İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRAVİYOLE (UV-C) IŞINI UYGULAMASININ PATLICAN VE SALATALIKLARDA SOĞUK ZARARLANMASI ÜZERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Aylin SEYLAM KÜŞÜMLER

Anabilim Dalı : Gıda Mühendisliği

Programı : Gıda Mühendisliği

NİSAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ULTRAVİYOLE (UV-C) IŞINI UYGULAMASININ PATLICAN VE SALATALIKLARDA SOĞUK ZARARLANMASI ÜZERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Aylin SEYLAM KÜŞÜMLER
(506032500)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Şubat 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Nisan 2011

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gürbüz GÜNEŞ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Beraat ÖZÇELİK (İTÜ)
Prof. Dr. Güldem ÜSTÜN (İTÜ)
Prof. Dr. Murat ÖZDEMİR (GYTE)
Prof. Dr. Özgül EVRANUZ (İTÜ)

NİSAN 2011

Kaybettiğim tüm sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde öncelikle tez konusunun belirlenmesi, tez çalışmalarının yürütülmesi ve sonlandırılması aşamalarında destek veren tez danışmanım Doç.Dr. Gürbüz GÜNEŞ'e, tez izleme komitesi üyeleri Doç.Dr.Beraat ÖZÇELİK ve Prof.Dr. Güldem ÜSTÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımın Arçelik A.Ş.'de yürütülmesini sağlayan Sibel ODABAŞ'a, tez çalışmalarımda desteklerini esirgemeyen Aylin MET'e, Zülbiye EKİZKUYU'ya, Hasan BOZKURT'a, Sevinç MERT'e, Hamza SANCAKLI'ya, Seyhan ÇAĞIL'a ve Pınar ÖNGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Arçelik A.Ş.'nin laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan ve finansal destek veren Ar-Ge Direktörü Dr. Cemil İNAN'a, Mekanik Teknolojiler-1 Yöneticisi Fatih ÖZKADI'ya, Malzeme Teknolojileri Aile Lideri Dr.Mustafa SEZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Patlıcan ve salatalıkların temininde yardımcı olan Mango Gıda A.Ş.'den Alim KURTCEBE'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmalarında makale temininde yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan dostum Ceyda PEMBECİ KODOLBAŞ'a teşekkür ederim.

Aileme her zaman yanımda oldukları ve desteklerini esirgemedikleri için, eşime bu kadar uzun ve zor bir yolculukta bana her zaman destek olduğu için şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2011

Aylin Seylam Küşümler
Gıda Yük. Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ..... v
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR xi
ÇİZELGE LİSTESİ..... ..xiii
ŞEKİL LİSTESİ……xv
ÖZET.....xxxiii
SUMMARY xxv
1. GİRİŞ…….. 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ…… 5
2.1 Soğuk Zararlanması Ve Oluşma Nedenleri ……..……..5
2.1.1 Lipid faz geçiş teorisi (yağ hipotezi)…… ..6
2.1.2 Düşük sıcaklıkların membran proteinlerine ve enzimlere etkisi…….....7
2.1.3 Toksin hipotezi…….9
2.1.4 Kalsiyum hipotezi…….....9
2.2 Soğuk Zararlanmasında Hücre Membranındaki Değişimler……...10
2.2.1 Membran yapısı ve fonksiyonu……...10
2.2.1.1 Plastid ve mitokondri……10
2.2.1.2 Endoplazmik retikulum…….…11
2.2.1.3 Çekirdek……......11
2.2.1.4 Sitoskeleton……....11
2.2.2 Membran lipidlerinin düşük sıcaklıklara adaptasyonu……..12
2.2.3 Çevresel stresle oluşan membran zararlanmalarıyla bağlantılı önemli hücresel prosesler……...……...14
2.3 Meyve Ve Sebzelerde Düşük Sıcaklık Sonucu Oluşan Kalite Değişimleri…..16
2.3.1Sıcaklığın görünüşe etkisi……16
2.3.2 Sıcaklığın tat ve aromaya etkisi……. …18
2.3.3 Sıcaklığın dokuya etkisi……. …19
2.3.4 Soğuk zararlanmasının solunum ve etilene etkisi……...20
2.3.5 Soğuk zararlanmasının mikrobiyolojik değişime etkisi……..23
2.3.6 Sıcaklığın ağırlık kaybına etkisi……..23
2.3.7 Sıcaklığın elektrolit kaybına etkisi……..24
2.3.8 Sıcaklığın lipid peroksidasyonuna etkisi……26
2.4 Soğuk Zararlanmasına Karşı Hassasiyeti Etkileyen Faktörler…….…29
2.4.1 Soğuk zararlanmasını önleme yöntemleri……...31
2.4.1.1 Düşük sıcaklıkta koşullandırma…….…32
2.4.1.2 Yüksek sıcaklıkta koşullandırma……...33
2.4.1.3 Aralıklı ısıtma……33
2.4.1.4 Kontrollü atmosferde depolama…….....34

Sayfa

2.4.1.5 Büyüme düzenleyiciler ve doğal ürünler……...35
2.4.1.6 Kimyasal uygulamaları……..36
2.4.1.7 Ambalajlama……..37
2.4.1.8 Mumlama ve diğer kaplamalar……..37
2.4.1.9 Genetik modifikasyon……....37
2.4.1.10 Işınlama……....38
2.4.1.11 UV uygulaması……38
2.5 Soğuğa Hassas Ürünlerden Patlıcan ve Salatalık…….....39
2.5.1 Salatalıklarda soğuk zararlanması ve önleme yöntemleri……...39
2.5.2 Patlıcanlarda soğuk zararlanması ve önleme yöntemleri……45
2.6 UV (Ultraviyole)Işınlar ……..…..49
2.6.1 UV-C (Ultraviyole C) ışınları……..…50
2.6.2 UV-C ışığının oluşum mekanizması……...51
2.6.2.1 Gaz deşarjı……54
2.6.2.2 UV ışığın dağılması yayılması……...…54
2.6.3 UV-C ile ilgili yasa ve yönetmelikler……..…56
2.6.4 UV ışın kaynakları……..56
2.6.5 UV ışıkla mikrobiyal inaktivasyon – mekanizması……58
2.6.6 UV uygulamasının gıdaların kalite parametreleri üzerindeki etkileri…….59
2.6.6.1 Organik bileşiklerin fotodegradasyonunun kimyası…….....59
2.6.6.2 Taze meyve ve sebzelerdeki UV uygulamaları ve kaliteye etkileri……...…61
2.6.7 UV-C ile ilgili patentler……..…69
3. MATERYAL VE METOTLAR……..75
3.1Materyal……..75
3.1.1 Patlıcan ve salatalık temini……75
3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar……...…..75
3.1.3 Kabin tasarımı ve lamba seçimi……..75
3.1.4 Soğutmalı dolaplar……..77
3.2 Metod…….....79
3.2.1 UV-C uygulaması……...79
3.2.2 Analizler……..…81
3.2.2.1 Soğuk zararlanması indeksi ……..81
3.2.2.2 Görsel değerlendirme..…….....81
3.2.2.3 Renk (yüzey rengi, iç doku kararması, potansiyel oksidasyon .....……..82
3.2.2.4 Ağırlık kaybı……..…84
3.2.2.5 Elektrolit sızıntısı……..…84
3.2.2.6 Pirüvat analizi……..…..85
Pirüvat standardı kalibrasyon eğrisinin eldesi……...……86
3.2.2.7 Yağların peroksidasyonu……...86
3.3 İstatistiksel Analizler……87
4. BULGULAR-TARTIŞMA……...89
4.1 Soğuk Zararlanması İndeksi…….……...…….....89
4.1.1 UV dozunun soğuk zararlanması indeksine etkisi……..…89

Sayfa

4.1.2. Sıcaklığın soğuk zararlanması indeksine etkisi…….....92
4.1.3 Depolama süresinin soğuk zararlanması indeksine etkisi……..…….....93
4.1.4 Sera-tarla faktörünün soğuk zararlanması indeksine etkisi ……...94
4.1.5 Soğuk zararlanması indeksi genel değerlendirme…….….97
4.2 Görsel Değerlendirme…….....100
4.2.1 UV dozunun görsel değerlendirmeye etkisi…….....100
4.2.2 Sıcaklığın görsel değerlendirmeye etkisi……...…...104
4.2.3 Depolama süresinin görsel değerlendirmeye etkisi…….….108
4.2.4 Sera-tarla faktörünün görsel değerlendirmeye etkisi……..…..110
4.2.5 Görsel kalite genel değerlendirme…….....110
4.3 Renk L Değeri ……..…..…118
4.3.1 UV dozunun renk L değerine etkisi…….....118
4.3.2 Sıcaklığın renk L değerine etkisi……..125
4.3.3 Depolama süresinin renk L değerine etkisi…….....126
4.3.4 Sera-tarla faktörünün renk L değerine etkisi……....127
4.3.5 Renk L değeri genel değerlendirme…….....127
4.4 Renk a Değeri…….....129
4.4.1 UV dozunun renk a değerine etkisi……...129
4.4.2 Sıcaklığın renk a değerine etkisi……...132
4.4.3 Depolama süresinin renk a değerine etkisi……...133
4.4.4 Sera-tarla faktörünün renk a değerine etkisi……....138
4.4.5 Renk a değeri genel değerlendirme…….……..138
4.5 Renk b Değeri…….....140
4.5.1 UV dozunun renk b değerine etkisi……..140
4.5.2 Sıcaklığın renk b değerine etkisi……...……....143
4.5.3 Depolama süresinin renk b değerine etkisi……...144
4.5.4 Sera-tarla faktörünün renk b değerine etkisi…….....147
4.5.5 Renk b değeri genel değerlendirme…….……149
4.6 Hue Angle (Renk Tonu)…….....150
4.6.1 UV dozunun hue angle değerine etkisi……..…...150
4.6.2 Sıcaklığın hue angle değerine etkisi…….....153
4.6.3 Depolama süresinin hue angle değerine etkisi…….....154
4.6.4 Sera-tarla faktörünün hue angle değerine etkisi…….……158
4.6.5 Hue angle genel değerlendirme…….…...159
4.7 Chroma (Kroma)…….…….....161
4.7.1 UV dozunun chroma değerine etkisi…….……...161
4.7.2 Sıcaklığın chroma değerine etkisi……..……...164
4.7.3 Depolama süresinin chroma değerine etkisi……..……..….165
4.7.4 Sera-tarla faktörünün chroma değerine etkisi.....169
4.7.5 Chroma genel değerlendirme…….....169
4.8 Toplam Renk Değişimi (ΔE)…….……..…171
4.8.1 UV dozunun ΔE değerine etkisi…….....171
4.8.2 Sıcaklığın ΔE değerine etkisi…….....174
4.8.3 Depolama süresinin ΔE değerine etkisi…….....174
4.8.4 Sera-tarla faktörünün ΔE değerine etkisi……..175
4.8.5 ΔE genel değerlendirme ……..….178

Sayfa

4.9 Patlıcan İç (Kabuk Altı Dokuda) Renk L Değeri……..…....180
4.9.1 UV dozunun patlıcan iç renk L değerine etkisi…..……..…..…180
4.9.2 Sıcaklığın patlıcan iç renk L değerine etkisi……...……..180
4.9.3 Depolama süresinin patlıcan iç renk L değerine etkisi……..…183
4.9.4 Sera-tarla faktörünün patlıcan iç renk L değerine etkisi.....184
4.9.5 Patlıcan iç renk L genel değerlendirme……...…….184
4.10 Potansiyel Oksidasyon (İç Dokuda Potansiyel Kararma)…….....186
4.10.1 UV dozunun potansiyel oksidasyona etkisi……....186
4.10.2 Sıcaklığın potansiyel oksidasyona etkisi……..…..186
4.10.3 Depolama süresinin potansiyel oksidasyona etkisi…….…....189
4.10.4 Sera-tarla faktörünün potansiyel oksidasyona etkisi…….…..189
4.10.5 Potansiyel oksidasyon genel değerlendirme……..….190
4.11 Ağırlık Kaybı……...…….....191
4.11.1 UV dozunun ağırlık kaybına etkisi…….……....191
4.11.2 Sıcaklığın ağırlık kaybına etkisi……....…..193
4.11.3 Depolama süresinin ağırlık kaybına etkisi…….....195
4.11.4 Sera-tarla faktörünün ağırlık kaybına etkisi……....196
4.11.5 Ağırlık kaybı genel değerlendirme……..…...196
4.12 Elektrolit Sızıntısı….……198
4.12.1 UV dozunun elektrolit sızıntısına etkisi…….….198
4.12.2 Sıcaklığın elektrolit sızıntısına etkisi……..198
4.12.3 Depolama süresinin elektrolit sızıntısına etkisi…….…….201
4.12.4 Sera-tarla faktörünün elektrolit sızıntısına etkisi……....206
4.12.5 Elektrolit sızıntısı genel değerlendirme……..…...….206
4.13 Pirüvat…….....209
4.13.1 UV dozunun pirüvat değerine etkisi…….....209
4.13.2 Sıcaklığın pirüvat değerine etkisi……....…...212
4.13.3 Depolama süresinin pirüvat değerine etkisi……....213
4.13.4 Sera-tarla faktörünün pirüvat değerine etkisi….....216
4.13.5 Pirüvat genel değerlendirme……..….216
4.14 Peroksidasyon…….....…..218
4.14.1 UV dozunun peroksidasyon değerine etkisi……..…..218
4.14.2 Sıcaklığın peroksidasyon değerine etkisi……...…...222
4.14.3 Depolama süresinin peroksidasyon değerine etkisi……...….223
4.14.4 Sera-tarla faktörünün peroksidasyon değerine etkisi……..….226
4.14.5 Peroksidasyon genel değerlendirme……..….226
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……...……..…..231
KAYNAKLAR……...…….....235
EKLER……...251

KISALTMALAR

λ : Radyasyon dalgaboyu
ΔE : Renk değişimi
1-MCP : 1-metilsiklopropen
AB :Avrupa Birliği
ABA : Absisik asit
AC : Dalgalı akım
ACC : 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit
ADP : Adenosin difosfat
APX : Askorbat peroksidaz
ASG : Açile edilmiş steril glikosid
ATP : Adenosin trifosfat
ATPase : Kalsiyum pompalayan aktivite
BHA : Bütil hidroksianisol
BHT : 2,6 Di -tert-butyl-4-methylphenol
BHT : Bütil hidroksianisol
c : Işık hızı
C_2H_4 : Etilen
$C_6H_{12}O_6$: Glukoz
CAT : Katalaz
DAG : Diaçilgliserol
DGDG : Digalaktosildiaçilgliserol
D-LDH : D-Laktate dehidrogenaz
E_0 : İyonizasyon enerjisi
E_1 : Düşük enerji seviyesi
E_2 : Yüksek enerji seviyesi
E_E : Foton enerjisi
$FADH_2$: Adenin dinükleotide
FDA : Gıda ve İlaç Dairesi
FS : Serbest sterol
GL : Galaktolipid
GL : Glikolipid
GPAT : Açil-ACP:gliserol-3-fosfat açiltransferaz
GR : Glutathione reduktaz
h : Plank katsayısı
HCN : Hidrosiyanid asit
HDPE : Yüksek yoğunluklu polietilen
LAH : Lipolitik açil hidrolaz
LDPE : Düşük yoğunluklu polietilen
LOX : Lipoksigenaz
LP : Düşük basınçlı
LPHO : Düşük basınç-yüksek verim
MDA : Malondialdehit

MGDG : Monogalaktosildiaçilgliserol
MP : Orta basınçlı
MTA : 5'-Metiltioadeozin
MTR : 5'metiltioriboz
N_A : Avagadro sayısı
NADH : Nikotinamid adenin dinükleotid
O_i : Fosfat
PA : Fosfotidik asit
PAL : Fenil amonya liyaz
PC : Fosfatidilkolin
PE : FF fosfofruktokinase
PG : Fosfatidilgliserol
PG : Poligalaturonaz
Pi : İnorganik fosfat
PK : Piruvat kinase
PL : Fosfolipid
PLD : Fosfolipaz D
PLD : Fosfolipaz D
PME : Pektin metil esteraz
POD : Peroksidaz
PPO : Polifenol oksidaz
SAM : S-adenosilmetionin
SG : Steril glikosid
SOD : Superoksit dismutaz
TBA : Tiyobarbiturik asit
TBARS : Tiyobarbiturik asit-reaktif maddeler
TCA : Trikloroasetik asit
TCA : Trikarboksilik asit
UV-C : Ultraviyole
XET : Ksiloglukan endotransferaz

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Meyve ve sebzelerde görülen soğuk zararlanma belirtileri ve izin verilen en az sıcaklıklar (R. E. Harderburg ve diğ., 1986).. …....30
Çizelge 2.2 : Elektromagnetik spektrum ve foton enerjileri (Koutchma ve diğ., 2009)……...53
Çizelge 2.3 : Bağ enerjileri ve ilgili dalgaboyları (Blatchley and Peel (2001)……..55
Çizelge 2.4 : UV ışın kaynakları ve özellikleri (Koutchma ve diğ., 2009)……....57
Çizelge 2.5 : Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları…….……...62
Çizelge 2.6 : UV ile ilgili patentler ve açıklamaları…….…..71
Çizelge 3.1 : Lambaların seçimi sırasında yapılan ölçümler (mW/cm^2)…….……...77
Çizelge 3.2 : Soğuk zararlanmasının değerlendirmesi……...……82
Çizelge 3.3 : Patlıcan ve salatalığın görsel değerlendirme puanlaması ve değerlendirme parametreleri……..…83
Çizelge 3.4 : Patlıcanlarda iç rengin değerlendirilmesi…….84
Çizelge A.1 : Patlıcan ve salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……....253
Çizelge A.2 : Patlıcan ve salatalıklarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi…….254
Çizelge A.3 : Patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi…255
Çizelge A.4 : Patlıcanlarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi…….……..256
Çizelge A.5 : Salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……..257
Çizelge A.6 : Salatalıklarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……258
Çizelge A.7 : Serada yetişen salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……259
Çizelge A.8 : Tarlada yetişen salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……....260
Çizelge A.9 : Serada yetişen patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……261
Çizelge A.10 : Tarlada yetişen patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi……..262

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil. 1.1 : Hasat sonrası meyve ve sebzelerin kalitesini etkileyen faktörler (Mishra ve Gamage, 2007).....2
Şekil 2.1 : Soğuk zararlanmasına neden olan olaylar (Raison ve Orr, 1990; Wills ve diğ., 1998).....8
Şekil 2.2: Malondialdehit ile tiyobarbiturik asit reaksiyonu (Url-1).....28
Şekil 2.3 : Elektromagnetik spektrumda UV ışınları (Koutchma ve diğ., 2009).....50
Şekil 3.1 : UV-C uygulanan kabinin dış görünümü.....76
Şekil 3.2 : Kabinin iç görünümü.....76
Şekil 3.3 : Kabinlerde UV-C şiddeti ölçümü.....77
Şekil 3.4 : 10°C soğutmalı dolap sıcaklık profili (ortalama±standart sapma: 10,32±0,43°C).....78
Şekil 3.5 : 4°C soğutmalı dolap sıcaklık profili (ortalama±standart sapma: 4,23±0,36°C).....78
Şekil 3.6 : 10°C soğutmalı dolap bağıl nem profili (ortalama±standart sapma: %90,78±3,53).....79
Şekil 3.7 : 4°C soğutmalı dolap bağıl nem profili (ortalama±standart sapma: %90,78±3,53).....79
Şekil 3.8 : Soğutmalı dolabın genel görünümü.....80
Şekil 3.9: Soğutmalı dolapların sebzeliklerine kontrol ve UV uygulanan örneklerin yerleştirilmesi.....81
Şekil 4.1 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.....90
Şekil 4.2 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.....91
Şekil 4.3 : Patlıcanlarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).....93
Şekil 4.4 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, analiz-20°C bekleme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).....94
Şekil 4.5 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.....95
Şekil 4.6 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.....96
Şekil 4.7 : Salatalıklarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).....97

Sayfa

Şekil 4.8 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, direkt analiz- 20°C bekleme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).....98
Şekil 4.9 : Serada yetişen patlıcanların hasat sonrası laboratuvardaki görünümü……..99
Şekil 4.10 : Serada yetişen salatalıkların hasat sonrası laboratuvardaki görünümü……99
Şekil 4.11. Soğuk zararlanmasına uğramış salatalık ve patlıcan görünümü (4°C'de 14 gün sonra)…….....100
Şekil 4.12 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 7 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……101
Şekil 4.13 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 7 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü ……..101
Şekil 4. 14 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında görsel kalite üzerine etkisi. (9: taze görünüm, 7: iyi,.. 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz)……...102
Şekil 4.15 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında görsel kalite üzerine etkisi. (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz)…….103
Şekil 4.16 : Patlıcanlarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… …….104
Şekil 4.17 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….105
Şekil 4.18 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında görsel kalite üzerine etkisi. (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz)……...106
Şekil 4.19 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında görsel kalite üzerine etkisi. (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz)…….……107
Şekil 4.20 : Salatalıklarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..……...108
Şekil 4.21 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……109

Sayfa

Şekil 4.22: Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü.…….....111
Şekil 4.23 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü……...111
Şekil 4.24 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 14 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……...112
Şekil 4.25 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……113
Şekil 4.26 : Serada yetişen 3 kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 10°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.……...…113
Şekil 4.27 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 4°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……...……114
Şekil 4.28 : Serada yetişen ve 3kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 10°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……....114
Şekil 4.29 : Tarlada yetişen ve farklı sıcaklıkta (4 ve 10°C'de) depolanan patlıcanların 4 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü……....115
Şekil 4.30 : Tarlada yetişen ve 3kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.…….115
Şekil 4.31 : Tarlada yetişen ve 15kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.……...116
Şekil 4.32 : Tarlada yetişen ve 9kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.…….116
Şekil 4.33 : Tarlada yetişen ve 9kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü……116
Şekil 4.34 : Tarlada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 4°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü ……..117
Şekil 4.35 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk L üzerine etkisi…….…119
Şekil 4.36 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk L değeri üzerine etkisi……...120
Şekil 4.37 : Patlıcanlarda renk L değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..……121

Sayfa

Şekil 4.38 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk L değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...……122
Şekil 4.39 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk L değeri üzerine etkisi……..…123
Şekil 4.40 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk L değeri üzerine etkisi……..124
Şekil 4.41: Salatalıklarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….……..125
Şekil 4.42 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… …… ……...126
Şekil 4.43 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk a değeri üzerine etkisi…….…….…130
Şekil 4.44 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk a üzerine etkisi……..……131
Şekil 4.45 : Patlıcanlarda renk a değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….……132
Şekil 4.46 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk a değeri değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… …… ……..133
Şekil 4.47 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk a üzerine etkisi……..…134
Şekil 4.48 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk a üzerine etkisi…….…….135
Şekil 4.49 : Salatalıklarda renk a değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……. 136
Şekil 4.50 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk a değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….….137
Şekil 4.51 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk b değeri üzerine etkisi…….....141
Şekil 4.52 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk b değeri üzerine etkisi……..142
Şekil 4.53 : Patlıcanlarda renk b değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..……143

Sayfa

Şekil 4.54 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk b değeri değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… ……...144
Şekil 4.55 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk b üzerine etkisi……..145
Şekil 4.56 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk b üzerine etkisi…….….146
Şekil 4.57 : Salatalıklarda renk b değeri değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..147
Şekil 4.58 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk b değeri değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… ……...148
Şekil 4.59 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında hue angle üzerine etkisi…….151
Şekil 4.60 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında hue angle üzerine etkisi…….……152
Şekil 4.61 : Patlıcanlarda hue angle değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….. 153
Şekil 4.62 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda hue angle değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot). ……..154
Şekil 4.63 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında hue angle üzerine etkisi……155
Şekil 4.64 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında hue angle üzerine etkisi…….……156
Şekil 4.65 : Salatalıklarda hue angle değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… ……..157
Şekil 4.66 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda hue angle değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...……..158
Şekil 4.67 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında chroma üzerine etkisi……162
Şekil 4.68 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında chroma üzerine etkisi. ……..…….163
Şekil 4. 69 : Patlıcanlarda chroma değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… ……164

Sayfa

Şekil 4.70 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda chroma değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……165
Şekil 4.71 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında chroma üzerine etkisi ……...…166
Şekil 4. 72: UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında chroma üzerine etkisi……..…167
Şekil 4.73 : Salatalıklarda chroma değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun etkisi……..……..…168
Şekil 4.74 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda chroma değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot). ……...…169
Şekil 4.75 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi……172
Şekil 4. 76 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi……...……173
Şekil 4.77 : Patlıcanlarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...……..…174
Şekil 4.78 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……. …… …….175
Şekil 4.79 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi……176
Şekil 4.80 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi……177
Şekil 4.81 : Salatalıklarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...……178
Şekil 4.82 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...……....179
Şekil 4.83 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında iç renk L üzerine etkisi…….……181
Şekil 4.84 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında iç renk L üzerine etkisi……...…182
Şekil 4.85 : Patlıcanlarda iç renk L değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...…183
Şekil 4.86 : Patlıcanlarda hasat sonrası iç rengin görünümü……183

Sayfa

Şekil 4.87 : Patlıcanlarda 4°C'de, 11.gün sonra meyve eti ve çekirdekte görülen kararmalar……..…184
Şekil 4.88 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda iç renk L değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….185
Şekil 4.89 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında potansiyel oksidasyon üzerine etkisi……187
Şekil 4.90 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında potansiyel oksidasyon üzerine etkisi……188
Şekil 4.91 : Patlıcanlarda potansiyel oksidasyon değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun etkisi…….…189
Şekil 4.92 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda potansiyel oksidasyon değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….……...190
Şekil 4.93 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ağırlık kaybı üzerine etkisi……...…192
Şekil 4.94 : Patlıcanlarda ağırlık kaybı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..…...193
Şekil 4.95 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ağırlık kaybı üzerine etkisi……...194
Şekil 4.96 : Salatalıklarda ağırlık kaybı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….……..195
Şekil 4.97 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi……199
Şekil 4.98 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi……..200
Şekil 4.99 : Patlıcanlarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun etkisi. ……201
Şekil 4.100 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……. ……...……..202
Şekil 4.101 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi……..203
Şekil 4.102 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi. ……..…...…204
Şekil 4.103 : Salatalıklarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun etkisi……...….……205
Şekil 4.104 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...…….206

Sayfa

Şekil 4.105 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında pirüvat üzerine etkisi……..210
Şekil 4.106 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında pirüvat üzerine etkisi……211
Şekil 4.107 : Patlıcanlarda pirüvat değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…… … ……212
Şekil 4.108 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda pirüvat değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot). ……213
Şekil 4.109 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında pirüvat üzerine etkisi……..……214
Şekil 4.110 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında pirüvat üzerine etkisi……215
Şekil 4.111 : Salatalıklarda pirüvat değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)…….……216
Şekil 4.112 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda pirüvat değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..…….……217
Şekil 4.113 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında peroksidasyon üzerine etkisi……..……219
Şekil 4.114 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında peroksidasyon üzerine etkisi……220
Şekil 4.115 : Patlıcanlarda peroksidasyon değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……....221
Şekil 4.116 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda peroksidasyon değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……...…….....222
Şekil 4.117 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında peroksidasyon üzerine etkisi……...224
Şekil 4.118 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında peroksidasyon üzerine etkisi……...225
Şekil 4.119 : Salatalıklarda peroksidasyon değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……226
Şekil 4.120 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda peroksidasyon değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot)……..……..227
Şekil A.1 : Pirüvat standardının kalibrasyon grafiği (y = 1.761739e-02 * x; R^2 = 0.999822)……..252

ULTRAVİYOLE (UV-C) IŞINI UYGULAMASININ PATLICAN VE SALATALIKLARDA SOĞUK ZARARLANMASI ÜZERİNE ETKİSİ

ÖZET

Soğuk zararlanması; tropik ve subtropik kökenli ürünlerde, kritik sıcaklığın, genellikle 10-12°C sıcaklıkların, altına inilmesiyle ortaya çıkan bir zararlanma şeklidir. Soğuğa hassas patlıcanlarda 12°C'nin altında özellikle çukurlaşma ve kahverengileşme belirtileri gözlenir. Soğuğa hassas salatalıklar 10°C'de 3 günden fazla tutulduğunda zararlanma oluşmaktadır. Salatalıklarda soğuk zararlanmasının ilk belirtileri kabukta çukurlaşmaların oluşması ve bozulmaların artmasıdır. Zaman soğuk zararlanmasında kritik bir parametredir. 10°C'nin altında kısa süreli (2 gün) soğuğa maruz kalma soğuk zararlanmasına neden olmayabilir. Muhafaza sıcaklığı azalıp, süre uzadıkça soğuk zararlanması şiddeti de artmaktadır.

Meyve ve sebzeler soğukta depolamada düşük sıcaklıklarla (4-6°C) karşılaşmaktadır. Ancak patlıcan ve salatalık gibi soğuğa hassas meyve ve sebzelerin raf ömrü soğuk zararlanmasıyla azalmaktadır. Tüketici açısından depolama süresince kalite korunumu önem taşımaktadır. UV-C olgunlaşmayı geciktirme ve hasat sonrası bozulmaları azaltma amaçlı birçok meyve ve sebzeye uygulanmaktadır.

Bu çalışmada UV-C ışınının patlıcan ve salatalıklarda soğuk zararlanması üzerine etkisi incelenmiştir. Patlıcan ve salatalıklar, soğuk zararlanmasının etkilerinin gözlenmesi için iki farklı sıcaklıktaki (4 ve 10ºC) soğutmalı dolaplara yerleştirilmiş, UV-C ışınının soğuk zararlanması üzerindeki etkisini belirlemek için depolama öncesi farklı dozlarda (3, 9 ve 15 kj/m^2) UV-C uygulamaları yapılmıştır. Depolama süresince patlıcanlarda iç renkte kararma ve potansiyel oksidasyon, patlıcan ve salatalıklarda soğuk zararlanması indeksi, görsel kalite, ağırlık kaybı, elektrolit sızıntısı, pirüvat ve lipid peroksidasyonu değerleriyle renkteki değişimler belirli aralıklarla takip edilmiştir. Soğuk zararlanmasının bazı belirtilerinin gözlenebilmesi için düşük sıcaklıklarda depolanan (4 and 10ºC) örneklerin bir kısmı depodan alındıktan sonra bekletilmeden analiz edilmiş, bir kısmı soğuk depolama sonrası bir gün oda sıcaklığında (20ºC) bekletildikten sonra analize alınmıştır.

UV-C uygulamaları soğuğa hassas patlıcan ve salatalıklarda soğuk zararlanması etkilerini azaltmada ve görsel kalitenin korunumunda etkin bulunmuştur. Görsel kalitenin korunması ve soğuk zararlanması belirtilerinin azalmasında patlıcanda yüksek doz (15 kj/m^2) daha etkili olurken, bu dozlarda ürünlerin depolama ömrünün kontrol örneklerine göre 3 gün daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal analizler (pirüvat, peroksidasyon) ve renk değişimlerinde düşük dozların (3 ve 9 kj/m^2) kayıpları azaltmada yeterli olduğu görülmüştür. 10ºC'de depolamada ürünlerin daha iyi kalitede raf ömrünü tamamladığı belirlenmiştir. Genellikle kalite kayıpları bir gün ortam sıcaklığında bekletilen ürünlerde daha fazla olmuştur.

Sonuç olarak, patlıcan ve salatalık gibi soğuğa hassas meyve ve sebzelerin kalite korunumu için soğutmalı dolaplara kontrollü sıcaklık ve UV-C uygulamalarının

adapte edilerek, birçok soğuğa hassas üründe farklı hasat zamanı, sera-tarla, çeşit ve farklı hasat bölgesiyle uygulamaların tekrar edilmesi sonucunda yeni bir uygulama olarak tüketicilerin beğenisine sunulabileceği düşünülmektedir.

EFFECTS OF ULTRAVIOLET (UV-C) LIGHT APPLICATIONS ON THE CHILLING INJURY IN EGGPLANT AND CUCUMBERS

SUMMARY

Chilling injury can be observed on many fruits of tropical and subtropical origin when they are exposed to low, critical temperatures, which is usually from 10 to 12°C. Eggplants are chilling sensitive, below 12°C eggplants suffer mainly by pitting and browning. Cucumbers are also chilling sensitive and are injured if held at temperatures of less than 10°C for more than 3 days. Pitting and increased decay are the two visible symptoms of chilling injury in whole cucumber fruit. Time is a critical factor with chilling injury, and brief exposures (2 days) to temperatures below 10°C may cause no damage. The longer the period of exposure and the lower the temperature, the greater the damage associated with chilling injury.

Fruits and vegetables are exposed to low temperatures (4 to 6°C) during refrigerated storage. However, fruit and vegetables that are susceptible to low storage temperatures, like eggplant and cucumber, have losses their quality by chilling injury and their shelf life has been reduced. For the consumer point of view, it is very important to maintain the quality during storage period. UV-C has many applications in fruits and vegetables to decrease ripening and reduce postharvest decay.

In this study, the effects of ultraviolet (UV-C) light on the chilling injury of eggplant and cucumbers were investigated. Eggplant and cucumbers was placed in refrigerated cabinets (at 4 and 10°C) and before storage, UV-C was applied at different doses (3, 9 and 15 kj/m^2) to observe its effects on the chilling injury. During the storage period, browning of pulp tissue and oxidation potential in eggplant, chilling injury index, sensory quality, weight loss, electrolyte leakage, pyruvate content, lipid peroxidation and color changes in eggplant and cucumbers were followed within specified time period. To observe the chilling injury symptoms precisely, after removal from refrigerated storage at 4 and 10ºC, some samples were analysed immediately, others were analysed one day later after transferred to room storage (20ºC).

UV-C application was found to be effective on decreasing the chilling injury and also maintaning sensory quality of eggplant and cucumbers. For eggplants 15 kj/m^2 was more pronounced effect while in cucumbers lower dose (3 kj/m^2) was enough to maintain the sensory quality, decrease chilling injury symptoms and extend the storage life 3 more days in comparison to the control ones. For chemical analysis (pyruvate and peroxidation) and color changes, lower doses (3 ve 9 kj/m^2) were effective to decrease the quality losses. Higher storage temperature (10°C) gave better results for quality retention. Generally, quality losses were higher with the samples analysed one day later after transferred to room temperature.

As a result it could be said that controlled storage temperatures and UV-C application in refrigerated cabinets can be applied to different chilling susceptible

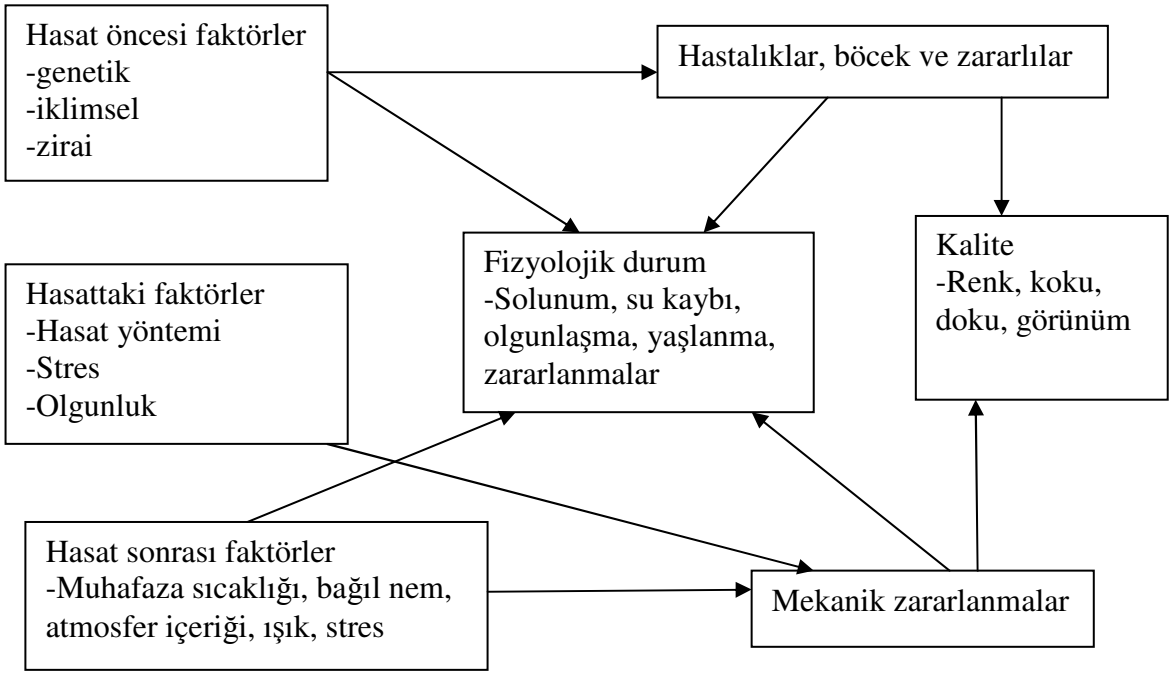
fruit and vegetables having different cultivar, different harvesting season, infield and greenhouse production and different variety and at the end, it could be presented to the consumers as a new application to preserve the quality of chilling susceptible fruits and vegetables.

1. GİRİŞ

Hasat sonrası ürünlerindeki kalitenin korunumu fizyolojik durumlarının yanısıra, hastalık, pest, mekanik zararlanmalar gibi birçok faktöre bağlıdır (Şekil 1.1). Bu nedenle hasat sonrası fizyolojinin bilinmesi kalite kayıplarının anlaşılması için gerekmektedir. Hasat sonrası dönemde ürün kayıplarına neden olan fizyolojik bozulmalardan birisi olan soğuk zararlanması; tropik ve subtropik kökenli ürünlerde, bitki hücresi, dokusu ve organlarında kritik sıcaklığın altına inilmesiyle ortaya çıkan ve geri dönüşü olmayan bir zararlanma şeklidir. Soğuk zararlanmasını oluşturan sıcaklıklar donma noktasının (0°C) üzerinde ve ürüne göre değişmekle birlikte 5°-15°C'nin altındaki sıcaklık dereceleridir (Kader, 1992; Skog, 1998). Genellikle ziraatçiler arasında soğuk zararlanması yerine " üşüme zararı" adlandırılması da kullanılmaktadır (Halloran ve ark., 1996). Soğuk zararlanmasının ana nedeni; hücre membranlarının zarar görmesidir. Bu da etilen üretimi, solunumda artma, fotosentezde azalma, enerji üretiminde sorunlar, etanol ve asetaldehit gibi toksik bileşiklerin birikimi ve hücre yapısında değişim gibi ikincil reaksiyonlara yol açar (Raison ve Orr, 1990; Skog, 1998). Kritik sıcaklığın altındaki kısa süreli muhafazada bitki zararlanmayı onarabilir. Ancak muhafaza süresi uzadığında geri dönüşümsüz ve gözle görülebilen zararlanmalar oluşur. Soğuk zararlanmasının belirlenmesi çoğu zaman zor olmaktadır, çünkü ürün düşük sıcaklıktan çıktıktan sonra bir değişim gözlenmeyebilir. Belirtiler ürün daha yüksek sıcaklığa transfer edildikten hemen sonra veya birkaç gün içinde de oluşabilir. Değişim bazen sadece ürünün iç kısmında gözlenebilir (Wills ve ark., 1998).

Soğuk zararlanmasının derecesi sıcaklık, düşük sıcaklıkta bekleme süresi ve ürünün zararlanmaya neden olan sıcaklıklara karşı dayanıklılığına bağlıdır (DeEll, 2004). Düşük sıcaklıkta uzun süre tutulan ürünlerdeki zararlanmalar daha ciddi boyutta olmaktadır. Sebzelerin zararlanmaya karşı dayanıklılığı tür, çeşit ve düşük sıcaklıkla karşılaştığı andaki morfolojik ve fizyolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Soğuk zararlanması sadece depolama sırasında değil; işleme, nakliye, toptancı

dağıtımı, mağazada teşhirde veya evde soğutmalı dolapta muhafaza sırasında da oluşabilir (DeEll, 2004).



Şekil. 1.1: Hasat sonrası meyve ve sebzelerin kalitesini etkileyen faktörler (Mishra ve Gamage, 2007).

Soğuk zararlanması birincil ve ikincil olaylar olarak iki kısımda değerlendirilmektedir. Birincil olaylar membran lipid yapısında değişim, bazı düzenleyici enzimler veya proteinlerdeki yapısal değişiklikler veya hücre sitoplazmasındaki değişimlerdir (Raison ve Lyons, 1986). Bu değişimler bazı kritik sıcaklıklarda oluşmakta olup, kısa süreli olduğunda geri dönüşümlü değişimlerdir. İkincil olaylar ise metabolik ve iyonik değişimler, hücre bütünlüğünün bozulması ve buna benzer soğuk zararlanması belirtilerinin ortaya çıkmasına yol açan değişimlerdir. İkincil olaylar sıcaklık ve zamana bağlı olup, soğuk stresi ortadan kalktığında geri dönüşümlü olabilmektedir. Ancak stres devam ettiğinde hücre yapısındaki değişimler artarak geri dönüşümsüz bir hal almaktadır. Bu durumda ürünün daha yüksek sıcaklıklara çıkarılmasıyla soğuk zararlanması belirtileri artmaktadır. Soğuk zararlanmasının görülebilir belirtilerinin ortaya çıkma oranı ve şiddeti düşük sıcaklığa maruz kaldığında ürünün metabolik yapısının durumuna bağlıdır.

Hasat sonrası meyve ve sebzelerin düşük sıcaklıklarda muhafazası, tüketilinceye kadar kalite ve besin değerlerinin korunmasını sağlamaktadır. Soğutmalı dolapta

muhafaza edilen meyve ve sebzeler genellikle 4-6°C'deki sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Ancak patlıcan, salatalık gibi soğuğa karşı duyarlı pek çok meyve ve sebze bu sıcaklıklarda soğuk zararlanmasına uğramakta, ürün raf ömrü azalmaktadır. Bu nedenle soğuk zararlanmasına karşı duyarlı meyve ve sebzelerin soğutmalı dolaptaki kalite kayıplarının yavaşlatılması tüketici açısından önem taşımaktadır. Soğuk zararlanmasının şiddeti, modifiye atmosferde paketleme, aralıklı olarak ısıtma ve kimyasal uygulamalarla azaltılabilmektedir. Bu uygulamaların yanında UV-C (Ultraviyole) ışınımı yeni bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle yeni uygulamaların soğutmalı dolapta denenmesi, uygulanabilirliği ve adaptasyonu çalışmaları hem üreticiler hem de kullanıcılar olan tüketiciler açısından önem taşımaktadır. Soğutmalı dolapta meyve ve sebzelerin daha yüksek sıcaklıklarda muhafaza edilebilmesi ürünün raf ömrünün artmasına neden olacaktır. Soğutmalı dolapta UV-C uygulaması ise yeni bir uygulama olarak kendini gösterecek, aynı zamanda buzdolabında saklanan ürünlerin dayanımı artacaktır.

UV-C ışınlamasının farklı meyve ve sebzeler üzerindeki etkileri mikrobiyolojik ve kalite parametreleri açısından pek çok çalışmada incelenmiştir. Ancak ülkemizde çok tüketilen patlıcan ve salatalığın soğutmalı dolapta ambalajsız olarak, UV-C uygulanması sonrası, kimyasal yapısındaki değişimleri de içeren ayrıntılı çalışmaların yapılmadığı belirlenmiştir. Tüketici açısından özellikle soğukta muhafaza koşullarından etkilenen meyve ve sebzelerin soğutmalı dolapta muhafazası ve bu süreçte kalite korunumu önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı; soğuğa karşı hassas patlıcan ve salatalıkların kalite kayıplarının yavaşlatılabilmesi için UV-C ışınlamasının soğuk zararlanması üzerine etkisinin incelenmesidir. Patlıcan ve salatalıkların soğutmalı dolaplarda depolama süresince kalite kayıplarını yavaşlatmak için UV-C uygulanacak kabin tasarımı ve uygun lamba belirlenmesi, üç farklı (3, 9 ve 15 kj/m^2) dozda UV-C uygulanması, farklı zamanda (tarla, sera) hasat edilen ürünlerde çalışmanın tekrarlanması ve bu uygulamanın kalite kayıplarına etkisinin, varsa farklılıkların belirlenmesi, soğuk zararlanmasına hassas patlıcan ve salatalıklarda UV-C etkinliğinin belirlenmesi çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Soğuk Zararlanması Ve Oluşma Nedenleri

Tropik ve subtropik kökenli soğuğa hassas ürünlerde uzun süreli düşük sıcaklıklarda muhafaza geri dönüşümü olmayan zararlanmalara neden olmaktadır. Düşük sıcaklıkların ürünlerde soğuk zararlanmasına yol açması iki hipotezle açıklanmaktadır (Şekil 2.1). Birinci hipotezde, soğuğa hassas ürünler düşük sıcaklıklarda bekletildiğinde hemen hemen aynı tepkileri göstererek, sonrasındaki ikinci tepkimelerle de soğuk zararlanması belirtilerinin oluştuğu öne sürülmektedir. İlk tepkiler; membran lipidlerinde faz değişimi, düzenleyici enzimlerin kinetiğinde veya sübstratında değişimler, hücre iskelet (sitoskeletal) yapısındaki değişimler veya hücre içi sıvılardaki (sitosolik) kalsiyumda artıştır (Raison ve Orr, 1990). İlk değişimlerden sonra devam eden düşük sıcaklıklarda muhafaza, ikincil tepkimelere yol açar. Bu ikincil tepkimeler; membran bütünlüğünde kayıp, sıvı sızıntısı, hücre bölümlerinde kayıplar, mitokondirinin oksidatif aktivitesinde azalma, membrana bağlı enzimlerin aktivasyon enerjisinde azalma, protoplazmik akışta kesilmeler, enerji sağlama ve kullanımında azalma, fotosentez oranında azalma, hücre ve hücre içi yapısında karışıklık, metabolizmada dengesizlik ve fonksiyon bozukluğu, toksik bileşiklerin birikimi, etilen üretiminin uyarılması, solunumda artış ve görünür pek çok soğuk zararlanması belirtisinin ortaya çıkmasıdır (Halloran ve diğ., 1996; Saltveit, 1989).

İkinci hipotez soğuk zararlanmasının düşük sıcaklıktaki birçok tepkimeden kaynaklandığını ifade etmektedir. Tropik ve subtropik meyve ve sebzeler yapıları ve soğuk zararlanması belirtilerinde farklılıklar gösterdikleri için birincil ve genel bir tepkimenin diğer pek çok reaksiyonu tetiklemesi ve soğuk zararlanması belirtilerine neden olduğunu kabul etmek zordur. Bu nedenle ikinci hipotezdeki gibi pek çok koşula karşılık geniş bir tepkimeler zinciri oluştuğu önerisi daha kabul görmektedir (Wang, 2010).

Soğuk zararlanmasının çukurlaşma, sulu görünüm ve iyon sızıntısı gibi pek çok belirtisi hücre membranlarının hücre yapısını koruyamamasından kaynaklanmaktadır. Hücreden dışarı sıvı akışı sulu alanlara, normal gaz difüzyonunda azalmaya, patojenlerin büyümesine uygun ortam oluşumuna neden olmaktadır. Bu da dokularda solma, kuruma ve ölüme yol açmaktadır. Su kaybı yüzeyde olursa meyve ve sebzelerin kabuk bölümünde çöküntü ve oyuklar gözlenebilir. Bu tarz yüzeysel değişimler mekanik zararlanmalar ve düşük bağıl nem ortamında muhafazayla artmaktadır (Raison ve Orr, 1990).

Meyve ve sebzelerde soğuk zararlanması belirtilerinin oluşması ve soğuğa karşı hassasiyetin nedenlerini açıklamada literatürde farklı hipotezler bulunmaktadır. Bu hipotezler aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1 Lipid faz geçiş teorisi (yağ hipotezi)

Düşük sıcaklık membran yağlarındaki fiziksel değişime bu da hücre membranlarının fiziksel yapısında değişime neden olmaktadır. Bu teori ilk kez Lyons tarafından 1973 yılında ortaya atılmıştır. Büyük miktar lipidin kritik sıcaklıklarda faz değiştirerek, jel faz lipidlerini oluşturması hipotezin temelini oluşturmaktadır. Membran yağlarında düşük sıcaklıklarda oluşan fiziksel değişimler membranın geçirgenlik, akışkanlık gibi özelliklerinin değişmesine neden olur. Soğuk zararlanmasına hassas ürünlerin sıcaklıktaki azalmayla birlikte geçirgenliklerinde azalma belirlenmiş, uzun süre düşük sıcaklıkta muhafaza sonrası ürünler kritik sıcaklıkların üzerine çıkarıldığında geçirgenliklerinde belirgin artış gözlenmiştir (Parkin ve diğ., 1989). Membrana bağlı enzimlerin aktivitelerinin etkilenmesi iyon ve metabolit hareketlerinin değişimine neden olur. Bunun sonucunda metabolizma dengesi bozularak, hücre yapısı zarar görür. Daha sonra da hücrenin ölmesi gerçekleşir ve soğuk zararlanması belirtileri ortaya çıkar. Hücre membranlarındaki bu faz değişimi sadece küçük bir bölümünde olmaktadır, ancak ortaya çıkan sonuç meyve ve sebzede büyük zararlanmalara yol açmaktadır.

