

Antioksidanların Enzimatik Esmerleşme Üzerine Etkileri



Ekin Nur NUMANOĞLU^{1*}, Ali Günalp ÇELİK²

¹ Antalya Bilim ve Sanat Merkezi, Antalya, Türkiye.

² Yusuf Ziya Öner Fen Lisesi, Antalya, Türkiye.

* ekinnumanoglu@gmail.com

Geliş Tarihi: 08.04.2018 Kabul Tarihi: 20.06.2018

ÖZET: Taze doğranmış ve kurutulmuş meyve ve sebzelerde, kalite ve raf ömrünü olumsuz yönde etkileyen en önemli faktör esmerleşme / kararma reaksiyonlarıdır. Meydana gelen reaksiyonlar sonucunda sadece ürünün renginde değil aynı zamanda diğer duyuşal özelliklerinde de değişimler meydana gelmektedir. Bu durum üretici ve satıcılara maddi kayıp olarak yansımaktadır. Şoklama, soğutma, dondurma, pH düzenleme, kurutma, ışınlama, yüksek basınç işlemi, ultrafiltrasyon ve inhibe edici maddeler kullanma enzimatik esmerleşmeyi engelleme tekniklerinden bazılarıdır. Bu yöntemler enzim yapısını bozarak, ortamdaki oksijenle reaksiyona girerek ya da enzimin aktif uçlarına bağlanarak esmerleşme reaksiyonlarını engelleyebilmektedir. Ancak gıdaların kimyasal özelliklerini değiştirmeleri insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir ve maliyetleri yüksektir. Bu çalışmada çeşitli bitkilerin yapısında bulunan antioksidan maddeler kullanılarak, model gıda olarak seçilen muz, elma ve patatesten enzimatik esmerleşmenin önlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda adaçayı, biberiye, nar kabuğu ekstraktı ve yeşil çayın bileşenleri ekstrakte edilerek belirtilen gıdalar bu ekstraktlara daldırılmış ve bu ekstraktların esmerleşme üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncelenen maddelerin rengi, Konica Minolta CR-400 renk ölçüm cihazı ile ölçülmüş ve Hunter L, a, b renk sistemine göre değerleri kaydedilmiştir. Elde ettiğimiz veriler ile özellikle tanesinden ayrıştırıldıktan sonra başka kullanım alanı bulunmayan nar kabuğu ve diğer doğal antioksidanlar kullanılarak enzimatik esmerleşmenin engellenebileceği kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Ekstrakt, Oksidasyon, Polifenol Oksidaz.

EFFECTS OF ANTIOXIDANTS ON ENZYMATIC ESCALATION

ABSTRACT: In freshly chopped and dried fruits and vegetables, the most important factor that affects quality and shelf life negatively is browning reactions. As a result of the reactions, not only the color of the product, but also the other sensory properties is changed. This situation is reflected as economic loss between the producer and the seller. Some of the techniques are enzymatic browning inhibition techniques such as freezing, cooling, pH regulation, drying, irradiation, high pressure treatment, ultrafiltration and using inhibiting substances. These methods can prevent the browning reactions by disrupting the enzyme structure, by reacting with the oxygen in the environment, or by binding to the active terminals of the enzyme. However, changing the chemical structure of foods can affect human health in the negative and these are not cheap methods. In this study, it was aimed to prevent enzymatic browning of selected fruits bananas, apples and potatoes by using antioxidant substances found in the structure of various plants. In this context, selected fruits were dipped in extracts of sage, rosemary, green tea and pomegranate bark, and the effects of these extracts on browning were investigated. The color of the examined materials was measured with a Konica Minolta CR-400 colorimeter and recorded according to Hunter L, a, b color system. It has been proved that the enzymatic browning can be prevented by using the natural antioxidants, especially pomegranate bark, which unused after being separated from the granule.

Keywords: Antioxidant, Extract, Oxidation, Polyphenol Oxidase.

