



Effect of Lysophosphatidylethanolamine (LPE) for strawberry pomological and phytochemical quality characteristics during storage

Çilekte Lysophosphatidylethanolamine (LPE) uygulamalarının derim sonrası muhafazasında pomolojik ve fitokimyasal özellikler üzerindeki etkileri

Ayşe Gülhan ÇELER¹ , Kazım GÜNDÜZ² , Sedat SERÇE³ 

¹Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, Erzin-Hatay, TÜRKİYE

²Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Malatya, TÜRKİYE

³Niğde Omer Halisdemir University, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Niğde, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Ö Z E T / A B S T R A C T


Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received: 13.09.2019

Kabul tarihi/Accepted: 21.10.2019

Keywords:

Strawberry, LPE, storage time, fruit quality properties

 Corresponding author: Kazım GÜNDÜZ

 kazim.gunduz@ozal.edu.tr

Aims: Lysophosphatidylethanolamine (LPE) has been reported to improve fruit quality and storage life in various fruits. This study was conducted to investigate the effect of pre-skin LPE applications on pomological and phytochemical.

Methods and Results: The experiments were conducted with 'Camarosa' strawberry cultivar grown in summer planting method in Yayladağı district of Hatay province. The effect of LPE on yield per plant and weight loss, flesh hardness, total soluble solid (TSS), titratable acid were investigated. In addition, the effects of fruits on anthocyanin, total phenolic and antioxidant capacity values were investigated in phytochemical analyzes. The results showed that the effect of LPE applied before the skin on post-skin storage did not affect weight loss, acid content, but it was found to be effective on fruit hardness and TSS. LPE applications in strawberries were found to be 7% higher in fruit flesh hardness than on control on day 12 and fruit flesh hardness was preserved. The applications also retain the content of the soluble solids. LPE applications had no effect on the total phenol and total anthocyanin contents of their phytochemical contents, while antioxidant capacity increased slightly with 20 ppm double LPE.

Conclusions: LPE applications were carried out in the form of spray post-skin applications. The doses used may vary depending on the species, variety, mode of administration and variety. Because LPE is natural and does not cause any residual problems in applications, it is possible to make important contributions to horticulture products in case of successful results.

Significance and Impact of the Study: Since the sensitivity of the strawberry fruit due to its anatomical structure shortens the preservation period, it should be kept under suitable conditions for a very short time in order to prevent agglomeration in the marketing channel. LPE applications prolonged the preservation period by preserving some fruit quality properties.

Atf / Citation: Çeler AG, Gündüz K, Serçe S (2019) Effect of Lysophosphatidylethanolamine (LPE) for Strawberry Pomological and Phytochemical Quality Characteristics During Storage. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24(3) : 188-197

GİRİŞ

Çilek bileşik meyve grubuna girmekte olup, meyve çiçek tablasının etlenip sulanması sonucu oluşmuş, gerçek

meyveleri ise aken şeklinde meyve yüzeyi üzerinde bulunmaktadır. Meyvede 5 doku bölgesi ayırt edilebilir olup, en dışta epidermis bulunur. Bunu hipodermis, korteks ve en içte iletim demetleri bölgesi izlemektedir.

Meyveyi meydana getiren dokuları oluşturan hücreler iri olmasına karşın, hücre duvarları incedir. Bu nedenle fiziksel zararlanmaya karşı oldukça duyarlıdır. Meyve yumuşaması, olgunlaşma sırasında, hücre duvarının incilmesi ve hücre içeriğinin sıvılaşması şeklinde olmaktadır. Meyveden su buharı ve solunum gazlarının (O₂ ve CO₂) difüzyonu, stomaların varlığı ve doğal olarak açık olan kaliks ve gövde nedeniyle kolaylaşmaktadır (Kader, 1991). Çilek meyvesinin bu morfolojik özellikleri kolayca zararlanmasına, fiziksel zararlanma ile doğrudan ilgili olarak çürüme yapan patojenlere karşı çok duyarlı olmasına, yüksek hızda solunum yapmasına, su kayıplarının fazla olmasına yol açmakta ve dolayısıyla derim sonrasında oldukça yüksek ağırlık ve kalite kayıpları meydana gelmektedir (Ertan ve ark., 1987). En uygun koşullarda (0-1 °C, %95 oransal nem) çileğin depo ömrü yaklaşık 7 gündür (Nunes ve ark., 1995). Çilek klimakterik özellik göstermeyen meyve olduğundan tam olgunlukta toplanmak zorundadır. Çileklerde solunum hızı yüksek (0 °C'de 15 mg/kg/saat) olup, ortam sıcaklığının 0 °C'den 10 °C'ye yükselmesi ile 4-5 kat, 10 °C'den 20 °C'ye yükselmesi ile 2-3 kat artmaktadır (Mitcham ve ark., 2000). Derim ve sonrası işlemler sırasında meydana gelen mekanik zararlanmalar solunum hızını artırıcı etki yapmaktadır. Derimden sonra hemen hızlı bir soğutma yapılması, solunumun ve diğer biyokimyasal reaksiyonların hızlarının yavaşlatılması, hızlı bozulmanın önüne geçilmesi açısından zorunludur. Kalite ve ağırlık kayıplarının azaltılması için, derimden sonra 1-2 saat içerisinde hızlı bir ön soğutma ile meyve iç sıcaklığın 0°C'ye düşürülmesi gerekmektedir. Soğutmada 6 saatlik gecikme ağırlık kayıplarını %50 oranında artırmaktadır (Nunes ve ark., 1995). Çilek meyvesinin anatomik yapısından kaynaklanan duyarlılık muhafaza süresini kısaltmakta ve çok kısa süre içerisinde tüketilmesini gerektirmektedir. Ancak derimin yoğun olduğu dönemlerde pazarlama kanalındaki yığılmaları önlemek için çok kısa süreli de olsa uygun koşullarda muhafaza edilmesi gerekebilmektedir. Çilekler 2-5 °C'de 2-4 gün, 0 °C ve %90-95 oransal nemde 10 gün muhafaza edilebilmektedir (Bal ve Çelik, 2005). Meyve ve sebzelerinde kalite özelliklerini artırmak için yürütülen son yıllardaki araştırmalarda, hücre membranında bulunan bazı lipidlerin hücre için enerji kaynağı olmaktan başka bitki büyüme, gelişme ve yaşlanmadaki metabolik olaylarda önemli rol oynadıkları tespit edilmiştir. Bu lipidler günümüzde büyümeyi düzenleyiciler-doğal hormonlar olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Bunların başında ticari olarak da kullanılmaya başlanan Lysophosphatidylethanolamine (LPE) molekülü gelmektedir (Ergen, 2013). LPE doğal bir büyüme düzenleyicisidir. Soya fasulyesi ve yumurta sarısından