Mitokondri membranlarında yapılan çalışmalar soğuğa hassas bitkilerde düşük sıcaklıklarda faz değişimlerinin olduğunu göstermektedir (Parkin ve diğ., 1989). Buna karşı soğuğa dayanıklı kırmızı biberlerde mitokondri fonksiyonlarında 0-30ºC arasında herhangi bir bozukluk gözlenmemiştir. Soğuğa hassas çeşitlerinde ise 10ºC'de faz

değişimi olmuştur. Plazma membranlarında da soğuk zararlanmasıyla birlikte iyon sızıntısının taze patates kökünde, meyve dokusunda ve salatalık yaprağında arttığı belirlenmiştir (Wright and Simon, 1973).

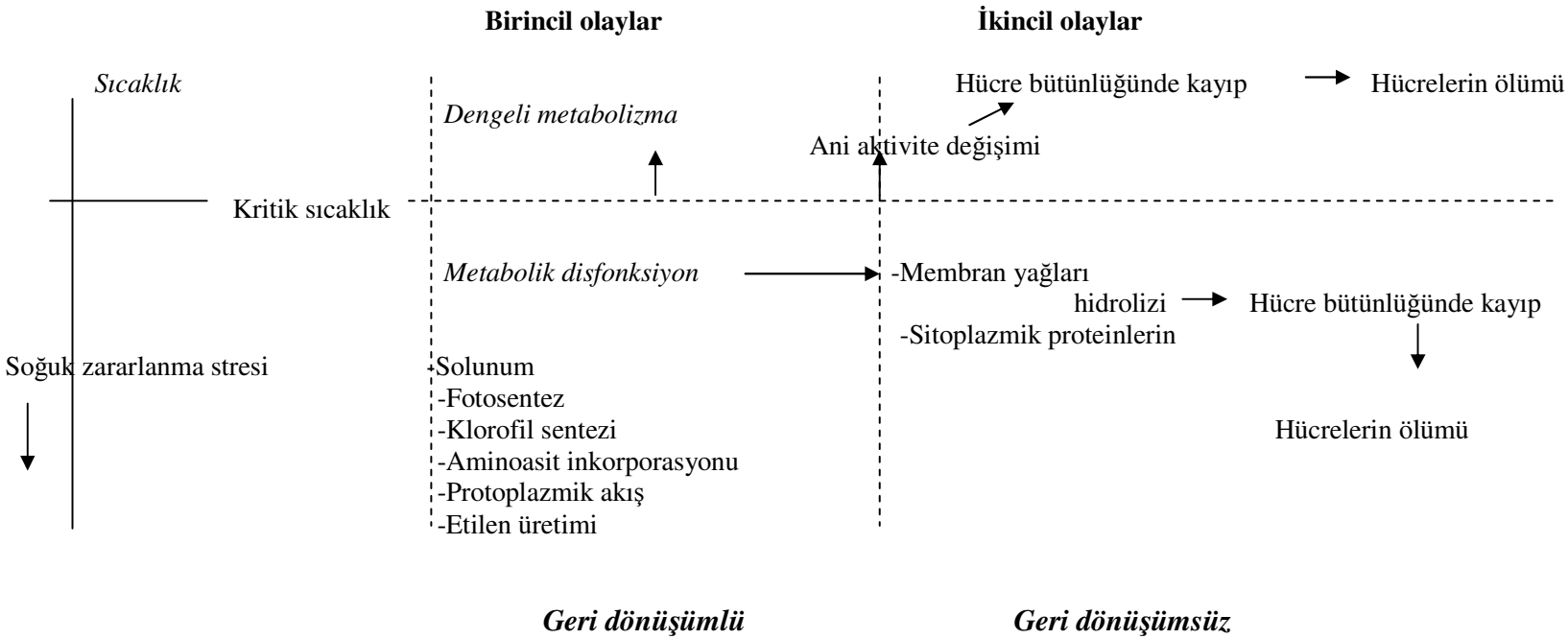
Soğuğa karşı hassasiyet bağıl nemden etkilenmektedir. Su, membran lipidlerinin faz özelliklerini belirlemede anahtar faktördür. Su içeriğine bağlı olarak, membranlar çift tabakalı veya çift tabakalı olmayan konfigürasyonlara geçiş yapmaktadır (Parkin ve diğ., 1989). Sıcaklık suyun yapısını etkilemekte, çözücü özelliklerini değiştirmekte ve membrandaki birçok çözünen maddenin konsantrasyonunu etkilemektedir. Bütün bunlar membranların biyofiziksel özelliklerini etkiler. Sudan başka diğer bir parametre, farklı katyonların membran faz özelliklerine etkisidir. Kalsiyum ve magnesyum gibi katyonlar fosfolipidlerin polar baş kısmına bağlanarak, membranın yüzey sertliğini arttırır (Benga ve Holmes, 1984).

Bazı özel yapısal proteinler membran akışkanlığını etkilemektedir. Tip II (fotosentezdeki protein kompleksi) yapısal proteini faz geçiş entalpisini azaltarak, membranların geçiş sıcaklığını daha düşük sıcaklıklara çeker (McElhany, 1986). Maş fasulyesinin plazma membranındaki akışkanlığına proteinlerin önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir (Yoshida ve diğ., 1986).

2.1.2 Düşük sıcaklıkların membran proteinlerine ve enzimlere etkisi

Bu teori Graham ve Patterson tarafından 1982 yılında ileri sürülmüştür. Düşük sıcaklıklar enzimler ve diğer proteinlerin alt birimlerine ayrışmalarına neden olmakta, bu da enzim aktivitesi kinetiğinde ve protein yapılarında bozulmalara yol açmaktadır. Solunum ve fotosentez reaksiyonlarındaki enzimler de düşük sıcaklıklarda etkilenmektedir (Raison ve Orr, 1990).

Protein-protein ve protein-lipid interaksiyonlarının düşük sıcaklıklarda yapısı bozularak, hidrofobik bağların dayanıklılığı azalır. Bunun sonucunda çözünen enzimlerde fonksiyon bozukluğu ve alt birimlere ayrışması ve polipeptidlerde sarmal yapıda açılma gözlenir (Parkin ve diğ., 1989). Proteinlerde ve protein-lipid interaksiyonlarında plazma membranlarındaki ATPase (kalsiyum pompalayan aktivite) sıcaklıktan direkt olarak etkilenmektedir. Düşük sıcaklıklarda membran lipidlerinin katılaşması proteinlerinde



Şekil 2.1: Soğuk zararlanmasına neden olan olaylar (Raison ve Orr, 1990; Wills ve diğ., 1998).

yapısal değişiklikleri tetikleyerek, enzim aktivitesini engelleyebilir. Membran yapısında sıcaklığa bağlı değişimler sonucu soğuğa hassas ürünlerde tetiklenen protein birikimi sonucu proteinlerde fonksiyon bozukluğu oluşmaktadır.

Düşük sıcaklıklarda çözünebilen enzimlerin seviyesinde değişimler oluşmaktadır. Elma ve patateslerde düşük sıcaklıkta fenil amonya liyaz (PAL) sentezinde artış görülmüş, bu da fenol konsantrasyonunun artmasına katkıda bulunmuştur. Bazı enzim aktivitelerinde düşük sıcaklıkta azalma gözlenmiş, süperoksit dismutaz ve katalaz aktiviteleri soğukta bekleyen domates yapraklarında ve salatalık tohumlarında azalmıştır ((Parkin ve diğ., 1989).

Enzim reaksiyonlarının kinetiği de sıcaklıktan etkilenmektedir. Sitozolik (hücre sitoplazmasının su içeren kısmı) enzim aktivitesi soğuğa dayanıksız olup, enzimdeki bazı fiziksel değişimler proteinlerde fonksiyon bozukluğuna yol açmaktadır. Pirüvat kinaz ve fosfofruktokinaz enzimlerinin düşük sıcaklıkta laboratuvar koşullarında tetramer yapısından iki tane dimer yapıya dönüşerek, inaktif hale geldiği belirlenmiştir (Parkin ve diğ., 1989).

2.1.3 Toksin hipotezi

Soğuk zararlanmasının toksin hipotezinde ise metabolizmadaki asetaldehit gibi bazı toksik ürünlerin birikimi sözkonusudur. Düşük sıcaklıklarda enzim aktivitesi değişen, membrana bağlı enzimler nedeniyle metabolizma, hücredeki oluşumları kontrol edememekte bu da istenmeyen bileşiklerin toksik düzeylerde birikmesine neden olmaktadır (Raison ve Orr, 1990). Hücrenin şeklini, esnekliğini ve hareketini sağlayan proteinler düşük sıcaklıklarda ayrışarak protoplazmik akışta bozulmalara yol açmaktadır. Bu da metabolizmadaki düzenin bozulmasına neden olur.

2.1.4 Kalsiyum hipotezi

Minorsky (1985) tarafından ortaya konulan deneysel hipoteze göre kalsiyumun hücrede yeni bir dağılım içine girmesi soğuk zararlanmasının temel göstergesidir. Bu hipotezin önemi kalsiyum ve kalsiyuma bağlı proteinlerin, hücredeki aktivitelerin ve bunların kontrolünün sağlanmasında ikincil öneme sahip haberci olmasında yatmaktadır. Kalsiyum ayrıca düşük sıcaklıklarda meyve ve sebzelerin sert yapısını korumasına da yardımcı olmaktadır. Soğuğa hassas ürünlerin ilk tepkilerinden biri protoplazmik akışın kesintiye uğramasıdır. Bunda da hücre içindeki kalsiyumların

yeniden dağılımının etkisi olabileceği belirtilmektedir (Lyons, 1973; Woods ve diğ., 1984). Kalsiyumların hücre içindeki dağılımlarının yenilenmesinin nedeni; ATPase (kalsiyum pompalayan aktivite)'deki fonksiyon bozukluğu veya çift tabakalı yapıdaki faz ayrımı sonucu membranın yarı geçirgenliğindeki kayıplardır. Kalsiyum-kalmodulin kompleksleri fosfolipaz A-tip aktivitelere aracılık ederek, hücre membranındaki önemli değişimleri ve çift tabakalı yapının bütünlüğündeki kayıpları hızlandırmaktadır (Paliyath ve Thompson, 1987). Kalsiyumun aynı zamanda hücre enerji üretiminde de etkisi vardır; kalsiyumun yapısındaki bozulma, ATP üretimindeki kontrolün de bozulmasına neden olur. H^+ ve Ca^{+2}-ATPase'lardaki bozulma hücrenin metabolik stabilitesini direkt olarak etkilemektedir. Aynı zamanda yaşlanma prosesini de hızlandırdığı düşünülmektedir (Leshem, 1987). Yaşlanmayla birlikte hücreler serbest stitoplazmik Ca^{+2} konsantrasyonlarını koruma özelliklerini kaybetmektedir.

2.2 Soğuk Zararlanmasında Hücre Membranındaki Değişimler

Soğuk zararlanmasının ilk belirtileri hücre membranında plazma zarının geçirgenliğindeki artış ve organik, inorganik maddelerin sızıntısıdır (Parkin ve ark, 1989, Hudak ve Salaj, 1999). Uzun süreli soğukta muhafazada plazma zarının ayrışması, bozunumu gözlenir.

Düşük sıcaklıklarda bekleme sonucu tropik bir bitki olan *Episcia reptans*'nın hücrelerinde stitoplazmik ve tonoplasta (vakuol; sitoplazmda bulunan içi sıvı dolu boşluklar) ait kristal depozitler oluştuğu gözlenmiştir. Bu depozitler tonoplast parçalanmasına neden olarak, hücre zararlanmasına yol açmaktadır. Genellikle membrandaki zararlanmalar kısa süreli soğukta bekletmede geri dönüşümlü olmakla birlikte tonoplastaki hasarlar geri dönüşümsüzdür. Tonoplastaki geri dönüşümsüz zararlanmalar tekrar ortam sıcaklığında döndüğünde meyve ve sebzelerin dayanım gücünün etkilenmesine neden olmaktadır.

2.2.1 Membran yapısı ve fonksiyonu

2.2.1.1 Plastid ve mitokondri

Düşük sıcaklıklarda plastid membranlarında ve mitokondrilerde şişme görülür. Bu etkilerin şiddeti zamana bağlıdır. Örneğin *Episcia reptans* bitkisinin yapraklarındaki

kloroplastlar 6 saat 5°C'de muhafaza sonrası düzensiz bir membran sistemine ve daha az plastaglobule sahiptir. Daha uzun sürede ise kloroplast thylakoidlerinde (fotosentezin ışığa bağlı reaksiyonlarının gerçekleştiği kısım) şişme ve nişasta tanelerinin sayısında ve boyutunda azalma gözlenmiştir (Hudak ve Salaj, 1999; Murphy ve Wilson, 1981). Salatalıkların yapraklarında 11 gün 5°C'ye maruz kalma sonrası tüm kloroplastlar içinde klorofil taşıyan yapıdan parçalanma ve plastaglobullerin boyut ve sayısında artış belirlenmiştir.

2.2.1.2 Endoplazmik retikulum

Sert endoplazmik retikulumdan yumuşak, içinde birkaç boşluk olan endoplazmik retikuluma geçiş soğuk zararlanmasının ilk safhası olarak nitelendirilmektedir (Hudak ve Salaj, 1999). Endoplazmik retikulumun hacmi ve yapısı olgun yapraklarda sıcaklık ve ışık gibi çevresel faktörlere bağlı olarak çok çabuk değiştiği için, yapısındaki değişimlerin geri dönüşümlü olduğu öne sürülmektedir. Endoplazmik retikulum bu nedenle hücredeki en dinamik yapıya sahiptir.

2.2.1.3 Çekirdek

Kısa süreli düşük sıcaklıklara maruz kalma çekirdek morfolojisi veya DNA sentezinde önemli değişimlere yol açmamaktadır. Ancak uzun süreli uygulamalar DNA ve RNA sentezini azaltmaktadır (Hudak ve Salaj, 1999).

2.2.1.4 Sitoskeleton

Bazı araştırmacılara göre soğuk stresinde oluşan ilk değişim sitoskeletondaki bozulma olup, ikincil değişimler hücre membranlarındaki değişimlerdir. Düşük sıcaklıkta muhafaza sitoskeletonların temel bileşeni olan mikrotubulüsleri etkilemekte, düşük sıcaklıklarda (0–4°C) kortikal mikrotubulüslerin (hücre içinde tüp görünümlü, maddelerin transferinde yer alan organel) depolimerizasyonu gözlenmektedir (Juniper ve Lawton, 1979).

Plazma membranı hücreyi dış ortamdan koruyan çok önemli bir bölümüdür. Hücredeki kloroplast, mitokondri, çekirdek, vakuol, endoplazmik retikulum gibi pek çok birim bir veya birkaç membran katmanına sahiptir. Hücre membranları lipid, periferal veya integral protein, sterol ve karbonhidratlardan oluşmaktadır (Huang, 2006). Membrandaki temel öğeler lipid ve proteinlerdir. Membranın lipid bölümü materyal akışına karşı önemli bir bariyerken, membrandaki proteinler seçici taşıma

ve çözünen maddelerin birikiminde yer alır. Hücre membranındaki temel lipidler fosfolipidler olup, polar baş kısım (hidrofilik) ve uzun zincirli yağ asitlerine esterleşmiş iki hidroksil gruptan (hidrofobik) oluşmaktadır. Membran lipidlerindeki yağ asitleri doymuş (karbon atomları arasında çift bağ yoktur) veya doymamış (bir veya daha fazla çift bağ, cis veya trans konfigürasyonda) formda bulunabilirler. Fosfolipidlerdeki yağ asitlerinin doymuşluk oranı ve yapısı membranın akışkanlığını düzenler. Hücre metabolizması membranların belirli bir akışkanlıkta olmasına ihtiyaç duyar. Cis formdaki çift bağların varlığı, sıkıca bağlı lipid moleküllerini inhibe ederek, yağ açil (bir organik asitten hidroksil grubunun ayrılmasıyla meydana gelen radikal) zincirinde eğilme ve bükülmeler yaratarak, membran akışkanlığının korunmasına yardımcı olur. Çevresel stres membran yapısı ve içeriğini modifiye ederek, hücredeki fonksiyonlarını da etkileyebilir.

2.2.2 Membran lipidlerinin düşük sıcaklıklara adaptasyonu

Fosfolipidler; başlıcaları fosfatidilkolin (PC) ve fosfatidiletanolamin (PE), hücre membranlarındaki lipid matriksinin büyük kısmını oluştururlar. İki katmanlı lipidin akışkanlığı büyük ölçüde yağ asitlerinin kompozisyonuna ve fosfolipidlerin dağılımına bağlıdır (Whitaker, 2003). Bazı membran gliserolipidleri (PC gibi) kolaylıkla iki katman oluşturabilirken, diğerleri (PE gibi) farklı yapısal düzen içinde olup, membranın stabilitesini önemli oranda etkilemektedir (Cullis ve diğ., 1986).

İki katmanlı yapı oluşturma eğilimi polar baş grubun büyüklük ve yüküne bağlıdır. Membrandaki faz değişimi veya akışkanlığı su ve küçük çözünmüş maddelere karşı geçirgenliğini ve çift tabakalı lipidin içindeki enzimlerin aktivitelerini etkilemektedir Wolfe, 1978). Bitki hücrelerindeki plazma membranı diğer hücre membranlarına göre 5 kat fazla sterolle güçlendirilmiştir. Fosfolipidlerle 1:2 oranında etkileşimi olan steroller lipidin iki katmanını yoğunlaştırır, akışkanlık ve geçirgenliği azaltır, fosfolipid faz değişikliğini genişletir ve elimine eder. Sterol-fosfolipid interaksiyonu difüzyon ve moleküllerin geçişi gibi birçok membran fonksiyonunu etkiler ve membrana bağlı enzim ve reseptörlerin aktivitelerini değiştirir.

Membran lipidleri sıcaklık değişimlerine çok duyarlı olup, sıcaklık değişimiyle membran akışkanlığı, geçirgenlik ve hücre metabolik fonksiyonlarında değişimler oluşmaktadır (Huang, 2006). Yüksek sıcaklıklar lipidin çift tabakalı yapısında erimeyle birlikte membranları akışkan hale getirerek, lipid ve diğer membran

bileşenlerinin hareket etmesine, rotasyonuna ve yer değiştirmesine izin verir. Düşük sıcaklıklar ise membranları daha sağlam bir yapı haline getirerek, fosfolipid çift tabakalı yapının çok sıkı, jel görünümünde bir yapı haline gelmesine yol açar. Membranın fiziksel yapısındaki veya akışkanlığındaki değişim, membran fosfolipidlerindeki doymuş yağ asitlerinin derecesi ve lipid moleküllerinin kompozisyonundan da etkilenmektedir.

Düşük sıcaklıkta membran akışkan, sıvı kristal fazdan daha katı, jel fazına geçerek, lipidler daha sıkı ve düzenli bir yapı haline dönüşerek, membranın fizyolojik fonksiyonlarına engel olabilmektedir. Doymamış yağlar faz geçiş sıcaklığını, lineer yağ açil zincirinde kıvrımlar oluşturarak, azaltır. Bu nedenle doymamış yağların düşük sıcaklığa bağlı stres karşısında membranın akışkanlığını sağlamakta önemli bir rolü olduğu söylenebilir. Birçok çalışmada membran lipidlerindeki doymamış yağ oranının düşük sıcaklıklarda arttığı ifade edilmektedir (Palta ve diğ., 1993). Membrandaki doymamış yağların fazla miktarda olması ürünün düşük sıcaklığa karşı toleransını arttırmaktadır (Murata ve diğ., 1992).

Soğuğa karşı dirençli olan salatalık ve tatlı biber çeşitlerindeki doymamış yağ asitleri oranının doymuş yağ asitlerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Sharom ve diğ., 1994; Wang ve Baker, 1979). Genetikli modifiye edilmiş ürünlerde soğuk zararlanmasına hassasiyetin azaltılabileceği belirlenmiştir. Doymamış lipidlerin soğuk toleransındaki rolü genetikli modifiye ürünlerde doğrulanmıştır (Murata ve diğ., 1992). Tütün bitkisi, soğuk hassasiyeti olan kabak ve soğuğa dayanıklı *Arabidopsis*'daki açil-ACP:gliserol-3-fosfat açiltransferaz (GPAT) kullanılarak, genetikli modifikasyon yapılmıştır. Kabaktan transfer yapılan tütünde doymuş fosfatidilgliserol (gliserol içeren fosfolipid) miktarının arttığı, *Arabidopsi'*den enzim transfer edilen tütünde ise doymuş lipid oranının azaldığı gözlenmiştir. Genetiği değiştirilmiş tütünde daha yüksek doymuş lipid oranı daha düşük soğuk toleransını göstermektedir. Buna karşın, doymuş yağ oranı düşüklüğü daha fazla soğuk toleransına işaret etmektedir. Genetiği değiştirilmiş *Arabidopsis*'de thylakoid membran lipidlerindeki doymamış yağ asitleri oranındaki artış, fotosistem II protein kompleksinin (fotosentezdeki protein kompleksi) düşük sıcaklıklardaki ışığa bağlı zararlanmasını azaltmaktadır. Bu da membran lipidlerinde doymamış yağ asitleri oranının fotosentezin soğuğa karşı toleransıyla doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir (Huang, 2006).

2.2.3 Çevresel stresle oluşan membran zararlanmalarıyla bağlantılı önemli hücresel prosesler

Yaşlanma sürecinde fosfolipidlerin hidrolizi ve peroksidasyonu birçok bozulma olayında önemli rol oynamaktadır (Pauls ve Thompson, 1984). Polar baş grubun fosfolipaz D (PLD) tarafından uzaklaştırılması, spefisik fosfataz tarafından diaçilgliserole (DAG) defosforilasyonu yaşlanma olaylarını başlatmaktadır. Lipolitik açil hidrolaz (LAH) daha sonra DAG'yi bölerek, serbest yağ asitlerini oluşturur (Brown ve diğ., 1987; Paliyath ve Thompson, 1987). Bu da membran yapısını bozar, di- ve tri-enoik asitler (linoleik ve linolenik; 18:2 ve 18:3) lipoksigenaz (LOX) için substrat olarak görev yapar. LOX reaksiyonu reaktif hidroperoksit oluşumuna neden olur, ayrıca superoksit radikallerini oluşturur. LOX tarafından üretilen yağ asitleri hidroperoksitleri membranın çift tabakalı yapısında bozulma ve parçalanmalarla toksit uçucu bileşikler ve diğer membran bileşiklerine etki eden serbest radikaller oluşturmaktadır. Yaşlanmayla birlikte membran lipid metabolizmasında fosfolipidlerin katabolizması ve fosfolipidlerde kayıp, sterol:fosfolipid oranında artış, doymamış fosfolipid yağ asitlerinde azalma, fosfotidik asit (PA) serbest yağ asitleri ve yağ asidi hidroperoksitlerini içeren lipid katabolitlerde birikme gözlenmektedir. Bütün bu değişimler membranın iki katmanının akışkanlığında azalma ve membran fonksiyonunda kayıplara yol açmaktadır (Whitaker, 2003).

Çevresel strese bağlı olarak fosfolipidlerde hidroliz ve bozulma oluşmaktadır. Fosfolipazlar bitkilerde lipidlerin indirgenmesine neden olan temel enzimlerdir. Fosfolipidleri hidrolize ederek serbest yağ asitleri ve liyofosfolipidleri oluşturmaktadır. Bu nedenle fosfolipaz aktivitesi hücre membranlarının bütünlüğü ve yapısı için önemlidir. Fosfolipazlardan fosfolipaz D (PLD); absisik asit (stres koşullarında bitkilerde ortaya çıkan değişimleri kontrol eden bitki hormonu) ve etilen tarafından artırılan yaşlanma sürecinde, hücre yaralanması sonucu doymamış yağ asitlerinin birikiminde ve reaktif oksijen oluşumunda rol almaktadır. Aynı zamanda bitkilerin pek çok strese karşı toleransını da etkilemektedir (Wang, 1999). Salatalığın kökünde Ca^{+2} eksikliği oluşumu fosfolipaz D aktivitesini artırmış, membran yapısındaki organizasyon bozukluğu ve enzim aktivitelerindeki değişimden PLD aktivitesindeki artış ve membrana bağlı Ca^{+2} iyonlarının sorumlu olduğu düşünülmektedir. (Yapa ve diğ., 1986).

Membranın yapısından stresle oluşan zararlanmaların membranın fiziksel yapısı ve kimyasal özellikleriyle ilişkili olduğu söylenebilir. Membran lipidlerindeki çoklu doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar membran akışkanlığını etkilemekte, aynı zamanda oksidasyona da neden olmaktadır. Hücredeki zararlanmalar membran lipid peroksidasyonunu da artırmaktadır. Lipidlerdeki fazla akışkanlık veya lipid peroksidasyonu hücrenin karşılaştığı stres faktörü süresince membran geçirgenliğinde artışa ve hücre ölümüne neden olur. Hücreden protein, iyon ve diğer metabolitlerin salınımı membran zararlanması ve hücre ölümünün işaretidir (Dhindsa ve diğ., 1981). Membranın önemli bileşenlerinden olan proteinlerin sinyal iletimi, iyon taşınması veya enerji üretimi gibi kritik fonksiyonları vardır. Stres, proteinlerin stabilitesini ve fonksiyonunu etkiler, aynı zamanda membran akışkanlığını değiştirerek de proteinlerde indirekt etkiye neden olur. Stres faktörleri membran bağlı proteinlerin salınımına, dolayısıyla hücredeki aktivitelerinin bozulmasına neden olur. Çevresel stres karşısında membran proteinlerinin sağlamlığı membran lipidlerinin doygunluk oranından etkilenmektedir. Ürünlerin ısıya karşı dayanıklılığı kloroplastların thylakoid membranlarındaki fotokimyasal reaksiyonların sıcaklık dayanımına bağlıdır. Fotokimyasal zararlanmaların ilk önce fotosistem II ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Havaux ve Tardy, 1996). Sıcaklık, thylakoid membranların stabilitesini azaltarak, fotosistem II'nin ışığı toplayan thylakoid membranlarındaki protein komplekslerinden ayrılmasına neden olmaktadır.

Membran geçirgenliğindeki değişim ayrıca iyon sızıntısına, dolayısıyla hücrelerde ölüme neden olur. Membrandan iyon, çözünen şeker ve serbest amino asitlerin sızması zararlanmanın şiddetiyle doğrudan bağlantılıdır. Membrandaki sızıntıyı ölçmek hücre membran stabilitesinin, zararlanmanın derecesinin veya ürünün stres altında sızdıran hücre membranlarında sızıntı olmasına karşı toleransını belirlemede kullanılan genel bir metotdur. Örneğin, sıcaklığa karşı dayanımı olmayan *Arabidopsis* mutasyonu, çevresel stres koşullarında büyüyen yabani çeşidine göre daha fazla elektrolit sızıntısı göstermiştir (Hong ve diğ., 2003). Membranlarda en fazla elektrolit sızıntısı geçiş sıcaklığında görülmektedir. Hasarlı hücrelerden sızan en önemli katyonlardan biri potasyumdur (K^+). Soğuk zararlanmasıyla potasyumdaki kayıplar kalsiyum (Ca^{+2}) veya magnezyumdaki (Mg^{+2}) kayıpların 7-10 katıdır. İyonlardaki sızıntı çift tabakalı lipid yapısındaki difüzyon veya membrandaki kanallar yoluyla oluşmaktadır. Yüksek sıcaklık membran akışkanlığını veya

membran kanal ve taşıyıcılığını değiştirerek, membran sızıntısına yol açmaktadır. K^+ kanalları lipidlerin değişimine duyarlıdır. Araşidonik asit gibi serbest yağ asitleri K^+ kanallarını aktive ederek, hücreden K^+ sızıntısına neden olmaktadır (Huang, 2006). K^+ sızıntısı programlanmış hücre ölümüne yol açmakta, bu nedenle K^+ sızıntısının önlenmesi için K^+ kanalı inhibitörleri devreye girerek, hücre ölümlerini önlemeye çalışır (Bortner ve diğ., 1997). Hücre membran bütünlüğü, çevresel stres koşullarına ürünün adaptasyonu boyunca, hücrelerin fonksiyonlarının korunumu açısından önem taşımaktadır.

2.3 Meyve Ve Sebzelerde Düşük Sıcaklık Sonucu Oluşan Kalite Değişimleri

2.3.1 Sıcaklığın görünüşe etkisi

Düşük sıcaklığa maruz kalma, olgunlaşma ve yaşlanmayla bağlantılı görünümdeki değişimlerin oranını azaltır. Besin değeri olarak önemli olmasının yanısıra, karoten ve likopen gibi karotenoidler pek çok meyve ve sebzeye sarı, turuncu ve kırmızı rengini vermektedir. Düşük sıcaklıkta muhafaza bu bileşiklerde olgunlaşmayla bağlantılı artışı geciktirir. Taze ürünlerin rengi çeşit, olgunluk derecesi ve yaşlanmaya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Hasat sonrası renkteki değişim olumlu veya olumsuz yönde olabilir. Olgunlaşma sırasındaki değişimler genellikle istenilen değişimlerdir, ancak olgunlaşmamış halde yenen meyve ve sebzelerde istenilmeyen özelliklere neden olabilir. Salatalıkta sararma, patateste yeşillenme ve sert kavunda turuncu renk oluşumu istenilmeyen renk değişimlerine örnektir. Olgunlaşmayla ürünlerde klorofilde azalma görülür. Etilen klorofildeki kayıpları arttırır. Meyve ve sebzelerdeki kırmızı, turuncu ve sarı renkler karotenoid veya fenolik bileşikler sonucu oluşmaktadır. Karotenoidler yağda çözünen bileşikler olup, başlıcaları likopen, zeaksantin, lutein ve β-karotendir. Olgunlaşma sırasında kloroplastlar kromoplasta dönüşürken, pek çok karotenoid oranında artış gözlenir. Sadece β-karoten miktarında azalma olur, bu da likopen gibi bileşiklere dönüşmesi sonucudur (Cano ve diğ., 2003). Klimakterik olmayan brokoli, havuç ve karpuz gibi ürünlerde karotenoidler genellikle muhafaza süresince sabit kalırlar (Watkins ve Ekman, 2005). Ürün yaşlanmaya başladığında karotenoidlerde kayıplar oluşmaktadır. Antosiyaninler flavonoidlerden olup, suda çözünebilir, vaküollerde biriken pembe, kırmızı, mor ve mavi renk veren maddelerdir. Karakteristik antosiyanin siyanidin-3-galaktosid olup, elma, kiraz ve eriklerin rengini

oluşturmaktadır. Antosiyaninler elma, erik, nektarin ve patlıcanda meyve kabuğunda, kirazlarda ise tüm meyve etinde bulunurlar. Hasattan sonra toplam antosiyanin miktarı sabit kalır ya da çok az değişir. Düşük sıcaklıkta muhafaza sırasında da kiraz, çilek, ahududu gibi ürünlerde antosiyanin sentezi devam edebilir (Goncalves ve diğ., 2004; Holcroft ve Kader, 1999). Ancak antosiyanindeki artış genellikle az olup, çeşide bağlıdır (Cordenunsi ve diğ., 2003).

Belirgin renk değişimleri, örneğin elmalarda kırmızılaşma, genellikle klorofildeki bozunma sonucudur. Diğer fenolik bileşikler dokudaki zararlanma ve yaşlanmanın göstergesi olan kahverengi renkten sorumludur. Fiziksel zararlanma veya yaşlanma sonrası hücre yapısındaki bozulmalar fenil amonya-liyaz (PAL), polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) enzimlerinin birçok fenolik bileşiğin oksidasyonu reaksiyonunu katalize etmesine izin verir. Bu tarz oksidatif kararma reaksiyonları meyve ve sebzelerin kalitesini etkilemektedir. Fenolik bileşikler hastalık ve bozulmaya karşı direnç sağladıkları için meyve ve sebzelerin görünümüne olumlu etkileri vardır (Lattanzio, 2003).

Olgunlaşmayla birlikte meyvelerde görülen en karışık değişim kloroplastların kromoplastlara dönüşümüdür (domatesin yeşilden kırmızıya dönmesi gibi). Bu değişim klorofildeki bozunma, fotosentezin gerçekleştiği thylakoid membranların parçalanması, bazı özel vakuollerdeki nişasta kaynaklarının hareketlenmesi ve büyük miktarda karotenoidlerin sentezini içermektedir. (Harris and Spurr, 1969; Spurr and Harris, 1968; Thomson ve Platt-Aloia, 1987). Hasat sonrası plastidlerin yapısındaki değişim domates ve kırmızı biberde istenilen bir özellikken, yeşil dolmalık biber ve salatalık gibi ürünlerde sararmaya neden olan, istenilmeyen özelliklerdir (Marangoni ve diğ., 1996). Kloroplastlar pek çok tropik ve subtropik meyvede soğuğa karşı hassastır. Kloroplastların lipid metabolizmasında soğuk zararlanması sonucu oluşan değişimlerin domates, kırmızı biber ve salatalık gibi pek çok meyvenin soğuğa karşı hassasiyetinde belirleyici faktör olduğu ifade edilmektedir (Parkin and Kuo, 1989).

Kırmızı biberde düşük sıcaklıkta muhafaza sırasında görülen tohum kararmasının hücredeki zararlanma, elektrolit sızıntısı oranı, serbest fenol başlangıç değeri ve TBA (tiyobarbiturik asit) reaktif bileşikleriyle bağlantılı olduğu ifade edilmektedir (Boonsiri ve diğ., 2007). Kararma başlangıçtaki yüksek seviyedeki doymuş yağ asitleri ve daha düşük doymamış yağ asitleriyle ilgilidir. Yine kararma yüksek seviyedeki polifenol oksidaz (PPO), fenilalanin amonya liyaz (PAL) ve süperoksit

dismutaz (SOD) enzimleriyle pozitif korelasyona sahipken, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) enzim aktiviteleriyle negatif korelasyona sahiptir. Çalışmadaki sonuçlar genç tohumlardaki membran bütünlüğünün kaybının düşük sıcaklıklarda kararma nedeni olduğunu, daha yaşlı tohumlarda ise yüksek seviyedeki doymamış yağ asitlerinin soğuktaki kararmaları önlemede etkisi olabileceğini göstermektedir.

2.3.2 Sıcaklığın tat ve aromaya etkisi

Meyve ve sebzelerin tadı genetik, çevresel ve ekinle igili faktörlere, hasat olgunluğuna ve hasat sonrası taşıma koşullarına bağlıdır. Ancak bu faktörleri birbirinden ayırt edip, tek tek incelemek ve faktörlerin etkilerinin ölçüsünü belirlemek oldukça zordur.

Birçok meyve oda sıcaklığında yenildiğinde soğutmalı dolaptan direkt çıkarılıp yenilmesine göre daha yoğun bir tada sahiptir. Tadın oluşmasında şeker, asit ve farklı uçucu bileşikler rol oynamaktadır. Ayrıca bu bileşikler meyve matrisinden salınım oranından da etkilenmekte, bu da dokusuyla değişmektedir. Düşük sıcaklıkta muhafaza genellikle asit ve şeker seviyelerindeki değişimi geciktirmekte ve uçucu bileşiklerin üretimini azaltmaktadır (Paull, 1999). Ancak bazı çalışmalarda farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin kavun, Trabzon hurması ve guavada çözünen madde miktarı muhafaza sıcaklığından etkilenmemektedir (Miccolis ve Saltveit, 1995). Bunun yanısıra greyfurtların çözünen madde miktarı ve asitliği düşük sıcaklıkta daha hızlı azalmıştır.

Soğuk zararlanması fizyolojik hasar başlamadan önce bile tatta değişime yol açabilir. Domatesin 6ºC'de 3 gün muhafazası 72 saat ortam sıcaklığında bekletme sonrası bile tadı oluşturan uçucu bileşiklerde önemli ölçüde azalmaya yol açmıştır. Asetaldehit ve etanol birikimi sonucu oluşan kötü kokular greyfurt, mandalina ve elmalarda düşük sıcaklıkta oluşan bozulmalar sonucudur (Cohen ve diğ., 1990; Schirra, 1993).

Salatalığın aromasını oluşturan maddeler; uçucu trans-2, cis-6-nanadienal, trans-2-hekzanal, 2-nonenal olup, düşük sıcaklıkların salatalıklarda aroma ve tadını nasıl etkilediğine dair kesin bir veri yoktur. Pek çok üründe soğuk zararlanmasında uçucu aroma bileşiklerinin sentezi baskılanmaktadır (Maul ve diğ., 2000).

2.3.3 Sıcaklığın dokuya etkisi

Yenilebilen bitki dokuları ince duvarla kaplı parenkima hücrelerinden ve bunların arasındaki hücreler arası boşluklardan oluşmaktadır. Yakın hücreler birbirine pektince zengin orta tabakayla bağlıdır. Dokuyu hücrenin boyutu ve turgor basıncı, hücre duvarının kalınlığı ve hücrelerin birbiriyle bağının sıkılığı oluşturmaktadır (Harker ve diğ., 1997). Hücrelerin birbirine bağlanma derecesi orta tabakanın dayanıklılığına, hücrelerin birbiriyle kontak alanına ve plasmodesmatal (hücre duvarlarını hareket ettiren mikroskobik kanallar) bağların boyutuna bağlıdır (Harker ve diğ., 1997). Doku ayrıca kalın duvarlı epidermal hücreler gibi parenkima olmayan hücrelerin varlığından, damar sisteminin öğelerinden de etkilenmektedir. Bazı meyveler, özellikle Avrupa'ya özgü armutlar, bir grup "taş hücre" (kalın duvarla çevrili küçük hücreler) içerir, bunlar bitişik parenkima (hücredeki temel doku) hücrelerine bağlanarak sertliği artırırlar ve meyveye doku dayanıklılığı verirler (Martin Cabrejas ve diğ., 1994).

Hasat sonrasında yumuşayan meyvelerde temel hücre duvarı ve orta tabakanın ayrılmasıyla dokuda büyük kayıp olmaktadır (Harker ve diğ., 1997). Hücre duvarındaki hidrolazlardan özellikle olgunlaşmaya birlikte pektinlerde çözünme görünen pektin metil esteraz (PME), endo-β-glukonaz (selülaz), β-galaktosidaz ve ksiloglukan endotransferaz (XET) enzimleri özellikle incelenmiştir. Poligalaturonaz (PG) ve pektin metilesteraz (PME) dokularda yumuşamaya neden olan başlıca hidrolazlardır (Barka ve diğ., 2000). Meyve hücre duvarında rolü olan diğer enzimler ksilanaz (xylanase), glikosidaz ve selülazdır. Dokudaki kayıplar turgorda azalma ve nişasta bozunmasıyla da bağlantılıdır.

Meyve ve sebzelerde sertlik sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Düşük sıcaklık dokudaki değişimleri en az seviyede tutarken, olgunlaşma etilen üretimindeki azalmayla da yavaşlar (Johnston ve diğ., 2001; Toivonen, 1997). Olgunlaşma ve yumuşama ürün ortam sıcaklığına getirildiğinde daha hızlı olmaktadır. Soğuk zararlanmasına neden olan kritik sıcaklıklar dokuda zararlanmalara yol açar. Belirtiler ürüne göre değişmektedir. Çekirdekli meyvelerde yumuşak bir doku, kavunlarda ise sertlikte artış görülmektedir (Yang ve diğ., 2003). Aynı meyve soğukta, daha yüksek sıcaklıkta muhafazadan daha sert bir yapıda olabilir. Bu değişimler hücre duvarının metabolizmasındaki değişimlerle bağlantılıdır.

Hücre membranları lipid çift tabakalı ile çevrili proteinlerden oluşmaktadır. Membran hücre içi ve dışına molekül, iyon ve suyun seçici geçişinden sorumludur. Hücre membranları hücrelerin ayrımı ve iç yapısının korunumunda rol oynamaktadır.

Su kaybı, sıcaklık farklılıkları ve toksik kimyasallar gibi stres faktörleri membran sisteminde membrana bağlı proteinlerin aktivitelerinde değişime ve fonksiyonel bozulmalara, dolayısıyla elektrolit sızıntısı ve doku hasarına neden olmaktadır. Muhafaza süresince hücrelerarası gazla dolu boşluklar azalmaktadır. Bunun nedeni olarak yaşlanma süresince hücrelerden sızan suyun hücreler arası boşlukları bloke etmesi gösterilebilir. Hücreler arası boşluklardaki yapısal değişim zamanla gaz alışveriş karakteristiğini etkilemektedir (Kuroki ve diğ., 2004). Membran sistemlerindeki fonksiyonel bozuklukların başlıca belirtileri sulu görünüm, turgor basıncı, elektrolit sızıntısı ve dokularda renk kaybıdır (Fan ve Sokorai, 2005).

Doku değişimleri hücre duvarındaki modifikasyon sonucu oluşmaktadır (Miller ve diğ., 1987). Zararlanma ve çürüme görülen salatalıkların mesokarp ve yapraklarında hücre duvarı hidrolazlarından poligalakturonaz, pektin metil esteraz ve ksilanaz aktivitelerinde artış gözlenmiştir. Çürüyen domates perikarbında %33 oranında poligalakturonaz aktivitesinde artış, sonucunda yumuşama ve iç kısımlarda çürükler, ezikler oluşmuştur (Miller, 2003). Salatalıklarda ezik ve zedelenmelerin olduğu bölgedeki mesokarp hücre duvarlarında mannoz ve galaktoz içeriğinde azalma belirlenmiştir (Miller, 1989). Zedelenmiş meyvelerin hücre duvarındaki ramnoz, arabinoz ve galaktozdaki uronik asit: nötr şeker oranı da artarak, pektinin tersiyer yapısındaki değişimleri bildirmektedir.

2.3.4 Soğuk zararlanmasının solunum ve etilene etkisi

Solunum bitki hücrelerindeki nişasta, şeker ve organik asit gibi bileşiklerin oksijen varlığında daha basit H_2O (su) ve CO_2 (karbondioksit) gibi basit moleküllere parçalanmasıdır. Bu reaksiyonların doğal sonucu, hücrelerin membran bütünlüğü ve hücredeki birçok metabolik reaksiyonun korunması için gerekli ara moleküllerin ve enerjinin üretimidir. Solunum oranı dokuların fizyolojik ve metabolik durumunu belirlemek için kullanılan hasarsız bir ölçüm sistemidir. Olgunlaşma ve yaşlanma solunumdaki beklenmedik değişimlerle belirlenebilir.

Aerobik solunum H_2O ve CO_2 salınımyla ADP (adenosine diphosphate) ve Pi (inorganik fosfat)'den adenosine triphosphate (ATP) üretimini içermektedir. Eğer

glukoz ($C_6H_{12}O_6$) substrat olarak kullanılırsa, reaksiyon aşağıdaki gibi yazılabilir **(2.1).**

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6H_2O + 686\ \text{kcal/mole} \qquad \textbf{(2.1)}$$

Reaksiyondaki glikoz, glukoz ve sukroz gibi basit şekerlerden veya nişasta gibi kompleks polisakkaritlerden gelebilir. Solunumundaki birbiriyle bağlantılı üç metabolik yol; glikoliziz, trikarboksilik asit (TCA) döngüsü ve elektron transport sistemidir (Saltveit, 1996).

Glikoliziz yani glikozun parçalanması hücre sitoplazmasında oluşur. Her bir molekül glikozdan iki molekül pirüvat elde edilir. Hücreler enerji üretimlerini reaksiyondaki iki enzimi (fosfofruktokinase; PFK, piruvat kinase; PK) kontrol ederek dengeleyebilirler. Glikolizde bir molekül glikozdan iki molekül ATP ve iki molekül NADH (nikotinamid adenin dinükleotid) elde edilir (Mishra ve Gammage, 2007).

TCA döngüsü mitokondri matriksinde oluşur ve pirüvatın enzimatik reaksiyonlar sonrası CO_2'ye parçalanmasını içerir. Pirüvat CO_2'yi kaybederek, asetat oluşturur, bu da co-enzimle asetil CoA'ya dönüşür. Bu bileşik okzaloasetatla döngüye girerek üç karboksi grubu olan sitrik asiti oluşturur. Birçok oksidasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonundan sonra sitrik asit okzaloasetate geri dönerek, başka bir asetil CoA mokelülünü kabul eder. Birçok yan ürün dışında TCA döngüsünde her bir pirüvat molekülü için bir molekül adenine dinucleotide ($FADH_2$) ve dört molekül NADH açığa çıkmaktadır.

Elektron transport sistemi mitokondride gerçekleşir, yüksek enerjili ara ürünler olan $FADH_2$ and NADH'den ATP üretimini içerir. Bir NADH molekülü üç molekül ATP, buna karşın $FADH_2$'nin bir molekülü 2 molekül ATP üretir (Saltveit, 1996).

Anaerobik solunum veya fermentasyon heksoz şekerlerinin alkol ve CO_2'ye dönüşümünü içerir. Glikolizde üretilen pirüvat oksijensiz ortamda laktik asit, malik asit, asetil Co-A veya asetaldehite dönüşür. Hangi metabolik yolun seçileceği hücre metabolik gereksinimlerine, hücre pH ve hücrenin daha önce karşılaştığı strese bağlıdır. Sitoplazmanın asidifikasyonu pirüvik dekarboksilazın aktivitesini artırarak, pirüvattan CO_2 ve asetaldehit oluşumu reaksiyonunun oluşumuna yol açar. Asetaldehit alkol dehidrogenaz enzimiyle NAD^+ ve etanole dönüşür.

Düşük sıcaklıklarda ve sonrasında görülen solunumdaki değişimler metabolik olaylardaki strese bağlı travmalar sonucudur. Solunum genellikle düşük sıcaklıklarda

azalmakla birlikte tropik ve subtropik ürünler 10-12ºC'nin altına düştüğünde anormal bir solunum oranı gözlenmektedir. Hassas ürünlerde düşük sıcaklıklarda muhafaza süresince başlangıçta solunum artarken, daha sonrasında azalma gözlenmektedir (Lyons ve Breidenbach, 1987). Ürünler daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında solunum değerinde hızlı bir artış olmaktadır. Kısa süreli soğukta muhafaza sonrası ürünler daha önce bulundukları daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldıklarında solunum oranı kısa sürede başlangıç seviyesine gerilemektedir. Uzun süreli düşük sıcaklığa maruz kalma sonucu solunum oranında daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında, üründe görülene benzer değerde ancak daha yüksek oranda solunumda artış belirlenmiştir (Mishra ve Gammage, 2007; Saltveit, 1996). Uzun süre soğukta muhafaza sonucu oluşan yüksek solunum değeri ürünlerde gözle görülebilen soğuk zararlanması belirtilerinin ortaya çıkmasına da zemin hazırlamaktadır. Solunumdaki artış hücrelerde düşük sıcaklıklarda biriken metabolik ara ürünlerin toksik etkilerinin hücre tarafından uzaklaştırılması çabasıdır. Aynı zamanda membran ve diğer hücre yapısında oluşan zararlanmaların onarılması için bir tepkidir.

Glikolizin son ürünü olan pirüvat 1°C'de depolanan salatalıklarda 4°C'dekilere göre daha yüksek oranlarda birikmiştir (Hakim ve diğ., 1999). Bu da 1°C'deki solunum oranının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Glikolizin son ürünü olan pirüvatın 1°C'de depolanan salatalık ve patlıcanlarda 4,5 ve 20°C'de depolananlara göre daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir (Hakim ve diğ., 1999, Tsuchida ve diğ., 1990).

Etilen (C_2H_4) ACC sentaz ve ACC oksidaz enzimleriyle birçok biyokimyasal reaksiyon sonucu amino asit metioninden önce ACC (1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit), daha sonra etilen üretimiyle elde edilir. Etilen üretimi olgun klimakterik dokularda hasat sonrası yüksek oranda olmaktadır (Saltveit, 1996; Saltveit, 1999). Etilen klimakterik meyvelerde olgunlaşmayı hızlandırma, özellikle narenciyelerde renk gelişimine yardımcı olma, ananas gibi bitkilerde çiçeklenmeyi hızlandırma gibi istenilen etkilerinin yanısıra, yaşlanmayı hızlandırma, meyvelerde yumuşamayı artırma, klorofil kaybını uyarma (brokolide sararma gibi), renk kaybını destekleme (marulda kararma gibi) gibi istenilmeyen etkilere de yol açmaktadır.

Birçok üründe soğukta muhafaza sonrası etilen üretiminde artış gözlenmektedir (Lyons ve Breidenbach, 1987). Etilendeki artış dokuların ACC üretim kapasitesinin artması sonucudur. Soğukta muhafaza sırasında dokudaki ACC seviyesi, ACC sentaz

aktivitesi ve etilen üretimi düşük değerlerde kalırken, daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında hızlı bir artış göstermektedir.

2.3.5 Soğuk zararlanmasının mikrobiyolojik değişime etkisi

Zararlanmanın diğer bir etkisi hücrenin zarar gören alanının saprofit (çürümüş organik maddelerle beslenen organizma) ve patojen mikroorganizmalar tarafından mikrobiyolojik olarak bozulmaya uğramasıdır. Hücredeki zararlanma ve sızıntılar nedeniyle bakteri ve küflerin gelişimi için gerekli olan besin maddeleri kolaylıkla erişilebilir duruma gelmektedir. Ayrıca canlı hücre ve sporlar genellikle yüzeyde bulunduğu için zararlanan bölgeden meyve-sebze içine hızlı bir şekilde nüfuz etmektedir. Mikrobiyolojik gelişme ve bulaşmanın diğer kaynakları; toprak parçacıkları, diğer kontaminasyonlar ve yıkama suyudur (Whitaker, 2003). Meyve ve sebzede zararlanmaya uğrayan bölümler faydalı birçok mikroorganizmanın olduğu gibi istenmeyenlerin gelişimi için de uygun bir ortamdır. Patojenik mikroorganizmaların gelişimi, ortamda yararlı mikroorganizmaların sayısı fazla olduğunda aynı besin kaynakları kullanıldığı için, azalmaktadır.

