

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜKETİME HAZIR DONDURULMUŞ
AYVALARDA RENK KARARMASININ
ÖNLENMESİ

Tülay ÖZEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2005

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜKETİME HAZIR DONDURULMUŞ
AYVALARDA RENK KARARMASININ
ÖNLENMESİ**

Tülay ÖZEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Murat ÖZDEMİR

GEBZE
2005

ÖZET

Bu çalışmada kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş ayvalar üç farklı şekilde (dondurulmamış, dondurulmuş ve dondurulup çözündürülmüş) ve on farklı solüsyon (sodyum metabisülfid, sodyum hidroksit, sitrik asit, tartarik asit, fumarik asit, askorbik asit, tri sodyum sitrat, sodyum asit pirofosfat, kalsiyum bifosfat ve kalsiyum klorür) içinde 20°C sıcaklıkta 30 dakika süreyle bekletilmişlerdir. Kullanılan solüsyonların, kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş ayvaların dondurma işlemi öncesi ve sonrası ile çözündürme sonrası renk ve tekstür özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kontrol olarak kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalar kullanılmıştır.

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış ayvaların L değeri (70,68) ile farklı solüsyonlar içinde bekletilmiş ve dondurulup çözündürülmüş ayvaların L değerleri karşılaştırıldığında kontrole en yakın değeri sırasıyla kalsiyum klorür (27,76), tartarik asit (26,82) ve fumarik asit (26,32) vermiştir. Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvaların tekstür değeri (3609,77 N) ile farklı solüsyonlar içinde bekletilmiş ve dondurulup çözündürülmüş ayvaların tekstür değeri karşılaştırıldığında kontrole en yakın değeri kalsiyum klorür (3227,48 N) vermiştir. Bu verilere dayanarak, tüketime hazır kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde doğranmış ayvalarda renk ve tekstürün korunumu için en uygun solüsyonun kalsiyum klorür olduğu belirlenmiştir.

Bu tip uygulamalarda, soyulmuş ayvaların dondurulmadan önce kalsiyum klorür solüsyonu (%1, w/v) içerisinde 30 dakika süreyle bekletilerek dondurulmasının renk ve tekstürü korumak için gerekli olduğu tespit edilmiştir.

SUMMARY

In this study, quince that was peeled and cut in the shape of cubes were treated with 10 different solutions (sodium metabisulfite, sodium hydroxide, citric acid, tartaric acid, fumaric acid, ascorbic acid, tri sodium citrate, sodium acid pyrophosphate, calcium biphosphate and calcium chloride) at 20°C for 30 minutes in three different conditions (non-frozen, frozen, and frozen and thawed). Effects of the solutions used in this study on color and textural properties of quince that was peeled and cut in the shape of cubes were investigated before and after freezing and also after thawing. Non-frozen quinces that were peeled and cut in the shape of cubes were used as the control.

When the L-value (70,68) of non-frozen quinces that were peeled and cut in the shape of cubes compared with the L-value of the quinces that were treated with different solutions, and then frozen and thawed; the values closest to the control were calcium chloride (27,76), tartaric acid (26,82), and fumaric acid (26,32). When the texture value (3609,77 N) of non-frozen quince that was peeled and cut in the shape of cubes compared with the texture value of the quince treated with different solutions, and then frozen and thawed; the value closest to the control was calcium chloride (3227,48 N). Based on these values, it is found that the color and texture of quinces peeled and cut in the shape of cubes and ready for consumption are best kept by calcium chloride solution.

It is found that in these kinds of applications peeled quinces should be treated with calcium chloride solution (%1 w/v) for 30 minutes before they are frozen to keep color and texture.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmama başladığımdan beri karşılaştığım zorluklarda manevi desteklerini eksik etmeyen, proje çalışmamın belirlenmesinden yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar geçen süre içinde fikirleriyle bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Murat ÖZDEMİR'e, savunma jürimde yer alan Yrd. Doç. Dr. Mahmut ŞEKER ve Yrd. Doç. Dr. Hasan SADIKOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında, beni destekleyen çalışma arkadaşlarıma, araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve laboratuvar çalışmalarımı yapmama yardımcı olan Araştırma Görevlisi Meltem AKBAŞ'a teşekkür ederim.

Öğrenim hayatıma başladığım günden bu yana büyük fedakarlıklar göstererek maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Hipotez	2
1.2. Amaç	3
2. AYVALARA GENEL BAKIŞ	4
2.1. Ayva Hakkında	4
2.2. Dünya’da Durum	5
2.3. Türkiye’de Durum	7
2.4. Ayva Üretim Teknolojisi	8
2.5. Ayva Çeşitleri	9
2.5.1. Ege 2	9
2.5.2. Ege 22	10
2.5.3. Ege 25	10
2.5.4. Bencikli	10
2.5.5. Limon III	10
2.5.6. Söbü Limon III	10
2.5.7. Ekmek	11
2.5.8. Eşme	11
2.5.9. Şekergevrek	11
2.5.10. Altın	12
2.5.11. Tekkeş	12

3. AYVALARIN BOZULMA NEDENLERİ VE BOZULMA REAKSİYONLARI	12
3.1. Enzimler	13
3.1.1 . Enzimlerin Yapısı, Koenzim ve Apoenzim	13
3.1.2. Enzimlerin Sınıflandırılması ve Adlandırılması	14
3.1.3. Polifenol Oksidazlar	15
3.2. Enzimatik Esmerleşme Reaksiyonları	19
3.3. Esmerleşmenin Kontrolü	21
3.3.1. Enzimlerin İnhibisyon Yöntemleri	22
3.3.1.1. Oksijenin Uzaklaştırılması	22
3.3.1.2. Enzim Proteinin Denatürasyonu	22
3.3.1.3. Kimyasal İnhibitörler	23
3.3.1.3.1. Kükürt ve Bileşikleri	23
3.3.1.3.2. Askorbik Asit	28
3.3.1.3.3. Sitrik Asit	29
3.3.1.3.4. Tartarik Asit	29
3.3.1.3.5. Kalsiyum Klorür	30
3.3.1.3.6. Kalsiyum Bifosfat	30
3.3.1.3.7. Sodyum Asit Pirofosfat	30
3.3.1.3.8. Sodyum Hidroksit	31
3.3.1.3.9. Fumarik Asit	32
3.3.1.3.10. Tri Sodyum Sitrat	32
4. MATERYAL VE METOT	33
4.1. Materyal	33
4.2. Metot	33
4.2.1. Örneklerin Analize Hazırlanması	33
4.2.2. Analizler	34
4.2.2.1. Renk Ölçümü	34
4.2.2.2. Tekstür Ölçümü	34
4.2.2.3. İstatistiksel Analiz	34

5. SONUÇ	36
5.1. Renk Ölçümünün Değerlendirilmesi	36
5.1.1. Dondurulmamış Ayva Numuneleri	36
5.1.1.1. L Değeri	36
5.1.1.2. a Değeri	38
5.1.1.3. b Değeri	39
5.1.2. Dondurulmuş Ayva Numuneleri	41
5.1.2.1. L Değeri	41
5.1.2.2. a Değeri	43
5.1.2.3. b Değeri	44
5.1.3. Dondurulup Çözündürülmüş Ayva Numuneleri	45
5.1.3.1. L Değeri	45
5.1.3.2. a Değeri	46
5.1.3.3. b Değeri	48
5.2. Tekstür Ölçümünün Değerlendirilmesi	49
6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	54
ÖZGEÇMİŞ	58

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ayvanın (100 g) besin ve vitamin değerleri	5
2.2. 2001 yılı Dünya meyve üretimi	6
2.3. Dünya'da ayva üretimi (ton)	6
2.4. Dünya'da ve Avrupa Birliği'nde ayva üretimi (ton)	6
2.5. Türkiye'de ayva üretimi yapılan önemli illerdeki ayva ağacı sayıları ve ayva üretimi	7
2.6. Türkiye'nin toplam taze meyve ihracatı içinde ayva ihracatının payı	8
3.1. SO ₂ ile muhafazada yararlanılan bazı kükürt tuzları ve bunların teorik SO ₂ verimleri	24
3.2. Bazı ürünlerde bulunmasına izin verilen SO ₂ miktarları (ppm)	26
5.1. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri	36
5.2. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri	41
5.3. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri	45
5.4. Küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış (Şahit A), dondurulup çözündürülmüş (Şahit B) ve farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra dondurulup çözündürülmüş ayvaların tekstür değerleri	49

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. K�p şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda �l��len L değerleri	37
5.2. K�p şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen a değerleri	38
5.3. K�p şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen b değerleri	40
5.4. K�p şeklinde kesilmi�, dondurulmu� ayvalarda �l��len L de�erleri	42
5.5. K�p �eklinde kesilmi�, dondurulmu� ayvalarda �l��len a de�erleri	43
5.6. K�p �eklinde kesilmi�, dondurulmu� ayvalarda �l��len b de�erleri	44
5.7. K�p �eklinde kesilmi�, dondurulup ��z�nd�r�lm�� ayvalarda �l��len L de�erleri	46
5.8. K�p �eklinde kesilmi�, dondurulup ��z�nd�r�lm�� ayvalarda �l��len a de�erleri	47
5.9. K�p �eklinde kesilmi�, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen b değerleri	48
5.10. K�p şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ve dondurulup çözündürülmüş ayva örneklerinin tekstür değerleri	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

Sayfa

4.1. L, a ve b renk uzayının şematik görünümü

35

1. GİRİŞ

Ayva Dünya'da çok eski yıllardan beri üretimi yapılan bir meyvedir. Dünya ayva üretimi son verilere göre 350.000 ton civarındadır. Bu üretim içerisinde 95.000 ton ile Türkiye dokuzuncu sırada yer almaktadır (Akçay, 2003).

Anavatanının Kuzey-Batı İran, Türkistan ve Anadolu olduğu bilinen ayva, sofralık tüketiminin yanı sıra, reçel, jel, marmelat ve meyve suyu olarak da değerlendirilebilmektedir. Ayrıca pektin ve tanen açısından zengin olan ayva başta gıda sanayi olmak üzere ilaç sanayinde de kullanılmaktadır. Yetiştiricilik, hasat ve depolama kolaylığıyla birlikte son yıllarda pazarda iyi fiyat bulması üreticilerin kapama ayva bahçeleri kurmalarını özendirmiştir. Yurdumuzda 10 ile 1000 m arasındaki yüksekliklerde hemen her bölgede yetiştirilebilen ayva kumlu-tınlı, geçirgen ve sıcak topraklarda diğer topraklara göre daha iyi yetişmektedir.

Gıda maddeleri; mikroorganizmalar, enzimler, böcekler, parazitler, sıcaklık, nemli veya kuru koşullar, oksijen ve ışık gibi değişik faktörlerin etkisi ile bozulmaya uğramaktadırlar. Bu değişik faktörlere karşın, gıdaların bozulmaları çoğunlukla “mikrobiyolojik bozulmalar” ve “mikrobiyolojik olmayan bozulmalar” olarak iki ana grupta toplanabilir. Mikrobiyolojik olmayan bozulmalar ise enzimatik bozulmalar ve enzimatik olmayan bozulmalar olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır.

Mikrobiyolojik bozulmalar; gıdaların fiziksel ve kimyasal niteliklerinde önemli değişmelere neden olmakta ve bu durum insan sağlığını tehdit edici nitelik kazanabilmektedir. Mikrobiyolojik olmayan bozulmalar ise özellikle enzimlerin faaliyetine ve aynı zamanda çeşitli kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak gelişmekte olup, gıdanın rengi, aroması, besleme değeri, yapısı ve bileşiminin değişmesine neden olmaktadır. Gıda maddelerinin tüketilinceye kadar fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyabilmesi için mikrobiyolojik ve enzimatik kaynaklı değişimlerin önlenmesi veya sınırlandırılması gerekmektedir.

1.1. Hipotez

Ayva; vitamin, mineral ve şeker açısından zengin ve besleyici bir meyvedir. Ekonomik anlamda ayva, turunçgil meyveleri ve muz gibi popüler olmasa da C vitamini yönünden zengin olup, insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Bu nedenle soyulmuş, dilimlenmiş ve tüketime hazır ayvanın raf ömrünün uzunluğu önem taşımaktadır.

Bir gıdanın raf ömrü; gıdanın mikrobiyal yükü, ışık, ortam sıcaklığı, ortamın oksijen ve karbondioksit miktarı, gıdanın pH değeri, su aktivitesi ve nem miktarı gibi çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu etkenlerin fazla miktarda oluşu, soyulmuş, dilimlenmiş ve tüketime hazır ayvanın kalitesinin bozulmasına, sonuçta raf ömrünün azalmasına ve ekonomik kayıpların meydana gelmesine neden olabilmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Bozucu etkenlerin soyulmuş, dilimlenmiş ve tüketime hazır ayvaların kalitesini düşürmesini engellemek veya yavaşlatmak ve tüketicilere sağlıklı ürünler sunmak için gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır.

Tüketime hazır soyulmuş, dilimlenmiş ve dondurulmuş ayvalar sofralık tüketimin yanı sıra reçel, jöle, marmelat ve komposto, meyve suyu, hazır yemekler, bebek maması ve meyve salatalarında kullanılabilmektedir. Dondurma işlemi gıdanın vitamin, mineral ve tekstürünü en iyi koruyan gıda muhafaza teknolojisidir. Değişen yaşam koşullarına paralel olarak son yıllarda tüketime hazır gıdaların satışı da artmıştır. Bu bağlamda tüketime hazır ve raf ömrü uzun meyvelerin piyasaya arz edilmesi, tüketici istekleri göz önüne alındığında büyük önem taşımaktadır. İç piyasada raf ömrü uzun, renk ve tekstür yapısı iyi, tüketime hazır meyvelerin bulunmaması bu çalışmayı gerekli kılmıştır.

Bu bilgilerin ışığında bu çalışmanın hipotezi şudur; kararmayı önleyici maddeler kullanarak tüketime hazır soyulmuş, kesilmiş ve dondurulmuş ayvalarda renk kararması önlenabilir.

1.2. Amaç

Bu çalışmanın ana amacı kararmayı önleyici maddeler kullanarak tüketime hazır soyulmuş, kesilmiş ve dondurulmuş ayvalarda renk kararmasının önlenmesidir. Bu çalışmanın diğer amaçları ise şu şekilde sıralanabilir;

1. Dondurma işleminin ayvanın renk değişimi üzerindeki etkisini belirlemek,
2. Dondurma işleminin ayvanın tekstür değişimi üzerindeki etkisini tespit etmek,
3. Hangi solüsyonun dondurulmuş ve çözündürülmüş ayvaların renk ve tekstür özelliklerini en iyi koruduğunu belirlemektir.

2. AYVALARA GENEL BAKIŞ

2.1. Ayva Hakkında

Ayva çok uzun çağlardan beri bilinen ve tarihsel geçmişi olan meyvelerdendir. Botanik ismi “pyrus cydonia” olan ayva, gülgiller familyasındandır. Kültürü çok eski çağlara dayanan ayva, milattan önceki yıllarda Yunanistan ve Roma’da yaygın olarak bilinmektedir. Roma uygarlığında parfümden bala kadar birçok yerde ayva ağacının meyvesi ve çiçekleri kullanılmıştır. Sonradan Orta ve Doğu Avrupa’ya yayılmıştır. Ayva, bugün Avustralya hariç diğer ülkelerin hepsinde yetiştirilmektedir.

Soğuk iklimlerde yetişen ayva, aşırı nemli ve rüzgarlı iklimlerden hoşlanmaz. Ayva sarı renkli, güzel görünümlü ve hoş kokulu bir meyvedir. Kabukları ve etli kısımları sert olup, yenildiğinde ağızda mayhoş bir tat bırakır. Rengi yeşilden sarıya değişir. Pişirildiğinde çiğ yenildiğinden daha lezzetli ve hoş kokulu olur. Ekim ayından Aralık ayına kadar marketlerde taze olarak satılır.

Ayvalar için en iyi iklim mutedil deniz iklimidir. Bununla birlikte ayvaya memleketimizin deniz ikliminden çok uzak olan yerlerinde, mesela İç Anadolu illerimizde de çoklukla rastlanır. Ancak bu gibi yerlerde ayvanın yetişmesi uygun yerlere ve vadi içlerine bağlı kalmaktadır.

Ayva ağacı, Türkiye şartlarında armut kadar kış soğuklarına dayanıklıdır. Çiçeklerin o yılda büyüyen sürgünlerin ucunda meydana gelmesi nedeniyle özellikle soğuk yerlerde geç çiçek açar (Özbek, 1978). Sıcak iklimlerde eriklerle birlikte çiçeklenir. Çok rüzgarlı yerlerde iyi yetişmez. Rüzgar ayva ağacının dallarını kırıldığından fazla meyve dökümü olur. Fazla yağışlı koşullarda ayva verimi azalır.

Ayva, en iyi kumlu-tınlı, geçirgen ve sıcak topraklarda yetişir. Kökleri çok derine gitmediğinden toprağın fazla kazılması şart değildir. Soğuk ve nemli topraklarda meyveler odunumsu bir hal alarak kaliteleri düşer.

İnsan sağlığı açısından mineral ve vitamin yönünden zengin olan ayva, genellikle meyve olarak tüketilmekle birlikte içerdiği yüksek pektin ve tanenden dolayı reçel, pelte ve marmelat yapımında oldukça fazla kullanılır. Ayvadan aromatik meyve suyu da elde edilmektedir. Bununla birlikte ayva suyunun asitliği

oldukça fazla olduğundan içilemeyecek kadar ekşidir. Bu nedenle çoğu zaman asitce fakir meyvelerin suyu ile karıştırılıp veya etikette uygun bir bildirim ile şekerli su ilave edilerek içime hazır hale getirilir. Ayrıca yemeklerde ve tatlılarda da kullanılmaktadır. Hoş kokulu, yenildiğinde ağızda mayhoş bir tat bırakan ayvanın besin değeri de yüksektir. Ayva; potasyum, fosfor ve kalsiyum gibi mineral maddeler ile organik asitleri, meyve asitlerini ve doğal aroma maddelerini içerir. C vitamini yönünden oldukça zengindir (Anonim, 2003). 100 gram ayvanın besin ve vitamin değerleri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Ayvanın (100 g) besin ve vitamin değerleri

Kalori	57	kcal
Protein	0,4	g
Yağ	0,1	g
Karbonhidrat	15,3	g
Kalsiyum	11	mg
Demir	0,7	mg
Fosfor	17	mg
Potasyum	197	mg
Sodyum	4	mg
C vitamini	15	mg

2.2. Dünya’da Durum

Dünya’da 2001 yılı verilerine göre meyve üretimi yaklaşık 500 milyon ton civarında olup, ilk on ülke toplam üretimin yarıdan fazlasını gerçekleştirmektedir. Ülkemiz sözkonusu üretimin %2,3’ünü karşılamaktadır (Anonim, 2003).

Dünya yaş meyve üretiminde Çin ve Hindistan ilk iki sırayı almaktadır. En fazla üretimi yapılan meyveler ise, üzüm, narenciye, elma, armut, şeftali, erik ve ayva olarak sıralanmaktadır. Çin ve Hindistan’ı sırasıyla Brezilya, ABD, İtalya, İspanya, Meksika ve Fransa takip etmektedir (Tablo 2.2.). Türkiye ise Dünya’da yaş meyve üretiminde dokuzuncu sırada yer almaktadır.

