



Araştırma Makalesi

**Journal of Innovative Engineering  
and Natural Science**

(Yenilikçi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi)

<https://dergipark.org.tr/en/pub/jiens>

## Farklı yöntemlerle üretilen az tuzlu doğal Gemlik siyah zeytinlerin muhafazası sırasında meyve renginde meydana gelen değişimler

ID Şahnur Irmak<sup>a</sup>, ID Semih Ötleş<sup>a,\*</sup><sup>a</sup>Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Üniversite Caddesi No 43, Bornova, İzmir, 35100, Türkiye.<sup>b</sup>Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Bornova, İzmir, 35100, Türkiye.**MAKELE BİLGİSİ****Makale Geçmişi:**

Geliş 13 Mayıs 2024

Düzeltilme 3 Eylül 2024

Kabul 19 Aralık 2024

Çevrimiçi mevcut

**Anahtar Kelimeler:**

Doğal siyah zeytin

Zeytin muhafazası

Meyve renk değişimi

Sertlik

**ÖZET**

Son yıllarda sağlığa olan önemli katkıları nedeniyle zeytin ürünlerine oldukça ilgi artmıştır. Ülkemizde daha çok tüketilen doğal sofralık siyah zeytinin tüketiciye doğal ve koruyucusuz olarak ulaşmasını sağlayabilmek için bu proje tasarlanmıştır. Aynı zamanda az tuzlu olarak üretilen doğal sofralık siyah zeytinlerin daha uzun süre raflarda sağlıklı bir şekilde bulunabilmesi için çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmada, fermantasyon süresince ve depolama sırasında zeytinlerde meydana gelen bazı fizikokimyasal değişimler değerlendirilmiştir. İşleme tekniklerinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve sertlik değerleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak işleme teknikleriyle beraber tuz miktarı, ambalaj tipi, ışın uygulaması ve depolamanın birlikte sofralık siyah zeytinlerin Sertlik,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerinde etkilerinin  $p<0,05$  düzeyinde önemli olduğu çalışmamızda tespit edilmiştir.

## Changes in fruit color during storage of low-salt natural Gemlik black olives produced by different methods

**ARTICLE INFO****Article history:**

Received 13 May 2024

Received in revised form 3 Sept 2024

Accepted 19 Dec 2024

Available online

**Keywords:**

Natural black table olive,

Olive storage,

Fruit color change,

Hardness

**ABSTRACT**

In recent years, interest in olive products has increased due to their important contributions to health. This project was designed to ensure that natural table black olives, which are consumed more in our country, reach the consumer naturally and without preservatives. Additionally, efforts have been made to ensure that natural table black olives, produced with low salt, can be found on the shelves in a healthier way for a longer period of time. In the study conducted for this purpose, some physicochemical changes occurring in olives during fermentation and storage were evaluated. It has been observed that processing techniques have a significant impact on  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and hardness values. Overall, it was determined in our study that the salt content, packaging type, irradiation application, and storage, in conjunction with processing techniques, have significant effects on the hardness,  $L$ ,  $a$ , and  $b$  values of table black olives at a  $p<0.05$  level.

**I. GİRİŞ**

Zeytin, tarım sektörümüzde büyük bir yer kaplar ve hem tarım alanlarının genişliği hem de üretim değeri açısından önemlidir [1]. Son yıllarda, zeytin ve zeytinyağının sağlık faydaları daha iyi anlaşılmış ve dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de zeytin ve zeytinyağı talebinde artışa neden olmuştur [2]. Bu nedenle, zeytin fidanlarının dikimi ülkemizin dört bir yanında yoğunlaşmış ve zeytin yetiştiriciliği alanında hızlı bir büyüme yaşanmaktadır.

Özellikle, son yıllarda dikilen zeytin fidanlarının çoğu Gemlik çeşididir ve bu çeşidin kullanımı büyük oranda artmıştır [3].

Ülkemizdeki zeytin ağacı varlığı UZZK tarafından 2023-2024 sezonunda yapılan rekolte çalışmasına göre, yaklaşık 195 milyon olduğu belirtilmektedir. 2023-2024 sezonunda 1.352.000 ton zeytin hasadı beklenmektedir. Bu zeytin varlığının 913 bin tonu zeytinyağı, 440 bin tonu ise sofralık zeytin üretiminde değerlendirileceği tahmin edilmektedir. %20\*25 'inin yeşil, %75-80 'inin ise siyah sofralık üretime gideceği tahmin edilmektedir [4].

Gemlik tipi zeytinler genellikle sofralık olarak kullanılır ve üretimi geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilir. Bu yöntemler arasında salamura, sele, yuvarlama ve teneke tipi işleme teknikleri bulunur. Bu işlemlerde kullanılan siyah zeytinler yüksek tuz içeriğiyle işlenir ve bu sayede muhafaza edilir. Örneğin, salamura siyah zeytinler, geleneksel üretim yöntemine uygun olarak tuzla baskı altına alınır ve ardından belirli oranlarda tuzlu salamuralarda saklanır. Yuvarlama yöntemiyle üretilen doğal siyah zeytinler ise kendi suyunda %8 tuz içinde çevrilerek acılığını kaybeder ve muhafaza edilir. Sonuç olarak, bu işlemler sonucunda elde edilen siyah zeytinler yüksek tuz içeriğiyle bilinir.

Sofralık zeytinler, besinsel açıdan son derece zengin ve çeşitlilik gösteren bir gıda maddesidir. Zeytinin şekli ve rengi çeşidine göre değişiklik gösterirken, besin değeri oldukça yüksektir [5, 6]. Ürünün kalitesi, hammadde kalitesi, kullanılan işleme teknolojisi, içerdiği besin maddeleri ve duyu özellikleri gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenir. Bu faktörlerin kombinasyonu, zeytinin son kalitesini ve besin değerini belirler [7, 8].

Zeytin meyvesindeki en önemli çözünebilir bileşikler arasında şekerler bulunur ve metabolik süreçler için gerekli olan enerjinin sağlanmasında kritik bir rol oynarlar. Olgunlaşma ve fermantasyon süreçleri sırasında zeytin meyvesinde şekerlerde çeşitli dönüşümler meydana gelir. Ayrıca, meyvenin dokusal yapısına bağlı olarak, şekerler hücre duvarının temel bileşenlerinden birini oluştururlar [9].

Modifiye atmosfer paketleme (MAP) tekniği, Avrupa'da eski zamanlardan beri bilinen ancak ticari olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde 1940'larda başlayan ve günümüzde hızla yayılan bir koruma yöntemidir. Ülkemizde ise özellikle 2000'li yıllardan itibaren kullanımı hızla artmıştır [10]. MAP, ürünleri soğuk ortamda muhafaza etmekten daha uzun süre ve daha kaliteli bir şekilde saklayarak raf ömrünü uzatır. Aynı zamanda, su kaybını da önler [10]. Vakum paketleme bir tür pasif modifiye atmosfer yöntemidir. Bu işlemde paket içerisindeki hava vakumla boşaltılır ve kapatılır. Bu yöntem genellikle et ürünlerinin muhafazasında kullanılmaktadır. Son yıllarda pek çok ürün için vakum paketleme oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Vakum paketlemede vakum içerisinde çok az da olsa bir miktar oksijen kalır. Ancak paket kalan düşük orandaki oksijen kısa sürede aerobik ve mikroaerofilik mikroorganizmalarca kullanılır ve karbondioksit üretilir [11, 12].

MAP'in temel amacı, ürünü saran atmosferin bileşimini değiştirmek, özellikle ortamdaki oksijen miktarını azaltmak ve böylece baskın mikrofloranın metabolizmasını yavaşlatmak, ürünün solunum hızını düşürmek, enzimatik ve oksidatif bozulma reaksiyonlarını azaltmak ve/veya mikrobiyolojik bozulmaları geciktirmektir [13].

Sofralık zeytinlerin ticari işlem ve muhafazası sürecinde, tüketici güvenliğini ve ürün kalitesini sağlamak için belirli standartlar ve sınırlar bulunmaktadır. Bu standartlar, pH değeri, serbest asitlik ve tuz konsantrasyonu gibi faktörlerdir ve bu değerler, ticari işleme ve muhafaza sürecinde uyulması gereken limitleri belirler [14, 15].

Gıda ışınlama teknolojisi, dünya genelinde gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede gıda korunması ve kalitesinin artırılması için geleneksel yöntemlere alternatif olarak benimsenmiştir. Bu yöntem, ısı pastörizasyonu,

konserve ve dondurma gibi fiziksel gıda işleme yöntemlerine benzer. Işınlama, gıdaların raf ömrünü uzatma, mikrobiyal yükü azaltma, üreme önleme ve mikroorganizma faaliyetlerini durdurma gibi önemli işlevleri yerine getirir [16, 17].

2011 yılında Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı", dünyadaki en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olan kronik hastalıkların ülkemizdeki artan ölüm oranlarının ana nedeni olduğunu vurgulamaktadır. Bu program, birçok kronik hastalığın temelinde yer alan aşırı tuz tüketiminin, değiştirilebilir bir sağlıksız beslenme alışkanlığı olduğunu belirtmektedir [18].

Hipertansiyon, dünyada önlenebilir ölüm nedenleri arasında birinci sıraya yerleşmiş önemli bir risk faktörüdür ve aşırı tuz tüketimi bu hastalığın oluşumunda belirleyici bir etkidir. Yapılan araştırmalar, ülkemizde tuz tüketiminin Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği değerin yaklaşık üç katı olduğunu göstermektedir. Bu fazla tuz alımı, yüksek kan basıncına yol açar ve bu da kalp hastalıklarının ve ölümlerinin önde gelen nedenlerinden biridir. Ayrıca, aşırı tuz tüketimi sadece yüksek kan basıncıyla ilişkili değildir; günümüzde önemli sağlık sorunları haline gelen mide kanseri, osteoporoz ve böbrek hastalıklarının gelişimiyle de yakından ilişkilidir [18].

Dünya Sağlık Örgütü'nün araştırmasına göre, Türkiye'de kişi başına günlük 18 gram tuz tüketildiği belirlenmiştir ve bu miktarın 5 gram seviyesine düşürülmesi önerilmektedir. Ülkemizde sofralık zeytin üretiminin %80'i siyah sofralık zeytinlerden oluşmaktadır ve tüketicilerin genellikle siyah zeytinleri tercih etmesi, bu projenin oluşumunda etkili olmuştur [18].

Bu proje kapsamında, az tuzlu doğal siyah zeytinlerin pazarda kalitesini kaybetmeden daha uzun süre dayanabilmesi için zeytinlerin muhafazasında tuz miktarı (%2-4), ambalaj şekli (vakum ve modifiye atmosfer - %60 N ve %40 CO<sub>2</sub>), ve soğuk pastörizasyon tekniği olan ışınlama (1,3,5 kGy) gibi uygulamalar test edilmiş ve uygun yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır.