2.3.6 Sıcaklığın ağırlık kaybına etkisi

Meyve ve sebzelerde iç sudaki kayıplar görünümde kayıplar, fizyolojik bozulmalarda hızlanma, dokuda yumuşama gibi ürün kalitesinde büyük değişimlere yol açar (Watkins ve Ekman, 2005). Hasat sonrası taşıma ve depolamada oluşan su kaybı ürünün geçirgenliği, sıcaklık ve ortamdaki bağıl nem koşullarından etkilenmektedir (Banks ve diğ., 1993). Genellikle sıcaklık ve bağıl nemin ürüne etkilerini ayırt etmek zordur. Bununla birlikte yapraklı sebzeler ve mantarda ortam bağıl nemi düşükse su kaybı hızlı olmaktadır. Tolere edilebilen en fazla ağırlık kaybı ürüne göre değişmekle birlikte elma ve portakallarda %5, yeşil fasulyelerde %37 oranındadır. Ancak bu seviyelere ulaşmadan ürünlerde buruşmalar belirgin hale gelmektedir (Grierson ve Wardowski, 1978).

Avokado, muz ve mango gibi klimakterik meyvelerde su kaybı olgunlaşmanın hızlanması ve raf ömrünün kısalmasının göstergesidir. Düşük bağıl nem daha fazla su kaybıyla birlikte sebzelerde A ve C vitaminlerinde kayıplara, limon ve kiraz gibi klimakterik olmayan meyvelerde ise görünümde zararlanmalara yol açmaktadır. (Sharkey ve Peggie, 1984).

Yüksek bağıl nem içeriği eğer muhafaza sıcaklığı kontrol edilmezse ürünün fizyolojisini ve mikroorganizmaların hastalık oluşturma olasılıklarını etkileyerek, çürüme ve bozulmaları artırabilir.

2.3.7 Sıcaklığın elektrolit kaybına etkisi

Hasat sonrası membran fonksiyon ve bütünlüğündeki kayıplar; PL (fosfolipid) katabolizmi, lipid peroksidasyonu, diğer lipidlerde olgunlaşma ve birikimdeki değişimlerdir. Olgunlaşmayla birlikte meyvelerde membran geçirgenliğindeki değişim ilk Blackman ve Parija (1928) tarafından önerilmiştir. Membran geçirgenliğinde artış meyvede olgunlaşma sırasında gözlenen genel bir davranıştır. Geçirgenlikteki artışla birlikte elektrolit sızıntısında da artış gözlenmekte, bu da soğuk zararlanmasına hassas meyvelerde plazma membranlarında zararlanma olduğunu göstermektedir (Murata, 1989). Ancak elektrolit sızıntısındaki artışın uzun süre düşük sıcaklıkta muhafaza sonucu mu yoksa sadece daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında mı artış gösterdiği konusunda çelişkiler vardır (Marangoni ve diğ., 1996; Wang, 2010). Bu farklılıkların analiz metodundaki farklılıklardan ve hasat sırasında ürünün fizyolojik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir (Marangoni ve diğ., 1996). Bazı çalışmalarda membran geçirgenliğinde önemli bir artışın ürün düşük sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında gözlendiği, membran lipidlerinde bozulma ve dokularda sulu görünüm oluşması gibi zararlanma belirtilerinin de bu sonuçla örtüştüğü görülmektedir (Kuo ve Parkin, 1989; Palma ve diğ., 1995). Membran geçirgenliğindeki artışla ilgisi olan en önemli olay, hücre membranlarındaki H^+ ve Ca^{+2}-ATPase aktivitelerinde azalma veya engellenmedir (Paliyath ve Thompson, 1988; Palma ve diğ., 1995).

Hücre zarının geçirgenliğindeki artış ve iyon sızıntısı oranındaki artış soğuk zararlanmasına hassas dokularla ilişkili olmakla birlikte geçirgenlikteki artışın gözlenmesi genellikle uzun süreli soğuk zararlanması sonucu oluşmaktadır. İyon sızıntısının membran geçirgenliğinin net bir göstergesi olması için aşağıdaki üç koşulun gözlenmesi gerekmektedir (Saltveit, 2002).

-Doku izotonik (aynı ozmotik basınca sahip) bir solüsyonda bekletilmelidir. Saf su kullanıldığı zaman, dokuların maruz kaldığı ozmotik şok nedeniyle sızıntı artacak ve geçirgenlikteki esas değişimleri gölgeleyecektir.

-Örnekleme zamanı boyunca iyon sızıntısı oranı lineer olmalıdır. Hücre duvarındaki iyonlar ve dokudaki ekstra hücresel boşluklar sulu bir çözeltiye daldırılınca hızlıca dağılmakta ve geçici olarak iyon sızıntısında artışa neden olmaktadır. Bu artış, yaklaşık 30 dakika sonra hücre membranının geçirgenlik oranına yaklaşarak, iyon sızıntısı daha sabit bir değere ulaşır. Analiz işlemi için kesip çıkarılan dokunun, yaralanan hücre içeriklerinden uzaklaştırılması için yıkanması, bu geçici artışı azaltarak, konduktivitedeki değişimlerin de azalmasını sağlar.

-Eğer doku yeni yaralanmışsa, doku yıkanmalı ve izotonik solüsyon kullanılarak hipotonik solüsyonun (ozmotik basıncı daha düşük olan solüsyon) dokulardaki neden olduğu ekstra stress azaltılmalıdır. Dokulardaki yaralanma iyon sızıntısı oranını arttırmakta; bunda da neden olarak fiziksel olarak zararlanmış hücrelerin solüsyonda bekletilmesi ve fiziksel olarak zarar görmemiş komşu hücrelerin solunum ve metabolik aktivilerini değişmesi gösterilmektedir. Meyvelerdeki olgunlaşma sırasında hücresel değişimler de membran geçirgenliği ve iyon sızıntısı oranını etkileyebilmektedir.

Soğuk zararlanmasının neden olduğu iyon sızıntısı pek çok hassas dokuda soğuk zararlanması belirtilerinin ortaya çıkmasıyla ilintili olup, sıklıkla soğuk zararlanmasının boyutunu sayısal olarak objektif belirlemede kullanılmaktadır (Saltveit, 2002).

Uzun süreli soğuk zararlanması iyon sızıntısı oranını artırmakta, ancak hassas dokuların soğuk zararlanma derecelerine maruz kalması iyon sızıntısında anında bir artışa neden olmamaktadır. Domateste yapılan çalışmada soğukla birlikte geçirgenliğin yavaş yavaş arttığı, iyon sızıntısının soğuk zararlanmasına uğramayan kontrol örneklerinden önemli ölçüde yüksek oranda olması için birkaç günün geçmesi gerektiği belirlenmiştir (Saltveit, 2002; Saltveit, 1989).

Elektrolit sızıntısı salatalıklarda da membran geçirgenliğindeki değişimleri belirlemede kullanılmaktadır (Kasim ve Kasim, 2008). Salatalıklarda yüksek oranlardaki elektrolik sızıntısı soğuk zararlanması sonucu oluşan hücre zararlanmasını göstermektedir. Soğuk zararlanması belirtileri zamana bağlı olarak oluşmaktadır; salatalıklarda belirtilerin ortaya çıkması için en az 4°C'de 7 gün depolamanın gerektiği gözlenmiştir (DeEll ve diğ., 2000). Salatalıklarda elektrolik sızıntısı analizi 10°C'de 12 günlük muhafaza sonrası soğuk zararlanması belirtileri

ortaya çıkınca ölçülmüştür (Kang ve diğ., 2002). Soğuk zararlanması elektrolit sızıntı değerlerinde ani bir artışa değil, zamana bağlı olarak doku geçirgenliğinde düzenli bir artışa neden olmuştur (Kashyap ve diğ., 2003). Salatalıkların 10°C'deki muhafazasında yapılan çalışmalarda raf ömrü 12 gün olarak belirlenmiş, bu sürenin sonunda üründe ciddi soğuk zararlanması ve elektrolit sızıntısında artış gözlenmiştir (Saltveit, 2002).

Soğuk zararlanmasının patlıcanlar üzerindeki etkisini belirlemek için 0 ve 10°C'de 13 gün muhafaza edilmiştir. Elektrolit sızıntısı hücre zararlanmasını belirlemek için kullanılan indirekt bir yöntem olup, başlangıç değeri %3,9 olarak hesaplanmıştır. 10°C'deki muhafaza sırasındaki değişim önemsiz olup, 0°C'deki patlıcanlarda zamana bağlı elektrolit değerinde bir artış gözlenmiştir (Concellon ve diğ., 2004). Muhafazanın 6. gününde başlangıç değerlerinin iki katı, 13. gününde ise 5 katı değere ulaşmıştır.

2.3.8 Sıcaklığın lipid peroksidasyonuna etkisi

Membran akışkanlığındaki azalma ve lipid-faz ayrımı olgunlaşma, yaşlanma veya soğuk zararlanması sonucu oluşmakta ve hücre membranlarının fiziksel bariyer özellikleriyle enzimatik aktivitelerini olumsuz etkilemektedir. Lipidlerdeki değişim; lipid peroksidasyonu ve desatürasyonda (doymuş bileşiğin doymamış bileşik haline dönüşmesi) azalma sonucu, doymamış gliserolipid yağ asitlerinde azalma, fosfolipid ve glikolipid (GL) içeriğinde ve oranlarında değişim, peroksidasyon ürünleri ve lipid katabolitlerin birikimiyle sterol lipidlerinin kompozisyon ve konjugasyonlarında değişimleri içermektedir (Parkin ve diğ, 1989)

Fosfolipidlerin temel bileşenlerinden olan yağ asitlerinin kimyasal yapısındaki değişim membranları da etkilemektedir. Esterleşmemiş yağ asitleri peroksidasyon reaksiyonunun sübstratı olup, hasat sonrası bozulmaların hızlanmasına neden olmaktadır. Meyvelerin olgunlaşması ve yaşlanmasında membran yağlarının açil gruplarında kalitatif değişiklikler olmaktadır (Knowles ve diğ., 2001). Kavunda doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranının olgunlaşmayla birlikte arttığı gözlenmiştir (Lester ve Stein 1993). Yağ asitlerinde olgunlaşmayla birlikte benzer değişim elmalarda da tespit edilmiştir (Lurie ve Ben-Arie, 1983).

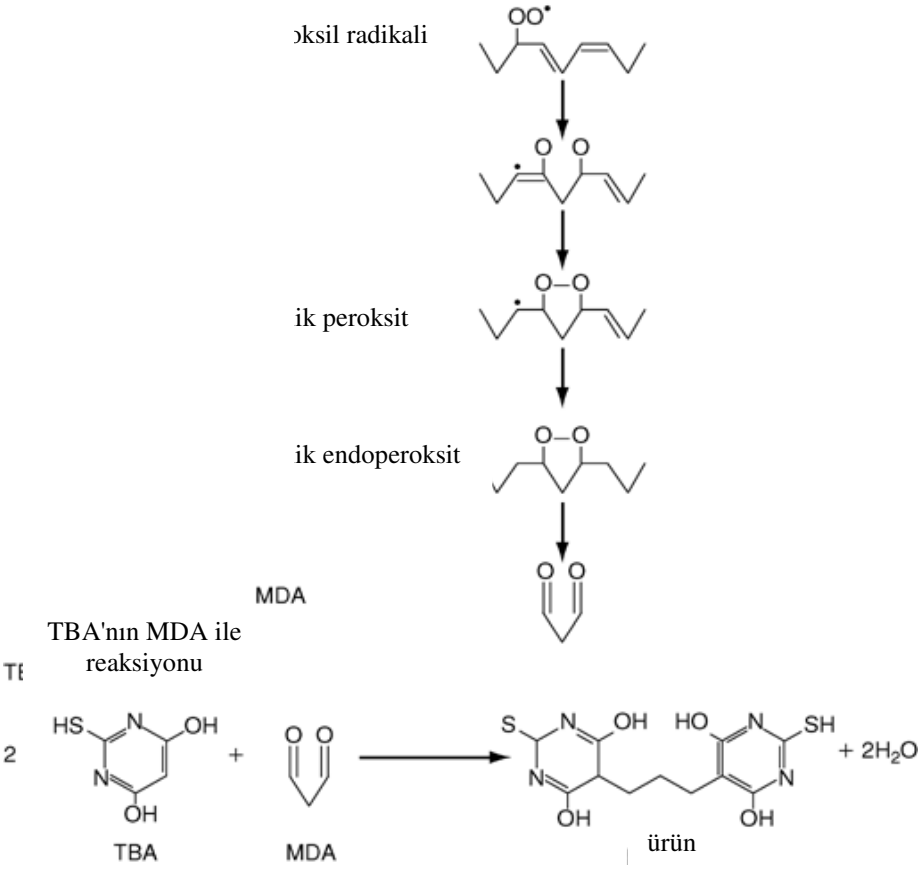
Soğuk zararlanmasında ilk değişim membran yağ asitlerinin sıvı-kristal fazdan katı-jel fazına geçmesidir (Boonsiri ve diğ., 2007, Marangoni ve diğ., 1996). Membran

lipidleri lipoksigenaz (LOX) gibi enzimler tarafından indirgenebilir. Düşük sıcaklıklar serbest radikal üretimini tetikler, reaktif oksijen (oksijen serbest radikalleri ve hidrojen peroksit) lipid peroksidasyonuyla hücre fonksiyonlarının kaybına katkıda bulunur. Membrandaki parçalanmanın derecesi tiyobarbiturik asit (TBA) ile belirlenir. TBA malondialdehit gibi lipid degradasyon bileşikleriyle reaksiyona girer. TBA sıklıkla soğuk zararlanmasının ölçümü olarak kullanılmaktadır (Davey ve diğ., 2005, Janero, 1990). Bitkiler reaktif oksijenlerden askorbik asit, katalaz (CAT); glütation reduktaz (GR), askorbat peroksidaz (APX) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan bileşiklerle korunurlar (Inze ve Van Montagu, 1995).

Membranların kimyasal yapısı özellikle yağ asitleri kompozisyonu hangi sıcaklıkta jel fazından sıvı kristal fazına geçişin olacağını belirler (Wongshereea ve diğ., 2009). Bu faz geçişi membranın yarı geçirgenliğindeki kayıplara ve hücre bölmelerinde ayrıma yol açar. Soğuk zararlanmasına hassas çeşitlerde lipid degradasyonunun daha çok olduğu belirlenmiştir. Lipidlerin bozunmasının bir kısmından soğuk zararlanmasında aktive olan lipoksigenaz (LOX) sorumludur. Bitkilerde en fazla görülen LOX linoleik ve linolenik asittir. Bu çoklu doymamış yağ asitlerinin degradasyonu peroksit iyonlarına ve malondialdehit'e (MDA) yol açmaktadır. MDA birikimi genellikle soğuk zararlanmasının göstergesi olarak düşünülmektedir. Soğuk zararlanması aynı zamanda katalaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin de düşük aktivitesiyle ilişkilendirilmektedir. Soğuk zararlanması sonrası oluşan kararmalara peroksidaz veya kateşol oksidazın yol açtığı düşünülebilir. Peroksidazlar serbest fenolik veya kuinonları sübstrat olarak kullanarak, hidrojen peroksit oluşumuyla kararma reaksiyonlarını katalize etmektedir. Kateşol oksidaz (polifenol oksidaz) da peroksidazlar aracılığıyla oluşan kararmaları artırmakta, ayrıca fenolik bileşikleri sübstrat olarak kullanmaktadır. Enzimin aktivitelerinin soğuk zararlanması belirtileriyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun ikincil son ürünü olan malondialdehit (MDA)'in oluşumu yağların peroksidasyonu için güzel bir gösterge olarak nitelendirilmektedir (Hodges ve diğ., 1999). MDA'yi ölçmek için yaygın olarak kullanılan method tiyobarbiturik asit-reaktif maddeler (TBARS) içeren deney olarak adlandırılmakta ve tiyobarbiturik asitle (TBA) reaksiyon sonucu absorbansın 532 nm'de belirlenmesine dayanmaktadır (Şekil 2.2). MDA iki molekül TBA ile

reaksiyona girerek absorbansı 532 nm'de maksimum olan pembe-kırmızı bir renk oluşturmaktadır. Basit, ucuz ve büyük miktarda örneğin hızlı olarak taranabileceği bir yöntem olması nedeniyle popüler bir yöntemdir. Ancak pek çok ürün 532 nm'de absorblayan başka maddeler içermekte ve MDA'in olduğundan fazla tahmin edilmesine yol açmaktadır. Bu nedenle özellikle karbonhidrat içeren elma gibi ürünlerde sukroz, glukoz ve fruktoz gibi maddelerin MDA ölçümünü etkilememesi için şeker absorbansının maksimum olduğu 440 nm'deki değerler 532 nm'deki değerlerden çıkarılmıştır (Du ve Bramlage, 1992; Hodges ve diğ., 1999). Karbonhidratlar dışında dokulardaki fenilpropanoid tipi pigmentler (antosiyanin gibi flavonoidler) 532 nm'deki absorbans değerine etki ederek MDA'nın fazla hesaplanmasına neden olabilmektedir (Stafford, 1994). MDA olmayan bu maddelerin hesaplamada uzaklaştırılması dokulardaki yağların peroksidasyonunun daha net olarak tahmin edilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle MDA dışındaki maddelerin çıkarılması hesaplamada 532 nm'deki TBA içermeyen doku ekstraktının absorbansının TBA içeren doku ekstraktındaki absorbansdan çıkarılmasıyla sağlanmaktadır.



Şekil 2.2: Malondialdehit ile tiyobarbiturik asit reaksiyonu (Url-1).

Tonoplasttaki doymamış fosfolipidlerin yaşlanma veya strese tepki olarak yıkımı sonucu yağ asitlerinde peroksidasyonun başladığı varsayılmaktadır. Soğuk zararlanmasıyla birlikte salatalıklarda yağ peroksidasyonunda artış gözlenmiştir (Hariyadi ve Parkin, 1993). Soğuk zararlanmasına uğrayan salatalıklarda yağlarda peroksidasyon muhafazanın 12-13. gününde ortaya çıkmaktadır (Kuo ve Parkin, 1989). Muhafaza sıcaklığı yağ peroksidasyonunda önemli bir faktör olup, az işlenmiş salatalıklarda 4°C'de muhafaza peroksidasyonda artışa neden olmuştur (Karakaş ve Yıldız, 2007). Muhafazanın 10. gününde peroksidasyon soğuk zararlanmasına uğramış dokularda 6 kattan fazla artmıştır.

2.4 Soğuk Zararlanmasına Karşı Hassasiyeti Etkileyen Faktörler

Soğukta muhafaza için kritik sıcaklık meyve ve sebze türüne göre değişmektedir. Soğuğa karşı hassas muz gibi tropik ürünlerde bu sıcaklık 12°C'yken soğuğa dayanıklı elma gibi ürünlerde muhafaza sıcaklığı çeşide bağlı olmakla birlikte 0°C'ye kadar inebilmektedir. Bazı meyve ve sebzelerin soğuğa dayanabileceği en az sıcaklık ve sonrasında oluşabilen zararlanmalar Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

Ürünün menşei, genetik yapısı, olgunluk derecesi, dokunun metabolik yapısı, sıcaklık, ışık, bağıl nem ve ortam atmosferinin kompozisyonu gibi pek çok faktör meyve ve sebzelerin soğuğa karşı hassasiyetini etkilemektedir. Soğuğa hassas ürünlerin dayanabileceği kritik sıcaklık olgunluk derecesine bağlı olarak değişmektedir. Avokado, mango, papaya, tatlı kavun ve domatesler tam olgun olmadıklarında soğuk zararlanmasına daha hassastırlar. Düşük sıcaklıklara maruz kalan dokunun kimyasal kompozisyonu ve metabolik durumu zararlanmaya dayanımını etkilemektedir. Soğuğa dayanıklı ürünler daha fazla doymamış yağ asitleri oranına sahiptir (Mohammed ve Brecht, 2003; Wang, 2010). Benzer sonuçlar indirgen şeker ve prolin değerinin yüksek olması durumunda da görülmektedir.

Sıcaklık, ışık ve bağıl nem soğuk zararlanmasını etkileyen diğer faktörlerdir. Işık bazı durumlarda soğuk zararlanmasını arttırabilir. Fotosistem II (membran thylakoid'de bulunan, fotosentezin oluşması için gerekli elektronları sağlayan, ışığa bağlı reaksiyonlardaki ilk protein bileşiği) içinde yer alan proteinlerin soğuk zararlanmasıyla birlikte artan yapısal değişimleri, ışığın neden olduğu birincil zararlanmadır. Soğuk zararlanmasının belirtileri düşük bağıl nem ortamında daha belirgin olmaktadır (Wang, 2010).

Çizelge 2.1: Meyve ve sebzelerde görülen soğuk zararlanma belirtileri ve izin verilen en az sıcaklıklar (R. E. Harderburg ve diğ., 1986).

Sıcaklık aralığı (°C)	**Meyve-sebze**	**En düşük sıcaklık (°C)**	**Soğuk zararlanması belirtileri**
A (0–5)	Elma	2–3	İç kararması, kahverengi meyve göbeği, yumuşak doku, and soft scald
	Kuşkonmaz	0–2	Soluk, gri-yeşil, yumuşak uç
	Avokado	4,5–13	Meyve etinde gri-kahverengi renk değişimi
	Lima fasulyesi	1–4,5	Kızıl kahverengi alanlar, kabukta çukurlaşma, tanelerde renk kaybı
	Kızılcık	2	Lastik doku, kırmızı meyve eti
	Guava	4,5	Meyve eti zararlanması, çürüme
	Kavun (kantalup)	2–5	Çukurlaşma, yüzeyde çürüme
	Karpuz	4,5	Çukurlaşma, istenmeyen tat
	Portakal	3	Çukurlaşma and brown stain
	Nar	4,5	Çukurlaşma, iç ve dış kararma
	Patates	3	Kızıl kahverengi görünüm, tatlanma
B (6–10)	Salatalık	7	Çukurlaşma, sulu alanlar, çürüme
	Patlıcan	7	Kabukta yanık görünüm, *Alternaria* küfü, tohumlarda kararma, sap kısmında renk kaybı
	Misket limonu	7–9	Çukurlaşma, zamanla kahverengiye dönüşme
	Tatlı kavun	7–10	Kırmızı-kahverengi renk değişimi, çukurlaşma, yüzeyde çürüme, olgunlaşmada sorun
	Bamya	7	Renk kaybı, sulu alanlar, çukurlaşma, çürüme
	Taze zeytin	7	İç kararması
	Papaya	7	Çukurlaşma, olgunlaşmada sorun, kötü koku, çürüme
	Tatlı biber	7	Kabukta çukurlaşma , sap ve tohumlarda *Alternaria* küfü, tohumlarda kararma
	Ananas	7–10	Olgunlaştığında soluk yeşil görünüm
	Balkabağı	10	Çürüme, özellikle *Alternaria* küfü (sert kabuk ve ezik)
	Domates (olgun)	7–10	Sulu görünüm
C (11–20)	Muz (yeşil veya olgun)	11,5–13	Olgunlaştığında donuk renk oluşumu
	Greyfurt	10	Yanık görünümü, çukurlaşma ve sulu alanlar
	Mango	10–13	Kabukta grimsi yanık görünümlü renk kaybı, düzensiz olgunlaşma
	Tatlı patates	13	Çürüme, çukurlaşma, iç kısımda renk kaybı, pişirildiğinde sert meyve göbeği
	Domates	13	Olgunlaştığında yetersiz renk oluşumu, *Alternaria* küfü

Soğuk zararlanmasına hassas olan sebzelerin en düşük güvenilir sıcaklık aralığında muhafaza edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu gruptaki birçok sebze ince kütikül ve epidermal tabaka nedeniyle su kaybına, olgun meyve ve sebzelerden daha çok hassastır. Aynı zamanda mekanik zararlanmalara karşı dayanıksız olan bu ürünlerde kütiküldeki yaralanmalar su kaybını arttırır. Meyve ve sebzelerin büyüklüğü hasat zamanının belirlenmesinde öncelikli bir faktör olup, çeşit bazında farklılıklar olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Çiçekleri açıldıktan 9 gün sonra hasat edilen olgunlaşmamış küçük salatalıklar ticari olarak olgunlaşmış 12 günde hasat edilen büyük salatalıklardan %40 daha fazla depolama ömrüne sahipken, hemen hemen aynı boyuttaki 15 günde hasat edilenlerin depolama ömrü %40 daha azdır (Kanellis ve diğ., 1986).

Hızlı morfolojik ve kompozisyonel değişimler nedeniyle olgunlaşmamış meyve ve sebzelerin hasat süresi 1-2 günle sınırlıdır. Fazla olgunlaşmış ürünlerde sararma, yumuşama ve acı tat oluşumu gibi negatif kalite değişimleri gözlenir. Hasat zamanındaki zararlanmaların en az olması daha sonra görülecek solunumda hızlanma, su kaybı, oksidatif kararma reaksiyonları ve çürüme oranındaki artışların minimize edilmesini sağlar.

Ilıman mevsimde yetiştirilen sebze türlerinde sonbahar aylarında yetiştiriciliğin devam etmesi durumunda, özellikle düşük gece sıcaklıkları nedeniyle kalitelerinde kayıplar oluşmaktadır. Yeşil domatesler tarlada düşük sıcaklığa maruz kalırlarsa hasat sonrası kalitelerini hızla kaybederler. Soğuk zararlanmasına hassas olan domates, kabak, salatalık ve biber gibi ürünler kışın yetiştirildiğinde, yazın yetiştirmeye göre soğuk zararlanmasına daha duyarlıdır. Ayrıca aynı ürün serada yetiştirildiğinde stres koşullarına alıştırılmadığından açıkta yetiştirilenlere oranla soğuk zararlanmasına duyarlılık artmaktadır (Halloran ve diğ., 1996).

2.4.1 Soğuk zararlanmasını önleme yöntemleri

Soğuk zararlanmasını önlemek için ürünlerin kritik sıcaklığın üzerinde muhafaza edilmesi gerekmekle birlikte pek çok ürünün aynı anda muhafazası sırasında her ürüne uygun sıcaklığın sağlanması mümkün değildir. Bu nedenle soğuk zararlanmasını azaltmak için birtakım yöntemler uygulanmaktadır (Skog, 1998). Bu yöntemlerin hepsi tüm ürünlere uygun olmayabilir.

- Ürünün kritik sıcaklığa maruz kaldığı zamanı mümkün olduğunca azaltmak.

- Önişlemler; ürünün yavaş yavaş soğutulması düşük sıcaklıklara uyum sağlamasına yardımcı olabilir.
- Kısa süreli ısıtma; üründe yumuşama ve çürümelerin artmasına yol açabilir.
- Soğuğa dayanıklı tür belirleme.
- Hasat öncesi beslenme; kalsiyum hücre membranlarını stabilize ederek bazı ürünlerde soğuk zararlanmasını azaltabilmektedir.
- Olgunluk derecesi; genellikle daha olgun meyveler; domates, muz ve avakado gibi, soğuk zararlanmasına karşı daha dayanıklıdırlar. Hasat sonrası 1-2 gün olgunlaşan şeftali ve nektarinler düşük sıcaklıklara karşı daha dayanıklıdır.
- Özel muhafaza yöntemleri; bazı meyve ve sebzelerde kontrollü ve modifiye atmosferde muhafaza bitki metabolizmasını yavaşlatarak, soğuk zararlanmasının oluşumunu azaltabilmektedir.
- Diğer yöntemler; hormon veya kimyasalların kullanımı ve UV-C uygulamaları.

Düşük veya yüksek sıcaklıkta koşullandırma, aralıklı ısıtma, kontrollü atmosfer, kimyasal uygulaması, mumlama veya diğer kaplamalar ve ambalajlama soğuk zararlanmasını önlemek için kullanılan yöntemlerdendir (Wang, 2010). İlk üç uygulama depolama koşullarını modifiye etme, diğer yöntemler ise direkt ürün üzerine uygulama esasına dayanmaktadır. Uygulanan belli başlı yöntemler aşağıda kısaca aktarılmıştır.

2.4.1.1 Düşük sıcaklıkta koşullandırma

Soğuk zararlanmasına hassas ürünlerin kritik sıcaklığın biraz üzerindeki değerlerde kısa süreli tutulması bu ürünlerin soğuğa karşı toleransları artırmakta ve soğuk zararlanması belirtilerini geciktirmektedir. Düşük sıcaklıkta koşullandırma birçok fizyolojik ve biyokimyasal modifikasyonlar sonucu düşük sıcaklıklara adaptasyonu sağlamaktadır. Bu modifikasyonlar membran fosfolipidlerindeki kayıpların azalması, şeker, nişasta ve prolinleri (doğal bir amino asit) artırma, poliamin, skualen (triperten hidrokarbon) ve uzun zincirli aldehitlerin yüksek oranlarını koruma ve doymamış:doymuş yağ asitleri oranını artırmadır. Düşük sıcaklıkta koşullandırma salatalık, patlıcan, greyfurt, limon, mango, papaya, tatlı biber, tatlı patates, domates,

kavun ve dolmalık kabakta soğuk zararlanmalarını azaltmada etkilidir olmaktadır (Wang, 2010).

2.4.1.2 Yüksek sıcaklıkta koşullandırma

Taze meyvelerin yüzeyindeki mikroorganizma popülasyonunu azaltmak için ısıl işlemler uygulanabilir. Kimyasal yöntemlerle karşılaştırılınca ısıl işlemlerin avantajı herhangi bir kalıntı bırakmamasıdır. 35ºC'den daha yüksek sıcaklıklarda kısa süreli koşullandırma bazı ürünlerde soğuk zararlanmasını azaltmaktadır. Ürünlerin yüksek sıcaklık stresine maruz kalması sonucu tetiklenen bazı faktörlerin diğer streslere karşı koruma sağladığı öngörülmektedir (Wang, 2010). Yüksek sıcaklık uygulaması sıcak suya daldırma, sıcak hava veya sıcak buhar olarak uygulanmaktadır. Yüksek sıcaklık kesik ve büzüşmelerin iyileşmesini destekler, antifungal bileşikleri artırır, patojen saldırısını önler. Ayrıca ısı-şok proteinlerinde artış, kromatin (hücre çekirdeğinde bulunan DNA ve proteinlerden meydana gelmiş dağınık ve ağsı yapı) yoğuşmasında ve DNA bozulmasında azalmayla oksidatif aktiviteyi bastırmaktadır. Uygun sıcaklık ve sürede uygunlandığı takdirde yüksek sıcaklıkta koşullandırma avokado, narenciye, salatalık, mago, tatlı biber, Trabzon hurması, domates ve dolmalık kabakta soğuk zararlanmasını azaltmaktadır. Uygulama yaklaşık 46-54°C'deki suya 1-4 dakika daldırıp, çıkarma şeklinde yapılmaktadır.

2.4.1.3 Aralıklı ısıtma

Aralıklı ısıtma düşük sıcaklıkta muhafaza sırasında bir veya daha çok kez kısa süreli daha yüksek sıcaklıkların uygulanmasıdır. Soğuk zararlanması geri dönüşümsüz hale gelmeden önce uygulanan aralıklı ısıtmanın, bazı soğuğa hassas ürünlerin raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir. Bu nedenle soğuk zararlanmasının erken belirlenmesi önem taşımaktadır (Buta ve Wang, 1993; Wang ve Baker, 1979).

Soğuk zararlanmasına uğrayan dokuların kısa süreli ısıtılması membran, organel veya metabolik yolda oluşan zararlanmaların onarılmasında yardımcı olmaktadır (Lyons ve Breidenbach, 1987). Sıcaklığın aralıklı olarak yükseltilmesi metabolik aktivitelerin daha yüksek olmasını, bu da dokuların ara ürünlerinin fazla miktarda metabolize edilmesini, böylece oluşan zararlanmaların giderilmesini sağlamaktadır.

Isıtma ve soğutma işlemleri dokularda çoklu doymamış yağ asitlerinin sentezini de artırabilmektedir. Aralıklı ısıtma salatalık, greyfurt, limon, nektarin, şeftali, tatlı

biber, domates ve dolmalık kabakta soğuk zararlanmasını azalttığı belirlenmiştir (Schirra ve diğ., 2004; Wang, 2010).

2.4.1.4 Kontrollü atmosferde depolama

Depolama atmosferindeki oksijen ve karbondioksit miktarlarını değiştirerek, aerobik solunum oranının azaltılması ve mikroorganizma büyüme hızının geciktirilmesi, bazen de oksidatif reaksiyonları inhibe etmek hedeflenmektedir (Karel ve Lund, 2003). Meyve ve sebzelerde maksimum muhafaza ömrünü elde etmek için solunum oranının minimumda tutulması gerekmektedir. Bazı ürünler için muhafaza ortamındaki oksijen oranının azaltılıp, karbondioksit değerinin artmasıyla düşük sıcaklıkta solunum oranı azaltılmaktadır. Ancak oksijen oranı çok düşürüldüğünde anaerobik solunum görülebilmektedir. Anaerobik solunuma geçilmemesi için gereken gaz oranlarının ayarlanması sıcaklık, ürünün olgunluğu ve ürün çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Yüksek karbondioksit oranlarında kötü koku oluşumu, renk değişimi, doku bozulması ve çürüme görülmektedir (Karel ve Lund, 2003).

Kontrollü atmosferde depolama düşük sıcaklıkların ortam atmosferinden daha düşük oranda oksijen ve daha yüksek oranda karbondioksit ile birlikte uygulanmasını içerir. Kontrollü atmosfer uygulamalarında dikkat edilmesi gereken parametreler (Karel ve Lund, 2003).;

-Odanın sızdırmazlığı: hava geçişinin en aza indirildiğinden emin olunması gerekir. Kaçakların fazla olduğu durumlarda depo ortamında istenilen gaz oranlarının sağlanması ve dengelenmesi daha zor olmaktadır.

-Gaz konsantrasyonları; önerilen oranlarda olmalı, belirli zamanlarda depo içi oksijen ve karbondioksit ölçülerek, gerekirse emici veya salıcılarla gaz oranının dengede kalması sağlanmalıdır.

-Sıcaklık: depo içi sıcaklığı kontrol edilmeli, sapmalara ve donma sıcaklıklarının altına inmesine izin verilmemelidir.

-Bağıl nem: %90-95 oranında dengede olmasına dikkat edilmelidir.

-Hava sirkülasyonu: depo sıcaklığının istenilen dereceye ulaşması için yeterli soğutmayı sağlayabilecek, aynı zamanda ortam gazlarını ve sıcaklığı depo içine eşit olarak dağıtabilecek bir hava akımına ihtiyaç bulunmaktadır.

-Uçucu gazların uzaklaştırılması: bazı meyve ve sebzelerde ortamda oluşan etilen ve benzeri gazların uzaklaştırılması gerekir. Bu durumda uygun emicilerin kullanılması gerekir.

Kontrollü atmosferin soğuk zararlanmasını azaltmadaki etkisi ürüne göre değişmektedir. Bazı ürünlerde etkili olan kontrollü atmosfer, bazılarında etkisiz olmakta veya negatif sonuçlar doğurabilmektedir. Kontrol atmosferden yarar sağlayan tropik ve subtropik ürünler avokado, greyfurt, nektarin, bamya, şeftali, ananas, patates, dolmalık kabak örnek olarak verilebilir.

2.4.1.5 Büyüme düzenleyiciler ve doğal ürünler

Büyüme düzenleyiciler dokulardaki birçok biyokimyasal ve fizyolojik prosesleri etkilemektedir. Bu proseslerin modifikasyonu soğuk zararlanması toleransını değiştirebilir. Bazı büyümeyi düzenleyicilerin seviyesi dokuların soğuk zararlanmasına hassasiyetini etkileyebilir (Ismail ve Grierson, 1977).

Absisik asit (ABA) mikrotubular ağı stabilize eder, iyon sızıntısını baskılar, membran fosfolipidlerinin kaybını önler (Rikin ve diğ., 1979). ABA uygulamaları greyfurt ve dolmalık kabakta soğuk zararlanmasını azaltmaktadır.

Poliaminler polikatyonik organik bileşiklerden olup, hücrelerin her yerinde bulunmaktadır. Soğuk zararlanması başlıca poliaminlerden pütresin seviyesini limon, greyfurt, patlıcan ve biber gibi meyvelerde artırmakta, bu da poliaminlerin bitkileri soğuk zararlanmasından membran bütünlüğünü sağlayarak koruduğunu göstermektedir (Valero ve diğ., 2002). Hasat sonrası dışardan uygulanan poliaminler içteki poliamin seviyesini artırarak, soğuk zararlanmasını azaltmaktadır (Kramer ve Wang, 1989). Poliaminlerin soğuk zararlanmasını azaltması antioksidan aktiviteleri ve membranı stabilize edici özelliğiyle bağlantılıdır.

Metil jasmonat doğal olarak birçok gelişmiş bitkide bulunmakta olup, soğuğa hassas ürünlerde ısı-şok proteini, patojenezle ilgili proteinler ve alternatif oksidaz gibi bazı stres proteinlerinin sentezini uyarmaktadır (Ding ve diğ., 2001). Hasat sonrası metil jasmonat uygulamaları avokado, greyfurt, tatlı biber ve dolmalık kabakta soğuk zararlanmasını azaltmıştır (Meir ve diğ., 1996).

2.4.1.6 Kimyasal uygulamaları

Farklı kimyasallar taşıma ve depolama sırasında buhar, sprey veya sıvı formda ambalajın yanında uygulanmaktadır. Bu kimyasallar kolay ve çabuk uygulanmalı, ekonomik olmalı ve ürünlerin kalite, besin değeri ve bütünlüğünde istenmeyen etkilere neden olmamalıdır. Kullanılan belli başlı kimyasallar ve kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir (Karel ve Lund, 2003);

-Mikroorganizmaları ve böcekleri kontrol etmek için kullanılan kimyasallar; klor, asetat, ozon, sülfür dioksit, difenil gibi kimyasallar yaygın olarak meyvelere, bazen de sebzelere uygulanabilir.

-Meyvelerin olgunlaşmasını kontrol etmek için kullanılan kimyasallar; muz, armut ve
diğer bazı meyvelere depolandığı ortama az miktarda etilen verilerek, olgunlaşmaları sağlanır.

-Fizyolojik bozulmaları kontrol etmek için kullanılan kimyasallar; depolama öncesi genellikle ambalajlara uygulanan difenilamin veya etoksikuin ile ambalaja emdirilen mineral yağ elmalardaki yanık görünümü geciktirmektedir. Salatalık ve tatlı biberlere uygulanan etoksikuin ve sodyumbenzoat polar lidiplerdeki yüksek orandaki doymamış yağ asitlerini koruyarak, soğuk zararlanmasını azaltmaktadır (Wang ve Baker, 1979). 1-MCP (1-metilsiklopropen) hücrede etilen reseptörlerini bağlayarak etilen faaliyetini önleyen bir bileşik olup, portakalda etileni inhibe etmiş, avokadoda renk kaybı ve çürümenin azaldığı belirlenmiştir (Pesis ve diğ., 2002; Porat ve diğ., 1999)

-Filizlenmeyi önleyici kimyasallar; fenil karbamat, maleik hidrazit veya nonilalkol buharı soğan, patates ve havuç gibi sebzelerde filizlenmeyi önleyici olarak kullanılır.

-Antioksidanlar; BHA (bütil hidroksianisol), BHT (bütil hidroksianisol) ve L-askorbik asit ilgili ürünler de oksidasyonu önlemek için kullanılmaktadır.

-Koku gidericiler; ozon bazen uçucu bileşiklerin oksidasyonu ve bu bileşikleri zararsız hale getirmek için kullanılmaktadır. Bazı oksidasyon reaksiyonlarını başlattığı için dikkatli uygulanmalıdır. Basit havalandırma ve kokuların emiliminde aktif kömür kullanımı önerilmektedir.

-Renk düzenleyiciler; narenciyelerin olgunlaşmasında ve istenilen rengin eldesinde klorofili parçalamak için yaklaşık 10 ppm oranında etilen kullanılmaktadır.

-Kalsiyum uygulaması; avokado, bamya, şeftali ve domateslerde soğuk zararlanmasının şiddetini azaltmaktadır. Dokulardaki kalsiyum miktarıyla meyve ve sebzelerin soğuğa duyarlılığı arasında bir korelasyon bulunmaktadır. Yapısındaki az miktarda kalsiyumla misket limonu yüksek soğuk zararlanmasına uğramaktadır (Slutzky ve diğ., 1981). Antioksidan ve serbest radikal tutucu özellikteki bazı kimyasalların soğuk zararlanmasını azalttığı belirlenmiştir.

2.4.1.7 Ambalajlama

Meyve ve sebzelerin plastik filmlerle ambalajlanması yüksek bağıl nemin korunmasını sağlar, aynı zamanda ortam atmosferindeki oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarını değiştirir. Dokudaki su kaybının azalması kabuk ve altındaki hürelerin çökmesini, dolayısıyla çukurların oluşmasını önlemektedir. Düşük yoğunluklu filmle ambalajlama salatalıklarda soğuk zararlanmasını hafifletmektedir (Wang ve Qi, 1997). Ambalajlama muz, ananas, limon, domates gibi meyve ve sebzelerde soğuk zararlanmasını geciktirici etkiye sahiptir.

2.4.1.8 Mumlama ve diğer kaplamalar

Bazı meyve ve sebzeler gaz alışverişini sınırlandırmak, su kaybını azaltmak, terlemeyi geciktirmek ve parlak görünüm sağlamak için mumlanmaktadır. Mumla kaplama greyfurt, portakal, ananas, salatalık, olgun yeşil domates, kantalup kavunu ve şalgamda yaygın olarak kullanılmakta, ancak biber, turp, tatlı patates gibi ürünlerde yaygın olarak uygulanmamaktadır.

Hasat sonrası muzlara uygulanan dimetilpolisilokzan, bitkisel yağ, aspir yağı veya mineral yağla soğukla ortaya çıkan kabukaltı kararmaları önlenmektedir. Bu bileşikler antioksidan olarak davranarak, oksidatif zararlanmaları azaltmaktadır (Jones ve diğ., 1978).

2.4.1.9 Genetik modifikasyon

Ürünlerdeki genetik çeşitlilik soğuk zararlanmasına hassas ürünlerin dirençli genler transfer edilerek daha dayanıklı olmasına imkan vermektedir. Örneğin Ekvador ve Peru'da yüksek rakımda yetişen yabani domates ve patatesler soğuk zararlanmasına

genellikle daha düşük rakıma sahip yerlerde yetişen ürünlerden daha az hassastır (Patterson ve Reid, 1990). Bu nedenle yüksek yerlerde yetişen bu yabani ürünlerin soğuğa dirençli gen kaynağı olarak, konvansiyonel yetiştirme veya genetik mühendisliğinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

2.4.1.10 Işınlama

Soğukta muhafaza edilen bazı gıdaların muhafaza süresinin uzatılmasında ışınlama uygulanmaktadır (Karel ve Lund, 2003). Işınlamayla ürünlere gamma, X-ışınları veya yüksek voltajlı elektronlar uygulanarak, zararlı bakteri ve parazitlerin öldürülmesi, filizlenmenin önlenmesi, böylece raf ömrünün uzatılması hedeflenmektedir. Özellikle sebzelerde olgunlaşmayı geciktirici ve mikrorganizmaları uzaklaştırmak amaçlı kullanılmaktadır. Işınlama aynı zamanda iyonlaştırıcı radyasyon olarak da adlandırılmaktadır. Üretilen enerji dalgaları atom ve moleküllerden elektronları uzaklaştırarak, elektriksel olarak yüklü iyonlar haline dönüştürür. İyonlaştırıcı radyasyon hastalık nedeni olan pek çok organizmanın moleküler yapısını bozarak, ölümlerine neden olur.

2.4.1.11 UV uygulaması

Hasat sonrası meyve ve sebzelerin raf ömürlerini uzatmak için kimyasal kullanımı çevreye ve insan sağlığına zarar verme olasılığı nedeniyle tüketiciler tarafından daha az tercih edilmeye başlanmıştır. Kimyasallara alternatif olarak uygulanacak yöntemlerin olgunlaşmayı geciktirici, kalite parametrelerinde değişime neden olmadan zararlanmayı ve fizyolojik bozulmaları kontrol edici etkisinin olması istenmektedir. Soğuğa hassas meyve ve sebzelerde bu alternatif yöntemlerin bulunması daha önemlidir. Çünkü buzdolabında muhafaza bu ürünlerde, özellikle 10-13°C'nin altındaki sıcaklıklar, soğuk zararlanmasına neden olmaktadır. Soğuk zararlanmalarının etkileri modifiye atmosferde saklama, kısa süreli ısıtma ve kimyasal uygulaması gibi yöntemlerle azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle yeni fiziksel teknolojilerin meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömürlerini uzatmadaki etkisi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar arasında UV-C ışını farklı gıdalar üzerinde denenmektedir (Bintsis ve diğ., 2000).

2.5 Soğuğa Hassas Ürünlerden Patlıcan Ve Salatalık

Patlıcan *(Solanum melongena L.*) ve salatalık *(Cucumi sativus L.)* soğuğa karşı hassas olup, olgunlaşmadan hasat edilen ve tüketilen meyve ve sebzeler grubundandır. Yenilebilen kısmı olgunlaşmamış meyvelere salatalık ve baklagiller, sebzelere patlıcan ve bamya ile tatlı mısır verilebilir. Patlıcan, salatalık ve bakla yüksek su oranı ve düşük kaloriye sahiptir (Haytowitz ve Matthews, 1984). Bütün olgunlaşmamış meyve ve sebzeler ılık iklimde yetişmekte olup, yüksek solunum ve yüksek metabolik oran nedeniyle çabuk bozulmaktadır.

Salatalık ve patlıcan gibi soğuk zararlanması hassas meyve ve sebzelerde soğuk zararlanmasının etkileri ölçülürken görsel analiz, soğuk zararlanma indeksi, renk değişimi (yüzey rengi, iç doku kararması, potansiyel oksidasyon), solunum, etilen üretimindeki değişiklikler, elektrolit sızıntısı, pirüvat, yağların peroksidasyonu, yağ asitlerindeki ve hücre membranlarındaki değişimler başlıca takip edilen analizlerdir.

2.5.1 Salatalıklarda soğuk zararlanması ve önleme yöntemleri

Salatalık (Cucumis sativus L) tropik ve subtropik orijinli bir meyve olup, kavun ve kabak gibi *Cucurbitaceae* familyasındandır. Meyveler genellikle olgunlaşmadan yeşilken, çekirdekleri tam büyüyüp, sertleşmeden toplanır. Klimakterik olmayan salatalıklarda hasat sonrası etilen oranındaki artış olgunlaşan ürünlerde hızlı klorofil kaybına neden olur (Saltveit ve McFeeters, 1980). Hasat sonrası salatalıklar soğutma amaçlı olsa bile düşük sıcaklıklara 6 saatten fazla maruz bırakılmamalıdır. Muhafazası için önerilen koşullar 10-12,5°C, %95 bağıl nemdir. Depolama süresi bu koşullarda yaklaşık 14 gün olup, bu süreden sonra görsel kalitede hızlı bir düşüş gözlenmektedir. Muhafaza sıcaklığı 10°C'nin altına düştüğünde 2-3 günde soğuk zararlanması belirtileri gözlenmekte, 15°C'nin üstünde ise hızlı bir sararmayla kalite kayıpları oluşmaktadır.

Salatalıklar soğuk zararlanmasına çok hassas olup, hassasiyetin derecesi çeşide bağlı olarak değişiklik göstermekte olup, zararlanma az olgun meyvelerde daha fazladır (Mohammed ve Brecht, 2003). Soğuk zararlanmasına hassasiyet muhafaza süresi, sıcaklık, çeşit, yetişme koşulları ve muhafaza koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Cabrera ve diğ., 1992). Salatalıklarda soğuk zararlanmasının ilk belirtileri sap kısımlarında kuruma, sulu görünüm ve kabukta çukurlaşmaların oluşmasıdır.

Kabuktaki çukurlaşmanın boyutu bağıl nemle ters orantılıdır. Çukurlaşma ilk soğuk zararlanması belirtisi olup, bunu sulu görünüm, doku çöküntüsü ve buruşmalar takip etmektedir. Genellikle bu belirtiler ürün ortam koşullarına aktarıldığında ortaya çıkmaktadır. Kabukta çukurlaşmalar dışında soğuk zararlanmasına uğrayan salatalıklarda çürümeye karşı hassasiyet, daha yüksek solunum oranı ve etilen üretimi, daha yüksek iyon sızıntısı ve klorofil oranında değişim gözlenmektedir (Cabrera ve diğ., 1992; Hakim ve diğ., 1999). Salatalıkların yüksek bağıl nemde muhafaza edilmesi ve hidrofobik kaplama malzemelerinin uygulanmasıyla su kaybı azaltılarak, benek oluşumu engellenmektedir. Su kaybının belirtileri buruşmuş sap ucu ve pörsümedir. Ezik ve çürümeler ise genellikle uygun olmayan hasat ve taşıma koşullarında oluşmaktadır.

Salatalıklarda 7-10ºC'nin altındaki sıcaklıklarda 3 günden fazla tutulduğunda bozulmanın hızlandığı ve çürümelerin, siyah sulu beneklerin oluştuğu gözlenmiştir (Cabrera ve Saltveit, 1990; Salunkhe ve Desai, 1984). Sıcaklık yükseltildiğinde bu zararlanma çürümelere neden olur. Soğuk zararlanmasında süre önemli bir faktördür; 2 günden daha az süreli düşük sıcaklığa maruz kalmalarda bir zararlanma oluşmayabilir. Sıcaklık ne kadar düşük ve süre ne kadar fazlaysa üründeki zararlanma da o kadar fazla oranda olmaktadır. Ancak gözle görülebilen belirtilerin oluşumu için ürünün tekrar yüksek sıcaklıklara getirilmesi gerekebilir (DeEll, 2004).