bazı enzimatik reaksiyonlar sonucu üretilmektedir (Frag ve Palta, 1992). Laboratuvar ve arazi çalışmaları ile desteklenen LPE'nin derimden 2-4 hafta önce yapılan sıvı püskürtme uygulamaları ile meyve, sebze, kesme çiçekler, tohum ve fidelerde; olgunlaşmayı hızlandırma/erkencilik sağlama (Özgen ve ark., 2004), renklenme artışı (Özgen ve Palta, 2003a), meyve eti sertliğinde artış (Frag ve Palta, 1991), daha uzun raf ömrü (Kaur ve Palta, 1997), biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılık (Cowan, 2006; Özgen ve Palta 2003b) gibi etkilerinin olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada; doğal olması, herhangi bir kalıntı sorunu oluşturmaması, özellikle kalite özellikleri bakımından birçok meyve ve sebzede etkin iyileştirme sağlaması gibi etkilerinden dolayı, çileklerde derim öncesi LPE uygulamalarının, derim sonrası muhafaza süresince meyve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Soğukta Muhafaza Araştırma ve Uygulama ünitesi ile bölüm laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Çalışmada, uygulamalar Hatay ili Yayladağı ilçesinin urumu mevkinde bulunan bir üretici bahçesinde yetiştirilen 'Camarosa' çilek çeşidine ait arazide yürütülmüştür. Denemeler açıkta yetiştiricilik sisteminde masuralar üzerinde yapılmıştır. 65-70 cm genişlik ve 20-25 cm yükseklikte hazırlanan masuralar dekara 3 ton hesabıyla yanmış çiftlik gübresi ile gübrelenmiştir. Azotlu gübreler aylık dozlar halinde (15 kg/da N tüm vejetasyon boyunca NH₄(SO₄)₂ olarak) damla sulama ile verilmiştir. Demir klorozuna karşı ise 0.5-1 g/bitki Sequestrene Fe 138 kullanılmıştır. Denemede yaz dikim yöntemi kullanılmış olup, dikimler Ağustos ayı sonunda gerçekleştirilmiştir. Bitkiler 30 x 30 cm aralık ve mesafede üçgen şeklinde dikilmiştir. Sulamalar damla sulama şeklinde yapılmıştır. Masuralar siyah plastikle malçlanmıştır.

Uygulama olarak LPE (aktif maddesi LPE, içeriği %20 organik madde, %1 fosforpenta oksit, %1 suda çözünür potasyum oksit, %0.8 N) değişik dozlarda tek ve çift uygulamalar şeklinde kullanılmıştır. Denemede yer alan derim öncesi uygulamalar aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir: 1) Kontrol: Sadece su püskürtülmüştür; 2) Derimden 10 gün önce 10 ppm tek uygulama; 3) Derimden 10 gün önce 20 ppm tek uygulama; 4) Derimden 10 gün ve 20 gün önce 10 ppm çift uygulama; 5) Derimden 10 gün ve 20 gün önce 20

ppm çift uygulama. Uygulamalar sprey şeklinde yapraktan yapılmıştır.

Meyvelerin derimi meyve yüzeyinin ¼'nün kızardığı dönemde yapılmıştır. Çalışmada standart irilikte ve üzerinde herhangi bir zararlanma olmayan meyveler kullanılmıştır. Denemede bitki başına verim değerleri, ayrıca LPE uygulamasının derim döneminde etkisini görmek için aşağıda sunulan bazı fitokimyasal özellikler incelenmiştir.

Bitki başına verimler (g): Toplam verimler g/bitki olarak derim döneminde haftada iki kez olmak üzere her parselden toplanan meyvelerden hesaplanmış ve sunulmuştur (Kaşka ve ark., 1986; Özdemir, 1992).

Toplam fenolik tayini: Toplam fenol miktarı (TF) Singleton ve Rossi (1965) tarafından tarif edildiği üzere Folin-Ciocalteu (FC) kimyasalı kullanılarak yapılmıştır.

Toplam antioksidan kapasitesi tayini: Çilek meyvelerinin antioksidan kapasiteleri Özgen ve ark. (2006) tarafından tavsiye edilen ve bitkisel materyaller için sık kullanılan TEAC (troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Toplam antosiyanin tayini: Çileklerdeki toplam antosiyanin pH farkı metodu kullanılarak yapılmıştır (Giust ve Wrolstad, 2005).

Deneme kapsamında yapılan derim sonrası uygulamalar ise aşağıda verilmiştir.

1) Önsoğutma uygulaması: Meyveler derildikten sonra hava ile önsoğutma uygulaması yapılmıştır.