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzelerde, mekanik zedelenmelerle bazı renk değişimleri ortaya çıkmaktadır. Bu renk değişimlerine "esmerleşme" denir. Esmerleşme; enzimatik esmerleşme ve enzimatik olmayan esmerleşme olarak ikiye ayrılır. Gıdalarda görülen başlıca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları karamelizasyon ve maillard reaksiyonlarıdır.

Gıdalarda bulunan serbest amino asitlerin, proteinlerin veya peptitlerin serbest amino grupları ile indirgen şekerler arasında gerçekleşen ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları "Maillard Reaksiyonu" olarak bilinir. Ekmeğin, kurabiyelerin, keklerin, etin, çikolatanın, patlamış mısırın, pilavın lezzetinden kısmen sorumlu olmasına rağmen ileri bozunma ürünlerinin sitotoksik, genotoksik ve karsinojenik özelliklerinden dolayı gıdalarda oluşması genellikle istenmez (Yıldız *vd.* 2010).

Karamelizasyon, şekerin erime noktasının (186°C) üzerindeki sıcaklıklara kadar ısıtılmasıyla, bir seri reaksiyon zincirleri sonucu esmer renkli bileşiklere polimerize olan furfural türevlerinin dehidrasyon reaksiyonları sonucunda meydana gelir. Bu tepkime için amino grubu mutlak gerekli değildir. Hem asidik hem bazik ortamda karamelizasyon olabilir (Kıranlı 2006, Ayhan 2009).

Oksidasyon tepkimeleri, bazı enzimler tarafından katalize edilmektedir. Enzimatik yolla esmerleşme reaksiyonlarında rol alan oksidasyon enzimleri, değişik isimlerle bilinse de genel olarak polifenoloksidaz (PPO) enzimleri olarak adlandırılmaktadır. Enzimatik esmerleşme reaksiyonları; açık renkli meyve ve sebzelerin (kayısı, elma, armut, patates vb.) dokularındaki fenolik maddelerin (mono ve *o*-difenoller vb.) polifenoloksidaz enzimi katalizörülüğünde *o*-kinonlara hidroksilasyonu ve oksidasyonu ile başlamaktadır. Daha sonra, *o*-kinonların enzimatik olmayan oksidasyonu ve bunu takiben polimerizasyonu sonucunda melanoidinler oluşmakta; böylece bu açık renkli ürünlerde esmerleşme görülmektedir (Hepsağ *vd.* 2016). Enzimatik esmerleşme, kısaca polifenollerin polifenol oksidaz enzimleriyle oksitlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır.

Enzimatik esmerleşmenin basamakları;

1. Fenolik bileşikler *o*-kinonlardan dönüşmesi,
2. *o*-Kinon veya *o*-difenolhidrosilizasyona uğrar ve trihidroksi benzen oluşumu.
3. *o*-Kinon ve trihidroksi benzen birlikte tepkimeye girer ve sonuçta hidrokinon oluşumu.

4. Hidrokinonlar polimerize olur ve sonuçta kırmızı kahve veya koyu kahve renkli melanin denilen bileşiklerin oluşumu şeklinde sıralanabilir.

Gerçekleşen bu reaksiyon tepkimeye giren hammaddeye göre değişmekle beraber genellikle sıfırıncı dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olarak ilerlemektedir. Bir başka ifade ile ortamda bulunan substrat bitene kadar tepkime devam etmektedir (Ayhan 2009).

Tüketime hazır meyvelerin kalitesi ve raf ömrü, fiziksel hasar sonucu tekstürel özelliklerin değişmesi, enzimatik esmerleşme, su kaybı, mikrobiyal bozulma ve istenmeyen tat ve koku maddelerinin oluşması nedeniyle sınırlanmaktadır. Konservleme, dondurma, sıcaklık uygulama gibi işlemlerle, meyvenin kalite kaybına neden olacak bu gibi problemler önlenilmekte ya da bunlara sebep olan reaksiyonların hızı azaltılarak gıda üzerindeki etkisi sınırlandırılmaktadır.

