

ZİRAAT & ORMAN, SU ÜRÜNLERİNDE

GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

MART 2023

Editörler

Prof. Dr. Oğuzhan DOĞANLAR

Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı
Editörler / Editors • Prof. Dr. Oğuzhan DOĞANLAR
Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU
Birinci Basım / First Edition • © Mart 2023
ISBN • 978-625-430-701-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com



Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Ziraat & Orman, Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar

Mart 2023

Editörler

Prof. Dr. Oğuzhan DOĞANLAR
Dr. Öğr. Üyesi Figen CERİTOĞLU

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

AVRUPA MELEZİ (*LARIX DECIDUA* MİLL.) ODUNUNA AİT BAZI
YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞAL YAŞLANDIRMA ETKİSİ

Levent GÜRLEYEN, Göksel ULAY, Ümit AYATA..... 1

Bölüm 2

DÜNYA VE TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ

Gökhan ARSLAN, Pınar OĞUZHAN YILDIZ 13

Bölüm 3

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE AKILLI AMBALAJ TEKNOLOJİLERİ

Engin YARALI..... 29

Bölüm 4

TOPRAK TESTİNE MARUZ KALMIŞ BAZI AHŞAP TÜRLERİNDE
RENK PARAMETRELERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Levent GÜRLEYEN, Göksel ULAY, Ümit AYATA..... 53

Bölüm 1

AVRUPA MELEZİ (*Larix decidua* MİLL.) ODUNUNA AİT BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞAL YAŞLANDIRMA ETKİSİ

Levent GÜRLEYEN¹, Göksel ULAY², Ümit AYATA³

1 Doç. Dr. Levent GÜRLEYEN, Düzce Borsa İstanbul Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Düzce, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6867-8059, leventgurleyen@hotmail.com

2 Dr. Öğretim Üyesi Göksel ULAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816, gokselulay@gmail.com

3 Doç. Dr. Ümit AYATA, Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822, umitayata@bayburt.edu.tr

1. Giriş

Ahşap, selüloz, hemiselüloz (ksilan ve mannan), lignin ve ekstraktifler gibi kimyasal bileşenlerden oluşan doğal bir yenilenebilir polimerik kompozittir. Bu ahşap bileşenleri, ahşabın fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerinin çoğundan sorumludur; her bileşenin kendine özgü benzersiz işlevi vardır. Selüloz, yüksek derecede polimerizasyonu ve kristalliği nedeniyle ağaç lifindeki mukavemetten sorumludur; hemiselülozlar, selüloz için matris görevi görür ve lifli selüloz ile amorf lignin arasında bağlantı görevi görmektedir (Winandy ve Rowell, 1984; Singha ve Thakur, 2009). Yaşlanma mekanizmaları çok karmaşıktır ve birçok faktörden (örneğin yağmur, güneş radyasyonu ve sıcaklık) etkilenir (Sell, 1975; Feist ve Hon, 1984).

Genel olarak ahşabın bozulması mikrobiyal, su, ısı, ışık, radyasyon, hava, kimyasal ve mekanik etki ile meydana gelir. Güneş ışığı, rüzgâr ve yağmurun neden olduğu bozulmaya *ayrışma* denir. Ayrışma yoluyla, ahşabın önce rengi değişir, yüzeyin yumuşak organizasyonu bozulur ve ahşabın sert kısımları açığa çıkar. Ardından, sonunda tüm yüzey boyunca uzanan ve ahşap parçalarının ucunda kırılmalara neden olan küçük çatlaklar ortaya çıkar (Yin ve ark., 2004). Ligninin fenolik hidroksil grupları, renk değişiklikleri için gereklidir (Leary, 1967). Fotodegradasyonun bir sonucu olarak kimyasal bağlar kopar ve odunun lignin içeriği azalır. Maruz kalma süresi arttıkça yeni kromoforlar oluşur (Müller ve ark., 2003; Pandey, 2005). Ayrıca, hem oksidatif ajanlar, sıcaklık ve nem ile kombinasyon halinde, hem de ultraviyole ışınımının etkisi ve güneş ışınımının görünür spektrumunun fraksiyonları nedeniyle ahşap rengine değişiklikler meydana gelir (Rosu ve ark., 2010).

Ultraviyole ışığın, ahşabın doğal aşınmasında merkezi bir rol oynadığı görülmektedir. Bu, güneşten gelen UV ışınlarının çoğunun, özellikle daha kısa dalga boylarında, dış atmosferdeki ozon tabakası tarafından soğurulmasına rağmen böyle olmaktadır (Desai, 1968).

Dalga boyu aralıklarına göre 315-400 nm için UVA, 280-315 nm için UVB ve 200-280 nm için UVC şeklinde ayırt edilebilmektedir (Nikafshar ve ark., 2017). UV ışığının bir fotonunun kimyasal bir değişime yol açabilmesi için, enerjisinin en azından bir bileşikteki elektronlardan birini temel enerji seviyesinden daha yüksek bir seviyeye çıkaracak ve böylece kimyasal bağların kırılmasını veya oluşmasını sağlayacak kadar olması gerekmektedir (Wayne, 1996).

Avrupa melezi (*Larix decidua* Mill.) ağaç türü, Karpatlar ve Avrupa Alpleri olmak üzere iki bölgede güçlü ayrık dağılımı ile karakterize edilen, Avrupa'ya özgü iğne yapraklı bir ağaç türüdür (Geburek, 2010; McComb, 1955; Danek ve ark., 2017). Karpatlar'da, türün dağılımı dağınıktır

ve ova bölgelerine kadar uzanır (Caudullo ve ark., 2017).

Avrupa melezi (*Larix decidua* Mill.) odununda hacimsel genişleme %15.83, hacimsel daralma %14.38, en yüksek su miktarı %154.41, lif doygunluğu noktası %31.69, liflere paralel basınç direnci 42.04 N/mm², eğilme direnci 82.34 N/mm², elastikiyet modülü 5297.49 N/mm² (Akpınar, 2012), eğilme direnci 98.23 N/mm², elastiklik modülü 10800.00 N/mm² (Ulusoy ve Peker, 2020), ısı iletkenlik değeri 0.116 W/m.K (Çavuş ve ark., 2019) ve teğet yüzeyde çivi tutma direnci 4.53 N/mm² (Bal ve ark., 2018) olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, Avrupa melezi (*Larix decidua* Mill.) ahşabının Bayburt İl'inde 2 ay süre ile dış ortam koşullarına maruz kalmasından sonra meydana gelen bazı yüzey değişiklikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap Malzeme

Avrupa melezi (*Larix decidua* Mill.) ağaç türü bu çalışmada seçilmiştir. Deney örnekleri 500 x 100 x 20 mm ölçülerinde hazırlanmış olup, ölçüm öncesi 20±2°C ve %65 bağıl nemli ortamda stabil hale getirilmiştir (ISO 554, 1976).

2.2. Metot

2.2.1. Doğal Ayrışma Alanı

Doğal ayrışma testi, Bayburt İl'inde yapılmış olup, 2 ay sürdürülmüştür (01.08.2022 ile 31.09.2022). Deney malzemeleri açık havada, 45° eğimde, güneye bakan yönde olacak şekilde ve ASTM D 1641 (2004) standardına göre zeminden 1 m yüksekte olacak şekilde konumlandırılmıştır. Deney ölçümleri öncesi %65 bağıl nemde ve 20±2°C'de stabil hale getirilmiştir.

2.2.2. Renk Ölçümlerinin Belirlenmesi

Açıklık, kroma ve renk tonunun yaklaşık bağıntıları cinsinden renk farklılıklarının bileşenlerini belirlemeye çalışırken veya renk özelliklerini bu tür yaklaşık bağıntılar cinsinden ifade etmeye çalışırken, çeşitli renk terimleri kullanılmaktadır: metrik açıklık (L^*), metrik renk (C^*), metrik renk tonu ve metrik renk tonu farkı (ΔH^*). Bu terimler, CIE 1976 ($L^*a^*b^*$) renk uzayının a^* , L^* ve b^* parametreleri kullanılarak tanımlanmaktadır (Gangakhedkar, 2010).

Renk ölçümü CS-10 [CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°dağınık aydınlatma)] (CHN Spec, Çin) (ASTM D 2244-3, 2007) cihaz ile ölçüm yapılmıştır.

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = [L^*_{\text{yaşlandırılmış odun örneği}} - L^*_{\text{yaşlandırılmamış odun örneği}}] \quad (2)$$

$$\Delta a^* = [a^*_{\text{yaşlandırılmış odun örneği}} - a^*_{\text{yaşlandırılmamış odun örneği}}] \quad (3)$$

$$\Delta b^* = [b^*_{\text{yaşlandırılmış odun örneği}} - b^*_{\text{yaşlandırılmamış odun örneği}}] \quad (4)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

$$\Delta C^* = [C^*_{\text{yaşlandırılmış odun örneği}} - C^*_{\text{yaşlandırılmamış odun örneği}}] \quad (6)$$

$$h^\circ = \arctan [b^*/a^*] \quad (7)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{1/2} \quad (8)$$

Çizelge 1’de verilmiş olan renk değiştirme kriter ifadeleri ile bu çalışmada belirlenmiş olan sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Çizelge 1. Toplam renk farkı için kriter ifadesi (Barański ve ark., 2017)

Gözlem Sonucuna Göre Verilen Kriter İfadesi	►	ΔE^* Değeri
Görünmez renk değişimi	►	$\Delta E^* < 0.2$
Hafif renk değişimi	►	$2.0 > \Delta E^* > 0.2$
Yüksek filtrede görünür renk değişimi	►	$3.0 > \Delta E^* > 2.0$
Filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi	►	$6.0 > \Delta E^* > 3.0$
Yüksek renk değişimi	►	$12.0 > \Delta E^* > 6.0$
Farklı renk	►	$\Delta E^* > 12.0$

2.2.3. Beyazlık İndeksi Değerlerinin Belirlenmesi

Algısal olarak beyazlığın iki bileşeni vardır. Biri ışıklılık, yani beyazlıktır. Bir şey ne kadar parlaksa o kadar beyaz görünür, ikinci bileşen “*renk tonu*”dur: genellikle beyaz noktadan çok fazla sapan gölgelerin, aynı parlaklığa sahip olanlardan daha az beyaz olduğu kabul edilir (Joiner ve ark., 2008). CIE XYZ veya CIELAB değerlerindeki üç boyutlu değişiklikleri algısal beyazlık veya sarılıktaki değişikliklerle ilişkilendirmek, özellikle tek tek bileşenler için görelî değişikliklerin ağırlığına göre karmaşıktır (Pan ve ark., 2018). Prensipde beyazlık derecesi, rengin mükemmel bir beyazdan ayrılma derecesi ile tanımlanır (Joiner ve Luo, 2017).

Beyazlık indeksi değeri için ASTM E313-15e1, (2015) standardı kullanılmış olup Whiteness Meter BDY-1 cihazında ile liflere dik ve paralel yönlerde yapılmıştır.

2.2.4. Parlaklık Ölçümlerinin Belirlenmesi

Seramik, kaplama, boya, plastik kalıp, tekstil ve kâğıt gibi birçok ticari malzeme için bir nesnenin yüzeyinin parlaklığı büyük önem taşımaktadır (Silvennoinen ve ark., 2010). Parlaklık ölçümleri 20°, 60° ve 85° olacak şekilde üç farklı açıda ETB-0833 model gloss meter cihazı (ölçüm aralığı: 0-200 Gu, projeksiyon açısı: 20°, 60° ve 85°) (Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) kullanılarak ISO 2813, (1994)’e uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiksel Analiz

Ölçümlerde tespit edilen verilere ait min. ve mak. değerleri, homojenlik grupları, % değişme oranları, standart sapmaları, varyans analizleri ve çoklu karşılaştırmaları bir SPSS programı ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Renk parametrelerine, beyazlık indeksi ve parlaklık ölçümlerine ait olan varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, kroma (C^*), kırmızı (a^*) renk tonu, ton (h°) açısı, ışıklılık (L^*) ve sarı (b^*) renk tonu değerlerine, bütün beyazlık indeksi değerleri [lif yönleri (dik ve paralel)], parlaklık dereceleri (20° , 60° ve 85°) ve lif yönleri (paralel ve dik) için yaşlandırma süresinin anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 2. Varyans analizi sonuçları

Değişkenler	Yaşlandırma Süresi				
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
L^* değeri	188.243	2	94.122	597.865	0.000*
a^* değeri	41.349	2	20.674	675.914	0.000*
b^* değeri	145.136	2	72.568	230.000	0.000*
C^* değeri	172.302	2	86.151	285.827	0.000*
h° değeri	50.790	2	25.395	162.722	0.000*
$\perp 20^\circ$ 'de parlaklık	0.029	2	0.014	12.900	0.000*
$\perp 60^\circ$ 'de parlaklık	0.486	2	0.243	17.780	0.000*
$\perp 85^\circ$ 'de parlaklık	0.146	2	0.073	4.203	0.026*
$\parallel 20^\circ$ 'de parlaklık	0.083	2	0.041	69.750	0.000*
$\parallel 60^\circ$ 'de parlaklık	0.693	2	0.346	5.751	0.008*
$\parallel 85^\circ$ 'de parlaklık	4.758	2	2.379	46.078	0.000*
Beyazlık indeksi (\perp)	1079.358	2	539.679	1051.171	0.000*
Beyazlık indeksi (\parallel)	1330.118	2	665.059	4110.001	0.000*

*: Anlamlı

Çizelge 3'de renk parametrelerine, parlaklık değerlerine ve beyazlık indeksi değerlerine ait sonuçlar verilmiştir. Belirlenmiş olan bu sonuçlara göre, yaşlandırma süreleri arttığında, L^* değerleri azalırken, C^* , a^* ve b^* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. h° değerleri 30 günlük yaşlandırma sonunda artarken, 60 günlük yaşlandırma sonunda azalmıştır.

Parlaklık derecelerine ait sonuçlara bakıldığında yaşlandırma süreleri arttığında, bütün parlaklık dereceleri (20° , 60° ve 85°) ve lif yönleri (dik ve paralel) için elde edilen sonuçların değiştiği görülmektedir. Yaşlandırma süresinin artmasıyla, beyazlık indeksi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Renk, biçilmiş ağaçta önemli bir özelliktir, ancak miktarını belirlemek zordur (Jane, 1970). Kırmızı tonlarının artması ile hem sarı tonlarının hem de kroma (C^*) değerinin azalması, yıpranmış ahşap yüzeylerinin

grimsi tonunu ve dolayısıyla saflıklarının azalmasını doğruladığı ve ahşap yüzeyinin grimsi izlenimi, yüzeyin beyazlaşması (lignin bozulması) ve yüzeyin koyulaşması (mantarların kolonizasyonu) kombinasyonundan etkilendiği bildirilmiştir (Gonzalez de Cademartori ve ark., 2015).

Çizelge 3. Ölçüm sonuçları

Test	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	Değişim (%)	SS	Homojenlik Grubu	Minimum	Maksimum	COV
Işıklılık (L*) Değeri	Kontrol	10	66.97	-	A*	0.66	66.13	67.98	0.98
	1. ay sonrası	10	64.21	↓4.12	B	0.18	64.02	64.58	0.28
	2. ay sonrası	10	60.84	↓9.15	C**	0.08	60.71	60.98	0.13
Kırmızı (a*) Tonu Değeri	Kontrol	10	8.55	-	C**	0.20	8.28	8.87	2.31
	1. ay sonrası	10	9.51	↑11.23	B	0.14	9.26	9.71	1.49
	2. ay sonrası	10	11.38	↑33.10	A*	0.18	11.01	11.54	1.59
Sarı (b*) Tonu Değeri	Kontrol	10	24.90	-	B**	0.35	24.28	25.44	1.42
	1. ay sonrası	10	29.50	↑18.47	A	0.83	28.23	30.45	2.81
	2. ay sonrası	10	29.63	↑19.00	A*	0.36	29.15	30.08	1.23
Kroma (C*) Değeri	Kontrol	10	26.32	-	C**	0.37	25.66	26.80	1.40
	1. ay sonrası	10	30.99	↑17.74	B	0.82	29.77	31.96	2.66
	2. ay sonrası	10	31.74	↑20.59	A*	0.30	31.36	32.20	0.95
Ton (h°) Açısı	Kontrol	10	71.05	-	B	0.36	70.53	71.65	0.51
	1. ay sonrası	10	72.13	↑1.52	A*	0.32	71.51	72.45	0.45
	2. ay sonrası	10	68.99	↓2.90	C**	0.48	68.41	69.78	0.70
Beyazlık İndeksi Dik	Kontrol	10	29.97	-	A*	0.98	28.20	30.70	3.27
	1. ay sonrası	10	19.20	↓35.94	B	0.45	18.40	19.80	2.34
	2. ay sonrası	10	15.93	↓46.85	C**	0.61	15.30	16.70	3.85
Beyazlık İndeksi Paralel	Kontrol	10	25.01	-	A*	0.29	24.70	25.50	1.17
	1. ay sonrası	10	12.34	↓50.66	B	0.62	11.70	13.30	5.01
	2. ay sonrası	10	9.78	↓60.90	C**	0.13	9.60	9.90	1.35
□20°de Parlaklık	Kontrol	10	0.50	-	A*	0.00	0.50	0.50	0.00
	1. ay sonrası	10	0.49	↓2.00	A	0.03	0.40	0.50	6.45
	2. ay sonrası	10	0.43	↓14.00	B**	0.05	0.40	0.50	11.23
□60°de Parlaklık	Kontrol	10	2.34	-	A*	0.11	2.20	2.50	4.59
	1. ay sonrası	10	2.34	0	A*	0.11	2.20	2.50	4.59
	2. ay sonrası	10	2.07	↓11.54	B**	0.13	1.90	2.20	6.46
□85°de Parlaklık	Kontrol	10	0.64	-	A*	0.08	0.50	0.70	13.18
	1. ay sonrası	10	0.47	↓26.56	B**	0.08	0.30	0.60	17.52
	2. ay sonrası	10	0.54	↓15.63	AB	0.20	0.30	0.80	36.20
20°de Parlaklık	Kontrol	10	0.48	-	B**	0.04	0.40	0.50	8.78
	1. ay sonrası	10	0.60	↑25.00	A*	0.00	0.60	0.60	0.00
	2. ay sonrası	10	0.50	↑4.17	B	0.00	0.50	0.50	0.00
60°de Parlaklık	Kontrol	10	2.67	-	AB	0.38	2.00	3.00	14.13
	1. ay sonrası	10	2.89	↑8.24	A*	0.14	2.70	3.10	4.74
	2. ay sonrası	10	2.52	↓5.62	B**	0.14	2.30	2.70	5.55
85°de Parlaklık	Kontrol	10	0.93	-	C**	0.27	0.70	1.40	29.14
	1. ay sonrası	10	1.89	↑103.23	A*	0.24	1.60	2.40	12.58
	2. ay sonrası	10	1.26	↑35.48	B	0.16	1.00	1.40	12.52

SS: Standart Sapma, N: Ölçüm Sayısı, *: En yüksek değer, **: En düşük değer, COV: Varyasyon Katsayısı,

Çizelge 4’de renk formülleri hesaplanmış olan toplam renk farklarına ilişkin sonuçlar gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, 1. ay sonrasında ΔE^* değeri 5.45 olduğu için Barański ve ark., (2017)’e göre filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi kriterini verdiği [$6 > \Delta E^* > 3$] ve 2. ay sonrasında ΔE^* değeri ise 8.24 değerini verdiği için yüksek renk değişimi [$12 > \Delta E^* > 6$] kriterini verdiği görülmektedir. Ahşabın yüzey rengi ışığa maruz kaldığında hızla değişmektedir (Müller ve ark., 2003; Tolvaj ve Faix, 1995).

Yaşlandırma işleminde sonra elde edilen ΔE^* ’deki azalmanın, ahşap yüzeyinde bulunan suda çözünür renkli malzemenin çıkarılmasına bağlanmıştır (Cui ve ark., 2004).

Çizelge 4. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçlar

Yaşlandırma Süresi	ΔC^*	ΔH^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	Renk kriterine göre kıyaslamalar (Barański ve ark., 2017)	
1. ay sonrası	4.67	0.52	-2.76	0.96	4.60	5.45	Filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi	$6 > \Delta E^* > 3$
2. ay sonrası	5.42	1.02	-6.13	2.83	4.73	8.24	Yüksek renk değişimi	$12 > \Delta E^* > 6$

Literatürde çeşitli ahşap türleri üzerinde yapılan doğal yaşlandırma çalışmaları sonralarında elde edilen renk parametreleri ile bu çalışmada elde edilen sonuçların kıyaslanması Çizelge 5’de sunulmuştur.