Salatalıklarda soğuk zararlanması çalışmaları sırasında ağırlık kaybı belirlenmesi iki günlük örneklemelerle yapılmış, ürünün raf ömrü %7'lik bir ağırlık kaybı olana kadar veya soğuk zararlanması belirtileri (sulu, yarı saydam görünüm) ortaya çıkıncaya kadar geçen süre olarak ifade edilmiştir (Hakim ve diğ., 1999; Kang ve diğ., 2002).

Salatalıklarda etilen üretimi düşük oranda (0,1-1,0 µl/kg.s, 20°C'de) olmakla birlikte etilene karşı hassastır. Salatalıklarda 5µl/L etilen sararmayı ve bozulmaları artırmaktadır. Düşük oksijen ve yüksek karbondioksit etilen hassasiyetini azaltmaktadır (Wang ve Qi, 1997).

Soğuk zararlanması belirtilerini azaltmak ve depolama ömrünü uzatmak için yapılan uygulamalardan kontrollü atmosferde depolamada %3-5 O_2 oranı sararma ve çürümelerde birkaç günlük gecikme sağlamaktadır. Salatalıklara %10'a kadar karbondioksit uygulanabilir, ancak elde edilen fayda düşük oksijenle elde edilenden

daha fazla değildir (Saltveit, 1997). Muhafaza sırasında yüksek bağıl nem oranı yumuşama ve çukurlaşma belirtilerini geciktirmektedir. Kontrollü atmosfer ve yüksek bağıl nem dışında 2-3 günde bir, 12 saatlik ısıtmalar soğuk zararlanmasını azaltmaktadır (Cabrera ve Saltveit, 1990). Salatalıklarda kontrollü atmosferde muhafaza dışında mum veya yağla kaplamayla azalan su kaybı, zararlanmaları azaltarak, daha iyi görünüm sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Hasat sonrası soğuk zararlanmasına uğrayan salatalıklarda gözlenen bakteri ve küf patojenleri Alternaria spp, Didymella siyah küf, Pythium Cottony Leak ve Rhizopus yumuşak küf olarak tanımlanmıştır (Cabrera ve Saltveit, 1990). Ancak bakteri ve küf gelişimi düşük sıcaklıklarda yoğun değildir.

Elektrolit sızıntısı membran geçirgenliğindeki değişimleri belirlemede kullanılmaktadır (Kasim ve Kasim, 2008). Salatalıklarda yüksek oranlardaki elektrolik sızıntısı soğuk zararlanması sonucu oluşan hücre zararlanmasını göstermektedir. Soğuk zararlanması belirtileri zamana bağlı olarak oluşmaktadır; salatalıklarda belirtilerin ortaya çıkması için en az 4°C'de 7 gün depolamanın gerektiği gözlenmiştir (DeEll ve diğ., 2000). Salatalıklarda elektrolik sızıntısı analizi 10°C'de 12 günlük muhafaza sonrası soğuk zararlanması belirtileri ortaya çıkınca ölçülmüştür (Kang ve diğ., 2002). Soğuk zararlanması elektrolit sızıntı değerlerinde ani bir artışa değil, zamana bağlı olarak doku geçirgenliğinde düzenli bir artışa neden olmuştur (Kashyap ve diğ., 2003). Salatalıkların 10°C'deki muhafazasında yapılan çalışmalarda raf ömrü 12 gün olarak belirlenmiş, bu sürenin sonunda üründe ciddi soğuk zararlanması ve elektrolit sızıntısında artış gözlenmiştir (Saltveit, 2002).

Hücre içindeki birçok kimyasal reaksiyonda pirüvat önemli bir ara üründür. Pirüvat glikoneojenez ile karbonhidratlara veya asetil CoA ile yağ asitlerine dönüşür. Glikolizin son ürünü olan pirüvat 1°C'de depolanan salatalıklarda 4°C'dekilere göre daha yüksek oranlarda birikmiştir (Hakim ve diğ., 1999). Bu da 1°C'deki solunum oranının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Glikolizin son ürünü olan pirüvatın 1°C'de depolanan salatalık ve patlıcanlarda 4,5 ve 20°C'de depolananlara göre daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir (Hakim ve diğ., 1999; Tsuchida ve diğ., 1990). Fosfolipidlerin temel bileşenlerinden olan yağ asitlerinin kimyasal yapısındaki değişim membranları da etkilemektedir. Esterleşmemiş yağ asitleri peroksidasyon reaksiyonunun sübstratı olup, hasat sonrası bozulmaların hızlanmasına neden olmaktadır. Meyvelerin olgunlaşması ve yaşlanmasında membran yağlarının açil

gruplarında kalitatif değişiklikler olmaktadır (Knowles ve diğ., 2001). Kavunda doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranının olgunlaşmayla birlikte arttığı gözlenmiştir (Lester and Stein 1993). Yağ asitlerinde olgunlaşmayla birlikte benzer değişim elmalarda da tespit edilmiştir (Lurie and Ben-Arie, 1983).

Soğuk zararlanmasıyla birlikte salatalıklarda yağ peroksidasyonunda artış gözlenmiştir (Hariyadi ve Parkin, 1993). Soğuk zararlanmasına uğrayan salatalıklarda yağlarda peroksidasyon muhafazanın 12-13. gününde ortaya çıkmaktadır (Kuo ve Parkin, 1989). Muhafaza sıcaklığı yağ peroksidasyonunda önemli bir faktör olup, az işlenmiş salatalıklarda 4°C'de muhafaza peroksidasyonda artışa neden olmuştur (Karakaş ve Yıldız, 2007). Muhafazanın 10. gününde peroksidasyon soğuk zararlanmasına uğramış dokularda 6 kattan fazla artmıştır.

Soğuğa hassas olan ve olgunlaşmadan yeşil halde yenilen salatalığın olgunlaşma ve yaşlanma süresince lipid kompozisyonu ve membran fonksiyonlarındaki değişim hakkında çok az bilgi mevcuttur (Whitaker, 2003). Salatalıklar soğuk zararlanmasına neden olmayacak sıcaklıklarda muhafaza edildiğinde su kaybını azaltmak için bağıl nemin yüksek olması gerekir. 15,5°C'de 4 hafta muhafaza edilen salatalıklarda %62 bağıl nem ortamındakiler %93 bağıl nemdekilerden daha fazla su kaybı ve yüksek elektrolit sızıntısı değeriyle daha hızlı bozulmaktadır (Walter ve diğ., 1990). Yüksek karbondioksitte (%60) bekletildiğinde salatalıkların solunum oranının iki katına çıktığı ve etilen üretiminin arttığı belirlenmiştir (Kubo ve diğ., 1990). Başka bir çalışmada yüksek CO_2 oranının salatalıkların mesokarp mitokondrilerinde negatif etkiye yol açarak, NADH oksidasyonunu, malat ve özellikle süksinat (sitrik asit döngüsünde yer alır) oranlarını azalttığı belirlenmiştir (Mathooko ve diğ., 1995). Solunumdaki artışın zararlanmayla bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Yüksek CO_2 uygulamasının salatalıklarda başarılı olmadığı görülmektedir.

Salatalık ve dolmalık biberde olgunlaşmayla birlikte superoksidaz dismutaz (SOD) enziminde değişimler gözlenmiştir (Rabinowitch ve Sklan, 1981). Taze ürün ağırlığı bazında dolmalık biberin perikarpında SOD aktivitesi salatalık mesokarpındakinden (perikarpın orta tabakası) %40 daha fazladır. Ancak çözünen protein bazında karşılaştırıldığında, SOD'nin spesifik aktivitesi salatalık kabuk ve mesokarpında 2,5-3 kat daha fazladır. Salatalık ve dolmalık biberde en düşük SOD aktivitesi olgun yeşil meyvede elde edilmiş olup, olgunlaşmanın biraz artmasıyla birlikte SOD aktivitesi de artmıştır. Bu da zararlı O^-_2 radikallerinin uzaklaştırılmasının meyve

olgun yeşil haldeyken minimum seviyede olduğunu göstermektedir. Ancak SOD ile oluşturulan H_2O_2'nin etkisini gideren katalaz ve peroksidazın aktivitelerinin de incelenmesi gerektiği ifade edilmektedir.

Salatalıkta yapılan çalışmalarda en önemli fosfolipidlerin PC ve PE olduğu ve PC:PE mol oranının 1,3 olduğu belirlenmiştir. Membran sterollerinden serbest steroller (FS), steril glikosid (SG) ve açile edilmiş steril glikosid (ASG) molar bazda 57, 31 ve 12 oranında olup, toplam sterol lipidlerinin (FS+SG+ASG) oranı 0,67 değerindedir (Fishwick ve diğ., 1977). Bu da bazı hücre membranlarının özellikle plazma ve vakuolar (boşluklu) membranların düşük akışkanlığa sahip olduğunu göstermektedir. Eğer fosfolipidlerdeki, özellikle doymamış yağ oranı orta derecede kaybolursa çift tabakalıdaki akışkanlıktaki kayıp membran fonksiyon bozukluğuna neden olmaya yeterlidir. Diğer bir çalışmada olgun yeşil salatalığın kabuğundaki kloroplasttaki galaktolipid (GL) ve PL'in yağ asitleri kompozisyonu incelenmiştir (Whitaker, 1986). Monogalaktosildiaçilgliserol (MGDG) ve digalaktosildiaçilgliserol (DGDG) yüksek oranda 18:3 ve 18:2 içeriğiyle toplam yağ asitlerinin %88 ve %97'sini oluşturmaktadır. Fosfolipidlerde PC ve PE benzer yapıya sahip olup, 16:0 ve 18:2 temel yağ asitlerini oluşturmakta, fakat fosfatidilgliserol (PG) doymuş yağ asitlerinin(16:0 + 18:0) %58'den fazlasını meydana getirmektedir. Bu oran yüksek erime noktasını göstermekte, thylakoid membranda iki tane doymuş yağ asidine sahip PG moleküllerinin düşük sıcaklıkta faz ayrımına neden olduğunu göstermektedir (Murata, 1983). Salatalıklarda lipid peroksidasyonu konusunda yapılan bir çalışmada (Wardale ve Lambert, 1980), gr ürün bazında kabuktaki lipoksigenaz (LOX) aktivitesinin mesokarptakinden iki kat fazla olduğu belirlenmiştir.

Doku değişimleri hücre duvarındaki modifikasyon sonucu oluşmaktadır. Zedelenmiş salatalıklarda hücre duvarındaki hidrolaz poligalakturonaz, pektin metil esteraz ve mesokarp ve karpeldeki ksilanaz aktivitelerinde artış görülmüştür (Miller, 2003). Zedelenen salatalıkların mesokarp hücre duvarının analizinde mannoz ve galaktoz içeriğinde belirgin bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca hücre duvarındaki ramnoz, arabinoz, ve galaktozdaki uronik asit:nötr şeker oranı artışı, pektinin tersiyer yapısındaki değişimlere işaret etmektedir.

Salatalıkta farklı solüsyonlarda bekletme ve aralıklı ısıtma yönteminin soğuk zararlanması üzerine etkisine bakıldığında sodyum benzoat veya etoksikuin soğuk

zararlanmasının şiddetini ve boyutunu azaltmış, ancak 2,5ºC'de muhafazada her 3 günden sonra bir gün 20ºC'de bekletmenin daha etkili olduğu bulunmuştur (Wang ve Baker, 1979). Soğuk zararlanması sırasında 18:3 gliserolipidlerin kontrol ve işlem uygulanmış salatalıklarda arttığı gözlenmiştir. 5 gün soğukta muhafaza ve devamında 10 gün 20°C'de bekletme sonrası 18:3'ün 18:2'ye oranı aralıklı ısıtılan örneklerde kontroldekinden daha düşüktür.

Salatalıkta soğuk zararlanması ve lipid peroksidasyonu bağlantısı hakkında yapılan çalışmada iki farklı tür salatalık kullanılmıştır (Kuo ve Parkin, 1989). Karolina meyvesinde 4°C'de 5-6 gün bekletme sonrası mesokarp dokusundaki elektrolit sızıntısı oranında artış, aynı sürede etilen üretiminde de 4-5 kat artış gözlenmiştir. Elektrolit sızıntısındaki artışın ürün tekrar ortam sıcaklığına getirildiğinde geri dönüşümsüz olması için 10 gün soğukta bekletilmesi gerekmiştir. Etilen üretimi 10-16 günlük soğuk muhafaza sonrası ürün ortama çıkarıldığında büyük oranda artmıştır. Karolina ve Marketmore çeşitlerinin ikisinde de 4ºC'de 8 gün sonra etan oluşumu gözlenmiştir. Bu oluşum Marketmore çeşidinde daha fazla olup, muhafazanın daha sonraki dönemlerinde tekrar artış göstermiştir. Bir hafta veya daha fazla soğukta bekleme sonrası ortama çıkarıldığında görülen etan artışı, 14 gün veya daha fazla soğukta bekletilen Marketmore çeşidi dışında, geçicidir. 14ºC'de bekletilen örneklerin yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişimi iki çeşitte farklılık göstermektedir. Karolina çeşidi 18 günlük süreçte elektrolitte kademeli artış, düşük etilen üretimi göstermiştir. Hemen hemen hiç etan üretimi olmamıştır. Buna karşın Marketmore meyvesi 12 gün elektrolit değerinde artış göstermiş, etilen ve etan üretimi iki kademeli dalgalı artışı 8.gün ve 18.günden sonra göstermiştir.

Soğuk zararlanmasının belirtileri ve lipid içeriğindeki değişimlerin incelendiği çalışmada, salatalıklar (Hybrid C) 3 ve 18 gün 4°C'de muhafaza edildikten sonra, 14°C'de 8 gün bekletilmişlerdir. 3 günlük muhafaza sonrası ortam sıcaklığına alınan ürünlerde soğuk zararlanmasında bir artış gözlenmemiştir. Ancak etan üretimi 4 katına çıkmış, bununla birlikte kabuk doku GL'de doymamış yağ oranında önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. 7 gün 4°C, sonrasında 8 gün 14°C'de bekletme soğuk zararlanması belirtilerinin ortaya çıkması için yeterli olup, bu süreçte fosfolipiddeki doymamış yağ asitlerinde azalma olmuştur. PC ve PF miktarlarında azalma bunu dengeleyecek kadar fosfatidik asitte (PA) artış olmuştur. Bu da sıcaklıktaki değişim sonucu oluşan zararlanmaların fosfolipaz D (PLD) aktivasyonunu sağladığının

göstergesidir. Elektrolit sızıntısındaki artışın soğuk zararlanmasıyla ilişkili olmadığı belirlenmiştir. Muhafaza süresince ilk önce kabuk dokudaki kloroplastlarda lipid peroksidasyonu oluşmuştur, ancak bu noktada soğuk zararlanmasının geri dönüşümlü olduğu görülmüştür. Daha sonraki sürede ortam sıcaklığına getirme peroksidasyonu ve fosfolipidlerdeki enzimatik bozulmayı başlatmış ve sonucunda dokuda zararlanma oluşmuştur. Olgun yeşil domates ve dolmalık biberin aksine, salatalıklarda MGDG ve DGDG düzeylerinde tutarlı bir değişim olmamış, GL peroksidasyonuna rağmen MGDG:DGDG oranı (1,9) değişmemiştir. Başka bir çalışmada 4°C'de bekletilen salatalıklar 13°C'ye aktarılarak, soğuk zararlanmasının kabuk dokusundaki antioksidan durumu ve thylakoid membranlar üzerindeki etkisine bakılmıştır (Hariyadi ve Parkin, 1993). 2 gün sonra kabukta glutatyon (bitki dokusunda oksijen taşıyıcı olarak rol oynayan bileşik cisim) miktarı %30 azalmış, 5-7 gün sonra askorbik asit oranı %35 değerinde düşmüştür. Aynı sürede α-tokoferol miktarında %50 kayıp (2 günde), β-karotende %60 oranında kayıp (5-7 günde) olmuştur. Soğukta muhafaza sonrası tekrar ortam sıcaklığına getirmenin antioksidan seviyesine herhangi bir etkisi olmamış veya biraz azaltmıştır. Thylakoidlerdeki lipofilik antioksidanlardaki kayıpla bağlantılı olarak lipid peroksidasyonun floresan ürünlerinde artış ve GL:PL oranında iki kat azalmayla birlikte GL doymamış yağ asitlerinde az miktarda düşüş olmuştur.

2.5.2 Patlıcanlarda soğuk zararlanması ve önleme yöntemleri

Patlıcan Hindistan, Çin, güney Amerika ve Karayiplerin temel sebzelerindendir. Patlıcan ılıman iklim sebzesi olup, klimakterik olmayan bir sebzedir (Kader, 1992). Solunum hızı düşük-orta, etilen üretimi ise düşük olarak nitelendirilmektedir. Patlıcanlar düşük sıcaklığa domates veya tatlı biberlerden daha duyarlıdır. Markette mor olanları daha yaygın olmakla birlikte yumurta şeklinde olanlar ve daha uzun çeşitleri de mevcuttur. Koyu mor, parlak ve sıkı yapıdaki meyvenin sap kısmı koyu yeşildir. Donuk ve buruşmuş kabukla sap kısmında kararmalar fazla su kaybı ve yaşlanma belirtileridir (Kader, 1992).

Patlıcanlarda hasat zamanını belirlemek oldukça zor olup, deneyim gerektirmektedir. Olgunlaşmamış patlıcanlar koyu mor renginde olup, tamamen olgunlaştığında rengi açılmakta, matlaşmaktadır. Hasat için en uygun zaman bu iki koşulun arasıdır. Patlıcanlarda renkte açılma uç kısımda başlayıp, sap kısmına doğru ilerlemektedir.

Bu renk değişimi ilk başladığında patlıcanların hasat edilmesi gerekmektedir. Meyve olgunlaştıkça yumuşama ve süngerimsi yapı oluşmaktadır. Olgun olmayan patlıcanlara parmakla bastırıldığında izi kalmaktadır. Patlıcanlardaki acı tat ise fazla olgunlaşma veya yetişme sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucu oluşmaktadır (Mohammed ve Brecht, 2003). Hasat sırasında patlıcanlarda herhangi bir fiziksel zararlanma olmamasına ve ambalajlama sırasında saplardaki dikenlerin meyveye zarar vermemesine dikkat edilmelidir. Hasat edilen patlıcanların soğutulmasında suyla soğutma önerilen bir yöntemdir.

Soğuk zararlanmasına hassas olan patlıcanlarda görülen belirtiler çukurlaşma, kabukta kahverengileşme, iç kısımda ve tohumlarda kararmadır (Mohammed ve Brecht, 2003). Patlıcanların soğuğa karşı hassasiyeti çeşit, olgunluk, büyüklük ve hasat zamanına bağlı olarak değişmektedir (Abe ve diğ., 1980). Klimakterik olmayan patlıcanlar 10-12ºC'nin altındaki sıcaklıklarda fizyolojik bozulmalara özellikle benek oluşumu, yanık, çekirdek ve doku kararmasını (daha çok yeşil çanak kısmında) içeren yüzey zararlanmalarına uğrarlar (Fallik ve diğ., 1995; Salunkhe ve Desai, 1984). Concellon ve diğ.'nin 2007 yılında yaptığı çalışmada 0°C'deki muhafazada soğuk zararlanması gözlenirken, 10°C'de herhangi bir zararlanma gözlenmemiştir. Rodrigez ve Chavez'in (2000) çalışmasında ise 3°C'deki muhafaza patlıcanda oyuklara neden olmuştur. Patlıcanların soğuk zararlanmasına karşı direnci tür özelliklerine, olgunluk derecesine ve hasat zamanına bağlı olarak değişmektedir (Esteban ve diğ., 1989).

Düşük sıcaklıkta muhafazada (0–1°C) 4 gün veya daha kısa sürede, 2–5°C aralığında 6 günde, 4°C'de ise 10 günde kabukta çukurlaşmalar gözlenmektedir. Oda sıcaklığında 6 ile 10 gün arasında bekleme sonrası Alternaria küfü ve kabukta yanıklar gözlenmektedir. En az belirti patlıcanlar 10 gün 10°C'de depolandığında oluşmaktadır. Patlıcanların ömrü oda sıcaklığında bekletildiğinde sadece 2-3 gün olup, yumuşama ve buruşmalar belirgindir. 7 veya 14°C'de muhafaza edildiğinde raf ömrü iki haftaya kadar uzatılabilmektedir. 7°C'den düşük sıcaklıklarda soğuk zararlanması görülmektedir (Mohammed ve Brecht, 2003). LDPE (düşük yoğunluklu polietilen) veya HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) ambalaj kullanımıyla ağırlık kaybı azaltılarak, 7°C'de 15 günlük muhafazada daha iyi kalitede ürün elde edilmektedir.

Patlıcanlar su kaybından etkilenmektedir. %3 oranında ağırlık kaybında buruşma belirtileri gözlenmektedir (Gull, 1981). Hasat sonrası soğutma ve yüksek bağıl nemde (%90-95) muhafaza ağırlık kaybını azaltmaktadır. Patlıcanların şrink filmle kaplanması içerde yüksek bağıl nemin hapsedilmesiyle ağırlık kaybını azaltmaktadır (Gull, 1981). Polietilen ambalaj veya karton kutularda paketleme ile ince tabaka mumlama ağırlık kaybının azaltılması amaçlı kullanılabilir. Patlıcanların 2 gün veya daha fazla süreyle etilene maruz kalması bozulmaları hızlandırarak, parlaklık kaybına ve sonrasında çürümeye neden olmaktadır.

Patlıcanlarda görülen başlıca hastalıklar Alternaria küfü, yumuşak bakteri küfü, Phomopsis küfü ve Rhizopus küfüdür. Alternaria küfü (*Alternaria tenuis*) pek çok kahverengi, içi göçük dairesel beneklerin oluşumuna neden olur. Bu benekler yüzeyde sap kısmı dahil herhangi bir yerde görülebilir. Yüzeydeki küfler zararlanmış bölgelerde büyürler, genellikle koyu gri renkte, kadife görünümlü ve sporla kaplanmışsa zeytin yeşili rengindedir. Lezyonlar meyve etine nüfuz edebilir, bu durumda etkilenen dokularda taba renkli süngerimsi bir görünüm oluşur (Mohammed ve Brecht, 2003). Yumuşak bakteri küfünün sorumlusu *Erwinia carotovora* olup, patlıcanda gri-kahverengi lezyonlarla buruşuk kabuk altında sulu doku görünümü gözlenmektedir. Kabuktaki herhangi bir delikten girerek, ılık, yağmurlu havalarda rahatlıkla çoğalırlar. Toplama ve taşıma sırasında dikkatli olunmalı ve ürünler hızlı olarak 10ºC'ye soğutulmalıdır. Phomopsis küfü *Phomopsis vexans* tarafından oluşmakta daire şeklinde belirgin, açık kahverengi ve içine göçük lezyonlar şeklinde görülmektedir. Kabukta herhangi bir yerden görülebilen bu lezyonlar süngerimsi doku, açık kahverengi renk değişimine yol açmaktadır. Genellikle hasattan önce nemli ve ılık havalarda oluşmaktadır. Küfler genellikle 26-30ºC arasında geliştiği için hasat sonrası 10ºC'ye soğutma küf gelişimini azaltmaktadır (Gull, 1981 ; Mohammed ve Brecht, 2003).

Soğuk zararlanmasının patlıcanlar üzerindeki etkisini belirlemek için 0 ve 10°C'de 13 gün muhafaza edilmiştir. Elektrolit sızıntısı hücre zararlanmasını belirlemek için kullanılan indirekt bir yöntem olup, başlangıç değeri %3,9 olarak hesaplanmıştır. 10°C'deki muhafaza sırasındaki değişim önemsiz olup, 0°C'deki patlıcanlarda zamana bağlı elektrolit değerinde bir artış gözlenmiştir (Concellon ve diğ., 2004). Muhafazanın 6. gününde başlangıç değerlerinin iki katı, 13. gününde ise 5 katı değere ulaşmıştır. İç kararması L değeri ile belirlenmiş, muhafazanın 9. gününde

87'den 78,9'a düşerek, dokularda kararmanın başladığını göstermiştir. 13 günlük muhafaza sonunda 73,9 değerine gerileyerek, ciddi bir kararmanın oluştuğu belirlenmiştir.

Patlıcanlar 0°C'de 6 gün muhafaza edildikten sonra soğuk zararlanmasıyla birlikte hücrede yapısal bozulmalar başlamıştır (Kasim ve Kasim, 2008). Elektron mikroskobuyla yapılan incelemede hücreler arası boşlukların artması, sitoplazmanın plazma membranıyla birlikte hücre duvarından ayrılması gözlenmiştir. Plazma zarının yapısı bozulmamış, ancak sitoplazmada bulunan içi sıvı dolu boşluk olan vakuollerin (tonoplast) bazıları yapısal olarak etkilenmiş, organeller karakteristik görünüşlerini korumuştur (Concellon ve diğ., 2007).

Soğukta muhafazanın patlıcanın kalitesi üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmada 0°C ve 5°C'deki muhafazada soğuk zararlanması 6 ve 8 gün sonra gözlenirken, 10°C'de herhangi bir zararlanma gözlenmemiştir (Concellon ve diğ., 2007). Soğuk zararlanması renk ölçümlerinde kabukta kahverengileşme ve L değerindeki azalmayla da belirlenmiştir. Rodrigez ve Chavez'in (2000) çalışmasında ise 3°C'deki muhafaza patlıcanda oyuklara neden olmuştur. Patlıcanların soğuk zararlanmasına karşı direnci tür özelliklerine, olgunluk derecesine ve hasat zamanına bağlı olarak değişmektedir (Esteban ve diğ., 1989).

Patlıcanlar 10-12ºC'nin altındaki sıcaklıklarda fizyolojik bozulmalara özellikle benek oluşumu, yanık, çekirdek ve doku kararmasını (daha çok yeşil sap kısmında) içeren yüzey zararlanmalarına uğrarlar (Fallik ve diğ., 1995; Salunkhe ve Desai, 1984). Concellon ve arkadaşlarının 2007 yılında yaptığı çalışmada 0°C'deki muhafazada soğuk zararlanması gözlenirken, 10°C'de herhangi bir zararlanma gözlenmemiştir. Rodrigez ve Chavez'in (2000) çalışmasında ise 3°C'deki muhafaza patlıcanda oyuklara neden olmuştur. Patlıcanların soğuk zararlanmasına karşı direnci tür özelliklerine, olgunluk derecesine ve hasat zamanına bağlı olarak değişmektedir (Esteban ve diğ., 1989). Glikolizin son ürünü olan pirüvatın 1°C'de depolanan patlıcanlarda 5 ve 20°C'de depolananlara göre daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir (Tsuchida ve diğ., 1990).

2.6 UV (Ultraviyole) Işınlar

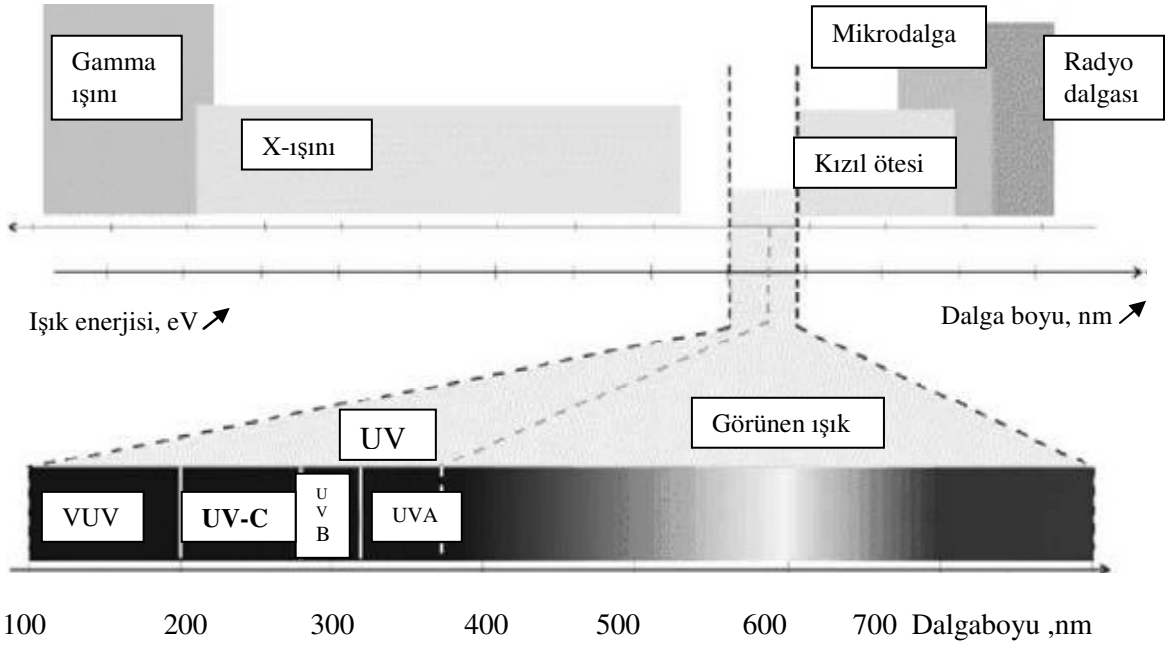
Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve patojenlerle mikroorganizmalara karşı korumak amaçlı kullanılan kimyasal koruyuculara karşı büyüyen bir toplum tepkisi bulunmaktadır. Tüketicilerin daha sağlıklı gıdalara olan talebi karşısında yeni alternatif tekniklere yönelim gerçekleşmektedir. Bu nedenle yeni bir fiziksel bir metot olan ultraviyole (UV) ışık uygulamasına tüketiciler olumlu yaklaşmakta ve gıda sanayinde ısıl olmayan inaktivasyon metotları arasında önem kazanmaktadır. UV ışığı su işlemede, hava dezenfeksiyonunda ve yüzey dekontaminasyonunda yaygın olarak kullanılmakla birlikte gıdadaki uygulamaları sınırlıdır. UV ışık uygulamasındaki bilimsel son gelişmeler bu yöntemin taze meyve suyu, gazoz ve içeceklerdeki geleneksel ısıl işlem uygulamalarına karşı alternatif olarak, ayrıca yenmeye hazır et ürünlerinin kesim sonrası işlemlerinde ve taze meyve, sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında umut veren bir yöntem olarak ortaya çıkacağını göstermektedir.

UV ışınları, ışın yelpazesinde, X ışınları ve görünür ışık arasındadır. UV ışığı genel olarak UV-A (320-400 nm dalga boyu), UV-B (280-320 nm dalga boyu) ve UV-C (200-280 nm dalga boyu) olarak gruplandırılmaktadır (Şekil 2.3). Ozon tabakası UV-C'yi absorblarken UV-A ve UV-B atmosfere ulaşarak, derinin epiderm tabakasıyla reaksiyona girerler. UV-B; güneşe fazla maruz kalındığında deride kızarıklık, soyulma, DNA'da değişiklik ve kanser oluşturabilirken, UV-A daha derinlere nüfuz ederek hem kanser hem de deride erken yaşlanmaya neden olmaktadır (Greenway ve Pratt, 2001). UV-A hücreler tarafından UV-C'ye göre daha az absorblandığı için gıda uygulamalarında çok fazla önem verilmemiştir. Gıda sanayinde uygulamaları genellikle kalite kontrolde, özellikle depolamada sırasında hububat ve kabuklu yemişlerde *Aspergillus flavus* veya *Aspergillus parasiticus* tarafından oluşturulan aflatoksinleri belirlemede kullanılmaktadır. Ayrıca yumurta, et ve balıklarda bozulmaya neden olan *Pseudomonas aeruginosa* ve sularda koliform bakterilerin belirlenmesi analizlerinde UV-A uygulamalarından yararlanılmaktadır (Bintsis ve diğ., 2000). UV-A domateslerde depolama sırasında uygulanmış; domatesler normal renk gelişimini göstermiş ve herhangi bir fizyolojik bozulma görülmemiştir (Maneerat ve diğ., 2003). UV-B uygulamaları ise daha meyve ve sebze hasat edilmeden tarla ve bahçede daha çok incelendiği görülmüştür. Domateslerde UV-B uygulamasının erken olgunlaşma ve daha küçük ürün eldesine yol açtığı belirtilmiştir

(Bacci ve diğ., 1999). Perez ve arkadaşlarının (2009) yaptıkları çalışmada ise domateste hasat öncesi uygulamaların (22 saat, 0,075 Wh/m^2) karotenoid sentezini arttırdığı gözlenmiştir. Elmalarda ise bahçede yapılan uygulamalar kabuk rengi oluşumunu olumlu yönde etkilemiştir (Keiichi ve diğ., 1999).

2.6.1 UV-C (Ultraviyole C) ışınları

Gıda sanayinde, özellikle meyve ve sebzelerin korunumunda en fazla çalışma UV-C uygulamalarıyla ilgilidir. Ultraviyole ışınlaması, UV-C lambaları kullanılarak yapılmaktadır. UV-C lambaları 254 nm'de enerji üreten civa lambalardan üretilmekte olup, elektrik açısından floresan lambalarla aynı olmakla birlikte fosfor kaplaması içermemektedir (Bintsis ve diğ., 2000). UV uygulamalarında istenilen doz; lambanın gücü ve ürünle ışık kaynağı arasındaki uzaklık kullanılarak hesaplanır.



Şekil 2.3 : Elektromagnetik spektrumda UV ışınları (Koutchma ve diğ., 2009).

UV ışığının şiddetini ölçmek için genellikle radyometre, fotometre veya spektroradyometre cihazları kullanılır (Bintsis ve diğ., 2000). UV ışınının yoğunluğu ve dozu aşağıdaki formüllere göre hesaplanır **(2.2 ve 2.3);**

$$\text{UV Doz } (\text{J/m}^2) = \text{UV yoğunluğu } (\text{W/m}^2) \times \text{Etki süresi (s)} \quad \textbf{(2.2)}$$

$$\text{UV Şiddet } (\text{W/m}^2) = \text{Lambanın gücü (W)} \times \text{Yoğunluk faktörü } (1/\text{m}^2) \quad \textbf{(2.3)}$$

UV-C ışınlaması dokuların 50–300 nm'lik bölümüne nüfuz ettiği için genellikle yüzey uygulaması olarak kullanılmaktadır (Jagger, 1965). UV-C ışınlaması gıda

işletmelerinde farklı alanlarda kullanılabilmektedir; gıdayla temasta olan yüzeylerin radyasyonunda, işletme alanı ve gıdaların yıkanmasında kullanılan suyun radyasyonunda, gıda hazırlama alanındaki havanın radyasyonunda (Bintsis ve diğ., 2000). Bu uygulamalarda kullanılan ekipman çok pahalı olmamakla birlikte belli bazı güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Uygulanan UV-C ışını 250-260 nm arasında çoğu mikroorganizma; bakteri, virüs, protozoa, küf, maya ve alg için öldürücüdür (Bintsis ve diğ., 2000). Mikroorganizmalar üzerinde en fazla öldürücü etkisi olan optimum dalga boyu 254 nm'dir (Bintsis ve diğ., 2000). UV-C ışınlarının 0,5-20 kJ/m^2 dozu mikroorganizmaların DNA yapısını dimer oluşturarak değiştirerek, DNA'nın biyolojik aktivitesinin kaybolmasına neden olmaktadır. Ayrıca UV ışınlaması ile meyve yüzeyindeki sporlar öldürülürken, ürün bünyesinde fitoaleksinlerin üretimleri artmaktadır. Fitoaleksinler ise ürünleri daha sonraki enfeksiyonlara karşı korumaktadır. UV-C uygulamasının hasat sonrası hastalıkların azalması ve zararlanmaların geciktirilmesindeki etkisinin, antifungal bileşiklerin birikmesi sonucu, zararlanmalara karşı dirençli dokuların artmasıyla oluşabileceği düşünülmektedir (Erkan ve diğ., 2001b). Bu kapsamda UV-C uygulaması dokularda skoparon ve skopoletin gibi fitoaleksinlerin ve hastalıklarla mücadele eden proteinlerin biyosentezini teşvik etmekte ve fenilalanin amonya-liyaz ve kitinaz enzim aktivitelerini arttırmaktadır (D'hallewing ve diğ, 1999; Green ve Fluhr, 1995; Frietzenheimer ve Kindll, 1981; Lima ve diğ., 2002). Yani UV-C uygulamaları mikroorganizmaları yok ederken aynı zamanda ürünün dayanımını da arttırmaktadır (Bintsis ve diğ., 2000; Caldwell, 1981). Bu nedenle UV-C uygulamasının Amerikan FDA (Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından gıdaların yüzeyindeki mikroorganizmaları kontrol etme amaçlı kullanımı onaylanmış olup, bu uygulama herhangi bir kalıntı bırakmamakta, aynı zamanda güvenlik için çok fazla alet-ekipman gerektirmemektedir (Rhim ve diğ., 1999; Allende ve diğ., 2006).

2.6.2 UV-C ışığının oluşum mekanizması

Işık uzaydaki pek çok elektromagnetik dalgaların spektrumunun bir bölümü olup, elektromagnetik spektrum radyo dalgalarıyla X-ışınları arasındaki geniş bir aralığı kapsamaktadır (Şekil 2.7). UV dalgaboyu 100-400 nm arasında olup; bronzlaşma olarak nitelendirilen insan tenindeki renk değişiminden sorumlu olan UV-A (315-400 nm), deri kanserine kadar yolaçan deri yanıklarına neden olan UV-B (280-315 nm), bakteri ve virüsleri inaktive eden, mikrop öldürücü alan olarak tanımlanan UV-

C (200-280 nm) ve hemen hemen bütün cisimler tarafından absorbe edilen ve bu nedenle sadece vakum altında iletilebilen vakum UV (100-200 nm) olarak alt başlıklara ayrılmaktadır (Koutchma ve diğ., 2009). Kısa UV-C havada birkaç yüz metre içinde hemen hemen tamamen hızlı bir şekilde absorblandığı için doğada neredeyse hiç gözlenmemektedir. UV-C fotonları oksijen atomuyla çarpıştığında enerji değişimi ozon oluşumuna neden olmaktadır.

Atomlar ve iyonlar daha yüksek enerji seviyesinden daha düşük enerji seviyesine geçtiklerinde ışık yayarlar. Atom ve pek çok iyon proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdeğin etrafında belli bir yörüngede dönen elektronlardan oluşmaktadır. Çekirdeğe en yakın elektron en düşük enerji seviyesine sahipken, en dıştaki elektron en yüksek enerji seviyesindedir. Elektronlar yüksek enerji seviyesinden (E_2) düşük enerji seviyesine (E_1) geçince belli bir enerji, ışık fotonları olarak bırakılır **(2.4).** İlk kez Plank tarafından belirlenen formülde her foton belli bir enerji içerir;

$$E = E2 - E1 = hc/\lambda \qquad \textbf{(2.4)}$$

h: Plank katsayısı (6,23 x 10^{-34} Jxs), c: ışık hızı (2,998 x 10^{8} mxs^{-1}), λ : radyasyon dalgaboyu (m). Her bir element kendine özgü tek bir ışık spektrumu yaymaktadır. Eğer enerji seviyeleri arasında fark uygunsa yayılan ışık UV olma özelliği taşır (Koutchma ve diğ., 2009).

Düşük enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine geçmek için bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu da atomun belli bir dalgaboyundaki ışık fotonuyla veya diğer atom, iyon veya elektronlarla çarpışmasıyla olabilir. Atoma transfer edilen enerji atomun kinetik enerjisinde artışa, bu da elektronların daha yüksek enerji seviyesine yükselmesine veya elektronun atomdan ayrılmasına neden olur. Bu olay iyonizasyon olarak adlandırılır ve pozitif yüklü katyonlar, negatif yüklü serbest elektronların oluşumuna neden olur. Serbest elektron ve katyonun yeniden birleşmesi ışık yayılımına yol açabilir. Elektron ve katyon belli bir enerjiye sahip oldukları için, yayılan ışığın dalgaboyu belli bir aralıkta değişebilir. Bu dalgaboyu atomun iyonizasyon enerjisine (E_0) bağlı olup, aynı zamanda elektron ve katyonların sıcaklığına da bağlıdır **(2.5).**

$$\lambda_{max} = h \times c/E_0 \qquad \textbf{(2.5)}$$

Tek bir fotonun enerjisini ifade etmek için joule (J) yerine elektronvolt (eV) kullanılır. Bir eV: elektronun 1V'luk potansiyel farktan geçerken kazandığı enerji olarak tanımlanmaktadır ve $16x10^{-19}$ J değerindedir. Fotokimyasal amaçlar için genellikle foton enerjisi kilokalori/Einstein olarak ifade edilir. 1 Einstein: fotonun Avagadro sayısına eşittir ($6,02x10^{23}$ foton, N_A). Bir Einstein'ın emilimi, absorblayan maddenin 1mol'ünü yükseltebilir **(2.6).**

$$E_E = h \times \frac{c}{\lambda} \times N_A \quad (E_E : \text{enerji/Einstein}) \qquad \textbf{(2.6)}$$

Foton radyasyon enerjisinin en küçük birimi olarak nitelendirilir. Elektromagnetik spektrumda belli dalgaboyu aralığındaki foton enerjileri Çizelge 2.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Elektromagnetik spektrum ve foton enerjileri (Koutchma ve diğ.,2009).

Işın çeşidi	**Dalgaboyu (nm)**	**Foton enerjisi (kj/Einstein)**
Gama ışını	< 0,1	$> 10^6$
X-ışını	0,1-50	$\sim 10^6$-2400
UV ışını	50-400	~2400-300
Vakum	50-200	2400-600
UV-C	200-270	600-440
UV-B	270-330	440-360
UV-A	330-400	360-300
Görünür ışın	400-700	300-170
Kızılötesi	700-10^7	170-0,01
Mikrodalga	10^7-10^8	0,01-0,001
Radyo dalgaları	10^8-10^{13}	0,001-10^{-8}

UV ışığı, görünür ışık ve daha az enerji seviyesindeki radyasyonlar, iyonlaştırmayan radyasyonlar olarak nitelendirilir. Elektronik spektrumdaki X-ışınları ve gamma ışınlarıysa iyonlaştırıcı radyasyonlardır. Diğer iyonize ışınlar iyonlaştırıcı partiküller olan beta, alfa ışınları ve protonlardır. İyonlaştırıcı radyasyon pek çok atom ve molekülü iyonlaştırıcı özelliğe sahiptir. İyonize olmayan ışınsa atom ve moleküllerin elektronik olarak uyarılmasına yol açar.

2.6.2.1 Gaz deşarjı

Yeterli miktarda yüksek voltaj belirli hacimdeki gazdan geçtiğinde oluşan uyarılmış, uyarılmamış atomlar, katyonlar ve serbest elektronlardan oluşan karışım gaz deşarjı olarak nitelendirilir. Gaz deşarjında oluşan ışık yayılımı gaz deşarjının kompozisyonuna ve içerdiği elementlerin uyarma, iyonlaşma ve kinetik enerjilerine bağlıdır. Belli bir voltaj uygulandığında gazdaki serbest elektron ve iyonlar iki elektrot arasında oluşan elektrik alanıyla hızlandırılır. Yeterli miktarda gerilimle (voltaj) elektronlar, yüksek kinetik enerjiye ulaşırlar. Serbest elektronların atomlarla çarpışması sonucu enerji atomlara geçer ve enerji yeterliyse atomlar iyonlaşır. Böylece artan elektron ve katyon sayısı lamba akımında artışa ve lambadaki voltajın düşmesine yol açar.

Elektrodlarla çarpışan katyonlar elektronların yayılmasına neden olur. Yeterli miktarda elektron yayılırsa, kendi kendine devam eden deşarj yani kor haline gelen deşarj oluşur. Akımdaki artışla her bir elektrodun daha fazla bölümü elektron yayar. Bu işlem tüm elektrod kullanılıncaya kadar devam eder. Akımı daha da yükseltmek için katyonlara daha fazla kinetik enerji sağlamak için voltaj arttırılır. Yüksek enerjideki katyonların elektrodlarla çarpışması elektrodun sıcaklığını arttırır. Yeterli miktarda yüksek sıcaklıklarda elektrod elektron yaymaya başlar. Akımın daha da arttırılması voltaj gereksinimini azaltır. Bu proses ark deşarjı olarak adlandırılır.

Genellikle gaz deşarjı için gerekli olan voltaj gazın iyonlaşma potansiyelinden daha yüksektir. Gaz deşarjındaki voltaj akımla ters orantılı olduğu için gaz deşarjı negatif empedansa (alternatif akım direnci, bir elektrik devresinde dalgalı akıma olan direncin ölçüsü) sahip olup, aslında sabit değil, değişkendir. Bu nedenle gaz deşarjıyla seri olarak bağlı bir balast kullanılarak, güç kaynağına pozitif empedans sağlanır.

2.6.2.2 UV ışığın dağılması yayılması

UV lambasındaki gaz deşarjıyla atom ve iyonlarla yayılan UV ışığı bu atom ve iyonlardan uzağa dağılır. UV ışığı dağıldıkça karşılaştığı materyallerle soğurma, yansıma, kırılma ve saçılma yoluyla etkileşime girer. Tüm bu parametreler bakteri veya gıda yüzeyine ulaşan UV ışığının şiddeti ve dalgaboyunu etkiler.

Fotokimyasal reaksiyonlar radyasyon enerjisinin (fotonlar) bir sonucudur. Bu reaksiyonların ilk basamağı fotonların reaktant molekül tarafından soğurulması ve uyarılmış ara ürünlerin oluşmasıdır. Bu uyarılma seviyesi elektronların enerjilerinin foton enerji miktarı kadar artması süresince yani 10^{-8}–10^{-10}s kadar devam eder. Bazı durumlarda ara ürün daha kararlı yapıda başka bir ürüne dönüşebilir. Fotokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için; fotonların bağları kıracak veya yeni bağlar oluşturacak miktarda enerjiye sahip olması ve bu enerjinin reaksiyonları gerçekleştirmesi için absorblanması gerekir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 : Bağ enerjileri ve ilgili dalgaboyları (Blatchley and Peel (2001).

Bağ	**Bağ enerjisi (kj/mol)**	**İlgili dalgaboyu (nm)**
O–H	460	260
C–H	410	290
N–H	390	310
C–O	370	320
C=C	830	140
C=N	850	140
C=O	740	160
C=N	600	200

UV ışığının etkisi uygulanan doza göre belirlendiği için radyasyon miktarının tam ölçülmesi UV deneylerinde çok önem taşımaktadır. Genellikle ölçülen UV radyasyon miktarı ışının dik geldiği birim alanda oluşan enerji olarak verilir. Miktar için kullanılan terimler akım ve akım oranıdır. Akım şiddeti belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışınım gücünün bu belirli alana bölünmesiyle W/m^2 veya mW/cm^2 olarak ifade edilir. UV dozu ise belirli bir alan üzerine tüm yönlerden gelen toplam ışınım enerjisinin bu belirli alana bölünmesidir ve J/m^2 veya mJ/cm^2 birimiyle gösterilir. UV dozunun belirlenmesi için akım şiddeti ölçülmeli ve uygulama süresiyle çarpılmalıdır. UV lambalarında genellikle akım şiddetinin ölçülmesi için kalibreli radyometreler kullanılır. Şiddet UV uygulanacak ürünle aynı mesafeden ölçülmelidir. Bununla birlikte belirlenen şiddet, UV uygulanan örneğin UV ışığının ne kadarını absorbladığını göstermez.

2.6.3 UV-C ile ilgili yasa ve yönetmelikler

Amerika-FDA: Amerikan Gıda ve İlaç Organizasyonu (FDA, Food and Drug Administration) UV ışığını meyve suyu üretiminde kullanılan ısıl pastörizasyon işlemine alternatif bir işlem olarak onaylamıştır (U.S. FDA, 2000). FDA meyve sularındaki patojen ve diğer mikroorganizmaların azaltılmasında UV uygulamasının güvenliğini ve etkinliğini test edip, onaylamış; uygulama sonrası oluşan fotokimyasal değişimlerin toksikolojik bir risk içermediğini belirlemiş, aynı zamanda UV uygulanan meyve sularının piyasadaki işlem görmemiş meyve suları kadar güvenilir olduğunu ifade etmiştir. Patojenlerin azaltılması için gerekli olan UV uygulaması meyve suyunun çeşidi, ilk mikrobiyolojik yük, ışınlama sistemi tasarımı (akış hızı, lamba sayısı, süre vb.) gibi pek çok faktöre bağlı olduğu için FDA uygulanacak minimum ve maksimum dozu belirlememiştir. Bununla birlikte uygulanacak maksimum doz UV ışınlamasının maliyetine ve ürünün organoleptik özelliklerinde (tat ve renk gibi) değişime neden olmayacak oranda ayarlanmalıdır.

AB (Avrupa Birliği) yasaları: AB UV ışığını ışınlama olarak kabul etmektedir. Işınlama işleminin kullanılmasına dair yasalar AB'de tam olarak düzenlenmemiştir. Üye ülkeler hala hangi gıdaların ışınlanabileceği konusunu tartışmaktadır. Gıda ışınlanmasına ancak, teknolojik bir gereklilik olduğunda, önerilen koşullar altında uygulandığında ve sağlık açısından bir risk teşkil etmediğinde, tüketiciye bir faydası olduğunda, iyi tarım ve üretimle sağlık ve hijyen uygulamalarının yerine geçmediği sürece onay verilmektedir (Koutchma ve diğ., 2009).

2.6.4 UV ışın kaynakları

Pek çok UV bazlı dezenfeksiyon sistemlerinde düşük ve orta basınçlı civa lambalar kullanılmaktadır. Civa-buharlı UV lambaları su işleme sistemlerinde yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır. Düşük maliyet, kalite ve yüksek performansları nedeniyle tercih edilmektedir. Sıvı gıda ve içeceklerde UV absorbsiyonu daha fazla olduğu için alternatif lambaların üretimi ve kullanımı gündeme gelmiştir. Gıda işletmelerinde ortama civa yayımı nedeniyle civa içermeyen lambaların geliştirilmesi ve validasyonu çalışmaları hız kazanmıştır.