## II. DENEYSEL METOT / TEORİK METOD

### II. Deneysel Metot

#### 2.1 Malzemeler ve Hazırlama Teknikleri

Zeytincilik Araştırma İstasyonu Bornova yerleşkesi ve Kemalpaşa yetiştirme sahasında bulunan Gemlik çeşidi zeytin ağaçlarından elde edilen siyah zeytinler araştırmada materyal olarak ele alınmıştır. Kasım ve Aralık aylarında denemeler için gerekli olan siyah zeytinler, genel olarak 5 olgunluk indeksinde (Oİ), ayrılan zeytin ağaçlarından rastgele ve ağaçların her yerinden olacak şekilde elle hasat edilmiştir. Hasat edilen zeytinler 25 kg'lık plastik kasalarda Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işleme tesislerine getirilmiştir.

#### 2.1.1 Ambalaj

Fermentasyonu biten ürünlerin ambalajlaması Tablo 1'de belirtilen özellikleri taşıyan paketlerle yapılmıştır. Modifiye Atmosfer Paketleme için azot (%60) + karbondioksit (%40) karışımı kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Ambalaj maddesinin özellikleri

Ürün adı	İncelik μ	O <sub>2</sub> - Geçirgenliği cc/24h/m <sup>2</sup> /atm	N <sub>2</sub> - Geçirgenliği cc/24h/m <sup>2</sup> /atm	Su buharı geçirgenliği g/24h/m <sup>2</sup>
OPA+PE Vakum paket	90±3	30	130	100

## 2.2 Metot

Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü işleme tesislerine getirilen zeytinler boylama makinesinde büyüklüklerine göre boylanmış ardından seçme bandında seçme işlemine tabi tutularak yaralı, bereli ve böcek hasarlı daneler ayrılmıştır. Ayrıca aynı olgunluk indeksinde zeytinler işlemeye alınacağı için yeşil ve pembe renkli zeytinler ayıklanmıştır. Dane üzerinde bulunan yabancı maddelerin uzaklaştırılması için tazyikli içilebilir nitelikte su ile ön yıkama işlemi yapılmıştır.

### 2.2.1 Gemlik salamura siyah zeytin işleme yöntemi

Yıkama işlemi biten zeytinler ayrı ayrı gıda işlemeye uygun fiberglas tanklara alınmıştır, içine havalandırma aparatları yerleştirilmiştir. Tuz ile zeytin katlanarak doldurulmuştur. İşlemede zeytin ağırlığının %2 ve %4 'ünü geçmeyecek kadar tuz kullanılmıştır. Zeytinlerin salamura yüzeyine çıkmasını engellemek için tankların üzeri kapakla kapatılmıştır. Zeytin ağırlığının %20-25 'i kadar ağırlık baskı amacıyla kullanılmıştır. İki gün baskı altında tutulan zeytinler, içilebilir nitelikte su ilave edildikten sonra sirkülasyon pompası vasıtasıyla tuz ve salamuranın iyice karışması amacıyla sirkülasyon yapılmıştır. Zeytinler ortam sıcaklığında, salamurada fermantasyona bırakılmıştır. Tuz konsantrasyonu fermantasyon süresince %2 ve %4 'te sabit tutulmuştur. İşleme süresince salamurada 15 günde bir pH, asitlik ve tuz kontrolleri yapılmış, yüzeyde gelişen oksidatif maya ve küfler temizlenmiştir. Fermantasyon süresince zeytinlere günde 2 saat blower (sıcak hava fanı) vasıtasıyla hava verilerek aerobik fermentasyonun gelişmesi sağlanmıştır [19].

### 2.2.2 Gemlik çevirme siyah zeytin işleme yöntemi

Zeytinler uygun olgunluk indeksinde (5,3 Oİ) hasat edilmiş ve yıkanmıştır. Zeytinler fermantasyon için gıda işlemeye uygun plastik bidonlara aktarılmış ve üzerine %6 tuz ilave edilmiştir. Kapların kapakları hava almayacak şekilde sıkıca kapatıldıktan sonra fermantasyonun sağlanması için zeytin kapları iki günde bir çevrilmiştir. Zeytinler fermantasyon sonuna kadar kendi suyunda bekletilmiştir [19].

### 2.2.3 Zeytinlerin ambalajlanması

Zeytinlerin fermantasyonu sağlandıktan sonra vakum ve MAP ambalajlama ile paketlenmiş ve ışın uygulanmasına geçilmiştir.

### 2.2.4 Zeytinlere Gama Işını uygulanması

Gamma ışınlaması, Tekirdağ Çerkezköy'deki Gamma-Pak Sterilizasyon Şirketi'nde otomatik bir Tote Box Işınlama (JS 9600, IR-185, Kanada) ile gerçekleştirildi. Sofralık zeytin paketleri alüminyum-çelik ışınlama

kutularına konuldu ve otomatik bir konveyörle ışınlama odalarına aktarıldı. Işınlama odalarında zeytinler, 101 Petabecquerel'e (PBq) kadar yükleme kapasitesine sahip metalik formdaki çift kapsüllü Kobalt-60 radyoaktif ışınlama kaynağından çıkan gama ışınlarına, kaynak etrafında pnömatik pistonlarla hareket ettirilerek maruz bırakıldı. Sofralık zeytinlere 1, 3, 5 kGy ışınlama dozları uygulandı. Radyasyon dozu, maruz kalma süresine göre hesaplandı.

### 2.3 Analizler

Olgunluk indeksi için, elle hasat edilerek işletmeye getirilen zeytinlerden değerlendirmeler sonucunda rastgele 100 adet zeytin alınmış ve kategorilere göre sınıflandırılarak olgunluk indeksi belirlenmiştir [14]. Kalibre için; hasat edilen zeytinlerden rastgele 100 g tartılmış ve zeytinler sayıldıktan sonra 10 ile çarpılarak kilogramdaki dane sayısı belirlenmiştir [15]. Et/çekirdek oranının belirlenmesi için rastgele seçilmiş zeytinlerden 100 g tartıldıktan sonra meyve eti çekirdekten ayrılmıştır. Çekirdekler iyice temizlenmiş ve sonrasında tartılmıştır. Toplam ağırlıktan çekirdek ağırlığı çıkarılarak et ağırlığı tespit edilmiş ve çekirdek ağırlığı et ağırlığı ile kıyaslanarak et/çekirdek oranı belirlenmiştir [15].

Zeytinlerin renk ölçümüne ait  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri, Minolta CR-300 model chromameter (Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler Ege Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Doku (sertlik) ölçümü, el penetrometresi kullanılarak mN cinsinden Mitutoyo Shore A shoremetre cihazı ile (sertlik skala aralığı 0-100 Shore A, ölçüm aralığı 10-90 Shore A ve uç çapı 0.79 mm) yapılmıştır. Zeytin örneği için sertlik, mN delme kuvveti olarak belirlenmiştir. Zeytinler ele alındıktan sonra gösterge sıfırlanmış ve üç noktadan ölçüm yapılmıştır. 15 adet zeytinde yapılan ölçümün ortalamaları alınarak zeytinlerin sertlik değerleri hesaplanmıştır.

İstatistiksel analiz, deneme tesadüf parselleme desenine göre faktöriyel düzende, 2 tekrarlı 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. İncelenen faktörlerin (ambalaj, ışın dozları, depolama süresi) etkilerinin anlamlı olup olmadığının belirlenebilmesi için varyans analizi yapılmıştır. Anlamlı çıkan faktörler çoklu karşılaştırma için Duncan testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

## III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Projenin çalışılmasında tuz miktarı, ambalaj tipi, ışın dozu miktarına göre verilen numune kodları Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Örnek kodları ve açıklamaları

Paketleme Teknikleri	Vakum Paket (V)				Modifiye Atmos. Pak. (MAP)			
	0	1	3	5	0	1	3	5
İşılama dozları								
Çevirme Zeytin (A)	AV0	AV1	AV3	AV5	AMP0	AMP1	AMP3	AMP5
Çevirme Zeytin (B)	BV0	BV1	BV3	BV5	BMP0	BMP1	BMP3	BMP5
Salamura zeytin (C)	CV0	CV1	CV3	CV5	CMP0	CMP1	CMP3	CMP5
Salamura zeytin (D)	DV0	DV1	DV3	DV5	DMP0	DMP1	DMP3	DMP5

\*AC: %2 tuzlu zeytin BD: %4 tuzlu zeytin 0: Kontrol grupları

Çalışmada, öncelikle ham madde ve fermantasyon döneminin sonunda sofralık salamura siyah zeytinlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ham değerlere ait veriler Tablo 3'te, fermantasyon sonunda elde edilen veriler ise Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Gemlik zeytinlerinin başlangıç (0.gün) fiziksel ve kimyasal parametre değerleri

Özellikler	Değerleri
Olgunluk indeksi	5,02
Et/Çekirdek oranı	6,45
Kalibre (dane adeti/kg)	304
Yağ miktarı (%)	34,81

**Tablo 4.** Fermantasyon dönemi sonunda fiziksel ve kimyasal parametre değerleri

Parametreler	A	B
Nem (%)	49,57	49,63
Tuz (%)	1,76	2,27
İndirgen şeker (%)	0,69	0,63
Serbest asitlik (%)	0,82	0,75
pH	4,55	4,70
Yağ (%)	33,84	33,19

### 3.1 $L^*$ değeri

Çalışma süresince tespit edilen  $L^*$  değeri ölçümlerine ait ortalama veriler ve bu verilere ait standart sapma değerleri salamura ve çevirme zeytin örnekleri için de Tablo 5 ve 6'da sunulmuştur. Araştırmamızda ham zeytinlerde tespit edilen 27,33  $L^*$  değeri, Kutlu ve Şen'in [24] ham Gemlik zeytinlerin 25,17; Alvarez ve ark. [25] Arauco zeytin çeşidinde 21,21 olarak tespit ettikleri  $L^*$  değerlerinden yüksek; Romeo ve ark. [26]'nın 30,31 olarak tespit ettikleri  $L^*$  değerlerinden düşük bulunmuştur. Esti ve ark. [27] tarafından yapılan çalışmada, Gentile (Colletorto) zeytin çeşidinde 4,9 olgunluk indeksinde  $L^*$  değerinin 29,3 olduğu, Leccino çeşidinde ise 4,8 olgunluk indeksinde 28,4 olarak ölçüldüğü belirlenmiştir. Araştırmacılar, olgunluk arttıkça  $L^*$  değerinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu farklılıkların çeşit özellikleri ve hasat zamanına bağlı olarak değişebileceği düşünülmektedir. Fermantasyon ve depolama süresinin sonunda, salamura yöntemiyle hazırlanan zeytin örneklerinde tespit edilen  $L^*$  değerlerinin, çevirme yöntemiyle hazırlananlara kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 5 ve 6). İstatistiksel analiz sonuçlarına göre zeytin örneklerinin  $L^*$  değerlerine işleme yöntemlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir (Tablo 7).