Çizelge 5. Literatürde çeşitli ahşap türleri üzerinde yapılan doğal yaşlandırma çalışmaları sonralarında elde edilen renk parametreleri ile bu çalışmada elde edilen sonuçların kıyaslanması

Ağaç Türü	Yaşlandırma Sonunda	Renk Parametreleri					Kaynak
		L^*	a^*	b^*	C^*	h°	
Avrupa melezi (<i>Larix decidua</i> Mill.)	60. gün	↓	↑	↑	↑	↓	Tespit
Ekaba (<i>Tetraberlinia bifoliolata</i> Haum.)	60. gün	↑	↓	↑	↑	↑	Çamlıbel ve Ayata, (2023)
Meranti red (<i>Shorea curtisii</i>)	60. gün	↓	↑	↑	↑	↑	Ayata ve Can, (2023)
Monteri çamı (<i>Pinus radiata</i> D Don)	60. gün	↓	↑	↑	↑	↓	Tonguç ve ark., (2022b)
Opepe (<i>Nauclea diderrichii</i>)	60. gün	↓	↓	↑	↓	↑	Ayata, (2022a)
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	90. gün	↑	↓	↑	↓	↑	Gürleyen ve ark., (2022)
Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>)	90. gün	↓	↓	↑	↑	↑	Ayata, (2022b)
Karakavak (<i>Populus nigra</i> L.,)	90. gün	↓	↑	↑	↑	↓	Bal ve Ayata, (2022)
Doğu çınarı (<i>Platanus orientalis</i> L.)	90. gün	↓	↑	↑	↑	↑	Tonguç ve ark., (2022a)
Kayın (<i>Fagus orientalis</i>)	90. gün	↓	↓	↓	-	-	Saei ve ark., (2015)
Gökнар (<i>Abies</i> sp.)	90. gün	↓	↑	↓	-	-	

Gökmar (<i>Abies</i> sp.)	120. gün	↓	↑	↑	-	-	Mohebbi ve Saei, (2015)
<i>Erismia uncinatum</i> Warm	240. gün	↓	↓	↓	↓	↑	Kerber ve ark., (2016)
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp		↓	↓	↓	↓	↑	
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr.		↓	↓	↓	↓	↑	
Gympie messmate (<i>Eucalyptus cloeziana</i>)	360. gün	↓	↓	↓	↓	↑	Gonzalez de Cademartori ve ark., (2015)
<i>Eucalyptus saligna</i>		↓	↓	↓	↓	↑	
<i>Eucalyptus grandis</i>		↓	↓	↓	↓	↑	
<i>Pinus</i> L.	360. gün	↓	↓	↓	-	-	de Almeida ve ark., (2021)
<i>Simarouba amara</i> Aubl.		↓	↑	↓	-	-	
<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.		↓	↓	↓	-	-	
<i>Erismia uncinatum</i> Warm.		↓	↓	↓	-	-	
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.		↓	↓	↓	-	-	
<i>Peltogyne lecointei</i> Ducke		↓	↓	↓	-	-	
Avrupa melezi (<i>Larix decidua</i> [Mill.])	365. gün	↓	↓	↓	-	-	Schnabel ve ark., (2009)
Gökmar (<i>Abies alba</i> [Mill.])		↓	↓	↓	-	-	
Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	365. gün	↓	↓	↓	-	-	Poohphajai ve ark., (2021)
Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	1460. gün	↓	↓	↓	-	-	Sandak ve ark., (2015)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada aşağıda verilmiş olan sonuçlar belirlenmiştir;

- Doğal yaşlandırma süresinin artması ile b^* , a^* ve C^* değerleri artarken, h^o ve L^* değerleri azalmıştır.

- Doğal yaşlandırma süresinin artması ile ΔE^* değerleri arttığı belirlenmiştir. Bu değerler yaşlandırma süresinin artması ile sırasıyla ΔE^* : 5.45 ve ΔE^* : 8.24 olarak elde edilmiştir.

- Doğal yaşlandırma süresinin artması ile beyazlık indeksi değerleri liflere dik ve paralel yönlerde sırasıyla 1. ay sonunda %35.94 ve %50.66 oranlarında ve liflere dik ve paralel yönlerde sırasıyla 2. ay sonunda %46.85 ve %60.90 oranlarında azalmıştır.

KAYNAKÇA

- Akpınar, E., (2012). Trabzon-Maçka yöresinde yetiştirilmiş Avrupa melezi (*Larix decidua* Mill.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine gövde yüksekliğinin etkisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- ASTM D 1641, (2004). Standard practice for conducting outdoor exposure test of varnishes, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, United States.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured coordinates. USA: ASTM International.
- Ayata, Ü., (2022a). Opepe (*Nauclea diderrichii*) ahşabında doğal yaşlandırma performansı üzerine bazı yüzey özelliklerinin araştırılması, 1. Uluslararası Güncel Akademik Çalışmalar Sempozyumu, 1 - 4 Aralık 2022, Abant - Bolu, Türkiye, 147-157.
- Ayata, Ü., (2022b). Dış ortam şartlarına maruz kalmış kızılçam odunda meydana gelen bazı yüzey özelliklerinin araştırılması, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 5(2): 83-92. DOI: 10.33725/mamad.1184911.
- Ayata, Ü., ve Can, A., (2023). Meranti red (*Shorea curtisii*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine dış ortam çevre şartlarının etkisi, Afrika 1. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 12-15 Ocak 2023, Kahire, 41-49.
- Bal, B.C., Ayata, Ü., Çavuş, V., ve Efe, F.T., (2018). Dişbudak, doğu kayını, göknar ve Avrupa melezi ağaç türlerinde çivi tutma direncinin belirlenmesi, 5. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi, Bildiri Tam Metin Kitabı, 02-03 Kasım, Antalya, Türkiye, 1(1): 397-406.
- Bal, B.C., ve Ayata, Ü., (2022). Karakavak odununda renk, beyazlık indeksi ve parlaklık özellikleri üzerine doğal yaşlandırmanın etkisi, Akdeniz 8. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 19-20 Kasım 2022, Girne, 305-315.
- Barański, J., Klement, I., Vilková, T., and Konopka, A., (2017). High temperature drying process of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) with different zones of sapwood and red false heartwood, BioResources, 12(1): 1861-1870. DOI: 10.15376/biores.12.1.1861-1870.
- Caudullo, G., Welk, E., and San-Miguel-Ayanz, J., (2017). Chorological maps for the main European woody species, Data in Brief, 12: 662-666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- Cavus, V., Sahin, S., Esteves, B., and Ayata, U., (2019). Determination of thermal

- conductivity properties in some wood species obtained from Turkey, *Bio-resources*, 14(3): 6709-6715. DOI: 10.15376/biores.14.3.6709-6715.
- Cui, W., Kamdem, P., and Rypstra, T., (2004). Diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFT) and color changes of artificial weathered wood, *Wood and Fiber Science*, 36: 291-301.
- Çamlıbel, O., ve Ayata, Ü., (2023). Ekaba (*Tetraberlinia bifoliolata* Haum.) ahşabında bazı yüzey özellikleri üzerine doğal yaşlandırmanın etkileri, *Balkan Zirvesi 7. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, 3 - 5 Şubat 2023, Üsküp,
- Danek, M., Chuchro, M., and Walanus, A., (2017). Variability in larch (*Larix Decidua* Mill.) tree-ring growth response to climate in the Polish Carpathian Mountains, *Forests*, 8(10): 354. DOI: 10.3390/f8100354
- de Almeida, T.H., de Almeida, D.H., Gonçalves, D., and Lahr, F.A.R., (2021). Color variations in CIELAB coordinates for softwoods and hardwoods under the influence of artificial and natural weathering, *Journal of Building Engineering*, 35: 101965. DOI: 10.1016/j.job.2020.101965.
- Desai, R.L., (1968). Photodegradation of cellulose materials - A review of the literature, *Pulp and paper magazine of Canada*, 69: 53-61.
- Feist, W.C., and Hon, D.N.S., (1984). Chemistry of weathering and protection, R.M. Rowell (Ed.), *The chemistry of solid wood*, ACS, Washington (DC), pp. 401-574.
- Gangakhedkar, N.S., (2010). 12 - Colour measurement of paint films and coatings, *Colour Measurement*, 279-311. DOI: 10.1533/9780857090195.2.279.
- Geburek, T., (2010). *Larix decidua* Miller, 1768, A. Roloff, H. Weissgerber, U. Lang, B. Stimm (Eds.), *Bäume Mitteleuropas*, Wiley-Vch, Weinheim, pp. 431-450.
- Gonzalez de Cademartori, P.H., Missio, A.L., Dufau Mattos, B., and Gatto, D.A., (2015). Natural weathering performance of three fast-growing Eucalypt woods, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(4): 799-808. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000069.
- Gürleyen, L., Tonguç, F., Ergül, H.A., ve Ayata, Ü., (2022). *Eucalyptus globulus* Labill. odununda doğal yaşlandırma üzerine bazı yüzey özelliklerindeki değişikliklerin belirlenmesi, *Gece Kitaplığı Yayınevi, Ziraat & Orman, Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler*, Editör: Doç. Dr. Ümit AYATA, 277-296. ISBN: 978-625-430-565-8.
- ISO 2813, (1994). *Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). *Standard atmospheres for conditioning and/or testing*, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Jane, F.W., (1970). *The structure of wood*, 2nd edn. Black, London, p 478.

- Joiner, A., and Luo, W., (2017). Tooth colour and whiteness: A review, *Journal of Dentistry*, 67: S3-S10. DOI: 10.1016/j.jdent.2017.09.006.
- Joiner, A., Hopkinson, I., Deng, Y., and Westland, S., (2008). A review of tooth colour and whiteness, *Journal of Dentistry*, 36(1): 2-7. DOI: 10.1016/j.jdent.2008.02.001.
- Kerber, P.R., Stangerlin, D.N., Pariz, E., de Melo, R.R., de Souza, A.P., and Calegari, L., (2016). Colorimetry and surface roughness of three amazon woods submitted to natural weathering, *Nativa, Sinop*, 4(5), 303-307. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n05a06.
- Leary, G.J., (1967). The yellowing of wood by light, *Tappi J*, 50(1): 17-19.
- McComb, A., (1955). The European larch: its races, site requirements and characteristics, *Forest Science*, 1: 298-318.
- Mohebbi, B., and Saei, A.M., (2015). Effects of geographical directions and climatological parameters on natural weathering of fir wood, *Construction and Building Materials*, 94: 684-690. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.049.
- Müller, U., Rätzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., and Zöbl, H., (2003). Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV-irradiation, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 69(2): 97-105. DOI: 10.1016/S1011-1344(02)00412-8.
- Nikafshar, S., Zabihi, O., Ahmadi, M., Mirmohseni, A., Taseidifar, M., and Nabebe, M., (2017). The effects of UV light on the chemical and mechanical properties of a transparent epoxy-diamine system in the presence of an organic UV absorber, *Materials*, 10(2): 180. DOI: 10.3390/ma10020180.
- Pan, Q., Westland, S., and Ellwood, R., (2018). Evaluation of colorimetric indices for the assessment of tooth whiteness, *Journal of Dentistry*, 76: 132-136. DOI: 10.1016/j.jdent.2018.07.004.
- Pandey, K.K., (2005). Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood, *Polym Degrad Stab*, 90: 9-20.
- Poohphajai, F., Sandak, J., Sailer, M., Rautkari, L., Belt, T., and Sandak, A., (2021). Bioinspired living coating system in service: evaluation of the wood protected with biofinish during one-year natural weathering, *Coatings*, 11(6): 701. DOI: 10.3390/coatings11060701.
- Rosu, D., Teaca, C.A., Bodirlau, R., and Rosu, L., (2010). FTIR and color change of the modified wood as a result of artificial light irradiation, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 99(3): 144-149.
- Saei, A.M., Mohebbi, B., and Abdeh, M.R., (2015). Effects of oleothermal treatment and polydimethylsiloxane (PDMS) coating on natural weathering of beech and fir woods, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(4): 905-918. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000079.
- Sandak, J., Sandak, A., and Riggio, M., (2015). Characterization and monitoring of surface weathering on exposed timber structures with a multi-sensor

- approach, International Journal of Architectural Heritage, 9(6): 674-688. DOI: 10.1080/15583058.2015.1041190.
- Schnabel, T., Zimmer, B., and Petutschnigg, A.J., (2009). On the modelling of colour changes of wood surfaces, European Journal of Wood and Wood Products, 67: 141-149. DOI: 10.1007/s00107-008-0293-x.
- Sell, J., (1975). Grundsätzliche Anforderungen an Oberflächenbehandlungen für Holz im Außenbau (Literaturübersicht), Holz als Roh- und Werkstoff, 33(9): 336-340.
- Silvennoinen, R., Peiponen, K.E., and Myller, K., (2010). Specular gloss. Elsevier.
- Singha, A.S., and Thakur, V.K., (2009). Study of mechanical properties of urea-formaldehyde thermosets reinforced by pine needle powder, BioResource, 4(1): 292-308.
- Tolvaj, L., and Faix, O., (1995). Artificial ageing of wood monitored by drift spectroscopy and CIE $L^*a^*b^*$ color measurements 1. effect of UV light, Holz-forschung, 49(5): 397-404. DOI: 10.1515/hfsg.1995.49.5.397.
- Tonguç, F., Ergül, H.A., ve Ayata, Ü., (2022a). Doğu çınarı (*Platanus orientalis* L.) odununda doğal yaşlandırma performansı, Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Yeni Trendler 1,
- Tonguç, F., Ergül, H.A., ve Ayata, Ü., (2022b). Monteri çamı (*Pinus radiata* D Don) odununda renk, parlaklık ve beyazlık indeksi üzerine doğal yaşlandırma uygulamasının etkisi, Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(2): 116-126.
- Ulusoy, H., ve Peker, H., (2020). Larex (*Larix decidua* Mill.) odununda modern/klasik yangın geciktiricilerin bazı teknolojik özellikler üzerine etkileri, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Special Issue), 194-198.
- Wayne, C.E., (1996). Photochemistry, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Winandy, J.E., and Rowell, R.M., (1984). The chemistry of wood strength, R.M. Rowell (Ed.), The Chemistry of Solid Wood, ACS Publication, pp. 211-255.
- Yin, X., Fujimoto, T., and Chiba, N., (2004). CG representation of wood aging with distortion, cracking and erosion, The Journal of the Society for Art and Science, 3(4): 216-223. DOI: 10.3756/artsci.3.216.

Bölüm 2

DÜNYA VE TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ

Gökhan ARSLAN¹, Pınar OĞUZHAN YILDIZ²

1 Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, gokhan.arslan@atauni.edu.tr, 0000-0002-8634-8598

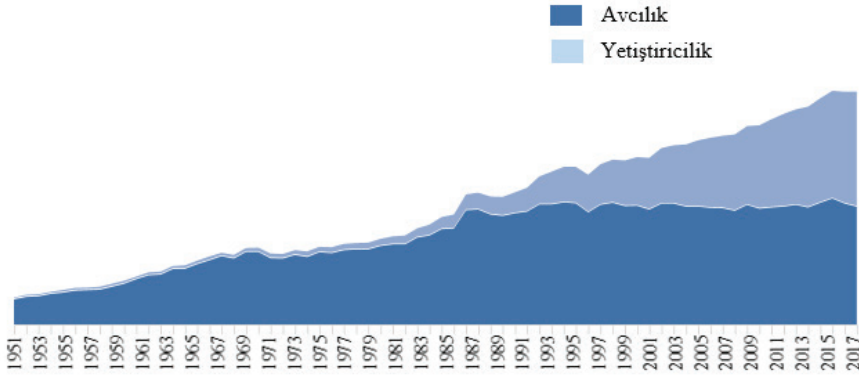
2 Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, pinaroguzhan@atauni.edu.tr, 0000-0002-9892-7925

GİRİŞ

Su ürünleri sektörü Dünya genelinde son zamanlarda önemli bir ivme kazanmıştır. Özellikle iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden kaynaklı, tarımsal gıdaların temininde duyulan sıkıntılar sektörün gelişmesini hızlandırmıştır. Ayrıca gıda kaynaklı çok sayıda hastalığın ortaya çıkmasından dolayı da dünya genelinde insanlar sağlık açısından faydalı gıdalara yönelim göstermektedir. Bu gıdalar içerisinde su ürünleri, zengin protein içeriği ve sağlık açısından oldukça önem arz eden çoklu doymamış yağ asitleri ile vücudun temel ihtiyaçlarını karşılayabilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle su ürünleri tüketimi de önemli ölçüde artmıştır (Kaya vd. 2004). Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD)'ye göre tarımsal ürünler içerisinde hızlı büyümeyi su ürünleri sektörünün sağladığını kaydetmiştir. Benzer şekilde 2020 yılı Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporunda da tarım sektörleri içerisinde en fazla gelişim gösteren sektörün son yıllarda su ürünleri olduğu bildirilmiştir.

DÜNYA SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Dünya su ürünleri üretiminde 1951-2017 yılları arasında artış görülmektedir (Grafik 1). Özellikle 1980'li yıllarda başlayan ivme yetiştiricilik yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarının artışına vesile olmuştur. 1980'lerden günümüze avcılık yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarındaki durağanlık ise aşırı avlanmayla, kirlilik ve iklim değişikliğinin olumsuz yönleriyle açıklanabilmektedir.



Grafik 1. Dünya Su Ürünleri Üretimi (FAO 2022)

Özellikle de son 5 yılda dünya su ürünleri üretiminde bir artış söz konusu olup, yetiştiricilik yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarı yıllar içinde avcılık yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarına yaklaşmış durumdadır (Tablo 1). Bu durum yetiştiricilik sistemlerindeki gelişmelerden olduğu gibi iklim değişikliğinden kaynaklı avcılık miktarının düşmesiyle de alakalı bir durumdur.

Tablo 1. Dünya Su Ürünleri Üretimi (ton) (FAO 2022)

Yıllar	Avcılık Miktarı	Yetiştiricilik Miktarı	Toplam Miktar
2016	89.628.685	76.557.980	166.186.665
2017	93.117.193	79.610.229	172.727.422
2018	96.429.088	82.121.853	178.550.941
2019	92.494.213	85.362.832	177.857.045
2020	90.265.933	87.502.609	177.768.543

2019 yılı FAO verilerine göre dünya su ürünleri üretimi 2018 yılına kıyasla düşüş göstermiş ve bu durum 2020 yılında da devam etmiştir. Tablo 2'den de anlaşılacağı gibi Dünya su ürünleri üretimi homojen olarak gerçekleşmemekte olup, Asya kıtası su ürünleri üretiminde açık ara öndedir. Dünya su ürünleri üretiminde Çin toplam üretimin %35'ini oluşturmuş ve (62,8 milyon ton) lider konumda yer almıştır.

Tablo 2. Ülkelere Göre Dünya Su Ürünleri Üretimi (ton) (FAO 2022)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	61.605.135	62.198.086	62.207.599	62.242.310	62.846.808
Hindistan	11.495.213	12.307.666	12.668.063	13.455.205	14.140.699
Endonezya	10.876.369	11.711.313	12.386.253	13.253.701	12.151.946
Vietnam	6.648.243	7.136.167	7.481.039	7.871.286	8.022.708
Peru	3.796.978	4.157.414	7.169.817	4.968.902	5.770.371
Rusya	4.759.392	4.864.504	5.108.858	5.211.894	5.342.456
ABD	5.348.349	5.473.700	5.212.754	5.290.541	4.694.411
Bangladeş	3.878.324	4.134.436	4.276.641	4.384.219	4.503.371
Norveç	3.359.975	3.686.996	3.843.920	3.762.245	3.940.977
Japonya	3.876.920	3.821.112	3.773.800	3.762.008	3.751.228
Türkiye	585.657	627.797	625.776	834.662	785.822
Diğer	49.956.110	52.608.231	53.796.421	52.820.072	51.817.746
Dünya	166.186.665	172.727.422	178.550.941	177.857.045	177.768.543

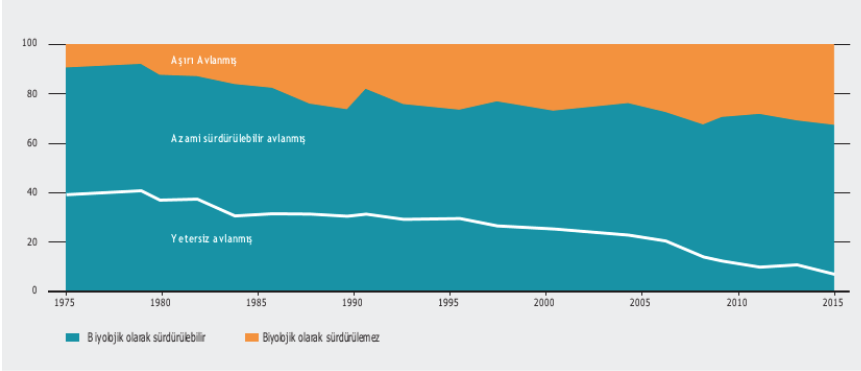
DÜNYA SU ÜRÜNLERİ AVCILIĞI

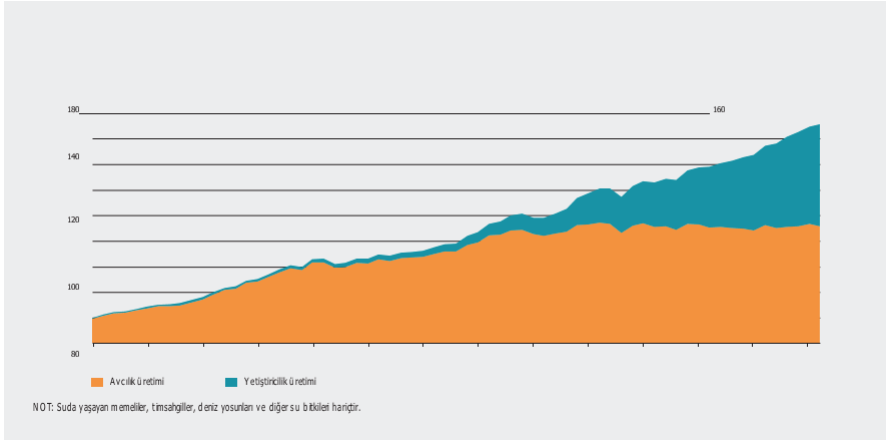
FAO verilerine göre dünya iç su ve denizlerinde avcılık yöntemiyle edilen su ürünleri üretimi son yıllarda 90 milyon dolaylarındadır. Avcılık yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarına şüphesiz iklim değişikliği, kirlilik, aşırı avlanma ve avcılıkta kullanılan av malzemeleri direk etki etmektedir. Avcılık yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarında Çin birinci sıradadır ve Asya kıtası toplam avcılığın yarısından fazlasını gerçekleştirmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Dünya su ürünleri avcılık üretimi (ton) (FAO 2022)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	15.787.555	15.373.195	14.647.820	13.995.443	13.226.203
Endonezya	6.543.195	6.736.980	7.216.257	7.480.205	6.925.352
Peru	3.796.978	4.157.414	7.169.817	4.814.962	5.626.542
Hindistan	5.176.369	5.531.313	5.320.253	5.458.700	5.504.713
Rusya	4.759.392	4.864.504	5.108.858	4.974.174	5.072.094
ABD	4.903.670	5.034.030	4.744.569	4.800.499	4.246.176
Vietnam	3.077.841	3.315.207	3.347.039	3.429.029	3.421.880
Japonya	3.200.094	3.205.754	3.130.925	3.163.760	3.151.730
Norveç	2.033.818	2.378.511	2.488.979	2.309.319	2.450.901
Bangladeş	1.674.770	1.801.084	1.871.225	1.895.619	1.919.505
Diğer	38.675.003	40.719.201	41.383.346	40.172.503	38.720.837
Dünya	89.628.685	93.117.193	96.429.088	92.494.213	90.265.933

Avcılık açısından potansiyel her yıl bir önceki yıla oranla düşüş göstermektedir. 1974 yılında yaklaşık %90'lık potansiyel 2015 yılında %66 seviyelerine gerilemiştir. Aksine sürdürülemez seviyelerde yapılan avcılık potansiyelinde ise bir artış söz konusudur. Bu durum avcılık sektörü açısından olumsuz bir durumdur (FAO 2018). Avcılık sektöründe ki gerileme ve durağanlık şüphesiz su ürünleri sektörü açısından olumsuz bir durumdur. Bununla birlikte yetiştiricilik yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarında her geçen gün artış olmuştur.