2) Önsoğutmasız: Önsoğutma uygulaması yapılmamıştır. Çilek meyveleri 500 g büyüklüğündeki polipropilen (PP) kaselere yerleştirilmiştir. Daha sonra kaseler ikiye gruplar halinde plastik kasalara alınmıştır. Soğukta muhafaza çalışması 2 ± 0.5 °C sıcaklık ve 90 ± 5 oransal nem koşullarında 12 gün süre ile yürütülmüştür. Muhafaza süresince sıcaklık ve nem koşulları duvar tipi maksimum-minimum termometre ve duvar tipi higrometre ile belirlenmiştir. Muhafaza süresindeki meyve kalite özellikleri üzerindeki farklılığın belirlenebilmesi amacıyla muhafazanın 0, 3, 6, 9, 12. günlerinde alınan meyve örneklerinde aşağıda yer alan özellikler incelenmiştir.

Ağırlık kaybı (%): Her gruptan alınan örneklerin ağırlık kaybında meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Ağırlık kaybı muhafaza süresince 3 günlük aralıklarla alınan örneklerin ağırlıklarının hassas terazide (0,01 g hassasiyette) tartılması ile % olarak hesaplanmıştır.

Meyve eti sertliği (kg–kuvvet): Meyve eti sertliği muhafaza sürelerine göre her muhafaza süresinde, kullanılan meyvelerin tamamı penetrometre ile ölçerek kg-kuvvet cinsinden belirlenmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı (%): Her muhafaza süresinde her yinelemeden alınan meyvelerin tamamından elde edilen meyve suyunda portatif hassas (± 0.01) refraktometre ile okunmuş ve % olarak sunulmuştur (Cemeroğlu, 2007).

Titre edilebilir asit (TEA) içeriği (%): TEA miktarı için muhafaza sürelerine göre her yinelemeden elde edilen 10 ml meyve suyu alınıp 100 ml'ye saf su ile tamamlanmış ve pH 8.10'a gelinceye kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiş ve sitrik asit olarak sunulmuştur (Haffner ve Vestreheim, 1997).

İstatistiksel analizler: Deneme faktöriyel düzende tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve elde edilen verilerin istatistiksel analizi SAS programı kullanılarak analiz edilmiştir. F testi sonunda önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar ayrı harflerle ($p < 0.05$) gösterilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

LPE uygulamalarının 'Camarosa' çilek çeşidinde verim üzerine etkileri Çizelge 1'de sunulmuştur. Uygulamaların bitki başına verimler üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Verim değerleri 506 g/bitki (10 ppm LPE tek uygulama) ile 589 g/bitki (20 ppm LPE çift uygulama) arasında değişim göstermiştir. Kontrol uygulaması ise 536 g/bitki olarak belirlenmiştir.

Açıkta yürütülen bu çalışmada, uygulamalara göre 'Camarosa' çeşidinden 506 g/bitki ile 589 g/bitki arasında verim elde edilmiştir. 'Camarosa' çeşidi dünyada ve ülkemizde en çok beğenilen ve verimli olduğu bildirilen çeşittir. LPE uygulamalarının verim üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. 'Camarosa' çeşidi pazarlamada önde gelen kalite kriterlerinden sert etli meyvelere sahip olması ve yüksek verimli olması nedeniyle en çok yetiştiriciliği yapılan çeşit olmuştur (Palha ve ark., 2002; Özdemir ve Gündüz, 2004; Gündüz, 2010) tarafından yapılan çalışmalarda 'Camarosa' çeşidinin verimli olduğu ortaya konmuştur.

Çizelge 1. LPE uygulamalarının 'Camarosa' çilek çeşidinde verim üzerine etkileri

Uygulama	Bitki başına verimler (g/bitki)
Kontrol	536
Tek uygulama (10 ppm)	506
Tek uygulama (20 ppm)	527
Çift uygulama (10 ppm)	558
Çift uygulama (20 ppm)	589
Ortalama	543

LPE uygulamalarının muhafaza süreleri boyunca ağırlık kayıpları üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Ağırlık kaybı ile yapılan varyans analizleri sonucunda LPE uygulamalarının muhafaza süreleri üzerinde sadece 9. günde önemli farklılık oluşturduğu, 3., 6. ve 12. günde herhangi bir önemlilik oluşturmadığı görülmüştür. Uygulama ortalamaları arasında önemli farklılık belirlenmezken, muhafaza süresi ortalamaları arasında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

Muhafaza sürelerinin 3., 6. ve 12. günlerinde ağırlık kayıpları bakımından uygulamalar arasında önemli farklılık belirlenmezken, ağırlık kayıpları %1.2 ile %4.7 arasında değişim göstermiştir. 9. günde ise uygulamalar arasında önemli farklılık belirlenmiş olup, en yüksek ağırlık kaybı %3.7 ile 10 ppm çift uygulamasından elde edilmiş, bunu 20 ppm tek uygulama (%2.9), 20 ppm çift uygulama (%2.8) ve kontrol uygulaması (%2.5) izlemiştir. En düşük ağırlık kaybı ise %2.1 ile 10 ppm tek uygulamadan elde edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. LPE uygulamalarının 2 °C'de muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında meydana gelen ağırlık kayıpları (%).