UV lambaları genel olarak; düşük basınçlı (LP), düşük basınç-yüksek verim (LPHO), ve orta basınçlı (MP) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Koutchma ve diğ., 2009). Bu terimler lamba çalışırken içindeki civanın buhar basıncına göre isimlendirilmişlerdir.

Buhar deşarj lambaları iki tarafı ısıyla kapatılmış silika camından yapılmış UV-gönderici bir tüpten oluşmaktadır. Elektrod her iki uçta da bulunmakta, civa ve inert gaz içermektedir. Lamba dalgalı akımla (AC) çalışmaktadır. Sabit bir akım için balast kullanılmaktadır. Lamba seçiminde en önemli parametreler; çalışma sıcaklığı, elektrik voltajı (W/cm), mikroorganizmalara karşı etkili UV enerjisi (W/cm^2), elektrik akım uzunluğu ve kullanım ömrüdür (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4: UV ışın kaynakları ve özellikleri (Koutchma ve diğ., 2009).

UV ışık kaynağı	**Elektrik verimliliği (%)**	**UV verimliliği (%)**	**UV şiddeti (W/cm2)**	**Lamba yüzey sıcaklığı (°C)**	**Kullanım ömrü (ay)**	**Çıktı spektrumu**
LP (düşük basınçlı)	50	38	0,01	40	18-24	Monokromatik (253,7 nm)
MP (orta basınçlı)	15-30	12	600	400-1000	0,5	Polikromatik (200-300 nm)
Darbeli ksenon	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	Polikromatik
Yüzey deşarj[a]	15–20	17	30,000	n.d.	n.d.	Polikromatik
Eksimer (uyarılmış dimer)	10–35	10–40	n.d.	ortam	> 6	Monokromatik ayarlanabilir
Sparker[a] (kıvılcım tutucu)	n.d.	7	100,000	n.d.	n.d.	Polikromatik

n.d.: veri bulunmamaktadır.

[a] Phoenix Science &Technology, Inc. Tarafından patenti alınıp, ticarileştirilmiştir.

Civa-buharlı lambalar verimliliği yüksek, gelişmiş ürünler olup, birçok uygulamada uzun süreli kullanılabilir. Düşük basınçlı (LP) olanlar montajı ve kullanımı kolay, rahatlıkla bulunabilen, düşük maliyetli lambalardır. Orta basınçlı (MP) lambaların verimliliği yüksek olmakla birlikte polikromatik olup, yüksek sıcaklıklarda çalışmaktadır. Ayrıca kullanım ömrü düşük basınçlı lambalardan daha azdır. Farklı ışık kaynakları kullanılan darbeli ksenon, uyarılmış dimer gibi lambalar gelecek için umut vadedici olmakla birlikte gıda uygulamalarında kullanılmaları için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Koutchma ve diğ., 2009).

2.6.5 UV ışıkla mikrobiyal inaktivasyon – mekanizması

UV ışığı sadece mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek inaktivasyonunu sağlar. Bunu da nükleik asitlerine zarar vererek yapar. Nükleik asitler DNA veya RNA'dan oluşur. Pek çok hücrenin çekirdeği çift sarmallı DNA zincirinden oluşmaktadır. DNA hücrelerdeki metabolik proseslerin sentezinden sorumlu olan ribosomal, transfer ve messenger RNA'ların sentezi için gerekli olan bilgileri taşımaktadır. Virüs ve bakteriofajların genetik bilgileri tek veya çift sarmallı DNA veya RNA'da bulunmaktadır.

DNA ve RNA'lar dört nükleotid içeren uzun polimerlerdir. DNA'da bu nükleotidler; purin, adenin ve guanin, ve pirimidinler, timin ve sitozinken RNA'da purin, adenin guanin nükleotidleri ve urasil ve sitozin pirimidinleridir. Nükleik asitler çift sarmallı bir yapıda olup, bir zincirdekiler diğer zincirdekiyle tamamlanmaktadır. Adenin DNA'da timin, RNA'da ise urasillle eşleşmekte kinin ise sitozinle eşleşmektedir. Eşleşmeler arasında hidrojen bağları bulunmaktadır. Her bir nükleotid şeker fosfat ve azot bazlı iki parçaya bölünebilir.

Nükleik asitler UV ışığını 200-310 nm arasında absorblamaktadır. UV ışığı mikroorganizmların DNA ve RNA yapılarını bozarak, ölümüne neden olmaktadır. Bu da UV'nin pirimidin dimerleri (aynı DNA veya RNA sarmalında bitişik timin ve sitozin pirimidinleri arasında bağ oluşması; UV ışınlarının etkisiyle, iki DNA bazının kovalent bağlarla bir arada tutulmasıyla şekillenen oluşum) oluşturmasıyla açıklanmaktadır. Dimerler mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek inaktive eder, böylece enfeksiyona neden olamazlar.

UV ışını pek çok meyve ve sebzede yüzeydeki başlangıç mikroorganizma yükünü azaltma amaçlı kullanılmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2004; Koutchma ve diğ., 2009; Shama ve Alderson, 2005). UV-C'nin etkin olduğu dozların yanında fazla UV doz uygulamasının üründe zararlanmaya yol açtığı veya mikroorganizma yükünü istenilen oranlarda etkilemediği durumlar da gözlenmiştir. Örneğin, *Botrytis cinerea* kaynaklı çürümeler UV-C uygulamasıyla altıntop portakal, çilek, üzüm ve mangolarda azaltılmıştır (D'hallewing ve diğ. 2000; González-Aguilar ve diğ, 2001a, Marquenie ve diğ., 2003; Nigro ve diğ., 2000; Pan ve diğ., 2004). Mikroorganizma inaktivasyonu için gerekli olan dozun 0,1-1,0kj/m^2 aralığında olduğu ve bu dozun mikroorganizma popülasyonunda 1 log azalma

sağladığı ifade edilmektedir (Shama ve Alderson, 2005). Ayrıca şeftalilerde kahverengi çürümeye yol açan *Monilinia fructicola*, çilekte mandalinalarda ve portakallarda yeşil küfü oluşturan *Penicillium digitatum* ve domatesle tatlı patateslerde Rhizopus yumuşamasına neden olan *Rhizopus stonolifer* mikroorganizmalarının azaltılması amaçlı UV-C uygulamaları mevcuttur (Liu ve diğ., 1993; Rodov ve diğ., 1992; Stevens ve diğ., 1997).

2.6.6 UV uygulamasının gıdaların kalite parametreleri üzerindeki etkileri

UV ışığının gıdaların kalitesi üzerindeki etkisi başlıca iki yöntemle belirlenebilir. Birincisi organoleptik veya koku, tat, tekstür ve görünüş gibi duyusal özelliklerinin eğitimli panelistlerce belirlenmesi, ikincisi ise fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ölçümü; rengin spektrofotometrik ölçümü, pH, vitamin analizi vb. Gıdaların ışığa duyarlılığı değişkenlik göstermektedir. Gıdaların bu ışığa dayanıklı olmasının yanında gıdada etkili olan ışığın şiddeti, ambalajın optik özellikleri, ışığa maruz kalma süresi, gıdadaki oksijen konsantrasyonu ve sıcaklık gibi faktörler de UV uygulamasının gıda kalitesi üzerindeki etkin parametrelerdendir.

2.6.6.1 Organik bileşiklerin fotodegradasyonunun kimyası

Fotokimyasal reaksiyonlar iki türlü başlatılabilir. Direkt olanlarda ışığın fotonunun bir molekül tarafından absorblanması sonucu kimyasal reaksiyon ve değişim gözlenir. Kimyasal reaksiyonun boyutu kuantum verimi ve fotonların akışına bağlıdır. 253,7 nm'deki UV ışığının radyant enerjisi 112,8 kcal/Einstein (1 Einstein 1 mol fotonu gösterir)'dır. Bu dalgaboyundaki ışık absorblandığında O-H, C-C, C-H, C-N, H-N ve S-S bağlarını etkileyebilir.

Işığa duyarlılık olarak adlandırılan ikinci kategoride ise UV ışığı nedeniyle sistemdeki bir bileşenin hareketi reaksiyona neden olan diğer bazı bileşenleri de etkiler. Direkt fotokimyasal reaksiyonlarda oluşan prosesler, ışığın dalgaboyuna (foton enerji) ve absorblayan molekülün yapısına bağlıdır. Fotonu absorblayan molekül elektronik olarak yüksek enerjili seviyeye ulaşarak radikallere ayrılma, moleküler ürünlere ayrışma, izomerizasyon, dimerizasyon ve iyonizasyon gibi fotokimyasal işlemlere uğramaktadır.

En tipik ışığa duyarlılık reaksiyonu fotooksidasyondur. Işığa duyarlı moleküller zemin seviyesinden kısa süreli tekli uyarılmış seviyeye oradan da uzun süreli üçlü

(triplet) düzeye ulaşırlar. Triplet düzeyindeki ışığa duyarlı moleküller hidrojen veya elektron transfer prosesleri (serbest radikal) veya enerji transfer reaksiyonlarıyla tepkimeye girerler. Hidrojen peroksit veya süperoksit anyonları pek çok başka molekülle de reaksiyona girer.

Nükleik asitler 253,7 nm'deki ışığın en güçlü absorlayıcısıdır. Nükleik asit sarmalında sadece pürin ve pirimidin UV ışığı absorblamaktadır. Bu dalgaboyunda sadece yapısında aromatik halka gibi konjuge bağlar bulunan ve disülfit bağları içeren moleküller UV ışığını absorlayabilir. Proteinlerin yapısında bu tür bağlar ancak %10 oranında olduğu için ışığı absorblama oranı da bu seviyededir. Genellikle ışığa hassas olarak nitelendirilen yapılar; karoten, B12, A, B_2, B_{12}, D, E ve K vitamini, folik asit, triptofan ve fosfolidip ve yağlardaki doymamış yağ asidi kalıntılarıdır. Ancak ışığa karşı duyarlılık dalgaboyuna göre değişiklik göstermektedir.

Genel olarak sadece doymamış organik moleküller 220 nm'den daha büyük dalgaboyunda ışığı absorblar. Moleküldeki konjuge zincir uzadıkça maksimum absorblanmanın olduğu dalgaboyu da artmaktadır. Nükleik asit bazları ve aromatik amino asitler gibi aromatik heterosiklik moleküllerin 254 nm'deki absorblaması yoğundur.

Karbonhidratlar genellikle ışığa duyarlı değildir. Tekli (Singlet) oksijen veya hidroksil radikalleri ışığa duyarlı fotoreaksiyonlara neden olarak meyve ve sebzelerdeki yumuşamaya yol açan fotokimyasal depolimerizasyonu başlatabilir.

UV ışığı yağlarda oksidasyona bağlı değişimleri hızlandırabilir. İnsan sağlığı için elzem olan üç amino asit (histidin, fenilalanin ve triptofan) UV ışığıyla bozunur. Kompleks reaksiyonlarda proteinin de bozunmasına dolayısıyla çözünürlük, ısıya hassasiyet, mekanik özellikleri ve proteaz tarafından parçalanması gibi özelliklerinde değişime neden olur.

UV, bitkilerde aktif oksijen üreterek, oksidatif strese neden olmaktadır. UV absorbansıyla birlikte doymamış yağlar fotokimyasal olarak değişime uğramaktadır. Oksidatif zararlanma lipid peroksidasyonla belirlenmektedir. Hidroksil radikal ve tekli (singlet) oksijen lipidlerle reaksiyona girerek, lipid peroksi radikalleri ve hidroperoksit oluşturur (Nasibi ve Kalantari, 2005). Peroksi radikalleri doymamış yağ asitlerinden hidrojeni ayırarak, peroksidasyon zincir reaksiyonuna yol açar.

Membran lipidlerinin peroksidasyonu yapı ve fonksiyonlarında bozulmaya neden olur. TBARS içeriğindeki artış, hücre savunma sistemindeki zayıflama nedeniyle, UV tarafından teşvik edilen oksidatif zararlanmanın açık bir göstergesidir. TBARS (özellikle MDA) değerindeki değişim UV kaynaklı oksidatif stresin ilk belirtisidir.

Lipid peroksidasyonu yaşlanma ve metabolik düzensizlikler süresince oluşmak ve hasat sonrası meyve ve sebzelerin bozulmalarına katkıda bulunmaktadır (Barka ve diğ., 2000). UV ışınlaması aktive edilmiş oksijen üretimiyle fotooksidasyon reaksiyonlarını artırmaktadır. Oluşan serbest radikaller hücre membranları, nükleik asit, hücre duvarı ve enzimlerini hedef alarak, yaşlanmanın hızlanmasına yol açarlar. Bununla birlikte etkin dozda kullanıldığında UV-C fitoaleksin birikimini teşvik eder, patojenle bağlantılı proteinlerin şifrelenmesini sağlayan genleri aktive ederler (Green ve Fluhr, 1995). Bu olay hormesis (zararlı olabilecek stres faktörlerinin düşük seviyelerde kullanılarak faydalı etkilerinin uyarılması) olarak tanımlanmaktadır.

2.6.6.2 Taze meyve ve sebzelerdeki UV uygulamaları ve kaliteye etkileri

UV-C uygulaması pek çok meyve ve sebzede test edilmiş olup, hasat sonrası hastalıkların ve olgunlaşma sonucu oluşan bazı zararlanmaların kontrolünde etkili olduğu gözlenmiştir (Liu ve diğ., 1993; Stevens ve diğ., 2004). Yapılan çalışmalar Çizelge 2.5'de özetlenmiştir. UV uygulamalarının pek çok meyve ve sebzede 0,2-8 kJ/m^2 dozunda etkili olduğu bilinmektedir (Charles, 1998). Düşük dozdaki UV-C uygulamasının elma (Liu ve diğ., 1991), domates (Liu ve diğ., 1993; Maharaj ve diğ., 1999), portakal (D'hallewing ve diğ., 1999), üzüm (Cantos ve diğ., 2001), mango (Gonz´alez-Aguilar ve diğ., 2001a,b) ve şeftalilerde (Gonz´alez-Aguilar ve diğ., 2004a,b) olgunlaşma ve yaşlanmayı geciktirdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Çileklerin hasat sonrası raf ömrünü korumak için UV-C kısa süreli ısıtmayla birlikte uygulanmıştır (Pan ve diğ., 2004). UV-C uygulamasının ayrıca soğan (Allium cepa) (Lu ve diğ., 1987), havuç (Mercier and Arul, 1993), domates (Liu ve diğ., 1993), greyfurt (Vitis vinifera L.) (Porat ve diğ., 1999), üzüm (Nigro ve diğ., 1998), biber (Vicente ve diğ. 2005), şeftali (González-Aguilar ve diğ. 2004b) ve kabakta (Erkan ve diğ., 2001a) zararlanmaları azalttığı ifade edilmiştir. UV-C ışınlamasının sıcak uygulamaları ile kombinasyonu, çileklerde (Marguenie ve diğ. 2003), portakal ve altıntoplarda çürümeleri önlerken aynı zamanda skoparon ve skopoletin gibi

Çizelge 2.5 : Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları.

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz - Uygulama süresi	Uygulama sonucu	Kaynak
Brokoli	Yaşlanmayı geciktirici uygun UV-C işleminin belirlenmesi ve bu işlemin 20ºC'deki muhafaza sırasında klorofil bozulması ve antioksidan seviyesi üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi	4, 7, 10, veya 14 kj/m^2	10 kj/m^2 UV-C doz uygulaması klorofil a ve b bozulmasını geciktirmekle kalmayıp, klorofilaz ve klorofil-peroksidaz aktivitelerini de artırmıştır. UV-C uygulaması brokolide klorofil degradasyonunu, doku zararlanmasını azaltan ve antioksidan kapasitesini koruyan kimyasal olmayan bir yöntem olarak nitelendirilmiştir.	Costa ve diğ., 2006
Brokoli	Sıcaklık ve UV-C uygulamasının 20ºC'de muhafaza sırasında az işlenmiş brokolilerin kalite parametrelerine etkisinin belirlenmesi	5, 8 ve 10 kJm^{-2}	48ºC ve 8 kj/m^2 UV-C doz uygulaması daha iyi yeşil renk ve duyusal kalite korunumu sağladığı için muhafazadaki diğer kalite parametreleri üzerindeki etkileri bu sıcaklık+doz uygulaması seçilerek yapılmıştır.	Lemoine ve diğ., 2008
Cucurbita pepo (bir tür meyveli ağaç)	UV-C'nin etkisi meyvenin dokusundaki mikrobiyal yükün azaltılmasıyla bağlantılı olup, amaç mikrobiyolojik aktivite ve etilenle diğer bileşenlerin üretimleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi	$4,93x10^2$ j/m^2 $4,93x10^3$ j/m^2; $9,86x10^3$ j/m^2 1, 10 ve 20 dak	10-20 dakika UV-C uygulanan ve 10°C'de 12 gün muhafaza edilen meyve dilimlerinin yüzeyinde kırmızı-kahverengi renk değişimleri gözlenmiştir. Kontrol örneklerinden daha yüksek solunum oranı tespit edilmiştir.	Erkan ve diğ., 2001b

Çizelge 2.5 (devam): Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları.

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz – Uygulama süresi	Uygulama sonucu	Kaynak
Patlıcan	Hasat sonrası zararlanmaların kontrolü ve kalitenin korunumu üzerine sıcak su ve UV-C kombinasyonunun etkisinin belirlenmesi	3,6 kj/m^2	UV-C uygulamasını takiben sıcak su işleminin zararlanma kontrolünde daha etkin olduğu belirlenmiştir. En düşük ağırlık kaybı (%0,68) da bu uygulamada gözlenmiştir.	Karasahin ve diğ., 2005
Giant erik	Meyve kalite özelliklerinin korunmasında en iyi etkiyi sağlayacak doz seçimi	5, 10, 20 dak	Genel olarak ağırlık kayıpları ve suda çözünür kuru madde miktarı artmış, meyve eti sertliği ve titre edilebilir asitlik miktarı ise azalmıştır. 35. gün sonunda kalite kayıpları en çok 100 cm 5 dak ve 20 dak UV-C dozu ile kontrol grubunda görülmüş, en iyi sonuçlar ise 50 cm 5 dak ve 10 dak UV-C dozunda belirlenmiştir.	Bal ve Çelik, 2008
'Lollo Rosso' marulu	Mikrobiyolojik gelişimin kontrolü	0,4, 0,81, 2,44, 4,07, ve 8,14 kj/m^2	Tüm UV-C uygulanan dozlar pisikrotrofik bakteri, maya ve koliform gelişimini yavaşlatmış, ancak en yüksek doz uygulandığında büyük farklar gözlenmiştir. Laktik asit bakterilerinin gelişiminin, floradaki diğer mikroorganizmalardaki azalma nedeniyle, uyarıldığı belirlenmiştir. 7 günlük depolama sonrası en yüksek doz uygulaması doku parlaklığını artırmıştır. Kararmalar 2,44, 4,07, ve 8,14 kj/m^2 doz uygulamalarında azalmıştır.	Allende ve Artes, 2003

Çizelge 2.5 (devam): Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları.

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz – Uygulama süresi	Uygulama sonucu	Kaynak
'Red Oak Leaf' marulu	Üç farklı dozun sebze kaynaklı mikroorganizmaların laboratuvar koşullarındaki gelişimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi, ayrıca marulun iki yüzeyine de UV-C uygulandığında mikrobiyolojik yükünü azaltmadaki etkinliğinin belirlenmesi	1,18, 2,37 ve 7,11 kj/m^2	İki taraflı UV-C uygun dozda kullanıldığında doğal mikroflorayı azaltmakta ve az işlenmiş marulların raf ömrünü uzatmada etkin olmuştur. 7,11 kj/m^2 doz uygulaması, 5ºC'de 7 gün depolamada, doku yumuşaması ve kararmaları yavaşlatmıştır.	Allende ve diğ., 2006
Haden Mango	Kısa süreli UV-C uygulamasınında savunma mekanizmasıyla ilgili enzimler ve mangonun hasat sonrası ömrü üzerindeki etkisinin belirlenmesi	2,46 ve 4,93 kj/m^2	UV-C toplam görünüşü daha iyi muhafaza etmiş, zararlanmayı azaltmış ve raf ömrünü artırmıştır. Bu sonuçlar daha yüksek toplam fenol, toplam flavonoid, fenilalanin amonyak-liyaz ve lipoksigenaz seviyeleriyle bağlantılıdır. Mangonun raf ömrünü uzatmada UV-C uygulamasının iyi bir alternatif olduğu belirlenmiştir.	Gonzalez-Aguilar ve diğ., 2007
Şeftali	UV-C'nin zararlanma ve diğer fizyolojik bozulmalarını önlemedeki ve kalite korunumu üzerindeki etkisinin belirlenmesi	3, 5, 10 dak	Soğuk ve küf zararlanmasını azaltmış, daha sert meyve görünümü sağlamıştır. Ağırlık kaybında farklılık gözlenmemiştir. Pütresin 3 veya 5 dakikalık UV-C uygulaması sonrası artmış, spermin ve spermidin seviyelerinde genel olarak UV-C uygulaması sonrasında daha fazla birikme eğilimi belirlenmiştir.	Gonzalez-Aguilar, ve diğ.,2004b

Çizelge 2.5 (devam): Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları.

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz – Uygulama süresi	Uygulama sonucu	Kaynak
Dolmalık Biber	Uygun UV-C işleminin belirlenmesi ve bunun hasat sonrası soğuk zararlanması, çürüme ve meyve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi	7 kj/m^2	UV-C biberin kalitesinin korunumu ve zararlanmaların azaltılmasında faydalı bir yöntem olarak nitelendirilmiştir. Soğuk zararlanması oranı ve şiddeti kısa süreli UV-C uygulamalarıyla azaltılmıştır.	Vicente ve diğ., 2005
Çilek	UV-C, O_3, süperatmosferik O_2 ve CO_2 içeren atmosferlerin çileğin raf ömrü ve sağlık açısından önemli bileşenleri üzerine etkinliğinin belirlenmesi	1, 5, 10 ve 15 kj/m^2	Uygulamalarda fenolik içerik azalmıştır. Farklı uygulamaların birlikte yapılmasının bir artısı olmadığı gözlenmiştir.	Allende ve diğ., 2007
Çilek	UV-C ve sonrasında 45ºC'de, 3 saat ısıl işlem kombinasyonunun kalite parametreleri ve hasat sonrası ömrü üzerine etkisini belirlenmesi	4,1 kj/m^2	İki işlemin birlikte yapılması tek başlarına yapılmalarına göre daha avantajlı olmuştur. Isıl işlem ve iki işlemin bir arada yapılması hue değerini düşürmüş, L* parametresindeki değişimleri geciktirmiştir. Bütün uygulamalar antosiyanin birikimini azaltmıştır. İki işlemin birlikte uygulanması küf kaynaklı bozulmaları azaltmıştır.	Pan ve diğ., 2004

Çizelge 2.5 (devam): Meyve ve sebzelerde UV-C uygulamaları.

Tür	Uygulama amacı	Uygulanan doz – Uygulama süresi	Uygulama sonucu	Kaynak
Domates	UV'nin şeker, toplam çözünen katı madde miktarı, titre edilir asitlik, pH ve duyusal parametreler üzerine etkisinin belirlenmesi	3,7kj//m^2	UV uygulanan meyveler tekstür ve tat olarak kontrolden daha iyi olmakla beraber, genel görünüş ve renk açısından kontrolden daha kötü görünmektedir.	Charles ve diğ., 2005
Domates	UV-C'nin poligalakturonaz (PG) aktivitesi, olgunlaşmayı geciktirme ve Rhizopus çürümeleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi	3,6 kj/m^2 5 dak	UV-C uygulaması sonrası sertlik artarken, PG aktivitesi azalmaktadır. Enzim aktivitesi kontrol örneklerine göre daha azdır.	Stevens ve diğ.,2004
Domates	UV-C (254 nm), kırmızı ışık (610–750 nm) ve güneş ışığının (100–106 nm) domates karotenoidleri ve kalite parametreleri üzerine etkisinin yarı endüstriyel koşullar altında muhafazası süresince belirlenmesi	Toplam günlük enerji uygulaması; 13,7 kj/m^2	Eksocarp likopen birikimi ışık uygulamasıyla artmış, renk, sertlik veya Briks üzerine çok büyük etkileri olmamıştır. Bu da ışık (özellikle kırmızı ve UV-C'nin) uygulamasının karotenoid sentezi ve domatesde hasat sonrası muhafaza süresince karotenoidin birikimi için düzenleyici bir etken olduğunu göstermektedir.	Liu ve diğ., 1993
Salatalık	UV-C'nin soğuk zararlanması ve çürümeleri azaltmadaki etkinliğinin belirlenmesi	3, 5, 10 ve 15 dak	Elektrolit sızıntısı 5°C'de 15 dakika UV-C uygulanan örneklerde muhafazanın 10. gününde diğer örneklerden daha düşüktür. Ağırlık kaybı UV-C uygulanan örneklerde daha fazladır. UV-C uygulaması 5°C'de muhafaza edilen salatalıklarda soğuk zararlanmasını geciktirmede alternatif bir teknik olarak kullanılabilir.	Kasim ve Kasim, 2008

fitoaleksinlerin sentezini arttırmıştır (Ben-Yehoshua, 1992). Buna benzer şekilde UV-C uygulaması ile modifiye atmosfer paketleme uygulamalarının kombinasyonu, minimum işlenmiş marullarda kaliteyi bozmadan mikroorganizma gelişimini önlemiştir (Allende ve Artés, 2003; Allende ve diğ. 2006).

Optimum dozda UV uygulamasının serbest ve bağlı poliamin özellikle pütresin konsantrasyonunu domateslerde arttırdığı tespit edilmiştir (Maharaj ve diğ., 1999). Pütresin seviyesi strese bağlı artış göstermekte, bu da UV uygulamasıyla açıklanmaktadır. Poliaminler azot içeren bileşikler olup, poliamin pütresin spermidin ve sperminin prekürsörü olup, serbest veya fenolik bileşiklere bağlı olarak tüm organizmalarda bulunmaktadır (Shama ve Alderson, 2005). Poliaminler bitkilerde yaşlanmayı geciktirmede rol oynamaktadır; katyonik yapısı nedeniyle negatif yüklü fosfolipidlerle bağlanması sonucu hücre membranlarını ve DNA'yı stabilize eder, serbest radikalleri tutar; etilen üretimini baskılar, RNA ve proteazları inhibe eder (Galston ve Kaur-Sawhney, 1990; Maharaj ve diğ., 1999). Poliaminlerin etilen üretimini baskılaması ACC (1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit), ACC sentaz aktivitelerini ve ACC sentazın yeniden sentezlenmesini inhibe etmesiyle açıklanmaktadır. Methioninin etilene dönüşüm reaksiyonu SAM (S-adenosilmetionin) ve ACC içermektedir (Şekil 2.9). SAM, etilen sentezinde ACC sentazın substratıdır. Aynı zamanda SAM, poliaminlerin sentezinde SAM dekarboksilazın substratı olarak da görev almaktadır. Poliamin konsantrasyonunda azalma yaşlanmayı tetikleyici etkiye neden olmakta, poliaminlerin dışardan uygulanması yaşlanmayı inhibe etmektedir (Serrano ve diğ., 1996; Shama ve Alderson, 2005). Poliamin seviyesi azaldığında yaşlanmanın artması etilen üretiminin artması ve dokuların etilene karşı duyarlılığının artmasıyla açıklanmaktadır (Valero ve diğ., 2002). Ancak etilen ve poliaminler arasındaki ilişki hala tam net olarak belirlenememiştir.

UV-C uygulamasının domateslerde yaşlanmayı geciktirdiği, daha sert ve daha az kırmızı domatesler elde edildiği, UV-C uygulanan domateslerin yüksek seviyede pütresin ve spermin içerdiği belirlenmiştir (Liu ve diğ., 1993; Stevens ve diğ., 1998). Hücre duvarını bozulmasına neden olan enzimlerin (poligalakturonaz, pektin metil ester, selülaz, ksilanaz, β-galaktosidaz ve proteaz) aktivitesinin de UV-C uygulanan domateslerde daha az olduğu görülmüştür (Barka ve diğ., 2000). Fenilalanine amonya liyaz (PAL) aktivitesi UV-C uygulanan şeftali, domates, üzüm ve

narenciyelerde artış göstermiştir (Barka, 2001; Chalutz ve diğ., 1992; Stevens ve diğ., 1998;).

UV uygulamasının diğer bir avantajı çilek ve kırmızı elmalarda antosiyanin değerlerini yükseltmesidir (Baka ve diğ., 1999; Dong ve diğ., 1995). Elmanın kabuğunda antosiyanin birikimi UV-B uygulaması sonucu PAL ve çalkonun yeniden sentezlenmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı değişimin kısa süreli UV-C uygulamasında da görülebileceği ifade edilmektedir. UV uygulamasının yeni hasat edilen elmalarda kontrollü atmosferde 3 ay depolanan elmalardan daha iyi sonuç verdiği de Capdeville ve arkadaşlarının (2002) çalışmalarında belirlenmiştir. Ancak farklı hasat olgunluğundaki meyvelerin UV uygulamasına nasıl cevap vereceği konusunda çok fazla bilgi bulunmamaktadır.

Hasat sonrası bozulma ve çürümeleri azaltmak için patlıcanlarda UV-C (3,6 kj/m^2) sıcak suyla birlikte ve ayrı ayrı uygulanmış ve iki uygulamanın kombinasyonunun bozulmaları geciktirmede daha etkili olduğu gözlenmiştir (Karasahin ve diğ., 2005). Patlıcanlar bu uygulamayla 10°C'de %90-95 bağıl nemde daha uzun süre muhafaza edilebilmiştir. Salatalıklarda muhafaza öncesi 3, 5, 10 ve 15 dakikalık UV-C uygulamalarının 5°C'de 10 günlük muhafaza süresince kalite parametrelerine etkisi incelenmiştir (Kasim ve Kasim, 2008). Elektrolit sızıntısı 15 dakika UV-C uygulanan gıdalarda 10 günlük muhafazanın sonunda daha az bulunmuştur. Yeşil renk UV-C uygulanan örneklerden daha iyi korunmakla birlikte, çok büyük bir farklılık gözlenmemiştir. Ağırlık kaybı 5°C'de 10°C'dekinden daha fazla olup, 5°C'de UV-C uygulanan örneklerde kayıp daha fazla olmuştur (Kasim ve Kasim, 2008). 5 ve 10°C'de 15 gün muhafaza edilen salatalıklardaki ağırlık kaybı değerleri zamanla artmış, düşük sıcaklıktaki kayıplar daha belirgindir (Kasim ve Kasim, 2008). Ağırlık kaybında UV-C uygulanan salatalıkların ağırlık kaybı her iki sıcaklıkta da kontrol örneklerinden daha fazla olup, farklı doz uygulamaları arasında ağırlık kaybı açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Domatesin UV-C uygulanması sonrası 16°C'de muhafazasında ilk 5 günde, K^+ ve Ca^{+2} elektrolitlerinde geçici süreli artış gözlenmiş, bunun sebebi olarak UV-C ışınımının membrandaki lipid çift tabakalılarında oksidasyona neden olması gösterilmektedir (Barka ve diğ., 2000). Ancak 5 gün sonra, elektrolit sızıntısı UV uygulanan örneklerde daha az olup, bu da membran lipidlerinin sentezindeki artışı da

içeren, membran tamir mekanizmasının aktivasyonunu göstermektedir. Diğer bir çalışmada UV-C uygulanan domateslerde kontrole göre yüksek poliamin (özellikle yaşlanma geciktirici ajan olan pütresin) seviyesinin korunduğu ifade edilmektedir (Maharaj ve diğ., 1999). Ayrıca poliaminlerin fonksiyonlarının kalsiyuma benzer bir mekanizmaya sahip olduğu, pektik asit ve diğer polisakkaritlerle katyon halkaları oluşumunu tetiklediği, böylece hidrolaz enzimlerinin hücre duvarına ulaşabilirliğini sınırlandırdığı belirtilmektedir. S-adenozilmetionin (etilen prekursörü) poliamin sentezinde yer aldığı için membrandaki bozukluğa neden olan kalsiyum köprülerinin dağılımında yer alamaz. Bu değerlendirmeler UV-C'nin membrandaki bozuklukları sınırlayıcı faydalı etkileri tetikleyici olduğunu göstermektedir.

Pek çok meyve ve sebzede denenmesine rağmen ülkemizde her mevsim bulunan ve çok miktarda tüketilen salatalık ve patlıcanın kalitesi üzerine UV-C uygulamalarının etkileri konusunda ayrıntılı çalışmalar olmadığı gözlenmiştir. Özellikle de evde buzdolaplarında muhafaza sırasında düşük sıcaklıklarda zararlanmaya uğrayan ve kısa sürede tüketilmesi gereken patlıcan ve salatalığın muhafazası önem taşımaktadır. Ürün kayıplarının çok yüksek olduğu ülkemizde kalite korunumu ve ürün muhafazasını sağlayan yeni uygulamaların geliştirilerek ürünlere adaptasyonu sağlanmalıdır.

2.6.7 UV-C ile ilgili patentler

Daha fazla bilgiye ulaşmak için UV-C uygulamasının gıda raf ömrüne yönelik özellikle soğutmalı dolap içi uygulamaları hakkında patent araştırması yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda bulunan patentlerden, araştırma konusuyla ilgili olabilecek 19 tanesi Çizelge 2.6'da özetlenmiştir. Patent araştırması sonuçlarından çıkarılan bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

- Genel olarak bakıldığında buzdolabında ultraviyole ışığın, buzdolabında muhafaza edilen gıdalar üzerindeki mikroorganizma yükünü azaltmada sterilizasyon amaçlı kullanıldığı gözlenmiştir.
- UV-A ışığı LED (ışık yayan diyot) lambalarla sağlanmış, ancak UV-C lambalar da kullanılmıştır.
- Ultraviyole ışığın bazı patentlerde ozonla birlikte kullanıldığı, bunda da amacın hem ortam havasının hem de gıdanın mikrobiyolojik yükünün azaltılması, havanın temizlenmesi ve kötü kokuların giderilmesi olduğu belirtilmiştir.

- Farklı uygulama olarak UV lambaların yumurtalık bölmesinde ve buz kabı bölmelerinde yine sterilizasyon amaçlı kullanıldığı gözlenmiştir.
- Diğer farklı bir uygulamaysa buzdolabının soğutucu kısmındaki yarı dondurulmuş (-1°C) sıcaklıktaki bölmede ultraviyole lamba kullanılarak balıkların raf ömrünün uzatılması çalışmasıdır.
- Ayrıca sebzelik bölümündeki gıdaların içerdiği tarımsal ilaç kalıntılarının ultraviyole lamba kullanılarak azaltığına dair iki patent mevcuttur.

Patent araştırmalarının sonucunda da özellikle soğutmalı dolapların sebzelik bölümünde uygulanan UV-C ve bunun meyve ve sebzelerin raf ömrü ve kalite parametrelerine etkisi üzerine bir patent olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 2.6: UV ile ilgili patentler ve açıklamaları.

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENTİN KONUSU
JP2007003060 (A)	2007	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	Refrigerator	Kısmi dondurulmuş ürün bölmesinde gıdaların UV-A LED ışık kaynağıyla muhafaza edilmesi
DE19828306 (A1)	1999	BAE RO GMBH & CO KG [DE]	Fresh fruit and vegetables are preserved on a shelf especially a shop shelf	Taze meyve ve sebzelerin marketlerdeki soğutmalı raflarda sergilenmesi sırasında UV-C lambaları kullanımı
CN1502249 (A)	2004	FUZHOU CHAODA MODERN AGRICULTU [CN]	Freshness-retaining method for fruit and vegetable	Kesilmiş meyve ve sebzelerin tazeliğinin korunmasında farklı uygulamalarla birlikte UV-C sterilizasyonu kullanımı
US6477853 (B1)	2002	KHORRAM RAMIN	System for prolonging useful life of foodstuffs in a refrigerator	Buzdolabında gıda bozulmasını geciktirmek için buzdolabı kapandıktan belirli bir zaman sonra devreye giren ultraviyole ışığının uygulanması ve uygulama sırasında buzdolabında alınan önlemler
JP2007285618 (A)	2007	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	Refrigerator	Buzdolabının sebzelik bölümünde muhafaza edilen ürünlerin içerdiği zirai kimyasal maddelerin ultraviyole lambayla azaltılması
JP2007003174 (A)	2007	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	Refrigerator	Ultraviyole dalga boyundaki LED ışık kaynağı kullanılarak, bölmedeki veya depolanan gıdanın yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonuyla buzdolabının muhafaza performansının artırılması
US5901564 (A)	1999	COMEAU, II, RICHARD J	System for prolonging useful life of foodstuffs in a refrigerator	Buzdolabında muhafaza edilen gıdaların dezenfeksiyon edilmesi amacıyla 200-300nm dalga boyunda ultraviyole lamba kullanılması

Çizelge 2.6 (devam): UV ile ilgili patentler ve açıklamaları.

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENTİN KONUSU
EP1887297 (A1)	2008	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]	Refrigerator	Buzdolabının soğutucu kısmında sıcaklığı farklı bir muhafaza bölmesinde ultraviyole ışık veren LED lambası kullanılarak, bölmedeki veya depolanan gıdanın yüzeyindeki mikroorganizmaların inaktivasyonu
CN2422599 (Y)	2001	GAO HONG [CN]	Ultraviolet sterilizer for refrigerator	Buzdolabına yerleştirilen ultraviyole sterilizasyon cihazının gıdalarda kirliliği ve yabancı kokuları önlenmesi
CN2067986 (U)	1990	ZENG ZHAOXIANG [CN]	Refrigerator sterilized fresh-keeping device	Ultraviyole lamba (200-275nm kısa dalga boyunda) ve güç kaynağı içeren sterilizasyon devresiyle ozon üreten, zamanlama ayarlı hava temizleyici devrenin buzdolabının içine yerleştirilmesi
CN2226259 (Y)	1996	FU ZHENG [CN]	Ozone-ultraviolet sterilizing refrigerator	Ozon-ultraviyole sterilizasyon buzdolabınının koku giderme, soğukta muhafaza, sterilizasyon ve gıdadaki bakterileri öldürme özelliklerini taşıması
CN2176521 (Y)	1994	YANG ZHONGJING [CN]	Refrigerator with ultra-violet disinfecting lamp	Buzdolabının soğutma bölmesindeki ultraviyole lambasının gıdaları dezenfekte ve sterilize etmesi
CN2109533 (U)	1992	YANG HAOCHUAN [CN]	Bacteria-free refrigerator	Buzdolabı gövdesine yerleştirilen mikrop öldürücü ultraviyole lambanın gıdalarda bozulmanın önlenmesi, muhafaza ve kötü kokuların uzaklaştırılmasını sağlaması
JP5071863 (A)	1993	MATSUSHITA REFRIGERATION	Refrigerator	Yumurta rafına yakın mikrop öldürücü ultraviyole lambaları yerleştirerek yumurtanın kabuğundaki bakterilerin sterilizasyonu

Çizelge 2.6 (devam): UV ile ilgili patentler ve açıklamaları.

PATENT NUMARASI	BAŞVURU TARİHİ	PATENT SAHİBİ	PATENTİN ADI	PATENTİN KONUSU
CN1423105 (A)	2003	XIANYONG DU [CN]	Vacuum fresh-keeping ultraviolet sterilizing electric refrigerator	Meyve ve sebzelere farklı dalga boylarındaki ultraviyole ışık uygulanarak pestisit gibi zararlı maddelerin kalıntılarını azaltma
CN201174949 (Y)	2009	YUAN WANG [CN]	Ultraviolet lamp foodstuff, vegetable, fruit, medicinal-material pest-control device	Ultraviyole ve ozonla pest eliminasyonu
JP2006046813 (A)	2006	TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO; TOSHIBA CONSUMER MARKETING; TOSHIBA KADEN SEIZO KK	Refrigerator	Buz kabı ve buzluğun ultraviyole LED ışık kaynağıyla etkin sterilizasyonunu sağlayan bir buzdolabı yapma
JP2007098014 (A)	2007	ARAI KOICHI; WATANABE SATOSHI; AXEL KK	Ozone deodorization and sterilization apparatus	Buzdolabı, ayakkabı dolabı, depo vb. yerlerde koku giderme ve sterilizasyonu sağlayan bir düzenek yapma
JP2008164219 (A)	2008	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	Refrigerator	Ultraviyole lamba içeren buzdolabı bölmesinin muhafaza performansının artırılması

3. MATERYAL VE METOTLAR

3.1Materyal

3.1.1 Patlıcan ve salatalık temini

Çalışmadaki patlıcan ve salatalıklar Mango Gıda A.Ş.'den temin edilmiştir. Sera çalışmalarında Antalya'nın Kumluca bölgesinden Nisan-Mayıs 2010 yılı sezonunda gelen patlıcan ve salatalıklar kullanılmıştır. Tarla salatalıklar Antalya'nın Kumluca bölgesinden Haziran ayında, tarla patlıcanlar Adapazarı Pamukova bölgesinden Temmuz ayında temin edilmiştir. Ürünler hasat sonrası bir gün içinde Mango Gıda A.Ş.'ye kamyonlarla götürülmüş, ertesi gün Mango Gıda A.Ş.'den patlıcanlar ve salatalıklar araçla laboratuvara getirilmiştir. Sera ve tarla patlıcanlar 'kemer' çeşidi olup, salatalıklar 'hıyar' çeşididir. Sera ürünlerinde de tarla ürünlerinde olduğu gibi topraklı tarım ve sulama uygulamaları yapılmıştır.

3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar

Analizlerde kullanılan kimyasallardan 2,6 Di-tert-bütil-4-metilfenol (BHT), 2-tiyobarbitürik asit (TBA) ve etanol Merck firmasından, D-Laktik dehidrogenaz, D-mannitol, inert kum, sodyum karbonat, sodyum pirüvat, trikloroasetik asit, trizma (tampon) ve β-Nikotinamid adenin dinükleotid (NADH) Sigma firmasından temin edilmiştir.

3.1.3 Kabin tasarımı ve lamba seçimi

UV-C uygulamasında kullanılan kabin tasarımı Şekil 3.1-2'de verilmiştir. Osram firmasından temin edilen dört adet 11W'lık düşük basınçlı lamba, kabinin alt ve üst kısmına ikişer adet yerleştirilmiştir. Kabinlerin raflarının tamamlanmasıyla birlikte doz ölçüm ve belirleme çalışmaları yapılmıştır. Ürünler, alt ve üstten UV-C uygulanacak, bir raf üzerine konulmuştur. UV-C doz kontrolü lambaların ışın yoğunluğunu ölçen UVX radyometre (UVP, Upland, USA) cihazı kullanılarak kabinin 7 farklı noktasından (1: orta nokta, 2-3: sol ve sağ lambanın altı, 4-7: sağ ve sol ön ve arka köşeler) tekrarlı ölçümlerle yapılmıştır (Şekil 3.3). Lambaların

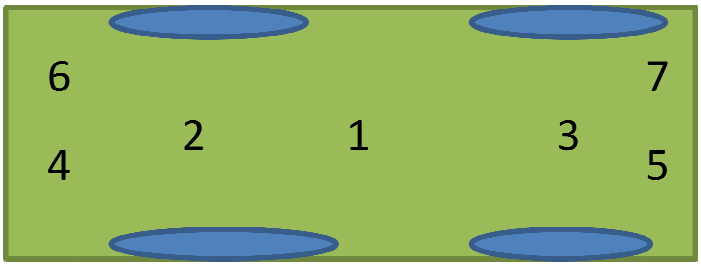
ölçümünde radyometrenin yeri Şekil 3.3'de belirtilen numaralara göre kodlanmıştır (Çizelge 3.1). Farklı lamba ve her lambada tekrarlı ölçümler yapıldıktan sonra ölçüm sonuçlarına göre performansı en iyi olan dört lamba seçilmiştir. Kabin içinde farklı doz UV-C uygulamaları için gerekli olan süre, bu lambaların ortalama şiddetleri üzerinden hesaplanmıştır. Kabin içinde 3, 9 ve 15 kj/m^2 UV-C uygulamaları için örnekler UV-C ışığına maruz kaldıkları raf üzerine yerleştirilerek, alttan ve üstten aynı mesafede, yaklaşık 1, 2,5 ve 4,5 dakikalık sürelerde UV-C uygulanmıştır.



Şekil 3.1 : UV-C uygulanan kabinin dış görünümü.



Şekil 3.2 : Kabinin iç görünümü.



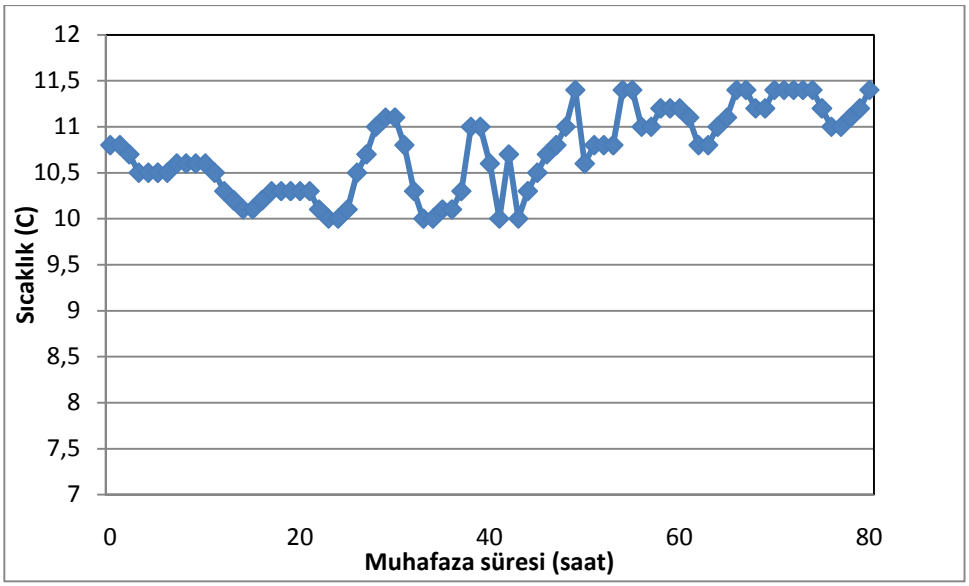
Şekil 3.3 : Kabinlerde UV-C şiddeti ölçümü.

Çizelge 3.1: Lambaların seçimi sırasında yapılan ölçümler (mW/cm^2).

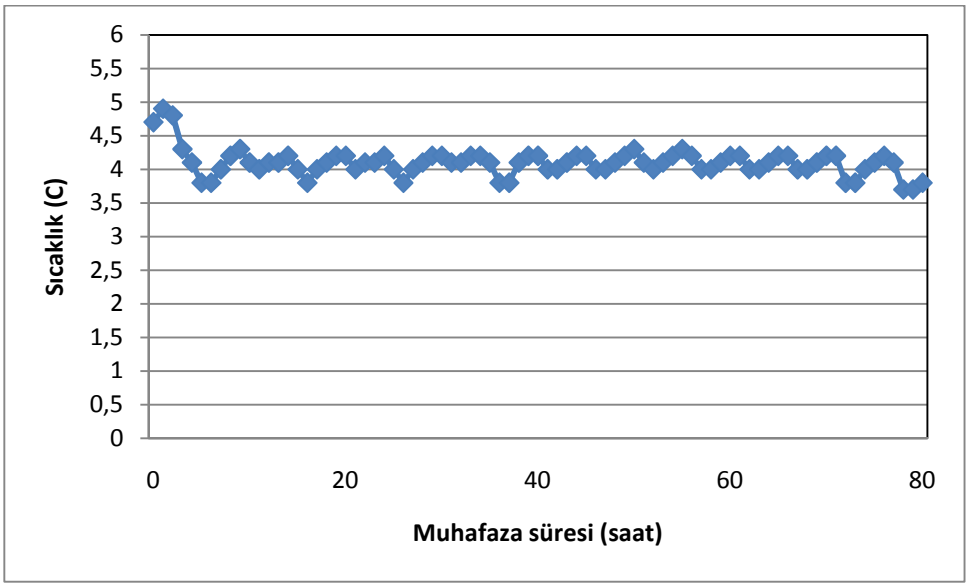
Radyometrenin yeri	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ortalama	Standart sapma
1	3,4	2,9	3,2	3,2	0,3
2	5,1	4,8	4,4	4,8	0,4
3	5,2	4,6	4,9	4,9	0,3
4	7,8	7	6,7	7,2	0,6
5	8	7,9	7,3	7,7	0,4
6	6,7	6,3	6,2	6,4	0,3
7	7,4	6,2	6,7	6,8	0,6

3.1.4 Soğutmalı dolaplar

Ürünlerin yerleştirileceği soğutmalı dolapların 4 ve 10ºC sabit sıcaklıklarda çalışması için algoritmada gerekli ayarlamalar yapılarak, en az salınım olan aralıkta çalışmaları için sıcaklık-bağıl nem ölçümleri Ebro logger EBI TH-20 marka datalogger ile yapılmıştır. Soğutmalı dolapların sıcaklık ve bağıl nem değişimleri Şekil 3.4-3.7'de görülmektedir.