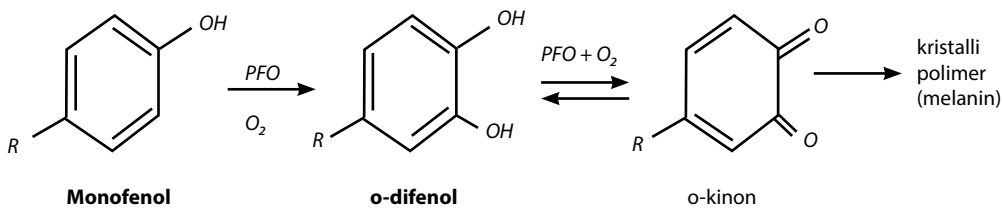
Taze doğranmış meyvelerde, kalite ve raf ömrünü kısıtlayan en önemli faktör esmerleşme/kararma reaksiyonlarıdır (Özdemir 2015). Meydana gelen reaksiyonlar sonucunda sadece ürünün renginde değil aynı zamanda diğer duyu özelliklerinde de değişimler meydana gelmektedir (Erbay ve Demir 2006). Tüm bu değişimler içinde ürün rengi tüketici tercihleri üzerinde en önemli olanıdır.

Enzimatik esmerleşmeyi önlemek için çeşitli teknikler uygulanabilmektedir. Bu yöntemler enzim yapısını bozarak, ortamdaki oksijenle reaksiyona girerek ya da enzimin aktif uçlarına bağlanarak esmerleşme reaksiyonlarını engelleyebilmektedir (Şekil 2).

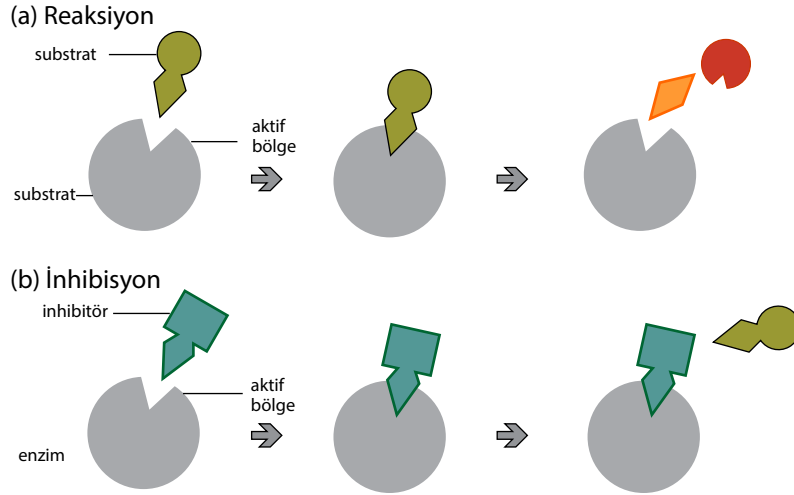
Çeşitli uygulamalar ile esmerleşme reaksiyonları önlenilmektedir. Ancak bu uygulamalarda kullanılan materyaller sağlık açısından çeşitli problemler ortaya çıkarabilmektedir. Örnek olarak kayısı kurutmada uygulanan kükürtleme işlemi esmerleşme reaksiyonlarını önlemekle beraber, gıda bileşiminde kalan kükürt sebebi ile çeşitli sağlık problemlerine sebep olabilmektedir.

Hepsağ ve arkadaşlarının (2016), yaptığı çalışmada; Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki market ve pazarlardan tedarik edilen 43 adet kuru kayısıda kükürt dioksit analizleri yapılmıştır. FAO/WHO Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi kükürtdioksit için günlük alınabilir kabul düzeyini (ADI) günde 0.7 mg/kg olarak açıklamışlardır. Buna göre 60 kg ağırlığındaki bir birey günlük olarak en fazla 42 mg kükürtdioksidi bünyesine alabilir. Ancak analiz edilen örneklerin 17'sinde kükürtdioksit miktarının yasal limitlerin %40 üzerinde olduğu görülmüştür.