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)					Uygulama Ortalaması
	0	3	6	9	12	
Kontrol	0	2.9	1.6	2.5 ab	4.4	2.28
Tek Uygulama (10 ppm)	0	2.2	1.9	2.1 b	4.3	2.10
Tek uygulama (20 ppm)	0	3.1	2.0	2.9 ab	3.4	2.28
Çift uygulama (10 ppm)	0	2.7	1.2	3.7 a	3.4	2.20
Çift uygulama (20 ppm)	0	3.6	1.9	2.8 ab	4.7	2.60
<i>P</i> değeri	-	0.139	0.492	0.009	0.299	
LSD _{0.05}	-	ö.d.	ö.d.	1.5	ö.d.	
Muhafaza Süresi Ort	0 D	2.9 B	1.7 C	2.8 B	4.0 A	

D%₅(Uygulama): ö.d. D%₅(Muhafaza süresi):0.615

LPE uygulanmış çileklerde önsoğutma ve önsoğutmasız uygulamaların muhafaza süreleri boyunca ağırlık kayıpları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgede ağırlık kaybı incelendiğinde uygulamaların muhafaza süreleri

üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak 6., 9. ve 12. gününde önemli farklılık oluşturduğu, 3. gününde ise herhangi bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. Önsoğutmasız ve Önsoğutma uygulamalarının 2 °C sıcaklıkta muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasındaki meydana gelen ağırlık kayıpları (%)

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)			
	3	6	9	12
Önsoğutmasız (-)	2.8	1.5 b	2.6 b	3.6 b
Önsoğutmalı (+)	3.0	2.0 a	3.0 a	4.5 a
<i>P</i> değeri	0.772	0.063	0.088	0.049
LSD _{0.05}	ö.d.	1.5	0.9	1.3

Uygulamalar ve muhafaza sürelerine göre meyve ağırlık kayıpları %1.2 - 4.7 arasında değişim göstermiştir. Uygulamaların ağırlık kaybı üzerinde herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Muhafaza süresi ilerledikçe ağırlık kayıplarında da bir artış görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara Bal ve Çelik (2005) tarafından yapılan bazı çilek çeşitlerinin meyvesindeki anatomik yapılaşmanın muhafaza süresine etkisinin incelendiği bir çalışma muhafaza süresince ağırlık kaybı değerlerinde artışlar meydana gelmiş ve bu artışların kontrol grubu meyvelerinde MAP uygulaması yapılmış meyvelere göre daha fazla olduğu çalışma ile paralellik göstermiştir. LPE uygulamalarının muhafaza süreleri boyunca elde edilen meyve eti sertlikleri Çizelge 4’de sunulmuştur. Meyve eti sertlikleri ile yapılan varyans analizleri sonucunda LPE uygulamaları muhafaza süreleri üzerinde 3., 6., 9. ve 12. günlerinde önemli farklılıklar oluştururken, 0. günde herhangi bir önemlilik oluşturmamıştır. Uygulama ortalamaları arasında önemli farklılık belirlenmezken, muhafaza süresi ortalamaları arasında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir. Muhafaza süreleri bakımından ortalama meyve eti sertliği arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiş olup, en yüksek değer muhafaza süresinin 12. günü ve 9. günlerinden (sırasıyla, 1.687 kg-kuvvet ve 1.657 kg-

kuvvet) alınmıştır. Bunu 0. gün izlemiştir. En düşük meyve eti sertliği ise 1.266 kg-kuvvet ile muhafaza süresinin 6. gününde elde edilmiştir.

Meyve eti sertlik değerleri bakımından önsoğutma ve önsoğutmasız uygulamaların muhafaza süreleri üzerinde herhangi bir etkisi belirlenmediğinden bulgular sunulmamıştır.

Uygulamalar ve muhafaza sürelerine göre meyve eti sertlik değerleri 1.097-1.788 kg-k arasında değişim göstermiştir. Meyve eti sertliklerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni araştırmada kullanılan çeşit, yetiştirme yeri ve örnekleme tarihinden kaynaklanmaktadır. Nitekim ‘Camarosa’ çeşidinin en sert etli meyveleri verdiği çeşitli çalışmalar ile ortaya konmuştur (Rodov ve ark., 2000; Gündüz, 2003; Özdemir ve Gündüz, 2004).

LPE uygulamalarının muhafaza süreleri boyunca elde edilen SÇKM içerikleri Çizelge 5’de sunulmuştur. SÇKM içerikleri ile yapılan varyans analizleri sonucunda LPE uygulamalarının muhafaza süreleri üzerinde 9. ve 12. günde önemli farklılık oluşturduğu, 0., 3. ve 6. günlerde ise önemli farklılık olmadığı belirlenmiştir. Uygulama ortalamaları ve muhafaza süresi ortalamaları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4. 2°C sıcaklıkta muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında meyve eti sertliğinde (kg-kuvvet) meydana gelen değişimler

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)					Uygulama Ortalaması
	0	3	6	9	12	
Kontrol	1.484	1.343 b	1.097 b	1.497 b	1.748 ab	1.43
Tek Uygulama (10 ppm)	1.669	1.347 b	1.273 ab	1.693 a	1.574 b	1.51
Tek uygulama (20 ppm)	1.446	1.505 ab	1.308 a	1.747 a	1.725 ab	1.55
Çift uygulama (10 ppm)	1.607	1.683 a	1.290 ab	1.703 a	1.603 ab	1.58
Çift uygulama (20 ppm)	1.624	1.570 a	1.362 a	1.643 ab	1.788 a	1.60
<i>P</i> değeri	0.598	0.003	0.090	0.057	0.139	
LSD _{0.05}	ö.d.	0.188	0.194	0.174	ö.d.	
Muhafaza Süresi Ort	1.566AB	1.490 B	1.266 C	1.657A	1.687 A	

D%₅(Uygulama): ö.d. D%₅(Muhafaza süresi):0.143

Muhafaza süreleri bakımından en yüksek değer muhafaza süresinin 6. gününde belirlenmiş (%6.3) ve bunu 9. gün (%6.2) izlemiştir. En düşük SÇKM içeriği ise %6.0 ile 3. günde elde edilmiştir.