Farklı salamuralardaki siyah zeytinler üzerinde yapılan bir çalışmada, fermantasyonun sonunda  $L^*$  değerlerinin en düşük 23,46 ile 28,27 arasında, en yüksek ise 45,57 ile 52,79 arasında değiştiği belirlenmiştir [28]. İlgili çalışmanın sonuçlarına göre,  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinde fermantasyonun ardından azalma,  $a^*$  değerinde ise artış gözlenmiştir [29]. Benzer şekilde, yürütülen araştırmada her iki işleme yönteminde de fermantasyonun sonunda  $L^*$  değerlerinde azalma olduğu ancak bu azalmanın çevirme zeytinlerinde daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, fermantasyonun salamurasız ortamda gerçekleşmesi nedeniyle çevirme zeytinlerinde bulunan suda çözünebilir renk maddelerinin kaybının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir.

%2 ve %4 tuz konsantrasyonlarında işlenen zeytin örneklerinde fermentasyon sonu ve depolama süresince  $L^*$  değerlerinin tespit edildiği bir araştırmada, çevirme yöntemiyle işlenen zeytinlerde fermentasyon sonu  $L^*$  değerinin %2 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerde %4 tuzlu örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, salamura zeytinlerinde de  $L^*$  değerinin %2 tuz konsantrasyonundaki örneklerde %4 tuzlu örneklere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 5, 6). Çevirme ve salamura zeytinlerin her iki grubunda da, tuz

miktarına bağlı olarak  $L^*$  değerlerinde farklılıklar olmasına rağmen, zeytin işleme yöntemlerine göre ayrı ayrı gruplandırılarak yapılan varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (Tablo 7).

**Tablo 5.** Çevirme zeytinlerde  $L^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri									
		Ham	Fermente	Depolama süresi (Ay)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
2	V.0	27,33	22,24	22,71	23,98	21,76	21,74	22,43	24,42	24,42	25,64
	V.1	27,33	22,24	22,74	21,97	22,08	22,52	22,13	25,04	25,06	25,7
	V.3	27,14	22,34	23,02	23,32	23,3	22,46	22,88	26,08	25,05	25,93
	V.5	27,33	22,24	23,01	22,71	22,37	21,71	22,11	25,14	25,72	26,51
	MAP.0	27,33	22,24	23,18	24,52	22,77	21,73	22,61	23,18	24,8	25,76
	MAP.1	27,33	22,24	23,07	24,33	19,81	22,32	22,13	24,17	26,2	26,98
	MAP.3	27,33	22,24	23,55	23,55	20,84	22,62	23,07	24,57	26,14	25,86
	MAP.5	27,33	22,24	23,06	24,24	22,99	23,41	24,14	24,68	24,79	25,38
4	V.0	27,33	21,7	22,93	23,59	21,78	22,84	22,62	25,94	25,67	25,41
	V.1	27,33	21,7	22,97	23,65	22,1	21,92	22,85	25,37	24,67	24,38
	V.3	27,33	21,7	22,28	23,6	21,73	22,52	23,21	25,77	25,53	26,05
	V.5	27,33	21,7	22,23	24,15	22,28	22,35	23,11	25,85	24,81	24,66
	MAP.0	27,33	21,7	23,32	23,37	23,3	21,85	22,56	26,06	26,02	25,94
	MAP.1	27,33	21,7	23,02	24,28	21,71	23	22,95	25,82	25,94	25,47
	MAP.3	27,33	21,7	23,31	25,05	22,78	21,91	22,54	26,75	24,99	24,89
	MAP.5	27,33	21,7	22,11	24,1	22,96	22,53	23,09	25,9	25,49	25,9

Çevirme ve salamura yöntemleriyle işlenmiş her iki zeytin grubunda %2 ve %4 tuzlu örneklerin depolama süresinin sonunda, MAP ambalajlı örneklerin vakum ambalajlı örneklerden daha yüksek  $L^*$  değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, ambalaj tekniklerinin karşılaştırılmasında önemli bir bulgu olarak ortaya çıkmıştır. Zeytin işleme yöntemlerine göre ayrı ayrı değerlendirilen verilere göre, çevirme ve salamura zeytin grupları için her ikisinde de ambalaj tekniğinin  $L^*$  değeri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Sığır bifteklerinin hava ve MAP+CO<sub>2</sub> ile ambalajlanması üzerine yapılan çalışmada, en düşük  $L^*$  değerlerinin vakum paketli ürünlerde olduğu belirlenmiştir [30]. Bu bulgu, benzer şekilde, düşük  $L^*$  değerlerinin vakum paketli ürünlerde tespit edilen çalışmayla uyumlu bir şekilde ortaya konmuştur.

**Tablo 6.** Salamura zeytinlerde  $L^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri									
		Ham	Fermente	Depolama süresi (Ay)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
2	CV.0	27,33	24,62	23,94	23,64	24,97	24,31	24,04	28,35	26,03	26,66
	CV.1	27,33	24,62	23,59	23,92	25,07	24,56	24,65	27,75	28,18	28,47
	CV.3	27,33	24,62	23,79	23,80	24,89	24,92	24,26	27,93	27,83	28,70
	CV.5	27,33	24,62	24,41	25,40	25,72	24,77	25,04	26,97	26,85	27,74
	CMP.0	27,33	24,62	23,45	23,64	25,48	24,99	25,15	28,09	28,30	29,28
	CMP.1	27,33	24,62	24,14	25,42	25,11	25,23	25,34	27,35	28,07	28,86
	CMP.3	27,33	24,62	25,22	26,17	24,70	24,99	24,88	28,41	27,81	28,59
	CMP.5	27,33	24,62	24,52	25,61	25,89	24,57	24,59	27,89	27,80	28,05
4	DV.0	27,33	24,30	24,06	25,00	24,55	23,77	24,16	28,12	24,62	26,41
	DV.1	27,33	24,30	24,62	25,56	25,09	24,20	24,85	26,13	27,75	27,94
	DV.3	27,33	24,30	24,19	24,36	24,87	23,78	24,27	28,75	27,83	28,28
	DV.5	27,33	24,30	23,22	24,15	25,00	24,01	24,57	28,53	26,24	27,46
	DMP.0	27,33	24,30	24,41	24,95	25,35	24,37	25,04	28,44	28,62	30,73
	DMP.1	27,33	24,30	24,25	24,42	25,18	24,42	25,46	26,48	28,50	29,34
	DMP.3	27,33	24,30	24,39	25,52	25,31	24,62	24,35	26,72	27,97	28,80
	DMP.5	27,33	24,30	24,29	25,38	25,25	25,70	24,81	28,22	28,25	28,46

Zeytin örneklerinin  $L^*$  değeri üzerindeki ışın uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla, fermantasyon sonrası ışın uygulanmayan ve farklı dozlarda ışın uygulanan (1, 3 ve 5 kGy) gruplar şeklinde farklı ambalaj (vakum ve MAP) teknikleri ile paketlenerek depolandı. Çevirme zeytin örneklerinin %2 tuzlu vakum ambalajlı ürünleri hariç diğer gruplarında, ışın uygulaması yapılmayan ya da düşük dozlarda ışın uygulanan örneklerde, yüksek dozda ışın uygulanan örneklerle karşılaştırıldığında  $L^*$  değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak %2 tuzlu vakum ambalajlı ürünlerde, diğer gruplardan farklı olarak ışın uygulamasının  $L^*$  değerini artırıcı bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Tablo 5, 6, 7, 8). Salamura zeytin örneklerinin vakum ambalajlı %2 ve %4 tuzlu ürünlerinde uygulanan ışın dozunun  $L^*$  değerini artırıcı bir etkiye sahip olduğu, ancak MAP ambalajlı %2 ve %4 tuzlu ürünlerinde ise  $L^*$  değerini azaltıcı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5, 6).

**Tablo 7.**  $L^*$  değerlerinde istatistiki farkları önemli bulunan uygulamalar

Varyasyon kaynakları	Kareler top.	Ser. der.	Kareler ort.	F	Önem
İşleme Yöntemi	1439,187	1	1439,187	225,214	0,000
Ambalaj	96,071	1	96,071	15,034	0,000
Zaman	3067,069	9	340,785	53,328	0,000
İşleme Yöntemi * Işın Dozu	52,445	3	17,482	2,736	0,043
İşleme Yöntemi * Zaman	341,2	9	37,911	5,933	0,000
İşleme Yöntemi * Tuz * Zaman	122,49	9	13,610	2,130	0,025
Tuz * Işın Dozu * Zaman	11,337	3	3,779	4,876	0,002

Zeytin işleme yöntemlerine göre ayrı ayrı gruplandırılan  $L^*$  değerleri üzerinde yapılan varyans analizinde, sadece salamura zeytin örnekleri için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Yüksek bir ışın dozu olan 14 kGy'nin Lycium meyve örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde hafif bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Ancak, ışın dozları arasındaki farkın ve depolama süresinin önemli bir etkisinin bulunmadığı ifade edilmiştir [31]. Öte yandan, çilek ve ahududu meyveleri üzerinde yapılan çalışmada, ışın uygulamasının depolama sırasında renk değerleri üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir [32]. MAP + CO<sub>2</sub> uygulamasının ışın dozlarına bakılmaksızın  $L^*$  ve  $a^*$  değerini yükselttiğini, sadece vakum ambalajların etkin bir şekilde düşük  $L^*$  değeri göstermiştir [33]. Araştırmamızda da çevirme zeytinlerde ışın uygulamasının etkisinin görülmediği ancak salamura zeytinlerde ışın uygulamasının etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Bu durumun salamura zeytinlerde nem miktarının daha fazla olmasından kaynaklanabileceği kanaatine varılmıştır. Araştırmamızda kullanılan ışın dozlarının sadece salamura zeytinler için  $L^*$  değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı, bu da sadece salamura zeytinler için uygulanan doz miktarının  $L^*$  değerini belirleyici bir faktör olduğunu düşündürmektedir. İstatistiksel olarak, depolama sürecinin  $L^*$  değeri üzerinde etkili olduğu, işleme yöntemlerine göre yapılan varyans analizlerinde  $p < 0,05$  düzeyinde anlamlılık belirlenmiştir.

HHP (High Hydrostatic Pressure) uygulamasının ardından 12 aylık depolama sürecinde  $L^*$  değerinde hafif bir azalma ve örneklerin daha koyu renge sahip olduğu belirtilmiştir [33]. Ancak, bu bulgu, araştırmamızın sonuçlarıyla uyumlu değildir. Hammadde de 30,31 olan  $L^*$  değerinin, %12 tuzlu salamura içinde bekletilmesi sırasında 52,66'ya yükseldiği belirtilmiştir [26]. Araştırmamızda sofralık zeytinlerin depolama sürecinde ambalaj içinde oksijensiz koşullarda saklanması renkte bir açılma, başka bir ifade ile  $L^*$  değerlerinde artışa neden olduğu görülmüştür. Bu durum, Romeo ve ark.'nın (2012) [26] çalışmasının sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.



Tüm zeytin örneklerinden elde edilen  $L^*$  değeri verilerine göre, depolama süresince meydana gelen değişimin, her bir zeytin işleme yöntemi, tuz konsantrasyonu ve ışın uygulaması ile uygulanan doz miktarı düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7).