Tablo 2.2. 2001 yılı Dünya meyve üretimi

Ülke	Ton	Pay (%)
Çin	67.823.373	14,7
Hindistan	44.298.300	9,6
Brezilya	31.260.991	6,8
Amerika	30.301.644	6,6
İtalya	18.496.666	4,0
İspanya	15.082.400	3,3
Meksika	13.733.195	3,0
Fransa	11.169.250	2,4
Türkiye	10.609.845	2,3
İran	10.467.100	2,3
Diğer	208.211.984	45,1
Dünya	461.454.748	100,0

Dünya’da ayva üretiminin en büyük kısmı dokuz ülke tarafından yapılmaktadır (Tablo 2.3.). Türkiye ve Çin ilk iki sırayı almaktadır. Bu ülkeleri sırasıyla İran, Fas, Arjantin, Lübnan, Yugoslavya, Meksika ve Uruguay takip etmektedir (Anonim, 2002).

Tablo 2.3. Dünya’da ayva üretimi (ton)

Ülke	1998	1999	2000
Türkiye	95.000	100.000	100.000
Çin	63.000	80.000	85.000
İran	30.000	28.000	26.000
Fas	29.500	30.000	30.000
Arjantin	24.000	25.000	25.000
Lübnan	18.500	18.000	18.000
Yugoslavya	12.579	10.000	10.000
Meksika	7.500	7.500	7.500
Uruguay	7.500	7.500	8.000
Dünya	356.814	376.333	381.868

1998-2003 yılları arasında Dünya’da ve Avrupa Birliği ülkeleri bazında ayva üretimi her yıl artmıştır (Tablo 2.4.).

Tablo 2.4. Dünya’da ve Avrupa Birliği’nde ayva üretimi (ton)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Dünya	364,05	368,51	377,13	390,01	388,71	391,70
Avrupa Birliği	22,62	22,70	22,18	22,80	22,89	22,90

2.3. Türkiye’de Durum

Türkiye’de 1960 yılından itibaren meyve üretim sahalarında düzenli bir artış olmuştur. 1980 yılında ayva üretimi 50 bin ton düzeylerinde iken, 2000 yılında 100 bin tona ulaşmıştır.

Türkiye’de yumuşak çekirdekli meyve türlerinden elma ve armuttan sonra ekonomik anlamda değerlendirilecek en önemli ürün grubu ayvadır. Yumuşak çekirdekli meyve türlerinin kişi başına tüketimi 1996-1997 verilerine göre ülkemizde elmada ortalama 35,7 kg, armutta 7,31 kg, ayvada ise 1,5 kg olmuştur. Ülkemizde yetiştirilen elma, armut ve ayvanın önemli bir kısmı yurtiçi piyasada tüketilmektedir. Türkiye’de son 5 yıl içinde ayva üretim alanlarında fazla bir değişiklik olmamıştır. 1998 yılı verilerine göre Türkiye’de ayva üretimi yapılan önemli illerdeki ayva ağacı sayıları ve ayva üretimi verileri Tablo 2.5.’de verilmiştir. Belirtilen 19 il Türkiye’deki toplam ayva üretiminin %78,94’ünü karşılamaktadır.

Tablo 2.5. Türkiye’de ayva üretimi yapılan önemli illerdeki ayva ağacı sayıları ve ayva üretimi

İller	Toplam Ağaç Sayısı	Üretim (Ton)
Sakarya	780.360	20.681
Bursa	378.535	9.299
Bilecik	311.426	8.716
Kocaeli	726.850	4.949
Ankara	169.359	4.605
Antalya	138.710	3.893
Manisa	116.095	2.646
Amasya	53.042	2.206
Yozgat	58.710	1.973
Samsun	55.167	1.880
Balıkesir	76.750	1.800
Çanakkale	102.930	1.788
Aydın	66.640	1.766
İzmir	75.227	1.740
Isparta	75.227	1.614
Çorum	112.396	1.477
Bolu	45.125	1.461
İçel	46.295	1.256
Afyon	31.440	1.236

2001-2004 yılları arasında Türkiye'nin toplam taze meyve ihracatı miktarları ve bunun içinde ayva ihracatının payı Tablo 2.6.'da verilmiştir. Türkiye'nin toplam meyve ve ayva ihracatında yıllara göre sürekli bir azalma görülmektedir. Bunda ayvanın katma değerli bir ürün haline getirilmeden ihraç edilmesinin payı büyüktür.

Tablo 2.6. Türkiye'nin toplam taze meyve ihracatı içinde ayva ihracatının payı

Yıl	Toplam Meyve İhracatı		Toplam Ayva İhracatı		
	Miktar(Ton)	Değer(Bin \$)	Miktar(ton)	Değer(Bin \$)	Değer(%)
2001	532.088	236.008	6053	3788	1,6
2002	535.126	265.509	3896	2164	0,81
2003	428.991	211.870	3725	1195	0,56
2004	467.442	233.797	2910	1690	0,72

2.4. Ayva Üretim Teknolojisi

Yurdumuzda 10 ile 1000 m yüksekliğe kadar hemen her bölgede yetişebilen ayva; kumlu-tınlı, geçirgen ve sıcak topraklarda iyi yetişir. Soğuk ve rutubetli topraklarda meyveler odunumsu bir yapı alır ve ayva kalitesi düşer. Rüzgar ve fazla yağmurdan ayva kalitesi olumsuz etkilenir. Ayva 4-5 m boyunda, kırmızı-kahverengi gövdeli ve derine gitmeyen kök sistemine sahiptir. Yetiştiricilik, hasat ve depolama kolaylığıyla birlikte son yıllarda pazarda iyi fiyat bulması üreticilerin kapama ayva bahçeleri kurmalarını teşvik etmektedir (Gül ve Erkan, 2001).

Ayva; tohumla, kök sürgünleri ve çelikle üretilbildiği gibi Quince-A, B, C, D ve E klonları üzerine aşılınmak suretiyle de yetiştirilebilir. En yaygın olarak kullanılan Quince-A klonudur. Quince-A klonu bodur bir anaç olmasının yanı sıra, ateş yanıklığına dayanıksız, nemli topraklara kısmen dayanıklı, nematod ve pamuklu bite dayanıklı, soğuk ve kirece ise hassastır. Üzerine aşıl原因an çeşidin meyveleri kaliteli olur. Quince-A klon anacından alınan 15-20 cm uzunluğundaki odun çelikleri birinci yıl aşısı parselinde köklendirildikten sonra, ikinci yıl istenilen ayva çeşidi ile aşılır. Gerek Quince-A çeliğinin ve gerekse aşıl原因ın tutma yüzdesi çok yüksektir.

Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan durgun göz aşısı en iyi performansı gösterir. Üretimler topraklı (tüpte) veya yerde (tüpsüz) yapılabilir. Sulama; salma sulama şeklinde olabildiği gibi, damlama sulama şeklinde de yapılabilir.

Fidanların aşırı sıcaklardan zarar görmemesi için Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında fidanların gölgeliklerle gölgelenmesi yararlı olmaktadır. Aşılı fidanlarla kış aylarında 4x5 m veya 4,5x4,5 m mesafe ile bahçe tesis edilir. Dekara 45-50 ağaç dikilebilir. Ayva üretimi genelde açıkta yapılmakta sera kullanılmamaktadır. Fidan üretiminde gölgeliklerden ve damlama sulama sistemlerinden yararlanılmaktadır.

2.5. Ayva Çeşitleri

1981 yılında değişik amaçlara en uygun ayva tipini ve çeşitlerini saptamak ve böylece her bölge için standart ayva çeşitlerini belirlemek amacıyla “ülkesel yumuşak çekirdekli meyveler araştırma projesi” içinde “ayva çeşit araştırma projesi” gerçekleştirilmiştir. Proje gereğince yapılan çeşit ıslahı çalışmaları sonucunda bölgelere uygun ayva çeşitlerin seçilmesine başlanılmıştır (Özbek, 1978).

Anadolu pek çok meyve türünün anavatanı konumundadır. Bitki genetik kaynakları materyalinin toplanması, muhafazası ve değerlendirilmesi projesi kapsamında toplanan her tür için uygun ekolojilerde muhafaza etme amacıyla en az iki kuruluşa muhafaza etme görevi verilmiştir. Bu amaçla ayva muhafazasında görevli olan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, ayva yetiştiriciliğinin yoğun olduğu Ege ve Çanakkale bölgelerinde değişik özelliklere sahip ayva tiplerini toplayarak muhafaza altına almıştır. Toplanan bu tipler üzerinde fenolojik, pomolojik ve teknolojik değerlendirmeler yapılmış ve 3 tip çeşit adayı olarak seçilmiş ve tescil ettirilmiştir. Bu tipler Ege 2, Ege 22 ve Ege 25 olarak adlandırılmıştır (Anonim, 1998).

Ayvada çeşit sayısı diğer türlerde olduğu kadar zengin değildir. Bunun nedeni ise Dünya'nın birçok ülkesinde ayvanın meyvesi için değil de anaç olarak yetiştirilmesi gösterilebilir. Meyve kalitesi yüksek çeşitler yine yerli çeşitlerimiz içerisinde bulunmaktadır (Özbek, 1978).

2.5.1. Ege 2

Yöresel adı “Ekmek”tir. Ağacı kuvvetli gelişir ve çok verimlidir. Meyve şekli yuvarlak olup, rengi yeşilimsi sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 347 gramdır.

Meyve et dokusu gevşek, et sertliği 5,5 kg'dır. Meyve, aromalı, tatlı ve sulu olup, boğucu değildir. Kuru madde/asit oranı: 14/2'dir (Tescilli çeşitlerimizdendir).

2.5.2. Ege 22

Yöresel adı "İstanbul"dur. Ağacı kuvvetli gelişir ve orta verimlidir. Meyve şekli oval olup, rengi yeşilimsi sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 330 gramdır. Meyve et dokusu gevşek, et sertliği 5,4 kg'dır. Kuru madde/asit oranı: 14/2'dir (Tescilli çeşitlerimizdendir).

2.5.3. Ege 25

Yöresel adı "Midilli"dur. Ağacı orta kuvvetli gelişir ve çok verimlidir. Meyve şekli oval olup, rengi yeşilimsi sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 435 gramdır. Meyve et dokusu gevşek, et sertliği 5,1 kg'dır. Meyve, orta aromalı, tatlı ve çok sulu olup, boğucu değildir. Kuru madde/asit oranı: 15/4'dür (Tescilli çeşitlerimizdendir).

2.5.4. Bencikli

Yöresel adı "Bencikli"dur. Ağacın gelişmesi orta kuvvette ve çok verimlidir. Meyve şekli oval olup, rengi koyu sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 310 gramdır. Meyve et dokusu sıkı, et sertliği 6,5 kg'dır. Meyve, çok aromalı, tatlı ve orta sulu olup, boğuculuğu azdır. Kuru madde/asit oranı: 13/4'dür.

2.5.5. Limon III

Yöresel adı "Limon"dur. Ağacın gelişmesi kuvvetli ve çok verimlidir. Meyve şekli yuvarlak olup, rengi yeşildir. Ortalama meyve ağırlığı 205 gramdır. Meyve et dokusu gevşek, et sertliği 8,2 kg'dır. Meyve, az aromalı, mayhoş ve orta sulu olup, boğuculuğu azdır. Kuru madde/asit oranı: 10/1'dir. Pazar değeri yüksek, meyvesi küresel, sap tarafına doğru uzun ve verimli bir çeşittir. Kabuk limon sarısı renkte, meyve eti sarımsı renkte, sert, sulu ve mayhoştur.

2.5.6. Söbü Limon III

Yöresel adı "Söbü limon"dur. Ağacın gelişmesi kuvvetli ve çok verimlidir. Meyve rengi yeşilimsi sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 280 gramdır. Meyve et

dokusu gevşek, et sertliği 5,1 kg'dır. Meyve, az aromalı, mayhoş ve çok sulu olup, boğucu değildir. Kuru madde/asit oranı: 12/5'dir.

2.5.7. Ekmek

Yöresel adı "Ekmek"tir. Bu çeşidin aynı isimle söylenen birçok tipi mevcuttur. Fakat en önemlileri Ekmek II ve Ekmek IV tipleridir. Ekmek II tipinin meyvesi iri, sap tarafı dar, karın tarafı geniş, meyve eti gevrek, sulu, mayhoş ve az tüylüdür. Meyve şekli yuvarlak olup, rengi yeşilimsi sarıdır. Ağacın gelişmesi kuvvetli ve orta verimlidir. Ortalama meyve ağırlığı 277 gramdır. Et dokusu gevşek, et sertliği 6,6 kg'dır. Meyve, az aromalı, az tatlı ve çok sulu olup, boğucu değildir. Kuru madde/asit oranı: 13/6'dır. Ekmek IV tipinin şekli yuvarlak olup, rengi sarımsı yeşildir. Ağacın gelişmesi kuvvetli ve çok verimlidir. Ortalama meyve ağırlığı 220 gramdır. Et dokusu gevşek, et sertliği 6,4 kg'dır. Az aromalı, orta tatlı ve çok sulu olup, boğucu değildir. Kuru madde/asit oranı: 10/2'dir.

2.5.8. Eşme

Yöresel adı "Eşme"dir. Ağacın gelişmesi kuvvetli ve çok verimlidir. Meyve şekli söbü olup, rengi sarıdır. Ortalama meyve ağırlığı 305 gramdır. Et dokusu gevşek, et sertliği 5,7 kg'dır. Meyve, az aromalı, mayhoş tatta ve orta sulu olup, boğuculuğu azdır. Kuru madde/asit oranı: 20/7'dir. Ülkemizdeki kapama ayva bahçelerinin büyük çoğunluğu bu çeşit ile kurulmuştur. Bazı bölgelerde renginden dolayı limon ayvası olarak da isimlendirilmektedir. Meyveleri yuvarlak, sapa doğru biraz uzunca, bol sulu ve mayhoş tattadır. Ağaçlar orta kuvvette gelişme gösterir ve meyveler Eylül sonu Ekim başında hasat edilir.

2.5.9. Şekergevrek

Meyve iri, düzgün şekilli, karın tarafı şişkin, sap ve çiçek çukuruna doğru dardır. Meyve kabuğu ince, gevrek, sulu ve hafif mayhoştur. Ekim ayının ilk haftasında hasat edilir.

2.5.10. Altın

Meyvesi çok iri ve sap tarafında belirgin boyun vardır. Kabuk koyu sarı renkli, üzerinde parçalı pas lekeleri mevcuttur. Meyve eti altın sarısı renkte, az sulu, fakat boğucu değildir.

2.5.11. Tekkeş

Meyveleri iri, gösterişli, ince kabuklu, gevrek, sulu ve mayhoş olup, verimli bir çeşittir. Meyve kabuğu parlak sarı renkli, ince tüylü ve meyve eti gevrekli.

3. AYVALARIN BOZULMA NEDENLERİ VE BOZULMA REAKSİYONLARI

Son zamanlara kadar ayva daha çok sınır ağacı veya ev bahçelerinde karışık çeşitlerden 1-2 ağaç olarak ev ihtiyaçlarına yönelik olarak bulundurulurdu. Son yıllarda özellikle Marmara bölgesinde Sakarya, Bursa ve Bilecik illerindeki ayva ağaç sayısı ve buna bağlı olarak ayva üretiminde önemli bir artış görülmektedir. Ayvada tescilli çeşitlerle kapama bahçelerin kurulması ve pazarlama konusuna alternatif çözümler getirilmesi ayva üretiminin artmasına önemli katkılarda bulunacaktır (Akçay, 2003). Sofralık tüketimin yanı sıra teknolojik ve sanayilik çeşitlerin geliştirilmesine ağırlık verilmiş olması ayvadan mamül katma değeri yüksek ürünlere geçişin bir göstergesi niteliğindedir.

Ayva kayıplarının en önemli sebepleri, fiziksel yaralanmalar, depolamadaki hastalıklar, fizyolojik düzensizlikler ve uygunsuz muhafaza koşullarıdır. Ayvada çürüme ve ateş yanıklığı en önemli kusur olarak görülmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Ayva çeşitli ürünlere işlenirken uygun olmayan şekilde işlendiğinde tüketici tarafından kabul görmeyen, görünüşleri kötü ürünler elde edilmektedir. Bunun yanı sıra, ısıtma işlemi uygulanan ayva ürünlerinde oluşan enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu da esmerleşmeler oluşabilmektedir (Nicolas ve ark., 1994).

Yukarıda verilen değişik faktörlere karşın ayvaların bozulmaları “mikrobiyolojik bozulmalar” ve “mikrobiyolojik olmayan bozulmalar” olmak üzere başlıca iki ana grupta toplanabilir. Mikrobiyolojik olmayan bozulmalar ise

“enzimatik bozulmalar” ve “enzimatik olmayan bozulmalar” olmak üzere iki alt gruba ayrılabilir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Bozulma kökeni ne olursa olsun, bozulmuş ürünün rengi, aroması, besleyici değeri, yapısı ve bileşimi değişir. Bazı bozulma şekillerinde gıda, insan sağlığına zararlı bir nitelik dahi kazanabilmektedir (Lozano-De-Gonzalez ve ark., 1993).

3.1. Enzimler

Enzimler, bitkisel ve hayvansal dokuların bileşiminde yer alan eser miktarda bulunan, ancak metabolizma reaksiyonlarının pek çoğunu hızlandıran, protein yapısında biyolojik katalizörlerdir. Enzimlerin yapısını esas olarak proteinler oluşturur. Bu bakımdan enzimler “katalitik özellikli proteinler” şeklinde tanımlanmaktadır. Bazı enzimler sadece proteinden oluştuğu halde, çoğu ayrıca karbonhidratlar, lipidler, metaller veya diğer organik bileşikler olmak üzere protein olmayan ek maddeler içermektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Canlı hücrenin tüm fonksiyonları enzimlerle sağlandığından çoğu zaman yaşam birbirini izleyen enzimatik tepkimelerdir şeklinde tanımlanır. Hücrede her enzimin farklı bir görevi vardır ve enzimler birbirinin yerini alamazlar. Başka bir deyişle enzimler katalize ettikleri reaksiyon açısından spesifikler (Martinez ve Whitaker, 1995).

Enzimlerin gıda sanayinde önemli yeri vardır. Nitekim bazı enzimlerin rolleri, üretilen gıda açısından olumlu kabul edildiği halde, bazı gıdalarda tümünden olumsuzdur. Bunun en ilginç örneği fenolksidaz enzimlerinin katalize ettiği oksidasyon reaksiyonlarıdır. Nitekim, siyah çay üretiminde, fenolksidaz enzimlerinin katalize ettiği reaksiyonla çayda siyah renk oluşması istendiği halde, meyve ve sebzelerde aynı olay rengin bozulmasına neden olduğundan istenmemekte ve engellemek için bütün önlemler alınmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

3.1.1. Enzimlerin Yapısı, Koenzim ve Apoenzim

Enzimler reaksiyonları katalize eden genelde protein yapısında olan maddelerdir. Enzimlerin katalitik etki gösteren kısmı doğrudan doğruya protein polipeptit zinciridir. Enzimler polipeptit zincirler halinde sentezlenmektedir. Ancak,

enzimin aktivite kazanabilmesi için polipeptitin ikincil, üçüncül ve bazı hallerde de dördüncül yapı kazanması gerekmektedir.