LPE uygulamalarının çileklerde uygulamalar arasında en yüksek SÇKM içeriği 20 ppm tek uygulamadan (%6.28) alınmıştır. Bunu 20 ppm çift uygulama, 10 ppm tek uygulama ve kontrol izlemiştir. En düşük SÇKM içeriği ise

10 ppm çift uygulamadan alınmıştır.

LPE uygulanmış çileklerde önsoğutma ve önsoğutmasız uygulamaların muhafaza süreleri boyunca SÇKM içerikleri Çizelge 6’da verilmiştir. Çizelgede SÇKM içerikleri uygulamaların muhafaza süreleri üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak 3. ve 12. günde önemsiz olduğu 6. ve 9. günlerde ise önemli farklılık oluşturduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. 2°C sıcaklıkta de muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında SÇKM içeriğinde meydana gelen değişimler (%)

Uygulama	Muhafaza süresi (gün)					Uygulama Ortalaması
	0	3	6	9	12	
Kontrol	5.9	6.1	6.2	6.1 ab	6.1 b	6.08 AB
Tek Uygulama (10 ppm)	6.1	6.0	6.4	6.4 a	6.1 b	6.20 AB
Tek uygulama (20 ppm)	6.2	5.9	6.5	6.3 ab	6.5 a	6.28 A
Çift uygulama (10 ppm)	6.0	6.0	6.2	6.0 b	6.0 b	6.04 B
Çift uygulama (20 ppm)	6.2	6.0	6.4	6.3 ab	6.1 b	6.20 B
<i>P</i> değeri	0.144	0.829	0.806	0.148	0.028	
LSD _{0.05}	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	0.4	
Muhafaza Süresi Ort	6.1 ABC	6.0 C	6.3 A	6.2 AB	6.1 ABC	

D%5_(Uygulama): ö.d. D%5_(Muhafaza süresi):0.191

Çizelge 6. 2°C sıcaklıkta önsoğutmasız ve önsoğutmalı muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında SÇKM içeriğinde meydana gelen değişimler (%)

Uygulamalar	Muhafaza süresi (gün)			
	3	6	9	12
Önsoğutmasız (-)	6.0	6.1 b	6.1 b	6.2
Önsoğutmalı (+)	5.9	6.5 a	6.4 a	6.1
<i>P</i> değeri	0.315	0.034	0.027	0.790
LSD _{0.05}	ö.d.	0.4	0.1	ö.d.

Uygulamalar ve muhafaza sürelerine göre SÇKM içerikleri %5.9 - 6.5 arasında değiştiği görülmüştür. Kader (1991) ve Veazie (1995) çileklerde SÇKM içeriğinin çeşit ve çevre koşullarına göre %4-11 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada uygulamalar ve muhafaza süreleri SÇKM üzerinde etkili olmuştur. En yüksek kuru madde içerikleri 10 ppm çift LPE uygulamasından, muhafaza sürelerinden ise 6. ve 9. günlerde elde

edilmiştir. Muhafaza süresi uzadıkça SÇKM miktarları bir miktar artış göstermiş, ancak 12. günde tekrar düşüş gözlenmiştir. Elde ettiğimiz bu bulgular Küçükbasmacı Sabir ve ark. (2018) tarafından yapılan muhafaza çalışmasında da muhafaza süresi uzadıkça SÇKM içeriği biraz artış gösterip daha sonra azalma gösterdiği bulguları ile uyum içerisindedir.

Çizelge 7. 2 °C sıcaklıkta muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında asit içeriğinde meydana gelen değişimler (%)

Uygulamalar	Muhafaza süresi (gün)					Uygulama Ortalaması
	0	3	6	9	12	
Kontrol	0.56	0.60	0.65	0.56	0.55	0.58
Tek Uygulama (10 ppm)	0.58	0.61	0.63	0.55	0.53	0.58
Tek uygulama (20 ppm)	0.54	0.62	0.62	0.59	0.52	0.58
Çift uygulama (10 ppm)	0.55	0.60	0.64	0.57	0.55	0.58
Çift uygulama (20 ppm)	0.56	0.61	0.63	0.63	0.56	0.60
<i>P</i> değeri	0.817	0.934	0.914	0.437	0.744	
LSD _{0.05}	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	
Muhafaza Süresi Ort	0.56 CD	0.61 B	0.63 A	0.58 C	0.54 D	

D%5_(Uygulama): ö.d. D%5_(Muhafaza süresi):0.024

LPE uygulamalardan muhafaza süreleri boyunca elde edilen titre edilebilir asit içerikleri Çizelge 7'de

verilmiştir. TEA içerikleri ile yapılan varyans analizleri sonucunda TEA miktarı üzerinde farklı muhafaza sürelerine göre uygulamalar arasında önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Uygulama ortalamaları arasında da önemli farklılık belirlenmezken, muhafaza süresi ortalamaları arasında önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

Muhafaza süreleri bakımından ortalama titre edilebilir asit miktarı en yüksek değer muhafaza süresinin 6. günü %0.63 olarak belirlenmiştir. En düşük titre edilebilir asit

miktarı ise 12. gün %0.65 olarak belirlenmiştir.

LPE uygulanmış çileklerde önsoğutma ve önsoğutmasız uygulamaların muhafaza süreleri boyunca TEA içerikleri Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelgede TEA içerikleri uygulamaların muhafaza süreleri üzerindeki etkileri 3., 6., ve 9. günlerde istatistiksel olarak önemli farklılık oluştururken, 12. günde ise herhangi bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 8. 2°C sıcaklıkta önsoğutmasız ve önsoğutmalı muhafaza edilen çilek meyvelerinde depolama sırasında asit içeriğinde meydana gelen değişimler (%)

Uygulamalar	Muhafaza süresi (gün)			
	3	6	9	12
Önsoğutmasız (-)	0.64 a	0.59 b	0.52b	0.52
Önsoğutmalı (+)	0.57 b	0.67 a	0.63a	0.54
<i>P</i> değeri	0.003	0.001	0.001	0.628
LSD _{0.05}	0.51	0.33	0.45	ö.d.