**Tablo 8.** Salamura zeytinlerde  $L^*$  değeri üzerinde etkili olan ışın uygulamaları

Işın Dozu	N	Subset	
		1	2
Duncana,b	0	160	25,7505
	5	160	25,8643
	1	160	25,9733
	3	160	26,575
Sig.			0,562
			0,06

Homojen alt gruplarda grupların ortalaması gösterilmiştir. Hata kareler ortalaması=10,256. a. Örneklem büyüklüğü= 160. b. Alfa= 0,05

### 3.2 $a^*$ değerleri

Deneme süresince tespit edilen  $a^*$  değerleri ölçümlerine ait ortalama veriler ve bu verilere ait standart sapma değerleri çevirme ve salamura zeytin örnekleri için sırasıyla Tablo 9 ve 10'de sunulmuştur. Zeytin örneklerinin  $a^*$  değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 9.** Çevirme zeytinlerde  $a^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri		Depolama süresi (Ay)							
		Ham	Fermente	1	2	3	4	5	6	7	8
2	V.0	4,05	8,36	4,89	4,52	4,02	5,47	6,46	5,5	8,44	7,41
	V.1	4,05	8,36	5,49	5,78	4,17	5,02	6,28	5,92	8,6	6,67
	V.3	4,02	8,53	6,03	5,52	4,52	5,48	5,77	6,79	8,15	6,65
	V.5	4,05	8,36	5,02	5,43	4,02	4,93	4,99	5,47	8,61	6,66
	MAP.0	4,05	8,36	5,57	5,57	3,79	5,39	6,13	4,89	9,26	7,13
	MAP.1	4,05	8,36	5,75	5,51	4,67	4,84	5,95	5,67	9,81	6,77
	MAP.3	4,05	8,36	5,95	5,97	4,21	5,02	5,51	5,5	8,1	6,8
	MAP.5	4,05	8,36	5,42	5,22	4,33	4,67	4,25	5,47	8,77	6,49
	V.0	4,05	8,03	5,14	5,76	4,45	4,68	4,84	6,27	8,77	7,72
	V.1	4,05	8,03	4,95	4,45	4,27	4,76	5,01	5,7	7,84	6,31
4	V.3	4,05	8,03	5,6	5,3	5,84	5,09	4,44	5,78	8,22	6,64
	V.5	4,05	8,03	5,48	4,38	4,22	4,21	4,85	5,8	9,13	7,76
	MAP.0	4,05	8,03	5,17	5,66	4,37	6,01	4,63	5,37	8,75	7,89
	MAP.1	4,05	8,03	6,21	5,41	4,61	4,64	4,43	4,43	8,3	6,67
	MAP.3	4,05	8,03	5,76	4,83	4,33	5	4,64	5,41	9,19	6,23
	MAP.5	4,05	8,03	5,69	5,64	4,37	4,58	4,49	5,27	8,17	7,59

Araştırmamızda ham zeytinlerde 4,05 olarak tespit edilen  $a^*$  değeri, diğer bazı araştırmacıların [24-26, 34] tespit ettikleri değerlerden düşük olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, farklı zeytin çeşitleri üzerinde, olgunlaşma sürecinin  $a^*$  değerini önemli ölçüde etkilediği rapor edilmiştir. Çalışmadaki belirlenen değerlerdeki farklılığın, muhtemelen hasat zamanı ve çeşit özelliklerinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir [35]. Fermantasyon sonunda belirlenen  $a^*$  değerleri ile depolama süresinin sonunda ölçülen  $a^*$  değerleri, salamura yöntemiyle işlenen zeytin örneklerinde çevirme yöntemiyle işlenenlere kıyasla daha yüksek düzeylerde bulunmuştur (Tablo 9 ve 10). İşleme yöntemlerine göre  $a^*$  değerlerinde gözlemlenen farklılıklar, işleme yöntemlerinin  $a^*$  değeri üzerindeki etkisini göstermektedir. Zeytin işleme yöntemlerine bağlı olarak tespit edilen  $a^*$  değerlerindeki değişim, tüm zeytin örnekleri için yapılan varyans analiziyle de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 11).

**Tablo 10.** Salamura zeytinlerde  $a^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj/ Işın	Analiz dönemleri									
		Ham	Fermente	Depolama süresi (Ay)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
2	CV.0	4,05	9,56	7,44	7,24	4,6	5,96	7,08	6,38	8,86	8,34
	CV.1	4,05	9,56	7,22	6,3	4,5	6,61	7,66	6,85	8,99	9
	CV.3	4,05	9,56	7,06	6,17	5,82	6,64	6,22	7,06	7,97	7,3
	CV.5	4,05	9,56	7,06	6,98	6,05	6,72	6,78	7,22	8,23	8,47
	CMP.0	4,05	9,56	6,7	8,03	4,47	6,81	6,98	6,43	8,69	8,04
	CMP.1	4,05	9,56	6,52	7,52	5,28	7,01	7,25	7,19	8,25	8,33
	CMP.3	4,05	9,56	6,38	6,34	5,55	7,08	6,75	7,26	8,26	8,03
	CMP.5	4,05	9,56	7	8,24	5,67	6,25	6,44	7,01	8,16	8,27
	4	DV.0	4,05	8,43	6	6,26	4,08	5,54	5,29	5,53	6,56
DV.1		4,05	8,43	5,3	5,77	4,46	5,61	4,76	5,44	6,72	8,6
DV.3		4,05	8,43	4,89	4,95	4,22	6,09	5,85	5,03	6,9	8,61
DV.5		4,05	8,43	4,45	4,79	4,31	4,18	4,87	5,22	7,88	9
DMP.0		4,05	8,43	5,49	5,7	5,68	5,53	4,82	5,07	7,7	8,78
DMP.1		4,05	8,43	5,95	6,72	5,14	5,39	4,8	4,45	7,29	9,07
DMP.3		4,05	8,43	5,55	6,46	5,21	5,64	5,22	4,74	7,28	9,11
DMP.5		4,05	8,43	5,85	7,04	4,97	5,21	4,64	5,52	7,42	9,34

Farklı salamuralarda fermantasyon periyodu sonunda siyah zeytinlerin ortalama  $a^*$  değerleri, 10,21 ile 15,31 arasında belirlenmiştir [28]. Diğer bir çalışmada ise depolama sürecinde  $a^*$  değerinde bir artış olduğu belirtilmektedir [29]. Örneğin, siyah zeytinlerin %7 tuzlu salamurada 30 ile 90 gün bekletilmesi sırasında,  $a^*$  değerinin hafif bir artış gösterdiği ve sırasıyla 9,27 ile 8,29 olarak ölçüldüğü bildirilmiştir [26]. Benzer şekilde, çalışmamızda da her iki işleme yönteminde fermantasyon sonunda  $a^*$  değerlerinde artış gözlenmiştir.

**Tablo 11.**  $a^*$  değerlerinde istatistiki farkları önemli bulunan uygulamalar

Varyasyon kaynakları	Kareler top.	Ser.der.	Kareler ort.	F	Önem
İşleme Yöntemi	138,891	1	138,891	62,982	0
Zaman	2620,807	9	291,201	132,049	0
İşleme Yöntemi * Zaman	129,83	9	14,426	6,541	0
Tuz * Zaman	43,896	9	4,877	2,212	0,019

Farklı tuz konsantrasyonlarında işlenen zeytin örneklerinde tuz miktarının  $a^*$  değeri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla fermantasyon sonu ve depolama süresince  $a^*$  değerleri ölçülmüştür. Çevirme yöntemi ile işlenen zeytinlerde, fermantasyon sonu  $a^*$  değeri %2 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerde %4 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde, salamura zeytinlerde de  $a^*$  değeri %2 tuz konsantrasyonundaki örneklerde %4 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerden daha yüksek ölçülmüştür. Her iki işleme yönteminde, tuz miktarına bağlı olarak  $a^*$  değerlerinde farklılıklar gözlenmiş olmasına rağmen, tüm zeytin örneklerinden elde edilen veriler ile zeytin işleme yöntemlerine göre ayrı ayrı gruplandırılarak yapılan varyans analizinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Depolama süresinin sonunda, ambalaj teknikleri açısından karşılaştırıldığında, çevirme yöntemi ile işlenmiş %2 ve %4 tuzlu her iki ürün tipinde vakum ambalajlı örneklerin MAP ambalajlı örneklerden daha yüksek  $a^*$  değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Salamura yöntemleri ile işlenmiş %2 tuzlu ürünlerde ise vakum ambalajlı örneklerin, %4 tuzlu ürünlerde ise MAP ambalajlı örneklerin yüksek  $a^*$  değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ambalaj farklılığına bağlı olarak  $a^*$  değerlerinde gözlenen bu değişimler, tüm zeytin örneklerinden elde edilen verilerle istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Üzümsü meyveler üzerinde yapılan çalışmada, MAP ve farklı oksijen geçirgenliğine sahip filmlerle paketlenen ürünlerde depolama sürecinde  $a^*$  değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın, pigmentlerin bozunmasına ve polifenol oksidaz enziminin aktivitesine bağlı olduğu belirtilmektedir [36]. Benzer şekilde, bu çalışmada da bu

bulgulara ulaşılmış olup, bazı gruplarda depolama sürecinin ilk aylarında  $a^*$  değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Ancak, depolama sürecinin ilerleyen aşamalarında bir artış meydana gelmiştir.

Çevirme zeytin örneklerinde, %4 tuzlu vakum ambalajlı ürünler dışındaki gruplarda, ışın uygulaması yapılmayan veya düşük dozlarda ışın uygulanan örneklerde, yüksek dozda ışın uygulanan örneklere kıyasla  $a^*$  değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. %4 tuzlu vakum ambalajlı ürünlerde ise diğer grupların aksine, ışın uygulamasının  $a^*$  değerini artırıcı bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Salamura zeytinlerin hem vakum hem de MAP ambalajlı her iki grubunda da %2 ve %4 tuzlu ürünlerde, ışın uygulamasının veya uygulanan ışın dozunun  $a^*$  değerini artırıcı bir etkiye sahip olduğu Tablo 10'da görülebilmektedir. Sığır eti örnekleri üzerinde yapılan çalışmada, ambalajlama yöntemlerinin ve ışın uygulamasının  $a^*$  değerini belirgin şekilde etkilediği görülmüştür. Işın uygulaması yapılmayan örneklerde daha yüksek  $a^*$  değeri tespit edilirken, MAP uygulanan örneklerin diğer gruplardan daha yüksek  $a^*$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir [24]. Ayrıca, depolama sürecinde ışın + MAP uygulanan paketlerin diğer paketlerden önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve bu kombinasyonun önemli avantajlar sağladığı belirtilmiştir. Bu bulgular, Chanloy ve ark. tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile de benzerlik göstermektedir, onlar da ışınlamanın  $a^*$  değeri üzerinde artırıcı bir etki yarattığını ifade etmişlerdir [37].