Bazı enzimler (pepsin, tripsin ve kemotripsin) yalnız aminoasitlerin birbirlerine eklenmesi ile meydana gelen proteinlerden oluşmuştur. Bunlarda aminoasitler dışında başka yapı taşı bulunmaz. Diğer bazı enzimler ise aminoasitlerden başka grupları da ihtiva etmektedirler. Enzimlerin yapısında yer alan ve aktivite göstermeleri için mutlaka gerekli olan, ancak protein yapısında bulunmayan, genellikle metal iyonlarından oluşan yan gruplara “Kofaktör” adı verilmektedir.

Çoğu enzim kendi substratlarını ancak özgül, ısıya dayanıklı ve düşük molekül ağırlıklı bir organik molekülün varlığında etkileyebilirler. Enzimlerin aktivite göstermek için ihtiyaç duydukları karmaşık organik moleküllere de “Koenzim” denilmektedir. B grubu vitaminler koenzim olarak rol oynamaktadır. Bu nedenle vitaminler organizmada son derece önemli maddelerdir. Koenzimler spesifik atomların veya fonksiyonel grupların transfer edilmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Bazı hallerde enzim aktivitesi için hem kofaktöre hem de koenzime ihtiyaç duyulabilir. Kofaktörler genellikle ısıya dayanıklıdır. Kofaktör ya da koenzimin bağlanmadığı enzime “Apoenzim” denir. Apoenzim kendi başına katalitik aktivite gösteremez. Ancak kofaktör, koenzim ya da her ikisi ile birleştiğinde katalitik aktivite gösterebilir (Fennema, 1975).

3.1.2. Enzimlerin Sınıflandırılması ve Adlandırılması

Uluslararası Biokimya Birliği Enzim Komisyonu enzimleri; katalize ettikleri genel reaksiyon tipinin sonuna “az” eki getirmek suretiyle,

1. Oksidoreduktazlar,
2. Transferazlar,
3. Hidrolazlar,
4. Liyazlar,
5. İzomerazlar,
6. Ligazlar olmak üzere altı sınıfa ayırmıştır.

Bundan başka aynı komisyon enzimleri sistematik olarak numaralandırmıştır. Her enzimin numarası birbirinden nokta ile ayrılmış üç sayı içerir. Bu sayılardan

birincisi yukarıda verilen altı sınıftan hangisine ait olduğunu, ikincisi alt sınıfını ve üçüncüsü alt-alt sınıfını gösterir.

Kararma reaksiyonundaki enzimlerin de uluslararası isimlendirilmesi yukarıda açıklandığı şekildedir. İlk enzim olan monofenol monooksijenaz veya tirizinaz (EC 1.14.18.1) kararma reaksiyonunu başlatır, daha sonraki basamakta difenol oksidaz veya kateşoloksidaz (polifenol oksidaz) (EC 1.10.3.2) ve laktaz (EC 1.10.3.1) enzimi rol oynar. Polifenol oksidaz, hidrojen akseptörü olarak O_2 kullanan bir oksidoreduktaz olup, aktif olabilmesi için oksijenin yanı sıra bakırlı bir prostetik gruba da ihtiyaç duyar. Bu enzim, doğada komplike bitkiler, mantarlar ve hayvan dokularında bulunacak şekilde geniş bir alana yayılmıştır (Eskin ve ark., 1971).

3.1.3. Polifenol Oksidazlar

Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında fenolik bileşikler ve spesifik oksidasyon enzimleri rol oynamaktadır. Meyve ve sebzelerde bulunan kafeik asit, klorojenik asit, kateşinler ve löko-antosiyanidin gibi fenolik bileşikler esmerleşme reaksiyonlarını katalize eden polifenol oksidaz enzimlerinin substratını oluştururlar.

Enzimatik yolla esmerleşme reaksiyonlarında rol alan oksidasyon enzimleri, değişik isimlerle bilinirse de tümüne birden polifenol oksidaz enzimleri denilmektedir. Polifenol oksidazlar enzimlerinin yapısı tam olarak bilinmemekle birlikte bakır içerdikleri saptanmıştır. Substratları fenolik bileşiklerdir ve substratlarını oksijen eşliğinde esmer renkli bileşiklere oksitlemektedirler. Polifenol oksidaz enzimleri hem monofenollerin o-difenollere hidroksilasyonunda rol alırlar hem de o-difenolleri o-kinonlara okside ederler. Bu reaksiyonları diğer reaksiyonlar takip ederek meyve, sebze ve bunların çeşitli ürünlerinde “enzimatik esmerleşme” olarak nitelendirilen renk bozulmaları ortaya çıkar. Özellikle bitkilerde yaygın olarak bulunan polifenol oksidazlar hayvansal dokular ve küf mantarlarında da bulunmaktadır.

Meyve ve sebzelerin olgunlaşmasına paralel olarak polifenol oksidazların aktivitesinde ve bunların substratları olan fenolik bileşiklerin konsantrasyonlarında önemli değişimler görülmektedir. Örneğin elmalarda, polifenol oksidazların substratı niteliğindeki o-difenolik bileşiklerin konsantrasyonu ve kateşol oksidaz

aktivitesi, olgunlaşmayla beraber sürekli düşmektedir (Harel ve ark., 1966). Bunun yanında şeftalilerde olgunlaşmayla birlikte o-difenollerin miktarında önce büyük bir artış ve sonra sınırlı bir düşüş görülürken, kateşol oksidaz aktivitesinde sürekli bir düşüş ve laktaz aktivitesinde sürekli bir artış görülmektedir (Harel ve ark., 1966).

Sağlıklı meyve ve sebzelerin dokularında polifenol oksidaz enzimlerinin substratları olan fenolik bileşiklerle teması, yok denecek kadar sınırlıdır. Bunun başlıca nedeni, enzim ve substratların bitkisel hücrenin farklı kısımlarında yer almalarıdır. Polifenol oksidaz enzimlerinin bir kısmı sitoplazmada serbest halde bulunurken, büyük bir kısmı hücrenin tilakoid ve kloroplast gibi unsurlarında, hücre zarına bağlı olarak bulunmaktadır (Mayer ve Lerner, 1987). Buna karşın fenolik bileşiklerin neredeyse tamamı vakuollerde yoğunlaşmış halde bulunmaktadır. Ancak doku olgunlaşmasının ileri aşamalarında hücredeki pektinazların faaliyetiyle, doku kontrolü ve sınırlı bir şekilde doğal olarak değişimlere uğrar. Ayrıca hasat, taşıma ve işleme sırasındaki etkiler veya uygulanan çeşitli işlemlerle hücre ve buna bağlı olarak doku bütünlüğü bozulmaktadır. Böylece polifenol oksidaz enzimleri kendi substratları olan fenolik bileşiklerle ve havadaki oksijen ile bir araya gelmektedirler. Özellikle kabuk soyma, dilimleme, parçalama ve pulpa işleme gibi işlemler sırasında oksijen ile tam bir temas gerçekleşmekte ve önlem alınmadığı takdirde ürün esmerleşerek adeta tüketilemez bir hal almaktadır (Amiot ve ark., 1992).

İşleme sırasında oluşacak esmerleşmenin önlenmesi amacıyla kullanılan yöntemler; ısıtma işlemi uygulaması ve esmerleşmeyi önleyici kimyasalların kullanılmasıdır. Ayrıca özellikle son yıllarda yapıldığı gibi kontrollü bir ısıtmanın, düşük dozda kimyasal uygulamasıyla kombine edilmesiyle esmerleşmenin önlenmesinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Her polifenol oksidaz enzimi, bir üründe yüzlerce fenolik bileşikten ve bunların türevlerinden yalnızca belirli bir gruba karşı diğerlerine göre daha büyük bir reaktivite göstermektedirler. İşte bu davranış, o enzimin “substrat spesifikliğı” olarak anılmaktadır. Çeşitli ürünlerde bulunan polifenol oksidazlar substrat spesifikliğı açısından önemli farklılıklar gösterirken, aynı ürünün farklı çeşitlerinde substrat spesifikliğı büyük bir değişim göstermemektedir (Janovitz-Klapp ve ark., 1990). Ancak, hiç şüphesiz bir üründe oluşacak esmerleşmenin şiddeti, yalnızca o

ürünün fenolik bileşik dağılımına bağlı değildir. Özellikle üründeki polifenol oksidaz enziminin aktivite düzeyi ve fenolik bileşiklerin toplam miktarı da esmerleşme hızı üzerinde etkilidir (Coseteng ve Lee, 1987).

Polifenol oksidaz enzimleri bitkisel dokularda önce inaktif formlar halinde sentezlenmekte ve zamanla çeşitli etkenlerle, örneğin; dokuda doğal olarak bulunan proteazlar veya etilen gibi birtakım solunum metabolitlerince aktif hale gelmektedir (Mayer ve Lerner, 1987). Başka bir deyişle, bitkisel dokularda çoğu zaman polifenol oksidaz enziminin bir kısmı inaktif formda, bir kısmı ise aktif formda bulunmaktadır. Örneğin, aktif formdaki enzimlerin, inaktif formdaki enzimlere oranı ıspanaklarda 1:2, marullarda 2:1 ve domateslerde 1:1 olduğu halde; bazı bakla, fasulye ve bezelye çeşitlerinde tüm polifenol oksidaz enzimlerinin inaktif formda bulunabildiği belirlenmiştir. Halen kateşol oksidaz, laktaz ve floroglusinol oksidaz olmak üzere üç farklı polifenol oksidaz enzimi tanımlanmış olup, bu enzimlerden her biri fenolik bileşiklere farklı şekillerde etki etmektedir.

Kateşol oksidaz: Kateşol oksidaz enzimi bitkilerde en yaygın olarak bulunan polifenol oksidaz enzimi olup, küf mantarları ve ayrıca hayvansal dokularda da bulunan bir enzimdir. Bu enzim, kateşolaz ve krezolaz olmak üzere başlıca iki aktiviteye sahiptir. Bunlardan kateşolaz aktivitesi o-difenolik bileşiklerin o-kinonlara oksidasyonunu katalize eden ve esmer renkli bileşiklerin oluşumunu başlatan aktivitededir. Nitekim oksidasyon sonucu oluşan o-kinonlar oldukça aktif bileşikler olup, hidroksilasyona uğrayarak trihidroksibenzenleri oluştururlar. Trihidroksibenzenler ise yeniden o-kinonlar ile etkileşime girerek hidrokinonları oluşturmakta ve bu bileşikler önce kırmızı-kahverenkli polimerlere daha sonra da esmer renkli melaninlere dönüşmektedirler (Eskin ve ark., 1971).

Kateşol oksidaz enziminin bir diğer aktivitesi de krezolaz aktivitesi olup, bu aktivite monofenolik bileşikleri o-difenollere dönüştüren ve adeta kateşolaz aktivitesini besleyen bir hidroksilasyon mekanizmasıdır.

Laktaz: Bir diğer polifenol oksidaz enzimi olan laktaz, bitkilerde kateşol oksidaz kadar yaygın değildir. Ancak şeftali, kayısı ve özellikle de yemeklik mantarlar belirli düzeyde laktaz aktivitesi içermektedirler. Laktazın asıl kaynağı küf mantarlarıdır. Bu yüzden özellikle bazı küflerle kontamine olmuş

meyvelerde normalde olmayan veya sınırlı miktarda bulunan laktaz aktivitesinin bu nedene bağılı olarak büyük bir artış gösterdiği bildirilmektedir. Özellikle *Botrytis cinerea* bulaşmış üzümlerden elde edilmiş üzüm sularında yoğun bir esmerleşme görülmesinin nedeni, üzümlerde bulunan kateşol oksidaz tarafından okside edilemeyen 2-S-glutathionil kaftarik asidin, küflerce salgılanan laktaz tarafından okside edilmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Coseteng ve Lee,1987).

Laktaz enziminin oksidasyon yeteneğinin kateşol oksidazdan daha yüksek olması, onun o-difenolik bileşikler yanında p-difenoller de okside edebilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak, laktaz enziminin krezolaz aktivitesi yoktur.

Diğer taraftan fenolik bileşikler okside etmesi yanında laktaz enziminin bazı yan aktiviteleri de mevcuttur. Nitekim bu enzimin, lignini dimetilize etme yeteneğinde olduğu ve böylece lignin degradasyonunda rol oynadığı bilinmektedir (Mayer ve Lerner, 1987).

Özellikle son yıllarda laktaz enziminin meyve sularındaki istenmeyen fenolik bileşiklerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılması üzerinde çalışılmaktadır (Park ve ark., 1980). Bu amaçla laktaz kullanılması, hiç kuşkusuz söz konusu enzimin, küflerden veya başka bir kaynaktan sanayinin ihtiyacını karşılayacak düzeyde üretilmesine bağlıdır.

Floroglusinol oksidaz: Floroglusinol oksidazlar, laktaz ve kateşol oksidazlardan daha sonra belirlenmiş ve halen birçok meyve ve sebze varlığı gösterilememiş polifenol oksidaz enzimleridir. Ancak özellikle lahanalarda bu enzimin tüm özellikleri belirlenmiştir (Fujita ve ark., 1995). Floroglusinol oksidaz enzimi, o-difenoller okside etme yeteneği olmayan, fakat sadece floroglusinol ve floroglusinolkarboksilik asit gibi 1,3,5-trihidroksibenzen yapısındaki fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalize edebilen bir enzimdir. Ancak bu enzim polifenol oksidaz aktivitesi yanında peroksidaz aktivitesi de içermekte ve aynen bir peroksidaz gibi de davranabilmektedir. Glikozla kompleks halinde bulunan floroglusinol oksidaz enzimi, ısıya karşı büyük bir kararlılık göstermektedir. Nitekim lahanalarda bulunan floroglusinol oksidaz enziminin 100°C sıcaklıkta 10 dakika süre ile ısıtılması sonucunda bile başlangıç polifenol oksidaz aktivitesinin %40'ını ve başlangıç peroksidaz aktivitesinin %20'sini koruduğu belirlenmiştir (Fujita ve ark., 1995).

3.2. Enzimatik Esmerleşme Reaksiyonları

Meyve ve sebzelerde, çarpma, kesme, kabuk soyma, dilimleme gibi mekanik işlemlerde bazı renk değişimleri ortaya çıkmaktadır. Pembeden, mavimsi siyaha kadar olan farklı tondaki bu renk değişmelerine “esmerleşme” denir. Örneğin parçalanmış elmaların esmerleşmesi, hücre öz suyundaki bazı maddelerin oksijenin etkisiyle, okside olmasının sonucudur.

Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında, fenolik maddeler ve spesifik oksidasyon enzimleri önemli rol oynamaktadır. Oksidoreduktaz grubunun bir üyesi olan polifenol oksidaz, meyve ve sebzelerdeki fenolik bileşiklerin oksidasyonu ve hidroksilasyonunu katalize etmektedir. Enzimatik esmerleşme iki farklı mekanizmaya göre gelişmektedir. Bunlardan birisi, monofenolik bileşiklerin o-difenollere hidroksilasyonu (kresolaz aktivitesi), diğeri ise o-difenollerin o-kinonlara oksidasyonudur (kateşolaz aktivitesi). Uluslararası enzim sistematığıne göre; kresolaz aktivitesi “monofenol monooksigenaz”, kateşolaz aktivitesi ise “difenol oksidaz” ismi ile anılan enzimlerce gerçekleştirilmektedir (Park ve ark., 1980; Siddiq ve ark., 1992; Arogba ve ark., 1998; Rocha ve Morais, 2003).

Bitki dokularında mevcut olan fenolik bileşiklerin oksidasyonu polifenol oksidaz tarafından kahverengi pigmentlerin oluşmasına neden olmakta ve bu enzimlerden her biri fenolik maddelere farklı şekillerde etki etmektedir (Nicolas ve ark., 1994). Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarında oluşan ilk kilit madde olan o-kinonlar, renksiz bileşiklerdir ve bizzat herhangi bir renk bozulmasına neden olmazlar. Ancak, oluşan o-kinon ve türevlerinden daha sonra dimer oluşmakta ve bunlar daha büyük molekülü bileşiklere polimerize olmaktadır. Renk bozulmalarının esas nedeni esmer renkli olan bu polimerlerdir (Nicolas ve ark., 1994).

Enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının olduğu ortamda bulunan bazı maddeler, renk değişimlerinin kilit maddesi olan o-kinonları geriye, yani o-fenolik formlara indirgeme yeteneğine sahiptir. Böylece, esmerleşme olayı o noktada durmakta ve renk bozulmamaktadır. Bu indirgen maddelerin başında askorbik asit gelmektedir. Gerçekten

askorbik asit, oluşan o-kinonları, o-fenolik bileşiklere indirgeyerek renk bozulmasını engellemekte ve bu sırada askorbik asit de parçalanmaktadır.

Oluřan kinonlar, enzimlerle katalize ve katalize edilmeyen pigmentlerin oluşumuna yol ačan farklı reaksiyonlara maruz kalmaktadır. Reaksiyon sonunda oluşan renk tonu ve yoğunluğu; oksidasyon reaksiyonlarının, çevresel faktörlerin ve ortamdaki fenollerin orijinlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Enzimatik esmerleşme, esas olarak oksijenin varlığında fenollerle polifenol oksidazlar arasındaki ilişkiden kaynaklanmaktadır (Nicolas ve ark., 1994).

Esmerleşme reaksiyonlarında enzimler rol oynadığına göre, enzim aktivitesine etki eden her faktör, enzimatik esmerleşme üzerinde de belli bir etki göstermektedir. Bu faktörler; sıcaklık, pH değeri, inhibitörler ile meyve ve sebzelerin cins ve olgunluk dereceleridir.

Sıcaklık: Enzimler genellikle 75°C sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda kısa sürede inaktif hale gelirler. İnaktive oldukları sıcaklık dereceleri her enzime göre farklılık göstermektedir. İnaktivasyon sıcaklık derecesi üzerine, pH değerinin önemli etkisi vardır. Nitekim enzimler nötr pH değerinde sıcaklığa karşı daha dirençli oldukları halde, alkali ve asit ortamlarda bu direnç azalmaktadır.

Meyve ve sebzelerde sıcaklığa en dirençli olan enzim peroksidaz enzimidir. Bu nedenle meyve ve sebzelerin işlenmesinde enzimlerin inaktive edilip edilmediği peroksidaz enziminin test enzimi olarak izlenmesiyle anlaşılabilmektedir. Meyve ve sebzelerin dayanıklı hale getirilebilmesinde çoğu kez ortamdaki mikroorganizmaların öldürölmeleri yeterli gelmemekte, enzimlerin de inaktive edilmeleri gerekmektedir. 121°C veya daha yüksek sıcaklık derecelerinde bakteriler öldüğü halde, enzimlerin inaktive edilemediği saptanmıştır. Bu olay enzimlerin ısısal inaktivasyon eğrilerine ait z-değerinin, bakterilerin termal ölüm eğrilerine ait z-değerlerinden daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre, plakalı ısı değiştiricilerde uygulanan pastörizasyon veya sterilizasyon

işlemlerinde, enzimlerin inaktive olamayacağı kuşkusu daima gözönünde bulundurulmalıdır (Chun ve ark., 1986).

pH değeri: Meyve ve sebzelerin işlenmeleri sırasında ortaya çıkan enzimatik esmerleşmeler, ortamın pH değeri ile yakından ilgilidir. Enzimatik esmerleşmeler ortamın pH değerinin 4,5'in üzerine çıkmasıyla hızla artar ve 5-7 dolaylarında maksimum düzeye ulaşır. Bu bakımdan meyve ve sebzelerin işlenmesinde enzimatik esmerleşmeleri önlemek amacıyla bazen haşlama veya yıkama suyuna %0,1 oranında sitrik asit katılmaktadır (Nicolas ve ark., 1994).

