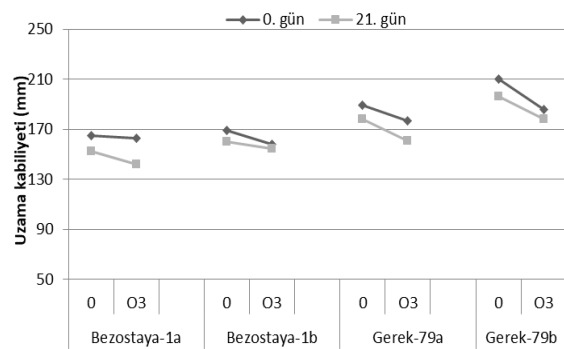
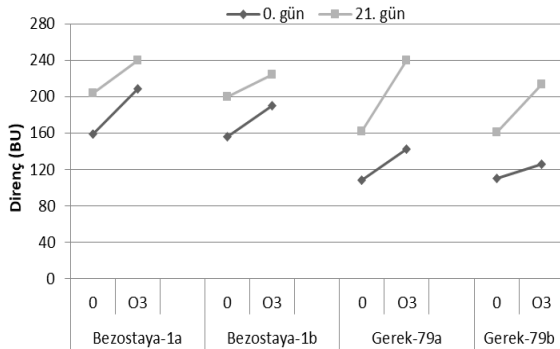
¹Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).



Şekil 2. Farinogram stabilite değeri ile ekstensogram enerji değeri üzerine etkili "buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonu

Ekstensograf denemelerinde elde edilen verilere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarından da anlaşılacağı gibi (Tablo 6), onların 21 günlük doğal dinlendirme süreci, hamurun enerji, direnç, maksimum direnç ve oran sayısını yükseltmiştir. Kuvvetli-sert karakterdeki Bezostaya-1 buğdaylarından elde edilen unlar daha üstün ekstensogram özellikleri göstermiştir. Ozon gazı uygulaması; enerji, direnç, maksimum direnç ve oran sayısı değerlerini artırırken uzama kabiliyetini düşürmüştür. Tablo 6 incelendiğinde, bu olumlu gelişmeler 21 günlük doğal olgunlaşmaya bağlı gelişmeler ile büyük benzerlik taşımaktadır. Şekil 2'de yer alan enerji değeri üzerine etkili bulunan "buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonundan, ozon uygulamasının enerji değerini artırıcı etkisi açık bir

şekilde görülmektedir. Şekil 3'te gösterilen ekstensografda direnç parametresi üzerinde etkili olan "dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonuna (p<0.01), göre dirençteki artışın, uzamada görülen düşüşlere göre çok abartılı olması, hamur enerjisi artışına önemli düzeyde yansımıştır. Maksimum direnç değerleri, uzamaya karşı direnç değerlerine paralel gidiş göstermiştir. Ozonasyon ve dinlendirme işlemleri birlikte sinerjistik etkiye bulunur. Demir ve ark. [31] da benzer şekilde, una ozon gazı uygulamanın hamurda direnci artırırken, uzama kabiliyetini ise istatistik bakımından önemsiz düzeyde düşürdüğünü; bu sebeple enerji değerinde önemli düzeyde (p<0.05) artış olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 3. Ekstensogram özellikleri üzerine etkili "dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonu

Ozon Uygulamasının Ekmek Kalitesine Etkisi

Buğday örneklerinin unlarından yapılan ekmeklerin bazı dış ve iç özelliklerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Ekmeklerin dış özellikleri olarak, ağırlık, hacim, spesifik hacim, simetri ve ekme kabuğu renk parametreleri incelenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, 21 günlük dinlendirme süresi ve ozon uygulaması faktörleri, benzer şekilde ekme ağırlığını düşürücü etkide bulunmuştur. Aynı hamur ağırlığından üretilen ekmeklerde, ekme ağırlığının düşmesi ekmeğin içini boşaltarak daha pişkin, kaliteli ve yüksek ekme hacmine sahip olduğuna işaret ederken, diğer taraftan da ekme veriminin düşmesine neden olmaktadır. Hacim ve spesifik hacim değerleri ekmekler için en önemli kalite parametreleridir. 21 gün dinlendirilmiş unlardan üretilen ekmekler, dinlendirilmemiş şahit unlardan daha yüksek ekme hacmi vermiştir. Dinlendirme sonrasında unun olgunlaşması ile unun fizikokimyasal ve reolojik özelliklerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal iyileşmeler, ekme içinin boşalmasına, ekme hacminin de artmasına neden olmuştur. Dinlendirme süresinin olumlu etkisinin ilk