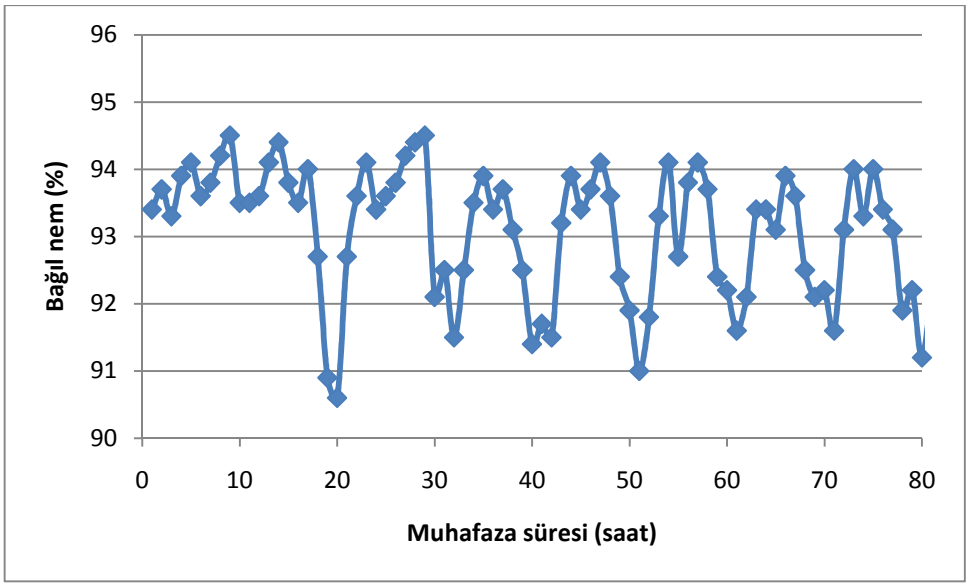


Şekil 3.4 : 10°C soğutmalı dolap sıcaklık profili (ortalama±standart sapma: 10,32±0,43°C).

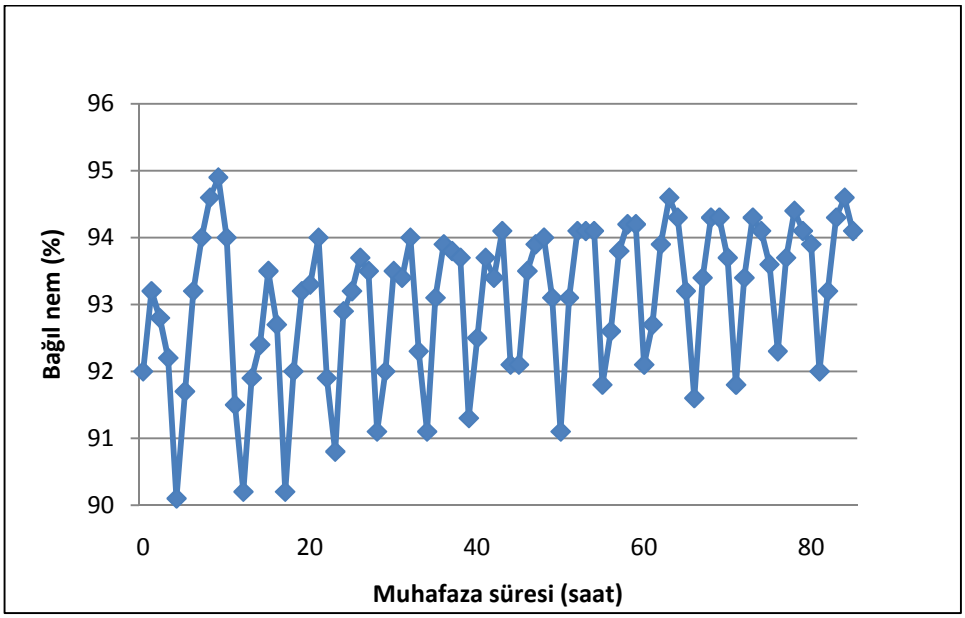


Şekil 3.5 : 4°C soğutmalı dolap sıcaklık profili (ortalama±standart sapma: 4,23±0,36°C).

Soğutmalı dolapların içindeki bağıl nem %90-95 oranında tutulmaya çalışılmış, bu nedenle raflara ıslak süngerler yerleştirilmiştir. Soğutmalı dolaplardaki bağıl nem dağılımı Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.6 : 10°C soğutmalı dolap bağıl nem profili (ortalama±standart sapma: %90,78±3,53).



Şekil 3.7 : 4°C soğutmalı dolap bağıl nem profili (ortalama±standart sapma: %90,78±3,53).

3.2 Metod

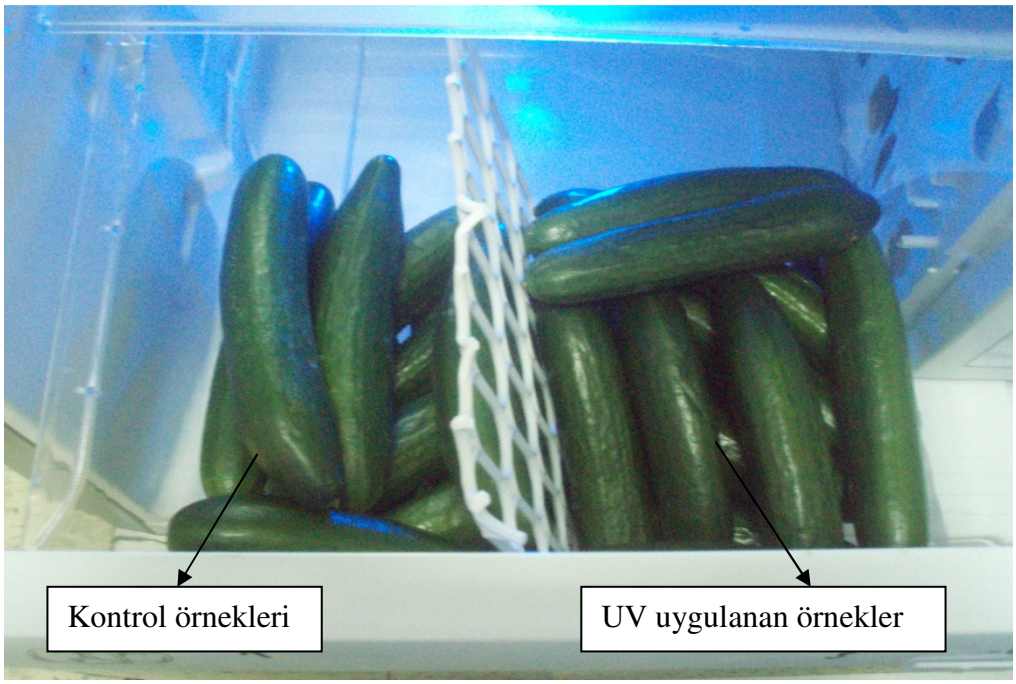
3.2.1 UV-C uygulaması

Laboratuvara getirilen patlıcan ve salatalıklardan ezik, çürük, yaralanmış olanlar ayrıldıktan sonra, akan musluk suyunun altında yıkanmış ve kurulanmıştır. Örneklere daha önce belirlenen UV-C lamba ölçüm değerlerinin ortalaması ve istenilen 3, 9 ve 15kj/m^2 UV-C dozlarında UV-C uygulaması tasarlanan kabin içinde ortam

koşullarında (20ºC) yapılmıştır. Kontrol örneklerine UV-C uygulanmamıştır. Buzdolabı sebzelikleri ortadan bölünerek, kontrol ve UV-C doz uygulanmış örnekler, iki ayrı soğutmalı dolapta 4 ve 10°C sıcaklıklarda depolanmıştır (Şekil 3.8-3.9). Sebzeliklerdeki nem ve sıcaklık değerleri Ebro logger EBI TH-20 marka data logger ile takip edilmiştir. Örneklemeler depolamanın 4., 7., 11., 14. ve 18. (sadece salatalık serada) günlerinde yapılmıştır. Her örneklemede iki adet örnek çıkarılarak aynı gün içinde analize alınmıştır. Fiziksel analizleri biten örnekler kimyasal analizlerde kullanılmak üzere sıvı azotla dondurularak, -25ºC'deki soğutucuya konulmuştur. Soğukta bekletilip direkt analiz edilen ürünler bazen ortam sıcaklığına çıkarıldıklarında zararlanmaların daha fazla olduğu gözlendiği için depolama süresinin başlangıç ve son dönemlerinde (genellikle 4. ve 11. günlerde) iki adet daha örnek çıkarılmıştır. Bu örnekler 20°C'de bir gün bekletildikten sonra soğutmalı dolaptan direkt analiz edilen örnekler gibi aynı analizler yapılmıştır. Bu bekletme uygulamamasının her örneklemede yapılamasının nedeni soğutmalı dolapların sebzeliklerinin yeterli büyüklükte olmayışıdır.



Şekil 3.8 : Soğutmalı dolabın genel görünümü.



Şekil 3.9: Soğutmalı dolapların sebzeliklerine kontrol ve UV uygulanan örneklerin yerleştirilmesi.

3.2.2 Analizler

3.2.2.1 Soğuk zararlanması indeksi

Her örnekleme zamanında iç ve dış zararlanma belirtileri görsel olarak belirlenmiştir. Soğuk zararlanması Çizelge 3.2'ye göre belirlenmiştir (Concellon ve diğ., 2007; Hakim ve diğ., 1999). Soğuk zararlanması 3 kişiyle değerlendirilmiştir. Soğuk zararlanması belirtileri; patlıcanda çukurlaşma, kabukta kahverengileşme, iç kısımda ve tohumlarda kararma, salatalıkta ise sap kısımlarında kuruma, sulu görünüm ve kabukta çukurlaşmadır. Değerlendirmeler bu kriterler gözönünde bulundurularak yapılmıştır.

Soğuk zararlanması indeksi formülle hesaplanmıştır **(3.4)**.

$$Soğuk\ zararlanma\ indeksi\ = \frac{\sum(\text{zararlanma seviyesi} \times \text{zararlanan örnek sayısı})}{toplam\ örnek} \qquad \textbf{(3.4)}$$

3.2.2.2 Görsel değerlendirme

Görsel değerlendirme kapsamında puanlama testinden yararlanılmıştır. Puanlama testinde; gıdalar arasında kalite farklılıkları ve farklılıkların derecesi saptanabilmektedir. Bu amaçla derecelendirilmiş bir skala kullanılarak

Çizelge 3.2 : Soğuk zararlanmasının değerlendirmesi.

Zararlanma seviyesi	Zararlanma	Zararlanma oranı
1	Zararlanma yok	-
2	Az zararlanma	1-10
3	Orta zararlanma	11-25
4	Ortadan ciddiye yakın zararlanma	26-50
5	Ciddi zararlanma	> 50

değerlendirmeler yapılmıştır (Cantwell ve diğ., 2002). Değerlendirmeler her örneklemede 3 kişi tarafından laboratuvar koşullarında örnekler beyaz tabak üzerine yerleştirilerek, floresans lamba altında gerçekleştirilmiştir. Görsel değerlendirmede soğuk zararlanması kriterleri yanında ürünlerdeki sertlik, yumuşama, büzüşme, renkte kayıplar, matlaşma, mikrobiyolojik gelişim gibi parametreler de dikkate alınmıştır (Çizelge 3.3).

3.2.2.3 Renk (yüzey rengi, iç doku kararması, potansiyel oksidasyon)

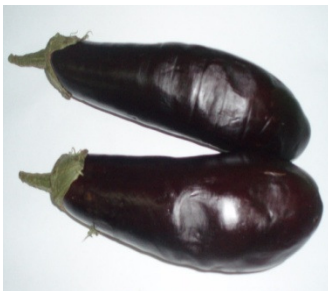
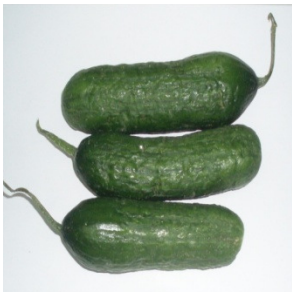
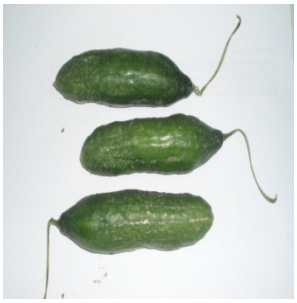
Örneklerin renklerinin belirlenmesinde Minolta Chromameter CR-300 model renk ölçüm cihazı kullanılarak, Hunter L, a, b değerleri ölçülmüş ve hue angle (Hº), chroma (C) ve renk değişimi (ΔE) hesaplanmıştır (**3.1-3.3**). Tüm örneklemelerde her bir üründen üçer okuma yapılmıştır. Her okumada üç ayrı noktadan ölçüm yapılarak, ortalama değer alınmıştır. Kabuk rengi okunan patlıcanlar 0,5 cm kalınlığında kesilerek (4 adet), iç rengi de (L_0) okunmuştur.İç renk ölçümleri dış kabuk ölçümünde olduğu gibi her bir dilimden üç noktada yapılmış, her bir noktadan da üç ölçüm yapılarak, ortalamaları alınmıştır. İç renk değerlendirmeleri Çizelge 3.4'e göre yapılmıştır (Concellon ve diğ., 2007).

$$H^0 = tan^{-1}(b/a) \quad \textbf{(3.1)}$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \textbf{(3.2)}$$

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad \textbf{(3.3)}$$

Çizelge 3.3 : Patlıcan ve salatalığın görsel değerlendirme puanlaması ve değerlendirme parametreleri.

Patlıcan görünüm	Görsel değerlendirme puanlaması	Salatalık görünüm
	**9:** taze görünüm; koyu yeşil (salatalıkta) veya mor (patlıcan) renk, parlak görünüm, gergin kabuk	
	**7:** iyi; mazur görülebilir az zararlanma, küçük bir bölümde az buruşma, sert yapı	
	**5:** orta; görülür az sararma (salatalık), sap ve uç kısımlarda belirgin az buruşma, sap ve kabukta belirgin renk değişimi, çukurlaşma	
	**3:** vasat; piyasaya sürülemez: soluk sarı dış kabuk rengi, ciddi su kaybı (buruşma, kayış köse gibi yapı), sap ve çiçek kısmının uçlarında ciddi buruşma	
	**1:** kullanılamaz; renk değişimi ve kaybı fazla, çukurlaşma ve buruşma fazla, mikrobiyolojik oluşum görülebilir	

Çizelge 3.4 : Patlıcanlarda iç rengin değerlendirilmesi.

İç renk L değeri	İç renk değerlendirme
> 86	Beyaz
81-82	Çekirdek kararması
78	Çekirdek ve meyve etinde kararmanın
> 73	Meyve eti ve çekirdekte ileri kararma

Potansiyel oksidasyon için 0,5 cm kesilen dilimlerin L değerleri 30 dakika sonra tekrar okunarak, potansiyel oksidasyon değeri $\Delta L = (L_0 - L_{30})$ olarak ifade edilmiştir (Concellon ve diğ., 2007). Her dilimde üç noktadan okuma yapılarak, ortalama değer alınmıştır. Salatalıklarda sadece kabuk renginde okuma yapılmıştır.

3.2.2.4 Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı değerlendirmesi için kontrol örnekleriyle 3, 9 ve 15 kj/m^2 UV-C uygulamalarının her birine dört adet örnek kodlanarak yerleştirilmiştir. Her örneklemede kodlu örnekler tartılıp, tekrar sebzeliklere yerleştirilmiştir. Patlıcan ve salatalıkların başlangıç ağırlıkları kaydedilip, her örneklemede ağırlıkları tekrar tartılarak, aradaki farktan % ağırlık kaybı belirlenmiştir. Ağırlık kaybı depolama süresince takip edilmiştir.

3.2.2.5 Elektrolit sızıntısı

Soğuk zararlanması sonucu oluşan membran geçirgenliğindeki değişimleri belirlemede kullanılan elektrolit sızıntısı pH/konduktivite ölçüm cihazı (İnolab, level 3) ve konduktivite ölçüm hücresi Tetracon 325, Standart, WTW, Almanya) kullanılarak bakılmıştır (Hakim ve diğ., 1999, Şekil 3.10). Her örneklemede çıkarılan iki adet patlıcan veya salatalığın her birinden ikişer adet örnek hazırlanarak, toplamda her örneklemede dört ölçüm yapılmıştır.

Yaklaşık 1,5 g örnek farklı çap ve kalınlıkta yuvarlak örnek çıkarılmasını sağlayan mantar deliciyle çıkarılmıştır (salatalıkta 7 mm çap ve 4 mm kalınlığında; patlıcanda 10 mm çap ve 3 mm kalınlıkta). Örnekler 3 kere distile suyla yıkandıktan sonra, içinde 10 ml 0,4M mannitol bulunan 24°C'deki tüplere yerleştirilmiştir. Üç saat sonra solüsyonlarda konduktivite probla ölçüm yapılmıştır (E_1). Daha sonra örnekler

120°C'de 20 dakika otoklavlanmıştır. Soğutulduktan sonra tekrar elektrolit ölçümü yapılmıştır (E_2). Toplam elektrolit değeri iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanmıştır **(3.5).**

$$\%\text{Toplam elektrolit} = (E_1/E_2) \times 100 \quad \textbf{(3.5)}$$

3.2.2.6 Pirüvat analizi

Soğuk zararlanmasıyla birlikte patlıcan ve salatalıklarda artış gösteren, hücre içinde birçok kimyasal reaksiyonda önemli bir ara ürün ve glikolizin son ürünü olan pirüvat değerindeki değişime UV/Vis spektrofotometre (Lambda 35 Perkin-Elmer, ABD) cihazıyla spektrofotometrik olarak bakılmıştır (Hakim ve diğ., 1999, Şekil 3.15). Her örneklemede sıvı azotla dondurulan ikişer adet patlıcan veya salatalıktan en az dört ölçüm yapılarak, ortalamaları alınmıştır.

15g örnek 12 ml deiyonize suyla karıştırılarak, buzla soğutulmuş havanda 15 saniye homojenize edilmiştir. Üzerine 2ml trikloroasetik asit çözeltisi (0,375 g/ml) eklenmiştir. Oda sıcaklığında 15 dakika bekletildikten sonra filtrasyon yapılmıştır. Süzüntüden 50 mikrolitre 3,95 ml 0,5 M tris tampon çözeltisi içeren tübe aktarılmıştır. Kör örneği aynı basamakları takip ederek, başlangıçta örnek içermeyen deiyonize suyla hazırlanmıştır. Örnek ve kör içeren tüpler 40°C'de 5 dakika ısıtıldıktan sonra, 2 ml örnek spektrofotometre küvetine aktarılmış ve üzerine 25 µl 20mM NADH eklenmiştir.

Spektrofotometrede 340 nm'de 10 µl 1000 U/ml laktik dehidrogenaz eklemeden önce ve ekledikten 30 dakika sonra absorbans ölçülmüştür. İndirgenmiş nikotinamid-adenin dinukleotid (NADH) varlığında D-Laktate dehidrogenaz (D-LDH), pirüvik asidi D-laktik asit ve NAD^+ ' a çevirir (Lamprecht ve Heinz, 1988, **3.6**).

$$\text{Pirüvik asit} + \text{NADH}^+ \xrightarrow{(\text{D-LDH})} \text{D} - \text{laktik asit} + \text{NAD}^+ \quad \textbf{(3.6)}$$

Bu reaksiyonda oluşan NAD^+ miktarı pirüvik asit miktarıyla doğru orantılıdır. NADH tüketimi 340 nm'de absorbansdaki azalmayla ölçülmektedir. Pirüvat konsantrasyonu (nmol/g) pirüvat standardı kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak, laktik dehidrogenaz eklemeden önceki absorbans değeriyle, ekleyip, 30 dakika bekledikten sonra ölçülen absorbans değerinde arasındaki farktan hesaplanmıştır.

Pirüvat standardı kalibrasyon eğrisinin eldesi

Standart kalibrasyon eğrisi hazırlamak için sodyum pirüvat stok çözeltisinden 5 farklı konsantrasyonda (0,32, 3,2, 8, 16 ve 32 mM) solüsyon hazırlanarak, spektrofotometrede 340 nm'de ölçümler yapılarak, standart kalibrasyon eğrisi farklı pirüvat konsantrasyonlarına karşılık gelen absorbanslara göre çizdirilmiştir. Standarta ait kalibrasyon eğrisi EK A.1'de gösterilmektedir.

3.2.2.7 Yağların peroksidasyonu

Soğuk zararlanmasıyla artış gösteren yağ peroksidasyonu, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun ikincil son ürünü olan MDA'in oluşumuyla ölçülmektedir. MDA değerine UV/Vis spektrofotometre (Lambda 35, Perkin-Elmer, ABD) cihazıyla spektrofotometrik olarak bakılmıştır (Karakaş ve Yıldız, 2007; Kramer ve diğ., 1991). Her örneklemede sıvı azotla dondurulan iki adet patlıcan veya salatalıktan en az dört ölçüm yapılarak, ortalamaları alınmıştır.

0,5 g örnek tartıldıktan sonra, buzla soğutulmuş havanda 1ml saf su ve %0,1 (w/v) BHT içeren 8ml %95 etanol içindeki 0,5 g inert kumda dövülmüştür. Örnekler 4°C sıcaklıkta, 10 dakika santrifüj (3000 g) edilmiştir. Kör analizi örnek içermeden aynı şekilde hazırlanmıştır. TBA eklenmiş (+TBA) ve eklenmemiş (-TBA) TBARS reaktifi iki kere distile edilmiş suda hazırlanmıştır. TBARS reaktifi içeriği; %20 (w/v) trikloroasetik asit (TCA), %0,65 (w/v) tiyobarbiturik asit (TBA) ve %0,01 (w/v) BHT'den oluşmaktadır. Süzüntüden 200µl örnek alınarak, 800µl su ve 1000µl TBARS reaktifi (+TBA) eklenmiştir. Aynı oranlar –TBA ile de hazırlanmıştır. Örnekler karıştırıldıktan sonra 95°C'de 30 dakika bekletilmiştir. Akan musluk suyunun altında soğutulduktan sonra, 10 dakika santrifüj edilmiştir (3000 g). Spektrofotometrede +TBA ve –TBA örneklerinin üç farklı dalgaboyunda (440, 532, 600 nm) absorbansı ölçülmüştür. MDA iki molekül TBA ile reaksiyona girerek, 532 nm'de absorbansı maksimum olan pembe-kırmızı renk oluşturmaktadır (Janero, 1990). MDA eşdeğerinin (nmol/ml) ölçümü **(3.7-3.9)** formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$[(\mathrm{A532}_{+\mathrm{TBA}} - \mathrm{A600}_{+\mathrm{TBA}}) - (\mathrm{A532}_{-\mathrm{TBA}} - \mathrm{A600}_{-\mathrm{TBA}})] = \mathrm{A} \quad \textbf{(3.7)}$$

$$[(\mathrm{A440}_{+\mathrm{TBA}} - \mathrm{A600}_{+\mathrm{TBA}}) \times 0.0571] = \mathrm{B} \quad \textbf{(3.8)}$$

$$MDA\ eşdeğeri\ (nmol\ ml^{-1}) = ((A - B)/157{,}000) \times 10^{6} \quad \textbf{(3.9)}$$

157,000: MDA molar ekstinksiyon katsayısı

0,0571: sukrozun 532 nm'deki molar absorbansının 440 nm'deki molar absorbansına oranı

Hesaplamadaki 440 nm karbonhidratlar (sukroz gibi), 600 nm ise fenilpropanoid (antosiyanin gibi) tipi pigmentlerin absorbansını MDA değerinden çıkarmak için seçilmiştir (Kramer ve diğ., 1991).

3.3 İstatistiksel Analizler

Farklı sıcaklık, UV-C dozu, muhafaza süresi, farklı ürün (meyve-sebze) ve sera-tarla farklılığının soğuk zararlanması üzerine etkisinin incelenmesi için sonuçların istatistiksel değerlendirmesinde Minitab (Minitab 15® Statistical Software for Windows®, Minitab Inc., Pennsylvania, USA) yazılım programı kullanılmıştır. Normalite testi (Anderson-Darling) yapılarak, sonuçların lineer dağılım gösterip göstermedigine bakılmış, p> 0,05 olan analizlerde değerlerin "ln"i alırak, istatistiksel analizler yapılmıştır. Karşılaştırmalarda Minitab programında ANOVA-general linear model kullanılmış ve ikili karşılaştırmalar için Tukey metodu uygulanmıştır. Uygulama ve karşılaştırmaların istatistiksel açıdan önemli olup olmadığına p (0,05) değerine göre karar verilmiştir. Patlıcan ve salatalıkta yapılan sera ve tarla çalışmalarının hepsi tek tek incelenmiş, ayrıca patlıcan ve salatalığın birlikte etkileşimini görmek için tüm veriler birlikte, ayrıca sera-tarla ayrımını görmek için patlıcan sera-tarla ve salatalık sera-tarla kendi içinde de ayrıntılı olarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları ve ana etki tabloları Ek.1'deki çizelgelerde verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

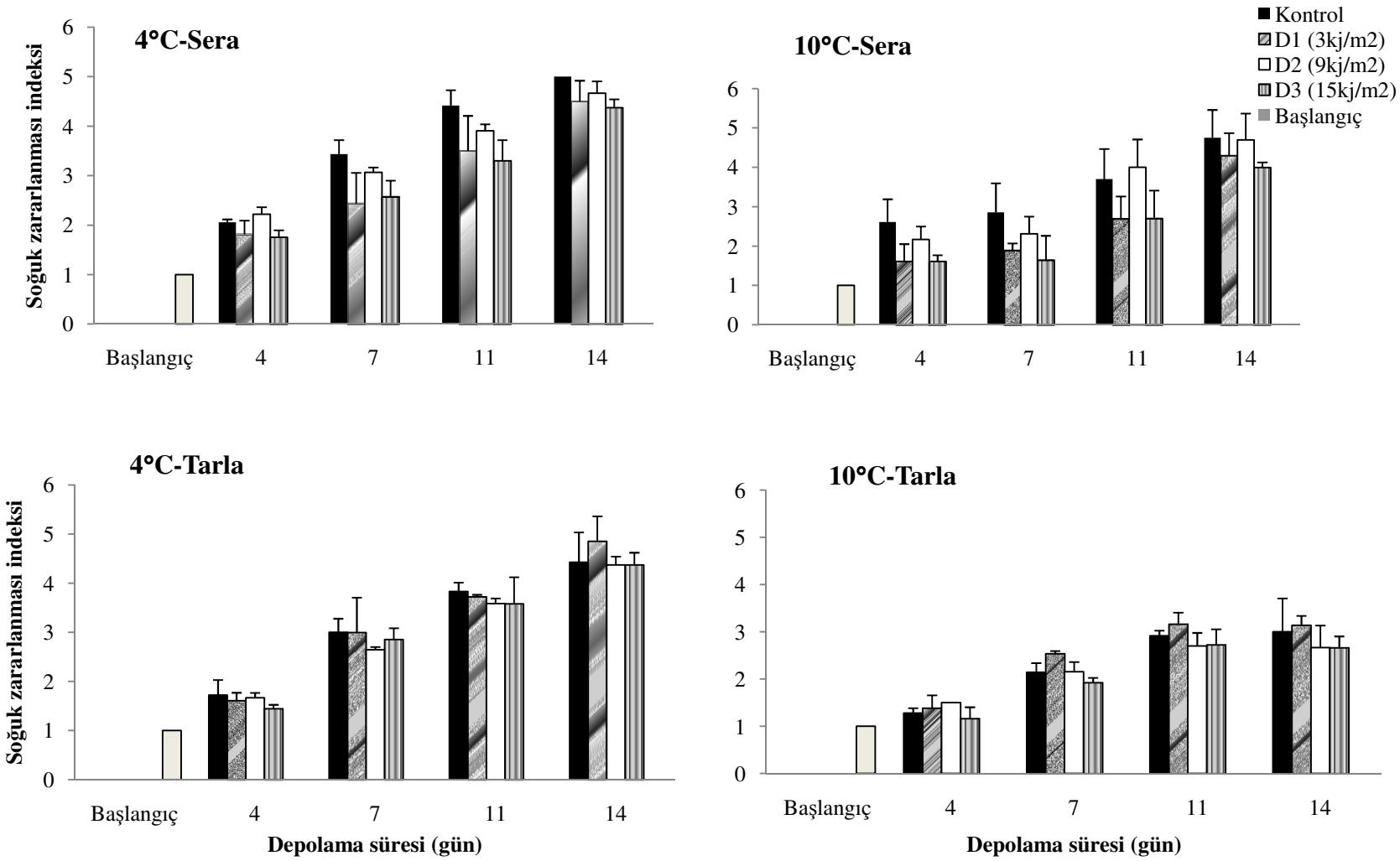
Patlıcan ve salatalıklardaki kalite parametrelerindeki değişimler sırayla incelenmiş, öncelik olarak UV dozu, sıcaklık, süre ve sera-tarla farkının ürünlerdeki parametrelere etkisi incelenmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde temel parametreler (UV-C dozu, sıcaklık, muhafaza süresi, sera-tarla farkı, direkt analiz ve bir gün 20°C'de bir gün bekletme) öncelikli olup ikili değerlendirmelerde de önemli gözükenler değerlendirmeye dahil edilmiştir. Patlıcan ve salatalık sera-tarla denemelerinin tümünde elde edilen veriler genel değerlendirme adıyla anılmaktadır. Ayrıca patlıcan sera-tarla, salatalık sera-tarla kendi içlerinde, sera-tarla olarak ve tek tek de değerlendirilmeye alınmışlardır. İstatistiksel olarak önemli bulunan tüm kombinasyonlar Ek A.1-A.10'da çizelgelerde gösterilmektedir. İstatistiksel değerlendirme grafiklerinde (Minitab main effect plot) temel etkilerden sera-tarla (1-2), direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme (A-B), sıcaklık (T: 4-10°C), süre (depolama süresi, gün) ve dozun (0: kontrol, 3, 9 ve 15 kj/m^2) etkisi kısaltmalarla ifade edilmiştir. Ayrıca istatistiksel olarak önemli parametreler grafikte $p<0,05$ ise *, $p<0,01$ ise ** ve $p<0,001$ ise *** işaretiyle belirtilmiştir. İstatistiksel olarak önemli olmayan parametreye herhangi bir işaret konulmamıştır.

4.1 Soğuk Zararlanması İndeksi

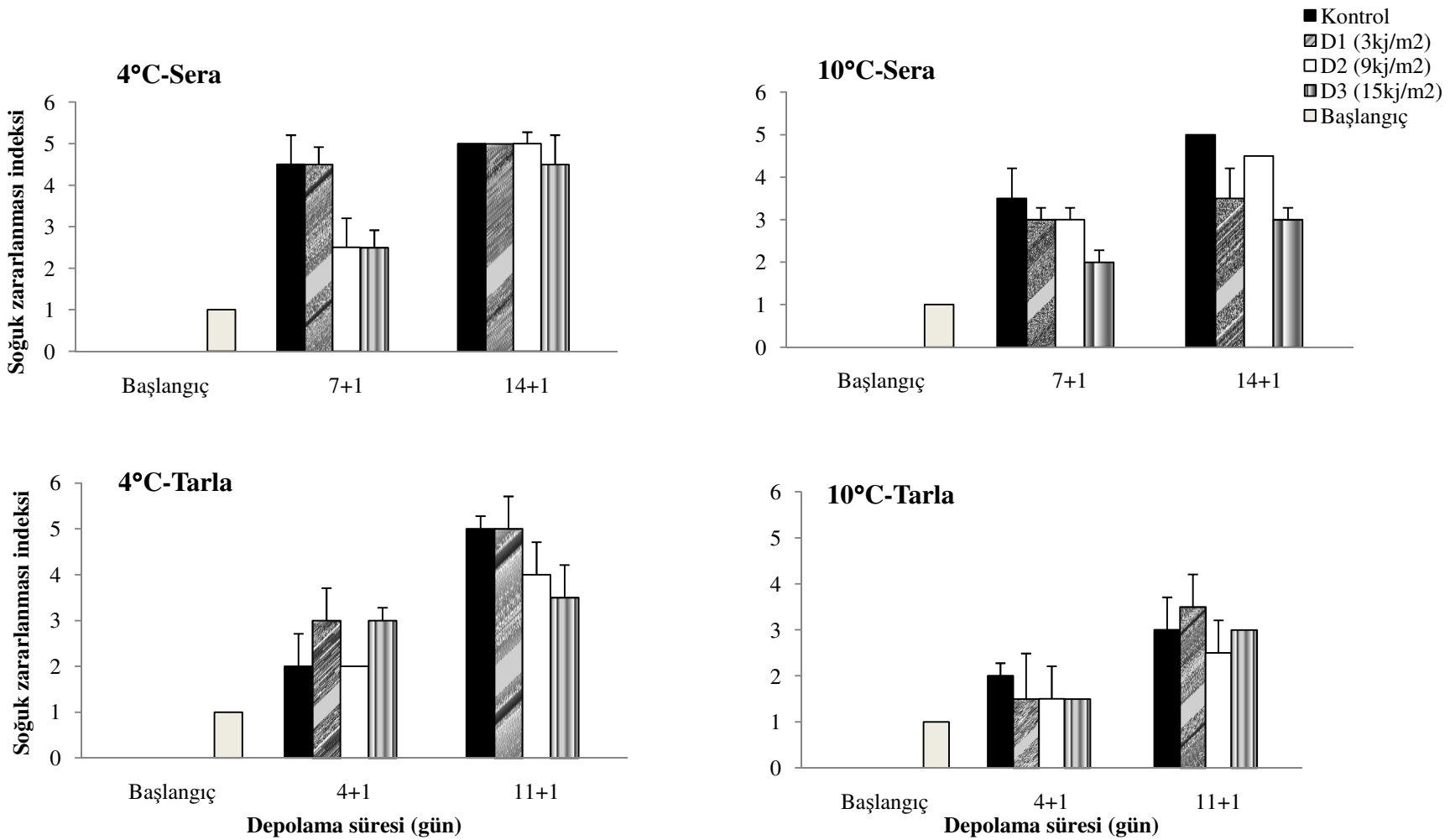
4.1.1 UV dozunun soğuk zararlanması indeksine etkisi

UV doz uygulamalarında patlıcanda 15 kj/m^2 uygulaması kontrole göre %18 oranında zararlanmada azalma sağlamıştır ($p<0,001$, Şekil 4.1, 4.3). UV uygulamasının patlıcanda özellikle sera ürünlerindeki etkisi istatistiksel olarak tarla ürünlerinden daha önemlidir ($p<0,001$).

Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası bir gün ortam sıcaklığında bekletme zararlanma seviyesinde artışa neden olmuş (%15), direkt analiz edilenlerde olduğu gibi patlıcanda yüksek, salatalıktaysa düşük doz UV uygulamasının örneklerdeki zararlanmayı azalttığı gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.2, 4.4).



Şekil 4.1 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.



Şekil 4.2: UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.

Patlıcanlarda sera ürünlerinde, 9 ve 15 kj/m^2 dozları soğuk zararlanmasını azaltmada etkili olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.1). Tarla ürünlerinde de yüksek doz daha etkindir. UV uygulaması sera ürünlerinde zararlanmanın daha az olmasını sağlamıştır (%23).

Patlıcanda sera ürünlerinde daha fazla soğuk zararlanması belirlenmiştir. Patlıcanda sera ürünlerinde 15 kj/m^2 doz uygulaması kontrolden %17 daha az zararlanma oluşmasına yol açmıştır (Şekil 4.3). Bu da yüksek doz UV uygulamasının sera ürünlerindeki soğuk zararlanmasını azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir.

UV uygulamalarında soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen tarla ürünlerinde dozun istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Ancak sera patlıcanda 15 kj/m^2 ($p<0,001$) uygulamasının soğuk zararlanmalarını azaltmada etkin doz olduğu gözlenmiştir.

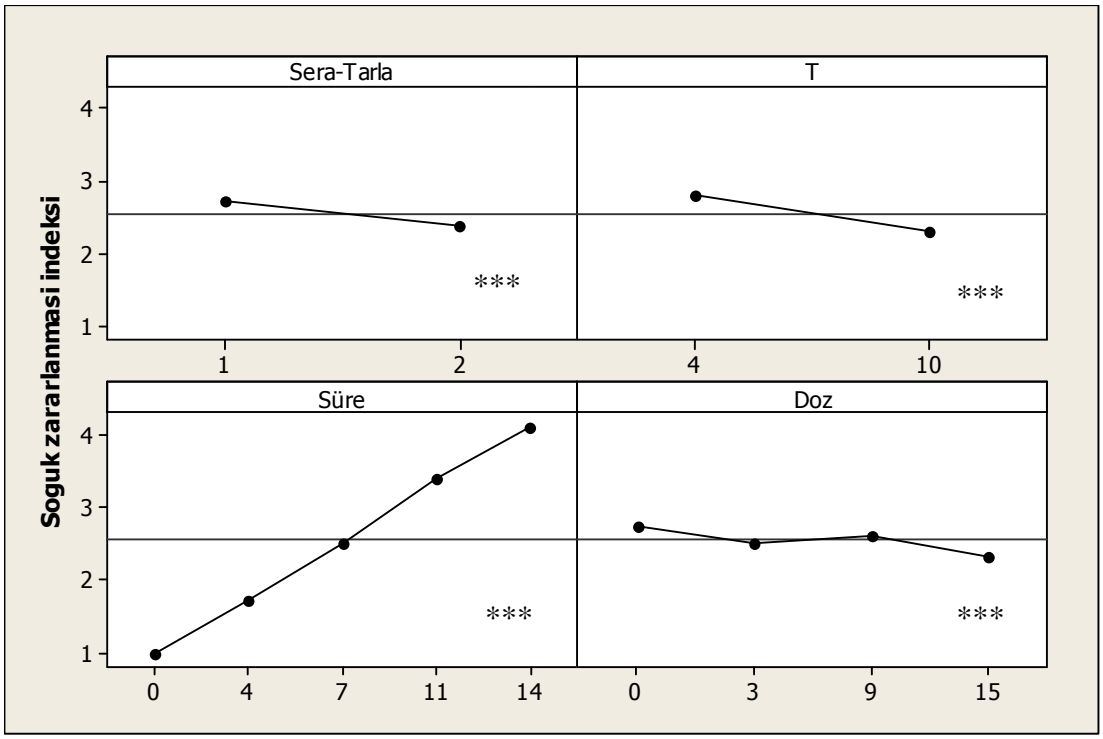
Salatalıkta UV doz uygulamasının soğuk zararlanması indeksi üzerindeki etkisi önemsizdir. Salatalıkta istatistiksel olarak önemli olmamasına rağmen, 14 günlük depolama süresince, 3 kj/m^2 doz uygulaması kontrol ve diğer doz UV-C uygulamalarından %10 daha düşük soğuk zararlanması sağlamıştır (Şekil 4.5, 4.7).

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası bir gün ortam sıcaklığında bekletme sonucu artan soğuk zararlanmasının yanında, düşük doz UV uygulamasıyla zararlanmaların daha az olduğu görülmektedir (Şekil 4.6, 4.8).

Salatalıkta tarla ürünlerinde 3 kj/m^2 UV uygulaması soğuk zararlanmasında kontrole göre %8'lik bir azalma sağlamıştır. Salatalıkta tarla ürünlerindeki soğuk zararlanması serada yetiştirilenlerden daha fazladır. UV uygulamasında sera salatalıkta 3 kj/m^2 dozu zararlanmaları azaltmada etkilidir ($p<0,05$, Şekil 4.5).

4.1.2. Sıcaklığın soğuk zararlanması indeksine etkisi

Patlıcan yüksek sıcaklıkta depolanan ürünlerin soğuk zararlanması indeksi daha düşük olup, iki sıcaklıktaki zararlanma arasındaki fark tarla ürünlerinde (serada %25, tarlada %4) daha belirgindir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası bir gün oda sıcaklığında bekletilen 10°C'deki ürünlerin zararlanma seviyelerinde önemli bir artış olmamıştır ($p<0,001$). Ancak 4°C'de depolanan ürünler bir gün ortam sıcaklığında bekletilince zararlanma seviyelerinde patlıcanda %16 oranında artış olmuştur (Şekil 4.4).



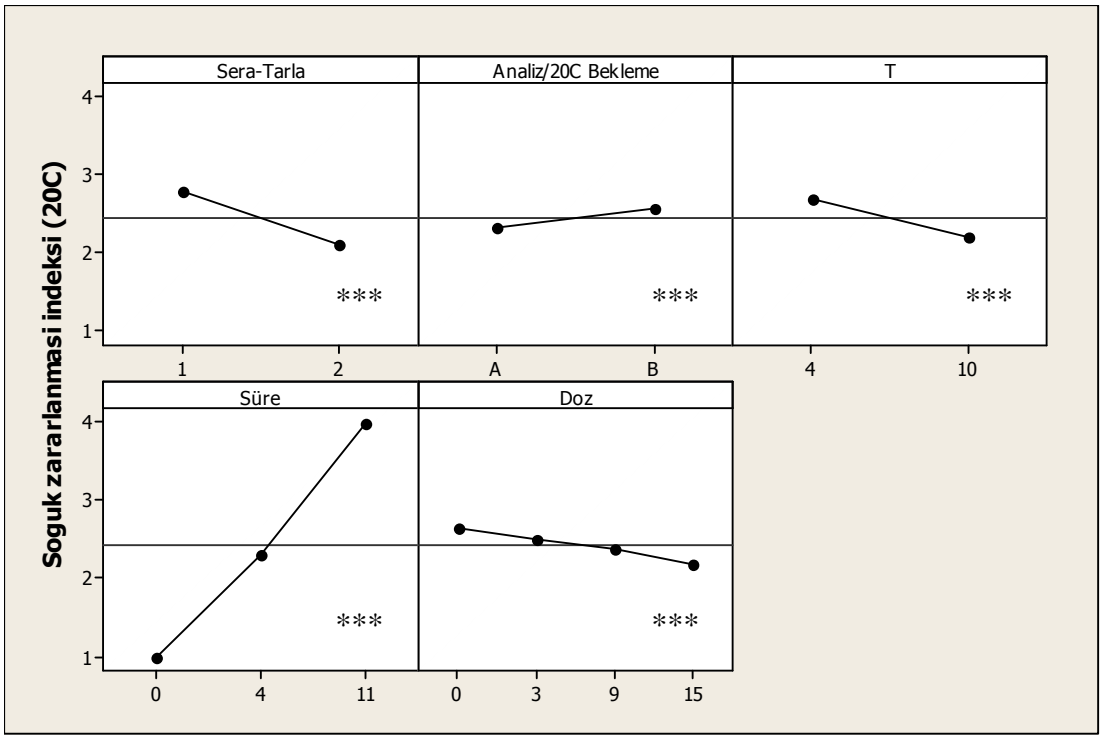
Şekil 4.3 : Patlıcanlarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Benzer etkiler salatalıkta da gözlenmiş olup, 4°C'de depolama sonrası bir gün ortam sıcaklığında bekletme soğuk zararlanmasında %32 artışa neden olmuştur (Şekil 4.6). Salatalıkta tarla ürünlerinde 4°C'de depolanan örnekler aynı sıcaklıktaki sera ürünlerinden %30 daha fazla zararlanmaya uğramıştır ($p<0,001$, Şekil 4.7).

4.1.3 Depolama süresinin soğuk zararlanması indeksine etkisi

Patlıcan ve salatalık soğuk zararlanma indeksi verileri birlikte değerlendirildiğinde zamana bağlı olarak her iki depolama sıcaklığında da zararlanmalarda artış olmuştur. 4°C'de bu artış doğrusal ve hızlı olup (%18), 10°C'de ilk 7 günde daha yavaş, sonrasında daha hızlıdır ($p<0,001$). Düşük sıcaklıkta depolamada 14. günün sonundaki zararlanma 10°C'dekinden %22 oranında daha fazladır. Benzer eğilimler patlıcan ($p<0,001$) ve salatalık ($p<0,05$) ayrı ayrı değerlendirildiğinde de gözlenmiştir (Şekil 4.1, 4.5). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de zamana bağlı zararlanmalarda artış gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.2, 4.6).

Zamana bağlı olarak patlıcan ve salatalıklarda sera ve tarla ürünlerinde de zararlanmada doğrusal bir artış olmuştur ($p<0,001$). Salatalık tarla ve sera ürünlerinde depolama süresiyle birlikte özellikle 7. günden sonra zararlanmalar daha



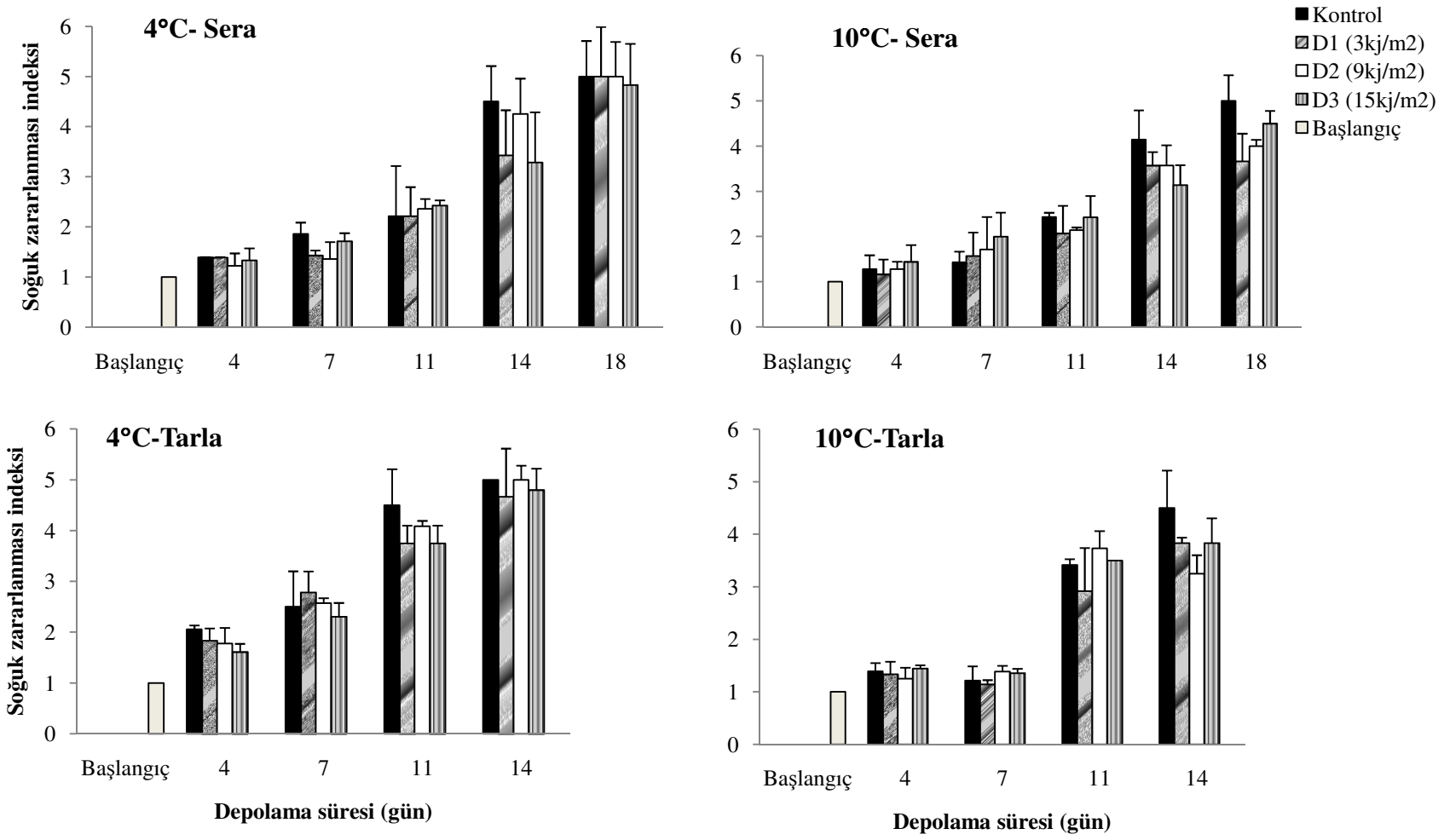
Şekil 4.4 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, analiz-20°C bekleme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

hızlı artmış, 11. günde tarla ürünlerinin zararlanma değerleri %95 oranında artmıştır ($p<0,001$). Sera ürünlerinde aynı şekilde artış 14. günde gözlenmiştir. Tarla ve sera ürünlerinin ikisinde de soğuk zararlanmasındaki artış kontrol örneklerinde UV uygulananlardan yaklaşık %35 daha fazladır.