**Grafik 2.** Dünya Deniz Balıkları Stok Durumlarındaki Eğilimler, 1974-2015 (FAO 2018)



Grafik 3. Dünya Avcılık ve Yetiştiricilik Üretimi (FAO 2018)

DÜNYA SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

2020 yılı rakamlarına göre 177,8 milyon ton olan toplam dünya su ürünleri üretiminin 87,5 milyon tonu yetiştiricilik yöntemi ile elde edilmiştir. Bu rakamın 33 milyon tonu denizlerden 54 milyon tonu da iç sulardan sağlanmıştır. Çin yetiştiricilik yöntemiyle elde edilen su ürünleri üretiminde de liderdir. 2020 yılı verilerine göre Avrupa kıtasının en çok üretimini ülkesi 785 bin 822 ton ile Türkiye'dir (Tablo 4).

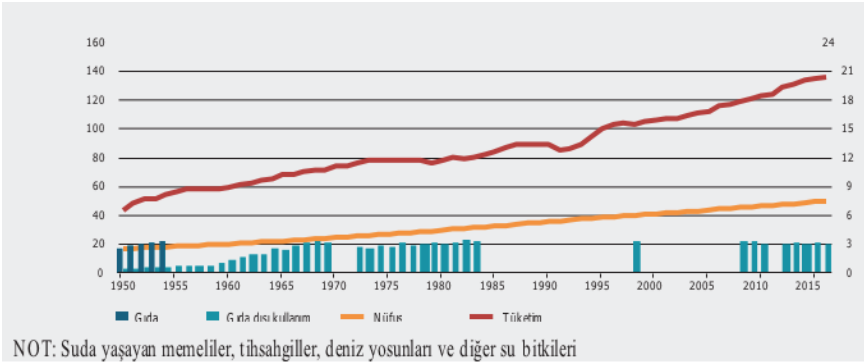
Tablo 4. Dünya su ürünleri yetiştiricilik üretimi (ton) (FAO 2022)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	45.817.580	46.824.891	47.559.779	48.246.867	49.620.605
Hindistan	5.700.000	6.180.000	7.066.000	7.795.000	8.635.986
Endonezya	4.952.018	5.570.686	5.451.806	5.975.000	5.226.594
Vietnam	3.570.402	3.820.960	4.134.000	4.442.257	4.600.828
Bangladeş	2.203.554	2.333.352	2.405.416	2.488.600	2.583.866
Mısır	1.370.660	1.451.841	1.561.457	1.641.949	1.591.896
Norveç	1.326.157	1.308.485	1.354.941	1.452.926	1.490.076
Şili	1.035.254	1.202.948	1.266.054	1.384.704	1.485.896
Myanmar	1.017.614	1.048.692	1.130.350	1.082.141	1.145.018
Tayland	962.673	893.974	890.864	964.266	962.467
Diğer	8.602.068	8.974.400	9.301.186	9.889.122	10.159.377
Dünya	76.557.980	79.610.229	82.121.853	85.362.832	87.502.609

DÜNYA SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİ

2019 yılı su ürünlerinin %72'si Asya kıtasında tüketilmiştir. Üretimde olduğu gibi tüketimde de Çin ilk sıradadır. Çin'i takiben Endonezya, Hindistan, ABD ve Japonya gelmektedir. Dünya'da balık tüketimi 1960'larda

yaklaşık 9 kg seviyelerindeyken 2019 yılında 20 kg seviyelerine gelmiştir. Balık tüketimi ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir. Genel olarak düşük gelirli ülkelerde tüketim değeri düşük, yüksek gelirli ülkelerde ise tüketim değeri doğru orantılı olarak yüksektir. 2020 yılında toplam su ürünleri üretimi 178 milyon ton seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu rakamın 157 milyon tonu doğrudan gıda olarak tüketilmiş, kalan kısım başta balık yağı ve unu olmak üzere gıda dışı sektörler tarafından kullanılmıştır (FAO 2022). Su ürünlerinin küresel olarak kişi başına günlük ortalama 34 kalorilik bir katkısını olmasına rağmen beslenmeye olan katkısı, bir enerji kaynağı olmasının dışında yüksek ve kaliteli, kolay sindirilebilen hayvansal protein ve özellikle besin eksiklikleri ile mücadele açısından son derece önemli bir gıda maddesidir. 150 gram ağırlığında bir su ürünleri porsiyonu yetişkin bir bireyin günlük protein ihtiyacının ortalama yüzde 50 ile 60'nı karşılayabilmektedir (FAO 2018).



Grafik 4. Dünyada Su Ürünlerinin Kullanımı Ve Tüketim (FAO 2018)

DÜNYA SU ÜRÜNLERİ TİCARETİ

Dünya'da en fazla ticareti yapılan gıda maddelerinden biri su ürünleridir ve uluslararası su ürünleri ticareti de önemli bir seviyelere ulaşmıştır. Küreselleşme bu büyümenin şüphesiz önemli bir parametresidir. Ekonomik olarak oldukça iyi bir noktaya gelen su ürünleri ticaretinde işleme teknolojilerinin gelişimi önemli katkı sağlamıştır (FAO 2022).

İhracat Durumu

Dünya su ürünleri ihracatında üretimde olduğu gibi Çin lider konumdadır. 2002 yılından bugüne en büyük ihracatçı ülke konumundadır öyle ki toplam su ürünleri ihracatının %12'si Çin'e aittir (FAO 2022).

Tablo 5. Dünya su ürünleri ihracatı (ton) (FAO 2022)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	3.999.296	4.173.900	4.274.503	4.250.354	4.174.873
Norveç	2.632.731	2.449.962	2.632.020	2.727.215	2.652.556
Rusya	1.879.379	1.994.626	2.221.395	2.330.007	2.201.449
Vietnam	1.596.160	1.665.798	1.823.542	1.717.841	1.810.890
Peru	1.230.631	1.049.583	1.571.649	1.600.177	1.764.072
ABD	1.613.815	1.539.549	1.706.546	1.537.232	1.514.689
Hollanda	1.151.588	1.199.890	1.429.915	1.518.603	1.418.302
Tayland	1.545.968	1.515.437	1.354.237	1.394.091	1.391.349
Hindistan	1.011.920	1.075.065	1.409.386	1.436.108	6.852.853
Şili	1.230.251	1.174.984	1.232.901	1.385.954	1.298.818
Diğer	20.590.608	19.294.525	20.549.216	21.649.371	15.826.406
Dünya	36.886.187	37.133.319	40.205.310	41.546.953	40.906.257

2022 yılı verilerine göre dünya genelinde su ürünleri ihracatının (59,8 milyon ton) değeri 151 milyar dolar olup, su ürünleri ihracatının 2020 yılında orman ürünleri dışında toplam tarım ürünlerindeki payı %11 olmuştur (FAO 2022).

İthalat Durumu

Dünya genelinde toplam su ürünleri ithalatının değeri (39,9 milyon ton) 160 milyar dolar olup, 2019 yılında ilk sırada Çin (6 milyon ton) yer almaktadır (Tablo 6).

Tablo 6. Dünya su ürünleri ithalatı (ton) (FAO 2019)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	4.073.239	4.019.939	4.875.918	5.208.261	5.984.438
ABD	2.649.406	2.733.021	2.808.762	2.892.634	2.810.703
Japonya	2.477.897	2.375.153	2.467.071	2.372.128	2.405.141
Tayland	1.620.658	1.868.170	1.924.536	2.129.605	1.983.139
İspanya	1.669.245	1.715.516	1.768.442	1.766.380	1.809.784
Kore	1.400.238	1.436.649	1.479.637	1.555.022	1.507.674
Danimarka	1.383.377	1.500.899	1.377.571	1.430.974	1.359.332
Fransa	1.130.650	1.151.490	1.183.611	1.204.221	1.166.500
Almanya	1.206.889	1.241.760	1.157.561	1.173.045	1.144.537
İtalya	1.078.631	1.108.828	1.115.931	1.137.854	1.105.477
Diğer	17.849.068	17.770.647	18.509.542	18.987.039	18.653.961
Dünya	36.539.298	36.922.072	38.668.582	39.857.163	39.930.686

Dünya su ürünleri fiyatları balık fiyat endeksi verilerine göre 2021 yılında bir önceki yıla göre %7,2 artış göstermiştir (FAO 2022).

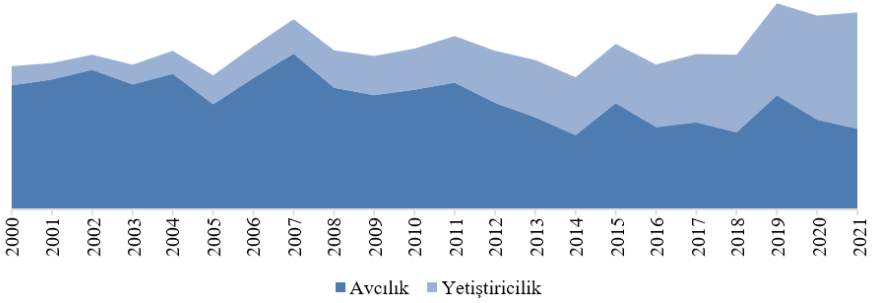
TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Türkiye’de su ürünleri tarım sektörü içerisinde yer alır. Ülkemiz tarımsal faaliyetlerin ekonomiye katkısı yıllar içerisinde azalmıştır. Ülkemizde su ürünleri 1960’lı yıllarda başlamış ve 1980 yılından sonra levrek ve çipura yetiştiriciliği ile ivme kazanmıştır (Demir 2008). Ülkemizde iç sularda sazan ve alabalık, denizlerde levrek ve çipura gibi çeşitli türlerin yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Özden vd. 2005). Ülkemiz su ürünleri üretimi iki şekilde (avcılık ve yetiştiricilik) yapılmaktadır. Son yıllarda yetiştiricilik sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak yetiştiricilik yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarında da önemli oranlarda artışlar görülmüştür (Arslan ve Yıldız 2021). Ülkemizde son yıllarda özellikle yetiştiricilik sistemlerinde önemli gelişmeler olmuş, yeni teknikler kullanılmıştır. Kafes sistemlerinde, ağlarda yemleme teknolojilerinde yapılan gelişmeler dünya standartlarını yakalamış ve bu durum sektöre pozitif faydalar sağlamıştır (Bilgüven ve Can 2018).

Tablo 7. Türkiye su ürünleri üretim miktarı (ton) (TÜİK 2022)

Yıllar	Avcılık	Yetiştiricilik	Toplam
2011	514.755	188.790	703.545
2012	432.442	212.410	644.852
2013	374.121	233.394	607.515
2014	302.212	235.133	537.345
2015	431.907	240.334	672.241
2016	335.320	253.395	588.715
2017	354.318	276.502	630.820
2018	314.094	314.537	628.631
2019	463.168	373.356	836.524
2020	364.400	421.411	785.811
2021	328.165	471.686	799.851

2021 yılı Türkiye su ürünleri üretimi bir önceki yıla oranla %2’lik bir artış göstererek 799 bin 851 ton, avcılıkta ise bir önceki yıla oranla %10’ luk bir düşüş göstererek 328 bin 165 ton şeklinde gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarı ise bir önceki yıla oranla %12’lik bir artışla 471 bin 686 ton olarak gerçekleşmiştir. Sektörün yetiştiricilik yöntemine ağırlık vermesi dünya su ürünleri üretimi yapan ülkelerle benzerdir.



Grafik 5. Türkiye avcılık ve yetiştiricilik miktarları (ton) (TÜİK 2022)

TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ AVCILIĞI

Türkiye'nin avcılık üretiminde deniz ürünlerinin önemli bir yeri bulunmaktadır. 4 farklı denizi bulunan ülkemizde toplam avcılığın %71'ini deniz balıkları avcılığı oluşturmaktadır. 2021 yılı Türkiye su ürünleri avcılık miktarı bir önceki yıla kıyasla %9,9 azalış göstermiş ve 328 bin 165 ton olarak belirlenmiştir. İç sularda yapılan avcılıkta fazla bir fark olmasına rağmen denizlerde yapılan avcılıkta 2021 yılı dikkate alındığında bir önceki yıla oranla %11'lik bir düşüş söz konusudur. Denizlerde yapılan avcılıkta en büyük pay %77 ile Karadeniz olmuştur (TÜİK 2022).

Tablo 8. Denizlere göre avcılık miktarı (ton) (TÜİK 2022)

Yıllar	Akdeniz	Batı Karadeniz	Doğu Karadeniz	Ege	Marmara	Toplam
2016	11.724	100.404	122.680	34.690	31.963	301.463
2017	13.811	77.900	157.952	47.676	24.832	322.172
2018	12.726	86.922	89.355	42.612	52.338	283.954
2019	13.802	76.557	270.197	41.216	29.797	431.572
2020	15.336	113.425	136.268	42.106	24.146	331.281
2021	14.922	79.523	149.103	37.076	14.400	295.025

Tablo 8'den de anlaşılacağı üzere ülkemiz avcılık yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarında yıllar içerisinde düşüşler görülmüştür. Ülkemizde denizlerde yapılan avcılıkta hamsi çok önemli bir noktadadır. Bu türün avcılığında ki değişim avcılık yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarını da değiştirebilmektedir. 2020 yılında hamsi avcılığı 2019 yılına oranla %172'lik bir artış göstermesine rağmen 2021 yılında normal seviyesinde seyretmiştir (TÜİK 2022).

Tablo 9. *Türkiye Su Ürünleri Avcılık Miktarı (ton)*

Yıllar	Deniz	İç su	Toplam
2012	396.322	36.120	432.442
2013	339.047	35.074	374.121
2014	266.078	36.134	302.212
2015	397.731	34.176	431.907
2016	301.464	33.856	335.320
2017	322.173	32.145	354.318
2018	283.955	30.139	314.094
2019	431.572	31.596	463.168
2020	331.281	33.119	364.400
2021	295.025	33.140	328.165

Türkiye’de denizlerde balık dışında avcılığı yapılan fakat tüketimi olmadığı için yurt dışına ihraç edilen iki önemli tür bulunmaktadır. Bu türler beyaz kum midyesi ve deniz salyangozudur. Ayrıca Marmara Denizi’nde iklim değişikliğinin etkisiyle artan su sıcaklığı nedeniyle aşırı müsilaj oluşumu sucul ekosisteme önemli zararlar vermiştir. Müsilaj nedeniyle avcılık 2021 yılı dikkate alındığında bir önceki yıla oranla %40’lık bir düşüş yaşamıştır (Anonim 2022).

Tablo 10. *Türlerine Göre Türkiye Avcılık Miktarı (ton) (TÜİK 2022)*

Balık türü	2017	2018	2019	2020	2021
Hamsi	102.595	158.094	96.452	262.544	151.598
Çaça	50.225	33.950	20.057	38.078	28.041
İstavrit(Kraça)	8.860	8.066	14.222	13.180	19.590
Sardalya	18.162	23.426	18.854	19.119	15.800
Mezgit	11.541	8.248	6.814	8.941	10.380
Lüfer	9.573	1.935	5.767	1.213	5.804
İstavrit (Karagöz)	2.289	4.919	6.456	6.325	4.416
Tekir	3.047	2.074	2.915	2.342	3.072
Tirsi	1.642	1.576	1.605	1.965	3.065
Kupez	3.175	3.559	2.865	2.599	2.601

TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Türkiye su ürünleri toplam üretiminin %59’u yetiştiricilik ile elde edilen su ürünleri oluşturmaktadır. Yetiştiricilik üretimimizin %71’i denizlerde %29’u ise iç sularda gerçekleşmektedir. Yetiştiricilik üretiminin %89,8’ini çipura, levrek ve alabalık türleri oluşturmaktadır (TÜİK 2022).

Tablo 11. Türkiye Su Ürünleri Yetiştiriciliği Miktarı (ton) (TÜİK 2022)

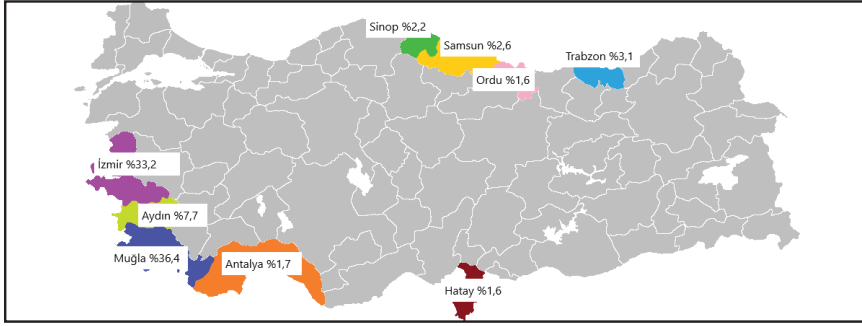
Yıllar	Denizlerde Yetiştiricilik	İç sularda Yetiştiricilik	Toplam
2011	88.344	100.446	188.790
2012	100.853	111.557	212.410
2013	110.375	123.019	233.394
2014	126.894	108.239	235.133
2015	138.879	101.455	240.334
2016	151.794	101.601	253.395
2017	172.492	104.010	276.502
2018	209.370	105.167	314.537
2019	256.930	116.426	373.356
2020	293.175	128.236	421.411
2021	335.644	136.042	471.686

Su ürünleri yetiştiriciliği iç sularda, doğal göller, baraj gölleri, akarsu ve diğer su kaynakları ve denizlerde gerçekleştirilmektedir. İç sulardaki yetiştiricilik 2013 yılına kadar denizlerden fazla olmasına rağmen gelişen teknolojiye paralel olarak kendini yenileyen yetiştiricilik sektörü deniz ortamında yapılan yetiştiricilik miktarına pozitif katkı sağlamıştır. Ülkemizde son 8 yıldır denizlerde yapılan yetiştiricilik miktarı iç sularda yapılan yetiştiricilik miktarına oranla daha fazladır.

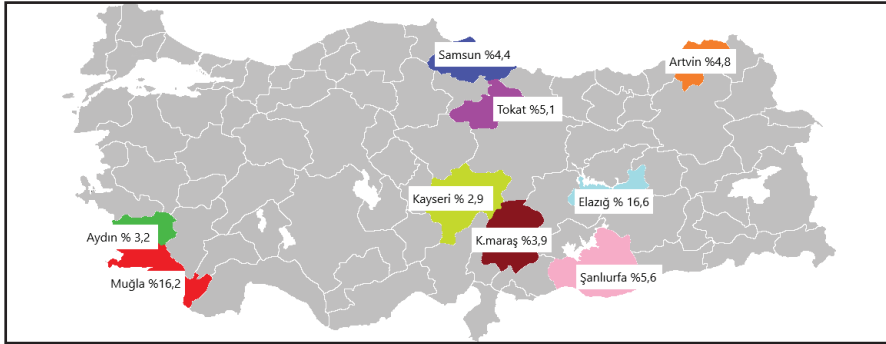
Tablo 12. İllere Göre Su Ürünleri Yetiştiriciliği (ton) (TÜİK 2022)

İller	2017	2018	2019	2020	2021
Muğla	99.734	115.088	128.706	141.459	144.295
İzmir	67.585	75.084	85.975	99.640	111.547
Aydın	11.351	20.523	25.779	23.571	30.238
Elazığ	17.620	18.000	21.550	23.000	26.500
Mersin	2.642	2.788	17.843	19.418	26.299
Samsun	8.277	6.666	6.341	12.569	14.721
Trabzon	4.207	5.541	7.702	8.315	11.040
Şanlıurfa	3.920	4.000	5.025	7.004	7.658
Antalya	2.733	5.694	6.063	7.103	7.407
Sinop	1.900	3.229	5.353	6.638	6.638
Diğer	56.533	57.924	63.019	72.694	85.343
Türkiye	276.502	314.537	373.356	421.411	471.686

Denizlerimizde yapılan yetiştiriciliğin %36,4'ü Muğla'da, iç sulamızda yapılan yetiştiriciliğin %16,6'sı Elazığ'da yapılmaktadır (TÜİK 2022).



Grafik 6. Denizlerde Yetiştiricilik Yapılan Önemli İller (TÜİK 2022)



Grafik 7. İç Sularda Yetiştiricilik Yapılan Önemli İller (TÜİK 2022)

Denizlerimizde yetiştiricilik yöntemi ile üretilen balıkların %33'ünü levrek, %28'ini alabalık oluşturmaktadır. İç sularda yapılan yetiştiriciliğin ise %98,6'sını alabalık oluşturmaktadır (TÜİK 2022).