İnhibitörlerin etkisi: Meyve ve sebzelerin işlenmesinde enzimatik esmerleşmenin önlenmesinde sitrik asit, askorbik asit, sülfite, bisülfite, metabisülfite, SO₂, sodyum klorür, tartarik asit, fumarik asit, kalsiyum bifosfat, sodyum asit pirofosfat, sistin, sistein, tiyoamid ve hidrokinon gibi bileşiklerin inhibitör etkisi bulunmaktadır.

3.3. Esmerleşmenin Kontrolü

Oksidatif esmerleşmenin meydana gelmesi enzim, substrat ve oksijenin bir arada bulunmasıyla ortaya çıkar. Eğer bunlardan herhangi biri yok ise veya reaksiyona girmesi herhangi bir şekilde engellenirse oksidasyon, dolayısıyla esmerleşme söz konusu olmayacaktır. Bu olay esmerleşmenin engellenmesine, sentetik veya doğal olarak kontrolüne temel teşkil etmektedir. Domates ve kavun gibi meyvelerde ne enzim ne de substratın yeterli miktarda bulunmaması gibi nedenlerden doğal kontrol söz konusudur. Bununla beraber, pek çok meyve ve sebze bu üç bileşeni içermekte, çürüme ve kesmeyle hücrel yapıları bozulmakta ve kararmaya hazır hale gelmektedirler. Proses aşamasında oksidatif esmerleşmenin önlenmesi için enzim, substrat ve oksijenin kontrolü gerekir. Ancak bazı durumlarda istisnalar söz konusudur. Şöyle ki; ürünün yıllarca kararmadan korunması zorlaştığından dolayı insanlar kahverengi renkleri ve pekiştirici tatlandırıcıları benimser hale gelmişler ve öncelikle daha doğal renk ve tadı istememişlerdir. Elma suyu bu tip üretime örnektir. Aksine pek çok durumda tüketiciler kararmış meyvelerden imal edilmiş ürünleri istememektedirler. Bu yüzden üreticiler çoğu zaman hammaddenin orijinal renk ve tadını korumaya çalışmaktadırlar (Sapers ve Ziolkowski, 1987).

Polifenol oksidaz aktivitesini inhibe etmek için bir takım yöntemler öne sürülmüşse de gıda sanayinde pek azı kullanılabilmektedir. Siyanid ve hidrojen sülfür toksik olduğundan, dietildi-tiokarbonat ise kötü kokusu nedeniyle polifenol oksidaz enzimini inhibe etmek için gıda sanayi tarafından kullanılmamaktadır. Doğal olarak elde edilmelerine rağmen adenosin trifosfat (ATP) ve sistein amino asidinin inhibitör olarak kullanımları ekonomik açıdan uygun değildir.

3.3.1. Enzimlerin İnhibisyon Yöntemleri

3.3.1.1. Oksijenin Uzaklaştırılması

Meyve ürünlerini, özellikle tat ve yapının önemli olduğu durumlarda doğal haline yakın şekilde muhafaza edebilmek için oksijenin uzaklaştırılması en uygun yoldur. Bilinen en basit yöntem, patates gibi soyulmuş gıdaların pişirilmeden önce su içerisine daldırılmasıdır. Patates cipslerinin üretiminde bu yöntem oldukça fazla kullanılmaktadır. Bu yöntem meyve ve sebzenin hava ile temasa geçmesi veya bitkinin dokusunda doğal olarak oksijenin meydana gelmesi sonucu oluşan kararmaya kadar geçerlidir.

Ayvalar içerdikleri doku oksijeninden dolayı kolaylıkla konserve edilemezler. İçerdikleri doku oksijeninin uzaklaştırılması, ayva dilimlerinin su içinde veya tuzlu suda bütün oksijeni tüketinceye kadar bekletilmesi ile gerçekleştirilir. Ayva dilimlerinin havalandırılması için alternatif bir yöntem de; havanın uzaklaştırılması için su veya şurup banyosunda vakum uygulaması ve vakum ortadan kaldırıldığı zaman sıvının tekrar yerine geçmesine izin verilmesidir.

Meyveler yumuşatılıp lapa haline getirildiğinde sadece oksijen uzaklaştırılırsa esmerleşmenin engellenmesi sağlanamaz; çünkü, enzimatik reaksiyonlar devam eder. Eğer meyve oldukça fazla miktarda doğal askorbik asit içeriyorsa oksijenin uzaklaştırılması esmerleşme başlamadan önce gerçekleştirilmelidir (Ponting, 1960).

3.3.1.2. Enzim Proteininin Denatürasyonu

Enzimlerin esas yapısının protein olması ve proteinin ısı ile kolaylıkla denatüre olmasından dolayı en basit yöntem ısı ile inaktivasyondur.

Bütün enzimlerin ortak özelliklerinden biri de sıcaklığa karşı duyarlı olmalarıdır. Enzimler genellikle 75°C sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda kısa sürede inaktif hale gelirler. Enzimlerin ısı etkisiyle inaktif olmaları yapılarındaki azotlu maddelerin denatürasyonuna dayanmaktadır. Enzimlerin inaktif oldukları sıcaklık derecesi her enzim için farklıdır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

Meyve ve sebzelerin konserve haline getirilmesi, meyveyi pişirmesi ve bazı durumlarda arzu edilmeyen tat oluşması ve doku değişmesine neden olması sebebiyle tüketiciler tarafından fazla tercih edilmemektedir. Bu durum özellikle patates, elma, ayva, şeftali ve armut gibi meyvelerin üretiminde söz konusu olmaktadır (Archer, 1962).

Isıl işlemin en önemli etkisi meyvenin etli kısmında ortaya çıkmaktadır. Meyvenin etli kısmı ısı ile yapısal özelliğini kaybetmekte ve püre halini almaktadır. Etli kısmın yapısının bozulmasında en önemli etken pH değeridir. Ayvanın pH değeri 3,3-3,6 arasındadır. Ayvanın işlenmesinde en önemli sorun ise renk kararmasıdır. Isıtma ile bazı ayva çeşitlerinde kahverengimsi-pembe renk oluşmaktadır. Bunun nedeni renksiz lökoantosiyenin ısı etkisi ile kırmızı renkli antosiyaninlere dönüşmesidir. Konserve edilmiş ayva ürünlerindeki mavi-mor renk; metal iyonları (Sn^{2+} ve Fe^{3+}) ile antosiyaninlerin kompleks oluşturması ile ortaya çıkmaktadır.

Konserve edilmiş ayva ürünlerinde renk kararmasının diğer bir nedeni, depolama süresince sıcaklığın periyodik olarak artması ile indirgen şeker ve amino asitler arasında oluşan Maillard tepkimesidir (Resnik ve Chirife, 1979).

3.3.1.3. Kimyasal İnhibitörler

3.3.1.3.1. Kükürt ve Bileşikleri

Enzimatik esmerleşmenin kontrolü meyve işleme sanayinde her zaman sorun oluşturmuştur. Çok güçlü anti esmerleştirici kimyasal olan sülfidlerin kullanımı, riskli olmalarından dolayı tüketiciler tarafından tercih edilmemesine rağmen, gıda sanayi tarafından polifenol oksidaz enzimi inhibitörü olarak gıdalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Nicolas ve ark., 1994).

Kükürtdioksit (SO_2), meyvelerden elde edilen çeşitli ürünlerin muhafazasında yaygın olarak kullanılan ve ilk çağlardan beri tanınan en eski koruyucu madde olup, halen gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruyucu olarak ya doğrudan doğruya SO_2 gazı veya parçalandığı zaman SO_2 veren çeşitli kükürt tuzları (sülfidler) kullanılmaktadır. SO_2 gazı, kükürdün yakılması ile elde edilen, renksiz, iğneleyici kokulu ve yanmayan bir gazdır. Ticari olarak tüpler içinde basınç altında bulunmaktadır. Birçok işletmede gerekli SO_2 gazı, kükürt şeritleri veya kükürt tozunun yakılmasıyla elde edilmektedir. SO_2 gazı veren sülfid tuzları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. SO_2 ile muhafazada yararlanılan bazı kükürt tuzları ve bunların teorik SO_2 verimleri

SO_2 kaynağı bileşiğin adı	100 g bileşikten elde edilebilecek teorik SO_2 miktarı (g)
Tüp içinde sıvılaştırılmış kükürt dioksit(*)	100
Kükürt şeriti (yakılarak SO_2 elde edilen)	200
%6'lık kükürt dioksit çözeltisi (sülfüroz asit çözeltisi)	6,0
Sodyum sülfid (Na_2SO_3) susuz (*) (E 221)	50,8
Kalsiyum sülfid (CaSO_3) (E 226)	23,0
Sodyum bisülfid (NaHSO_3) (*) (E 222)	61,6
Potasyum bisülfid (KHSO_3) (*) (E 227)	53,3
Sodyum metabisülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) (*) (E 223)	67,4
Potasyum metabisülfid ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) (*) (E 224)	57,6

(*)Güvenli olarak kabul edilen (GRAS) maddeler (Acar ve Cemeroğlu, 1986).

Bazı kişiler 50 mg/kg vücut ağırlığı düzeyinde sülfite hiçbir reaksiyon göstermezlerken bazı kişiler de çok az miktarlarda sülfid almaları halinde bile baş ağrısı ve bulantı gibi belirtilere sahip olabilmektedirler. Kükürde duyarlılık, insanların mide asitliği düzeyi ile ilgili olup, mide asitliği az veya çok olanların bu konuda daha hassas oldukları belirtilmektedir. SO_2 'nin sağlık açısından en önemli etkisi bazı bireylerde, astım nöbetleri oluşmasına neden olmasıdır. Sülfidler hayvanlarda kanserojen etkileri olmamakla birlikte mikroorganizmalarda mutajen etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, sülfidler

organizmada depolanmaz, okside olarak sülfatlara yükseltgenir ve idrar yoluyla atılırlar (Taylor ve ark., 1986).

SO₂; mikroorganizmalara hücredeki bazı enzimlerin, özellikle oksidasyon enzimlerinin inaktive edilmesi ve ayrıca pH değerinin düşürülmesi yoluyla etki etmektedir. Genel olarak SO₂, bakteriler üzerine maya ve küf mantarlarından daha etkilidir. Bazı mayalar kükürt bileşiklerine karşı zamanla direnç kazanmışlardır. Bu şekilde kükürde dayanıklılık kazanmış mayalara sülfid mayaları denir ve şarap üretiminde kullanılırlar. Nitekim üzüm suyu kükürtlendikten sonra sülfid mayası aşılınca, diğer mikroorganizmaların üremesi engellendiği halde, sadece bu mayalar çalışarak alkol oluşmaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

SO₂ suda çözününce sülfüroz asit (H₂SO₃) oluşur. Buna göre sülfüroz asit, SO₂ gazının sulu bir formudur. SO₂'nin sulu çözeltilerdeki kararlılığı sıcaklığa bağlıdır. Nitekim sülfüroz asit içeren bir çözelti hafifçe ısıtılınca SO₂ gazı süratle uzaklaşmaktadır. Şu halde gıdalara ilave edilen SO₂ gazı, gıdanın yapısındaki suda çözünerek H₂SO₃ oluşur. Sülfüroz asit, hidrojen sülfid (HSO₃) ve sülfid (SO₃) iyonları oluşturarak iki ayrı dissosiyasyon basamağında bulunur. Buna göre SO₂ ilave edilmiş bir ortamda H₂SO₃ ve bunun dissosiyasyon ürünleri olan SO₃ ve HSO₃ gibi üç ayrı öge denge halinde bulunmaktadır. Eğer ortamın pH değeri 1.7-5.1 arasında ise ortamda daha çok dissosiyasyon olmamış sülfüroz asit (H₂SO₃) bulunurken, pH değeri 5.1'in üzerine yükselince sülfüroz asidin büyük bir bölümü dissosiyasyon olarak ortama HSO₃ iyonları hakim olur. H₂SO₃, HSO₃ ve SO₃ gibi üç formdan, dissosiyasyon olmamış H₂SO₃ en fazla antimikrobiyal etkiye sahip olanıdır.

Diğer taraftan H₂SO₃, gıdalardaki aldehitler, ketonlar ve şekerler gibi birçok bileşenler ile bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşiklerin oluşumu özellikle pH 3-5 arasında daha fazla olmaktadır. SO₂'nin gıdalardaki çeşitli maddelerle yaptığı bileşiklerin bazılarının antibakteriyel etkisi varsa da, bir kısmının herhangi bir antimikrobiyal etkisi bulunmamaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

SO₂, halen en fazla kuru meyvelerde, önceden meyve suları, meyve pulpları, reçel ve marmelat gibi birçok meyve ürünlerinde başarı ile kullanılmış bulunan en önemli koruyucu maddelerden birisidir. Kullanılan SO₂ miktarı genellikle %0.01-0.02 düzeyinde olup, ürüne göre değişmektedir. Gerçekte kullanılan miktardan çok, kalıntı SO₂ miktarı daha önemlidir. Çünkü ilave edilmiş SO₂

zamanla uzaklaşarak, geride belli miktarda bir kalıntı bırakır. SO₂ ilave edilmiş gıdaların ısıtılmasıyla SO₂ süratle uzaklaşır ve geride hiç veya sadece çok düşük düzeyde SO₂ kalır.

SO₂'nin ısı ile uzaklaştırılabilmesi nedeniyle bu koruyucu çoğunlukla daha sonra ısıtılarak başka ürünlere işlenecek ürünlerin muhafazasında kullanılmaktadır. Örneğin, SO₂ ile muhafaza edilen bazı meyveler, daha sonra reçel ve marmelada işlenerek kullanılmakta ve bu işlem sırasında uygulanan ısıtma ile SO₂ uzaklaşmaktadır. Aynı şekilde SO₂ ile muhafaza edilen elma sularından daha sonra özel düzenlerde SO₂ buharlaştırılarak uzaklaştırılmaktadır. Bazı meyve ve sebze ürünlerinde bulunmasına izin verilen maksimum SO₂ miktarları Tablo 3.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Bazı ürünlerde bulunmasına izin verilen SO₂ miktarları (ppm)

Ürün	Türk Gıda Kodeksi (1997)
Reçel, marmelat	50
Reçel, marmelat*	100
Kuru üzüm	2000
Kuru kayısı	2000
Kuru elma, kuru armut	600
Patates ürünleri	100

*Sülfitle muamele edilmiş meyvelerden üretilen reçel ve marmelatlar

Diğer taraftan SO₂ aynı zamanda antioksidant özelliğe de sahip bir maddedir, yani bir oksijen akseptörüdür. Ayrıca SO₂, şekerlerin aldehit grupları ile reaksiyona girerek onların amino asitlerle birleşme olanağını ortadan kaldırarak, “Maillard” tipi esmerleşme reaksiyonlarını da önlemektedir. Askorbik asidin parçalanması da SO₂ ile önlenmekte veya sınırlandırılabilir. Bütün bu özellikleri nedeniyle SO₂, birçok meyve ve sebze ürününde değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Bütün bu olumlu özelliklerine karşın B₂ vitaminini süratle parçalaması SO₂'nin en önemli olumsuzluğudur. Bu nedenle B₂ vitaminince zengin gıdaların SO₂ ile muhafaza edilmemesi gerekir (Keleş, 1989).

SO₂ birçok meyve ürününde geçici koruyucu madde olarak da kullanılmaktadır. Hammadde veya yarı mamule ilave edilen SO₂ daha sonra ürünün işlenmesi sırasında ısı veya vakum etkisiyle uzaklaştırılmakta ve böylece son

üründe yasa ve tüzüklerde izin verilen düzeyde kalmaktadır. Diğer taraftan sülfüroz asit içecek sanayinde dezenfeksiyon amaçlı olarak da kullanılmasına rağmen çok korozif bir maddedir.

SO₂ proses süresince istenmeyen tat ve kokuya neden olabilmekte, belirli gruplarla temasında sağlığa zararlı olabilmektedir. SO₂; aldehytler, ketonlar ve glikoz ile reaksiyona girebilmekte ve ilave ürünler oluşabilmektedir. Bu ilave ürünlerin oluşumu aldehitin ve ketonun tipine ve ortamın pH değerine bağlı olmaktadır. Bir diğer sorun ise B₁ ve B₂ vitaminleri üzerindeki yıkıcı etkisidir. Bu dezavantajlarının yanı sıra antiseptik olması ve C vitaminini koruması gibi özellikleri vardır. Düşük maliyeti ve etkinliği nedeniyle gıda sanayinde polifenol oksidaz enzimi inhibitörü olarak kullanım alanı bulmaktadır. SO₂'nin meyve içine nüfuz etmesi esmerleşmenin engellenmesi için önemlidir. Meyve fazla miktarda doku oksijeni içeriyorsa SO₂'nin meyve dokusu içine nüfuzu daha da önem kazanmaktadır (Dunbar, 1986).

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi, süfitlerin astım hastaları üzerinde olumsuz etkilerinden dolayı meyve ve sebzelerde kullanımını yasaklamış ve belirli patates ürünlerinde ise kullanımını sınırlandırmıştır (Ponting, 1960; Sapers ve Hicks, 1989). Türk Gıda Kodeksinde (1997) SO₂, E220 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) sodyum metabisüfitin kuru bisküvilerde 50 g/kg, kurutulmuş patateslerde 400 g/kg, soyulmuş patateslerde 50 g/kg, işlenmiş patateslerde (dondurulmuş dahil) 100 g/kg, işlem görmüş beyaz sebzelerde (dondurulmuş dahil) 50 g/kg, kurutulmuş sebzelerde 100 g/kg, sirke, yağ veya salamura içindeki sebze ve meyvelerde (salamura zeytin ve salamura golden pepper hariç) 100 g/kg, elma ve armutlarda 600 g/kg, şekerlendirilmiş, kristalize edilmiş veya parlatılmış meyveler, sebzeler, melekotu ve narenciye kabuğunda 100 g/kg, reçel, jöle, marmelat ve diğer benzer meyve ürünlerinde (düşük kalorililer dahil) 50 g/kg, süfitle muamele edilmiş meyvelerden yapılan reçel, jöle ve marmelatlarla, meyve bazlı turta dolgularında ve yeniden sulandırılmış kuru meyvelerde 100 g/kg, meyve suyu içeren alkolsüz ve aromalandırılmış içeceklerde 20 g/kg ve marine edilmiş yağlı kuru meyvelerde 50 g/kg seviyesinde kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.2. Askorbik Asit (C Vitamini) ve Türevleri

Askorbik asit, özellikle diğer asitlere göre meyvelerde kararmayı engellemek için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü askorbik asit oldukça iyi bir renk düzeltici ve aynı zamanda önemli bir vitamindir. Çoğu gıdalarda kullanım miktarı gıda katkı maddeleri tüzüğüne sınırlandırılmamıştır (Chun ve ark., 1986). Sıcaklık, konsantrasyon, pH, su aktivitesi, mikroorganizma tipi, gıda bileşenleri, ortam gaz atmosferi ve kullanım şekli gibi faktörler askorbik asidin etkinliğine büyük ölçüde tesir ederler. Polifenol oksidaz enzimini inhibe etmek için kullanılan seviyelerde fark edilebilir bir tat bırakmaz ve metaller üzerinde korozyon etkisi de söz konusu değildir.