14 kGy gibi yüksek ışın dozunun  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde hafif bir azalmaya sebebiyet verdiğini ancak ışın dozları arasındaki fark ile depolama süresinin etkisinin  $a^*$  değeri için önemli olmadığı belirtilmektedir [31]. Işın dozları uygulamasının çilek ve ahududu meyvelerinin renk değerleri üzerinde etkili olmadığını ve depolama sırasında rengin sabit kaldığını bildirmektedirler [32]. Araştırmamızda da 1, 3 ve 5 kGy gibi nispeten daha düşük dozlarda ışın uygulaması yapıldığından ışın uygulamasının  $a^*$  değerleri üzerindeki etkisinin yapılan bu çalışmalarla benzer olarak önemsiz olduğu değerlendirilebilir. Işın uygulamasının farklı dozlarının ve uygulanmayan grupların  $a^*$  değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı, Duncan çoklu karşılaştırma analizi ile desteklenmiştir (Tablo 12). Ancak, depolama sürecinin  $a^*$  değerleri üzerinde etkili olduğu ve bu etkinin tüm zeytinlerden elde edilen  $a^*$  değerleri için uygulanan varyans analizi ile  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 11). Ayrıca, tüm zeytin örneklerinden elde edilen  $a^*$  değerleri verilerine göre, depolama süresince her bir zeytin işleme yöntemi ve her bir tuz konsantrasyonu düzeyinde farklılık gösterdiği, bu farklılıkların da  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 11).

### 3.3 $b^*$ değerleri

Ham dane, fermente ürün, ambalajlama sonrası depolama süresince zeytin örneklerinde tespit edilen  $b^*$  değerleri, çevirme ve salamura zeytin örnekleri için Tablo 13 ve 14'te verilmiştir. Çalışmamızda, ham zeytinlerin  $b^*$  değeri 0,91 olarak belirlenmiştir. Bu değer, diğer çalışmalarda belirtilen  $b^*$  değerlerinden farklılık göstermektedir. Örneğin, bazı araştırmacılar [24, 25] Gemlik çeşidi zeytinlerde -1,40 ve Arauco çeşidi zeytinlerde -3,56 olarak belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada ise 2,96  $b^*$  değeri tespit edilmiştir [26]. Toker ve Aksoy'un yaptığı çalışmada ise Ayvalık çeşidi siyah zeytinlerin  $b^*$  değerleri -0,21 ve -0,63 olarak bulunmuştur [34]. Bu farklılıkların hasat zamanı ve çeşit farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 13.** Çevirme zeytinlerde  $b^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri		Depolama süresi (Ay)							
		Ham	Fermente	1	2	3	4	5	6	7	8
2	V.0	0,91	4,95	5,85	8,48	9,59	9,37	7,71	10,79	7,37	9,62
	V.1	0,91	4,95	6,74	7,48	6,92	9,18	10,59	11,35	7,32	9,48
	V.3	0,91	4,95	5,78	6,82	7,2	7,05	8,18	9,09	7,4	8,52
	V.5	0,91	4,95	6,28	7,09	6,21	6,21	7,12	7,44	10,09	8,7
	MAP.0	0,91	4,95	7,09	5,87	6,97	5,72	7,5	8,59	8,69	9,83
	MAP.1	0,91	4,95	5,16	7,31	5,56	6,23	8,13	10,14	9,92	9,3
	MAP.3	0,91	4,95	5,33	5,53	5,93	8,19	10,48	8,88	9,82	8,93
	MAP.5	0,91	4,95	5,28	5,19	6,73	9,82	9,67	9,4	8,19	8,56
4	V.0	0,91	4,16	7,52	7,6	7,47	8,68	9,83	7,43	7,61	8,9
	V.1	0,91	4,16	5,87	6,04	6,91	7,13	10,73	8,01	7,83	8,97
	V.3	0,91	4,16	6	4,77	9,51	6,77	9,57	8,5	9,68	9,15
	V.5	0,91	4,16	6,28	5,81	7,48	7,02	8,85	7,04	9	9,57
	MAP.0	0,91	4,16	7,59	9,08	7,18	7,15	8,86	8,19	7,98	8,84
	MAP.1	0,91	4,16	7,76	6,32	7,91	7,79	9,36	7,71	8,56	10,05
	MAP.3	0,91	4,16	7,78	6,21	6,41	7,35	9,71	5,89	9,29	9,51
	MAP.5	0,91	4,16	7,2	7,66	5,88	7,47	7,62	5	12,57	12,07

Fermantasyonun sonunda ve depolama sürecinin sonunda elde edilen  $b^*$  değerleri, salamura işlemi uygulanan zeytin örneklerinde çevirme yöntemiyle işlenenlere göre daha yüksek seviyelerde bulunmuştur (Tablo 13 ve 14). İşleme yöntemlerine bağlı olarak  $b^*$  değerlerindeki bu farklılıklar, işleme yöntemlerinin  $b^*$  değerini etkilediğini göstermektedir. Zeytin işleme yöntemlerine göre belirlenen  $b^*$  değerlerindeki değişim, tüm zeytin örneklerinden elde edilen veriler üzerinde uygulanan varyans analizi ile de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 15).

**Tablo 14.** Salamura zeytinlerde  $b^*$  değerleri

Tuz (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri		Depolama süresi (Ay)							
		Ham	Fermente	1	2	3	4	5	6	7	8
2	CV.0	0,91	4,23	6,91	5,97	7,3	8,5	9,13	8,38	10,64	10,79
	CV.1	0,91	4,23	6,53	7,75	7,97	10,3	9,49	9,2	11,15	11,18
	CV.3	0,91	4,23	6,2	6,25	8,29	8,79	8,45	8,34	11,26	11,2
	CV.5	0,91	4,23	7,54	7,46	7,86	8,83	9,04	9,82	9,53	10,5
	CMP.0	0,91	4,23	6,94	5,63	6,73	9,5	10,97	9,56	10,43	11,1
	CMP.1	0,91	4,23	7,51	6,88	7,23	11,24	8,2	6,95	9,38	9,47
	CMP.3	0,91	4,23	5,91	5,44	8,69	9,86	10,23	7,18	9,28	9,69
	CMP.5	0,91	4,23	6,9	6,2	10,17	8,51	8,82	7,22	9,92	10,73
4	DV.0	0,91	6,96	7,1	6,41	10,69	9,49	10,3	5,26	11,54	11,17
	DV.1	0,91	6,96	7,86	9,1	7,93	10,74	11,37	5,72	10,02	10,95
	DV.3	0,91	6,96	6,25	5,9	10,94	8,78	10,73	11,52	9,83	10,38
	DV.5	0,91	6,96	7,21	5,86	11,35	8,25	10,37	8,1	10,01	11,23
	DMP.0	0,91	6,96	7,7	7,43	7,98	9,9	8,61	10,95	9,9	11,11
	DMP.1	0,91	6,96	8,7	7,21	10,67	11,61	9,43	11,22	10,69	10,84
	DMP.3	0,91	6,96	8,16	6,53	11,33	8,71	9,84	9,93	9,6	10,44
	DMP.5	0,91	6,96	7,66	6,11	9,45	9,36	8,82	10,44	9,87	10,76

Siyah zeytinlerin farklı salamuralarındaki fermantasyon sonundaki  $b^*$  değerleri, 1,09 ile 23,46 arasında değişkenlik gösterirken, maksimum değerlerinin 22,45 ile 48,21 arasında olduğu bildirilmiştir [28]. Diğer bir araştırma [29] ise fermantasyon sonrası  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinde azalma,  $a^*$  değerinde ise artma olduğunu belirtmektedir. Çalışmamızdaki sonuçlar, %7 tuzlu salamura içinde bekletilen siyah zeytinlerin  $b^*$  değerlerinde artış gösterdiği yönündeki önceki çalışmayla uyumludur [26]. Her iki işleme yönteminde de fermantasyon sonunda  $b^*$  değerlerinde meydana gelen artışın benzerliği göz önüne alındığında, salamura zeytinlerinde daha belirgin bir artışın salamuranın nispeten daha yüksek asitliğiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 13'ten anlaşılacağı üzere, çevirme yöntemiyle işlenen zeytinlerde, fermantasyon sonu  $b^*$  değerleri %2 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerde, %4 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerden daha yüksek olarak

belirlenmiştir. Salamura zeytinlerinde ise  $b^*$  değerleri, %4 tuz konsantrasyonundaki örneklerde, %2 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 14). Çevirme ve salamura yöntemleriyle işlenmiş zeytinlerde, tuz miktarına bağlı olarak  $b^*$  değerlerinde farklılıklar tespit edilmiştir. Ancak, tüm zeytin örnekleri için yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, sadece salamura zeytinlerinde bu farklılıklar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 15).

**Tablo 15.**  $b^*$  değerlerinde istatistiki farkları önemli bulunan uygulamalar

Varyasyon kaynakları	Kareler top.	Ser. der.	Kareler ort.	F	Önem
İşlemeYöntemi	275,705	1	275,705	80,701	0,000
Tuz	45,798	1	45,798	13,405	0,000
Zaman	8513,178	9	945,909	276,874	0,000
İşlemeYöntemi * Tuz	51,175	1	51,175	14,979	0,000
İşlemeYöntemi * Zaman	149,976	9	16,664	4,878	0,000
Tuz * Zaman	97,746	9	10,861	3,179	0,001
İşlemeYöntemi * Tuz * Zaman	147,893	9	16,433	4,81	0,000
İşlemeYöntemi * Ambalaj * Zaman	67,623	9	7,514	2,199	0,020
İşlemeYöntemi * IşınDozu * Zaman	168,195	27	6,229	1,823	0,007
Tuz * Ambalaj * Zaman	80,161	9	8,907	2,607	0,006
İşlemeYöntemi * Tuz * Ambalaj * Zaman	59,292	9	6,588	1,928	0,045

Depolama süresinin sonunda, ambalaj teknikleri açısından yapılan karşılaştırmada, çevirme yöntemiyle işlenmiş %2 tuzlu ürünlerde vakum ambalajlı örneklerin; %4 tuzlu ürünlerde ise MAP ambalajlı örneklerin daha yüksek  $b^*$  değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, salamura yöntemleriyle işlenmiş %2 ve %4 tuzlu her iki grup üründe de vakum ambalajlı örneklerin yüksek  $b^*$  değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 14). Ambalaj türüne bağlı olarak  $b^*$  değerlerinde görülen değişiklikler, tüm zeytin örneklerinden alınan veriler ve işleme yöntemlerine göre ayrı ayrı gruplandırılan verilerle değerlendirildiğinde istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır (Tablo 15). Sığır eti örneklerinde yapılan çalışmada, aerobik, vakum ve modifiye atmosfer ambalajlarında ışın uygulaması yapıldığında,  $b^*$  değerlerinin  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerine göre daha az etkilendiği, her bir örnek grubunda (hem vakum hem de MAP ambalajlı) 4 haftalık depolama süresince  $b^*$  değerlerinde hafif bir artış gözlemlendiği belirtilmiştir [30]. Benzer şekilde, yaptığımız çalışmada da, depolama süresi boyunca hem vakum hem de MAP ambalajlı örneklerde  $b^*$  değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Çevirme zeytin örneklerinin %2 tuzlu vakum ve MAP ambalajlı ürünlerinde, ışın uygulaması yapılmayan veya düşük dozlarda ışın uygulanan örneklerde, yüksek dozda ışın uygulanan örneklerle kıyaslandığında  $b^*$  değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak %4 tuzlu vakum ve MAP ambalajlı ürünlerde, %2 tuzlu ürünlerin aksine, ışın uygulaması ve uygulanan doz miktarının  $b^*$  değerini artırıcı yönde etki ettiği gözlemlenmiştir (Tablo 13). Salamura zeytinlerinde ise, %4 tuzlu vakum ambalajlı ürünler haricinde, diğer tüm salamura zeytin gruplarında, ışın uygulaması veya uygulanan doz miktarının  $b^*$  değerini azaltıcı yönde etkili olduğu görülmüştür (Tablo 14). İstatistiki olarak, ışın uygulamasının ve uygulanan ışın dozu miktarının  $b^*$  değeri üzerinde etkili olmadığı, tüm zeytin örneklerinde ayrı ayrı gruplandırılarak yapılan  $b^*$  değeri analizlerinde belirlenmiştir (Tablo 16).