Tablo 13. Türlerine Göre Su Ürünleri Yetiştiricilik Üretim Miktarı (ton)

Türler	2017	2018	2019	2020	2021
Levrek (Deniz)	99.971	116.915	137.419	148.907	155.151
Alabalık (İç su)	103.705	104.887	116.053	127.905	134.174
Çipura (Deniz)	61.090	76.680	99.730	109.749	133.476
Alabalık (Deniz)	5.952	9.610	9.692	18.689	31.509
Grenyüz (Sarıağız)	697	1.486	3.375	7.428	5.913
Orkinos	3.802	3.571	2.327	4.338	4.952
Midye (Deniz)	489	907	4.168	4.037	4.585
Diğer	796	481	592	358	1.926
Toplam	276.502	314.537	373.356	421.411	471.686

TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİ

Ülkemiz su ürünleri tüketimi noktasında oldukça düşük bir değere sahiptir. 2019 yılında yıllık kişi başı su ürünleri tüketimi 6,3 kg iken dünya ortalaması 22 kg'dır. Tüketim miktarını alışkanlıklar olduğu kadar fiyatın, gelir seviyesinin, eğitim durumunun da etkilediği görülmektedir. Ülkemiz su ürünleri tüketimi bölgelere göre farklılık arz etmekte olup, 2021 yılı kişi başı balık su ürünleri tüketimi 6,5 kg'dır (TÜİK 2022).

Tablo 14. Yıllara göre Türkiye Su ürünleri tüketim miktarları (TÜİK 2022)

Yıllar	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Tüketim (ton)	519.181	572.490	546.737	514.640	559.932	554.291
Kişi Başına Tüketim (kg)	5,5	5,5	6,1	6,3	6,7	6,5

TÜRKİYE SU ÜRÜNLERİ TİCARETİ

Türkiye su ürünleri ihracatçı konumunu devam etmekte olup, son yıllarda su ürünleri ihracatında da işleme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak önemli bir artış olmuştur. İhracat-İthalat dengesine bakıldığında zaman 2021 yılında ihracat ithalattan değer olarak 1 milyar 159 milyon dolar fazladır. İhracatın %75'i Avrupa Birliği Ülkelerine yapılmıştır (TÜİK 2022).

Tablo 15. Türkiye Su Ürünleri Dış Ticareti (TÜİK 2022)

Yıllar	İhracat		İthalat	
	Miktar (ton)	Değer (\$)	Miktar (ton)	Değer (\$)
2011	66.738	395.306.914	65.698	173.886.517
2012	74.006	413.917.190	65.384	176.402.894
2013	101.063	568.207.316	67.530	188.068.388
2014	115.381	675.844.523	77.551	198.273.838
2015	121.053	692.220.595	110.761	250.969.660
2016	145.469	790.303.664	82.074	180.753.629
2017	156.681	854.731.829	100.444	230.111.248
2018	177.500	951.793.070	98.315	188.965.220
2019	200.226	1.025.617.723	90.684	189.438.745
2020	192.462	1.020.673.539	80.525	127.415.564
2021	238.732	1.376.291.922	104.708	217.179.174

İhracat Durumu

Türkiye 2021 yılında üretmiş olduğu su ürünlerini 106 ülkeye ihraç etmiştir. Önceki yıla oranla ihracatı %24 artmıştır. 2020 yılında yaşanan

Covid-19 salgını su ürünleri ihracatını dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de daraltmıştır. 2021 yılında küresel su ürünleri ticaretinin artışına paralel olarak ülkemizde de artış olmuştur. 2021 yılında en fazla su ürünleri ihracatı %18 ile Rusya'ya yapılmış ve toplam ihracatın %64'ü Avrupa ülkelerine gerçekleşmiştir (TÜİK 2022).

Tablo 16. Türkiye Su Ürünleri İhracat Miktarı (ton) (TÜİK 2022)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Rusya	10.507	14.728	19.293	22.790	42.082
İtalya	19.983	20.533	24.308	25.177	27.934
Yunanistan	7.442	14.155	17.427	18.224	19.157
Hollanda	21.636	22.045	23.493	20.763	18.834
İngiltere	9.330	9.509	9.926	10.524	18.157
Almanya	12.458	10.725	12.254	12.574	13.144
İspanya	7.992	11.225	11.119	10.182	13.044
ABD	4.332	5.483	6.529	5.533	7.658
İsrail	2.841	2.991	3.701	5.325	6.912
Diğer	60.160	66.106	72.176	61.370	71.810
Dünya	156.681	177.500	200.226	192.462	238.732

İthalat Durumu

Toplam su ürünleri ithalatında ilk sırada Norveç'ten yer almakta olup, ithal edilen su ürünleri arasında uskumru/kolyoz ve somon bulunmaktadır. En fazla ithalat %36 ile Fas'ta gerçekleşmektedir (TÜİK 2022).

Tablo 17. Türkiye Su Ürünleri İthalat Miktarı (ton) (TÜİK 2022)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Fas	19.757	21.436	21.217	21.601	37.391
Norveç	32.559	2.773	19.174	12.073	20.986
Seyşeller	6.165	5.552	5.254	5.925	13.508
İspanya	11.923	6.983	8.719	8.727	10.964
Malezya	0	1.006	3	363	4.141
İzlanda	6.295	4.624	6.638	5.930	3.642
Hindistan	2.567	3.151	3.263	2.430	2.760
Çin	3.349	3.416	4.353	2.892	2.540
Hollanda	1.782	77	1.923	1.751	1.459
Diğer	16.047	49.297	20.140	18.833	7.317
Dünya	100.444	98.315	90.684	80.525	104.708

SONUÇ

Ülkemiz su ürünleri üretim miktarı noktasında önemli bir potansiyele sahiptir. Sahip olduğu denizler, iç su kaynakları bakımından önemli bir yerdedir. Herhangi bir sektörün gelişimi şüphesiz arz talep dengesiyle doğrudan ilişkilidir, bu anlamda ülkemiz su ürünleri tüketim değerinin düşük olması sektör açısından olumsuz bir durumdur. Bu nedenle su ürünleri sektörünün gelişimi yıllık kişi başı tüketilen su ürünleri miktarının artmasıyla hız kazanacaktır. Bu bakımdan su ürünleri tüketiminin teşvik edilmesi hem bireylerin sağlıklı bir şekilde beslenmesine hem de su ürünleri sektörünün gelişimine pozitif katkılar yapacaktır.

KAYNAKÇA

- Anonim (2022). Tarım ve Orman Dergisi Ocak-Şubat Sayısı, <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/735/su-urunleri-yetistiriciligi-her-gecen-yil-artiyor>.
- Arslan, G., Yıldız, P. O. (2021). Türkiye Su Ürünleri Sektörüne Genel Bakış. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 7(1), 46-57.
- Bilgüven M., Can G. (2018). Balık Yemlerinde Balık Unu Yerine Tavuk Ununun Kullanılma Olanakları, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(2), 189-200.
- Demir, O. (2008). Türkiye Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Yem Sektörüne Genel Bakış. Journal of Fisheries Sciences, 2(5): 704-710.
- FAO (2018). FishStat Plus-Universal software for fishery statistical time series <https://www.fao.org/3/CA0191TR/ca0191tr.pdf> (Erişim tarihi: 31.01.2023).
- FAO (2019). FishStat Plus-Universal software for fishery statistical Erişim Tarihi 31.01.2023).
- FAO (2022). FishStat Plus-Universal software for fishery statistical time series <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en> (Erişim tarihi: 31.01.2023).
- Kaya Y., Duyar H.A., Erdem M.E. (2004). Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 21(3-4), 365-370.
- Özden, O., Fırat, K., Büke, E., Saka, Ş. (2005). Fangri Balığı (*Pagrus pagrus*) Yetiştiriciliği. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müd., 239s. Öziş Matba-Ankara.
- TÜİK (2022). Dış Ticaret İstatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul> (Erişim tarihi: 01.02.2023).
- TÜİK (2022). Su Ürünleri İstatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?k-n=97&locale=tr> (Erişim tarihi: 01.02.2023).

Bölüm 3

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE AKILLI AMBALAJ TEKNOLOJİLERİ

Engin YARALI

1 Doç. Dr. Engin Yaralı, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek
Yüksekokulu, Çine/Aydın. ORCID: 0000-0003-1525-0371

1. Giriş

Ambalajlama; taze ve işlenmiş gıdaların kalitesinin, depolama, taşıma ve tüketimine kadar geçen süre içerisinde korunmasını sağlayan önemli bir muhafaza işlemidir. Her ürünün kendi özelliklerine uygun ambalaj materyalinin seçilmesi ve tasarlanması, kalitenin korunması açısından son derece önemli bir uygulamadır (Özçandır ve Yetim, 2010)).

Günümüzde gıda ürünlerinde kullanılan ambalajlar, tüketici satın alma açısından önemli bir araçtır. Doğru yöntem ve ürün özellikleri dikkate alınarak yapılan bir ambalajlama sistemi, ürünün raf ömrünü ve satışını önemli ölçüde artırırken uygunsuz bir ambalajlama ürünün başarısına sekte vurabilmektedir (Meyers ve Lubnier, 2004). Ambalaj teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak çok farklı özelliklere sahip çeşitli ambalaj materyalleri kullanılmaya başlanmıştır. Gıda endüstrisinde cam, kâğıt, karton, mukavva, alüminyum ve çeşitli plastikler ambalaj materyali olarak kullanılabilir. Bu materyallerin hepsi sahip oldukları özellikler doğrultusunda az veya çok oranda gıdaya kimyasal madde geçişine neden olabilmektedir (Kosikowski, 1982).

Aktif paketleme yöntemleri, gıdaların duyu özelliklerini iyileştirmek, raf ömrünü uzatmak ve gıda güvenliğini sağlamak için geliştirilmiş uygulamalardır. Bu anlamda en popüler aktif paketleme yöntemi Modifiye Atmosferde Paketleme (MAP) uygulamasıdır ve bu sistem gıdaların raf ömrünü uzatarak, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak aktif paketleme sistemleri söz konusu gıdanın tüketimden önce veya tüketim anında kalitesi hakkında herhangi bir bilgi vermemekte ve ürünü izleyememektedir. Bunun için akıllı ambalajlama yöntemleri önerilmektedir. Akıllı ambalajlama, gıda güvenliğini artırmak, kaliteyi yükseltmek ve gıda taşıma ve depolama sırasında oluşan olası sorunlar hakkında uyarıda bulunmak için gıda paketindeki bozulmaları tespit eden, algılayan ve kaydeden bir paketleme sistemidir (Yam vd., 2005).

Akıllı etiketler olarak da bilinen bu teknoloji, ürün ambalajının içine veya dışına entegre şekilde kullanılabilir. Bu sistemde, gıdaların üretiminden tüketimine kadar geçen nakliye ve depolama süreçlerinde maruz kalınan sıcaklık değişimleri, mikrobiyal bozulma ve ambalaj bütünlüğünün bozulması gibi özellikler izlenerek, ürünün kalitesi ve tazeliği takip edilmektedir (Yam vd., 2005; Üçüncü, 2011). Akıllı ambalajlama teknolojisi içinde genel olarak, sensörler (gaz sensörler, floresan bazlı gaz sensörler, biyosensörler), indikatörler (zaman sıcaklık indikatörleri, tazelik indikatörleri) ve RFID etiketler kullanılmaktadır (Mohebi ve Marquez, 2015).

Akıllı paketleme sistemlerinde son zamanlarda sensörlere dayalı yöntemler öne çıkmaktadır (Avella vd., 2011; Mukjhopadhyay vd., 2006; Watanabe vd., 1984; Abad vd., 2007; Kuswandi vd.i 2012a; Borchert vd., 2013; Duncan, 2014; Huang vd., 2011; Murkovic vd., 2014; Salinas vd., 2014; Xiao-wei vd., 2014). Buradaki sensör terimi, fiziksel veya kimyasal ölçüm yapmak için kontrol, işleme elektroniği ve yazılım içeren bir cihaz olarak tanımlanmaktadır (Kuswandi vd., 2011). Gıda kalitesini ve güvenirliliğini izlemek için çeşitli şekillerde tasarlanan bu sensörler, gıdanın tazeliği, patojen varlığı, pH değişimleri, herhangi bir sızıntı, oksijen ve karbondioksit salınımı ve sıcaklık değişimi gibi özellikleri izleyebilmektedir (Hernandez-Czares vd., 2010).

Gıda sektörü içerisinde yer alan et ve et ürünleri, uygun şekilde işlenmediği, paketlenmediği ve satışa sunulmadığı sürece kısa sürede bozulabilen bir gıdalardır. Yüksek oranda su ve yine oransal olarak yüksek oranda yağ içeren et ve et ürünleri, lipit oksidasyonuna ve mikrobiyal kontaminasyona duyarlı ürünlerdir. Bu ürünlerin kalite kontrolü için duyu-sal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler önemlidir. Duyusal analizlerde ürünlerde renk, tat, koku ve tekstür gibi özellikler değerlendirilmektedir (Bejerholm ve Aaslyng, 2004). Ancak bu yöntemde uzman değerlendirecilerden yararlanılmalı ve gerekli test koşulları sağlanmalı, aksi takdirde ortaya çıkabilecek insan hataları test sonuçlarını etkileyebilmektedir. Geleneksel olarak yapılan mikrobiyolojik testler ise uzun zaman almakta ve raftaki ürünlerin takibinde zorluk yaratmaktadır (Mohebi ve Marquez, 2015). Et ve ürünlerinde kontaminasyonu önlemek ve bozulmayı geciktirmek için uygulanan geleneksel paketleme yöntemleri, et ürünlerinde rol oynayan bazı enzimlerin gelişimine izin vermekte, ağırlık kaybına yol açmakta ve kırmızı ve renginin solmasına sebep olabilmektedir. Ancak, günümüzde gerek teknolojik gelişmeler gerekse tüketici ve endüstri isteklerinin değişmesi sebebiyle, et ve ürünlerinde uygulanan geleneksel paketleme yöntemleri daha uzun raf ömürlü, daha güvenli ve sağlıklı, daha kolay tüketilebilen ve daha az gıda israfına dayalı ürünleri üretmede geride kalmaktadır. Akıllı paketleme, et ve et ürünleri de dahil olmak üzere çeşitli gıdalar için son yıllarda ortaya çıkan yeni paketleme teknolojilerinden biridir. Akıllı paketleme, ambalajdaki gıdanın veya ortamın bazı özelliklerini izleyerek tüketiciyi gıdanın durumu hakkında bilgilendirmektedir (Panea vd., 2014; Khodaei vd., 2023).

Et ve et ürünleri gibi çabuk bozulabilen gıdaların soğukta depolanması sırasında mikroorganizmaların gelişimini kontrol altında tutarak raf ömrünü uzatmak amacıyla, bu gıdaların ambalajlanmasında, vakum paketleme, modifiye atmosferde paketleme (MAP), sous vide, aktif paketleme ve akıllı paketleme gibi ambalajlama teknikleri en çok uygulanan teknikler arasındadır (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010; Üçüncü, 2007; Hecer,

2012). Akıllı ambalajlama uygulamalarında, et ve ürünlerinde kaliteyi izlemek için elektrokimya, biyokimya ve fizik biliminin birleşmesi ile üretilen sensörler yeni analitik araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sensörlerin geleneksel yöntemlere göre daha hızlı, güvenilir ve geliştirilebilir olduğu ve daha düşük maliyetli olarak üretilebileceği rapor edilmektedir. Yine bu anlamda kullanılan indikatörler ve RFID etiketler et ve et ürünlerinde kullanılabilir (Vernat-Rossi vd., 1996; Yano vd., 2001).

2. Et ve Et Ürünlerinde Kullanılan Akıllı Ambalajlar

Akıllı paketleme tekniklerinin çoğunda sensörler ve indikatörlerden yararlanılmaktadır. Gıda ambalajlanmasında kullanılan sensörler, ürünlerin tazeliğini, ürünlerde mikrobiyal bozulma olup olmadığını, oksidatif acılaşmayı ve sıcaklığa bağlı oluşan değişimleri izleyebilmektedir. Sensörler elektriksel, optiksel, termal ve kimyasal olarak sinyalleri algılamaktadırlar (Kress-Rogers, 2001; Kerry ve Papkovsky, 2002).

Et ve et ürünlerinde kullanılan sensörler, ürünlerde meydana gelen mikrobiyolojik, duyu ve oluşan metabolit zararlarını tespit etmektedir. Bu anlamda daha çok etiket ve pakete entegre edilebilen sistemlerin kullanımını daha doğrudur. Paket ile entegre edilebilen kolorimetrik sensörler ile meydana gelen renk değişimleri kolayca takip edilebilmektedir (Kuswandi vd., 2011). Bu yenilikçi teknolojinin gıda endüstrisinde pek çok faydası iyi bilinmesine rağmen, endüstri bu teknolojileri uygulamak konusunda geride kalmıştır. Burada kullanılan materyallerin gıda üzerine olumsuz bir etki yaratmaması, insan ağılığına zarar vermemesi, gıda tüketimini etkilememesi ve organoleptik özellikleri değiştirmemesi gerekir. Günümüzde bazı ülkelerde, örneğin Avustralya' da akıllı ambalajlama sistemleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak yasal şartlar, tüketici bilgisi ve kabulünün olmaması, olası ekonomik ve çevresel etki nedeniyle geliştirilmesi ve uygulanması, kullanımı kısıtlamaktadır (Kuswandi vd., 2011).

2.1. İndikatörler

İndikatörler örneğin renk gibi bazı özelliklerde, bir maddenin varlığını veya yokluğunu veya iki madde arasında gerçekleşen reaksiyon derecesi hakkında bilgi veren araçlardır. Bu sistemde, gıdaya ve uygulamaya özgü olarak seçilen indikatörler, iki bölümden oluşan bir poşete (etikete) yerleştirilmektedir. Ürün istenmeyen koşullara maruz kaldığında, yapıştırılan etikette iki bölümü ayıran kısım çözünmekte, renk değişimi gözlenmekte ve geri dönüşümsüz son renk ortaya çıkmaktadır. Bu rengin oluştuğu gıda tüketilmemelidir. Sensörler ve indikatörler arasındaki fark, indikatörlerin alıcı ve dönüştürücü bileşenlerine sahip olmaması ve bunun yerine doğrudan görsel değişiklikler yoluyla bilgi iletmesidir (Kuswandi vd., 2011; Öksüztepe ve Beyazgül, 2015).

2.1.1. Zaman-sıcaklık indikatörleri

Zaman-sıcaklık indikatörleri ürün dağıtım ve depolama sırasında meydana gelen sıcaklık değişimlerini takip eden cihazlardır. Sıcaklık indikatörleri genellikle paket üzerinde etikete entegre olarak bulunmaktadır. Bu sistem, mekaniksel, kimyasal, elektrokimyasal, enzimatik veya mikrobiyal değişikliklere bağlı olarak dağıtım sırasındaki sıcaklığı, indikatördeki renk değişiklikleriyle göstermektedir (Gök vd., 2006). Bu etiket tipi, genellikle kendinden yapışkanlı olup nakliye konteynırlarına ya da tek tek ambalajların üzerine yerleştirilebilmekte ve özellikle soğutulmuş ya da dondurulmuş gıdalarda sıcaklık ihlalleri konusunda uyarı vermektedir (Özçandır ve Yetim, 2010).

Et ve et ürünlerinde meydana gelen bozulmaların oluşumunda sıcaklık önemli bir çevresel faktördür. Hijyenik, besleyici ve duyuusal niteliklerin kaybı veya etin bozulması önemli ölçüde hem zamana hem de sıcaklığa bağlıdır. Bu amaçla zaman-sıcaklık indikatörleri, tedarik zinciri boyunca oluşabilecek sıcaklık dalgalanmalarını izleyerek kaydetmektedir. Bu indikatörler, et paketinin içine veya dışına yerleştirilebilir ve paketin herhangi bir sıcaklığa maruz kalıp kalmadığını ve maruz kalmanın etkisini belirleyebilmektedir. Bu indikatörler, herhangi bir ürünün depolama sıcaklığı baz alınarak dizayn edilmekte ve ilgili ürünün belirlenen spesifik sıcaklıkta ne kadar süre kaldığını kaydetmektedir (Vaikousi vd., 2009). İndikatörler genellikle küçük, düşük maliyetli, güvenilirdir ve paketleme sistemine kolayca entegre edilebilirler. Bunlar çevresel faktörlere (ışık, nem, hava kirliliği) ve mekanik olaylara (basınç, sürtünme) sebep olarak ürünün raf ömrünü azaltmamalıdır. Yine bunlar, üreticiler, toptancılar, perakendeciler ve tüketiciler için hem görsel hem de elektronik olarak ölçülebilen basit, sürekli ve anlaşılır göstergeler sağlamalı, ayrıca sağlık ve çevre üzerinde zararlı etkileri olmamalıdır (Taoukis, 2010)

Bu anlamda üretilen bir zaman sıcaklık indikatörü 3M şirketi tarafından ABD’ de üretilen ‘Monitor Mark’ isimli cihazdır (Şekil 1)(Taoukis ve Labuza, 1989).



Şekil 1. Monitor Mark indikatörü

Başka bir cihaz, TEMPTIME şirketi tarafından üretilen ‘Fresh-Check’ zaman-sıcaklık indikatörü, kullanıldığı gıda ürünlerinin raf ömrüne

uyacak şekilde özel olarak formüle edilmiş kendinden yapışkanlı bir cihazdır. Bu cihazdaki gösterge, gıda ürünündeki tazeliği göstermek için sıcaklığa bağlı olarak renk değiştirmektedir. TRACEO şirketi ise ‘TopCryo’ akıllı izleyicilerini, zaman-sıcaklık indikatörü olarak geliştirmiştir. Burada geliştirilen başka bir cihaz olan ‘OnVu’ (Şekil 2) müşterileri gıda ürünlerinin güvenli olmayan sıcaklıklara maruz kaldığı konusunda uyarı basit, akıllı bir gösterge teknolojisidir. Bu cihaz, üretim hattından perakendecilere kadar, soğuk tedarik zincirindeki taze veya donmuş ürünleri izlemek için kullanılabilir. Sıcaklığa duyarlı mürekkep teknolojisi kullanılan bu sistemde, üretim hattındaki paketlenme sisteminin herhangi bir noktasında paketin içine veya dışına uygulanabilir. Buradaki indikatör UV ışığına maruz kaldığında koyu mavi renge renk değiştirmektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).