Askorbik asit-2-fosfat ve askorbik asit-2-trifosfatın oksijene karşı kararlı oldukları ancak indirgen olmadıkları tespit edilmiştir (Sapers ve Hicks, 1989). Askorbik asit-2-trifosfat, askorbik asit-2-fosfata nazaran daha yavaş hidroliz olmaktadır. Ayvadan başka diğer gıda maddeleri için askorbik asit-2-fosfatın kararma inhibitörü olarak uygunluğu gıdanın asitliğine ve endojen fosfat asiti aktivitesine bağlıdır.

L-askorbil-6-palmitat ise askorbik asidin yağda çözülmüş şeklidir. Sebzelerden elde edilen yağlar ve diğer yağlı ürünler için uygun bir antioksidandır. Askorbil laurat ve askorbil dekanolat da polifenol oksidaz enzimi inhibitörü olarak kullanılan inhibitörler arasındadır. Askorbik asidin izomeri D-erithorbikasit (D-isoaskorbik asit) meyve ve sebze ürünlerinde enzimatik esmerleşmeyi inhibe edici olarak kullanılmaktadır. Askorbik asit ve erithorbik asit birbirlerinin yerine kullanılabildiği halde askorbik asidin bazı gıda sistemlerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir (Anon., 1983). Askorbik asit, Türk Gıda Kodeksinde (1997), E300 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) askorbik asidin meyve suları ve nektarlarında, reçel jöle ve marmelatlarda, konserve edilmiş meyve ve sebzelerde, koyulaştırılmış veya kısmen koyulaştırılmış sütte ve meyve kompostosunda, emülsifiye edilmemiş hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlarda (sızma yağlar ve zeytinyağı hariç) belirlenmemiş miktarlarda, dondurulmuş ve derin dondurulmuş işlenmemiş sebzelerde (tüketime hazır ön ambalajlı, soğutulmuş işlenmemiş meyve ve sebzeler ve ön ambalajlı işlenmemiş ve soyulmuş patatesler) uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.3. Sitrik Asit

Enzimatik esmerleşmeyi engellemek için kullanılan sitrik asit, malik ve askorbik asit gibi bitki dokusunun doğal yapısında bulunur. Sitrik asit; gıda ve ilaç sanayinde düşük maliyeti ve düşük toksitesinden dolayı oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Şeker çözeltilerinden küf fermantasyonu sonucu üretilen sitrik asidin, asitleyici ve antioksidant özelliği vardır. Meyve sularında, gazlı ve gazsız içeceklerde genellikle 0,25-%0,40 seviyesinde asitleyici olarak kullanılır. Patateslerde ve buğday cipslerinde metal iyonlarını kaparak çürümeyi ve bozulmayı önler.

Sitrik asit, enzimin bakır içeren kısmını şelat oluşumu ile inhibe eder. Enzimatik kararmaya karşı kimyasal inhibitör olarak askorbik asit ve karagenan gibi inhibitörler ile karışım halinde de kullanılabilir. %0.1 karagenan ile %0.5 sitrik asit bileşiminin %0.1 sodyum benzoat içeren pastörize edilmemiş elma suyunda kararmayı 3°C sıcaklıkta 3 aya kadar inhibe ettiği saptanmıştır (Sapers ve Hicks, 1989). Sitrik asit, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E330 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) sitrik asidin kakao ve çikolata ürünlerinde 0,5 g/kg, nektarlarda 5 g/l, meyve sularında 3 g/l, marmelatlarında, jölelerde, dondurulmuş ve derin dondurulmuş işlenmemiş sebzelerde (tüketime hazır ön ambalajlı, soğutulmuş işlenmemiş meyve ve sebzeler ve ön ambalajlı işlenmemiş ve soyulmuş patatesler), konserve meyve ve sebzelerde, meyve kompostolarında, emülsifiye edilmemiş hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlarda (sızma yağlar ve zeytinyağı hariç) uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.4. Tartarik Asit

Tartarik asit özel bir kimyasal işlemde sonra tartar yağından, kristaller şeklinde elde edilir. Suda çözünürlüğü yüksektir. Toz şeklinde satılmaktadır. Bu toz, meyvenin olgunlaşmasında son derece etkilidir. Bazen asidik özellik elde etmek için, üzümelerde olduğu gibi, suda bikarbonatlarla beraber kullanılır. Meyvenin tadını olgunlaştırır. Tartarik asit, genel olarak içeceklerin ve üzümün tadını olgunlaştırmada kullanılır. Tartarik asit, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E334 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) tartarik asidin kakao ve çikolata ürünlerinde 0,5 g/kg, nektarlarda 5 g/l, marmelatlar, reçel ve jölelerde, konserve meyve ve sebzelerde uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.5. Kalsiyum Klorür (CaCl_2)

Kalsiyum klorür gıdaya eklenen genel maksatlı bir gıda katkısıdır. Suda kolaylıkla znr. Konserve edilmiş domates, patates ve elma dilimlerinde yapıyı kuvvetlendirici ve tekstürü muhafaza edici olarak kullanılır. Buharlaştırılmış sütte, tuz dengesini sağlamak için kullanılır. Böylece %0,1 seviyesinden fazla olmayan seviyelerde sütün sterilizasyonu aşamasında pıhtılaşmayı sağlamak amacıyla faydalanılır. Disodyum etilen diamin tetra asetik asit ile beraber domates, patates ve elma dilimlerinde tadı korumak için ve Ca^{+2} iyonu kaynağı olarak jel oluşturmak için kullanılır (Drake ve Fridlund, 1986). Kalsiyum klorür, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E509 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) kalsiyum klorürün reçel, jöle ve marmelatlarda, konserve meyve ve sebzelerde, koyulaştırılmış veya kısmen koyulaştırılmış sütte belirlenmemiş miktarlarda, olgunlaştırılmış peynirlerde uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.6. Kalsiyum Bifosfat (CaHPO_4)

Kalsiyum bifosfat asidik özellik seviyelendirici olarak kullanılır. Türk Gıda Kodeksinde (1997) kalsiyum bifosfat, E341 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) kalsiyum bifosfatın, tahıllarda 1 g/kg, meyve bazlı tatlılarda 1 g/kg, tuz ve ikamelerinde, kakao tozu ve şeker karışımlarında 10 g/kg ve bitkisel protein içeceklerinde 20 g/l ve içecek ağartıcılarında 30 g/kg seviyelerde kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.7. Sodyum Asit Pirofosfat (SAPP)

Sodyum asit pirofosfat difosfat olarak da adlandırılır. Yoğunlaşmış fosfatın en basit şeklidir. İki fosfat atomu, bir oksijen atomunu ortak kullanırlar. Birçok asidifikasyon işlemlerinde kullanılır. Saf sodyum asit pirofosfat hiçbir ek madde olmadan hızlı bir şekilde çözünme özelliğine sahiptir.

Sodyum asit pirofosfat, asit derecesi düşük olan tampon, zincirleme (sequestrant), koruyucu ve ortamdan uzaklaşma özellikleri olan bir maddedir. Suda kolaylıkla çözünür. Sodyum asit pirofosfat hamur işlerinde, bisküvilerde ve cips halindeki patateslerde kararmayı engellemek için kullanılır.

Sodyum asit pirofosfat, kabartma tozu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, konserve balık ürünlerinde, magnezyum amonyum fosfat hekza hidrat kompleksi oluşturarak, istenmeyen sülfürik kristal seviyesini azaltmak için kullanılır. Türk Gıda Kodeksinde kalsiyum bifosfat (1997) E450 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) sodyum asit pirofosfatın elma ve armut sırasında 2 g/l, alkol içermeyen aromalı içeceklerde 700 mg/l, %28'den az kuru madde içeren koyulaştırılmış sütte 1 g/kg, %28'den çok kuru madde içeren koyulaştırılmış sütte 1,5 g/kg, süt tozu ve yağsız süt tozunda 2,5 g/kg, çırpılmış krema ve bitkisel yağ analoglarında 5 g/kg seviyesinde kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.8. Sodyum Hidroksit (NaOH)

Sodyum gümüşsü bir metaldir; ama havada çok çabuk yükseltgendiğinden, bu haliyle çok seyrek görülür. Yüksek sıcaklıklarda sodyum, morumsu bir gaz açığa çıkarır ve koyu sarı bir alevle yanar. Havadaki suyu kolayca soğurarak sıvı hale geçer. Bu bileşik, suda kolayca çözünerek oldukça büyük bir oranda ısı açığa çıkarır. İnsan derisiyle temas ettiğinde ciddi yanıklar oluşturan sodyum hidroksit, bu nedenle, en az sülfürik asit kadar tehlikeli olarak düşünülmelidir. Çözümleyici kimyada kullanılmasının yanı sıra, sodyum hidroksit, büyük oranlarda sabun yapımı ile kâğıt, kumaş ve boya yapımında da kullanılır. Suda çözünürlüğü fazladır. Bulunduğu ortamın pH derecesini ayarlamak için kullanılır. Ortamın bazik olmasını sağlar. Ayrıca çeşitli gıda ürünlerinde asitleri nötralize etme yeteneğine sahiptir. Kağıt ve deterjan sanayinde fazla miktarda kullanılır. Gıda sanayinde özellikle zeytinlerde acımsı kimyasallara zarar vermek ve meyvelerin kabuklarını soymak için kullanılmaktadır. Sodyum hidroksit, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E524 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) sodyum hidroksitin reçel, jöle ve marmelatlarda ve ek gıdalarda (sadece pH ayarlaması için) uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda, kakao ve çikolata ürünlerde 0,5 g/kg seviyesinde kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.9. Fumarik Asit

Fumarik asit aynı zamanda doğal bir şekilde meydana gelen organik, genel amaçlı bir gıda asitidir. Fumarik asit, pirinç, şeker kamışı, şarap, bitki yaprakları, fasulye ve yenilebilir mantarlarla birlikte bütün memelilerde bulunur. Fumarik asit, malik asidin izomerizasyonu ile sentetik şekilde imal edilir. Beyaz kristal bir tozdur. Fumarik asit, gıda asitleri içinde en güçlüsü ve aynı zamanda en az çözünabilir olanıdır. Fumarik asitin düşük çözünürlüğü gıdalardaki kullanımını sınırlandırmaktadır. Örneğin, fumarik asit karbondioksitli içeceklerde, reçellerde ve marmelatlarda kullanılmaz. Fumarik asit, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E297 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) fumarik asitin şeker bazlı şekerlemelerde 1 g/kg, meyve aromalı tatlılarda ve jelimsi tatlılarda, meyve bazlı toz içeceklerde ve toz halindeki tatlı preparatlarında 4 g/kg, sakızlarda 2 g/kg, hafif fırıncılık ürünleri için dolgu ve kaplama maddelerinde 2,5 g/kg miktarlarda kullanımına izin verilmektedir.

3.3.1.3.10. Tri Sodyum Sitrat (TSC)

Tri sodyum sitrat gıdalarda sitrik asidin aksine asitliği düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. Sitrat bazlı asitlik düzenleyicilerin aromayı geliştirme özellikleri bulunmaktadır. Tri sodyum sitrat, Türk Gıda Kodeksinde (1997) E331 koduyla bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksinde (1997) tri sodyum sitratin reçel ve jölelerde, marmelatlarda, konserve meyve ve sebzelerde, koyulaştırılmış veya kısmen koyulaştırılmış sütte, meyve kompostosunda, emülsifiye edilmemiş hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlarda (sızma yağlar ve zeytinyağı hariç) uygulamanın gerektirdiği seviyelerde iyi üretim teknikleri doğrultusunda kullanımına izin verilmektedir.

4. Materyal ve Metot

4.1. Materyal

Bu çalışmada meyve olarak ekmek ayvası “pyrus cydonia” kullanılmıştır. Sodyum meta bisülfid (NaHSO_3), sodyum hidroksit (NaOH), sitrik asit, tartarik asit, fumarik asit, askorbik asit, tri sodyum sitrat (TSC), sodyum asit pirofosfat (SAPP), kalsiyum bifosfat (CaHPO_4) ve kalsiyum klorür (CaCl_2), Aldrich Chemical Company (Milwaukee, WI, ABD)'den alınmıştır. Bu kimyasal maddelerin aşağıdaki oranlardaki solüsyonları distile su kullanılarak hazırlanmıştır.

%0,25 w/v Na-meta bisülfid, %1 w/v sodyum hidroksit, %1 w/v sitrik asit, %1 w/v tartarik asit, %1 w/v fumarik asit, %1 w/v askorbik asit, %1 w/v tri sodyum sitrat, %1 w/v sodyum asit pirofosfat, %1 w/v kalsiyum fosfat ve %1 w/v kalsiyum klorür kullanılmıştır.

4.2. Metot

4.2.1. Örneklerin Analize Hazırlanması

Ayvalar ilk önce yıkanmış ve kabukları soyulmuştur. Kabukları soyulan ayvalar daha sonra, 2 x 2 x 2 cm ebadında küp şeklinde kesilmiştir. Küp şeklinde kesilmiş ayvalar (600 ± 2 g), önceden hazırlanmış olan belli konsantrasyondaki 10 farklı solüsyon içerisine atılmıştır. Küp şeklinde kesilmiş ayvalar, solüsyonlar içerisinde 30 dak. süre ile 20°C sıcaklıkta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örnekler solüsyonlardan çıkarılıp, kurutma kağıdı ile kurutulmuştur. Daha sonra bu örnekler (300 g), Individually Quick Frozen (IQF) (model flofreeze M, Frigoscandia, Helsinki, Finlandiya) dondurucuda, numunelerin merkez sıcaklığı -22°C olana kadar dondurulmuştur. Dondurulan numuneler daha sonra 20°C sıcaklıkta çözündürülmüştür.

4.2.2. Analizler

4.2.2.1. Renk Ölçümü

Kabukları soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş ayvaların, dondurulmadan, dondurulduktan ve çözündürüldükten sonraki renk ölçümleri ile solüsyonlar içinde bekletilip dondurulmayan, dondurulan ve çözündürülen ayvaların renk ölçümleri Minolta CR-300 (Minolta Corp., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile uluslararası L, a ve b sistemine göre beş tekrarlı olarak yapılmıştır. Renk uzayında L eksenini; siyahtan beyaza doğru değişen dikey eksen olup, parlaklık değerini vermekte ve ölçülen renge göre 0 ile 100 arasında değişen değerler almaktadır (Şekil 4.1.). Renk uzayı üzerinde bulunan a eksenini pozitif değer aldığı anda ölçülen renk kırmızı, negatif değer aldığı anda ise yeşil olmaktadır. Aynı şekilde b eksenini pozitif değer aldığı anda ölçülen renk sarı, negatif değer aldığı anda ise mavi olmaktadır.

4.2.2.2. Tekstür Ölçümü

Kabukları soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş ayvaların, dondurulmadan, dondurulduktan ve çözündürüldükten sonraki tekstür ölçümleri ile solüsyonlar içinde bekletilip dondurulmayan, dondurulan ve çözündürülen ayvaların tekstür ölçümleri, Kramer shear hücresi ile Instron Universal Testing Machine (model 1140, Instron Corp., Canton, ABD) ile belirlenmiştir. Tekstür ölçümleri beş tekrarlı olarak yapılmıştır.

4.2.2.3. İstatistiksel Analiz

Tüm verilerin istatistiksel analizi (SPSS, versiyon 10.0.1, SPSS Inc., Illinois, ABD) programı içerisinde yer alan Post Hoc/Anova ile LSD metodu kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.1. L, a ve b renk uzayının şematik görünümü

5. SONUÇ

5.1. Renk Ölçümünün Değerlendirilmesi

5.1.1. Dondurulmamış Ayva Numuneleri

Dondurulmamış ayva numuneleri 20⁰C sıcaklıkta farklı solüsyonlara maruz bırakıldığında elde edilen L, a ve b değerleri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

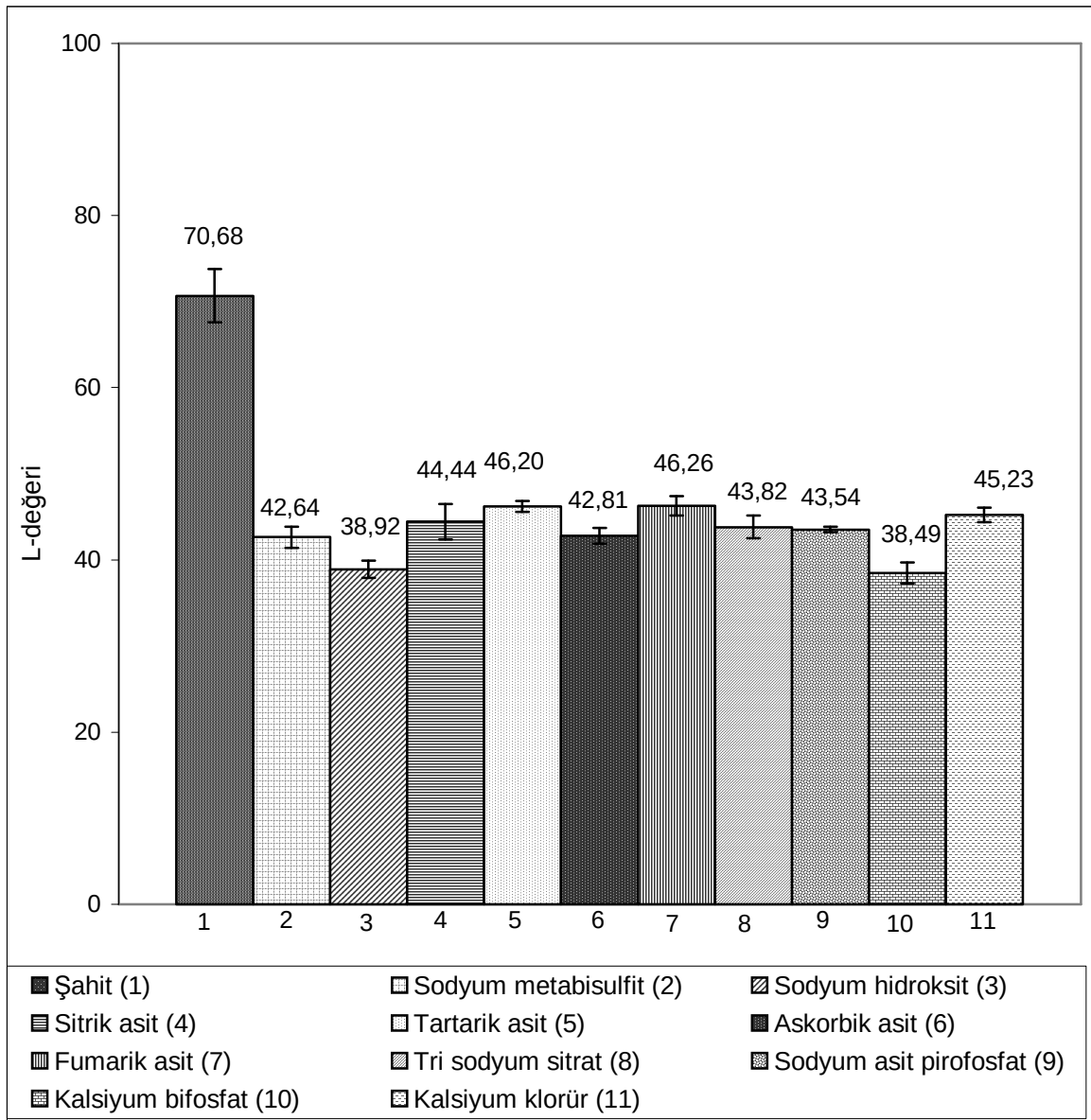
Tablo 5.1. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri*

Solüsyonlar	L	a	b
Şahit	70,68 ± 3,02 a	-2,84 ± 0,57 a	21,50 ± 1,74 a
Sodyum metabisülfite	42,64 ± 1,24 b	-0,64 ± 0,12 bd	15,53 ± 0,23 b
Sodyum hidroksit	38,92 ± 0,84 c	-0,52 ± 0,06 b	15,97 ± 0,81 bc
Sitrik asit	44,44 ± 2,09 bd	-0,50 ± 0,06 b	16,14 ± 1,23 bc
Tartarik asit	46,20 ± 0,39 d	-1,76 ± 0,69 cd	18,53 ± 0,67 d
Askorbik asit	42,81 ± 0,94 b	-1,28 ± 0,08 d	15,54 ± 0,48 b
Fumarik asit	46,26 ± 0,61 d	-1,98 ± 0,26 c	15,92 ± 0,20 b
Tri sodyum sitrat	43,82 ± 1,88 be	-0,68 ± 0,91 bd	15,41 ± 0,46 b
Sodyum asit pirofosfat	43,54 ± 0,91 be	-0,92 ± 0,49 bd	16,87 ± 0,39 c
Kalsiyum bifosfat	38,49 ± 1,35 c	-1,48 ± 0,16 bd	11,75 ± 0,51 e
Kalsiyum klorür	45,23 ± 0,88 de	-1,69 ± 0,32 cd	15,78 ± 0,28 b

*a-e: Aynı kolonda yer alan farklı harfe sahip olan değerler arasında p ≤ 0,05 seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir.