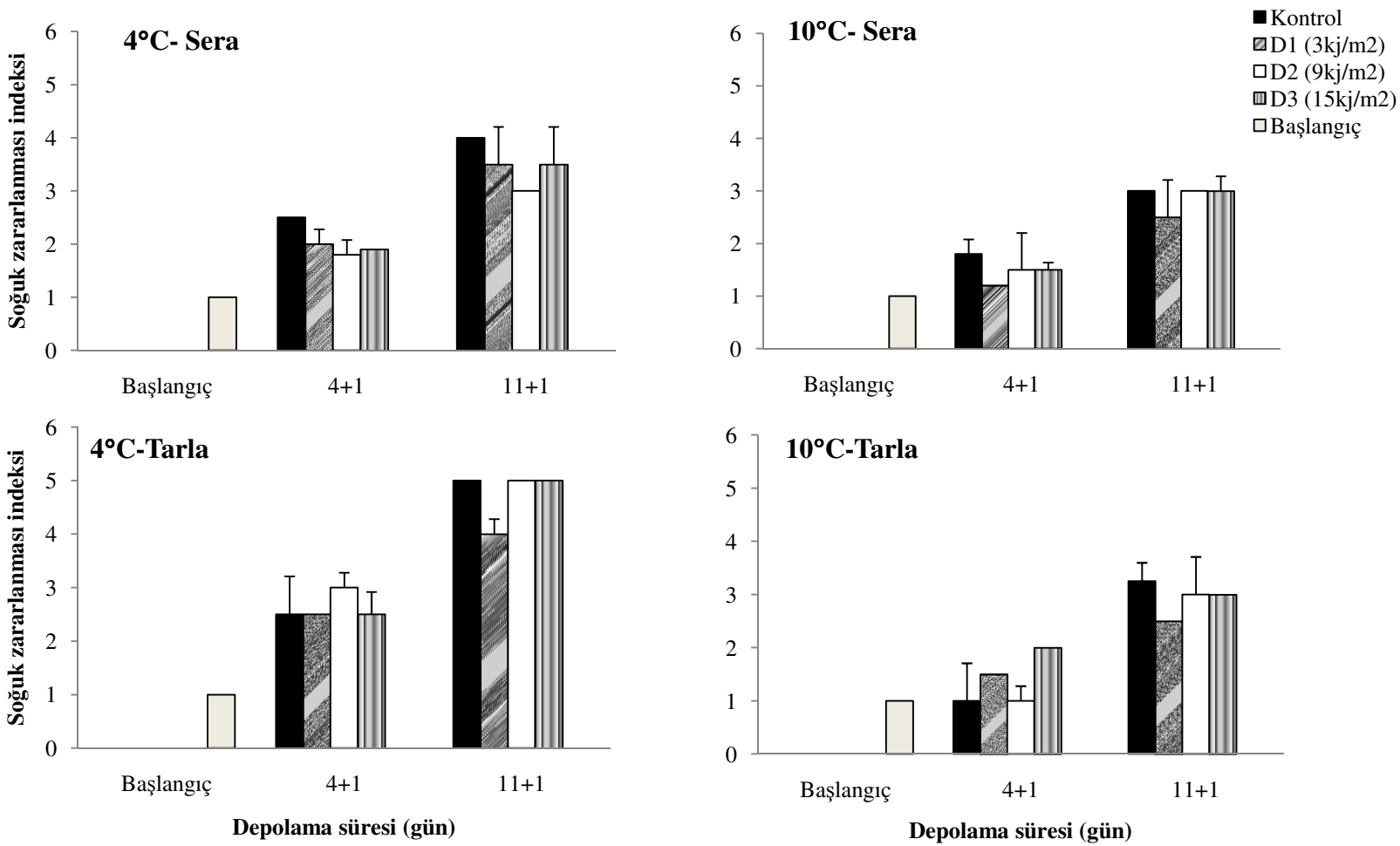
4.1.4 Sera-tarla faktörünün soğuk zararlanması indeksine etkisi

Sera patlıcanların soğuk zararlanması değeri tarladakilerden daha yüksektir (Şekil 4.1). Soğuk depo sonrası bir gün oda sıcaklığında bekletilen patlıcanda sera ürünlerinde daha fazla soğuk zararlanması belirlenmiştir ($p<0,001$).

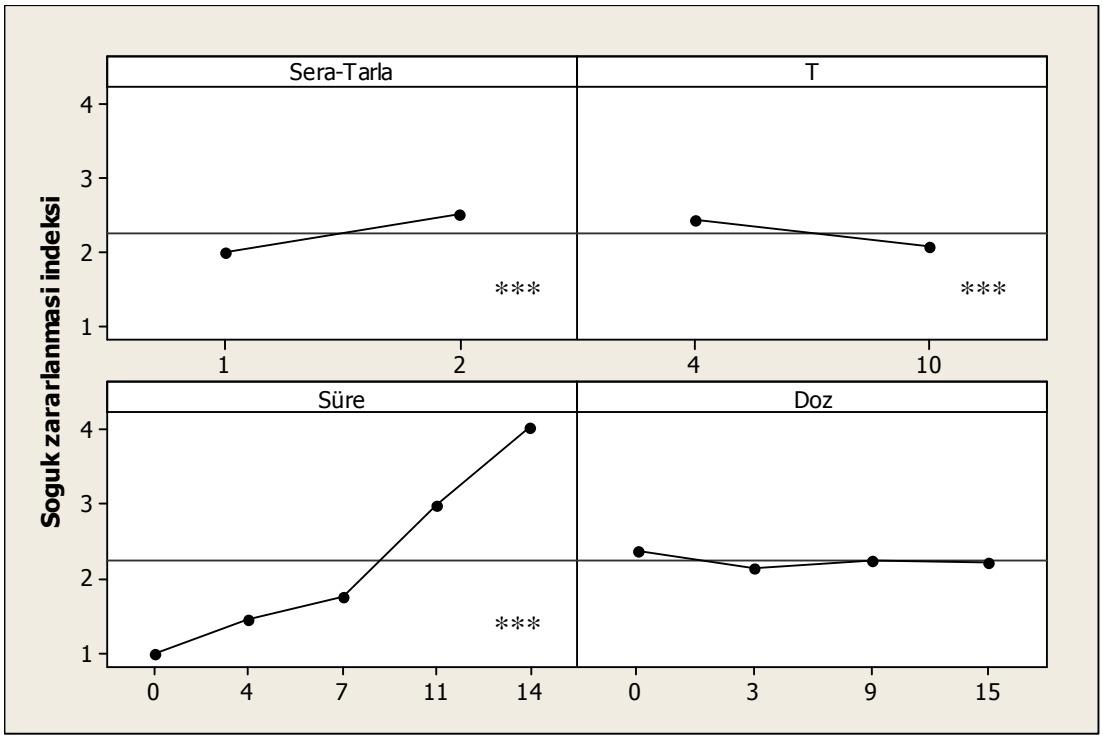
Salatalıkta soğuk zararlanması tarla ürünlerinde daha fazladır ($p<0,001$).). Soğuk depolama sonrası bir gün oda sıcaklığında bekletme sonrasında da tarla ürünlerindeki zararlanmanın daha fazla olduğu görülmektedir ($p<0,001$).



Şekil 4.5 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.



Şekil 4.6 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında soğuk zararlanması indeksi üzerine etkisi.



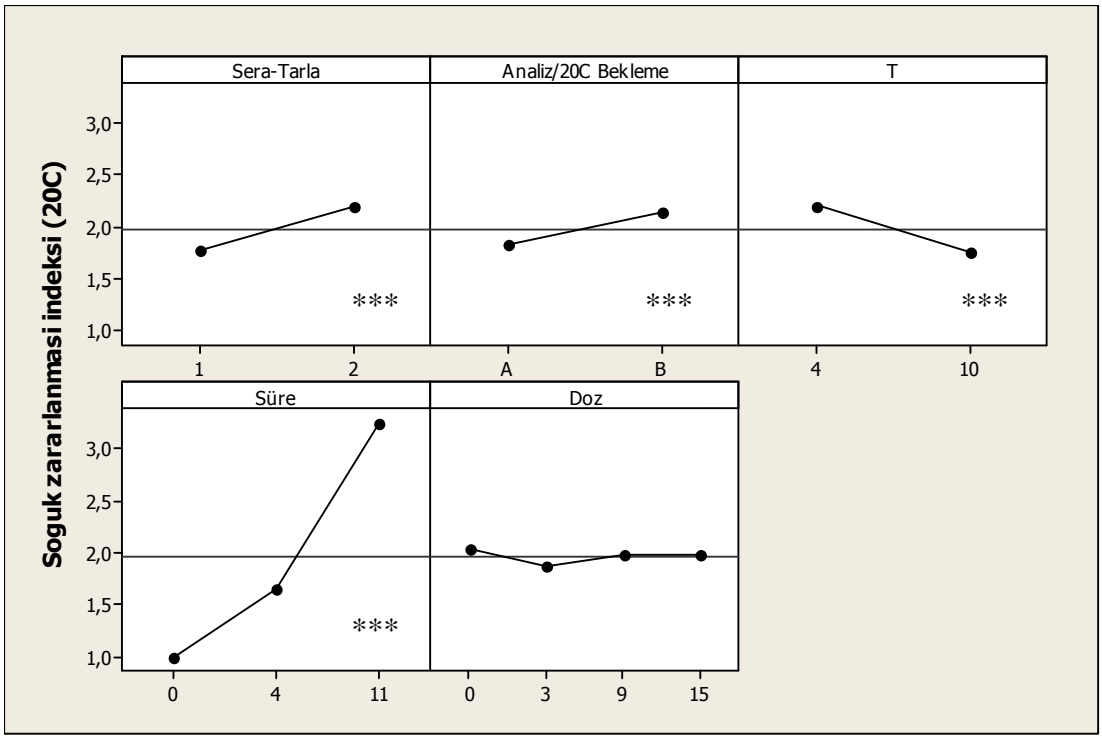
Şekil 4.7 : Salatalıklarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.1.5 Soğuk zararlanması indeksi genel değerlendirme

Patlıcan ve salatalıkların hasat sonrası depolama çalışmasından önceki görünümleri Şekil 4.9 ve 4.10'da görülmektedir. Patlıcanlarda hem depolama sonrası hemen analiz analiz hem de soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası 15 kj/m^2 uygulaması zararlanmalarda azalma sağlamıştır (Şekil 4.1., 4.2).

UV uygulamalarının salatalıkta soğuk zararlanması üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Ancak 3 kj/m^2 UV uygulamasının ürünlerde %10 oranında zararlanmada azalma sağladığı gözlenmiştir.

Patlıcanlarda sera ve tarla ürünlerinde yüksek dozlar daha etkilidir. Ancak soğuk depolama sonrası bir gün oda sıcaklığında bekletilen ürünlerde sadece sera patlıcanda UV dozun etkisi önemli bulunmuştur. Salatalıklarda UV dozun etkisi sadece soğuk depolama sonrası bir gün oda sıcaklığında bekletilen sera salatalıklarda önemli olup, etkin doz 3 kj/m^2'dir. Bu sonuçlar patlıcanda yüksek dozun daha etkili olduğunu, salatalıktaysa daha az UV dozunun soğuk zararlanmasını azaltmada yeterli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.8 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda soğuk zararlanmasının değişiminde sera-tarla, direkt analiz- 20°C bekleme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcan ve salatalıklarda yüksek sıcaklıkta depolanan ürünlerin soğuk zararlanması daha düşük olup, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası özellikle 4°C'deki ürünlerde zararlanma seviyelerinde artış olmuştur. Zararlanmadaki artış salatalıklarda daha fazladır. Fallik ve diğ. (1995) yaptığı çalışmada da patlıcanların 4-5 gün 1°C'de muhafaza sonrası 20°C'de bekletilmeleriyle özellikle yeşil kısmındaki bozulmalarla soğuk zararlanmalarının daha ciddi boyuta geldiği ifade edilmektedir. Aynı şekilde salatalıklarda da 5°C'de muhafaza sonrası 20°C'ye aktarılınca soğuk zararlanması daha belirginleşmiştir (Wang ve Qi, 1997). Literatürde de gözlendiği gibi düşük sıcaklıktan daha yüksek ortam sıcaklığına çıkarılan ürünlerde gözlenen soğuk zararlanmaları değerleri daha fazla olmaktadır.

Depolama süresiyle birlikte her iki depolama sıcaklığında da zararlanmalarda artış olmuştur (Şekil 4.11). 4°C'de bu artış doğrusal ve hızlı olup, 10°C'de ilk 7 günde daha yavaş, sonrasında daha hızlıdır. Bir gün bekleme sonrasında da zararlanmalarda artış olmuştur.



Şekil 4.9 : Serada yetişen patlıcanların hasat sonrası laboratuvardaki görünümü.



Şekil 4.10 : Serada yetişen salatalıkların hasat sonrası laboratuvardaki görünümü.

Salatalıklarda özellikle 4 günden sonra zararlanmaların arttığı gözlenmiştir. Literatürde de salatalıkların ve patlıcanların 7-10ºC'nin altındaki sıcaklıklarda 3 günden fazla muhafaza edildiğinde bozulmaların hızlandığı belirtilmiştir (Cabrera ve Concellon ve diğ., 2007; Esteban ve diğ., 1989, Saltveit, 1990; Salunkhe ve Desai, 1984).

Patlıcanın zararlanma seviyesi depolama süresince salatalıktakinden daha fazladır. Salatalıkta tarla ürünlerinde, patlıcanda ise sera ürünlerinde daha fazla soğuk zararlanması belirlenmiştir. Sera patlıcanların daha yüksek rakımda üretildiği bilinmektedir. Daha yüksek sıcaklıkta yetişen patlıcanların daha düşük sıcaklığa maruz kalanlara göre daha hassas olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, farklı hasat zamanlarının patlıcanların soğuk zararlanması değerlerini etkilediği gözlenmiştir (Fallik ve diğ., 1995). Sera ürünleri genel değerlendirmede düşük sıcaklıkta daha fazla zararlanmaya uğramıştır. Sera salatalıklar sıcaklık değişiminden daha az etkilenirken, tarla salatalıklarında düşük sıcaklıklardaki zararlanma daha fazla olmuştur.



Şekil 4.11. Soğuk zararlanmasına uğramış salatalık ve patlıcan görünümü (4°C'de 14 gün sonra).

İki farklı sezon meyvesinin soğuk zararlanmasına karşı hassasiyeti yetişme koşullarına bağlı olarak da farklılık gösterebilmektedir. Hasat öncesi daha fazla su sıkıntısıyla karşılaşan salatalıklar soğuk zararlanmasından daha az etkilenmektedir (Mercer ve Smittler, 1992). Sağanak yağmurdan hemen sonra hasat edilen salatalıklar soğuk zararlanmasına daha hassastır (Nakamura ve diğ., 1985). Bu nedenle çalışmada kullanılan sera-tarla patlıcan ve salatalıklarında sera ve tarla değişimi yanında mevsimsel faktörlerinde rol oynayacağı düşünülmektedir.

4.2 Görsel Değerlendirme

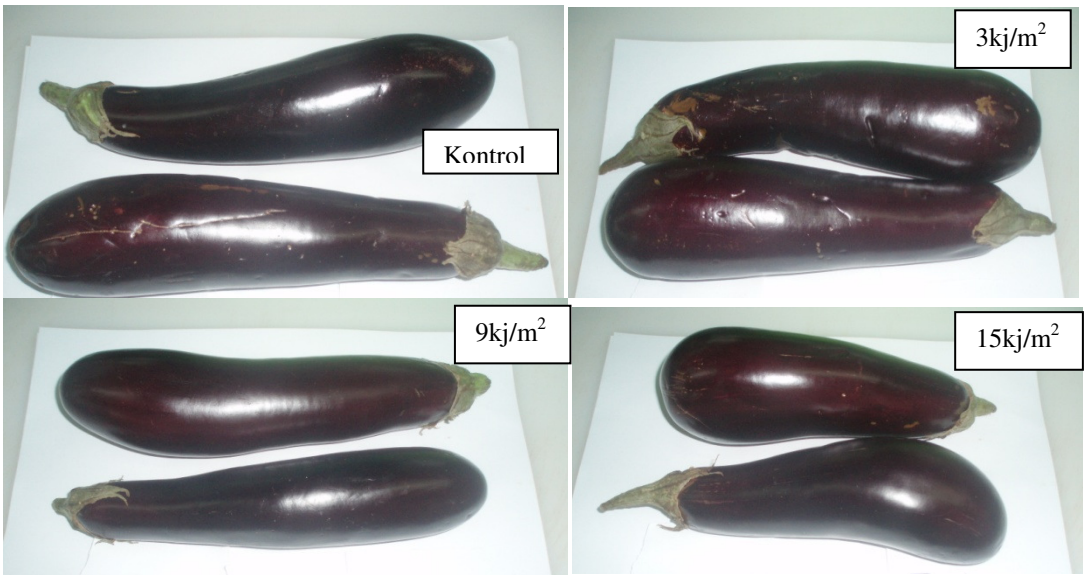
4.2.1 UV dozunun görsel değerlendirmeye etkisi

Patlıcan ve salatalık görsel verileri birlikte değerlendirildiğinde UV uygulaması kontrol örneklerine göre görsel özelliklerin daha iyi muhafaza edilmesini sağlamış ($p<0,001$), en iyi korunum 15 kj/m^2 uygulamasında gözlenmiş, kontrole göre %12 daha yüksek değer elde edilmiştir (Şekil 4.12., 4.13).

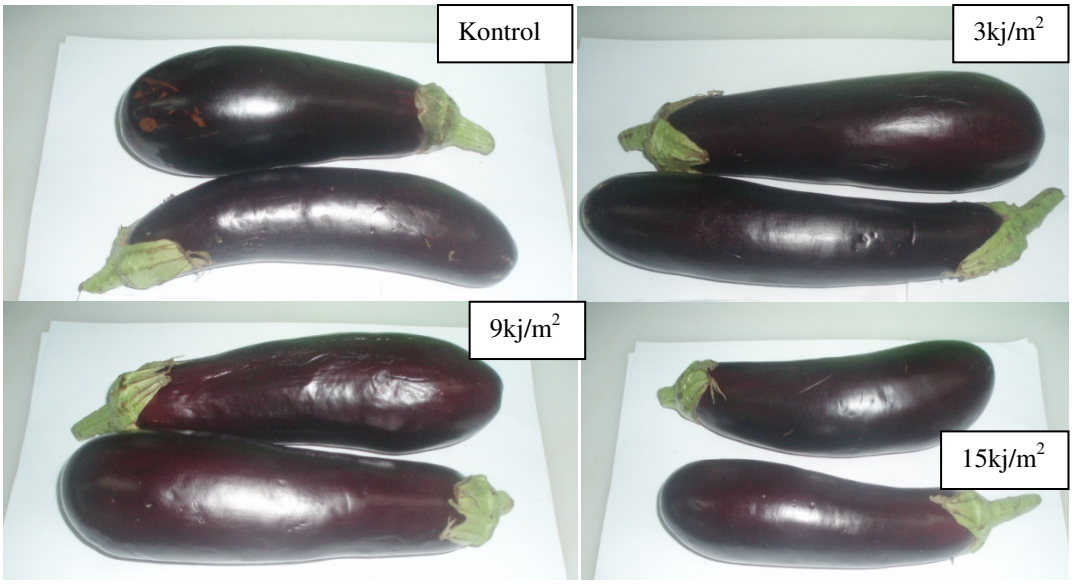
Patlıcan ve salatalıklarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin görsel değerlendirmesi depolama sonrası hemen analiz edilenlerden %16-23 oranında daha düşüktür ($p<0,001$).

UV uygulamalarında en iyi korunum patlıcanlarda 15 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen sera-tarla patlıcanlarda en iyi görsel korunum 15 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.14, 4.17).

Bu dozda UV uygulanan ürünlerin görsel değeri kontrol örneklerinden %14 daha fazladır.

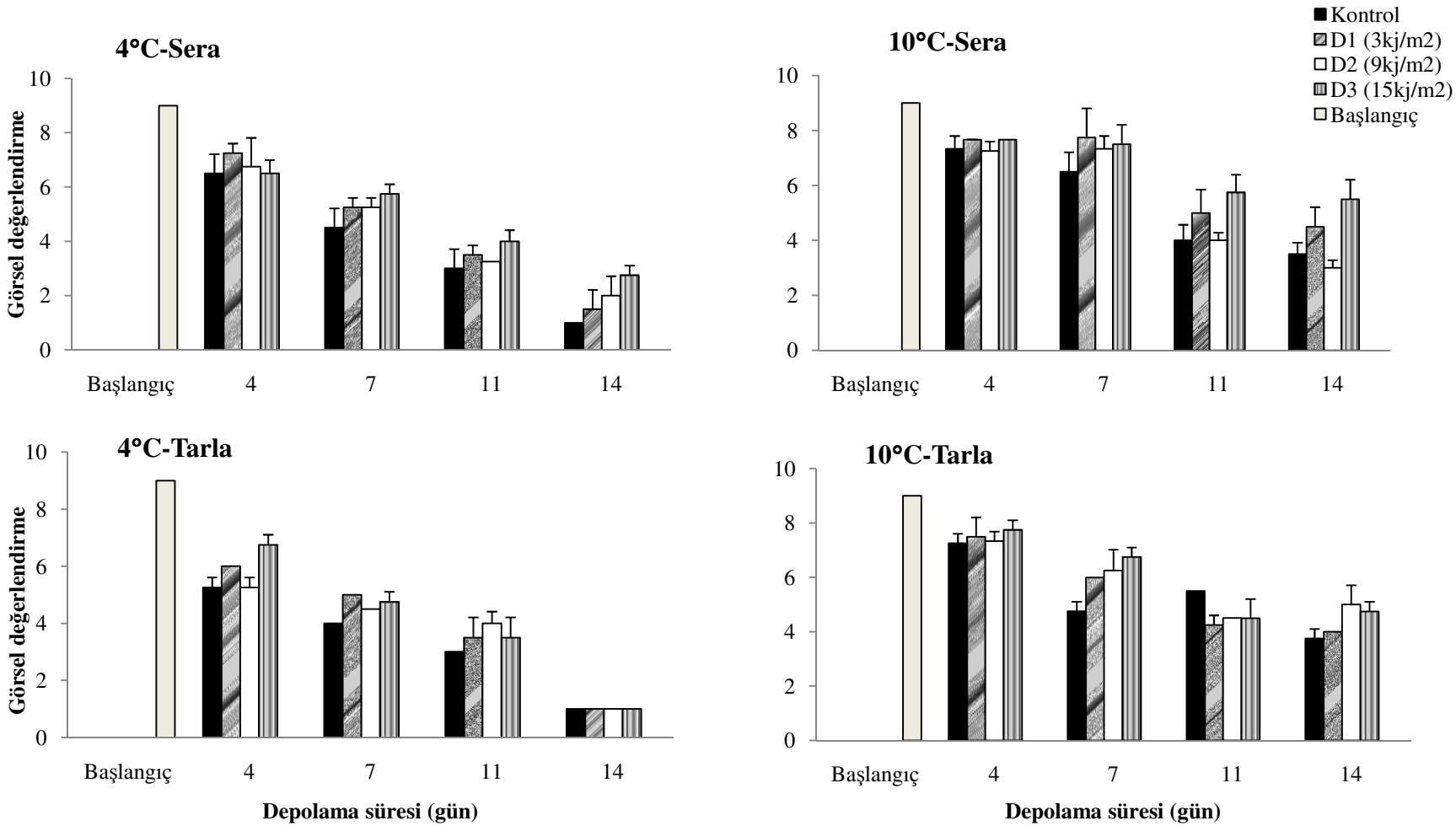


Şekil 4.12 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 7 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

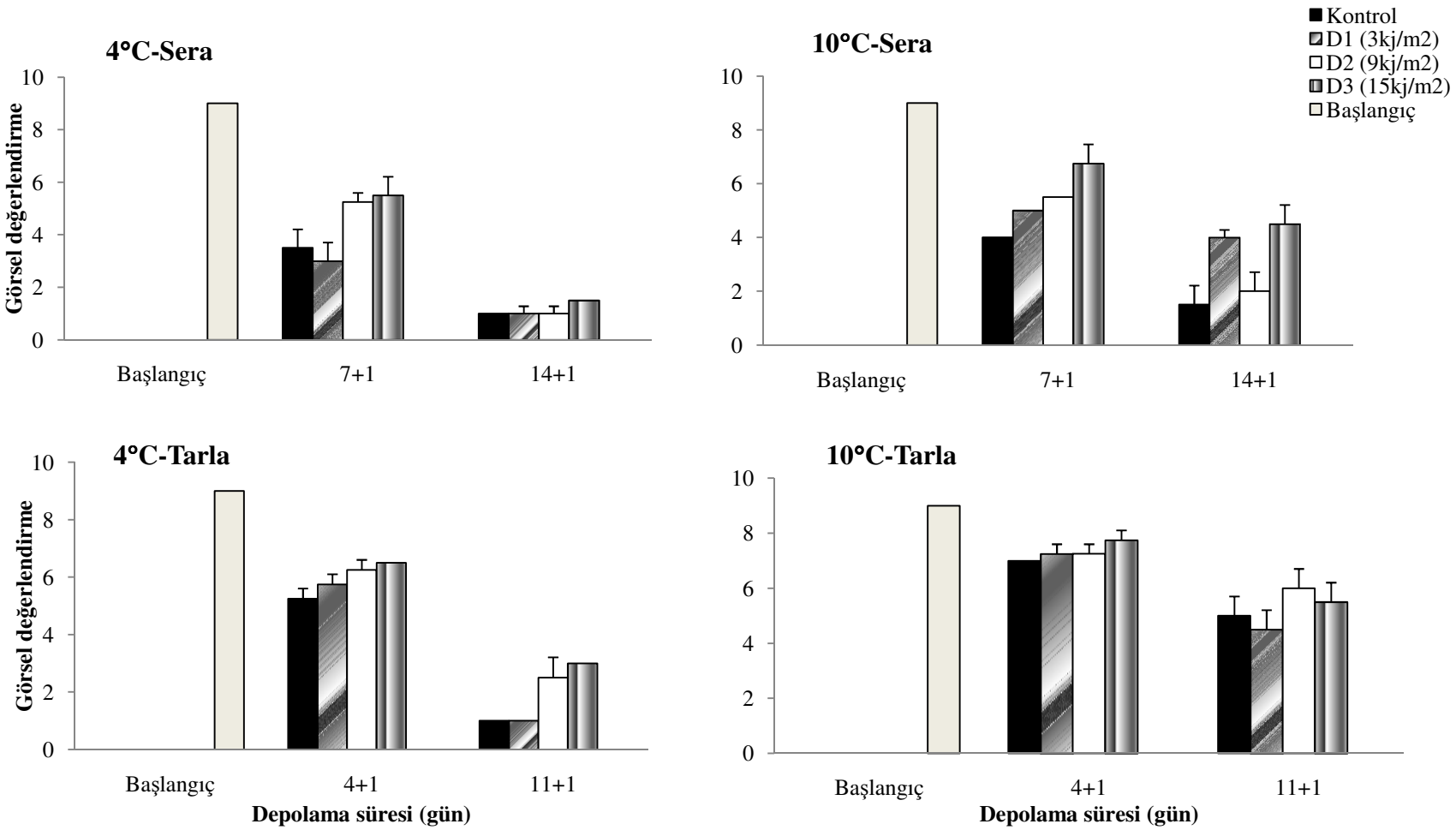


Şekil 4.13 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 7 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

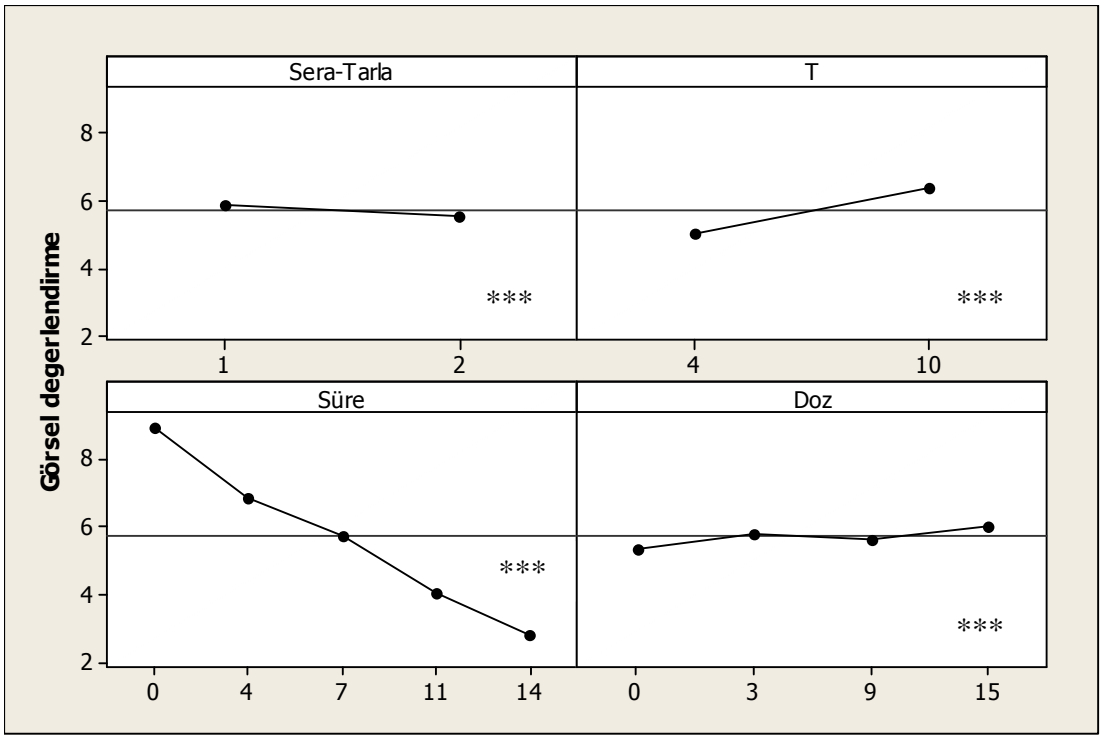
Salatalıklarda en iyi görsel kalite 9 kj/m^2 dozunda UV uygulamasında sağlanmıştır ($p<0,001$). Kontrol örneklerinin görsel değerleri en düşük seviyededir (Şekil 4.18, 4.20). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen sera salatalıklarda 9 kj/m^2, tarla ürünlerinde ise daha düşük doz (3 kj/m^2) UV uygulaması görsel kalitenin korunumunda daha etkilidir. (Şekil 4.19, 4.21).



Şekil 4. 14 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında görsel kalite üzerine etkisi (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz).



Şekil 4.15 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında görsel kalite üzerine etkisi (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz).



Şekil 4.16 : Patlıcanlarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Sera salatalıklarda 15 kj/m^2, tarla salatalıklarda ise daha düşük UV (3 kj/m^2) dozu kalite korunumunda daha etkili olmuştur ($p<0,001$). Bu da tarla salatalıklarında daha düşük UV uygulamalarının görsel özelliklerin korunumunda daha etkili olduğunu göstermektedir.

Soğuk zararlanmasında olduğu gibi görsel kalitede de patlıcanda yüksek doz, salatalıkta daha düşük dozlar görsel kalite ve daha az zararlanma oluşması için daha etkili olmuştur.

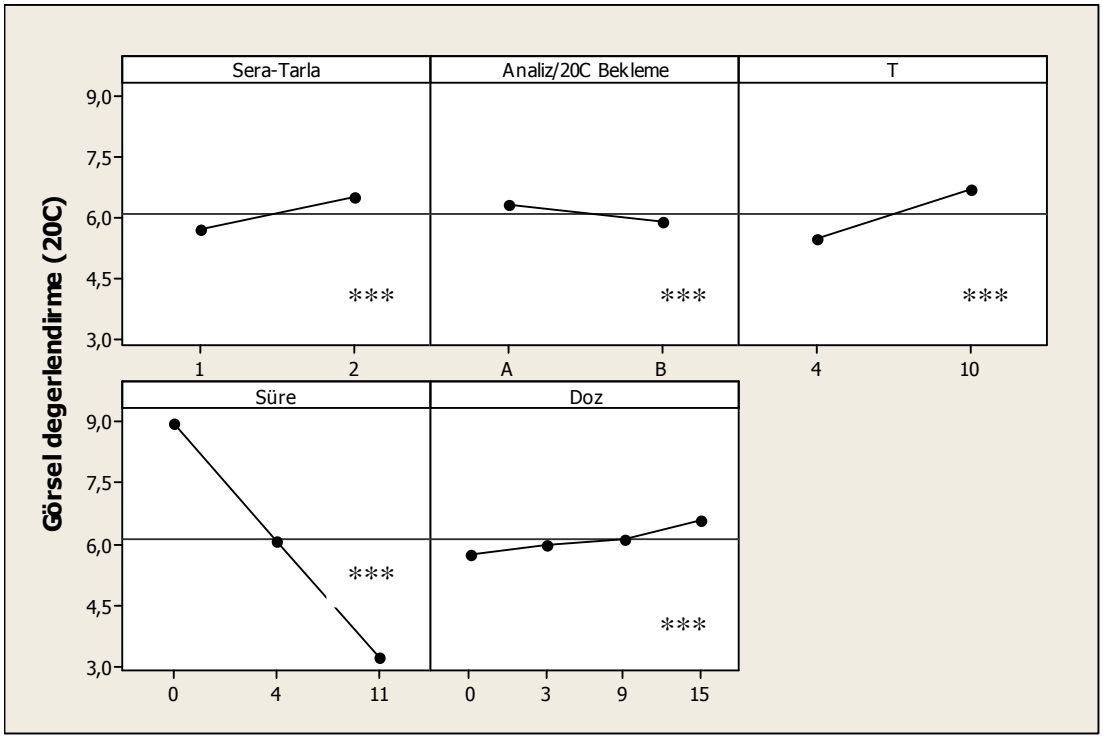
4.2.2 Sıcaklığın görsel değerlendirmeye etkisi

Sıcaklık azalınca tüm örneklerin görsel özelliklerindeki kayıp da artmıştır ($p<0,001$). Tüm değerlendirmelerde soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin görsel değerlendirmesi depolaması sonrası hemen analiz edilenlerden %16-23 oranında daha düşüktür.

Düşük sıcaklıkta depolanan örnekler 10°C'dekilerden daha kısa sürede tüketilebilir olma özelliklerini (görsel değerlendirme < 3) yitirmişlerdir. Patlıcanda 10°C'dekilerin görsel kalite değerleri 4°C'dekinden %26 daha fazladır ($p<0,001$,

Şekil 4.14, 4.16). Soğukta depolanan patlıcanlarda depolamanın sonunda özellikle kontrol örneklerinde kabukta çukurlaşma ve kararmalar, büzüşmeler görülmektedir.

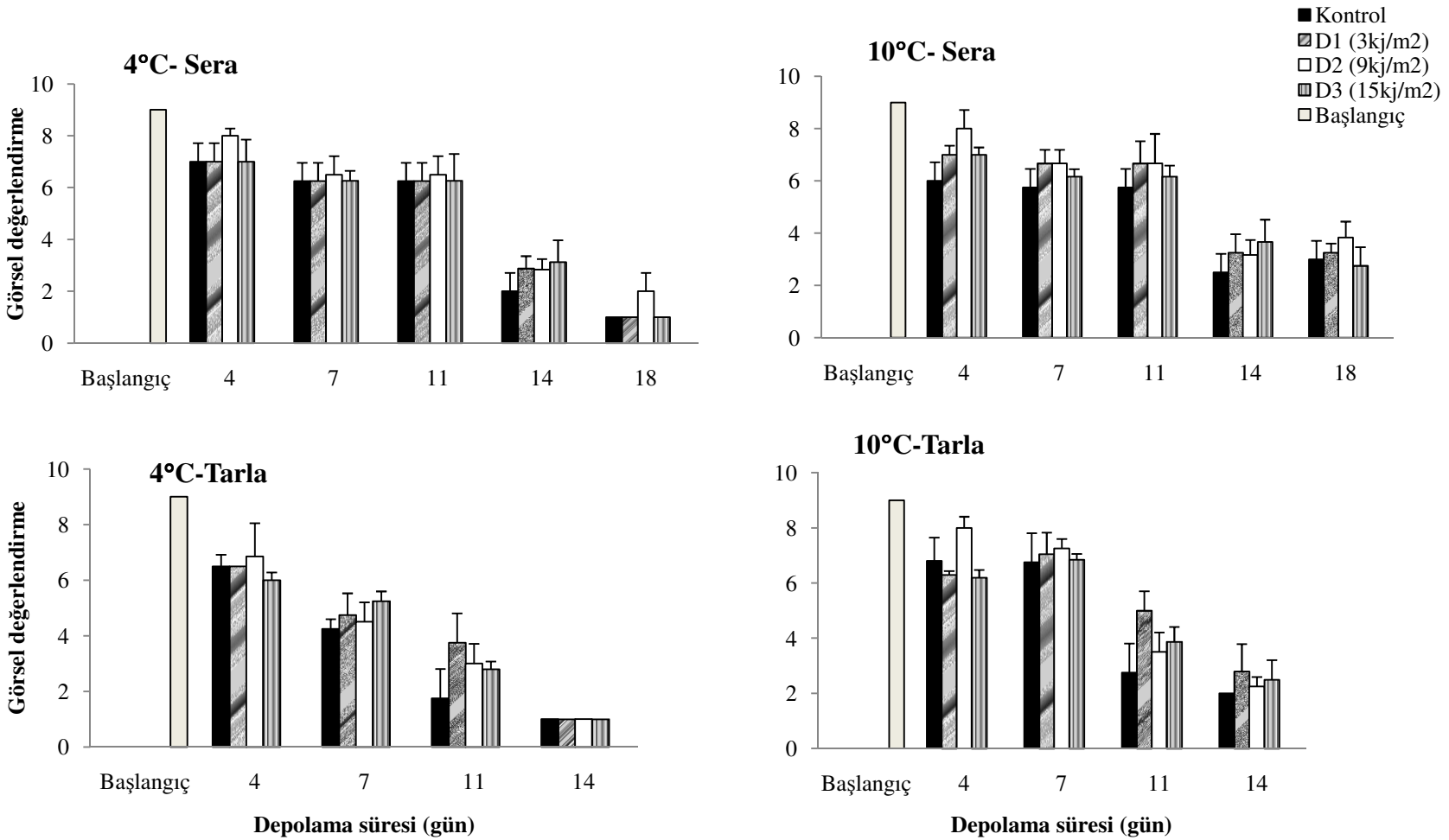
Düşük sıcaklıkta depolama patlıcanların görsel kalitelerinde hızlı bir düşüşe neden olmuş ve 11. günün sonunda patlıcanlar tüketilebilir olma özelliklerini nerdeyse yitirirken, 10°C'deki örnekler orta kalitede nitelendirilmiştir ($p<0,001$).



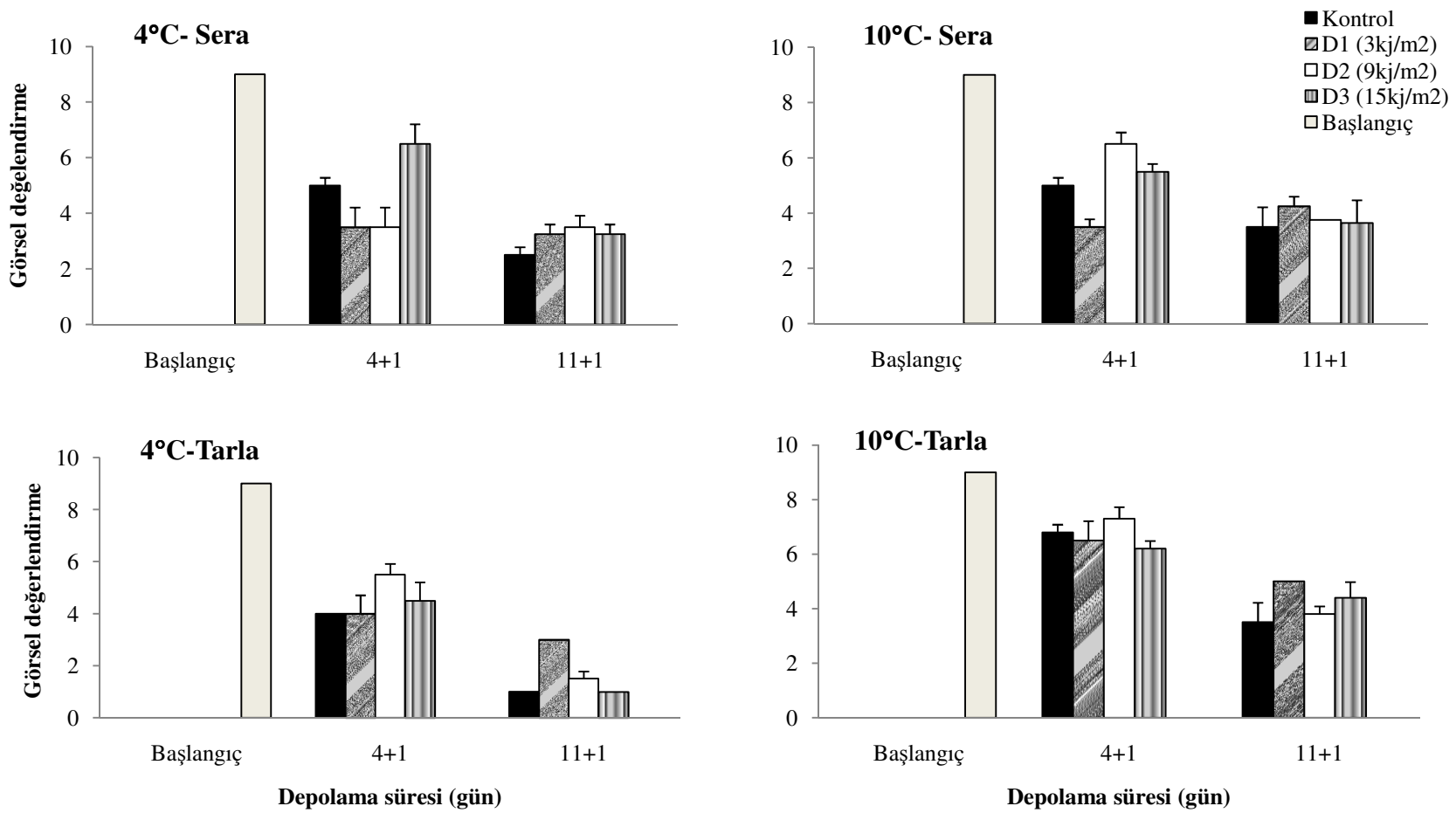
Şekil 4.17 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Depolamanın 18. gününde 4°C'deki salatalıkların görsel değerleri 10°C'deki örneklerden yarı yarıya daha azdır ($p<0,001$, Şekil 4.18, 4.20). Salatalıklarda düşük sıcaklıktaki ürünlerde sap ve uç kısımlarda büzüşme, kabukta matlaşma, renk kayıpları ve sulu noktaların oluşumu gözlenmektedir. Depolamanın 14.gününde salatalıklarda 10°C'deki örnekler tüketilebilir durumdadır.

Salatalıklarda görsel kalitedeki en hızlı azalma 4°C'de depolanan tarla ürünlerinde olurken, en iyi korunum 10°C'deki tarla ürünlerinde gözlenmiştir ($p<0,001$). Bu da tarla ürünlerinin düşük sıcaklıklarda depolama sonrası görsel kalitelerinde daha fazla kayıp olduğunu göstermektedir. Düşük sıcaklıkta depolanan, soğuk depolama sonrası

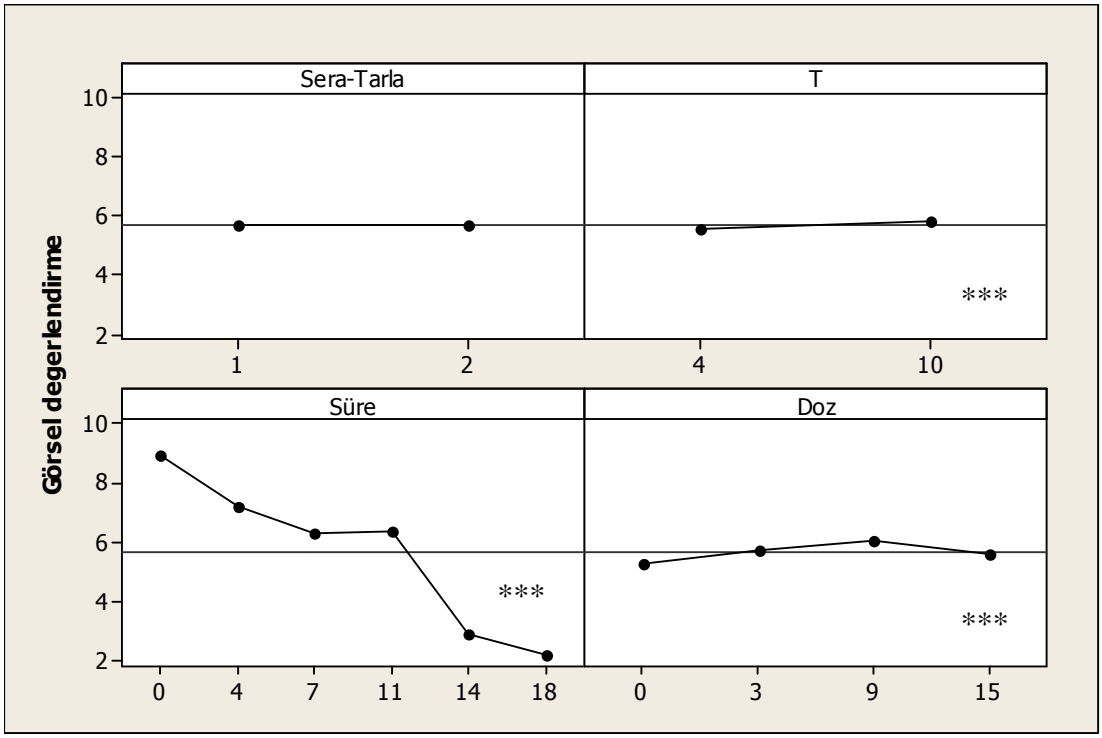


Şekil 4.18 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında görsel kalite üzerindeki etkisi (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz).



Şekil 4.19 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında görsel kalite üzerine etkisi (9: taze görünüm, 7: iyi, 5: orta, az zararlanma, 3: piyasaya sürülemez, 1: kullanılamaz).

oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin 11. gündeki görsel değerleri tüketilemez olduğunu gösterirken, 10°C'deki ürünlerin aynı süredeki görsel değerleri daha yüksektir.



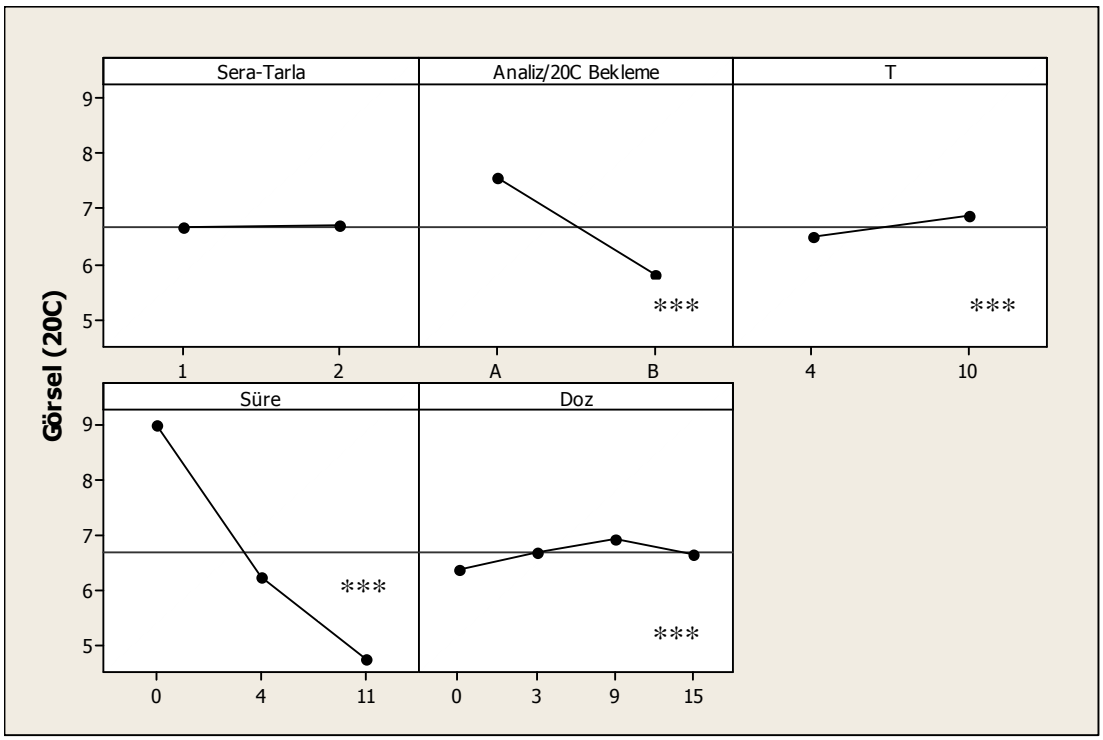
Şekil 4.20 : Salatalıklarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda 4ºC'de depolama sera ürünlerinin görsel değeri tarladakilerden %5 daha yüksektir (Şekil 4.21). Bu da sera ürünlerinin düşük sıcaklıklara daha dayanıklı olmasıyla açıklanabilir. 10°C'de depolanan salatalıklarda ise tarla ürünlerinin görsel değerleri sera ürünlerinden %4 daha yüksektir ($p<0,001$).

4.2.3 Depolama süresinin görsel değerlendirmeye etkisi

Depolama süresiyle birlikte görsel özelliklerde kayıplar oluşmuştur ($p<0,001$). Patlıcanlar ve salatalıkların genel olarak 14. günün sonunda görsel özelliklerinde %68 azalma gözlenerek, ürünler tüketilemez duruma (görsel değerlendirme puanı <3) gelmiştir. Kontrol örnekleri her iki üründe de 11. günde tüketilemez duruma gelirken, UV uygulanan örnekler aynı sürede genellikle orta kalitede nitelendirilmiş olup, kabukları daha gergin ve patlıcanlarda daha parlak, sap kısımları da daha yeşil görünümdedir (Şekil 4.14-4.18).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen tüm örneklerde de görsel kayıpların depolama süresince daha fazla olduğu (%55) gözlenmiştir (p<0,001).



Şekil 4.21 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda görsel kalitenin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanlarda depolama süresiyle görsel kalitede lineer bir azalma gözlenmiştir. Patlıcanlarda süreyle birlikte soğuk depolama sonrası hemen analiz edilen örneklerle bekletilen örnekler arasında görsel değerlendirmedeki fark %14 oranındadır (p<0,001, Şekil 4.24).

Patlıcanlarda sera ürünlerinde 4°C'de 11. günde kontrol örnekleri tüketilemezken, 15kj/m^2 UV uygulanan örnekler orta seviyede zararlanmayla, kullanılabilir durumdadır. Daha yüksek sıcaklıkta (10°C) depolananlarda ise 14. günde bile 15 kj/m^2 doz uygulanan patlıcanlar orta seviyede (görsel değerlendirme) nitelendirilmiştir (Şekil 4.22, 4.23).