Gıdaları enzimatik esmerleşmeden korumanın bir diğer yolu ise antioksidanlardır. Antioksidanlar oksijen ile tepkimeye



Şekil 1. Enzimatik esmerleşme reaksiyonu (Anonim 2015).



Şekil 2. İnhibe edici madde bulunmayan (a) ve bulunan (b) ortamda enzimatik esmerleşme reaksiyonu (Anonim 2016).

girme eğilimi yüksek olan bileşikler olarak tanımlanabilirler. Herhangi bir maddede yeterli miktarda bulunması durumunda oksijen ile ilk olarak bu bileşikler tepkimeye girerek ortamda bulunan aktif oksijenleri bağlamaktadırlar. Bu sayede oksijenin diğer bileşiklerle tepkimeye girmesini önlemektedirler.

Bu çalışma ile, çeşitli bitkilerin yapısında bulunan antioksidan maddeler kullanılarak, model gıda olarak seçilen muz, elma ve patatesten enzimatik esmerleşmenin önlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda adaçayı, biberiye, ve yeşilçayın bileşiminde bulunan bileşenler ekstrakte edilerek veya nar kabuğu ekstraktı kullanılarak belirtilen gıdalar ile muamele (örnekleri ekstraktlar içerisine daldırarak) edilmiş ve bu ekstraktların esmerleşme üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Hammadde temini

Deneyde kullanılmak üzere, yüksek antioksidan içerikleri literatür çalışmalarıyla ortaya konmuş olan adaçayı, biberiye, nar kabuğu ve yeşil çay bitkileri seçilmiştir. Bu bitkilerden elde edilen ekstraktların enzimatik esmerleşme reaksiyonları üzerinde engelleyici etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla enzimatik esmerleşmeye uğradığı bilinen elma, muz ve patates model gıda olarak seçilmiştir. Adaçayı, biberiye ve yeşil çay Antalya ilindeki yerel bir aktardan kuru olarak, nar, elma, muz ve patates ise taze olarak yerel bir manavdan temin edilmiştir. Satın alma işlemi takiben nar meyvesinin tüm taneleri ayrılmış ve geri kalan kabukları ev tipi bir kurutucuda 70°C sıcaklıkta kurutulmuştur.



Şekil 3. Ekstraksiyon işleminin su banyosunda 90°C sıcaklıkta gerçekleştirilmesi.



Şekil 4. Örneklerin kaba filtre kağıdı yardımı ile süzülmesi.



Şekil 5. Örneklerin ekstraktların içine daldırılması

2.2. Ekstraktların elde edilmesi

Adaçayı, biberiye, nar kabuğu ve yeşil çay bitkileri her biri ayrı ayrı ağırlıkça 1/10 ve 1/20 (örnek/su) olmak üzere iki farklı oranda hazırlanarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi su banyosunda 90°C sıcaklıkta 15 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Bu süre sonunda örnekler kaba filtre kağıdı yardımı ile süzülerek oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır (Şekil 4).

2.3. Uygulama

Elde edilen ekstraktlar uygun derinlikte bir kap içine aktararak önceden belirlenen ve standart ölçülerde

dilimlenen elma, muz ve patates örnekleri ekstraktların içine daldırılarak yaklaşık 30 saniye boyunca bekletilmiştir (Şekil 5). Bunların yanında her model gıda için bir adet kontrol örneği hazırlanmıştır. Uygulamadan hemen sonra maddelerin rengi, Konica Minolta CR-400 renk ölçüm cihazı ile ölçülmüş ve Hunter L, a, b renk sistemine göre değerleri kaydedilmiştir. Ekstraktlarla muamele edilen örnekler ve kontrol örnekleri bir tepsiye yerleştirilerek ev tipi bir fırın içerisinde oda sıcaklığında hava akımı altında kurutulmuştur.

Kuruma işlemi sonrası örneklerin tekrar renk değerleri ölçülerek ekstrakt uygulama sonrası ve kuruma sonrası arasındaki renk verileri ile gerçekleştirilen uygulamanın renk değişimi üzerine etkisi incelenmiştir.