Şekil 2. OnVu akıllı etiketler

Enzimatik-sıcaklık indikatörü olarak geliştirilen ve ticarileştirilen bir ürün ‘Vitsab’ markasıdır. Bu sistemde, poşetlerin birinde pH indikatör boyası ve sıvı süspansiyon içinde lipaz substratı, diğesinde ise lipaz enzimi bulunmaktadır. Herhangi bir durumda sıcaklık artışı ile beraber basınç oluşmakta, iki poşet arasındaki kısım zarar görmekte ve içeriklerin birbirlerine karışması sonucunda indikatör aktif hale gelmektedir. Bu durumda, lipit bileşenleri hidrolize olmakta ve kaproik asit benzeri asitler meydana gelmektedir. Sonuçta, pH düşmekte ve indikatörün rengi yeşilden parlak sarıya dönüşmektedir (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015).

Polimer bazlı zaman-sıcaklık indikatörleri, Fransa’da bazı marketlerde 400’e yakın üründe başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Et ürünlerinde istenmeyen sıcaklıklara maruz kalındığını gösteren ‘Fresh-Check’® markalı indikatör (Şekil 3) burada başarılı şekilde kullanılmaktadır. Ambalaj üzerinde kullanılan indikatör aktif olmadan önce ortası beyaz renklidir ve ürün istenilen sıcaklığa ulaştığında indikatör aktifleşmekte ve renk yeşile dönüşmektedir. Soğuk zincirde herhangi bir aksaklık meydana geldiğinde veya ürün istenmeyen bir sıcaklığa maruz kaldığında ise, bu renk ilk önce sarıya ardından turuncu-kırmızıya dönüşmekte ve ürünün raf ömrünün azaldığı konusunda tüketiciye bilgi vermektedir. Ayrıca tüketicinin doğru anlayabilmesi için poşetin üzerinde hangi renk olduğunda nasıl davranılması gerektiği belirtilmektedir (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015).

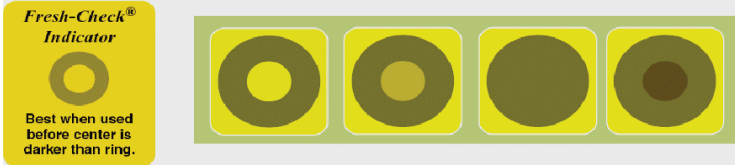
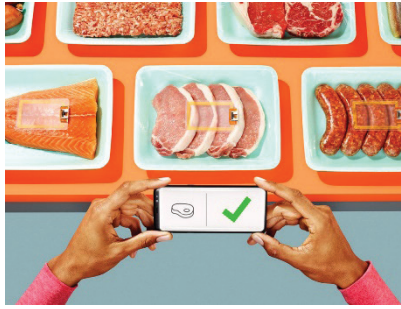


Figure 3. Illustration of a TTI based on a Fresh-Check® polymer [21].

Şekil 3. Fresh-Check indikatörü ve renk değişimi

2.1.2. Gaz indikatörleri

Paketlenmiş ürünlerde mikrobiyal bozulma veya lipid oksidasyonu ile üretilen gaz, paketin gaz kompozisyonu değiştirmektedir. Bu anlamda kullanılan etiket şeklindeki veya ambalaj filmlerinin üzerine yerleştirilen gaz indikatörleri, gaz değişimlerini izleyebilmekte ve et ürünlerinin güvenliği ve kalitesi hakkında uyarıda bulunabilmektedir. Bu indikatörler, kimyasal veya enzimatik reaksiyonlar nedeniyle renklerini değiştirerek, oksijen veya karbondioksitin varlığı ve yokluğu hakkında bilgi vermektedir. Bu indikatörler, bozulma süresinde oluşan gaz ile doğrudan temas halinde olması için paketin içine yerleştirilir.

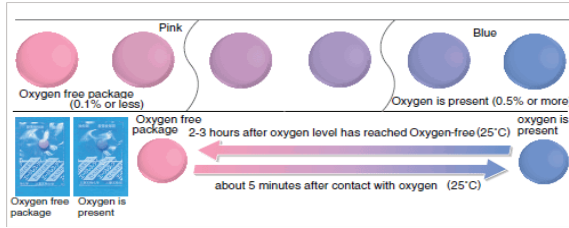


Şekil 4. Gaz indikatörü

Modifiye atmosferde paketlenme yöntemi, paket içinde formüle edilmiş bir gaz karışımının ayarlandığı sistem olarak tanımlanmakta olup, depolama süresi boyunca fazla bir kontrol sağlamamaktadır. Oksijen ve karbondioksitin ana gaz karışımı olduğu bu sistem indikatörler ile entegre edildiğinde, gaz indikatörleri paket içindeki gaz kompozisyonunu depolama süresinde kontrol etmektedir (Brody, 2001). Bu anlamda, ambalajlama sistemi için polimerik filmlere entegre edilmiş kimyasal boya bazlı görsel bir karbondioksit indikatörü geliştirilmiştir. Bu indikatör ambalajdaki CO₂ konsantrasyonu hakkında bilgi vermekle kalmaz, aynı zamanda erken bozulmayı da tespit etmektedir. Bu sistem, sıcaklıktan bağımsız olarak pH 'ya bağlı bir renk değişimine dayanmaktadır. CO₂ konsantrasyonu değiştikçe pH değişmekte ve sonuç olarak indikatörün rengi değişmektedir (Hong ve Park, 2000).

IMPAK Şirketi (Los Angeles, CA), 'Tell-Tab' isimli ve oksijen indi-

katörü olarak bir tablet geliştirmiştir. Bu indikatör kullanıldığında, ürün ambalaj içinde oksijene maruz kaldığında orijinal pembe renginden mavi veya mora dönmekte ve oksijen seviyesi azaldıkça rengin tersine dönmesi gerçekleşmektedir. Burada renkteki değişimler çıplak gözle tespit edilebilmekte, ancak renk değişimlerinin derecesini dijital olarak ölçecek özel bir cihaz bulunmamaktadır. Yine bu alanda, Mitsubishi Gas Chemical Corporation tarafından 'Ageless Eye™' (Şekil 5) oksijen tutucu poşet (Ageless) geliştirilmiştir. Bu sistemde, paketin üst boşluğunda oksijen yoksa ($\leq 0.1\%$) indikatör pembe renk göstermekte, oksijen mevcut olduğunda ise maviye dönmektedir (Ahvenainen ve Hurme, 1997). INSIGNIA Teknolojileri tarafından ise, CO₂ indikatörü olarak özel pigmentler geliştirilmiştir. MAP de paketlenen ürünler herhangi bir zarar gördüğünde net bir renk değişikliği gösteren bu pigmentler, plastik ambalajlarda kullanılabilir. Bu da, üreticilerin ve perakendecilerin bu ürünleri daha süpermarket raflarına ulaşmadan tedarik zincirinden ayıklamalarına olanak tanımaktadır (Mohebi ve Marquez, 2015).



Şekil 5. Ageless Eye™ indikatörü

2.1.3. Tazelik indikatörleri

Tazelik indikatörleri, paketlenme sistemlerinde kullanılan ve pakette oluşan sızıntıları veya sıcaklık değişimlerini belirlemek yerine mikrobiyal bozulmaları baz alarak ürün kalitesini göstermektedir (Smolander, 2003). Glikoz, asetik veya laktik asit gibi organik asitler, etanol, uçucu nitrojen bileşikleri (örneğin, paketlenmiş balıktaki trimetilamin), biyojenik aminler, karbon dioksit, ATP bozunma ürünleri ve sülfürik bileşikler gibi mikrobiyal metabolitler, genellikle bir ürünün tazeliğinin değerlendirilmesinde üzerinde durulan bileşiklerdir. Bir tazelik indikatörünü geliştirebilmek için bu metabolitlerin iyi bilinmesi gerekir ve indikatör bu metabolitlere karşı yüksek hassasiyette reaksiyon verebilmelidir. Ayrıca bu indikatörler doğrudan gıda ürünü veya uygun bir paket materyali ile temas ettiği için ilgili mevzuata uygun olmalıdır (Smolander, 2003).

Tazelik indikatörleri, pH değişimine, uçucu azot bileşiklerine, hidrojen sülfüre ve çeşitli mikrobiyal metabolitlere duyarlı duyarlı olarak tasarlanmaktadır (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015). VANPROB şirketi tarafından geliştirilen 'Food fresh™' indikatörleri (Şekil 6), tüketim zamanı birkaç günden birkaç haftaya veya aya kadar değişen bir zaman dilimi

için ayarlanabilmektedir. Bu göstergeler, cam kavanozlarda, vakumlu paketlerde veya karton ambalajlardaki etiketlerde uygulanabilmekte ve bu etiketler 50 mikron kalınlığından küçük PET materyalden yapılmaktadır. INSIGNIA Teknolojileri tarafından tazelik indikatörü olarak 'Novas' etiketi geliştirilmiş ve ambalaj kapağına entegre edilmiştir. Bu etiket, tüketici paketi açtığında aktif hale gelmekte ve içindeki gıda tazeliğini kaybettiğinde güçlü bir renk değişimi göstermek için bir zamanlayıcıyı tetiklemektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).



Şekil 6. Foodfresh™ indikatörü ve renk değişimi

Balık, tavuk ve diğer et ürünlerinde başarılı bir şekilde kullanılan ve COX Records firması tarafından geliştirilen 'Fresh Tag' indikatörü bu konuda üretilen başka bir cihazdır. Etiketle entegre bu sistemde, bir plastik çip içinde reaktif içeren fitil bulunmakta ve indikatörün çengel şeklindeki keskin ucu ambalaj filminin içine yerleşmektedir. Ambalajın tepe boşluğunda biriken uçucu azot bileşenleri fitilden geçtiğinde, fitil boyunca renk açık pembeye dönüşmekte ve ürünün bozulduğuna işaret ederek tüketicileri uymaktadır. Özellikle balıkların bozulması sonucu ortaya çıkan uçucu azot bileşenleri fitilin içinde bulunan asidokromik boya ile reaksiyona girmekte ve oluşan renge göre durum tespiti yapılabilmektedir (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015). H₂S (hidrojen sülfür) ile miyogloblin arasındaki reaksiyonlardan yararlanılarak hazırlanan başka bir indikatör ise MAP ile paketlenen tavuk ve tavuk ürünlerinin kalite kontrolünde kullanılmaktadır (Özçandır ve Yetim, 2010).

2.2. Sensörler

Sensörler ambalaj içindeki ürünlerin tazeliği, mikrobiyolojik olarak bozulup bozulmadığı, oksidatif acılaşıma ve sıcaklık nedeniyle oluşan değişimler hakkında bilgi verirler (Kerry ve Papkovsky, 2002). Sensörler temel olarak reseptör ve çevirgeç (transducer) olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Reseptörler kaynaktan aldıkları fiziksel ve kimyasal bilgileri çevirgeç ölçümüne uygun olan enerjiye çevirmektedirler. Sensörler elektriksel, optiksel, termal ve kimyasal olarak sinyalleri algılamaktadır (Kress-Rogers, 2001). Sensörlerin içerisinde; gaz sensörler, floresans bazlı sensörler ve biyosensörler gibi çeşitleri vardır.

2.2.1. Gaz sensörleri

Gaz sensörleri, sensördeki fiziksel parametrelerin değişimi tarafından bir gaz analitiğinin varlığını kantitatif olarak ölçen cihazlardır ve harici bir ekipman tarafından izlenmektedir (Kerry vd., 2006). Sensörler amperometrik oksijen sensörleri, potansiyometrik karbondioksit sensörleri, polimer bazlı sensörler ve piezoelektrik kristal sensörleri gibi çeşitli sistemlerden oluşmaktadır. Bu sensörler genellikle katı fazdaki materyallerden oluşmakla beraber, ışığı absorbe etme veya yansıtma özelliklerinden hareketle üretilmektedir (Gök, 2007). Bu anlamda, kırmızı ette mikrobiyal bozulma sonucu ortaya çıkan hidrojen sülfid (H_2S) veya karbondioksit (CO_2) veya balık etlerinde oluşan uçucu aminler gibi gazları algılayan ve bozulmanın başladığını tespit edebilen gaz sensörleri geliştirilmiştir (Pereira vd., 2021). Yapılan bir çalışmada, fosforlu boya ve kolorimetrik bir pH göstergesi kullanan bir CO_2 sensörü, bu gaza karşı güçlü optik tepkiler göstermiştir (Borchert vd., 2013). Bu sensör, et paketlemede uygulanabilecek bir film kaplama olarak tasarlanmıştır. Sonuçlar, sensörün en az 14 gün boyunca $+4\text{ }^\circ C$ ve $+20\text{ }^\circ C$ 'de 50 gün kararlı olduğunu, ancak oda sıcaklığında CO_2 'e duyarlılığını ve rengini kaybederek 7 gün içinde bozulduğunu göstermiştir. Karbon dioksit sensörleri gibi iyi bilinen gaz sensörlerinin çoğu, analit (oksijen) tüketimine duyarlıdır (Trettnak vd., 1995). Bu nedenle, optik oksijen sensörleri, metal oksit yarı iletken alan etkili transistörler, organik iletken polimerler ve piezoelektrik kristal sensörler gibi geleneksel elektrokimyasal sensörlerden üstündür. Optik oksijen sensörleri oksijen tüketmez, karıştırmaya karşı hassas değildir, elektromanyetik parazitten etkilenmez, son derece yüksek uzamsal çözünürlüğe sahiptir, tehlikeli alanlarda kullanılır, uzaktan ölçüm yapabilir ve gaz ve sıvıları ölçebilir. Et paketleme uygulamalarında, fosforlu boya içeren bir optik sensörün kullanımı rapor edilmektedir. Bu anlamda, MAP ve vakumlu paketlenmiş sığır etinde (Smiddy vd., 2002a), ısıl işlem görmüş etlerde (Smiddy vd., 2002b) ve MAP ve vakumlu paketlenmiş tavuk etinde (Smiddy vd., 2002c) yapılan çalışmalar vardır.

Bu anlamda kullanılan bir sensör, bazı araştırmacılar tarafından, immobilize ksantin oksidaz membranı ve oksijen probu kullanılarak geliştirilmiştir (Watanabe vd., 1983). Bu sistem taze balık etlerinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Oksijen elektrodu ve ksantin oksidaz kombinasyonu ile hazırlanan bu sensör ayrıca domuz etinde tazeliği ölçmek için kullanılmıştır (Hernandez-Czares vd., 2010).

Vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş sığır etinde oksijen içeriğinin izlendiği ve oksijen içeriğinin lipit oksidasyonu üzerindeki etkisinin belirlendiği araştırmalar vardır (Smiddy vd., 2002c). Oksijen sensörleri ile, 15 ila 35 gün boyunca $+4\text{ }^\circ C$ 'de saklanan numunelerdeki oksijen seviyelerindeki değişiklikler izlenmiştir. Çalışmada, MAP' de %1.15 ve vakumlu

sığır eti örneklerinde %0.07 olan ilk oksijen içeriğinin, MAP' de %1.26'ya ve vakumlu sığır eti örneklerinde %0.55'e yükseldiği rapor edilmiştir. Sonuçlar, en yüksek seviyede oksijen içeren numunelerin en çok oksidasyona uğrayan numuneler olduğunu göstermiştir. Oksijen sensörlerinin ticari versiyonu ucuzdur ve bunlar her bir paketlenmiş et numunelerinde kullanılmak üzere büyük ölçekli üretim için uygundur (Mohebi ve Marquez, 2015).

2.2.2. Biyosensörler

Bir biyosensör, bir veri toplama ve işleme sistemine bağlı bir biyolojik tanıma elemanı (örn. antikorlar, enzimler, lektinler, reseptörler ve mikrobiyal hücreler) ve bir sinyal iletim elemanı (örn. optik amperometrik, akustik ve elektrokimyasal) içerir. Burada biyolojik elementten gelen sinyal elektrik sinyaline dönüştürülmektedir. Dönüştürücü, elektrokimyasal, optik, piezoelektrik veya kalorimetrik olabilmektedir. İdeal bir biyosensör, ekonomik, küçük ve anlaşılması kolay olduğu kadar hassas, kesin sonuç veren ve doğruluğu yüksek olmalıdır. Biyosensörler, gıda işleme endüstrileri, çevresel uygulamalar, tıbbi bakım (hem klinik hem de laboratuvar kullanımı), güvenlik, savunma ve biyoteknoloji gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Biyosensörler, gıda paketlenme endüstrisinde patojen algılama ve gıda güvenlik sistemlerinde özellikle balık ve et tazeliğinin belirlenmesinde uygulanmaktadır (Khodaei vd., 2023; Alocilja ve Radke, 2003). Bu anlamda, biyosensörler, biyojenik aminleri saptamak için et paketine entegre edilmiş küçük bir analitik araç olarak kullanılabilir. Örneğin, kanatlı hayvan etindeki diaminlerdeki artış, bir amperometrik hidrojen peroksit elektrodu ile birleştirilmiş bir pütresin oksidaz reaktörü ile tespit edilebilmektedir. Bu sistem aynı zamanda Gökkuşluğu alabalığı etinde histamin ve balık eti kaslarındaki biyojenik aminlerin tespitinde de uygulanabilmektedir (Smolander vd., 2002; Ahvenainen, 2003).

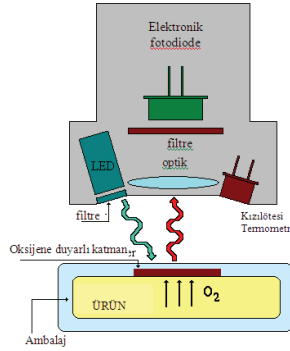
Toxin Alert (Ontario, Kanada) ve Food Sentinel Systems (SIRA Technologies, Pasadena, CA) tarafından üretilen 'Toxin Guard™', antikor-antijen reaksiyonlarına dayalı görsel bir sensör olarak geliştirilmiştir. Sensör, patojenik bakterilerin varlığını gösteren polimer ambalaj filmlerine entegre edilmiştir. Antikorlar, ince bir esnek polimer film tabakasına sabitlenmekte ve şekli veya rengindeki değişiklikler, hedef patojen ile reaksiyona girdiğinde ortaya çıkmaktadır (Mohebi ve Marquez, 2015; Gök, 2007). Bu alanda, kanatlı etlerindeki diaminleri (pütresin, kadaverin ve spermidin) hidrojen peroksit elektrotlarıyla kombine edilmiş putresin oksidaz reaktörleriyle tespit eden araştırmalar vardır (Smolander vd., 2002). Yine bazı araştırmacılar, balıklardaki biyojenik aminleri tespit amacıyla amperometrik enzim (bezelye amin oksidaz, bayırturpu peroksidaz enzimleri) elektrodunu geliştirmişlerdir (Niculescu vd., 2000). Etlerin kalite kontrolü için ise tiramin oksidaz temelli biyosensör geliştirilmiştir (Yano vd., 1995).

Bu sensörlerin ısı, soğuk veya mikrodalga işlemleri gibi çevresel faktörler nedeniyle performansı düşmez, ayrıca sensörler en az dokuz ay boyunca sabit kalabilmektedir. Bununla birlikte, bu sistemin dezavantajı, yalnızca büyük kontaminasyonu tespit edebilmesi ve hastalığa neden olabilecek çok düşük seviyelerde patojenleri tespit etmede duyarlılığının az olmasıdır. SIRA Teknolojileri, et ambalajlarındaki patojenleri tespit etmek için ‘Gıda Gözcü Sistemleri’ adı verilen ekonomik bir barkod etiketi geliştirmiştir. Sistem SIRA ve normal ürün kodu olmak üzere iki barkoddan oluşmaktadır. Barkod sisteminin bir bölümüne bir membran içerisine spesifik bir patojen antikoru yerleştirilmiş ve membranda, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli O157:H7* veya *Listeria monocytogenes* gibi kontaminantlara maruz kalındığında koyu bir çubuk oluşumu gözlenmiştir (Mohebi ve Marquez, 2015).

2.2.3. Floresan bazlı sensörler

Özel boya molekülleri ışığı absorbe ederler ve belirli dalga boylarında (floresan veya fosforesans) radyasyon yayar ve uyarılırlar (Eggins, 2002). Bu enerji transfer mekanizması nedeniyle, lüminesans yoğunluğu zamanla azalmakta ve azalma derecesi, sistem içindeki oksijen konsantrasyonu ile orantılı olarak meydana gelmektedir. Floresan bazlı oksijen sensörü bir floresandan veya bir katı polimer matris içinde sabitlenmiş fosforlu boyadan oluşmaktadır. Sensörü oluşturmak için, fiber optik gibi bir cihaz üzerine ince bir film olarak bir boya-polimer kaplama uygulanmaktadır (Wang ve Wolfbeis, 2013). Ürün paketinin üst boşluğunda bulunan oksijen molekülleri bu kaplamayı basit bir difüzyon ile etkilemekte ve lüminesans azaltmaktadır. Oksijen konsantrasyonu, önceden belirlenmiş bir kalibrasyon kullanılarak, lüminesans parametrelerindeki değişim derecesine göre hesaplanmaktadır (Papkovsky vd., 2002). Bu işlem tersine çevrilebilir ve temizdir ve söz konusu fotokimyasal reaksiyonlarda boya veya oksijen tüketimi olmadığı gibi yan ürün oluşumu da meydana gelmemektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).