Uygulamalar ve muhafaza sürelerine göre TEA içerikleri % 0.52 - 0.65 arasında değiştiği görülmüştür. TEA içerikleri üzerinde LPE uygulamalarının etkisi belirlenmezken, muhafaza süresi ilerledikçe asit içeriklerinin düşüş gösterdiği görülmüştür. Elde ettiğimiz bulgular Bal ve Çelik (2005) ile Küçükbasmacı Sabir ve ark. (2018) tarafından çileklerde yürütülen çalışmalarda muhafazası sırasında TEA içeriğinde azalışlar görüldüğü bulgular ile uyum içerisindedir. Çileklerde farklı LPE dozlarının toplam fenol içeriği, toplam antioksidan içeriği ve toplam antosiyanin içeriği üzerindeki etkileri Çizelge 9'da verilmiştir. Yapılan varyans analizlerinde toplam fenol miktarı ve toplam antosiyanin içeriği üzerinde farklı doz LPE uygulamalarının istatistiksel olarak önemli

farklılıklar oluşturmadığı, toplam antioksidan içeriği üzerinde ise önemli farklılık olduğu belirlenmiştir.

En yüksek antioksidan kapasitesi 20 ppm çift LPE uygulamasından (9.70 mmol TE/kg ta) elde edilmiştir. Bunu 10 ppm çift uygulama, kontrol ve 10 ppm tek LE uygulaması (sırasıyla; 9.28, 9.12 ve 9.11 mmol TE/kg ta) izlemiştir. En düşük antioksidan kapasitesi 20 ppm tek LPE uygulamasından 8.81 mmol TE/kg ta olarak belirlenmiştir. Yapılan varyans analizlerinde toplam antosiyanin miktarı üzerinde farklı LPE uygulamalarının istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmadığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında 226.2 mg Pg-3-gluk/kg ta olarak belirlenen toplam antosiyanin miktarı uygulamalar arasında 197.8 mg Pg-3-gluk/kg ta ile 217.7 mg Pg-3-gluk/kg ta arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 9. Çileklerde farklı LPE dozlarının toplam fenol, toplam antioksidan ve toplam antosiyanin içeriği üzerindeki etkileri

Uygulama	Fitokimyasal özellikler		
	Toplam Fenol İçeriği mg GAE/kg ta	TEAC (mmol TE/kg ta)	Toplam Antosiyanin Miktarı (mg Pg-3-gluk/kg ta)
Kontrol	3200	9.12 ab	226.2
Tek Uygulama (10 ppm)	3268	9.11 ab	202.7
Tek uygulama (20 ppm)	3107	8.81 b	197.8
Çift uygulama (10 ppm)	2900	9.28 ab	216.4
Çift uygulama (20 ppm)	2933	9.70 a	217.7
<i>P</i> değeri	0.7368	0.2210	0.3714
LSD _{0.05}	ö.d.	0.774	ö.d
Ortalama	3081.6	9.20	212.2

Sonuç olarak toplam fenol miktarı, uygulamalara göre 2900-3268 mg GAE/kg ta arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Gündüz (2010), çileklerde toplam fenol miktarını genotipler ve yetiştirme yerlerine göre 2007-2008 yılında 1001.6-3293.9 mg GAE/kg ta, 2008-2009 yılında ise 1399.7-2945.8 mg GAE/kg ta arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular önceki yapılmış çalışmalar ile uyum göstermektedir. LPE uygulamaların çileklerde toplam fenol içeriği üzerinde herhangi bir etkileri görülmemiştir. Direk ışığa maruz kalma, güneş şıgı, gün uzunluğu, derim zamanı ve ekolojik farklılıklar gibi faktörler fenolik bileşik üretimi üzerinde etkili olan öteki faktörlerdir (Pozo-Insfran ve ark., 2006; Özgen ve ark., 2007). Elde ettiğimiz bulgular uygulamış olduğumuz LPE dozlarının toplam fenol miktarı üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Toplam antioksidan kapasitesini belirlemek için TEAC yöntemi kullanılmış olup, LPE uygulamalarına göre 8.81-9.70 mmol TE/kg ta arasında değişim göstermiştir. Çalışmada LPE uygulamaları kontrole göre bir miktar antioksidan kapasitesini artırmıştır. Çilek meyvelerinde toplam antioksidan kapasitesi üzerinde farklı olgunluk dönemlerinin (Wang ve Lin, 2000), kültürel işlemlerin (malçlı ve malçsız) (Wang ve ark., 2002), muhafaza koşullarının (Cordenunsi ve ark., 2005), kültür ve yabani formların (Özgen ve ark., 2007), genotipin (Tulipani ve ark., 2008) genotip ve yetiştirme yerlerinin (Gündüz ve Özdemir, 2014) etkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda da LPE uygulamalarının bir miktar etkisinin olduğu belirlenmiştir. Çalışmada antosiyaninler üzerinde LPE uygulamalarının açık bir şekilde artırıcı etkisi görülmemiştir. Fakat Ergen (2013), LPE'nin Avrupa eriklerinin antosiyanin içerikleri üzerindeki etkisi konusunda yaptıkları çalışmada kullanılan 'Sugar plum' ve 'Stanley' erik çeşitlerinde meyvelerin antosiyanin içeriklerine önemli düzeyde etkisi olmuştur. 'Sugar plum' çeşidinde toplam antosiyanin miktarı olarak 10 ve 20 mg/L LPE uygulamalarında kontrol meyvelerine göre %46.6 ve 90.0 oranında artış olduğu bildirilmiştir. 'Stanley' çeşidinde de benzer farklılıklar gözlenmiştir. Diğer bir çalışmada 'Searles' turnayemişine ve 'McIntosh' elma çeşidine hasattan 2 hafta önce uygulanan 50-100 mg/L LPE dozları meyvelerde homojen renklenme, meyve kabuklarında daha yüksek antosiyanin miktarı ve muhafaza esnasında daha yüksek sertlik sağlamıştır (Farag ve Palta, 1991; Özgen ve ark., 2004).