5.1.1.1. L Değeri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış ayva numunelerinde L değeri, kontrol grubunda 70,68 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubuna en yakın fumarik asit (46,26), tartarik asit (46,20) ve kalsiyum klorür asit (45,23) solüsyonu içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.1.).



Grafik 5.1. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen L değerleri

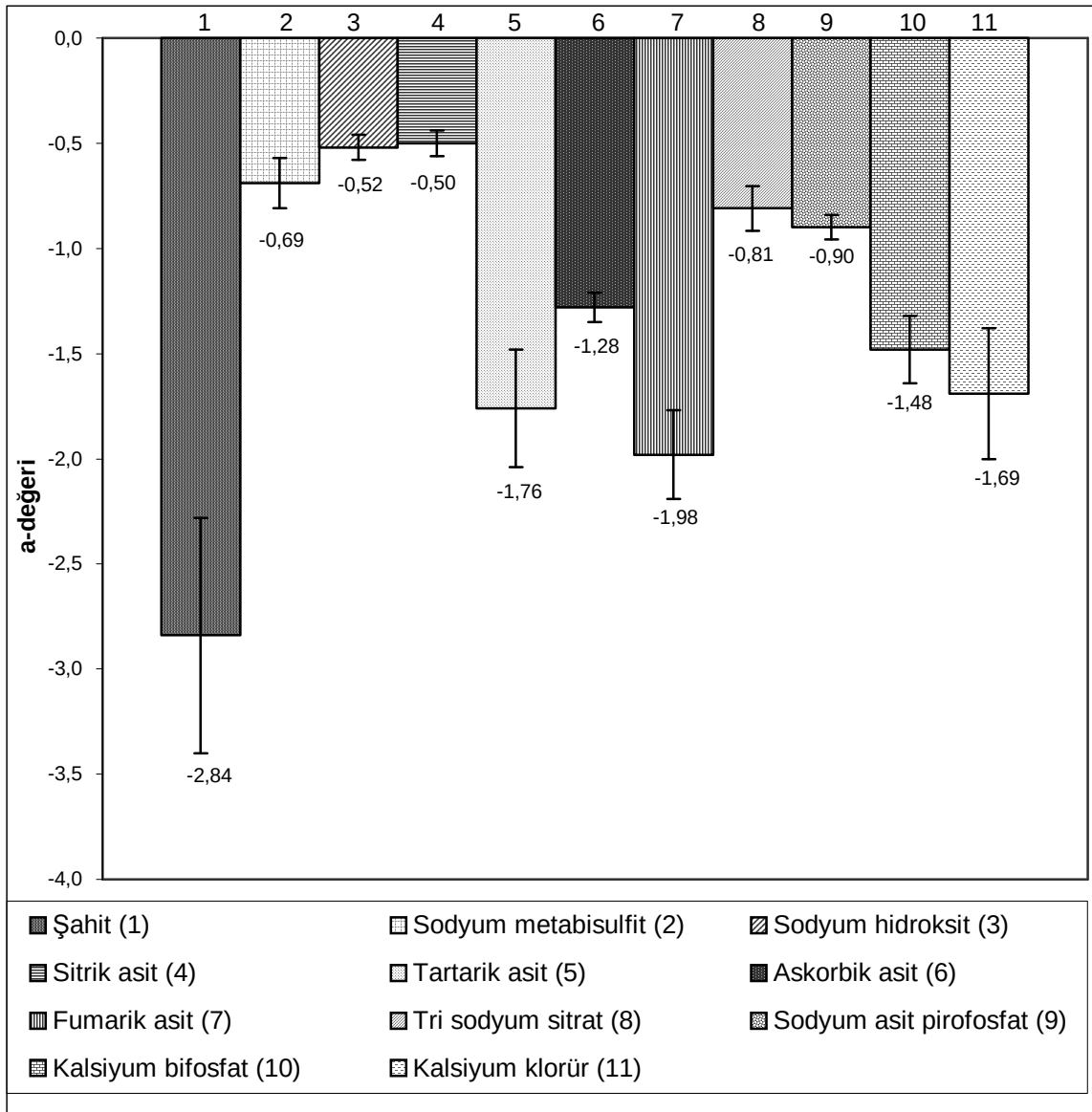
Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen L değerinin değişimi Tablo 5.1.'de verilmiş olup, L değeri ayva dilimlerindeki parlaklık (beyazlık) ve koyuluğu göstermektedir. L değerinin artması parlaklığın arttığını gösterirken, L değerinin azalması koyuluğun (karamanın) arttığını göstermektedir.

Küp şeklinde kesilmiş ve dondurulmamış örnek ile sodyum metabisülfid, sodyum hidroksit, sitrik asit, tartarik asit, askorbik asit, fumarik asit, tri sodyum sitrat, sodyum asit pirofosfat, kalsiyum bifosfat ve kalsiyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasındaki L değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu

bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın sonucu veren fumarik asit, tartarik asit ve kalsiyum klorür arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı bulunmuştur.

5.1.1.2. a Değeri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış ayva numunelerinde a değeri, kontrol grubunda -2,84 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubuna en yakın olan sonucu fumarik asit (-1,98), tartarik asit (-1,76) ve kalsiyum klorür (-1,69) solüsyonları içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.2.).

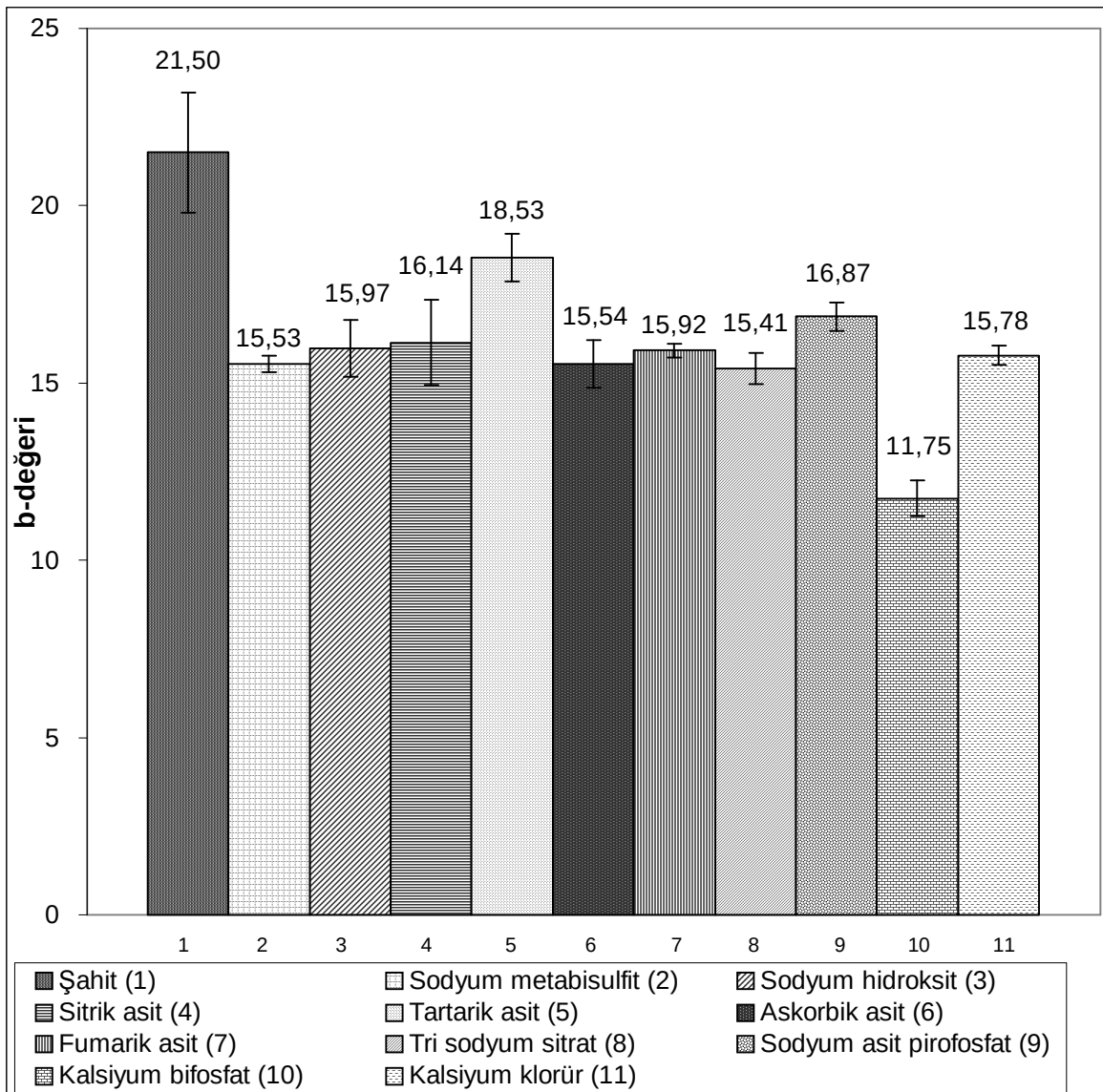


Grafik 5.2. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen a değerleri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen a değerinin değişimi Tablo 5.1.'de verilmiş olup, a değerinin artması kırmızı rengin arttığını gösterirken, a değerinin azalması yeşil rengin arttığını göstermektedir. Küp şeklinde kesilmiş ve dondurulmamış örnek ile sodyum metabisüfit, sodyum hidroksit, sitrik asit, tartarik asit, askorbik asit, fumarik asit, tri sodyum sitrat, sodyum asit pirofosfat, kalsiyum bifosfat ve kalsiyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın sonucu veren fumarik asit, tartarik asit ve kalsiyum klorür arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı bulunmuştur.

5.1.1.3. b Değeri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış ayva numunelerinde b değeri, kontrol grubunda 21,50 olarak ölçülmüştür. Şahit örnek ile bütün solüsyonlar içinde bekletilen numunelerin b değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın olan sonucu tartarik asit (18,53) solüsyonu içinde bekletilen numune vermiştir (Grafik 5.3.).



Grafik 5.3. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayvalarda ölçülen b değerleri

Dondurulmamış ayvalarda ölçülen b değerinin değişimi Tablo 5.1.'de verilmiş olup, b değerinin artması sarı rengin arttığını gösterirken, b değerinin azalması mavi rengin arttığını göstermektedir. Sodyum asit pirofosfat, sitrik asit ve sodyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı bulunmuştur. Ayrıca, sodyum metabisülfite, sodyum hidroksit, sitrik asit, askorbik asit, fumarik asit, tri sodyum sitrat ve kalsiyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasında da $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

5.1.2. Dondurulmuş Ayva Numuneleri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmuş ayva numuneleri 20⁰C sıcaklıkta farklı solüsyonlara maruz bırakıldığında elde edilen L, a ve b değerleri Tablo 5.2.'de verilmiştir.

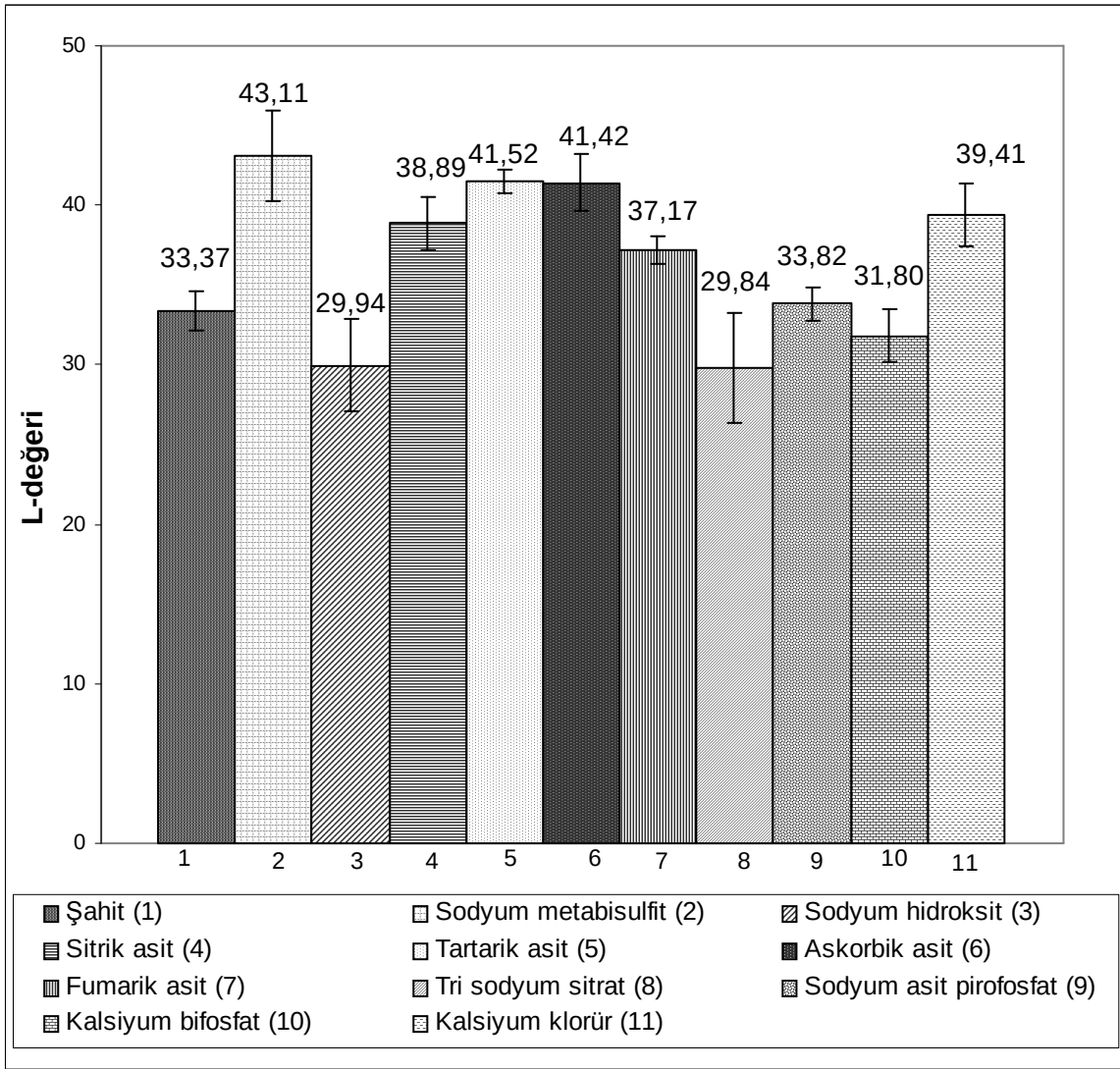
Tablo 5.2. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri*

Solüsyonlar	L	a	b
Şahit	33,37 ± 1,21 a	2,05 ± 0,31 a	15,99 ± 1,50 ac
Sodyum metabisulfit	42,11 ± 2,83 b	-0,72 ± 0,15 b	15,28 ± 2,04 abc
Sodyum hidroksit	29,94 ± 2,90 c	5,39 ± 0,97 c	14,79 ± 0,98 abc
Sitrik asit	38,89 ± 1,66 de	0,84 ± 0,25 ab	15,61 ± 1,32 c
Tartarik asit	41,52 ± 0,72 bf	-1,78 ± 0,37 d	16,03 ± 0,53 abc
Askorbik asit	41,42 ± 1,77 be	-1,23 ± 0,51 d	15,85 ± 1,64 abc
Fumarik asit	37,17 ± 0,88 d	-1,52 ± 0,02 bd	14,81 ± 0,99 abc
Tri sodyum sitrat	29,84 ± 3,46 c	3,50 ± 0,74 e	15,46 ± 1,70 abc
Sodyum asit pirofosfat	33,82 ± 1,06 a	4,01 ± 0,34 e	15,39 ± 0,50 abc
Kalsiyum bifosfat	31,79 ± 1,65 ac	3,35 ± 1,18 e	14,26 ± 0,96 ab
Kalsiyum klorür	39,41 ± 2,00 def	-1,09 ± 0,21 bd	13,37 ± 1,87 b

*a-f: Aynı kolonda yer alan farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

5.1.2.1. L Değeri

Küp şeklinde kesilmiş dondurulmuş ayva numunelerinde L değeri, kontrol grubunda 33,37 olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerden en yüksek L değerini sodyum metabisülfite (42,11), tartarik asit (41,52) ve askorbik asit (41,42) solüsyonları içinde bekletilen numuneler vermiştir (Tablo 5.2.). Kontrol grubundan daha iyi sonuç veren bu üç solüsyon içinde bekletilen numunelerin L değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir (Grafik 5.4.).