Çizelge 1. Deney ve kontrol gruplarının renk ölçüm cihazı ile tespit edilen değerleri

Ekstrakt	Örnek	Uygulama sonrası			Kuruma sonrası			Renk değişimi
		L	A	B	L	A	B	ΔE
Kontrol	Elma	79,36	-10,69	24,56	77,84	-1,88	36,58	14,98021
	Muz	73,05	-5,43	34,31	46,58	0,62	26,45	28,26734
	Patates	64,11	-8,33	27,38	74,72	-0,96	27,39	12,91855
1/10 adaçayı/su	Elma	74,68	-10,71	25,48	61,72	9,61	47,01	32,31725
	Muz	64,52	-1,32	35,41	39,55	4,68	26,45	27,19894
	Patates	63,23	-7,87	33,12	57,34	5,78	38,12	15,68485
1/20 adaçayı/su	Elma	76,4	-11,38	26,62	66,6	3,28	39,01	21,55151
	Muz	59,92	-1,39	36,65	46,8	1,49	30,12	14,93551
	Patates	62,29	-8,13	27,43	77,77	-0,51	35,66	19,11616
1/10 biberiye/su	Elma	77,18	-10,71	25,48	77,32	-3,15	38,49	15,04770
	Muz	55,95	-0,24	38,21	34,73	3,4	19,47	28,54339
	Patates	63,27	-7,92	27,39	75,36	0,17	35,84	16,82315
1/20 biberiye/su	Elma	78,17	-10,74	23,91	81,55	-6,81	29,59	7,68971
	Muz	66,62	-3,79	33,57	39,93	2,15	21,37	29,94127
	Patates	62,42	-8,07	26,57	55,06	2,51	35,71	15,80017
1/10 nar kabuğu/su	Elma	69,53	-5,59	33,28	76,49	-1,75	31,82	8,08200
	Muz	64,66	-2,51	39,03	41,57	1,94	21,22	29,49824
	Patates	58,5	-3,1	35,44	72	-2,89	48,96	19,10718
1/20 nar kabuğu/su	Elma	75,63	-8,91	24,73	79,05	-8,05	29,76	6,14303
	Muz	62,94	-1,95	36,35	43,95	1,92	23,59	23,20376
	Patates	60,08	-5,81	30,05	68,46	-6,23	32,8	8,82968
1/10 yeşilçay/su	Elma	71,62	-10	34	71,55	0,58	41,76	13,12093
	Muz	57,85	1,06	43,88	36,58	6,44	20,61	31,98202
	Patates	56,75	-6	35,61	67,45	2,7	37,39	13,90497
1/20 yeşilçay/su	Elma	69,15	-10,86	38,19	73,74	0,46	45,67	14,32343
	Muz	59,19	-0,82	45,14	47,37	3,84	33,65	17,13032
	Patates	63,7	-7,66	31,23	74,27	0,64	39,84	15,96079

3. BULGULAR

Konica Minolta CR-400 renk ölçüm cihazı ile ekstrakt uygulaması sonrası ve kurutma sonrası ölçülen renk değerleri Hunter L, a, b sistemi cinsinden Çizelge 1'de verilmiştir.

Renk değişimi ΔE eşitliği yardımıyla hesaplanarak örneklerin uygulama sonrasındaki ve kurutma

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_1)^2 + (a_0 - a_1)^2 + (b_0 - b_1)^2}$$

Verilen eşitlikte;

L_0 ve L_1 uygulama öncesi ve sonrası L değerlerini,
 a_0 ve a_1 uygulama öncesi ve sonrası a değerlerini,

b_0 ve b_1 uygulama öncesi ve sonrası b değerlerini ifade etmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çizelge 1'de verilen değerler incelendiğinde, renk değişim değeri kontrol grubunun renk değişim değerinden daha küçük olan denemelerde gerçekleştirilen uygulamanın başarılı olduğu ve çalışma hipotezini destekler nitelikte sonuçlar verdiği değerlendirilmiştir. Renk değişimi kontrol örneklerine kıyasla önemsiz seviyede farklı olan örneklerde uygulama etkisiz, daha fazla olan örneklerde ise olumsuz etkili olarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen bu değerlendirmeler