haftadan sonra başladığı, Kotancılar ve ark. [56] tarafından da rapor edilmiştir. Sert-kuvvetli karakterdeki Bezostaya-1 buğdaylarının unlarından üretilen ekmekler tahmin edildiği gibi daha yüksek ekme hacmi ve spesifik hacim değerleri vermiştir. Ozon uygulaması, un örneklerinin 21 gün dinlendirilmesine benzer sonuç göstermiş, ancak unun ozonlanmasıyla ekme hacmi ve spesifik hacimde meydana gelen artış, dinlendirme süresine göre biraz sınırlı kalmış ve meydana gelen artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ayrıca ozon uygulamasının, buğday çeşitleri ve dinlendirme süresi ile yaptığı ikili interaksyonların etkinliği örttüğü tahmin edilmektedir. Diğer taraftan yeterince hacim artışının gerçekleşmemesinin bir diğer sebebi, ozonasyon işleminin oksidatif enzim inaktivasyonu olabilir [29]. Ozonasyonun hamur özelliklerinde gösterdiği iyileştirmeler dikkate alındığında, enzimatik katkıla ile çok daha iyi sonuçların alınabileceği görülmektedir. Mendez ve ark. [25], ozon gazı uygulanan buğday unundan elde edilen ekme hacminin ozon gazı uygulanmayan şahit unlara göre daha yüksek; spesifik hacim değerlerinin ise eşit olduğunu belirlemiştir.

Tablo 7. Ekmeklerin dış ve iç özelliklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ¹

Faktör	n	Ekmeklerin Dış Özellikleri						Ekmek İçi Özellikleri						
		Ağırlık (g)	Hacim (mL)	Spesifik hacim (ml/g)	Simetri (0-5)	Renk L*	Renk a*	Renk b*	Gözenek yapısı (0-5)	Sertlik 24. sa (N/cm ²)	Sertlik 72. sa (N/cm ²)	Renk L*	Renk a*	Renk b*
Dinlendirme süresi (gün)														
0	16	135.68±0.71 ^a	347.46±92.56 ^b	2.56±0.68 ^a	4.65±0.12 ^a	63.67±2.44 ^b	3.57±2.30 ^a	26.06±2.74 ^a	3.79±0.75 ^b	0.037±0.03 ^a	0.061±0.03 ^a	70.46±3.46 ^b	-1.78±0.26 ^a	14.06±2.07 ^a
21	16	134.70±0.66 ^b	365.43±87.58 ^a	2.71±0.64 ^a	4.72±0.16 ^a	64.78±2.25 ^a	2.92±2.24 ^a	24.11±2.86 ^b	4.22±0.53 ^a	0.035±0.03 ^a	0.054±0.02 ^a	73.29±2.62 ^a	-1.74±0.26 ^a	13.47±2.13 ^b
Buğday çeşidi														
Bezostaya-1a	8	135.45±0.68 ^a	480.69±9.63 ^a	3.55±0.09 ^a	4.68±0.21 ^a	62.13±1.31 ^d	5.87±0.47 ^a	28.20±0.46 ^a	4.65±0.37 ^a	0.011±0.00 ^b	0.027±0.01 ^a	74.28±3.92 ^a	-1.69±0.18 ^b	11.28±1.14 ^d
Bezostaya-1b	8	135.48±0.76 ^a	386.40±10.60 ^b	2.85±0.09 ^b	4.75±0.17 ^a	62.69±0.68 ^c	4.63±0.71 ^b	26.11±1.78 ^b	4.38±0.30 ^a	0.015±0.01 ^b	0.045±0.01 ^b	71.72±2.79 ^b	-1.52±0.06 ^c	12.96±0.32 ^c
Gerek-79a	8	134.30±0.63 ^b	280.45±10.99 ^c	2.09±0.09 ^c	4.60±0.08 ^b	66.96±1.37 ^a	0.60±0.38 ^b	21.60±1.86 ^c	3.63±0.54 ^b	0.060±0.00 ^a	0.078±0.01 ^a	71.52±3.44 ^a	-1.99±0.18 ^b	15.22±1.12 ^b
Gerek-79b	8	135.53±0.80 ^a	278.33±14.47 ^c	2.05±0.12 ^c	4.73±0.05 ^a	65.12±1.19 ^b	1.88±0.54 ^c	24.42±1.91 ^c	3.38±0.50 ^b	0.061±0.00 ^a	0.080±0.01 ^a	69.97±2.61 ^a	-1.83±0.30 ^c	15.60±1.35 ^a
Ozon uygulaması														
0	16	135.51±0.83 ^a	355.16±89.81 ^a	2.62±0.64 ^a	4.60±0.11 ^b	63.52±2.17 ^b	3.49±2.32 ^a	25.75±2.42 ^a	3.73±0.65 ^b	0.039±0.02 ^a	0.061±0.02 ^a	69.61±2.46 ^b	-1.88±0.27 ^b	14.57±2.10 ^a
O ₃	16	134.86±0.85 ^b	357.73±91.36 ^a	2.65±0.69 ^a	4.78±0.16 ^a	64.93±2.34 ^a	2.99±2.24 ^a	24.42±3.31 ^b	4.29±0.60 ^a	0.034±0.03 ^a	0.054±0.03 ^a	74.14±2.36 ^a	-1.63±0.17 ^a	13.00±1.78 ^b