Bu sistemde, ince bir film kaplama kullanan algılama materyallerinin, oksijen konsantrasyonunun değiştiği yerlerde algılama yanıtları çok hızlıdır. Yanıt verme süresi genellikle milisaniyenin onda biri kadar kısadır (Kolle vd., 1997). Bu özellik, büyük hacimli paketlerin gerçek zamanlı, çevrimiçi kalite kontrolü için önemlidir. Bu tür hızlı tarama, uygun şekilde kapatılmamış ürünlerin anında tanımlanmasına ve bunların ayrılmasına olanak tanımaktadır (Mohebi ve Marquez, 2015). Floresan bazlı oksijen sensörleri (Şekil 7), çalışır durumda kalmaları ve tedarik zinciri boyunca açılma noktasına kadar güvenilir olduklarından, et paketlerine entegre edilmek için çok uygundur. Ancak, UV ve perakende teşhir aydınlatması da dahil olmak üzere ışığa maruz kalma, belirli boyaların kademeli olarak ışıkla bozunmasına veya polimerlerin eskimesine neden olabilmektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).



Şekil 7. Floresan bazlı gaz sensörü (Gök, 2007)

Oksijen ölçüm tekniği, gaz geçirgenliği olan hidrofobik bir polimer içinde immobilize edilmiş bir metal organik flüoresan boyanın, flüoresansla söndürülmesine dayanmaktadır. Boya, mavi bölgedeki ışığı emer ve spektrumun kırmızı bölgesi içinde floresan yayar. Oksijenin varlığı boyadan gelen flüoresan ışığı ve ömrünü azaltır. Buradaki özelliklerdeki azalma işlemi, moleküllerin çarpışması sırasında uyarılmış boyadan gelen enerjinin oksijen moleküllerine aktarılması olayıdır. Böylece boyanın ışık ömrünün yanısıra emisyon yoğunluğu da azalır ve paket içerisindeki oksijen içeriği ölçüm işlemi ile değişmeden kalır (Mohebi ve Marquez, 2015).

Bu alanda yapılan çalışmalarda, domuz etinde üretilen aminlerin hassas tespiti için, ıspanak, kırmızı turp, kış yasemini ve siyah pirinçten ekstrakte edilen dört doğal pigmente dayalı bir kolorimetrik sensör dizisi geliştirmiştir (Xiao-wei vd., 2014). Toplam uçucu bazik nitrojenin varlığı temelinde oluşan balık bozulmaları, kolorimetrik boya bazlı bir sensör ve gösterge ile izlenmiştir (Bryne vd., 2002; Pacquit vd., 2007). Burada sistem, bir polimer matris içinde hapsedilmiş ve pH' ya duyarlı bir boya olan bromokresol yeşili içeren paket sensörü olarak tasarlanmıştır. Ancak zamanla meydana gelebilecek olan boyadaki sızmalar, bu sensörün kullanımını ve sonuçları etkilemektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).

Doğal kurkumin boyalarına dayalı bir kimyasal sensör, karides örneklerinde bakteri üremesi sırasında üretilen uçucu inorganik aminleri tanımak için üretilmiştir (Kuswandi vd., 2012a). Burada kullanılan majör sarı pigment, zerdeçal ve kurkuminden ekstrakte edilerek doğal bir reaktif olarak kullanılmıştır. Bakteriyel selüloz membran içine immobilize edilen bu reaktif, düşük maliyetli olarak üretilmiştir. Zerdeçal/bakteriyel selüloz membran, karides bozulmalarının görsel tespiti için paket üzerinde etiket sensörü olarak kullanılmıştır. Başka bir araştırmada, kanatlı eti parçalarında tazeliği ölçmek için metil kırmızı bazlı bir sensör üretilmiştir. Burada, metil kırmızısı, absorpsiyon yöntemi ile bakteriyel bir selüloz memb-

ran üzerine immobilize edilmiştir. Bu sensör, ürünlerdeki tazeliği ve paketlerde bozulmalara bağlı olarak oluşan uçucu bileşikleri, pH artışına bağlı olarak ölçümlenmiştir. Sensörün renginin kırmızıdan sarıya dönmesi ile bozulmaların rahat bir şekilde görüleceği belirlenmiştir. Sonuçlar, bu sensörün bütün ve parça tavuk etlerinde tazeliğin belirlenmesinde kullanılabilirliğini göstermiştir (Mohebi ve Marquez, 2015; Kuswandi vd., 2014).

Taze çipuranın soğuk depoda raf ömrü değerlendirmesinde, inorganik malzeme (alüminyum oksit ve silika jel) içine yerleştirilmiş pH indikatörü ve seçici renk reaktifleri ile hazırlanan sekiz algılama malzemesinden oluşan yeni bir optoelektronik sensörü geliştirmiştir. Burada, soğuk hava depolama süresi boyunca periyodik olarak fizikokimyasal ve mikrobiyal analizler ile kolorimetrik dizilim üzerinde renk ölçümleri yapılmıştır (Mohebi ve Marquez, 2015; Zaragoza vd., 2012).

'O2xyDot', OxySense firması tarafından geliştirilen ticari floresan tabanlı oksijen sensörlerinden biridir (Şekil 8). Bu sensör paket ürün ile doldurulmadan önce paketin içerisine yerleştirilir ve paketin dışından takip edilebilir. Sensör, sıvı gıdalarda ambalajın üst kısmındaki boşlukta veya ürünün içinde ve ürün ile temas halinde olabilmektedir. Bu sistemde, LED lambadan den gelen mavi ışıkla sensör aydınlatılır ve emilen mavi ışık ise kırmızı ışık olarak yayılır. Yayılan kırmızı ışık, ışımının ömrünün özelliklerini ölçmek için bir foto-dedektör tarafından algılanır. Farklı ölçüm değerleri, paket içindeki farklı oksijen seviyelerini göstermektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).



Şekil 8. O2xyDot sensörü ve optik okuyucu

2.3. E-burun

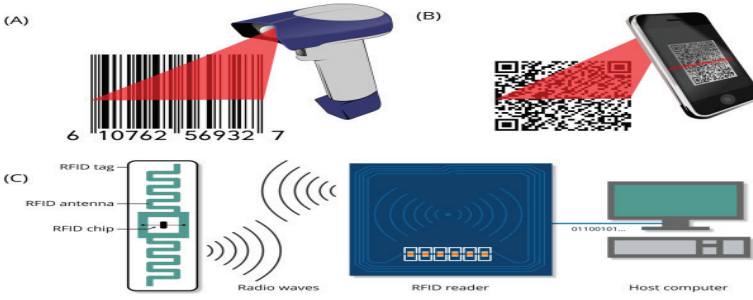
E-burunlar, uçucu bileşiklere karşı hassasiyet bakımından farklılıklar göstermekte ve bu nedenle düşük hassasiyete sahip olanlar balık etlerinde oluşan az bir kontaminasyondaki bozulmayı tespit edememektedirler. Bu anlamda kolorimetrik sensör içeren e-burunlar balık eti tazeliğinin ölçümü için geliştirilmiştir (Huang vd., 2011). Bazı araştırmacılar tarafından geliştirilen bir e-burun, sığır etinde meydana gelen kimyasal ve fiziksel değişimleri ölçmek için kullanılmıştır (Hong vd., 2012). Yine vakum paketlenmiş sığır etinde bozulmayı incelemek için uçucu bileşikler tespit

etmeye yönelik e-burun geliştirilmiştir (Blixt ve Borch, 1999). Sonuçlar, bozulmanın kantitatif olarak ölçülebildiğini gösterse de, spesifik bileşikler hakkında bilgiler elde edilememiştir. Bu e-burun kullanılarak yapılan uçucu bileşiklerin analizi ile, farklı sensörlerden gelen sinyaller ile bozulmaya ait kokusal değişimler ölçülmüştür. Aynı araştırmacılar tarafından farklı mezbahalardan alınan et numunelerinde yapılan analizlerde, bozulma sonucu oluşan kokusal değişimler ile farklı bakteriyel popülasyonları arasında olası varyasyonlar tespit edilmiştir. Bu da farklı mezbahalardan gelen etlerdeki ayırımın e-burun ile tespit edilebileceğini göstermiştir (Blixt ve Borch, 1999).

Bunların dışında, sığır eti ve sosis numunelerindeki bakterileri ve mikroorganizmaları hızlı bir şekilde tespit edebilen bir e-burun geliştirilmiştir (Abdallah vd., 2013). Bu çalışmada, ilk aşamada, standart mikrobiyolojik yöntem kullanılarak, taze ve dondurulmuş sığır eti numunelerinde toplam bakteri sayısı belirlenmiştir. İkinci aşamada, farklı patojen bakterileri ile oluşan kontaminasyon ölçümü için bulaşma öncesi ve sonrası e-burun kullanılmıştır. Sonuçlar e-burun ile uçucu bileşiklerin ve toplam bakteri sayısının tespit edilebileceğini göstermiştir. Yapılan başka bir araştırmada, farklı sıcaklıklarda depolanan sığır eti örneklerinde, e-burun ile metal oksit sensörü tabanlı bir sistem kullanılmıştır (Panigrahi vd., 2006).

2.4. RFID Etiketler

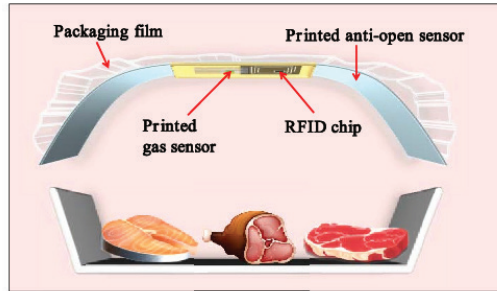
Radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri, nesneyi otomatik olarak izlemek ve tanımlamak için bir nesneye iliştilmiş bir etiketten veri aktarmak için radyo frekansı elektromanyetik alanlarını kullanan elektronik bilgi tabanlı sistemlerdir. Bu sistem önceki manuel izleme sistemleri veya barkod teknolojisinin geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu sistem, daha uzun okuma aralığına sahip olup aşırı sıcaklıklar ve farklı basınçlar altında çalışabilmektedir. Ayrıca, 100 m'den daha uzak mesafelerde sinyal algılabilmekte ve birçok etiket aynı anda okunabilmektedir (Abad vd., 2009). Sistem; etiket, anten, okuyucu, sorgulayıcı ve denetleyici olmak üzere beş temel bileşenden oluşmaktadır (Yüksel ve Zaim, 2009). RFID etiketinin içinde antene bağlı bir mikroçip bulunmakta ve antenli bir okuyucu (reader) sinyali okumaktadır. Ayrıca, radyo dalgaları ile aktarılabilen verilerin analizleri için oluşturulan bir bilgisayar yazılımı da bu sisteme entegre edilmektedir (Şekil 9) (Angeles, 2005). Taşıma ve depolama sürecinde ürünü izlemeye yarayan RFID, ürünün barkod numarası gibi basit bilgilerin yanı sıra sıcaklık değişimleri, besin değerleri ya da kullanım bilgileri gibi daha karmaşık verileri de izleyebilmektedir (Kokangül ve Fenercioğlu, 2012). RFID etiketler gıdalara, otomobillere, hayvanlara, giysilere veya eşyalara entegre edilebilir ve hatta evcil hayvanların içine yerleştirilebilir. Bu sistem, et gibi çabuk bozulan gıdalarda sıcaklık izlemesi için hali hazırda kullanılmaktadır (Montanari, 2008; Turhan, 2009; Liu vd., 2010).



Şekil 9. RFID etiket çalışma prensibi

Sistemde, RFID ve sensör ağından gelen verileri kullanarak, ürünlerdeki bozulmanın farklı yönlerini ele almak için bozulma değerlerine dayalı matematiksel modeller geliştirilmiştir. Ürünlerde meydana gelen herhangi bir bozulma durumunda, uyarı fonksiyonu, kullanıcılara bir alarm sinyali göndermekte ve sistemde tanımlanan modül, kullanıcıya anormallik ile nasıl başa çıkılacağı konusunda önerilerde bulunmaktadır. Yapılan simülasyon sonuçları, bu sistemin et gibi kolay bozulan ürünlerin soğuk zincirdeki nakliye kayıplarını azaltmak için etkili bir araç olduğunu göstermiştir. Bu teknolojinin kullanımının önündeki en büyük engel, bazı ürünlerde kullanımının sınırlı olması, yüksek maliyetli olması ve bunların her bir pakette kullanımının ekonomik olmamasıdır (Roberts, 2006). İlâveten, et gibi yüksek oranda su içeren gıdalarda, su molekülleri, mikrodalga sinyallerini absorbe edebilmekte veya bazı durumlarda metaller sinyallerin yansımaya neden olabilmektedir (Mohebi ve Marquez, 2015).

RFID etiketler (mikroçipler) disk, cam kapsül ve etiket şeklinde tasarlanabilmektedir. Etiketlerin zaman-sıcaklık indikatörü ya da bir sensör ile de entegre edilebileceği belirtilmektedir (Şekil 10). Etiketler hızlı bir şekilde ve eş zamanlı olarak okunabilmekte ve aynı zamanda 10-100 etiket değerlendirilmektedir. Okuma hızının ortalama olarak 0.5 saniye olduğu bildirilmektedir (Yam vd., 2005; Üstündağ, 2005).



Şekil 10. RFID etiket ve gaz sensör entegrasyonu

Gıda endüstrisinde bu sistem, gıda tedarik zinciri yönetimi, gıda izlenebilirliği ve geri çağırma gibi gıda güvenliğinin artırılması uygula-

malarında kullanılmaktadır. RFID içeren akıllı etiketler depoya girecek olan ve üzerinde ürün olan paletlerin üzerine monte edilebilmektedir. Depo giriş ve çıkışlarına yerleştirilecek olan RFID antenler sayesinde bu paletlerin okunmasıyla birlikte tüm bilgiler sisteme otomatik olarak aktarılabilir. Bu sistem doğru raflarda ve yeterli miktarlarda ürün bulunması sağlandığı gibi, sevkiyat ve yerleştirme işlemleri de zamanında gerçekleştirilebilmektedir (Han, 2007).

3. Sonuç

Günümüzde, gıda güvenliği, gıda kalitesi ve raf ömrüyle ilgili araştırmalar önem kazanmaktadır. Tüketici açısından baktığımızda, az işlem görmüş, doğala yakın, raf ömrü uzun ve katkısız ürünler tercih edilmektedir. Buna paralel olarak geliştirilen gıda paketleme endüstrisinin hedefi de, kaliteli ve güvenli gıdayı en az maliyetle sunabilmektir. Bu konuda geliştirilen paketleme metotlarının ise mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel etkilerinin belirlendiği kapsamlı çalışmaların yaygınlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Akıllı ambalajlama teknolojisi, ilgili ürünlerde meydana gelen mikrobiyolojik bozulmaların ve oluşan toksik maddelerin hızlı ve etkin bir şekilde tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu tür yeni teknolojilerde etiket ve ambalajlara akıllılık özelliği yüklenerek gıda güvenliğini sağlamak ve izlenebilirliği ortaya koymak hedeflenirken, kaliteli, güvenilir ve insan sağlığına zararlı olmayan gıdaların üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu sayede tüketici ürünü satın almadan bozulup bozulmadığını anlayabilmekte ve hem manevi hem de maddi olarak zarara uğramamaktadır. Üretici veya perakendeciler açısından, ürünlerin depolanması, nakliye ve satış aşamalarında kalite ve sağlık açısından bir riskin olup olmadığı fark edilebilmekte, örneğin 2-3 üründe meydana gelen olumsuzluklardan dolayı tüm parti mal geri toplanmak zorunda kalmamaktadır.

Et ve et ürünleri çabuk bozulan gıda gruplarından biridir. Etin bozulmasına, yüksek su aktivitesi (aw) ve yağ içeriği nedeniyle temel olarak mikrobiyal bozunma ve lipid oksidasyonu neden olmaktadır. Et ürünlerinde bozulma, renk değişikliği, tat bozulması, gevreklik kaybı ve pH değişikliği gibi kalite kayıplarına yol açabilmekte, bu da ürünün tüketici tarafından reddedilmesine ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Doğru bir yöntemle paketleme, raf ömrünü artırmanın yanı sıra, sağlıksız ve uygunsuz ürünlerin kullanımından kaynaklanan kirliliği azaltarak israfın azaltılmasında ve halk sağlığı seviyesinin yükseltilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Et ve et ürünlerinin uygun şekilde ambalajlanması ile bir yandan kontaminasyon önlenerek bozulma geciktirilmekte, bir yandan da bazı enzim aktivitelerine bağlı olarak yumuşaklık, dehidrasyon, yağ oksidasyonu ve

renk değişimi kontrol altına alınmaktadır. Bu işlemlere sahip geleneksel ambalajlama yöntemleri gıda zinciri boyunca yeterli gelmemektedir. Bu nedenle, gelişmiş işlevselliklere sahip yenilikçi teknikler gereklidir ve son yıllarda, akıllı paketleme sistemleri geliştirilmiştir., Akıllı bir paketleme sistemi ile, et ve et ürünlerindeki tazeliğin zaman içindeki düşüşü, farklı çevre koşullarında depolama sırasındaki sıcaklık dalgalanmaları ve paket boşluğunda gaz bileşimindeki değişiklikler veya ürünün dağıtım süresindeki özellikleri izlenebilmektedir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin her birinin, sistemin performansını ve verimliliğini etkileyen avantaj ve dezavantajları vardır. Bu nedenle, gıda ürünlerinin nihai kalite ve beslenme özelliklerini açıkça etkilediklerinden, ambalajlara dahil edilen akıllı paketlemede kullanılan kimyasal ve bileşenlerin kontrol edilmesi gereklidir.

Akıllı paketleme sistemleri, depolama sırasında gıda ürününde kalite değişikliklerini algılayabilen, sinyal verebilen ve uyarabilen sistemlerdir. Sensörler ve göstergeler (örneğin, zaman-sıcaklık-TTI indikatörleri ve radyo frekansı algılama (RFID) sistemleri) akıllı paketlemede başarılı bir şekilde kullanılabilir. Bu teknolojilerin ticari uygulamalarını geliştirmek için, sektörün bu sistemin faydaları ve uygulamaları hakkında bilgilerini artırmak, bu teknolojilerin kullanımlarının ekonomik yönlerine dikkat çekmek ve tüketici farkındalığını artırmak gerekmektedir.

KAYNAKÇA

1. Abad, E., Zampolli, S. ve Marco, S. (2007). Flexible tag microlab development: gas sensors integration in RFID flexible tags for food logistic. *Sensors and Actuators B: Chemical*.127(1):2–7.
2. Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Gonzalez de Zarate, A., Juarros, A., Gomez, J.M. ve Marco, S. (2009). Rfid smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain. *Journal of Food Engineering*. 93(4):394–399.
3. Abdallah, S., Al-Shatti, L., Alhajraf, A., Al-Hammad, N. ve Al-Awadi, B. (2013). The detection of foodborne bacteria on beef: the application of the electronic nose. *SpringerPlus*. 2(1):1–9.
4. Ahvenainen, R. ve Hurme, E. (1997). Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Additives and Contaminants*. 14(6–7):753–763.
5. Ahvenainen, R. (2003). *Novel Food Packaging Techniques*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. New York, Washington DC.
6. Alocilja, E.C. ve Radke, S.M. (2003). Market analysis of biosensors for food safety. *Biosensors and Bioelectronics*. 18(56):841–846
7. Angeles, R. (2005). RFID technologies, supply-chain applications and implementation issues. *International System Management*. 22: 51-65.
8. Avella, M., Errico, M.E., Gentile, G. ve Volpe, M.G. (2011). *Nanocomposite sensors for food packaging*. NATO Science for Peace and Security Series-B:Physics and Biophysics; p. 501–510.
9. Bağdatlı, A.B. ve Kayaardı, S. (2010). Et ve et ürünlerinde kullanılan paketleme yöntemleri, *Akademik Gıda*. 8(2),24-30.
10. Bejerholm, C. ve Aaslyng, M.D. (2004). The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork-depending on the raw meat quality. *Food Quality Preference*. 15(1):19–30.
11. Blixt, Y. ve Borch, E. (1999). Using an electronic nose for determining the spoilage of vacuum-packaged beef. *International Journal of Food Microbiology*. 46(2):123–134.
12. Borchert, N.B., Kerry, J.P. ve Papkovsky, D.B. (2013). A CO₂ sensor based on Pt-porphyrin dye and FRET scheme for food packaging applications. *Sensors Actuators B: Chemical*. 76:157–165.
13. Brody, A. (2000). What's active about intelligent packaging. *Food Technology*. 55(6):75.
14. Byrne, L., Lau, K.T. ve Diamond, D. (2002). Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of ph sensitive films. *Analyst*. 127:1338–1341.

15. Duncan, T.V. (2014). Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid Interface Science*. 363(1):1–24.
16. Eggins, B. (2002). *Chemical Sensors and Biosensors*. University of Ulster at Jordanstown. Northern Ireland, UK. Analytical Techniques in the Sciences (AnTs), Wiley.
17. Gök, V., Batu, A. ve Telli, R. (2006). Akıllı paketleme teknolojisi, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu. p.45-48.
18. Gök, V. (2007). Gıda paketleme sanayiinde akıllı paketleme teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Dergisi*. 1: 45-58.
19. Han, J.H. (2007). *Packaging for nonthermal processing of food*. Blackwell, USA, p. 131-137.
20. Hecer, C. (2012). Et teknolojisinde ambalajlama yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 31(1): 57-61.
21. Hernandez-Czares, A.S., Aristoy, M.C. ve Toldr, F. (2010). Hypoxanthine-based enzymatic sensor for determination of pork meat freshness. *Food Chemistry*.123(3):949–954.
22. Hong, S.I. ve Park, W.S. (2000). Use of color indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation. *Journal of Food Engineering*. 46(1):67–72.
23. Hong, X., Wang, J. ve Hai, Z. (2012). Discrimination and prediction of multiple beef freshness indexes based on electronic nose. *Sensors Actuators B: Chemical*. 161(1):381–389.
24. Huang, X., Xin, J. ve Zhao, J. (2011). A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array. *Journal of Food Engineering*. 105(4):632–637.
25. Kerry, J.P. ve Papkovsky, D.B. (2002). Development and use of nondestructive, continuous assessment, chemical oxygen sensors in packs containing oxygen sensitive foodstuffs. *Research Advances in Food Science*. 3:121-140.
26. Kerry, J., Ogrady, M. ve Hogan, S. (2006). Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: a review. *Meat Science*. 74(1):113–130. (52nd International Congress of Meat Science and Technology (52nd ICoMST) 13-18 August 2006 Dublin, Ireland.)
27. Khodaei, S.M. (2023). Gholami-Ahangaran M, Sani IK, Esfandiari Z, Eghbaljoo H. Application of intelligent packaging for meat products: A systematic review. *Veterinary Medicine and Science*. 9:481–493. doi: 10.1002/vms3.1017.
28. Kokangül, G. ve Fenercioğlu, H. (2012). Gıda endüstrisinde akıllı ambalaj kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 7:31-43.