Sonuç: Çalışmada yaz dikim yönteminde yetiştirilen 'Camarosa' çilek çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada çileklerde doğal lipit, LPE uygulamalarının derim sonrası muhafazasında pomolojik özellikler üzerindeki etkisi ile uygulamaların fitokimyasal özellikler üzerindeki etkisi

araştırılmış olup, elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda verilmiştir. Uygulamalar ve muhafaza sürelerine göre meyve ağırlık kayıpları %1.2-4.7 arasında değişim göstermiştir. Uygulamaların ağırlık kaybı üzerinde herhangi bir etkisi belirlenmemiştir. Muhafaza süresi ilerledikçe ağırlık kayıplarında bir artış görülmüştür. Çalışmamızdaki ağırlık kaybı düşük bulunmuştur. Bunun nedeni kullanmış olduğumuz PP materyalinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çileklerde LPE uygulamalarının 12 günlük muhafazası sonrasında ağırlık kaybını azaltma, meyve eti sertliğini ve SÇKM içeriğini korumada olumlu sonuç verdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile çileklerde daha uzun raf ömrü fırsatı ortaya çıkarılmıştır. LPE uygulamaları, sprey formunda derim öncesi uygulamalar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan dozlar türe, çeşide, uygulama şekline ve çeşidine göre değişkenlikler gösterebilir. Doğal olması ve uygulamalarda herhangi bir kalıntı sorunu oluşturmaması sebebi ile LPE'nin, başarılı sonuçlar alınabilmesi durumunda bahçe ürünlerinde önemli katkılar yapması mümkündür.

ÖZET

Amaç: Lysophosphatidylethanolamine'in (LPE) çeşitli meyvelerde meyve kalitesini geliştirdiği ve muhafaza ömrünü artırdığı rapor edilmiştir. Bu çalışma, çilekte derim öncesi LPE uygulamalarının derim sonrası muhafazasında pomolojik özellikler ile fitokimyasal özellikler üzerindeki etkisini araştırmak için yürütülmüştür.

Yöntem ve Bulgular: Denemeler Hatay ili Yayladağı ilçesinde bulunan çilek yetiştiriciliği yapılan arazide yaz dikim yönteminde yetiştirilen 'Camarosa' çilek çeşidi ile kurulmuş, uygulamalar derimden 10 ile 20 gün öncesinde 10 ve 20 ppm dozunda, tek ve çift uygulama olarak yapılmıştır. LPE'nin bitki başına verim ile ağırlık kaybı, meyve eti sertliği, suda çözünebilir kuru madde, pH, titre edilebilir asit üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca fitokimyasal analizlerde ise meyvelerin antosiyanin, toplam fenolik ve antioksidan kapasitesi değerlerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, derim öncesi uygulanan LPE'nin derim sonrası muhafazasında ağırlık kaybı, asit miktarı üzerinde etkisi görülmezken, meyve eti sertliği ve SÇKM üzerine etkili olduğu görülmüştür. Çileklerde LPE uygulamaları meyve eti sertliğinde 12. günde kontrole göre %7 düzeyinde daha yüksek bulunmuş ve meyve eti sertliğinin korunduğu belirlenmiştir. Uygulamalar SÇKM içeriğini de korumuştur. LPE uygulamaları fitokimyasal içeriklerinden toplam fenol ve toplam antosiyanin içeriği üzerinde etki oluşturmazken, antioksidan kapasitesi 20

ppm çift LPE uygulamasında bir miktar artış görülmüştür. **Genel Yorum:** LPE uygulamaları, sprey formunda derim öncesi uygulamalar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kullanılan dozlar türe, çeşide, uygulama şekline ve çeşidine göre değişkenlikler gösterebilir. LPE'nin, doğal olması, uygulamalarda herhangi bir kalıntı sorunu oluşturmaması sebebi ile başarılı sonuçlar alınabilmesi durumunda bahçe ürünlerinde önemli katkılar yapması mümkündür.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Çilek meyvesinin anatomik yapısından kaynaklanan duyarlılık muhafaza süresini kısalttığından pazarlama kanalındaki yığılmaları önlemek için, çileğin çok kısa süreli de olsa uygun koşullarda muhafaza edilmesi gerekmektedir. LPE uygulamaları bazı meyve kalite özelliklerini koruyarak muhafaza süresini bir miktar uzatmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çilek, LPE, muhafaza süresi, meyve kalite özellikleri

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Bu çalışma, Ayşe Gülhan ÇELER isimli yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Bal E, Çelik S (2005) Bazı Çilek Çeşitlerinin Meyvesindeki Anatomik Yapılaşmanın Muhafaza Süresi Üzerine Etkisi. Tekirdağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(3): 260-267.
- Cemeroğlu B (2007) Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları, Biltav Yayınları, Ankara.
- Cordenunsi BR, Genovese MI, Nascimento JRO, Hassimotto NMA, Santos RJ, Lajolo, FM (2005) Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chemistry, 91(1): 113-121.
- Cowan AK (2006) Phospholipid as plant growth regulators. Plant Growth Regulation 48(2): 97-109.
- Ergen F (2013) Doğal lipid, Lizofosfatidiletanolamin (LPE)'nin Avrupa eriklerinin (*Prunus domestica*) pomolojik ve fitokimyasal özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tez, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat, 44 sayfa
- Ertan Ü, Özelkök, S, Çelikel F, Kepenek K (1987) Ön Soğutma, Yüksek CO₂ ve Değişik Ambalaj Tiplerinin Çileklerin Kalite ve Pazarlama Süresi Üzerine Etkileri. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova.