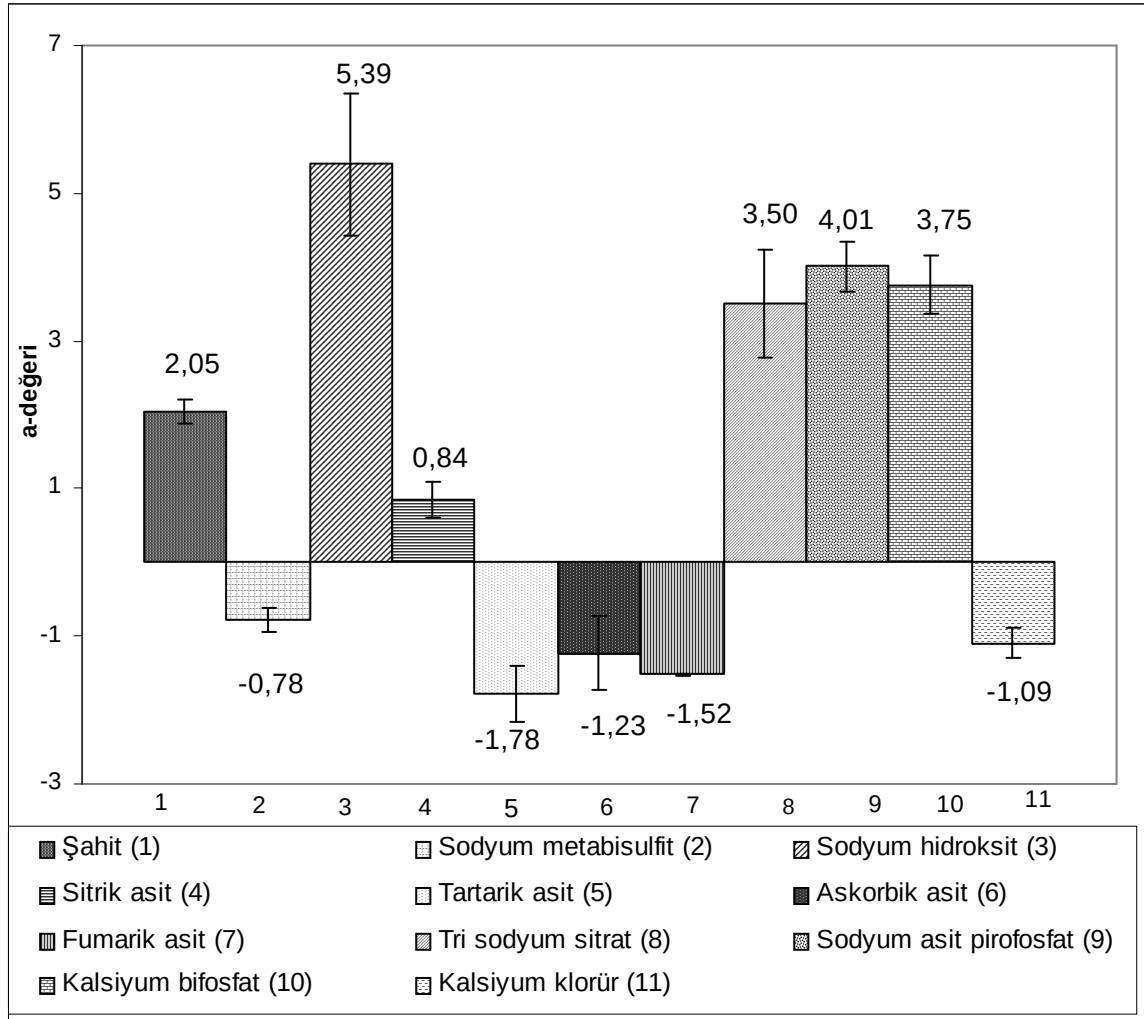
Grafik 5.4. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayvalarda ölçülen L değerleri

Dondurulmuş ayva numunelerindeki şahit örneğin L değeri (33,37), dondurulmamış ayva numunelerindeki şahit örneğin L değerinden (70,68) daha düşük bulunmuştur. Bunun sebebi, dondurulmuş ayva numunelerinin dondurma işlemi öncesi herhangi bir işleme maruz bırakılmamaları ve herhangi bir kimyasalla muamele edilmemiş olmalarıdır.

Şahit örnek ile sodyum metabisülfite, sodyum hidroksit, sitrik asit, tartarik asit, askorbik asit, fumarik asit, tri sodyum sitrat ve kalsiyum klorür solüsyonlar içinde bekletilen numunelerin L değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.

5.1.2.2. a Değeri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmuş ayva numunelerinde a değeri kontrol grubunda 2,05 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubuna en yakın sitrik asit (0,84) solüsyonu içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.5.).



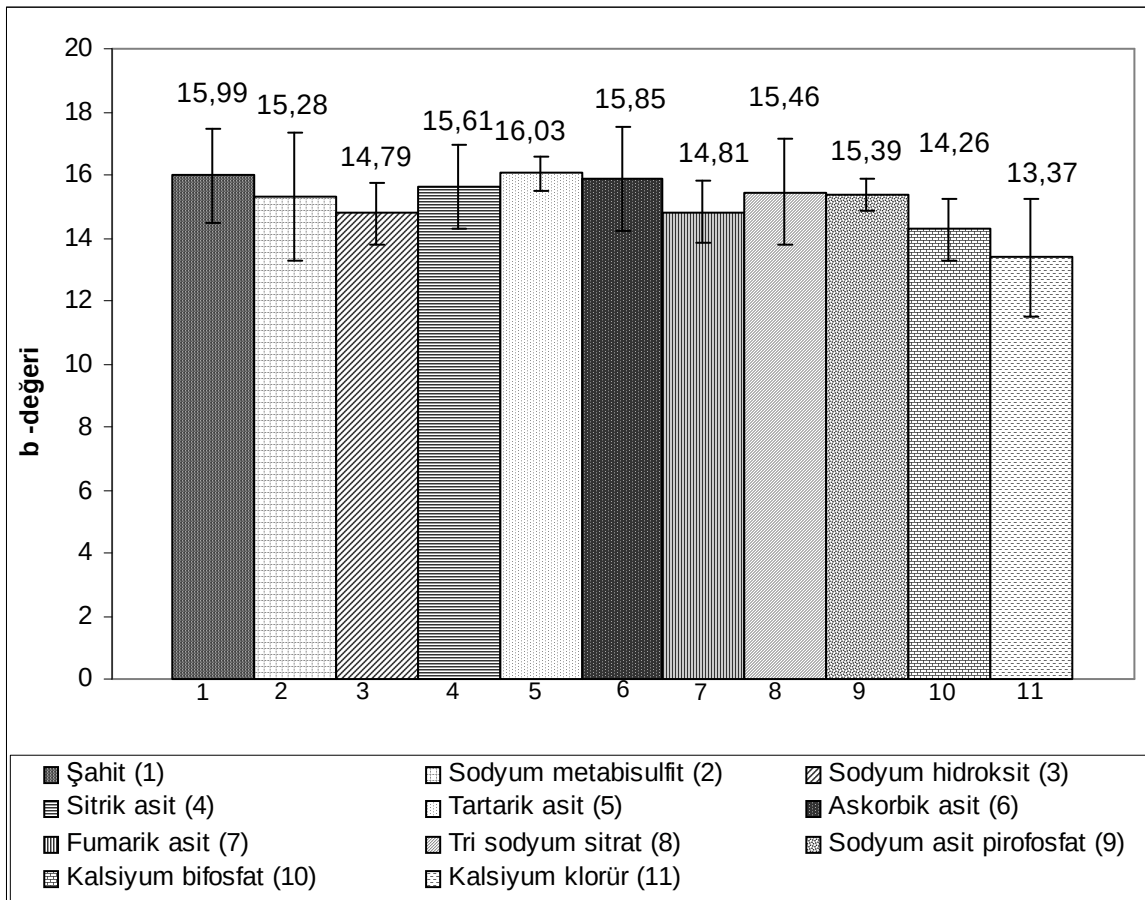
Grafik 5.5. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayvalarda ölçülen a değerleri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayvalarda ölçülen a değerinin değişimi Tablo 5.2.'de verilmiştir. Küp şeklinde kesilmiş ve dondurulmuş şahit örnek ile sodyum metabisülfite, sodyum hidroksit, tartarik asit, askorbik asit, fumarik asit, tri sodyum sitrat, sodyum asit pirofosfat, kalsiyum bifosfat ve kalsiyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.

Küp şeklinde kesilmiş ve dondurulmamış ayva numunelerinde şahit örneğin a değeri “pozitif” (+2,05) olmasına karşın, dondurulmamış ayva numunelerinde şahit örneğin a değeri “negatif” (-2,84) olarak ölçülmüştür. Bunun nedeni dondurulmuş ayva numunelerinin dondurma işlemi öncesi herhangi bir işleme maruz bırakılmaması ve herhangi bir kimyasalla muamele edilmemiş olmalarından dolayı enzim aktivitesinin devam etmesi şeklinde açıklanabilir.

5.1.2.3. b Değeri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulmuş ayva numunelerinde b değeri kontrol grubunda 15,99 olarak ölçülmüştür. Kontrol grubuna en yakın sonucu kalsiyum klorür (13,37) dışındaki solüsyonlar içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.6.). Dondurulmuş küp şeklindeki ayvalarda ölçülen b değerinin değişimi Tablo 5.2.’de verilmiştir.



Grafik 5.6. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmuş ayvalarda ölçülen b değerleri

5.1.3. Dondurulup Çözündürülmüş Ayva Numuneleri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmadan önce farklı solüsyonlara maruz bırakılmış, dondurulmuş ve sonra çözündürülmüş ayva numuneleri için elde edilen L, a ve b değerleri Tablo 5.3.'de verilmiştir.

Tablo 5.3. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinin farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra elde edilen L, a ve b değerleri*

Solüsyonlar	L	a	b
Şahit	14,97 ± 1,30 a	10,59 ± 1,24 ab	13,31 ± 0,93 a
Sodyum metabisulfit	21,13 ± 1,77 b	8,69 ± 1,34 cd	9,98 ± 1,03 b
Sodyum hidroksit	7,45 ± 0,72 d	20,13 ± 1,82 e	16,20 ± 1,20 c
Sitrik asit	23,25 ± 1,08 e	5,49 ± 0,49 c	11,18 ± 0,84 d
Tartarik asit	27,20 ± 1,98 f	5,37 ± 1,13 c	11,90 ± 0,67 d
Askorbik asit	19,29 ± 1,89 bc	8,52 ± 0,83 ad	11,78 ± 1,13 d
Fumarik asit	26,32 ± 0,79 f	5,93 ± 0,76 c	11,46 ± 0,78 d
Tri sodyum sitrat	12,78 ± 2,46 g	12,43 ± 1,58 b	13,98 ± 0,78 a
Sodyum asit pirofosfat	16,29 ± 0,76 a	12,20 ± 0,65 b	13,45 ± 0,35 a
Kalsiyum bifosfat	18,29 ± 0,99 c	8,40 ± 1,24 ad	11,91 ± 0,49 d
Kalsiyum klorür	27,76 ± 2,97 f	2,64 ± 2,97 f	11,86 ± 0,50 d

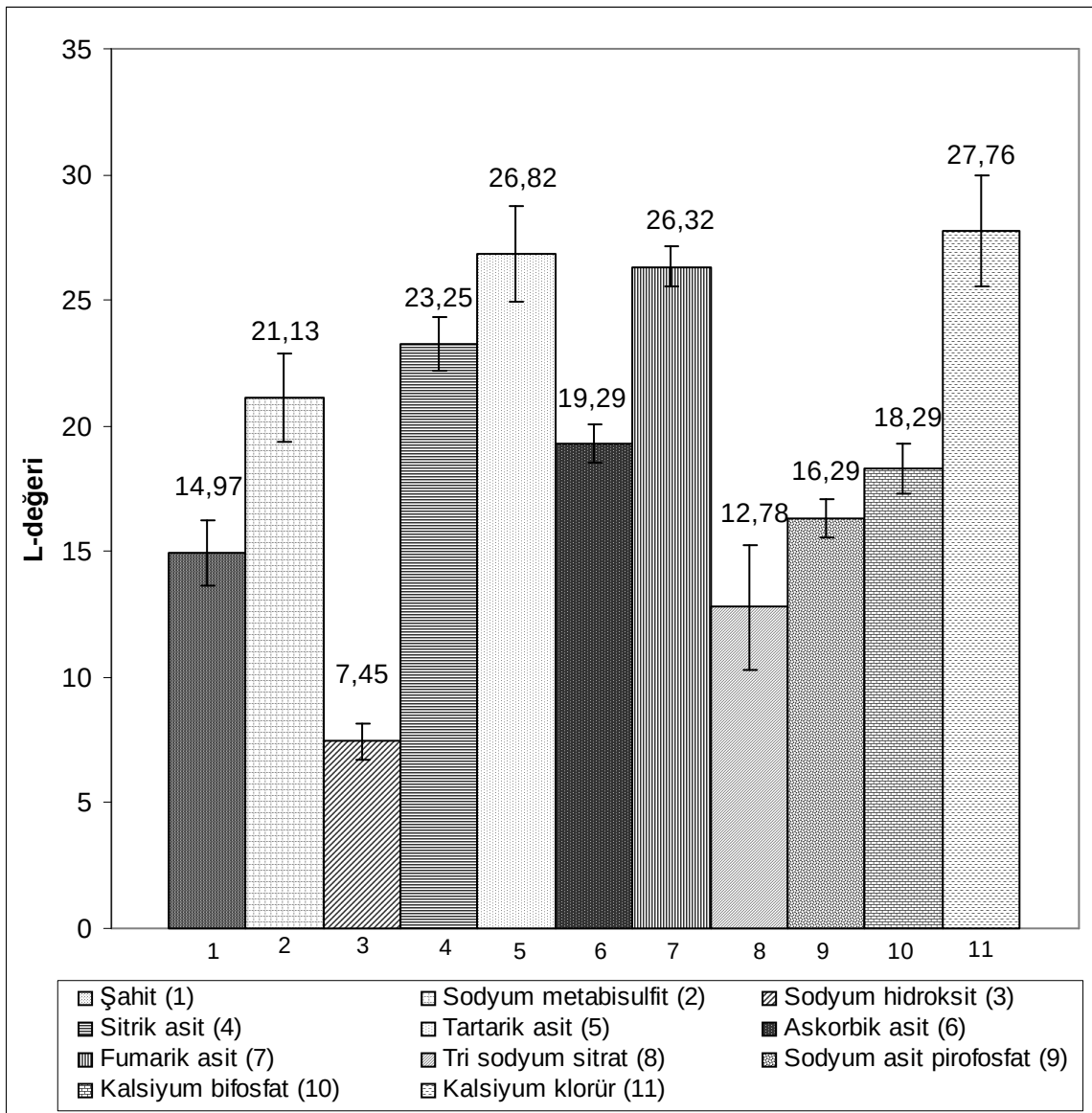
*a-f: Aynı kolonda yer alan farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir.

5.1.3.1. L Değeri

Kabuğu soyulmuş, küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde L değeri kontrol grubunda 14,97 olarak ölçülmüştür.

Dondurulup çözündürülmüş küp şeklindeki ayvalarda ölçülen L değerinin değişimi Tablo 5.3.'de verilmiştir. Dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerindeki şahit örneğin L değeri (14,97), dondurulmuş (33,37) ve dondurulmamış (70,68) ayva numunelerinin şahit örneklerinin L değerinden daha düşük olarak ölçülmüştür.

Dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerindeki en yüksek L değerini kalsiyum klorür (27,76), tartarik asit (27,20) ve fumarik asit (26,32) solüsyonları içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.7.). Kalsiyum klorür, tartarik asit ve fumarik asit solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı bulunmuştur.



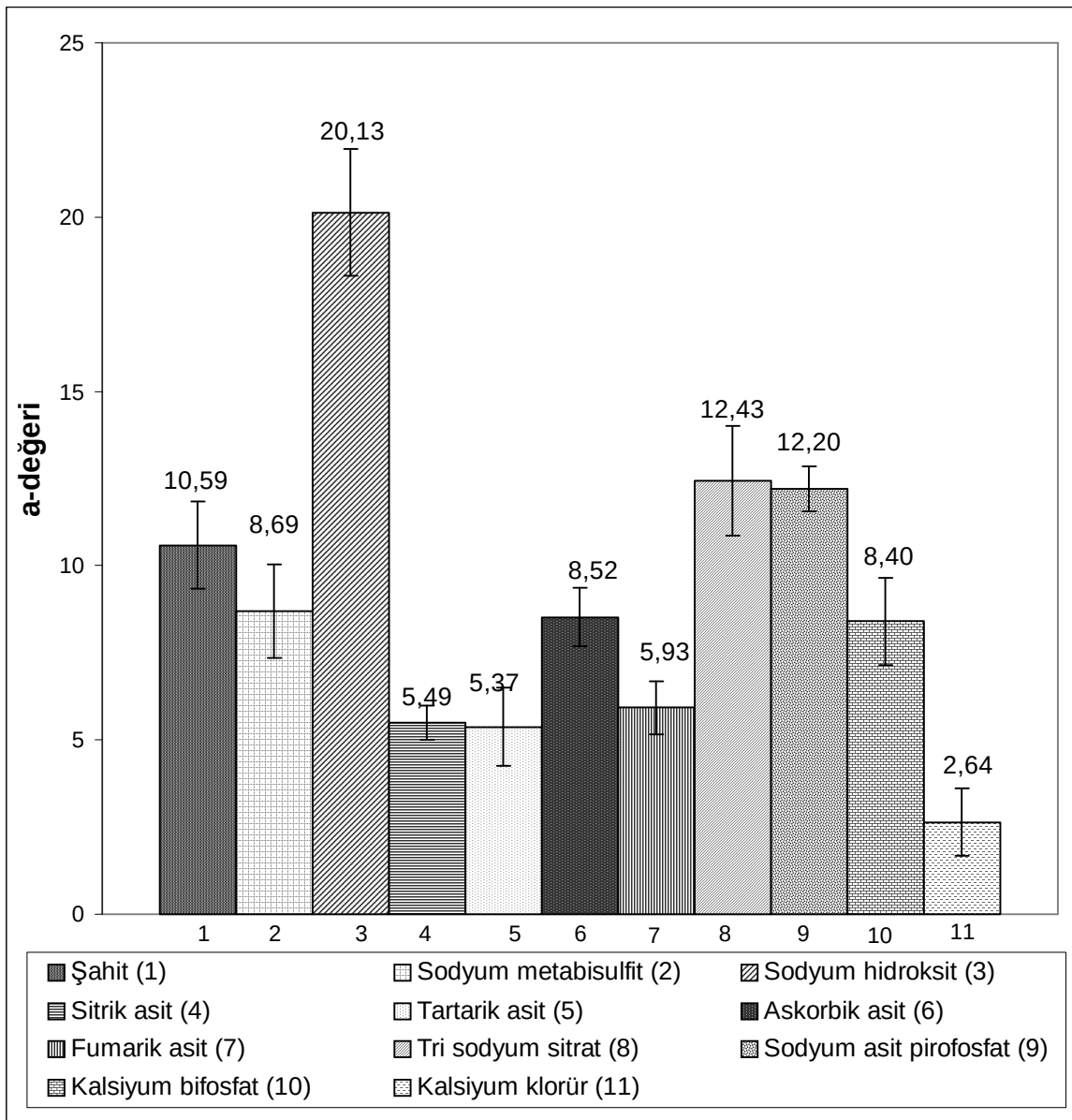
Grafik 5.7. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen L değerleri

5.1.3.2. a Değeri

Kabuğu soyulmuş küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde a değeri, kontrol grubunda 10,59 olarak ölçülmüştür.

Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen a değerinin değişimi Tablo 5.3.'de verilmiştir. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş şahit örnek ile sodyum metabisülfid, sodyum hidroksit, sitrik asit, tartarik asit, fumarik asit ve kalsiyum klorür solüsyonları içinde bekletilen numuneler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.

Dondurulmamış ayva numunelerinde şahit örneğin a değeri $-2,84$ olarak ölçülmüştür. Dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde bu değere en yakın sonucu kalsiyum klorür ($2,64$) solüsyonu içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.8.). Kalsiyum klorür solüsyonu içinde bekletilen numunelerin a değeri ile diğer solüsyonlar içinde bekletilen numunelerin a değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.