Çizelge 2. Kontrol örneklerine kıyasla uygulamaların renk değişimini önleme konusundaki durumları

MODEL GIDA		ELMA	MUZ	PATATES
ADAÇAYI	1/10	OLUMSUZ	ETKİSİZ	OLUMSUZ
	1/20	OLUMSUZ	OLUMLU	OLUMSUZ
BİBERİYE	1/10	ETKİSİZ	ETKİSİZ	OLUMSUZ
	1/20	OLUMLU	ETKİSİZ	OLUMSUZ
NAR KABUĞU	1/10	OLUMLU	ETKİSİZ	OLUMSUZ
	1/20	OLUMLU	OLUMLU	OLUMLU
YEŞİLÇAY	1/10	ETKİSİZ	OLUMSUZ	ETKİSİZ
	1/20	ETKİSİZ	OLUMLU	OLUMSUZ

sonucunda enzimatik esmerleşmeyi önlemede başarılı olan ve olmayan uygulamalar Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2'de ifade edildiği gibi 1/20 derişimindeki nar kabuğu ekstraktının elma, muz ve patates üzerinde olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Biberiye ve yeşil çay bitkilerinin enzimatik esmerleşmeye etkisi olmadığı, adaçayının olumsuz etkisi olduğu genellemeleri yapılabilir. Patates model gıdasında nar kabuğu ekstraktı hariç diğer ekstraktlar başarısız olmuştur, elmada ise adaçayı hariç diğer ekstraktlar olumsuz etki göstermemiştir.

Nar kabuğu ekstraktının 1/10 ve 1/20 derişimlerinin uygulandığı model gıdalarda farklı sonuç vermesi ise ekstraksiyon işlemindeki dengeden kaynaklanmaktadır. Ekstrakte ile çözelti arasındaki madde geçişi dengeye ulaştıktan sonra durmaktadır. 1/20 lik ekstraktta kullanılan su 1/10 luk ekstrakttan fazla olduğu için suyun yapısına geçen bileşen miktarı da artacaktır. 1/20 derişimli nar kabuğu ekstraktının bütün model gıdalarda başarılı olup; 1/10 derişimli nar kabuğu ekstraktının elmada başarılı, muzda etkisiz, patatesten ise başarısız olması da bu yüzdendir. 1/20 derişimli ekstraktta bütün model gıdalardaki enzimatik reaksiyonları engellemeye yetecek kadar fenolik bileşik geçmiştir ancak, 1/10 derişimli ekstraktta yeterli miktarda bileşik suya geçememiştir.

Antioksidanlar enzimatik esmerleşmeyi önleme yolları arasında doğal bir yöntem olması açısından en uygun metotlardan biridir. Antioksidan maddeler ortamda bulunan aktif oksijenle tepkimeye girerek oksijeni yapısına bağlamaktadır. Bunun sonucunda oksijen atomunun fenolik

bileşikler ile tepkimeye girmesi önlenerek esmerleşme reaksiyonlarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Kuru ve yaş incirlerde iç (L, a, b) ve dış (L, a, b) renk değerlerinin önemli kalite parametrelerinden olduğunu, özellikle L değeri önemli olduğunu çünkü L değeri; açık ve parlak renk parametresidir (Şahin 2013). Açık rengin istenen bir özellik olduğunu, incirin pazar değerini arttırdığını, karasu tortusunun güneş yanıklı meyve oranını azalttığını, dolayısıyla meyve renginin daha açık ve albenili olmasını sağladığı söylemiştir.

Nar kabuğu ve ondan elde edilen ekstraktın sadece antioksidan değil, aynı zamanda antibakteriyel ve antimikrobiyel etkileri vardır (Özdemir *vd.* 2014). Elde ettikleri nar kabuğu ekstraktını köftelere uygulayan Özdemir ve diğerleri, BHT, BHA, TBHQ gibi karsinojenik etki gösteren sentetik antioksidanlardan daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini söylemişlerdir.