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

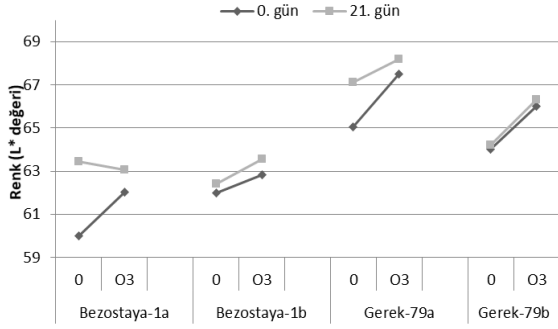
Deneme desenine uygun olarak üretilen ekmeklerin simetri puanı üzerinde kullanılan faktörlerden sadece ozon uygulaması önemli etkide bulunmuştur. Unlara ozon uygulanması sonucu elde edilen ekmeklerin daha yüksek simetri puanları toplayarak (Tablo 7), daha simetrik görünüş sergilediği anlaşılmaktadır. Demir ve ark. [31] da ozon uygulamasının olumlu etkisine dair bizim elde ettiğimiz sonuçlara paralel ve istatistiki bakımdan önemli (p<0.01) olumlu bulguları mevcut olup, hacim ve spesifik hacimde görülen enzimatik kayıplar fungal amilaz katkısıyla telafi edilerek daha abartılı kalite artışları elde etmişlerdir. Enzimatik kayıpların katkıla ile telafi edilebildiği takdirde ekme kalitesinde; özellikle de daha ince çekilen lüks un değirmencilğinde çok daha iyi sonuçların alınabileceği anlaşılmaktadır.

Ekmeklerin kabuk renklerine ait değerler Tablo 7'de özetlenmiştir. Kabuktaki renk gelişimi görüntü kalitesi ve aromatik profilin gelişmesi açısından önem arzeder. Unlara 21 gün dinlendirme uygulanması, bu unlardan üretilen ekmeklerin dinlendirilmemiş unlardan üretilen ekmeklere göre, kabuk rengi parlaklığının yüksek, sarılık ve kırmızılığının ise daha düşük olmasına neden olmuştur. Benzer şekilde yumuşak karakterli Gerek-79 buğdaylarından üretilen ekmekler daha yüksek kabuk