29. Kolle, C., Gruber, W., Trettnak, W., Biebernik, K., Dolezal, C., Reininger, F. ve O'Leary, P. (1997). Fast optochemical sensor for continuous monitoring of oxygen in breath-gas analysis. *Sensors Actuators B: Chemical*. 38(13):141–149.
30. Kosikowski, F.V. (1982). *Cheese and Fermented Milk Foods*. New York: Great Falls Virginia.
31. Kress-Rogers, E. (2001). *Instrumentation for food quality assurance*. In: Kress-Rogers E, Brimelow CJB. (Editors). *Instrumentation and Sensors for the Food Industry*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd. p. 581-669.
32. Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus Abdullah, A., Heng, L.Y. ve Ahmad, M. (2011). Smart packaging: sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*. 5(3–4):137–146.
33. Kuswandi, B., Jayus Larasati, T., Abdullah, A. ve Heng, L.Y. (2012). Real-time monitoring of shrimp spoilage using on-package sticker sensor based on natural dye of curcumin. *Food Analytical Methods*. 5(4):881–889.
34. Kuswandi, B., Jayus Oktaviana, R., Abdullah, A. ve Heng, L.Y. (2014). A novel on-package sticker sensor based on methyl red for real-time monitoring of broiler chicken cut freshness. *Packaging Technology and Science*. 27(1):69–81.
35. Liu, L., Hu, J., Zhang, J., Fu, J. ve Zhang, J. (2010). Development of timetemperature data collection program for frozen fish in the cold chain. *Sensor Letters*. 8(1):47–51.
36. Meyers, H.M. ve Lubnier, M.J. (2004). *Başarılı ambalaj ve başarılı pazarlama*. (Üsdiken Z, Çev.). İkinci Baskı, İstanbul: Rota Yayınları.
37. Mohebi, E. ve Marquez, L. (2015). Intelligent packaging in meat industry: An overview of existing solutions. *Journal of Food Science Technology*. 52(7):3947–3964. doi:10.1007/s13197-014-1588-z.
38. Montanari, R. (2008). Cold chain tracking: a managerial perspective. *Trends in Food Science and Technology*. 19(8):425–431.
39. Mukhopadhyay, S.C., Karunanayaka, S.D., Suri, V. ve Gupta, G.S. (2006). A novel bio-sensor for non-invasive meat inspection. *IEEE SENSORS 2006, EXCO, Daegu, Korea*. October 22-25, 2006. p. 931–934.
40. Murkovic, I., Steinberg, M.D. ve Ivan, Z. (2014). Wireless smart tag with onboard conductometric chemical sensor. *Sensors Actuators B: Chemical*. 196:208–214.
41. Niculescu, M., Nistor, C., Fre' Bort, I., Pec, P., Mattiasson, B. ve Csöregi, E. (2000). Redox hydrogel-based amperometric bienzyme electrode for fish freshness monitoring. *Analytical Chemistry*. 72: 1591–1597.
42. Öksüztepe, G. ve Beyazgül, P. (2015). Akıllı ambalajlama sistemleri ve gıda

- güvenliği. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*. 29(1):67–74.
43. Özçandır, S., ve Yetim, H. (2010). Akıllı ambalajlama teknolojisi ve gıdalarda izlenebilirlik. *Gıda Teknolojisi Elektronik Dergisi*. 5(1):1-11.
 44. Pacquit, A., Frisby, J., Diamond, D., Lau, K.T. ve Farrell, A., (2007). Quilty B, Diamond D. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chemistry*. 102(2):466–470.
 45. Panea, B., Ripoll, G., González, J., Fernandez-Cuello, A. ve Alberti P. Effect of nanocomposite packaging containing different proportions of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. *Journal of Food Engineering*. 123, 104–112.
 46. Panigrahi, S., Balasubramanian, S., Gu, H., Lague, C.M. ve Marchello, M. (2006). Design and development of a metal oxide based electronic nose for spoilage classification of beef. *Sensors Actuators B: Chemical*. 119(1):2–14.
 47. Papkovsky, D.B., Smiddy, M., Papkovskaia, N. ve Kerry, J.P. (2002). Non-destructive measurement of oxygen in modified atmosphere packaged hams using a phase-fluorimetric sensor system. *Journal of Food Science*. 67(8):3164–3169.
 48. Pereira, P.F., de Sousa Picciani, P.H., Calado, V. ve Tonon, R.V. (2021). Electrical gas sensors for meat freshness assessment and quality monitoring: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 118: 36–44.
 49. Roberts, C. (2006). Radio frequency identification (RFID). *Computers and Security*. 25(1):18–26.
 50. Salinas, Y., Ros-lis, J.V., Vivancos, J.I., Martinez Menez, R., Dolores Marcos, M., Aucejo, S., Herranz, N., Lorente, I. ve Garcia E. (2014). A novel colorimetric sensor array for monitoring fresh pork sausages spoilage. *Food Control*. 35(1):166–176.
 51. Smiddy, M., Papkovsky, D. ve Kerry, J. (2022a). Evaluation of oxygen content in commercial modified atmosphere packs (map) of processed cooked meats. *Food Research International*. 35(6):571–575.
 52. Smiddy, M., Papkovskaia, N., Papkovsky, D.B. ve Kerry, J.P. (2002b). Use of oxygen sensors for the non-destructive measurement of the oxygen content in modified atmosphere and vacuum packs of cooked chicken patties; impact of oxygen content on lipid oxidation. *Food Research International*. 35(6):577–584.
 53. Smiddy, M., Fitzgerald, M., Kerry, J.P., Papkovsky, D.B., O’Sullivan, C.K. ve Guibault, G.G. (2002c). Use of oxygen sensors to non-destructively measure the oxygen content in modified atmosphere and vacuum packed beef: impact of oxygen content on lipid oxidation. *Meat Science*. 61(3):285–290.
 54. Smolander, M., Hurme, E. ve Latva-Kala, K. (2002). Myoglobin-based indi-

- cators for the evaluation of freshness of unmarinated broiler cuts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 3:279-288.
55. Smolander, M. (2003). The use of freshness indicators in packaging. *Novel Food Packaging Techniques*. Woodhead Publishing Ltd. UK. p. 128–143.
56. Taoukis, P.S. ve Labuza, T.P. (1989). Applicability of time-temperature indicators as shelf-life monitors of food products. *Journal of Food Science*. 54(4):783–788.
57. Taoukis, P. (2010). *14-commercialization of time-temperature integrators for foods*. (In: Doona CJ, Kustin K, Feeherry FE, ed.) Case Studies in Novel Food Processing Technologies, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing. p 351–366.
58. Trettnak, W., Gruber, W., Reininger, F. ve Klimant, I. (1995). Recent progress in optical oxygen sensor instrumentation. *Sensors Actuators B: Chemical*. 29(13):219–225. (*Proceedings of the 2nd European Conference on Optical Chemical Sensors and Biosensors*).
59. Turhan, K.N. (2009). Gıda ambalajlamada yeni teknolojiler. *Dünya Gıda Dergisi*. 7(2): 31-43.
60. Üçüncü, M. (2011). *Gıda ambalajlama teknolojisi*. Ambalaj Sanayicileri Derneği İktisadi İşletmesi, İstanbul.
61. Üçüncü, M. (2012). *Gıdaların ambalajlanması*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir; 2007. p. 733-787.
62. Üstündağ, A. (2005). RFID Technology: A Paradigm shift in business processes. *35th International Conference on Computers and Industrial Engineering*, İstanbul, Turkey 2065-2070, 20-22 Haziran 2005.
63. Vaikousi, H., Biliaderis, C.G. ve Koutsoumanis, K.P. (2009). Applicability of a microbial time temperature indicator (tti) for monitoring spoilage of modified atmosphere packed minced meat. *International Journal of Food Microbiology*. 133(3):272–278.
64. Vernat-Rossi, V., Garcia, C., Talon, R., Denoyer, C. ve Berdague, J.L. (1996). Rapid discrimination of meat products and bacterial strains using semiconductor gas sensors. *Sensors Actuators B: Chemical*. 37(1–2):43–48.
65. Wang, X.D. ve Wolfbeis, O.S. (2013). Fiber-optic chemical sensors and biosensors. *Analytical Chemistry*. 85(2):487–508. doi:10.1021/ac303159b.
66. Watanabe, E., Ando, K., Karube, I., Matsuoka, H. ve Suzuki, S. (1983). Determination of hypoxanthine in fish meat with an enzyme sensor. *Journal of Food Science*. 48(2):496–500.
67. Watanabe, E., Toyama, K. ve Karube, I. (1984). Enzyme sensor for hypoxanthine and inosine determination in edible fish. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 19:18-22.
68. Xiao-wei, H., Xiao-bo, Z., Ji-yong, S., Yanin, G., Jie-wen, Z., Jianchun, Z. ve Limin, H. (2014). Determination of pork spoilage by colorimetric gas

- sensor array based on natural pigments. *Food Chemistry*. 145:549–554.
69. Yam, K.L., Takhistov, P.T. ve Miltz, J. (2005). Intelligent packaging: concepts and applications. *Journal of Food Science*. 70(1):1-9.
70. Yano, Y., Kataho, N., Watanabe, M., Nakamura, T. ve Asano, Y. (1995). Changes in the concentration of biogenic amines and application of tyramine sensor during storage of beef. *Food Chemistry*. 54:155–159.
71. Yano, Y., Numata, M., Hachiya, H., Ito, S., Masadome, T., Ohkubo, S., Asano, Y. ve Imato, T.Y. (2001). Application of a microbial sensor to the quality control of meat freshness. *Talanta*. 54(2):255–262.
72. Yüksel, M.E.ve Zaim, A.H. (2009). Yeni nesil teknoloji olarak RFID, RFID sistem yapıları ve bir RFID sistem tasarımı yaklaşımı. 5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09). Karabük. Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
73. Zaragoza, P., Ribes, S., Fuentes, A., Vivancos, J.L., Fernandez-Segovia, I., Ros-Lis, J.V., Barat, J.M. ve Martinez-Manez, R. (2012). Fish freshness decay measurement with a colorimetric array. *Procedia Engineering*. 47:1362–1365.

Bölüm 4

TOPRAK TESTİNE MARUZ KALMIŞ BAZI AHŞAP TÜRLERİNDE RENK PARAMETRELERİNİN TESPİT EDİLMESİ

Levent GÜRLEYEN¹, Göksel ULAY², Ümit AYATA³

1 Doç. Dr. Levent GÜRLEYEN, Düzce Borsa İstanbul Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Düzce, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6867-8059, leventgurleyen@hotmail.com

2 Dr. Öğretim Üyesi Göksel ULAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816, gokselulay@gmail.com

3 Doç. Dr. Ümit AYATA, Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822, umitayata@bayburt.edu.tr

1. Giriş

Ahşap, tarihin başlangıcından beri insan tarafından yaygın olarak kullanılan, doğal, yenilenebilir ve mükemmel performansa sahip çok yönlü bir malzemedir. Aynı zamanda karasal ortamlarda tutulan en büyük karbon deposudur. Bununla birlikte, kimyasal bileşimi ve yapısı onu biyolojik olarak bozulmaya yatkın hale getirir ve mantarlar ana ahşap bozundurucularıdır (Brischke ve Alfredsen, 2020; Goodell ve ark., 2008).

Ahşabın karmaşık yapısı, onu çeşitli maddeler tarafından bozunmaya karşı oldukça dirençli kılar, ancak ahşap uygun koşullar altında bozulur. Ahşabın bozulması, biyotik (canlı) ve abiyotik (cansız) etkenlerin neden olduğu hasar olarak sınıflandırılabilir. Çoğu durumda, biyotik ve abiyotik hasar çiplak gözle benzer görünür (Morrell, 2018).

Ahşap bileşenleri lignin, karbonhidratlar (hemiselüloz ve selüloz) ve yabancı bileşenlerden (ekstarktifler ve inorganik mineraller) oluşmaktadır (Gezahegn, 2020). Dekoratif son kullanımlarda (parke, panel, mobilya vb.) ve şeffaf kaplama ile korunan dış doğramalarda doğal ahşap yüzeyin renk stabilizasyonu gerekmektedir (Ayadi ve ark., 2003).

Ahşap, çitler veya direkler gibi basit yapılardan balkonlar, köprüler veya çok katlı binalar gibi daha karmaşık yapılara kadar her tür inşaat için her zaman kullanılmıştır (Mahapatra ve Gustavsson, 2009). Ahşabın iyi doğal malzeme özellikleri vardır ve ahşap ürünlerde, kontrplakta, mobilya ve iç dekorasyonda, inşaat yapı malzemelerinde vb. yaygın olarak kullanılır (Wu ve ark., 2018; Toumpanaki ve ark., 2021).

Ahşabın rengi denilince akla kurutulmuş ahşabın doğal renk tonu gelir (Ugrenović, 1950). Renk, masif ahşap panellerin önemli bir yüzey karakteristik parametresi olmasının yanı sıra ahşap ürünlerin kalitesini, değerini ve pazar değerini değerlendirmek için önemli bir indekstir (Wang ve ark., 2021). Ahşabın rengi, ahşap mobilyalar ve zeminler için tüketici tercihinde önemli bir etkiye sahip olabilecek, görünüşle ilgili bir özelliktir. Ahşabın rengi tüketici tercihlerini karşılamak için renklendirilebilir (Miklečić ve ark., 2012).

Diri odun ve öz odun arasında çeşitli farklılıklar gösteren türlerde, öz odunun doğal rengi genellikle diri odununkinden daha koyudur ve çok sık olarak kontrast dikkat çekicidir. Renk normalde öz odunun birikinti ile üretilen kimyasal maddesinden gelmektedir. Bu nedenle farklı herhangi bir renk önemli ölçüde farklı olamaz (Musa, 2014).

Ahşabın rengi önemli bir kalite kriteridir ve genellikle tüketiciler için belirleyicidir. Mobilya veya diğer iç donanımda ahşap, çelik, taş, cam, çeşitli plastikler ve dekoratif kâğıtlar gibi diğer malzemelerle rekabet halindedir. Ahşap, estetik özellikleri, özellikle rengi nedeniyle sıklıkla tercih

edilmektedir (Klumpers ve ark., 1993).

Doğal ahşap opaktır. Nedenleri ise şunlardır: Doğal ahşap üzerine ışık vurduğunda ışığın bir kısmı yansıtılır ve ışığın bir kısmı odunun içindeki lignin ve diğer maddeler tarafından emilir. Ayrıca, odundaki ana bileşenlerin (selüloz gibi) kırılma indisi, odun gözeneklerindeki havanınki-ne yakın olmadığından bir miktar ışık saçılır (Yang ve ark., 2019).

Ahşap biyolojik bir malzeme olduğu için mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır ve metal iyonları, asit, alkali gibi maddelerle temas ettiğinde kimyasal reaksiyona girer. Odun gözenekli olduğundan, suda çözünen maddeler veya tuzlar genellikle büyüme sırasında veya tomruktan sonra boşluklarında birikir. Bu tür birikintiler ahşabın rengini değiştirebilir. Mikroorganizmaların neden olduğu çürüme durumu dışında, renk değişikliği ahşabın mukavemetinde bir kayıp anlamına gelmez ve genellikle yüzey tabakasıyla sınırlıdır (Hon ve Minemura, 2000).

Doğal bir ürün olarak ahşap, biyolojik bozunmaya, hava koşullarına, kimyasal bozunmaya, yangına ve mekanik aşınmaya karşı hassastır. Bu işlemler ahşabın ağırlık, boyut, renk vb. özelliklerini değiştirmektedir (Paşil, 2016). Ahşabın doğal direnci ile rengi arasındaki ilişki, ahşabın içinde bulunan ekstraktifler, miktarı ve türü ile doğrudan bağlantılı olmaktadır (Brocco ve ark., 2020).

Ahşabın zemin temasındaki dayanıklılığı, alt tabaka kalitesi, iklim koşulları ve toprağın mikro florası gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Brischke ve ark., 2014). Bir türün doğal dayanıklılığı, büyük ölçüde ağaç gövdesinin öz odununda biriken ekstraktiflerin miktarıyla belirlenir (Hawley ve ark., 1924). Ahşabın yer üstünde çok sayıda kullanımı dışında, ahşap da sıklıkla yer (ve toprak) temasına maruz kalır. Yaygın yer altı ahşap uygulamalarına örnek olarak elektrik direkleri, çit direkleri, parmaklık bileşenleri, zemin kaplaması destekleri, demiryolu traversleri, toprak teraslama ve karasal ve su temel kazıkları dâhildir (Marais ve ark., 2022).

Bu çalışmada, toprak testine maruz kalmış bazı ahşap türleri (armut, iğde, Amerikan ceviz, gülibrişim, ayous, göknar, servi, karaçam, huş ve *Eucalyptus grandis*) üzerinde renk parametreleri (L^* , a^* , b^* , C^* ve h°) tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap Malzemeler

Armut (*Pirus communis* L.), servi (*Cupressus sempervirens*), *Eucalyptus grandis*, huş (*Betula pendula* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold), gülibrişim (*Albizia julibrissin*), Amerikan ceviz (*Juglans nigra*), iğde

(*Elaeagnus angustifolia* L.), ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ahşap türleri bu çalışmada kullanılmıştır. Ahşap malzemeler 100 cm x 10 cm x 10 cm boyutlarında temin edilmiştir. Daha sonra iklimlendirme işlemleri yapılmıştır (TS ISO 3129, 2021).

2.2. Metot

2.2.1. Toprak Testi

Yumuşak çürüyen mikromantarlar ve toprakta yaşayan diğer mikro-organizmalara karşı direnç, numuneler (n =15) kullanılarak TS ENV 807, (2006) uyarınca bir toprak kutusu testinde test edilmiştir. Ahşap kalitesi standardının gereksinim özelliğe taşıyan deney örnekleri (budak, çatlak, böcek hasarı ve çürüme ve diğer belirgin kusurları olmayan) bu çalışmada kullanılmıştır. 12 hafta süresi boyunca ahşap deney örnekleri toprak ortamına bırakılmıştır. Süre sonunda topraktan çıkartılan numuneler soğuk suyla yıkanıp etüvde kurutulmuştur.

2.2.2. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Ahşap türlerine ait deney örnekleri üzerinde meydana gelen renk değişimi, ASTM D 2244-3, (2007) standardına göre, CIELAB renk sistemi ile bir CS-10 (CHN Spec, Çin) [CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınlık aydınlatma, CIE 10° standart gözlemci)] cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Aşağıda verilen formüller ile toplam renk farklılıkları hesaplanmıştır.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$h^\circ = [\arctan (b^*/a^*)] \quad (2)$$

$$\Delta a^* = [(a^*_{\text{toprak testine maruz kalmış deney örneği}}) - (a^*_{\text{toprak testine maruz kalmamış deney örneği}})] \quad (3)$$

$$\Delta L^* = [(L^*_{\text{toprak testine maruz kalmış deney örneği}}) - (L^*_{\text{toprak testine maruz kalmamış deney örneği}})] \quad (4)$$

$$\Delta b^* = [(b^*_{\text{toprak testine maruz kalmış deney örneği}}) - (b^*_{\text{toprak testine maruz kalmamış deney örneği}})] \quad (5)$$

$$\Delta C^* = [(C^*_{\text{toprak testine maruz kalmış deney örneği}}) - (C^*_{\text{toprak testine maruz kalmamış deney örneği}})] \quad (6)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (7)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Mutlak değerlerin (ΔE^*) renk farkının görsel değerlendirilmesiyle karşılaştırılması (DIN 5033, 1979) Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Mutlak değerlerin (ΔE^*) renk farkının görsel değerlendirilmesiyle karşılaştırılması (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı (ΔE^*)		Görsel renk puanı farkı
<0.2	▶	Algılanamaz
0.2 ila 0.5	▶	Çok zayıf
0.5 ila 1.5	▶	Zayıf
1.5 ila 3.0	▶	Belirgin
3.0 ila 6.0	▶	Çok belirgin
6.0 ila 12.0	▶	Güçlü
> 12.0	▶	Çok güçlü

2.3. İstatistiksel Analiz

Toprak testi öncesi ve sonrası elde edilen verilerle homojenlik grupları, minimum ve maksimum değerleri, % değişim oranları, standart sapmaları, varyans analizi ve çoklu karşılaştırmaları bir SPSS programı kullanılarak hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 2, renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlara göre, kırmızı (a^*) renk tonu değeri, ışıklılık (L^*), sarı (b^*) renk tonu değeri, kroma (C^*) değeri ve ton açısı (h°) değeri için ağaç türü (A), işlem (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir.