Bu çalışmada ise özellikle tanesinden ayrıştırıldıktan sonra başka kullanım alanı bulunmayan nar kabuğu ve diğer doğal antioksidanlar kullanılarak enzimatik esmerleşmenin engellenebileceği kanıtlanmıştır. Bu bağlamda ürün satışlarındaki ekonomik zararları azaltacağı ve günümüzde kullanılan insan sağlığına zararlı yöntemlerin yerine doğal ürünlerin kullanımını arttıracacağı düşünülmektedir.

Antioksidan bileşimi yüksek olan maddelerin enzimatik esmerleşmeyi geciktirdiğinden yola çıkılarak, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına daha meyilli olan meyve, sebze

ve deniz ürünlerinde antioksidanlar kullanılabilir. Maddenin oksijen ile reaksiyona girmesini engelleyerek sağlık üzerine ciddi bir etkisi olmasa da, estetik duygulara hitap etmeyen esmerleşme reaksiyonları engellenmiş olacaktır. Enzimatik esmerleşmeler meyve, sebze ve deniz ürünleri ticaretinde büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Çalışmamızda enzimatik esmerleşmeyi engellemekte başarılı olan nar kabukları, meyve suyu fabrikaları ve evlerde çöpe atılmaktadır. Bu çalışma ile kükürtlü bileşikler gibi zararlı kimyasallar yerine, ücretsiz olarak temin edilebilecek nar kabuğu kullanılarak, insan sağlığına ve ekonomiye katkı

sağlanmış olacaktır. Ayrıca bu çalışma; diğer antioksidanlar kullanılarak başka ürünler üzerine yapılacak olan çalışmalara öncülük edecektir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük rol oynayan ve laboratuvar çalışmalarında deneyimleri ile bize yol gösteren Prof. Dr. Ayhan TOPUZ ile doktora öğrencileri Emrah EROĞLU'na ve Zehra GÜNEL'e teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Anonim 2015. <https://www.quimicalimentar.com.br/en/enzymatic-browning-in-food/> Son Erişim Tarihi: 14/03/2018.
- Anonim 2016. https://www.tes.com/lessons/N_tdXNdWXO1dlQ/enzyme-regulation Son Erişim Tarihi: 14/03/2018.
- Ayhan, Z., 2009. Gıda Kimyası Ve Biyokimyası Ders Notları, Türkiye Manas Üniversitesi Yayınları - Bişkek.
- Erbay, B., Demir, N., 2006. Taze Kesilmiş Meyve ve Sebzelere Esmerleşmenin Engellenmesi, Türkiye 9. Gıda Kongresi
- Hepsağ, F., Yıldırım, A., Gölge, Ö., Hayoğlu, İ., 2016. "Türkiye'de Üretilen ve Tüketilen Kuru Kayıslarda Kükürtdioksit Kalıntı Miktarlarının Belirlenmesi". Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi.
- Kıranlı, D., 2006. "Yüksek Şeker İçerikli Sade Bar Tipi Kek Üretiminde Asesulfam Potasyum, Polidekstroz, Laktitol ve Ksantan Gam Kullanımının Ürünün Kimi Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri". Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Özdemir, H., Soyer, A., Tağı, Ş., Turan, M., 2014. "Nar Kabuğu Ekstraktının Antimikrobiyel Ve Antioksidan Aktivitesinin Köfte Kalitesine Etkisi". GIDA, 39(6), 355-362.
- Özdemir, K. S., 2015. "Gıda ve Biyoaktif Gıda Bileşenlerinin Kaplanması: Proses ve Depolama Stabilitesi Üzerine Etkileri". Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, B., 2013. "Zeytin Karasuyunun Kuru İncir Yetiştiriciliğinde Kullanımı". İncir Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Aydın.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., 2010. "Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi". Akademik Gıda, 8(6), 44-51.