parlaklığı ve daha düşük sarılık ve kırmızılık değerleri vermiştir. Ozon uygulaması da 21 gün dinlendirme ve yumuşak buğday kullanımına benzer yönde etki göstererek parlaklığı artırırken, sarılık ve kırmızılığı düşürmüştür. Ozonasyon işlemi ve tane yumuşaklığına bağlı ince granülasyon kabuk parlaklığını yükseltmiş olabilir. Bayrakçı ve ark. [46] yumuşak buğday ununun, sert yapılı buğday unundan daha parlak ekme kabuk rengi verdiğini belirlemiştir. Demir ve ark. [31] farklı un çeşitlerinde ozon uygulaması ile ekme kabuk rengi parlaklığının 56.22'den, 56.95'e yükseldiğini belirlemiştir. İstatistiki bakımdan önemli çıkan (p<0.01) ekme kabuğu parlaklık (L*) değeri üzerine etkili "*Dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması*" interaksyonu Şekil 4'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, beyaz ve yumuşak kültür çeşidi Gerek-79 örnekleri, ince granülasyona bağlı olarak 21 günlük dinlendirme ve ozonasyon işlemi ile daha parlak ekme kabuğu vermiştir. Şekil 4'de görülen ekme kabuğunda kırmızı renk (a*) değeri üzerine etkili (p<0.01) "*Dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması*" interaksyonu, çeşitsel kırmızılık farkı ile dinlendirme ve ozonasyon işlemlerinin kırmızı renk intensitesini düşürücü etkisini açıkça göstermektedir. Bu intense düşüşü ekme kabuğunda daha cazip pembe renk hakimiyetine sebep olmaktadır. Kabuk rengi

oluşumunda, özellikle Maillard ve karamelizasyon olaylarının etkili olduğu bilinir [1, 32]. Burada beklenenin aksine Maillard ve karamelizasyon olaylarına bağlı

kabuk rengi değişimi sekonder etken durumuna gelmiş veya oksidatif faktörler tarafından inhibe edilmiş olabilir.



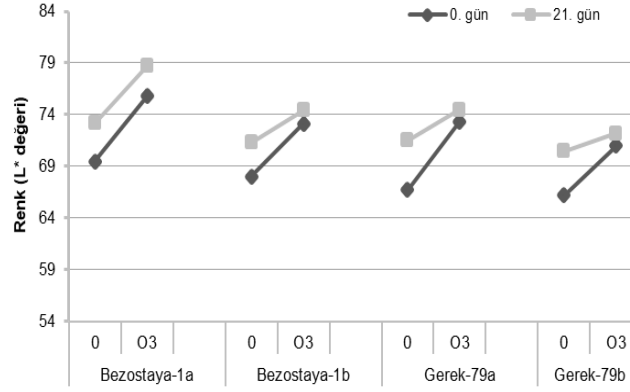
Şekil 4. Ekmek kabuk parlaklığı (L*) ve kırmızılığı (a*) üzerine etkili "dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonu

Ekmeklerin iç özellikleri kapsamında, gözenek yapısı, ekmek içi sertliği ve iç rengi kalite ölçüsü olarak incelenmiş ve sonuçlar Tablo 7'de özetlenmiştir. Ekmek içinde ipeksi tekstür, ince cidarlı ve küçük gözenek yapısı tercih edilen bir kalite özelliğidir. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, 21 gün dinlendirilmiş ve ozonasyona tabi tutulan unlar ile, kuvvetli buğday unu (Bezostaya-1) daha yüksek gözenek yapısı puanları toplamıştır. Kotancılar ve ark. [56], farklı sürelerde dinlendirdiği unların ekmeklerinde gözenek yapılarının 1. haftadan itibaren düzeldiğini ve 3 haftalık depolama süresi sonunda en yüksek gözenek puanının elde edildiğini rapor etmiştir. Bayrakçı ve ark. [46], sert Bezostaya-1 buğday unundan üretilen ekmeklerin, yumuşak Gerek-79 buğday unundan üretilen ekmeklere göre daha iyi gözenek yapısına sahip olduklarını belirlemiştir. Ozon uygulaması ekmek içi gözenek yapısını geliştirici etkide bulunmuştur. Burada ozonun un ve hamur kalitesi ile ekmek hacmini artırıcı özelliği, ekmek içi gözenek yapısının gelişmesinde de etkili olmuştur.

Ekmek bayatlamasının takibi açısından ekmek içi sertliğinin belirlenmesi önemli bir tahmin parametresidir. Ekmek üretimini takiben 24 ve 72. saatlerde ölçülen ekmek içi sertlik değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, unların 21 gün dinlendirilmesi ile şahit ekmeklere göre daha düşük iç sertliği oluştuğunu, yani daha yumuşak tekstürlü veya geç bayatlayacak ekmek elde edildiğini göstermektedir (Tablo 7). Sert karakterli Bezostaya-1 buğdaylarından elde edilen unlardan hazırlanan ekmekler yumuşak karakterli Gerek-79 buğdaylarının unlarından hazırlananlara göre daha düşük ekmek içi sertlik değerleri vermiştir. Una ozon uygulaması 24 ve 72. saat ekmek içi sertlik değerlerinin düşmesine neden

olmuştur. Bu tespitler, ozonasyona bağlı oksidatif hamur gelişmesinin ekmeğin diğer kalitatif özellikleri yanında, ekmek içi tekstürü ve bayatlamayı geciktirmede de olumlu gelişmelere sebep olacağını göstermektedir. Chittrakorn ve ark. [57], kek üretiminde kullanılan buğday ununa uygulanan ozonlama işleminin süresinin artması ile kek örneklerinin sertliğinin azaldığını bildirmiştir.