- Farag KM ve Palta JP (1991) Enhancing ripening and keeping quality of apple and "Cranberry" fruits using Lysophosphatidylethanolamine, a natural lipid. Horticultural Science, 26:6683.
- Farag KM, Palta JP, (1992) Plant and fruit treatment with Lysophosphatidylethanolamine. United States Patents, Patent Number: US 5126155. Date of Patent: June 30, 1992.
- Giusti MM, Wrolstad RE, (2005) Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy, Unit F1.2. In: Wrolstad, R.E., Schwartz, S.J. (Eds.), Handbook of Food Analytical Chemistry. Wiley, New York, pp. 19-31.
- Gündüz K (2003) Bazı çilek çeşitlerinin Amik ovası koşullarında açıkta ve yüksek tünel altında yetiştiriciliğinin verim, kalite ve erkencilik üzerine etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antakya.
- Gündüz K (2010) Farklı yetiştirme yerlerinin bazı çilek genotiplerinin verim, meyve kalite özellikleri ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antakya.
- Gündüz K, Özdemir E (2014) The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. Food Chemistry. 155, 298-303.
- Haffner K, Vestreheim S, (1997) Fruit quality of strawberry cultivars. Acta Horticulturae, 439(1):325-332.
- Kader AA (1991). Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In Luby J.J. and Dale, A. (Eds). The Strawberry Into the 21st Century. 145-152, Portland, Oregon.
- Kaşka N, Yıldız AI, Paydaş S, Biçici M, Türemiş N, Küden A (1986). Türkiye için yeni bazı çilek çeşitlerinin Adana'da yaz ve kış dikim sistemleriyle örtü altında yetiştiriciliğinin verim, kalite ve erkencilik üzerine etkileri. Doğa Bilim Dergisi, D2, 10(1):84-102.
- Kaur N, Palta JP (1997) Postharvest dip in a natural lipid, Lysophosphatidylethanolamine, may prolong vase life of Snapdragon flowers. HortScience 32, 888-890.
- Küçükbasmacı Sabır F, Genç F, Çavdarıcı M (2018) Hasat sonrası UV-C uygulamalarının çilekte muhafaza süresi ve kalite üzerine etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 28 (4) 458-465.

- Mitcham EJ, Agar T, Biasi W, Gross K, Douglas W (2000) Ethylene treatment of 'Bartlett' pears in transit to improve ripening and quality. Washington State University Tree Fruit Research and Extension Center. Postharvest information Network. <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pgDisplay.php?article=PC2000I>
- Nunes MCN, Brecht JK, Morais AMMB, Sargent SA (1995) Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology*, 6(1-2): 17-28.
- Özdemir E (1992) Kumul alanlarda çilek yetiştiriciliğinde erkencilik, verim ve kalite üzerine solarizasyon, fide materyali, yetiştirme ortamı ve yüksek plastik tünellerin etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 292 S.
- Özdemir E, Gündüz K (2004). Comparison of bag and raised bed treatments for strawberry production under unheated greenhouse conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 58(2): 118-122.
- Özgen M, Farag K, Özgen S, Palta JP (2004). Lysophosphatidylethanolamine accelerates color development and promotes shelf life of cranberries *Horticultural Science* 40(1):127-130.
- Özgen M, Palta JP (2003a). Use of Lysophosphatidylethanolamine (LPE), a natural lipid, to accelerate ripening and enhance shelf life of cranberry fruit. *Issues and Advances in Postharvest Horticulture*, Vols 1 and 2. R. K. Prange 141-146.
- Özgen M, Palta JP (2003b). A natural lipid, Lysophosphatidylethanolamine (LPE), can mitigate adverse effect of fungicide, chlorothalonil, on fruit set and yield in cranberries. *Acta Horticulturae* 628, 747-752.
- Özgen M, Reese RN, Tulio AZ, Miller AR, Scheerens JC (2006) Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:1151-1157.
- Özgen M, Serçe S, Gündüz, K, Yen F, Kafkas E, Paydaş S (2007). Determining total phenolics and antioxidant activity of selected *Fragaria* genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 19, No. 7:5573-5581.
- Palha MGS, Andrade MCS, Silva MJP (2002) The effects of different types of plant production on strawberry yield and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 567(2):515-518.
- Pozo-Insfran DD, Duncan CE, Yu KC, Talcott S, Chandler CK (2006) Polyphenolics, ascorbic acid, soluble solids concentrations of strawberry cultivars and selections grown in a winter annual hill production system. *Journal American Society for Horticultural Science*, 131(1):89-96.
- Rodov V, Copel A, Horev B, Vinokur Y, Fallik E, Ulrich D, Schultz H, Abdul-Razzak A, Dotan S (2000) Postharvest quality of strawberry varieties grown in Israel. 4th Intl. Strawberry Symp., Abst., 224, Finland.
- Singleton VL, Rossi JL (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16:144-158.
- Tulipani S, Mezzetti B, Capocaso F, Bompadre S, Beekwilder J, Vos C, Çapanoğlu E, Bovy A, Battino M (2008) Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56:696-704.
- Veazie PP (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. (Ed: J.Janick). John. Wiley and Sons. Inc. *Horticultural Review*, 17: 267-298.
- Wang SY, Lin HS (2000). Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 140-146.
- Wang SY, Zheng W, Galleta G, (2002). Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:6534-6542.