14 kGy gibi yüksek ışın dozlarının kullanıldığı bir çalışmada, örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde hafif bir azalma meydana geldiği ancak ışın dozları arasındaki farkın ve depolamanın etkisinin önemli bulunmadığı belirtilmiştir [31]. Başka bir çalışmada ise çilek ve ahududu meyvelerinde ışın dozlarının renk değerleri üzerinde depolama sırasında etkili olmadığı gözlemlenmiştir [32]. Araştırmamızda ise nispeten daha düşük dozlarda (1, 3 ve 5 kGy) ışın uygulaması yapıldığından,  $b^*$  değerleri üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Farklı dozlarda ışın uygulanan gruplar ile ışın uygulaması yapılmayan gruplar arasında,  $b^*$  değerleri üzerinde ışın

uygulanmasının veya uygulanan ışın dozu miktarlarının istatistiki olarak önemli olmadığı, Duncan çoklu karşılaştırma analizi ile de desteklenmiştir (Tablo 16). Araştırmamızda kullanılan ışın dozlarının çevirme ve salamura zeytinlerin her iki grubunda da  $b^*$  değeri miktarına etki ettiği ancak uygulanan ışın dozu miktarının istatistiki olarak önemli bir etki yaratmadığı görülmektedir.

Depolama süresince, analize alınan zeytin örneklerinden elde edilen sonuçlar göstermektedir ki depolama süreci  $b^*$  değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Tablo 15). İstatistiki olarak, depolama sürecinin  $b^*$  değeri üzerinde etkili olduğu ve bu etkinin tüm zeytinlerden elde edilen  $b^*$  değerlerine ait veriler için uygulanan varyans analizi ile  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. HHP uygulamasının ardından yapılan bir çalışmada, 335 günlük depolama sürecinde örneklerin renklerinde hafif bir degradasyon olduğu, ancak  $b^*$  değerinin etkilenmediği belirtilmiştir [33]. Bu bulgular, kendi araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu değildir. Başka bir çalışmada ise, hammadde olarak kullanılan zeytinlerin %7 tuzlu salamura içinde 90 gün bekletilmesi sonucunda  $b^*$  değerinde bir artış gözlemlendiği bildirilmiştir [26]. Çalışmamızda da benzer bir şekilde, depolama sürecinde elde edilen sofralık zeytinlerin  $b^*$  değerlerinde artış gözlemlenmiştir,

Zeytin işleme yöntemlerine göre yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, çevirme zeytinlerde depolama süresine bağlı olarak  $b^*$  değerinde meydana gelen değişimlerin, her bir tuz konsantrasyonu, ambalaj çeşidi ve ışın uygulaması ile doz miktarı düzeyinde; salamura zeytinlerde ise her bir tuz konsantrasyonu ve ambalaj çeşidi düzeyinde istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 15). Depolama süresinin sonunda en yüksek  $b^*$  değerleri çevirme zeytinlerde, %2 ve %4 tuzlu örneklerde MAP ambalajlı ürünlerde ve ışın uygulanmamış veya 5 kGy dozda ışın uygulanmış örneklerde ölçülmüştür. En düşük değerler ise %2 ve %4 tuzlu vakum ambalajlı örneklerde saptanmıştır (Tablo 13). Salamura zeytinlerde ise en yüksek  $b^*$  değeri, %2 ve %4 tuzlu vakum ambalajlı ürünlerde ve 3 ve 5 kGy dozda ışın uygulanmış örneklerde ölçülmüştür. En düşük  $b^*$  değerleri ise %2 tuzlu ürünlerin MAP ambalajlı ve %4 tuzlu ürünlerin vakum ambalajlı örneklerinde belirlenmiştir (Tablo 14). Çevirme zeytin örnekleri için, ham daneden itibaren başlayan süreçte 0,91 olan  $b^*$  değeri, fermantasyonun sonunda %2 tuzlu örneklerde 4,95'e, %4 tuzlu örneklerde ise 4,16'ya yükselmiştir. Ayrıca, fermantasyon sonrası depolama süresinin 8. ayına kadar her iki tuz grubunda da  $b^*$  değerinde artış gözlemlenmiştir (Tablo 13 ve Tablo 14). Salamura zeytinler için ise ham danede belirlenen 0,91  $b^*$  değeri, fermantasyon sonunda %2 tuzlu örneklerde 4,23'e, %4 tuzlu örneklerde ise 6,96'ya yükselmiştir. Benzer şekilde, fermantasyon sonrası depolama süresinin 8. ayına kadar her iki tuz grubunda da  $b^*$  değerinde artış tespit edilmiştir (Tablo 13 ve Tablo 14).

### 3.4 Sertlik Değeri

Deneme süresince tespit edilen sertlik değerleri ölçümlerine ait ortalama veriler ve bu verilere ait standart sapma değerleri salamura zeytin örnekleri için de Tablo 16 ve 17'de sunulmuştur. Çevirme yöntemiyle işlenen zeytin örneklerinde fermantasyon sonunda belirlenen sertlik değerleri ile depolama sürecinin sonunda tespit edilen değerler, salamura yöntemiyle işlenen örneklerden daha yüksek seviyelerde olmuştur (Tablo 16 ve 17).

İşleme yöntemlerine bağlı olarak belirlenen sertlik değerlerindeki farklılıklar, işleme yöntemlerinin meyvenin tekstürü üzerindeki etkisini göstermektedir. Tüm zeytin örneklerinden elde edilen sertlik değerleri üzerinde yapılan varyans analizi, bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (Tablo 18). Sofralık zeytin

işleme süreçlerinde, tuz kullanımı, proses koşulları, pH, asitlik ve tuz konsantrasyonu gibi faktörler meyvenin tekstüründe belirleyici rol oynamaktadır. Yeşil zeytinlerde alkali uygulamasının (et pH'sı 11-12) tekstürde önemli bir artışa neden olduğu bilinmektedir, ancak bu etkinin pH 3-4 seviyesindeki fermantasyon sonrasında minimal olduğu gözlemlenmektedir. Bir çalışmada [38] siyah zeytinlerin tekstür gelişiminin salamura işleminden sonra gerçekleştiğini belirtirken, başka bir araştırma [25] Manzanilla zeytinlerinde fermantasyonun meyve sertliği üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu etkinin çeşitlere göre değiştiği ve bazı zeytin türlerinde fermantasyonun başlangıcında yüksek tuz konsantrasyonunun meyve sertliğine olumlu katkı sağladığı ifade edilmektedir. Ancak, bu etkinin her çeşitte aynı olmadığı ve bazı durumlarda sertliği artırmak için CaCl<sub>2</sub> ilavesi ve hava verilmesinin kullanıldığı belirtilmektedir [25].

Çevirme siyah zeytin yönteminde ve salamura zeytinlerinde de fermantasyonun ilk aşamalarında hafif bir sertlik kaybı yaşanmasına rağmen, tuzun su kaybıyla birlikte tekstür gelişimine katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Salamura zeytinlerinde, işleme sürecinde uygulanan baskı ve hava verilmesi, fermantasyon sonrası sertlik kaybını telafi ederek tekstür gelişimine yardımcı olmuştur. Çevirme yöntemiyle işlenen zeytinlerde, fermantasyon sonrası sertlik değerleri %4 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerde %2 tuz konsantrasyonu uygulanan örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Salamura zeytinlerinde ise sertlik değerleri %2 ve %4 tuz konsantrasyonu uygulanan örnekler arasında benzer düzeylerde ölçülmüştür (Tablo 16 ve Tablo 17). Tuz miktarına bağlı olarak sertlik değerlerindeki değişimler, tüm zeytin örnekleri için ayrı ayrı gruplandırılarak yapılan istatistiksel analizlerde p<0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Tablo 16.** Çevirme zeytinlerde Sertlik değerleri (mN)

Tuz (%)	Ambalaj / İşin	Analiz dönemleri									
		Ham	Fermente	Depolama süresi (Ay)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
2	V.0	18,06	14,14	16,89	16,97	17,75	15,71	16,73	15,31	15,76	16,28
	V.1	18,06	14,14	16,13	17,56	16,74	16,23	15,82	15,3	15,32	15,28
	V.3	18,06	14,14	16,1	17,2	16,16	16,03	15,63	14,58	14,97	14,91
	V.5	18,06	14,14	16,08	16,88	16,57	15,47	15,9	15,51	15,19	15,06
	MAP.0	18,06	14,14	16,59	16,45	16,92	15,46	16,11	15,49	15,34	15,29
	MAP.1	18,06	14,14	16,16	17,78	17,87	17,32	16	15,04	15,32	15,28
	MAP.3	18,06	14,14	16,4	17,2	16,29	16,57	15,68	16,03	15,7	15,48
	MAP.5	18,06	14,14	16,77	17,74	17	17,34	16,35	16,37	15,62	15,54
4	V.0	18,06	15,49	19,14	18,21	17,93	17,73	16,89	16,3	16,2	15,93
	V.1	18,06	15,49	19,15	18,32	17,79	17,14	16,82	16,87	16,55	15,97
	V.3	18,06	15,49	19,8	17,43	18,58	17,85	16,93	16,46	16,46	16,22
	V.5	18,06	15,49	18,05	17,75	17,57	16,5	15,63	16,24	15,81	15,77
	MAP.0	18,06	15,49	19,05	18,14	17,6	17,19	16,76	16,21	15,89	16,11
	MAP.1	18,06	15,49	18,58	17,99	17,32	16,87	16,52	15,91	15,87	15,62
	MAP.3	18,06	15,49	18,87	15,94	16,89	16,55	16,4	15,28	15,39	15,24
	MAP.5	18,06	15,49	19,51	15,37	17,42	17,21	15,45	15,83	15,43	15,29

Depolama süresinin sonunda, çevirme yöntemiyle işlenmiş %2 ve %4 tuzlu zeytin örneklerinde vakum ambalajlı ürünlerin, MAP ambalajlı ürünlere kıyasla daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu Tablo 16'dan görülebilir. Salamura yöntemiyle işlenmiş zeytinlerde ise %2 ve %4 tuzlu örneklerin her iki grubunda da MAP ambalajlı ürünlerin sertlik değerlerinin, vakum ambalajlı ürünlere oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 17).