Ekmek iç renginin parlaklığı veya beyazlığı, gözenek, yani ekmek içi tekstürünün inceliği ve pişme kalitesinin yüksekliğine ölçü sayılır. Ekmek içi L* ve b* değerleri üzerinde dinlendirme süresi, buğday çeşidi ve ozon uygulaması önemli etkide bulunmuştur. Unlara 21 gün dinlendirme uygulaması, sert buğday unu kullanımı ve ozon uygulaması ekmek içi parlaklığını artırırken, sarılığının da düşmesine neden olmuştur. Kotancılar ve ark. [56] da, aynı yönlü benzer sonuçlara ulaşmıştır. Ozon uygulaması, un renginde olduğu gibi, ekmek içi renginde de L* değerinin yükselmesine neden olmuştur. Demir ve ark. [31] una ozon uygulaması ile ekmek içi parlaklığının kontrole göre yükseldiğini, sarılığının ise düştüğünü belirlemiştir. Ekmek içi parlaklık değeri üzerinde p<0.01 seviyesinde önemli çıkan "dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksyonuna ozonasyonun etkisi açısından bakıldığında, öğütmeyi takiben yapılan ozon uygulamasının 21 gün dinlendirilmiş unlara oldukça yakın beyazlık gösterdiği, 21 günlük dinlendirme ile bunun sinerjistik bir etkiye dönüştüğü görülmektedir (Şekil 5). Ozon gazının hava ortamında ancak 3 günde yarılanabildiği düşünüldüğünde [8], üç haftalık depolama sürecinde de ağarmanın devam ettiği ve bunun ekmek içi beyazlık derecesine yansıdığı, daha uzun sürelerde etkinliğin artacağı söylenebilir.



Şekil 5. Ekmek içi parlaklığı (L*) üzerine etkili "dinlendirme süresi x buğday çeşidi x ozon uygulaması" interaksiyonu