Çizelge 2. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Test	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Ağaç Türü (A)	İşıklılık (L^*)	22872.048	9	2541.339	4245.086	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	876.166	9	97.352	619.678	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	1463.936	9	162.660	849.499	0.000*
	Kroma (C^*) değeri	1644.718	9	182.746	844.381	0.000*
	Ton (h°) açısı	6419.882	9	713.320	563.154	0.000*
İşlem (B)	İşıklılık (L^*)	3304.276	1	3304.276	5519.506	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	636.388	1	636.388	4050.835	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	395.564	1	395.564	2065.857	0.000*
	Kroma (C^*) değeri	771.263	1	771.263	3563.625	0.000*
	Ton (h°) açısı	3308.260	1	3308.260	2611.815	0.000*
Etkileşim (AB)	İşıklılık (L^*)	3715.385	9	412.821	689.581	0.000*
	Kırmızı (a^*) renk tonu	546.657	9	60.740	386.629	0.000*
	Sarı (b^*) renk tonu	880.392	9	97.821	510.878	0.000*
	Kroma (C^*) değeri	815.125	9	90.569	418.477	0.000*
	Ton (h°) açısı	3955.218	9	439.469	346.953	0.000*
Hata	İşıklılık (L^*)	107.758	180	0.599		
	Kırmızı (a^*) renk tonu	28.278	180	0.157		
	Sarı (b^*) renk tonu	34.466	180	0.191		
	Kroma (C^*) değeri	38.957	180	0.216		
	Ton (h°) açısı	227.997	180	1.267		

Toplam	Işıklılık (L^*)	772947.054	200			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	8981.452	200			
	Sarı (b^*) renk tonu	74964.858	200			
	Kroma (C^*) değeri	84091.762	200			
	Ton (h°) açısı	1096514.510	200			
Düzeltilmiş Toplam	Işıklılık (L^*)	29999.467	199			
	Kırmızı (a^*) renk tonu	2087.489	199			
	Sarı (b^*) renk tonu	2774.358	199			
	Kroma (C^*) değeri	3270.063	199			
	Ton (h°) açısı	13911.358	199			
$\alpha \leq 0.05$ sütunundaki verilere göre *: Anlamlı						

Işıklılık (L^*) değerlerine ilişkin sonuçları Çizelge 3'de sunulmuştur. Belirlenmiş olan bu sonuçlara göre, toprak ortamında bekletilmesi sonrasında ışıklılık (L^*) değerlerinin armut, ığde, Amerikan ceviz, gülibrişim, ayous, gökнар, servi, karaçam ve huş ağaç türlerinde azaldığı ve *Eucalyptus grandis* ağaç türüne ait deney örneklerinde arttığı görülmektedir.

Çizelge 3. Işıklılık (L^*) değerlerine sonuçları

Ağaç Türü	İşlem	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-Mum	Maksi-Mum	Varyasyon Katsayısı
Armut	Öncesi	61.59	↓16.32	I	0.26	61.02	61.97	0.42
	Sonrası	51.54		M	0.72	50.42	52.75	1.39
<i>Eucalyptus grandis</i>	Öncesi	44.50	↑26.94	N	0.33	44.01	44.94	0.75
	Sonrası	56.49		L	0.55	55.32	57.24	0.98
İğde	Öncesi	57.46	↓30.75	K	0.50	56.42	57.85	0.87
	Sonrası	39.79		O	0.64	38.80	40.85	1.60
Amerikan Ceviz	Öncesi	45.16	↓19.31	N	0.46	44.60	46.04	1.02
	Sonrası	36.44		P**	1.02	35.17	38.53	2.80
Gülibrişim	Öncesi	73.10	↓16.99	D	0.33	72.55	73.59	0.45
	Sonrası	60.68		J	1.58	56.95	62.43	2.60
Ayous	Öncesi	78.55	↓20.41	B	0.19	78.11	78.76	0.24
	Sonrası	62.52		H	0.97	61.07	63.63	1.56
Gökнар	Öncesi	71.93	↓2.34	E	0.67	70.95	73.41	0.94
	Sonrası	70.25		F	1.55	67.40	71.97	2.20
Servi	Öncesi	79.41	↓20.65	A*	0.79	77.68	80.13	1.00
	Sonrası	63.01		H	0.70	61.42	63.80	1.11
Karaçam	Öncesi	76.66	↓12.20	C	0.74	75.40	78.03	0.96
	Sonrası	67.31		G	0.29	66.70	67.60	0.42
Huş	Öncesi	61.79	↓1.55	I	0.87	59.72	62.53	1.41
	Sonrası	60.83		J	0.38	60.34	61.49	0.63
Homojenlik Sütunu İçin *: En Yüksek Sonuç, **: En Düşük Sonuç								

Kırmızı (a^*) renk tonu değerlerine ilişkin sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Toprak testi sonrasında kırmızı (a^*) renk tonu değeri, armut, *Eucalyptus grandis*, ığde, Amerikan ceviz, gülibrişim, ayous, gökнар, karaçam ve huş ağaç türleri için azalırken, servi ağaç türü için artış tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kırmızı (a*) renk tonu değerlerine sonuçları

Ağaç Türü	İşlem	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-Mum	Maksi-Mum	Varyasyon Katsayısı
Armut	Öncesi	7.25	↓56.83	C	0.25	6.90	7.72	3.42
	Sonrası	3.13		I	0.50	2.55	3.88	15.90
<i>Eucalyptus grandis</i>	Öncesi	16.66	↓66.21	A*	0.45	16.21	17.59	2.71
	Sonrası	5.63		F	0.76	4.72	6.69	13.52
İğde	Öncesi	7.18	↓65.88	C	0.09	7.04	7.36	1.20
	Sonrası	2.45		J	0.46	1.84	3.06	18.83
Amerikan Ceviz	Öncesi	6.78	↓44.40	DE	0.16	6.54	6.99	2.34
	Sonrası	3.77		H	0.47	2.89	4.35	12.44
Gülbrişim	Öncesi	5.63	↓114.92	F	0.22	5.44	6.03	3.90
	Sonrası	-0.84		K**	0.47	-1.79	-0.35	-55.80
Ayous	Öncesi	5.60	↓27.32	F	0.14	5.36	5.84	2.48
	Sonrası	4.07		H	0.21	3.61	4.37	5.16
Gök nar	Öncesi	7.12	↓28.37	CD	0.40	6.73	8.00	5.64
	Sonrası	5.10		G	0.23	4.75	5.40	4.60
Servi	Öncesi	5.66	↑23.85	E	0.29	5.35	6.40	5.09
	Sonrası	7.01		CDE	0.42	6.56	7.91	6.04
Karaçam	Öncesi	6.72	↓0.89	E	0.32	6.14	7.22	4.73
	Sonrası	6.66		E	0.34	6.09	7.18	5.12
Huş	Öncesi	7.94	↓50.88	B	0.60	6.71	8.72	7.58
	Sonrası	3.90		H	0.44	3.42	4.80	11.27
Homojenlik Sütunu İçin *: En Yüksek Sonuç, **: En Düşük Sonuç								

Sarı (b*) renk tonu değerlerine ait sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Yapılan toprak testi sonrasında sarı (b*) renk tonu değeri *Eucalyptus grandis*, ayous ve servi ağaç türleri için azalırken, armut, iğde, Amerikan ceviz, gülbrişim, gök nar, karaçam ve huş ağaç türü için artış görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Sarı (b*) renk tonu değerlerine sonuçları

Ağaç Türü	İşlem	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-Mum	Maksi-Mum	Varyasyon Katsayısı
Armut	Öncesi	19.12	↓17.94	H	0.31	18.61	19.55	1.61
	Sonrası	15.69		K	0.65	14.91	16.64	4.16
<i>Eucalyptus grandis</i>	Öncesi	17.04	↑19.31	I	0.19	16.76	17.44	1.10
	Sonrası	20.33		EF	0.32	19.87	20.93	1.56
İğde	Öncesi	22.55	↓42.57	B	0.32	22.01	23.22	1.41
	Sonrası	12.95		L	0.43	12.26	13.64	3.35
Amerikan Ceviz	Öncesi	16.50	↓31.82	J	0.30	15.97	16.96	1.84
	Sonrası	11.25		N**	0.27	11.06	11.77	2.38
Gülbrişim	Öncesi	19.56	↓38.70	G	0.39	18.87	20.02	1.99
	Sonrası	11.99		M	0.60	11.18	12.93	4.98
Ayous	Öncesi	20.70	↑1.98	E	0.09	20.54	20.81	0.41
	Sonrası	21.11		CD	0.28	20.61	21.49	1.31
Gök nar	Öncesi	21.14	↓4.07	C	0.50	20.61	22.19	2.36
	Sonrası	20.28		F	0.21	19.95	20.67	1.04
Servi	Öncesi	20.73	↑12.54	DE	0.40	20.20	21.62	1.91
	Sonrası	23.33		A	0.20	23.08	23.66	0.87

Karaçam	Öncesi	23.40	↓3.59	A*	0.69	22.28	24.48	2.94
	Sonrası	22.56		B	0.44	21.85	23.06	1.96
Huş	Öncesi	23.32	↓29.55	A	0.77	21.35	24.07	3.30
	Sonrası	16.43		J	0.61	15.92	17.74	3.73

Homojenlik Sütunu İçin *: En Yüksek Sonuç, **: En Düşük Sonuç

Kroma (C^*) tonu değerlerine ait sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, toprak testi sonrasında kroma (C^*) değeri armut, *Eucalyptus grandis*, ığde, Amerikan ceviz, gülibrişim, göknar, karaçam ve huş ağaç türleri için azalırken, servi ve ayous ağaç türleri için artış elde edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kroma (C^*) tonu değerlerine sonuçları

Ağaç Türü	İşlem	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-Mum	Maksi-Mum	Varyasyon Katsayısı
Armut	Öncesi	20.45	↓21.71	G	0.36	19.84	20.91	1.76
	Sonrası	16.01		J	0.73	15.13	17.09	4.57
<i>Eucalyptus grandis</i>	Öncesi	23.83	↓11.46	C	0.33	23.35	24.42	1.38
	Sonrası	21.10		EF	0.41	20.42	21.70	1.94
İğde	Öncesi	23.67	↓44.28	C	0.29	23.17	24.26	1.21
	Sonrası	13.19		K	0.50	12.40	13.95	3.80
Amerikan Ceviz	Öncesi	17.84	↓33.41	H	0.30	17.40	18.35	1.66
	Sonrası	11.88		L**	0.35	11.43	12.55	2.92
Gülibrişim	Öncesi	20.35	↓40.88	G	0.42	19.64	20.90	2.08
	Sonrası	12.03		L	0.56	11.24	12.93	4.65
Ayous	Öncesi	21.44	↑0.28	E	0.09	21.32	21.55	0.41
	Sonrası	21.50		E	0.30	20.92	21.93	1.39
Göknar	Öncesi	22.31	↓6.28	D	0.60	21.70	23.59	2.68
	Sonrası	20.91		F	0.23	20.53	21.30	1.08
Servi	Öncesi	21.50	↑13.30	E	0.46	20.91	22.55	2.13
	Sonrası	24.36		B	0.30	24.01	24.89	1.24
Karaçam	Öncesi	24.35	↓3.37	B	0.75	23.16	25.52	3.07
	Sonrası	23.53		C	0.42	22.76	24.06	1.80
Huş	Öncesi	24.92	↓32.26	A*	0.57	24.08	25.85	2.28
	Sonrası	16.88		I	0.70	16.32	18.38	4.14

Homojenlik Sütunu İçin *: En Yüksek Sonuç, **: En Düşük Sonuç

Ton açısı (h°) tonu değerlerine ait sonuçları Çizelge 7'de gösterilmiştir. Ton açısı (h°) değerinde yapılan toprak testi sonrasında servi ve karaçam ağaç türü için azalış gösterirken, armut, *Eucalyptus grandis*, ığde, Amerikan ceviz, gülibrişim, ayous, göknar ve huş ağaç türleri için artış belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Ton açısı (h°) tonu değerlerine sonuçları

Ağaç Türü	İşlem	Ortalama	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Standart Sapma	Mini-Mum	Maksi-Mum	Varyasyon Katsayısı
Armut	Öncesi	69.23	↑13.75	I	0.48	68.01	69.65	0.69
	Sonrası	78.75		B	1.33	76.87	80.72	1.69
<i>Eucalyptus grandis</i>	Öncesi	45.66	↑63.25	K**	0.86	43.92	46.58	1.89
	Sonrası	74.54		DE	1.94	71.82	76.74	2.61

İğde	Öncesi	72.32	↑9.68	GH	0.38	71.80	73.13	0.53
	Sonrası	79.32		B	1.69	76.97	81.47	2.13
Amerikan Ceviz	Öncesi	67.65	↑5.69	J	0.57	66.63	68.68	0.84
	Sonrası	71.50		H	2.02	69.23	75.34	2.83
Gülibrişim	Öncesi	73.94	↑26.90	DEF	0.40	73.13	74.35	0.54
	Sonrası	93.83		A*	2.55	91.63	99.04	2.71
Ayous	Öncesi	74.86	↑5.65	D	0.38	74.28	75.44	0.50
	Sonrası	79.09		B	0.48	78.50	80.06	0.60
Gök nar	Öncesi	71.40	↑6.29	H	0.59	70.16	72.07	0.82
	Sonrası	75.89		C	0.60	74.93	76.79	0.79
Servi	Öncesi	74.68	↓1.89	D	0.56	73.50	75.64	0.76
	Sonrası	73.27		FG	0.84	71.47	74.28	1.14
Karaçam	Öncesi	73.97	↓0.58	DEF	0.32	73.55	74.62	0.44
	Sonrası	73.54		EF	0.89	72.27	75.14	1.20
Huş	Öncesi	71.36	↑7.46	H	0.94	70.09	73.18	1.31
	Sonrası	76.68		C	0.94	74.86	77.89	1.23
Homojenlik Sütunu İçin *: En Yüksek Sonuç, **: En Düşük Sonuç								

Çizelge 8’de toplam renk farklılıklarına ait sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, toplam renk farklılıklarına bakıldığında göknar odununda ΔE^* : 2.77, huş odununda ΔE^* : 8.09, karaçam odununda ΔE^* : 9.39, Amerikan ceviz odununda ΔE^* : 10.61, armut odununda ΔE^* : 11.39, gülibrişim odununda ΔE^* : 15.91, ayous odununda ΔE^* : 16.11, *Eucalyptus grandis* odununda ΔE^* : 16.62, servi odununda ΔE^* : 16.66 ve iğde odununda ΔE^* : 20.70 olarak bulunmuştur.

Ayrıca, DIN 5033, (1979) tarafından bildirilen renk değiştirme kriteri ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında göknar odunu “**belirgin**” kategorisini vermiştir. Buna ek olarak, gülibrişim, ayous, *Eucalyptus grandis*, servi ve iğde ahşap türleri “**çok güçlü**” kategorisini gösterirken, huş, karaçam, Amerikan ceviz ve armut ahşap türleri “**güçlü**” kategorisini verdiği görülmüştür.

Çizelge 8. Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları

Ağaç Türü	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE^*	ΔE^* için renk değiştirme kriteri (DIN 5033, 1979)	
Gök nar	-1.68	-2.02	-0.86	-1.40	1.70	2.77	1.5 ila 3.0	Belirgin
Huş	-1.09	-4.07	-6.90	-8.06		8.09	6.0 ila 12.0	Güçlü
Karaçam	-9.35	-0.06	-0.84	-0.82	0.18	9.39		
Amerikan Ceviz	-8.72	-3.01	-5.24	-5.96	1.00	10.61	> 12.00	Çok güçlü
Armut	-10.05	-4.12	-3.43	-4.44	3.00	11.39		
Gülibrişim	-12.42	-6.47	-7.57	-8.32	5.46	15.91	> 12.00	Çok güçlü
Ayous	-16.03	-1.53	0.41	0.06	1.59	16.11		
<i>Eucalyptus grandis</i>	11.99	-11.03	3.29	-2.73	11.18	16.62		
Servi	-16.40	1.35	2.60	2.86	0.61	16.66		
İğde	-17.71	-4.73	-9.62	-10.51	2.16	20.70		

Ayata ve Can, (2023) tarafından yapılan çalışmada, 12 hafta boyunca aktif toprağa maruz kalmış wenge (*Millettia laurentii*), manolya (*Magnolia grandiflora* L.) ve karakavak (*Populus nigra* L.) ağaç türlerinde renk değişiklikleri

belirlenmiştir. Sonuçlara göre, manolya ahşabında ΔE^* : 13.37, karakavak ahşabında ΔE^* : 6.92 ve wenge ahşabında ΔE^* : 14.24 olarak bulunduğu rapor edilmiştir. Buna ek olarak, yapılan renk ölçümleri sonunda, L^* , a^* , b^* , C^* ve h° parametrelerinin bu ağaç türleri üzerinde değiştiği bildirilmiştir.

4. Sonuçlar

- Toprak testi sonrasında b^* , L^* , a^* , C^* ve h° parametreleri ağaç türleri üzerinde farklı sonuçlar vermiştir.

- Varyans analizi sonuçlarına göre a^* , b^* , L^* , C^* ve h° parametreleri için faktörler (ağaç türü ve işlem) ve etkileşim için anlamlı elde edilmiştir.

- Toplam renk farkı ΔE^* değerleri büyükten küçüğe doğru iğde > servi > *Eucalyptus grandis* > ayous > gülibrişim > armut > Amerikan ceviz > karaçam > huş > göknar olarak bulunmuştur.

KAYNAKÇA

- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B., and Merlin, A., (2003). *Color stability of heat-treated wood during artificial weathering, Holz als Roh- und Werkstoff*, 61: 221-226. DOI: 10.1007/s00107-003-0389-2.
- Ayata, Ü., ve Can, A., (2023). Karakavak, wenge ve manolya odunlarında renk özellikleri üzerine aktif toprakta oluşan zararlı organizmalara karşı maruz kalmanın etkileri, Afrika 1. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 12-15 Ocak 2023, Kahire, 50-60.
- Brischke, C., and Alfredsen, G., (2020). Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104: 3781-3795. DOI: 10.1007/s00253-020-10479-1.
- Brischke, C., Meyer, L., and Olberding, S., (2014). Durability of wood exposed in ground-Comparative field trials with different soil substrates, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 86, Part B: 108-114. DOI: 10.1016/j.ibiod.2013.06.022.
- Brocco, V.F., Paes, J.B., da Costa, L.G., Kirker, G.T., and Brazolin, S., (2020). Wood color changes and termiticidal properties of teak heartwood extract used as a wood preservative, *Holzforschung*, 74(3): 233-245. DOI: 10.1515/hf-2019-0138.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Gezahegn, S., (2020). *Wood and Bamboo Biochars and Their Application in Soils and Biocomposites*. University of Toronto (Canada).
- Goodell, B., Qian, Y., and Jellison, J., (2008). Fungal Decay of Wood: Soft Rot-Brown Rot-White Rot. In *Development of Commercial Wood Preservatives*; ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, USA, Volume 982, pp. 9-31. ISBN 978-0-8412-3951-7.
- Hawley, L., Fleck, L., and Richards, C.A., (1924). The Relation between Durability and Chemical Composition in Wood. *Industrial & Engineering Chemistry*, 16(7): 699-700.
- Hon, D.N.S., and Minemura, N., (2000). Color and discoloration, *Wood and cellulosic chemistry*, 385-442.
- Klumpers, J., Janin, G., Becker, M., and Lévy, G., (1993). The influences of age, extractive content and soil water on wood color in oak: the possible genetic determination of wood color, In *Annales des sciences forestières* (Vol. 50, No. Supplement, pp. 403s-409s). EDP Sciences.
- Mahapatra, K., and Gustavsson, L., (2009). General conditions for constructi-

on of multi-storey wooden buildings in Western Europe. Reports, No 59: School of Technology and Design, Växjö University.

- Marais, B.N., Brischke, C., and Miltz, H., (2022). Wood durability in terrestrial and aquatic environments - A review of biotic and abiotic influence factors, *Wood Material Science & Engineering*, 17(2): 82-105. DOI: 10.1080/17480272.2020.1779810.
- Miklečić, J., Španić, N., and Jirouš-Rajković, V., (2012). Wood color changes by ammonia fuming, *BioResources*, 7(3): 3767-3778.
- Morrell, J.J., (2018). Protection of wood-based materials. In *Handbook of Environmental Degradation of Materials* (pp. 343-368). William Andrew Publishing.
- Musa, S.A., (2014). Effect of moisture on strength of four different wood species commonly used in North Cyprus (Doctoral dissertation, M. Sc Thesis submitted to Department of Civil Engineering Near East University, Cyprus).
- Paşil, P., (2016). Wood impregnation, Mendel University in Brno Faculty of Forestry and Wood Technology Department of Wood Science, Doctoral Thesis.
- Toumpanaki, E., Shah, D.U., and Eichhorn, S.J., (2021). Beyond what meets the eye: imaging and imagining wood mechanical-structural properties, *Advanced Materials*, 33(28): 2001613.
- TS ENV 807, (2006). Ahşap koruyucular - yumuşak çürüklük yapan mikro mantarlara ve toprakta gelişen diğer zararlı mikro organizmalara karşı etkinliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS ISO 3129, (2021). Odun - küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ugrenović, A., (1950). Tehnologija drveta. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Wang, Z., Zhuang, Z., Liu, Y., Ding, F., and Tang, M., (2021). Color classification and texture recognition system of solid wood panels, *Forests*, 12(9): 1154. DOI: 10.3390/f12091154.
- Wu, Y., Tang, C., Wu, J., and Huang Q.T., (2018). Research progress of transparent wood: a review, *Journal of Forestry Engineering*, 3(4): 12-18. DOI: 10.13360/j.issn.2096-1359.2018.04.002.
- Yang, X., Berthold, F., and Berglund, L.A., (2019). High-density molded cellulose fibers and transparent biocomposites based on oriented holocellulose, *ACS Appl Mater Interfaces*, 11: 10310-10319. DOI: 10.1021/acsami.8b22134.