Ambalaj farklılığına bağlı olarak sertlik değerlerinde gözlenen bu değişimler, tüm zeytin örneklerinden elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde p<0,05 düzeyinde önem bulmuştur. Ambalaj değişikliğinden kaynaklanan sertlik değerlerindeki farklılıkların, tüm zeytin örneklerinde tespit edilen sertlik değerlerine uygulanan varyasyon analizlerinde, her bir tuz seviyesi için p<0,05 düzeyinde önemli olduğu sonucuna da varılmıştır (Tablo 18).

Ambalaj değişikliğinden kaynaklanan sertlik değerlerindeki farklılıkların, çevirme ve salamura tekniğiyle işlenmiş zeytinlerin her iki grubu için de sadece tuz konsantrasyonu farklılığına bağlı olarak değerlerde istatistiksel olarak önemli değişimler meydana geldiği ve bu değişimlerin  $p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 18). İşleme sürecinin zeytin eti üzerindeki etkileri incelendiğinde, öncelikle mekaniksel özelliklerin değiştiği görülmektedir. İşlenmiş zeytinlerde dokunun ham zeytinlere kıyasla 4-5 kat daha sert olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, sele tipi işleme yönteminin pektik polisakaritler üzerinde güçlü bir etkisi olduğu vurgulanmıştır [38]. Hücre duvarında bulunan polisakaritlerin olgunlaşma ve işleme sürecinde meyve eti dokusundaki değişimlerde önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir. İşleme süreci, özellikle zeytin etindeki pektik polisakaritlerin çözünürlüğünü artırarak doku sertliğinde azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle, işleme sürecinin zeytin meyve etinin dokusundaki değişimlere önemli katkı sağladığı belirtilmektedir [38]. Çalışmamızın sonuçları, her iki tuz miktarında da meyve sertliğinin değiştiğini göstermektedir. Fermantasyon sürecinin ardından, başlangıçtaki meyve sertliği değerlerine kıyasla bir azalma meydana gelmiştir. Bu azalmanın, daha sonra hafif su kaybıyla ve bekletme sürecinde tuzun dokudaki etkisiyle birlikte, dokunun korunduğu ve tekstürün geliştiği belirlenmiştir. Zaman içinde ise meyve etinde sertlik kaybının özellikle depolamanın sonuna doğru arttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Fadda ve ark. [39] ile Tassou ve ark. [40] tarafından belirtilen sonuçlarla uyumludur. Bu çalışmalarda da zamanla NaCl 'ün etkisiyle meyve tekstürünün geliştiği ancak pektik maddelerde meydana gelen bozunma ile birlikte sertlikte azalma olduğu bulguları ortaya konmuştur.

**Tablo 17.** Salamura zeytinlerde Sertlik değerleri (mN)

Tuz, (%)	Ambalaj / Işın	Analiz dönemleri									
		Ham	Fermente	Depolama Süresi (Ay)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
2	V.0	18,06	14,82	16,24	16,15	15,52	14,8	14,5	14,62	14,69	14,48
	V.1	18,06	14,82	15,14	17,1	15,88	15,23	14,42	14,74	14,64	14,52
	V.3	18,06	14,82	15,87	15,33	14,73	14,89	14,31	14,85	14,71	14,79
	V.5	18,06	14,82	14,6	15,98	14,64	14,45	14,7	14,21	14,61	14,33
	MAP.0	18,06	14,82	15,12	15,37	15,42	14,88	15,3	14,86	15	14,7
	MAP.1	18,06	14,82	14,8	14,97	16,04	14,54	14,79	14,94	14,96	14,81
	MAP.3	18,06	14,82	15,49	15,74	15,29	15,1	14,55	14,52	14,51	14,23
	MAP.5	18,06	14,82	17,62	16,44	14,66	16,68	16,48	15,4	15,51	15,43
	4	V.0	18,06	14,64	18,18	18,49	17,21	16,93	15,34	14,91	14,68
V.1		18,06	14,64	16,66	17,96	16,41	15,53	15,26	14,98	14,89	14,72
V.3		18,06	14,64	17,73	17,94	16,65	16,37	15,69	15,16	14,8	14,98
V.5		18,06	14,64	17,54	15,64	16,81	15,88	15,7	15,1	15,14	15,01
MAP.0		18,06	14,64	16,67	17,21	15,1	15,33	15,31	14,48	14,63	14,59
MAP.1		18,06	14,64	15,93	17,41	16,23	15,99	15,17	14,59	14,62	14,47
MAP.3		18,06	14,64	15,26	17,18	15,69	15,09	15,06	14,97	14,77	14,77
MAP.5		18,06	14,64	16,58	17,65	14,92	15,14	14,9	14,66	14,86	14,71

Çevirme zeytin örneklerinde, %2 tuzlu MAP ambalajlı ürünler dışındaki gruplarda, ışın uygulanmayan veya düşük dozlarda ışın uygulanan örneklerde sertlik değerinin, yüksek dozda ışın uygulanan örneklerden daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 16). Ancak, %2 tuzlu MAP ambalajlı ürünlerde, diğer gruplardan farklı olarak, ışın uygulamasının tersine bir etki gösterdiği ve sertlik değerini artırıcı bir etki gösterdiği gözlemlenmiştir (Tablo 16). Tablo 17'ye göre, salamura zeytin örneklerinin %2 tuzlu vakum ambalajlı ürünlerinde, ışın uygulamasının veya uygulanan ışın dozunun sertlik değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ancak, MAP ambalajlı ürünlerde, uygulanan doz miktarına bağlı olarak sertlik değerinde bir artışın gözlemlendiği tespit edilmiştir. %4 tuzlu salamura zeytinlerde ise, vakum ambalajlı ürünlerde ışın uygulamasının veya uygulanan ışın dozunun doz miktarına bağlı olarak sertlik değerini artırdığı, MAP ambalajlı ürünlerde ise azalttığı gözlemlenmiştir.



Elma dilimlerinde yapılan bir çalışmada, 0,34 kGy'nin üzerindeki ışın uygulamalarının sertlik üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [41]. Benzer şekilde, ıspanaklar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, 4°C'de 7 gün depolama sonrasında sertliğin azaldığı gözlemlenmiştir [42]. Mango ve üzümü meyvelerde yapılan bir çalışmada ise 1,5 ve 3,1 kGy dozlarında ışın uygulamasının depolama süresinde sertlikte önemli bir azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir [43]. Çalışmamızda da benzer şekilde, ışın miktarının sertlik üzerinde azaltıcı bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, bu etkinin oluşmasında zamanın ve depolamanın da etkisinin bulunabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 18.** Sertlik değerlerinde istatistiki farkları önemli bulunan uygulamalar

Varyasyon kaynakları	Kareler toplamı	Ser. Der.	Kareler ortalaması	F	Önem
İşleme yöntemi	258,93	1	258,93	334,071	0,000
Tuz	120,854	1	120,854	155,925	0,000
Ambalaj	4,145	1	4,145	5,348	0,021
ZAMAN	1240,864	9	137,874	177,885	0,000
İşleme Yöntemi * Tuz	6,836	1	6,836	8,819	0,003
İşleme Yöntemi * ZAMAN	78,582	9	8,731	11,265	0,000
Tuz * Ambalaj	33,891	1	33,891	43,726	0,000
Tuz * Işın Dozu	11,337	3	3,779	4,876	0,002
Tuz * ZAMAN	82,81	9	9,201	11,871	0,000
Ambalaj * Işın Dozu	18,877	3	6,292	8,118	0,000
İşleme Yöntemi * Tuz * ZAMAN	46,86	9	5,207	6,718	0,000
Tuz * Ambalaj * Işın Dozu	12,133	3	4,044	5,218	0,001
Tuz * Ambalaj * ZAMAN	13,725	9	1,525	1,968	0,040
İşleme Yöntemi * Tuz * Ambalaj * Işın Dozu	9,844	3	3,281	4,234	0,006

İstatistiksel analizlerimiz, ışın uygulamasının ve uygulanan ışın dozlarının sertlik değeri üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu göstermektedir. Tüm zeytin örneklerine ait sertlik değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre, ışın uygulaması ve uygulanan doz miktarlarına bağlı olarak sertlik değerlerinde gözlenen değişiklikler, her bir tuz seviyesi ve her bir ambalaj çeşidi için istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlıdır (Tablo 18). Duncan çoklu karşılaştırma analizi, ışın uygulaması yapılmayan gruplar ile farklı dozlarda ışın uygulanan gruplar arasında sertlik değeri üzerindeki etkileri karşılaştırmak için uygulanmıştır. Tablo 19'dan da görüldüğü üzere, ışın uygulaması yapılmayan örnekler ile farklı dozlarda ışın uygulanan örnekler arasında sertlik değerinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Özellikle, ışın uygulaması yapılmamış olan örnekler ile 3 kGy dozda ışın uygulanan örneklerin sertlik değerleri, 1 ve 5 kGy dozda ışın uygulanan örneklerden farklılık göstermiştir. Çevirme zeytinlerin %2 tuzlu MAP ambalajlı ürünlerinde, ışın uygulamasının sertlik değerini artırıcı, ancak diğer ürünlerde azaltıcı etkisi olduğu belirlenmiştir. Salamura zeytinlerin %2 tuzlu MAP ve %4 tuzlu vakum ambalajlı ürünlerinde ise ışın uygulamasının sertlik değerlerini artırıcı etkide olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmamızda kullanılan ışın dozlarının, çevirme ve salamura zeytinlerin her iki grubunda da sertlik değerine istatistiki anlamda önemli bir etki yarattığı görülmüştür. Bu bulgular, ışın uygulamasının ve uygulanan ışın dozu miktarının zeytinlerdeki sertlik değerini belirleyici yönde önemli bir faktör olduğunu düşündürmektedir.