SONUÇLAR

Bu araştırmada, una ozon gazı uygulamasının farklı buğday çeşidi ve dinlendirme süresi açısından etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar tipi bir ozon jeneratörü kullanılarak, renk ve sertlik açısından farklı iki buğday çeşidinin unlarına ozon gazı uygulanmış, daha sonra bu unların ve bu unlara ait hamur ve ekmeklerin bazı kalitatif özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, unda ozonasyon işleminin öğütmeyi takiben uygulanmasıyla, 3 haftalık dinlendirme süresine eşdeğer ya da yakın un ve hamur özellikleri sağlanabileceği anlaşılmıştır. Kısa süreli ozonasyon işlemi, unun mikrobiyal yükünde düşüşe sebep olmuş, sanitasyon ve raf ömrü açısından önemli bir avantaja sahip olabileceği görülmüştür. Ozonasyon işlemi, unların fitik asit miktarını düşürürken, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitede kayda edilebilir bir değişim olmamıştır. Unda ozonasyon işlemi; un, hamur ve ekmek özelliklerini iyileştirmede, dinlendirme süresi ile birlikte sinerjistik etkide bulunmuştur. Ozonasyona bağlı oksidatif hamur gelişmesinin ekmeğin genel kalitatif özellikleri yanında, uygun ekmek içi tekstürü ile bayatlamayı geciktirmede de olumlu gelişmelere sebep olmuştur. Ozonasyon işleminin endüstriyel ortamda kullanılması ile özellikle lüks unlu mamul ve kek unu üretiminde de faydalı olabileceği tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Elgün, A., Ertugay, Z. (1995). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:718, Erzurum.
- [2] Kim, J.G., Yousef, A.E., Dave, S. (1999). Application of fer enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, 62(9), 1071-1087.
- [3] Moore, G., Griffith, C., Peters, A. (2000). Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant. *Journal of Food Protect*, 63(8), 1100-1106.
- [4] Anonim. (2018). <http://www.ozonuygulamaları.com/> (Erişim: 09.09.2018).
- [5] Kuşçu, A., Pazır, F. (2004). Gıda endüstrisinde ozon uygulamaları. *Gıda Teknolojisi*, 29(2), 123-129.
- [6] Anık, A. (2007). İklimlendirme sistemlerinde ozon kullanımının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- [7] Sandhu, H.P., Manthey, F.A., Simsek, S., Ohm, J.B. (2011). Comparison between potassium bromate and ozone as flour oxidants in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 88(1), 103-108.
- [8] Xu, L. (1999). Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, 53(10), 58-63.
- [9] Khadre, M.A., Yousef, A.E. (2001). Sporocidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *International Journal of Food Microbiology*, 71, 131-138.
- [10] İbanoğlu, Ş. (2002). Wheat washing with ozonated water: Effects on selected flour properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(5), 579-584.
- [11] Polat, H. (2009). Dezenfeksiyon amaçlı ozon kullanımı. *Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yunus Araştırma Bülteni*, 9(2), 14-17.
- [12] Çatal, H., İbanoğlu, Ş. (2010). Gıdaların ozonlanması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 47-55.
- [13] Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Curran, T., Gallagher, E., Cullen, P.J., O'Donnell, C.P. (2010). Application of ozone in grain processing. *Journal of Cereal Science*, 51, 248-255.
- [14] Kim, J.G., Yousef, A.E., Khadre, M. A. (2003). Ozone and its current and future application in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45, 167-218.
- [15] Varga, L., Szigeti, J. (2016). Use of ozone in the dairy industry: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 69, 157-168.
- [16] Tzortzakakis, N., Chrysargyris, A. (2017). Postharvest ozone application for the preservation of fruits and vegetables. *Food Reviews International*, 33, 270-315.
- [17] Hampson, B.C., Montevalco, J., Williams, D.W. (1996). Regulation of ozone as a food sanitising agent: Application of ozonation in sanitising vegetable process wash-waters. *IFT Annual*