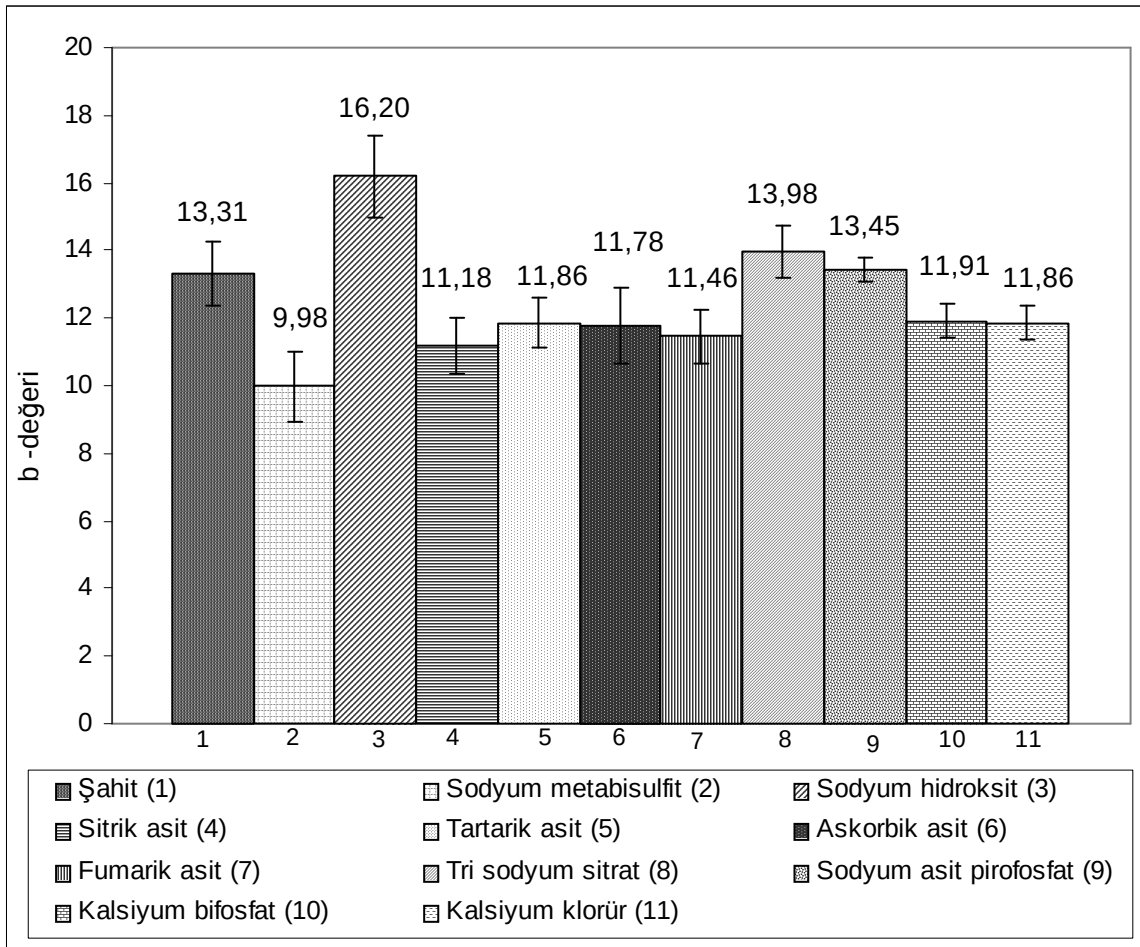
Grafik 5.8. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen a değerleri

5.1.3.3. b Değeri

Kabuğu soyulmuş, küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde b değeri, kontrol grubunda 13,31 olarak ölçülmüştür.

Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen b değerinin değişimi Tablo 5.3.'de verilmiştir. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş şahit örnek ile tri sodyum sitrat ve sodyum asit pirofosfat içinde bekletilen numuneler arasındaki b değerlerinde $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmadığı bulunmuştur.

Dondurulmamış ayva numunelerinde şahit örneğin b değeri 21,50 olarak ölçülmüştür. Dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde bu değere en yakın sonucu sodyum hidroksit (16,20) solüsyonu içinde bekletilen numuneler vermiştir (Grafik 5.9.).



Grafik 5.9. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulup çözündürülmüş ayvalarda ölçülen b değerleri

Sodyum hidroksit solüsyonu içinde bekletilen numunelerin b değeri ile diğer solüsyonlar içinde bekletilen numunelerin b değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.

5.2. Tekstür Ölçümünün Değerlendirilmesi

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş; dondurulmamış ve dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinin tekstür değerleri ölçülmüştür. Bu aşamada hiçbir işleme maruz bırakılmamış ve dondurulmamış (Şahit A) ve hiçbir işleme maruz bırakılmadan dondurulup çözündürülmüş (Şahit B) olmak üzere iki farklı şahit değeri ölçülmüştür. Küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış ve farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra dondurulup çözündürülmüş ayvaların tekstür değişimi Tablo 5.4.'de verilmiştir.

Tablo 5.4. Küp şeklinde kesilmiş dondurulmamış (Şahit A), dondurulup çözündürülmüş (Şahit B) ve farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra dondurulup çözündürülmüş ayvaların tekstür değerleri*

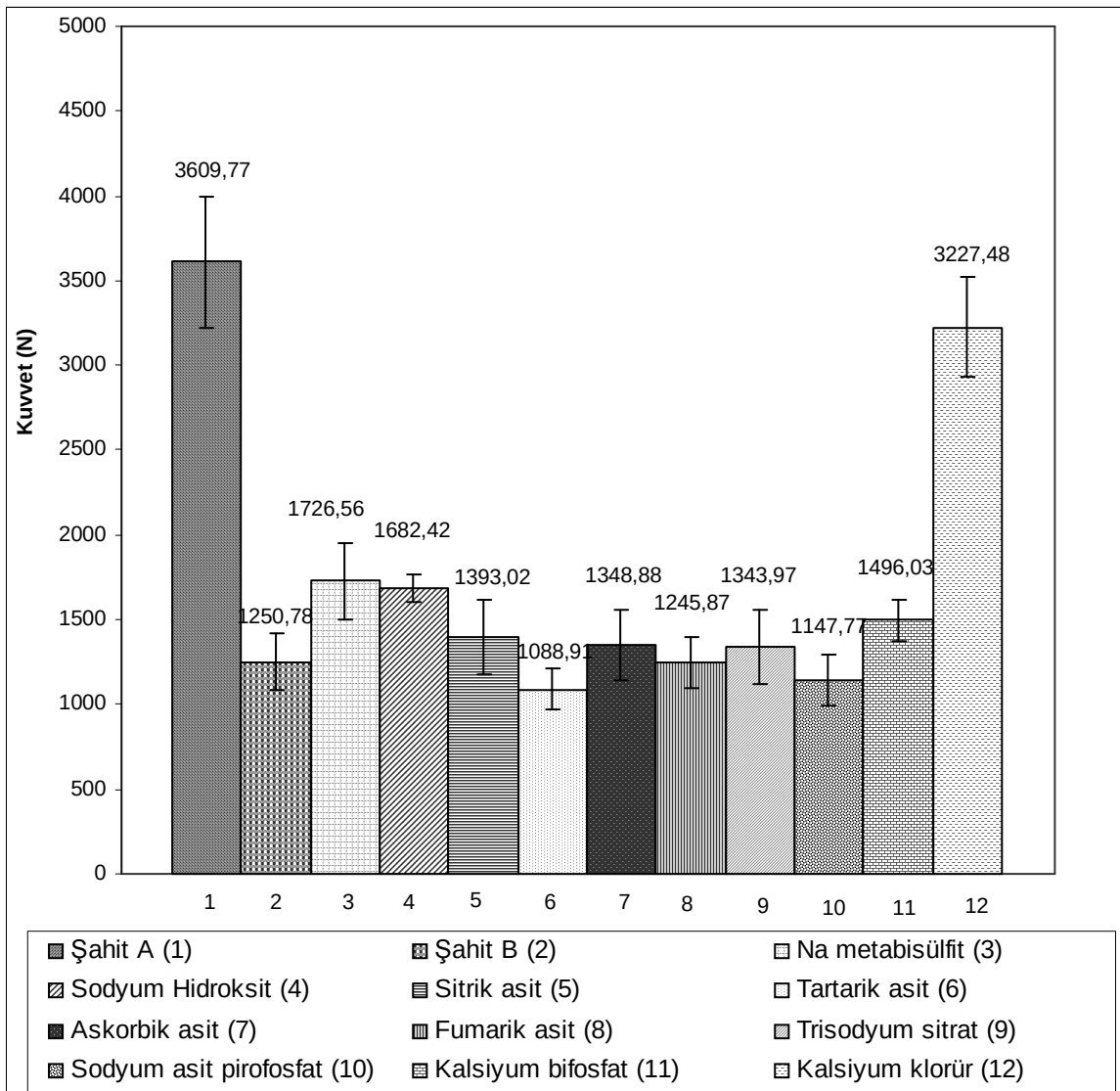
Numune	Solüsyonlar	Tekstür (Newton)
Dondurulmamış	Şahit A	3609,77 ± 390,65 a
Dondurulup çözündürülmüş	Şahit B	1250,78 ± 163,91 bc
	Sodyum metabisülfat	1726,56 ± 226,32 fg
	Sodyum hidroksit	1682,42 ± 149,94 bd
	Sitrik asit	1393,02 ± 232,61 bc
	Tartarik asit	1088,91 ± 82,73 c
	Askorbik asit	1348,88 ± 207,14 bd
	Fumarik asit	1245,87 ± 153,72 dg
	Tri sodyum sitrat	1343,97 ± 219,60 c
	Sodyum asit pirofosfat	1147,77 ± 167,06 f
	Kalsiyum bifosfat	1496,03 ± 120,70 e
	Kalsiyum klorür	3227,48 ± 294,13 bd

*a-g: Aynı kolonda yer alan farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir.

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ayva numuneleri için ölçülen kontrol grubu (Şahit A) değeri 3609,77 N, dondurulup çözündürülmüş ayva numuneleri için ölçülen kontrol grubu (Şahit B) değeri ise 1250,78 N'dur. Dondurup çözündürme işlemi ayvanın tekstüründe olumsuz etki yaparak ayvanın tekstür değerini düşürmüştür.

Kabuğu soyulmuş, küp şeklinde kesilmiş ve dondurulmamış ayva numunelerinin tekstür değeri ile farklı solüsyonlara maruz bırakıldıktan sonra dondurulup çözündürülmüş numunelerin tekstür değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değışiklik olduğu tespit edilmiştir. Kabuğu soyulmuş, küp şeklinde kesilmiş ve dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinin tekstür değeri ile kalsiyum bifosfat, fumarik asit, sodyum meta bisülfid ve sodyum asit pirofosfat içinde bekletilen ayva numunelerinin tekstür değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değışiklik olduğu bulunmuştur.

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş ayvalarda yapılan tekstür analizinde, kullanılan solüsyonlardan ayvanın tekstürü üzerinde en etkili olanı kalsiyum klorür olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum klorür (3227,48 N) solüsyonu içinde bekletilen kabuğu soyulmuş, küp şeklinde kesilmiş ve dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinin tekstür değeri kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş fakat dondurulmamış ayva numunelerinin tekstür değerine (3609,77 N) en yakın sonucu vermiştir (Grafik 5.10.).



Grafik 5.10. Küp şeklinde kesilmiş, dondurulmamış ve dondurulup çözündürülmüş örneklerinin tekstür değerleri

Kabuğu soyulmuş ve küp şeklinde kesilmiş dondurulup çözündürülmüş ayva numunelerinde nihai amaç, ayvanın dondurulup çözündürüldükten sonra renk ve tekstür değerini dondurulmamış ayvaya göre en iyi şekilde korumasını sağlamaktır. Dondurulup çözündürülmüş ayvanın L, a ve b değerleri incelendiğinde, dondurulmamış ayvanın L, a ve b değerlerine en yakın değerleri kalsiyum klorür solüsyonu içinde bekletilen ayva numuneleri vermiştir. Yine aynı şekilde, dondurulmamış ayvanın tekstür değerlerine en yakın tekstür değerlerini kalsiyum klorür solüsyonu içinde bekletilen dondurulup çözündürülmüş ayva numuneleri vermiştir. Bu sebeple, tüketime hazır dondurulmuş ayvalarda renk

kararmasının önlenmesi ve tekstürün korunması için ayvaların kabukları soyulduktan sonra %1 (w/v) oranında kalsiyum klorür içeren solüsyon içinde 30 dakika bekletilmesi gerektiği belirlenmiştir.

6. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Tüketime hazır soyulmuş, dilimlenmiş ve dondurulmuş ayvalar sofralık tüketimin yanı sıra reçel, jel, marmelat ve komposto, meyve suyu, hazır yemekler, bebek mamaları ve meyve salatalarında da kullanılabilirler. Gıdanın vitamin, mineral ve tekstürünü en iyi koruyan gıda muhafaza teknolojisi dondurma işlemi olduğundan renk kararmasını önleyici ve tekstürünü koruyan gıda katkı maddelerinin ayva haricinde tüketime hazır dondurulmuş diğer meyve ve sebzelerin raf ömrü üzerindeki etkileri araştırılabilir. Ayvalar üzerinde enzimatik kararmayı önlemede daha etkili olunabilmesi için kalsiyum klorür ile bu çalışmada kullanılan diğer maddelerin uygun kombinasyonlarının, değişik oranlarda karıştırılarak soyulmuş ayvaların renk ve tekstür değerleri üzerindeki etkileri incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Akçay, M.E., 2003. Ayva Yetiştiriciliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova.
2. Amiot, M.J., Taccini, M., Aubert, S., Nicolas, J., 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *Journal of Food Science*, 57(4): 958-962.
3. Anonim, 1983. Food Additives. Codex Alimentarius, FAO–WHO Food Standard Programme. Pp. 42-45, 50-52, 111-113, Roma.
4. Anonim, 1998. İzmir Ticaret Borsası İktisadi Raporu s. 64-71. İzmir.
5. Anonim, 2002. DİE, Tarımsal Yapı ve Üretim, Ankara.
6. Anonim, 2003. DPT, Bitkisel Üretim Meyvecilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
7. Archer, R.W., 1962. Firming processed apple with calcium. *Canner/Packer*, 131: 28.
8. Arogba S., Ajiboye, O.L., Ugboko, L.A., Essienette S.Y., Afolabi P.O., 1998. Properties of polyphenol oxidase in mango kernel. *Journal of Food Science*, 77: 459-462.
9. Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Güven Yayıncılık A.Ş., Ankara.
10. Chun, Y.H., Kim, C.K., Kim, W.J., 1986. Effect of temperature, pH and sugars on kinetic property of maillard reaction. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 18: 55-60.
11. Coseteng, M.Y., Lee, C.Y., 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, 52(4): 985-989.
12. Drake, S.R., Fridlund, P.R., 1986. Apple quality as influenced by method of CaCl₂ application. *Journal of Food Science*, 9: 121-127.
13. Dunbar, J., 1986. Use of sulphur dioxide in commercial drying of fruits and vegetables. *Food Technology in New Zeland*, February: 11-15.

- 14.Eskin, N.A.M., Henderson, H.M., Townsend, R.J., 1971. Biochemistry of Foods. Pp. 401-431. Academic Press, New York, USA.
- 15.Fennema, O.R., 1975. Activity of enzymes in partially frozen aqueous systems. Pp. 397-413. In: Duckworth, R.B. (ed.), Water Relations of Foods. Academic Press, New York, USA.
- 16.Fujita, S., Bin Saari, N., Maegawa, M., Tetsuka, T., Hayashi, N., Tono, T., 1995. Purification and properties of polyphenol oxidase from cabbage (*Brassica oleracea* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 1138-1142.
- 17.Gül, M., ve Erkan, O., 2001. Dünya ve Türkiye'deki elma üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (3): 1-10.
- 18.Harel, B.E., Mayer, A.M., Shain, Y., 1966. Catechol oxidase, endogenous substrates and browning in developing apples. Journal of Science of Food and Agriculture, 17: 389-392.
- 19.Janovitz-Klapp, A., Richard, F., Nicalas, J., 1989. Polyphenoloxidase from apple. Partial Purification and Some Properties, 28(11): 2903-2907.
- 20.Janovitz-Klapp, A.H., Richard, C.F., Goupy, P.M., Nicholas, J.J., 1990. Inhibition studies on apple polyphenol oxidase. Journal of Agriculture Food Chemistry 38: 926-931.
- 21.Keleş, F., 1989. Kükürt dioksit ve gıdalarda kullanılması. Gıda 14(3): 159-164.
- 22.Lozano-De-Gonzalez, P.G., Barrett, D.M., Wrolstad, R.E., Durst, R.W., 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. Journal of Food Science, 58: 399-404.
- 23.Martinez, M.V., Whitaker, J.R., 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. Trends in Food Science and Technology, 6(6): 195-200.
- 24.Mayer, A.M., Harel, E., 1979. Phenoloxidase in plants. Phytochemistry, 18: 193-215.

25. Mayer, A.M., Lerner, H.R., 1987. Changes in the levels of catechol oxidase and laccase activity in developing peaches. *Journal of Food Science*, 21: 542-544.
26. Nicolas, J.J., Richard-Forget, F.C., Goupy, P.M., Amiot, M.J., Aubert, S.Y., 1994. Enzymatic browning reaction in apple and apple products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(2): 109-157.
27. Özbek, S., 1978. Özel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 128, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
28. Park, Y.K., Şato, H.H., Almeida, T.D., Moretti, R.R., 1980. Polyphenol oxidase of mango. *Journal of Food Science*, 45: 1619-1621.
29. Ponting, J.D., 1960. The control of enzymatic browning of fruits. Pp. 105-124. In: Schultz, H. W. (ed.), *Food Enzymes*. The AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA.
30. Resnik, S., Chirife, J., 1979. Effect of moisture content and temperature on some aspects of nonenzymatic browning in dehydrated apple. *Journal of Food Science*, 44: 601-605.
31. Rocha, A.M.C.N., Morais, A.M.M.B., 2003. Shelf life of minimally processed apple determined by colour changes. *Food Control*, 14: 13-20.
32. Sapers, G.M., Hicks, K.B., 1989. Inhibition of enzymatic browning in fruits and vegetable. Pp. 29-43. *Chemistry and Technology*. American Chemical Society, Washington, DC, USA.
33. Sapers, G.M., Ziolkowski, M.A., 1987. Comparison of erythorbic and ascorbic acids as inhibitors of enzymatic browning in apple. *Journal of Food Science*, 52: 1732-1733.
34. Siddiq, M., Sinha, N.K., Cash, J.N., 1992. Characterization of polyphenoloxidase from Stanley plums. *Journal of Food Science*, 57(5): 1177-1179.
35. SPSS, 1999. Versiyon 10.0.1, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA.
36. Taylor, S.L., Higley, N.A., Bush, R.K., 1986. Sulfites in foods: Uses, analytical methods, residues, fate, exposure assessment,

metabolism, toxicity and hypersensitivity. *Advances in Food Research*, 30: 1-76.

37. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, 1997. Resmi Gazete, Sayı: 23172. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Afyonkarahisar'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Afyonkarahisar'da tamamladı. 1984 yılında girdiği Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden, 1989 yılında mezun oldu. 1989–1992 yılları arasında Meysu Meyve Suları A.Ş.'de üretim şefliği, 1992 yılında Bureau Veritas Danışmanlık ve Gözetim Hizmetleri A.Ş.'de gıda danışmanlığı, 1992-2003 yılları arasında Sofra Yemek Üretim ve Hizmet A.Ş.'de kalite koordinatörlüğü yaptı. 2003 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2003-2004 yılları arasında Unmaş Unlu Mamüller A.Ş.'de kalite yöneticisi olarak çalıştı. 2004 yılından itibaren de Tansaş Perakende A.Ş.'de kalite sağlama müdürü olarak görev yapmaktadır.