Depolama süresi boyunca, zeytin işleme yöntemi, tuz konsantrasyonu, ambalajlama tekniği ve ışın uygulaması gibi faktörlerin varlığının, sertlik değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Araştırma bulguları, depolama sürecinin ilerleyen aylarında bu faktörlerin sertlik değerlerindeki değişimi belirlemede kritik bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Tablo 16, 17). Depolama sürecinin sertlik değerlerini etkilediği istatistiksel olarak belirlenmiş ve bu etkinin zeytin örneklerinden elde edilen sertlik verileri için yapılan varyans analizi ile

$p < 0,05$  düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Tablo 18). Zeytin örneklerinden elde edilen sertlik değeri verilerine dayanarak, depolama süresince gözlemlenen değişikliklerin her bir zeytin işleme yöntemi, her tuz konsantrasyonu ve her ambalaj çeşidi için farklılık gösterdiği belirlenmiş ve bu farklılıkların  $p < 0,05$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (Tablo 18). Depolama süresi ve 3 yıllık raf ömrü boyunca zeytinlerin başlangıçtaki sertlik değerlerine kıyasla %35 ila %52 arasında bir kayıp yaşandığı belirtilmektedir [44]. Siyah zeytinlerde yapılan çalışmalar, kabuktaki sertliğin salamura süresince arttığını ve tuz miktarının aslında meyve etinin sertliğini etkilemediğini, ancak salamura süresince 180 gün boyunca önemli bir azalma gözlemlendiğini göstermektedir [39, 40]. Bu bulgular, çalışmamızda da depolama süresi boyunca sertliğin azaldığına dair elde edilen bulgularla uyumludur.

**Tablo 19.** Sertlik değeri üzerinde etkili olan ışın uygulamaları

Işın Dozu	N	Subset	
		1	2
Duncana,b	3	320	
	5	320	
	1	320	
	0	320	
	Sig.	0,148	0,113

Homojen alt gruplarda grupların ortalaması gösterilmiştir. Hata kareler ortalaması=,775. a. Örneklem büyüklüğü= 320. b. Alfa= 0,05

#### IV. Sonuç

Sertlik ve renk, sofralık zeytinlerin tüketiciler tarafından satın alınma kararının verilmesinde etkili parametrelerdir. Araştırma sonuçlarına göre, işleme tekniklerinin sertlik,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak işleme teknikleriyle beraber tuz miktarı, ambalaj tipi, ışın uygulaması ve depolamanın birlikte sofralık siyah zeytinlerin Sertlik,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerinde etkilerinin önemli olduğu çalışmamızda tespit edilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) desteği ile Zeytincilik Araştırma Enstitüsünde gerçekleştirilmiştir. Bakanlığımıza ve TAGEM'e destekleri için teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

1. Tunaloğlu R (2009) Türkiye'de zeytincilik ve pazarlama politikaları: 2000-2010. Zeytin ve Zeytinyağı Sempozyumu, Yaşar Üniversitesi, İzmir, 29 Mayıs.
2. Gezerel Ö, Özgüven AI, Yılmaz C (2003) Çukurova koşullarına adapte olmuş bazı önemli zeytin çeşitlerinde periyodisite ile karbonhidrat, hormon ve bitki besin maddeleri arasındaki ilişkiler. Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi, Proje No: Tübitak- Tarp-1990, Adana.
3. Irmak Ş (2015) Gemlik çeşidi sofralık siyah zeytinlerin muhafazasında yararlanılan farklı yöntemlerin raf ömrü ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 451s.
4. Anonim (2024) [www.uzzk.org](http://www.uzzk.org). Erişim 4 Kasım 2013.
5. Garrido-Fernández A (2008) Revalorización Nutricional de la Aceituna de Mesa. II Jornadas Internacionales de la Aceituna de Mesa, Dos Hermanas, Sevilla, Spain. 26-27 March.
6. Fernandez AG, Diez MJF, Adams M (1997) Table olives: production and processing. Chapman&Hall, London ss 481.

7. Lanza B (2012) Nutritional and sensory quality of table olives. Olive germplasm—The olive cultivation, table olive and olive oil industry in Italy, 343-372.
8. Lanza B, Di Serio MG, Iannucci E (2013) Effects Of Maturation And Processing Technologies On Nutritional And Sensory Qualities Of Itrana Table Olives. *Grasas Y Aceites* 64 (3):272-284.
9. Jimenez A, Guillen R, Sanchez C, Fernandez-Bolanos J, Heredia A (1995) Changes in texture and cell wall polysaccharides of olive fruit during spanish green olive processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43:2240-2246.
10. Şen F (2014) Meyve ve Sebze Depolanması ve İhracatında Kullanılan Modifiye Atmosfer Ambalajlarındaki Gelişmeler. [http://ebiltem.ege.edu.tr/ABGida/sunumlar/Fatih\\_Sen.pdf](http://ebiltem.ege.edu.tr/ABGida/sunumlar/Fatih_Sen.pdf). Erişim 28 Haziran 2014.
11. Göktaş D (1990) Gıdaların Mikrobiyel Ekolojisi; Cilt 1 Et Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, Türkiye.
12. Ünlütürk A, Turantaş F (1998) Gıda mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi, İzmir, Türkiye.
13. Üçüncü M (2000) Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
14. Anonim (2014) International Olive Council (IOC). [www.internationalolivecouncil.org](http://www.internationalolivecouncil.org). Erişim 28 Haziran 2014.
15. Romero-Gil V, Bautista Gallego J, Rodriguez Gomez F, Garcia-Garcia P, Jimenez-Diaz R, Garrido-Fernandez, A, Arroyo-Lopez FN (2013) Evaluating the individual effects of temperature and salt on table olive related microorganisms. *Food Microbiol* 33:178-184.
16. Lawless A (2007) Food Irradiation, What's the big deal? *Food Regulation in the United States*, <http://www.gao.gov/new.items/rc00217.pdf>. Erişim 4 Kasım 2013.
17. Kume T, Fruta M, Todoriki S, Uenoyama N, Kobayashi Y (2009) Status of Food Irradiation in the World, *Radiation Phy and Chem* 78(3):222-226.
18. Anonim (2011) Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2011-2015. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
19. Irmak Ş, Kadiroglu P, Ötles S (2017) Evaluation of olive preservation methods on bioactive constituents and antioxidant properties of olive oils. *Journal of American Oil Chemistry Society* 94(4):595-609. <https://doi.org/10.1007/s11746-017-2971-5>
20. Öztürk Güngör F (2010) Farklı yörelerde yetiştirilen gemlik zeytininden sofralık siyah zeytin elde edilmesi sırasında temel bileşenlerinde meydana gelen değişimler üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
21. Uylaşer V, Tamer C E, İncedayı B, Vural H, Çopur U (2008) The quantitative analysis of some quality criteria of Gemlik variety olives. *Journal of Food Agriculture and Environment* 6:26-30.
22. Anonim (2003) TS/774 Sofralık Zeytin Standardı. Türk Standartları Enstitüsü, Türkiye.
23. Uylaşer V, Başoğlu F (2000) Gıda analizleri I-II uygulama kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzu, Bursa, 9, ss 119.
24. Kutlu E, Şen F (2011) Farklı Hasat Zamanlarının Gemlik Zeytin (*Olea europea L.*) Çeşidinde Meyve ve Zeytinyağı Kalitesine Etkileri. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg* 48(2):85-93.
25. Álvarez DME, López A, Lamarque AL (2014) Industrial improvement for naturally black olives production of Manzanilla and Arauco cultivars. *Journal of Food Processing and Preservation* 38(1):106-115.
26. Romeo FV, Piscopo A, Poiana M (2012) Effect of Drying, Chemical And Natural Processing Methods on Black Biancolilla Olives. *Grasas Y Aceites* 63(2):223-230.
27. Esti M, Cinquanta L, La Nott E (1998) Phenolic Compounds in Different Olive Varieties. *J Agric And Food Chemistry* 46:32-35.
28. Gazouli M, Kanavouras A, Tzouveleakis L, Petrakis C (2005) Evaluation of black table olives in different brines. *Grasas y aceites* 56(2):106-115.
29. Piscopo A, De Bruno A, Zappia A, Poiana M (2014) Antioxidant activity of dried green olives (Carolea cv.). *LWT-Food Science and Technology* 58(1):49-54.
30. Kusmider EA, Sebranek JG, Lonergan SM, Honeyman MS (2002) Effects of carbon monoxide packaging on color and lipid stability of irradiated ground beef. *Journal of Food Science* 67(9):3463-3468.
31. Wen HW, Chung HP, Chou FI, Lin IH, Hsieh PC (2006) Effect of gamma irradiation on microbial decontamination, and chemical and sensory characteristic of lycium fruit. *Radiation Physics and Chemistry* 75(5):596-603.
32. Verde SC, Trigo MJ, Sousa MB, Ferreira A, Ramos AC, Nunes I et al (2013) Effects of gamma radiation on raspberries: Safety and quality issues. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76(4-5):291-303.
33. Pradas I, Del Pino B, Peña F, Ortiz V, Moreno-Rojas JM, Fernández-Hernández A, García-Mesa JA (2012) The use of high hydrostatic pressure (HHP) treatments for table olives preservation. *Innovative food science & emerging technologies* 13:64-68.

34. Toker C, Aksoy U (2013) Kuzey Ege agroekolojik şartlarında yetişen Ayvalık çeşidi zeytin meyvesinin kalite özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 8(3):51-57.
35. Gümüšoğlu G (2005) Seçilmiş Zeytin Çeşitlerinin Mekanik Hasadına Yönelik Bazı Özelliklerin Saptanması, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye.
36. Li J, Song W, Margaret Barth M, Zhuang H, Zhang W, Zhang L, Wang L, Lu W, Wang Z, Han X, Li Q (2015) Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of sea buckthorn berry fruits during postharvest storage. *Journal of Food Quality* 38(1):13-20.
37. Chanloy N, Uthairatanakij ., Jitareera, P, Photchanachai S, Vongcheeree S (2005) Effects of irradiation doses on ripening process of ‘Kluai Khai’banana International Symposium “New Frontier of Irradiated food and Non-Food Products” September 22-23. Bangkok, Thailand.
38. Cardoso SM, Mafra I, Reis A, Georget DM, Smith AC, Waldron KW, Coimbra MA (2008) Effect of dry-salt processing on the textural properties and cell wall polysaccharides of cv. Thasos black olives. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88(12):2079-2086.
39. Fadda C, Del Caro A, Sanguinetti AM, Piga A (2014) Texture and antioxidant evolution of naturally green table olives as affected by different sodium chloride brine concentrations. *Grasas y Aceites*, 65(1), e002.
40. Tassou CC, Katsaboxakis CZ, Georget DM, Parker ML, Waldron KW, Smith AC, Panagou EZ (2007) Effect of calcium chloride on mechanical properties and microbiological characteristics of cv. Conservolea naturally black olives fermented at different sodium chloride levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(6):1123-1131.
41. Gunes G, Hotchkiss JH, Watkins CB (2001) Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. *Journal of food science* 66(1):63-67.
42. Fan X, Sokorai KJ (2011) Changes in quality, liking, and purchase intent of irradiated fresh-cut spinach during storage. *Journal of food science* 76(6):S363-S368.
43. Moreno Tinjaca MA (2007) Effect of electron beam irradiation on quality and shelf-life of Tommy Atkins mango (*Mangifera indica* L.) and blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Doctoral dissertation, Texas A&M University.
44. Sánchez-Gómez AH, García-García P, Garrido Fernández A (2013) Spanish-style green table olive shelf-life. *International Journal of Food Science and Technology* 48(8):1559-1568.