- Meeting, *Book of Abstracts*, p. 140, Institute of Food Technologist, USA.
- [18] Nagayoshi, M., Fukuizumi, T., Kitamura, C., Yano, J., Terashita, M., Nishihara, T. (2004). Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Oral Microbiology Immunology*, 19, 240-246.
- [19] Güzel-Seydim, Z., Grene, A.K., Seydim, A.C. (2004). Use of ozone in the food industry. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 37, 453-460.
- [20] Cemeroğlu, B., Yemencioğlu, A., Özkan, M. (2001). Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:494, Ankara.
- [21] 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: Science & Engineering*, 30(6), 413-417.
- [22] Desvignes, C., Chaurand, M., Dubois, M., Sadoudi, A., Abecassisve, J., Lullien-Pellerin, V. (2008). Changes in common wheat grain milling behavior and tissue mechanical properties following ozone treatment. *Journal of Cereal Science*, 47, 245-251.
- [23] VonGunten, U. (2003). Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Research*, 37, 1443-1467.
- [24] Obadi, M., Zhu, K.X., Peng, W., Zhou, H.M., Sulieman, A.A., Mohammed, K., Zhou, H.M. (2018). Shelf life characteristics of bread produced from ozonated wheat flour. *Journal of Texture Studies*, 49(5), 492-502.
- [25] Mendez, F., Maier, D.E., Mason, L.J., Woloshuk, C.P. (2003). Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 39, 33-44.
- [26] İbanoğlu, Ş. (2001). Influence of tempering with ozonated water on the selected properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 48, 354-350.
- [27] Sandhu, H.P., Manthey, F.A., Simsek, S. (2011). Quality of bread made from ozonated wheat (*Triticum aestivum* L.) flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1576-1584.
- [28] Sui, Z., Yao, T., Zhong, J., Li, Y., Kong, X., Ai, L. (2016). Ozonation treatment improves properties of wheat flour and the baking quality of cake. *Philippine Agricultural Scientist*, 99, 50-57.
- [29] Dubois, M., Coste, C., Despres, A.G., Efstathiou, T., Nio, C., Dumont, E., Parent-Massin, D. (2006). Food Additives & Contaminants: Part A- Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. Taylor & Francis Limited, 23, 1.
- [30] Gwartz, J. (2009). Ozone use in flour milling: Researchers aggressively testing the chemical compound as a replacement for chlorine gas in controlling microbial contamination. *World Grain*, 75-79.
- [31] Demir, M.K., Elgün, A., Elgün, M.S. (2011). Farklı tip unlara ozon uygulamasının un, hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 36(4), 209-216.
- [32] Pylar, E.J. (1988). Baking Science and Technology. 3th Edition, Two volume sets, Sosland Pub. Co.
- [33] Piemontese, L., Messia, M. C., Marconi, E., Falasca, L., Zivoli, R., Gambacorta, L., Perrone, G., Solfrizzo, M. (2018). Effect of gaseous ozone treatments on DON, microbial contaminants and technological parameters of wheat and semolina. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(4), 760-771.
- [34] Obadi, M., Zhu, K.X., Peng, W., Ammar, A.F., Zhou, H.M. (2016). Effect of ozone gas processing on physical and chemical properties of wheat proteins. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 15(10), 2147-2154.
- [35] Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistiksel Metodlar-II), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1021, Ankara.
- [36] Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2001). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayınları, No: 2, Konya.
- [37] AACC. (1990). American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC: 8th edition, The Association: St. Paul, MN, USA.
- [38] ICC. (2002). International Association for Cereal Science and Technology, ICC- Vienna, Austria
- [39] Francis, F.J. (1998). Colour analysis, In: *Food Analysis*, Nielsen S.S. (Ed), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, 599-612.
- [40] Anonim (2005), Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, A.K. Halkman (ed), Başak Matbaacılık Limited Şirketi, Ankara, 358.
- [41] Haug, W., Lantzsch, H.J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.
- [42] Slinkard, K., Singelton, V.L. (1977). Total phenolic analysis, automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.
- [43] Gamez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, J.A., Medina-Juarez, L.A., Ortega Garcia, J., Cazarez-Casanova, R., Angulo-Guerrero, O. (1999). Antioxidant activity in soybean oil of extracts from Thompson grape bagasse. *Journal of the American Oil Chemists Society (JAOCS)*, 76, 1445-1447.
- [44] Gyamfi, M.A., Yonamine, M., Aniya, Y. (1999). Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries. *General Pharmacology*, 32(6), 661-667.
- [45] Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82, 390-393.
- [46] Bayrakçı, H., Türker, S., Elgün, A., Ertas, N., Bilgiçli, N. (2010). Buğdayın tavlanmasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 8(6), 6-12.
- [47] Marston, K., Khouryieh, H., Aramouni, F. (2015). Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. *Food*

- Science and Technology International*, 21, 631-640.
- [48] Pomeranz, Y. (1988). *Wheat Chemistry and Technology*. AACC, St. Paul, MN, USA.
- [49] Türker, S., Elgün, A. (1998). Süne ve kımıl zararlı buğdayların farklı sıcaklıklarda kısa süreli depolanmasının un özelliklerine etkisi. *Unlu Mamüller Dergisi*, 5(6), 50-58.
- [50] Li, M., Peng, J., Zhu, K.X., Guo, X.N., Zhang, M., Peng, W., Zhou, H.M. (2013). Delineating the microbial and physical-chemical changes during storage of ozone treated wheat flour. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20, 223-229.
- [51] Bilgiçli, N. (2002). Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotları. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(30), 79-83.
- [52] Andreasen, M.F., Christensen, L.P., Meyer, A.S., Hansen, A. (2000). Content of phenolic acids and ferulic acid dehydromers in 17 rye (*Secale cereale L.*) varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 2837-2842.
- [53] Yu, L., Haley, S., Perret, J., Haris, M. (2004). Comparison of wheat flours grown at different locations for their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 86, 11-16.
- [54] 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.
- [55] Li, M.M., Guan, E.Q., Bian, K. (2015). Effect of ozone treatment on deoxynivalenol and quality evaluation of ozonised wheat. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 32, 544-553.
- [56] Kotancılar, H.G., Çelik, İ., Ertugay, Z., Elgün, A. (1996). Farklı ambalajlarda depolanan katkı ve katkısız unlarda meydana gelen reolojik ve ekmek özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 31-49.
- [57] Chittrakorn, S., Earls, D., MacRitchie, F. (2014). Ozonation as an alternative chlorination for soft wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 60, 217-221.
-
-