Patlıcanlarda tarla ürünlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiş, 14. günde 10°C'deki kontrol ürünleri tüketilebilir olarak nitelendirilirken, 9 ve 15 kj/m^2 dozunda UV uygulanan patlıcanlar orta seviyede zararlanmaya uğramıştır. Bu sonuçlar UV

uygulanan örneklerin görsel değerlendirmesinin kontrol grubundan daha iyi olduğunu göstermektedir (Şekil 4.22, 4.23).

Salatalıklarda görsel kalitedeki kayıplar ilk 11 gün daha yavaş, sonrasında daha fazla olmuştur (Şekil 4.18). Salatalıklar soğuk depolama sonrası hemen analiz edilince 11.gündeki görsel değerleri 6,4 iken, aynı sürede 4°C'de depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin görsel değerleri yarı yarıya düşmüş ve tüketilemez sınırına gelmiştir (Şekil 4.20) Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası salatalıklardaki görsel kalite kaybının hızlı olduğu görülmektedir ($p<0,001$).

Salatalıklarda tarla ürünlerinde 11.günde kontrol örnekleri tüketilemez duruma gelmişken, UV uygulanan 4°C'deki örnekler kullanılabilir durumda, 10°C'deki örnekler ise orta seviyede zararlanmaya uğramış olarak nitelendirilmiştir (Şekil 4.18-4.20). Salatalık sera ürünlerinde ise benzer eğilim 14. günde gözlenmiştir; 4 ve 10°C'deki kontrol örnekleri tüketilemezken, UV uygulananlar hala tüketilebilir olma durumundadır.

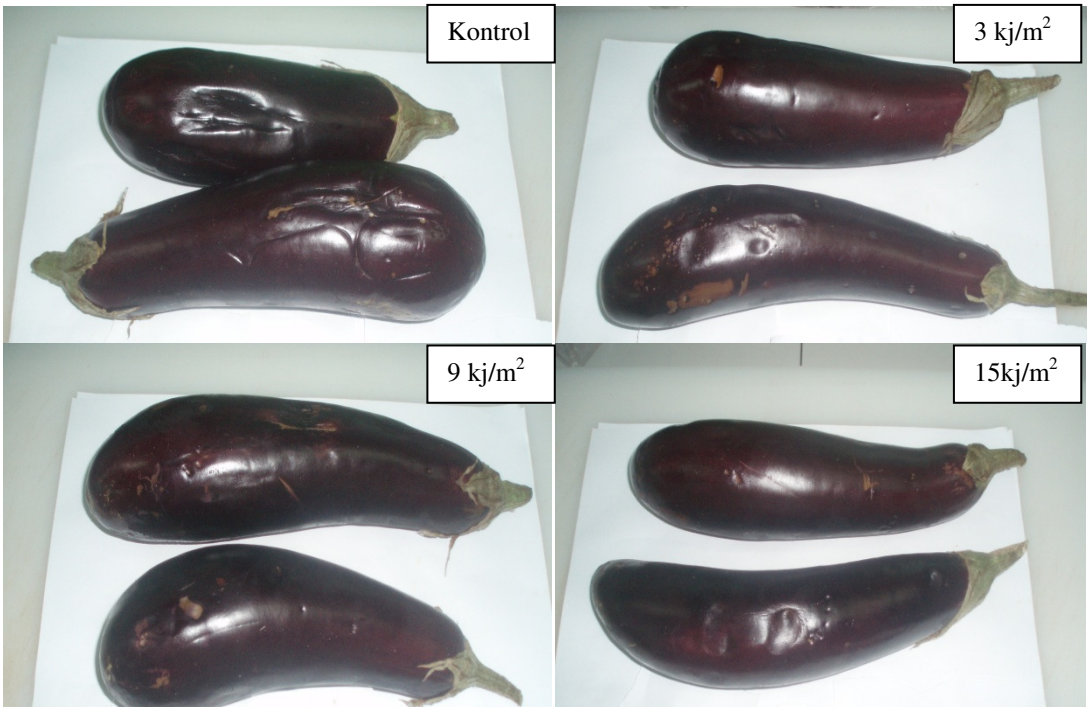
4.2.4 Sera-tarla faktörünün görsel değerlendirmeye etkisi

Patlıcanlarda sera ürünleri duyusal kalitelerini daha iyi muhafaza etmiştir ($p<0,001$). Ancak sera ürünlerinin görsel değerlendirmeleri tarla ürünlerinden sadece %6 daha fazla olduğu için, bu oranın görsel değerlendirme puanlarında önemli bir değişime neden olmadığı söylenebilir.

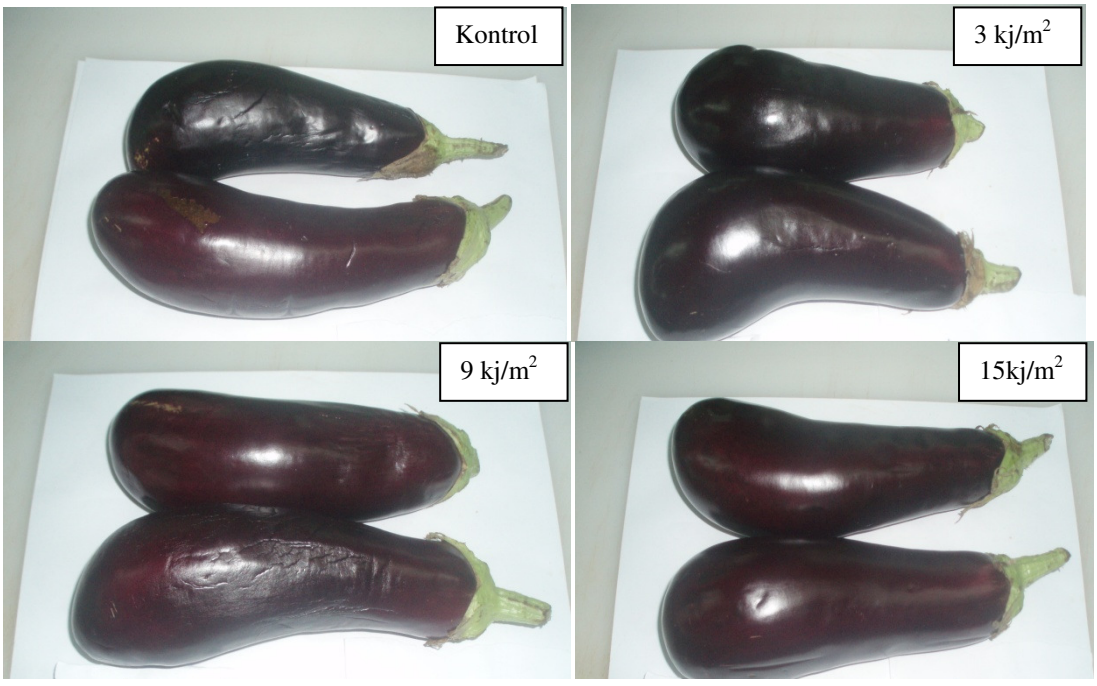
Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde patlıcanlarda tarla ürünlerinin görsel kalitesinin sera ürünlerinden (%6-12) daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.15, 4.17, 4.24, 4.25). Salatalıklarda sera-tarla arasında bir fark gözlenmemektedir.

4.2.5 Görsel kalite genel değerlendirme

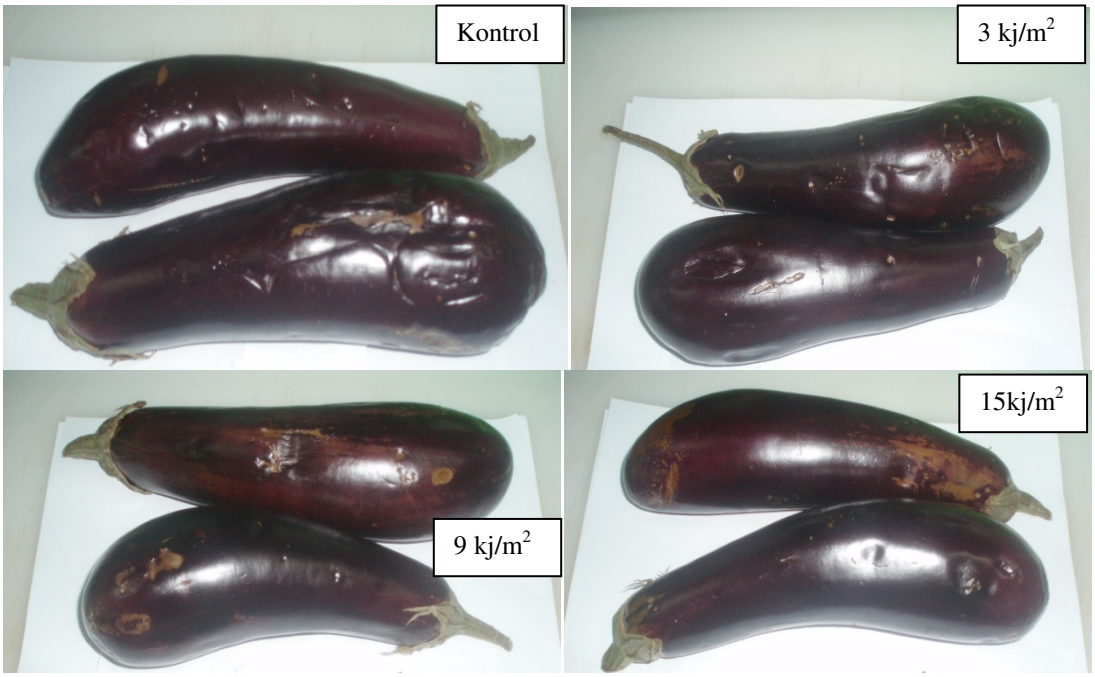
UV uygulamalarında en iyi korunum direkt analiz edilen ve soğuk depolama sonrası bir gün ortam sıcaklığında bekletilen örneklerde salatalıklarda 9 kj/m^2, patlıcanlarda ise 15 kj/m^2 dozlarında elde edilmiştir.



Şekil 4.22 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü.



Şekil 4.23 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü.



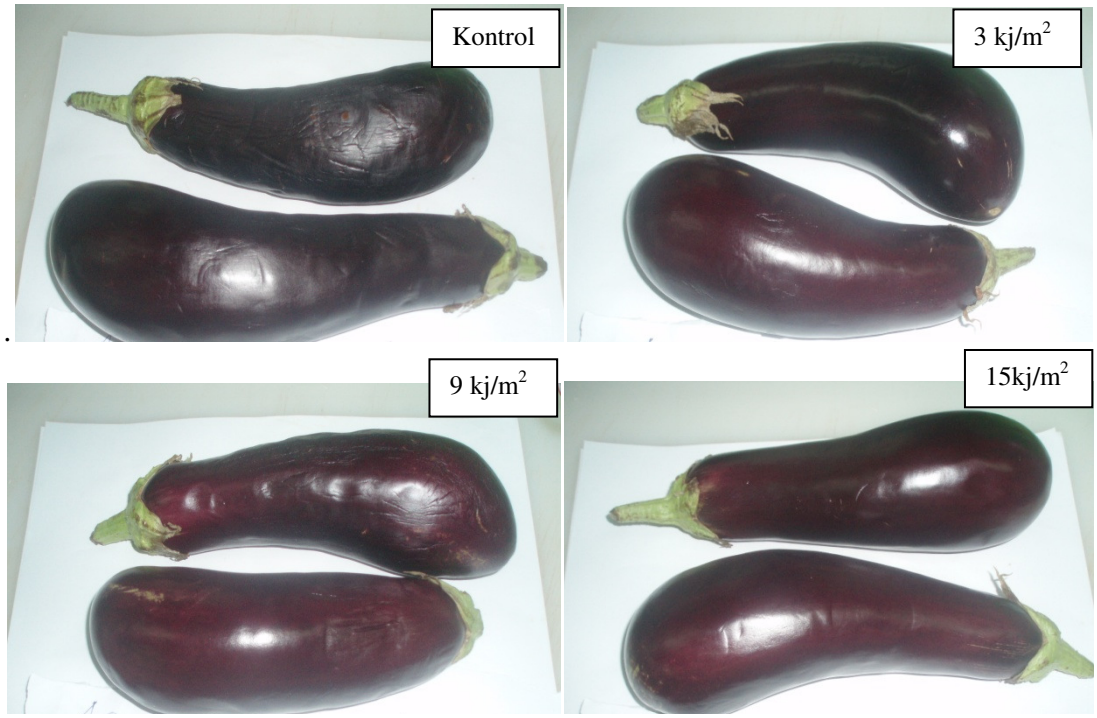
Şekil 4.24 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 14 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

Patlıcan ve salatalık verileri birlikte değerlendirildiğinde, salatalığın görsel kalitesi patlıcandan daha fazlayken, bir gün bekleme sonrası salatalıktaki kayıplar daha fazla olmuştur (Şekil 4.26-4.28). Bu da salatalıkların 20ºC'ye çıkarıldıktan sonra görsel kalitelerindeki kayıpların arttığını göstermektedir. Literatürde de salatalıklardaki soğuk zararlanması belirtilerinin daha belirgin olması için ortam sıcaklığında bekletilmesi gerektiğini belirten çalışmalar bulunmaktadır (Wang ve Qi, 1997).

Bekletilmeden analiz edilen örneklerin görsel değerleri daha yüksek olup, UV uygulamasının etkisi soğuk depo sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerde daha fazladır (kontrole göre %20 fazla).

Patlıcanda etkin doz sera ve tarla ürünlerinde 15kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Salatalıkta sera ürünlerinde yine 9 kj/m^2 (soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilenlerde 15 kj/m^2), ancak tarla ürünlerinde daha düşük doz (3 kj/m^2) UV uygulamasının daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Bu da tarla salatalıklarında daha düşük UV uygulamalarının görsel özelliklerin korunumundadaha etkili olduğunu göstermektedir. Soğuk zararlanmasında olduğu gibi görsel kalitede de patlıcanda 15 kj/m^2, salatalıkta daha düşük dozlar (9 kj/m^2) görsel kalitenin korunmasında daha etkili olmuştur. Görsel kalitede 3 ve 9 kj/m^2 dozları arasında önemli bir farklılık olmadığı için salatalıkta 3 kj/m^2 dozunun düşük

soğuk zararlanması indeksi eldesinde olduğu gibi yüksek görsel kalite sağlanmasında da yeterli olduğu etkili olduğu görülmektedir.

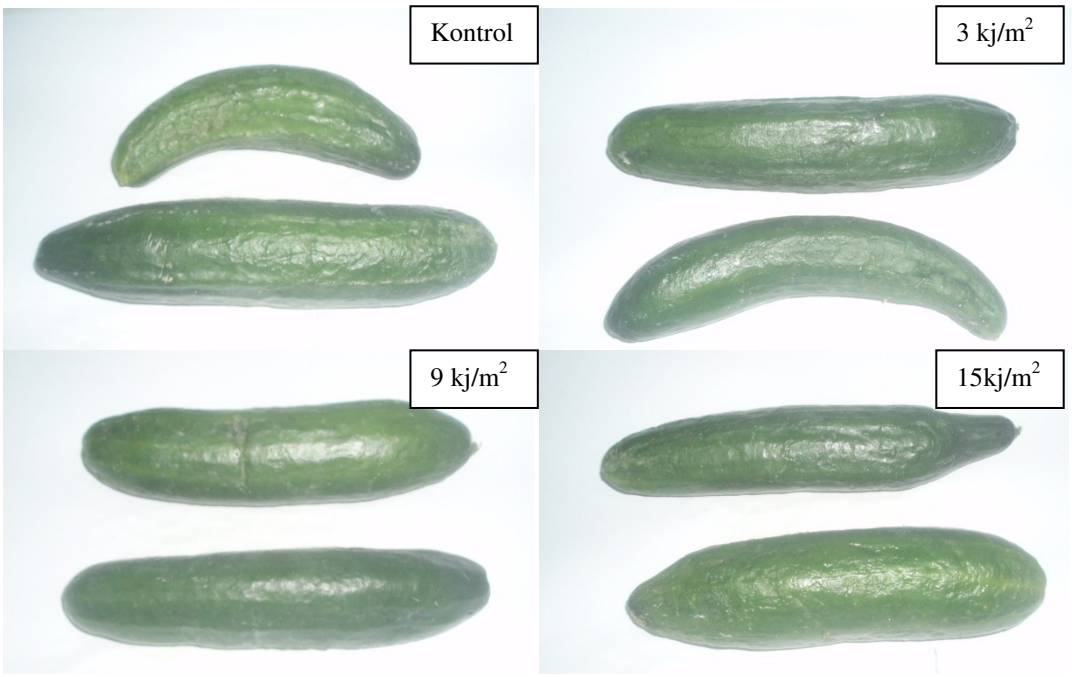


Şekil 4.25 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

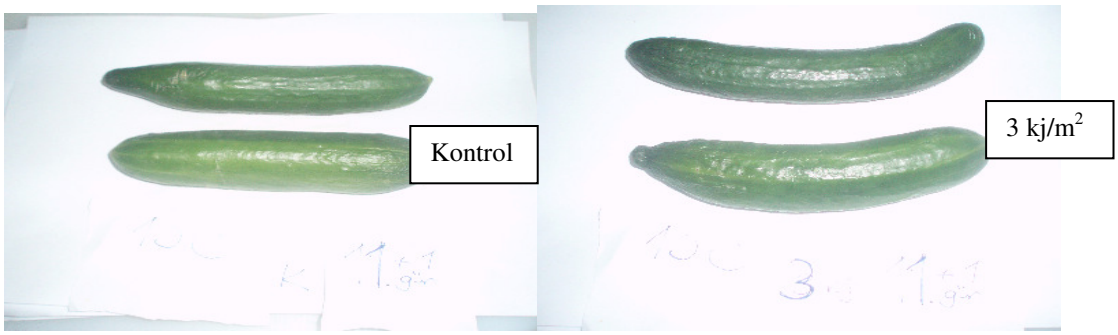


Şekil 4.26 : Serada yetişen ve 3 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 10°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.

Düşük sıcaklıkta depolanan örnekler 10°C'dekilerden daha kısa sürede tüketilebilir olma özelliklerini yitirmişlerdir. Soğukta depolanan patlıcanlarda bu süreçte özellikle kontrol örneklerinde kabukta çukurlaşma ve kararmalar, büzüşmeler görülmektedir. Salatalıklarda ise düşük sıcaklıktaki ürünlerde sap ve uç kısımlarda büzüşme, kabukta matlaşma, renk kayıpları ve sulu noktaların oluşumu gözlenmektedir (Şekil 4.29-4.33). Literatürde de patlıcanlar 10°C'nin altında muhafaza edildiğinde ilk soğuk zararlanma belirtileri yeşil sap kısmında kararmalar, parlaklık kaybı,



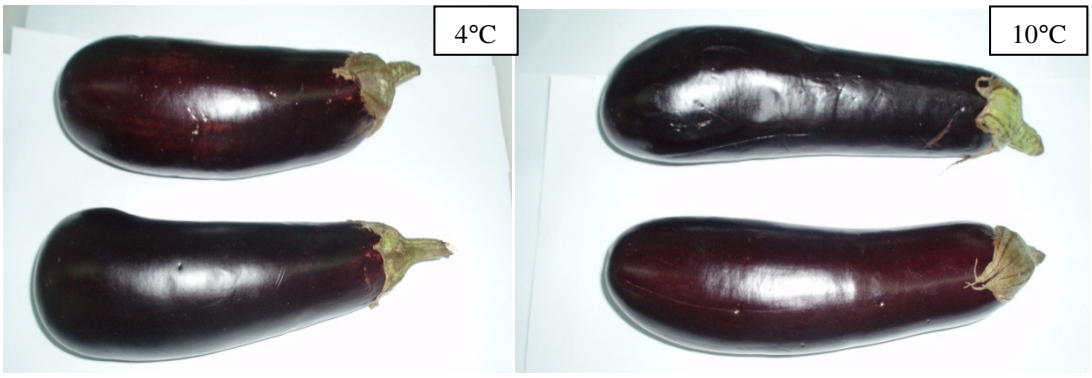
Şekil 4.27 : Serada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 4°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.



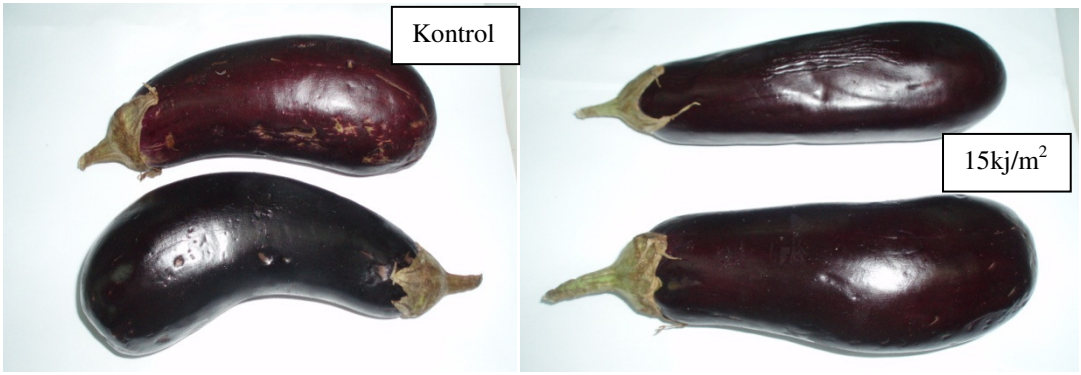
Şekil 4.28 : Serada yetişen ve 3 kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 10°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

çukurlaşma ve kabuktaki kararmalar olarak belirtilmiştir (Molinar ve diğ., 1996). Patlıcanlar 5°C'deki tüketilebilir olma özelliklerini kabuktaki yanık ve etli kısımdaki kararmaların gözlendiği 9. günde kaybetmişlerdir. Benzer soğuk zararlanması belirtileri 0°C'de muhafaza edilen patlıcanlarda da görülmüştür (Concellon ve diğ., 2005).

Patlıcanlarda yapılan çalışmalarda düşük sıcaklıklarda muhafazada (0 ve 3°C) soğuk zararlanmaları 4-5 günlük sürede gözlenmiş (Concellon ve diğ.,2007; Rodriguez ve Chavez, 2000), en az zararlanma patlıcanlar 10 gün 10°C'de depolandığında



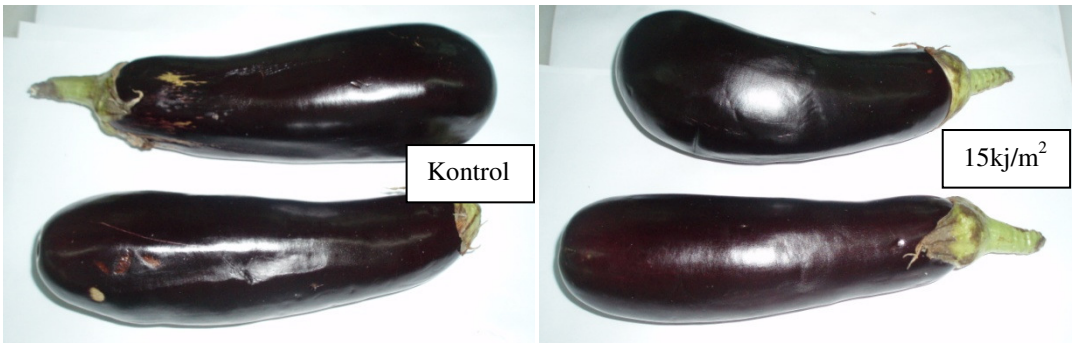
Şekil 4.29 : Tarlada yetişen ve farklı sıcaklıkta (4 ve 10°C'de) depolanan patlıcanların 4 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.



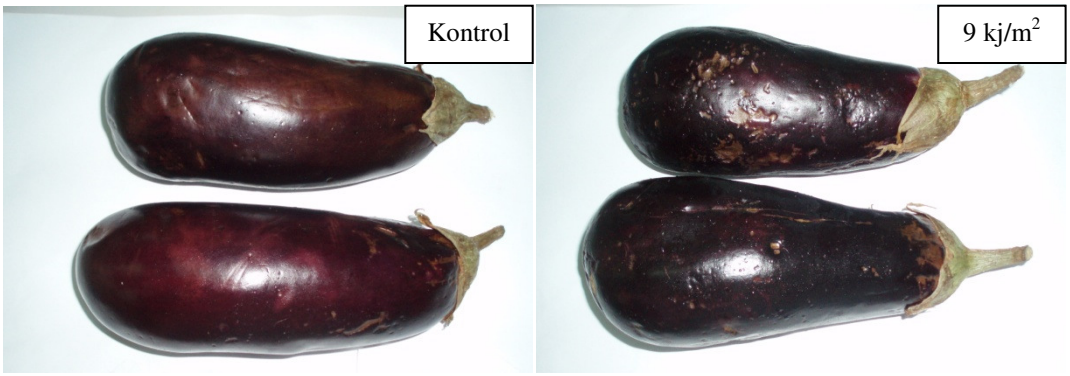
Şekil 4.30 : Tarlada yetişen ve 3 kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.

oluşmuştur. Patlıcanlar 7 veya 14°C'de LDPE (düşük yoğunluklu polietilen) veya HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) ambalaj kullanımıyla muhafaza edildiğinde raf ömrü iki haftaya kadar uzatılabilmektedir (Mohammed ve Brecht, 2003). Patlıcanlarda hasat sonrası bozulma ve çürümeleri azaltmak için UV-C (3,6 kj/m^2) sıcak suyla birlikte uygulandığında bozulmaları geciktirmede daha etkili olduğu gözlenmiştir (Karasahin ve diğ., 2005). Patlıcanlar bu uygulamayla 10°C'de %90-95 bağıl nemde daha uzun süre muhafaza edilebilmiştir. Yürütülen çalışmada da 15 kj/m^2 UV-C uygulamasıyla ambalajsız olarak depolanan patlıcanların soğuk zararlanması indeksinin daha düşük ve görsel kalitelerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu ve kontrol örneklerinden 3 gün daha fazla depolanabilir oldukları gözlenmektedir.

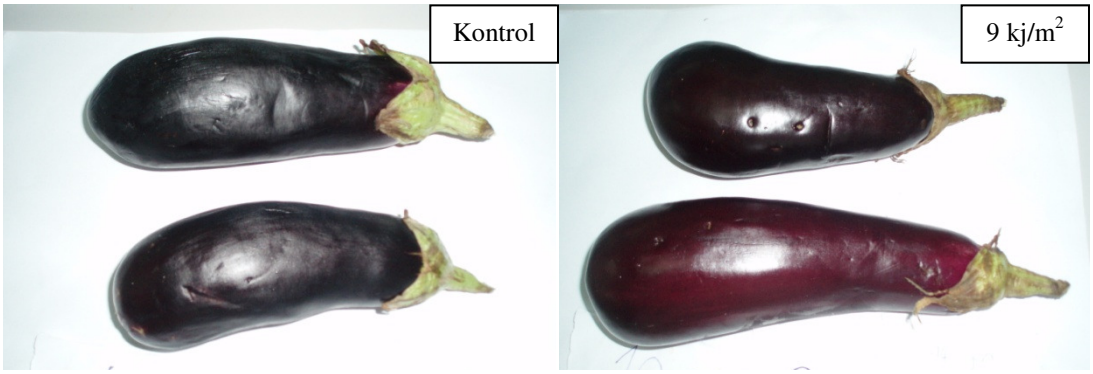
Patlıcanların düşük sıcaklıkta görsel özellikteki kayıpları salatalıktan daha fazla ve belirgindir (Şekil 4.32, 4.34). Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin görsel değerleri depolama sonrası bekletmeden analiz edilenlerden daha düşüktür.



Şekil 4.31 : Tarlada yetişen ve 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.



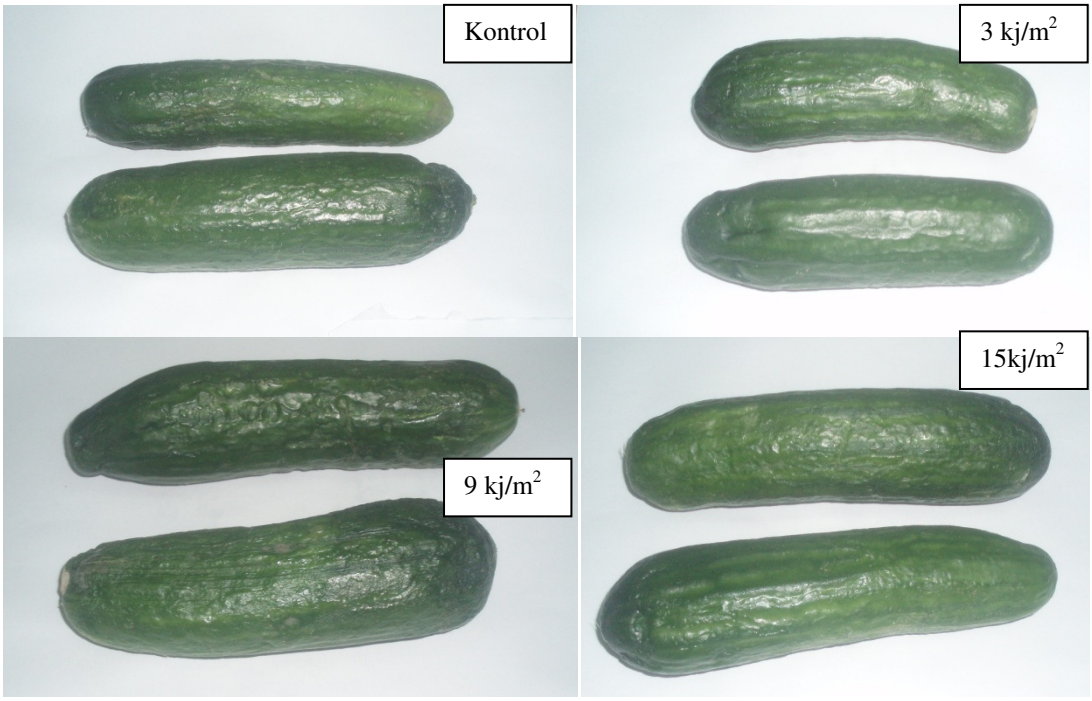
Şekil 4.32 : Tarlada yetişen ve 9 kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 4°C'de 11 gün depolama sonrası görünümü.



Şekil 4.33 : Tarlada yetişen ve 9 kj/m^2 UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) patlıcanların 10°C'de 14 gün depolama sonrası görünümü.

Depolama süresiyle birlikte görsel kalitede kayıplar olmuş, patlıcanlarda süreye bağlı lineer bir azalma gözlenmiştir. Salatalıklarda görsel kalitedeki kayıplar ilk 11 gün daha yavaş, sonrasında daha fazla olmuştur. Kontrol örnekleri 11.günde tüketilemez olurken, UV uygulanan örnekler 14 gün dayanmıştır. 11. günde UV uygulananların kabukları daha parlak ve gergin görünümdedir.

Kontrol örnekleri her iki üründe de 11. günde tüketilemez duruma gelirken, UV uygulanan örnekler aynı sürede genellikle orta kalitede nitelendirilmiş olup,



Şekil 4.34 : Tarlada yetişen ve farklı dozda (3, 9, 15 kj/m^2) UV uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) salatalıkların 4°C'de 11 gün depolama ve oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası görünümü.

kabukları daha gergin ve patlıcanlarda daha parlak, sap kısımları da daha yeşil görünümdedir (Şekil 4.30-4.32). Literatürde de salatalıkların raf ömrü konusunda benzer veriler elde edilmiş; 10°C'de muhafaza edilen salatalıkların raf ömrü 12 gün olarak belirlenmiş, bu sürenin sonunda üründe ciddi soğuk zararlanması gözlenmiştir (Saltveit, 2002). Patlıcanlarda görüldüğü gibi UV-C uygulanan hindibalarda da 4,06 ve 8,14 kj/m^2 dozlarında 7 gün, 5°C'de muhafaza sonrasında, muhtemel lignifikasyon (ligninin hücre duvarında depolanması sonucu oluşan yapıda sertleşme) sonucu, yüzeyde parlaklık ve daha sert bir yapı gözlenmiştir (Charles ve diğ., 2008). Poligalakturonaz (PG) ve pektin metilesteraz (PME) dokularda yumuşamaya neden olan başlıca hidrolazlardır (Barka ve diğ., 2000). Meyve hücre duvarında rolü olan diğer enzimler ksilanaz, glikosidaz ve selülazdır. Domateslerde UV-C uygulamalarının hücre duvarını parçalayan enzimler üzerindeki etkisine bakılan çalışmada, domateslerde olgunlaşmayla birlikte enzim aktivitelerinde artış olduğu belirlenmiştir (Barka ve diğ., 2000). Buna karşı UV-C uygulaması hücre duvarını parçalayan enzimlerin proteolizlerini teşvik edip, sentezlerini azaltarak, aktivitelerini azaltmıştır. Bunun sonucunda da UV-C uygulanan domateslerin sertliklerini daha uzun süre koruduğu söylenebilir.

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletme sonrası salatalıklardaki görsel kalite kaybının daha hızlı olduğu görülmektedir. Salatalıklarda sera-tarla arasında bir fark gözlenmemiştir. Patlıcanlarda tarla ürünleri görsel kalitelerini daha iyi muhafaza etmiştir.

Salatalıklarda soğuk zararlanması belirtilerini azaltmak ve depolama ömrünü uzatmak için yapılan uygulamalardan kontrollü atmosferde depolamada %3-5 O_2 oranı sararma ve çürümelerde birkaç günlük gecikme sağlamaktadır (Saltveit, 1997). Kontrollü atmosfer ve yüksek bağıl nem dışında 2-3 günde bir, 12 saatlik ısıtmalar soğuk zararlanmasını azaltmaktadır (Cabrera ve Saltveit, 1990; Wang ve Baker, 1979). Salatalıkların 10°C'deki muhafazasında yapılan çalışmalarda raf ömrü 12 gün olarak belirlenmiş, bu sürenin sonunda üründe ciddi soğuk zararlanması ve elektrolit sızıntısında artış gözlenmiştir (Saltveit, 2002). Polistiren köpük tabak ve polietilen streç filmle ambalajlanan salatalıklarda muhafaza öncesi 3,5,10 ve 15 dakikalık UV-C uygulamalarının 5°C'de 10 günlük muhafaza süresince soğuk zararlanmasını ve elektrolit sızıntısını azalttığı ifade edilmiştir (Kasim ve Kasim, 2008). Yürütülen çalışmada da depolama sonrası UV-C uygulanan salatalıklarda raf ömrü 14 gün olarak belirlenmiş, kontrol grubu depolamanın 11.gününde görsel olarak tüketilemez duruma gelmiştir.

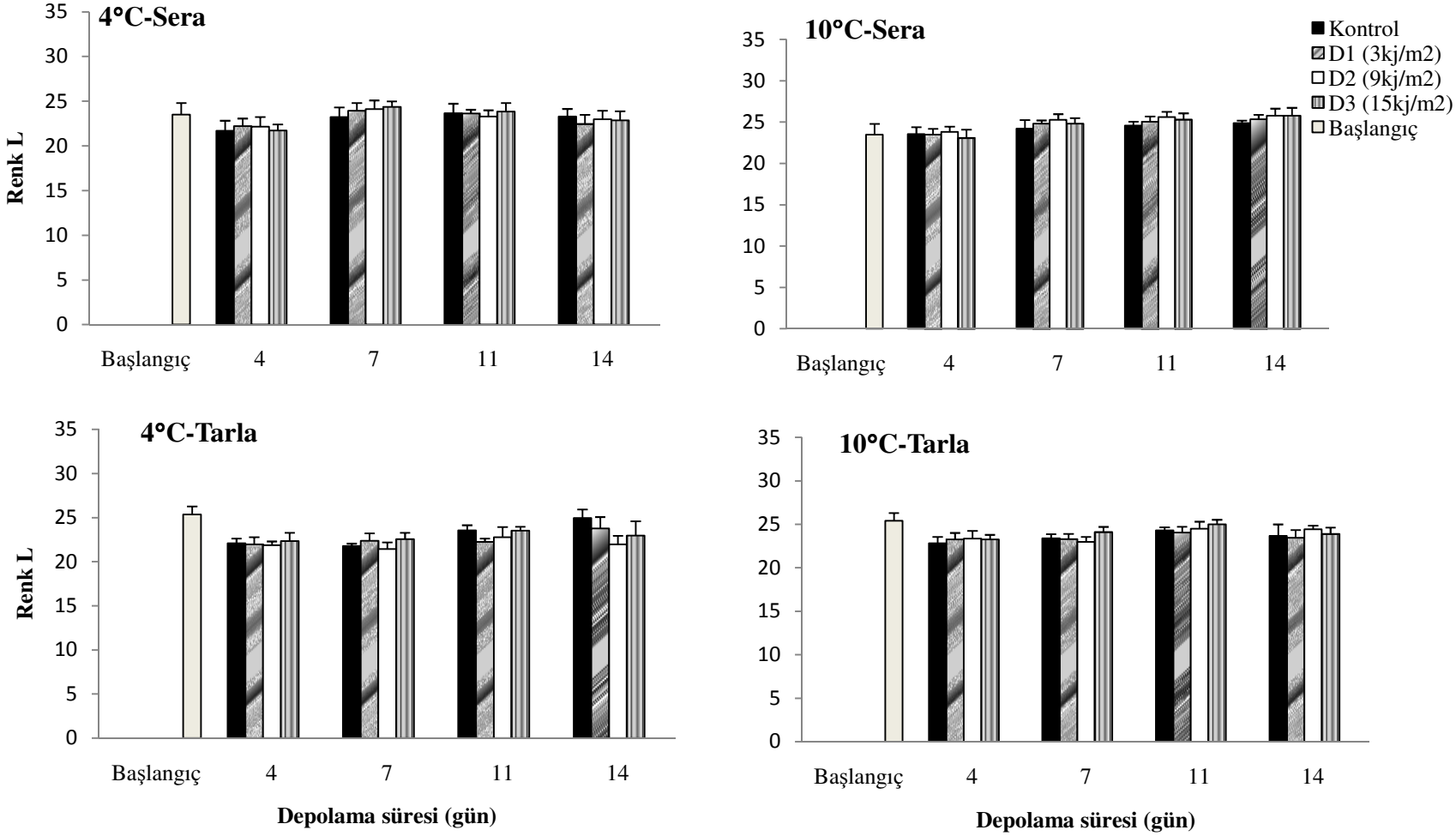
4.3 Renk L Değeri

4.3.1 UV dozunun renk L değerine etkisi

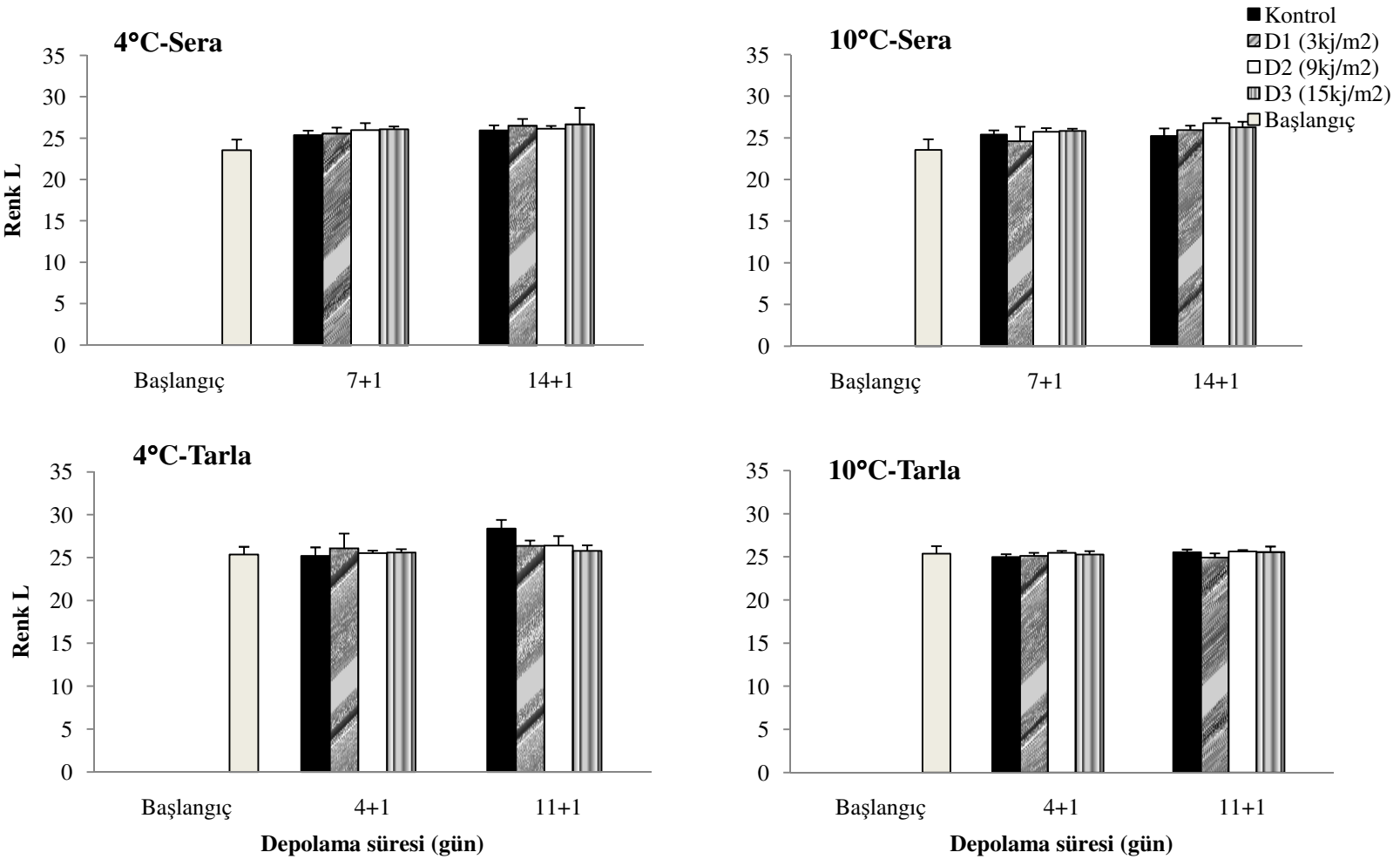
Patlıcanda UV dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsizken, en yüksek renk L değeri 15 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4.35, 4.37). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların renk L değeri %5,8 oranında daha yüksektir($p<0,001$).

Patlıcanda düşük sıcaklıkta en iyi renk L korunumu kontrol örneklerinde olurken, yüksek sıcaklıkta 9 kj/m^2 UV uygulaması başlangıca en yakın renk L eldesini sağlamıştır ($p<0,001$, Şekil 4.37).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde sadece patlıcanda sıcaklık-doz etkileşimi önemli bulunmuştur ($p<0,05$, Şekil 4.36, 4.38).



Şekil 4.35 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk L değeri üzerine etkisi.



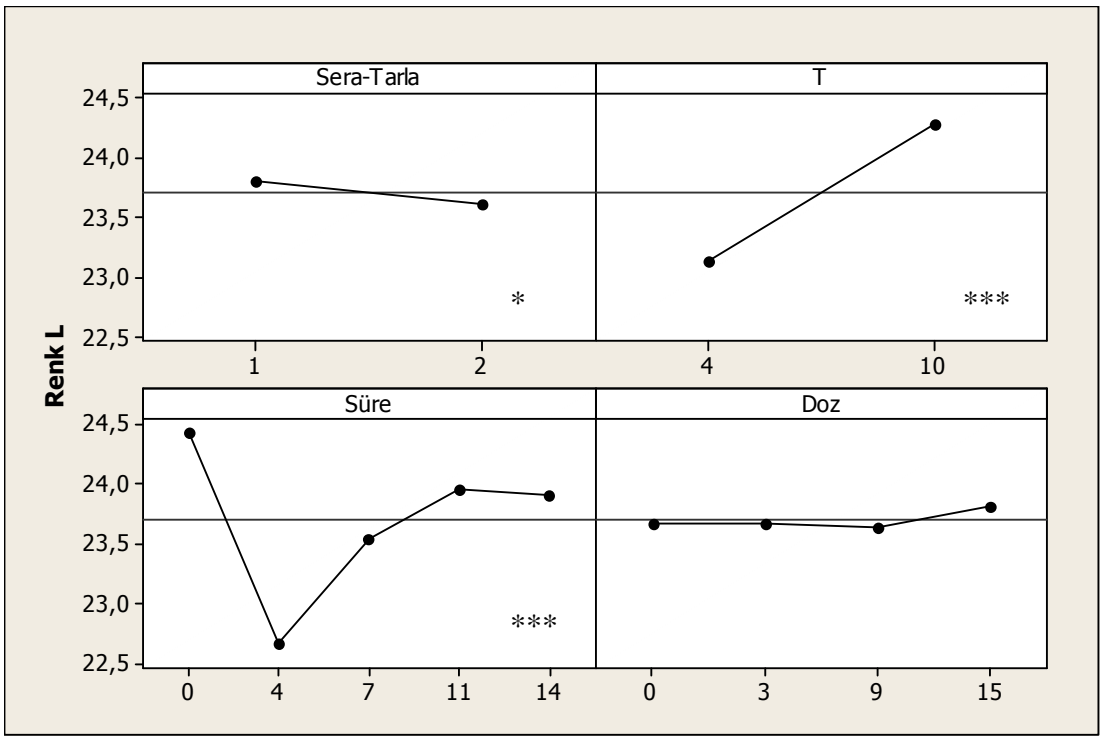
Şekil 4.36 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk L değeri üzerine etkisi.

Patlıcanda 4°C'de depolamada UV uygulaması L değerini azaltmış, 10°C'de ise özellikle 9 ve 15 kj/m^2 uygulamaları artırıcı (%2) etki yaratmıştır. En az değişim 4°C'de 9 kj/m^2, 10°C'de ise kontrol uygulamasındadır.

Renk L değerinin zamana bağlı değişimi farklılık göstermekle birlikte başlangıca en yakın değerler 3 ve 9 kj/m^2 dozlarında gözlenmiştir ($p<0,05$). Depolama süresince bir gün bekletilen ürünlerde başlangıca en yakın renk L değeri 4. günde 9 kj/m^2, 11. gündeyse 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,05$).

UV uygulamasının sera-tarla üzerindeki etkisi sadece patlıcanda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sera ürünlerinin hepsinde UV uygulaması renk L değerini artırıcı etki yaparken, tarla ürünlerinde 15 kj/m^2 uygulaması renk L değerinde en az değişimin olmasını sağlamıştır.

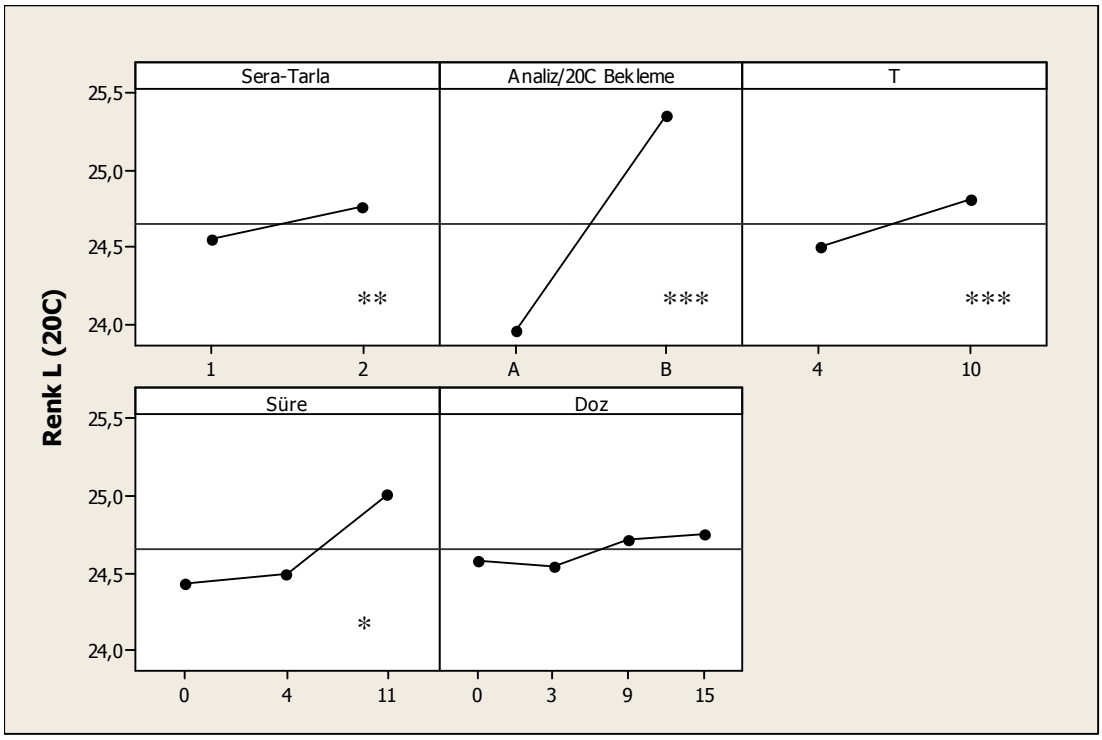
Salatalıkta başlangıç değerine en yakın renk L değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$). Diğer dozların salatalıkta renk L değerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir ($p<0,05$, Şekil 4.39, 4.41).



Şekil 4.37 : Patlıcanlarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası salatalıklarda 15 kj/m^2 uygulamasıyla başlangıç değerine yakın renk L değeri elde edilmiştir ($p<0,01$, Şekil 4.40, 4.42). Depolama süresi boyunca renkteki değişim %3 oranından daha düşük olup, renk L değerinde depolama süresince önemli bir değişim olmadığı görülmektedir.

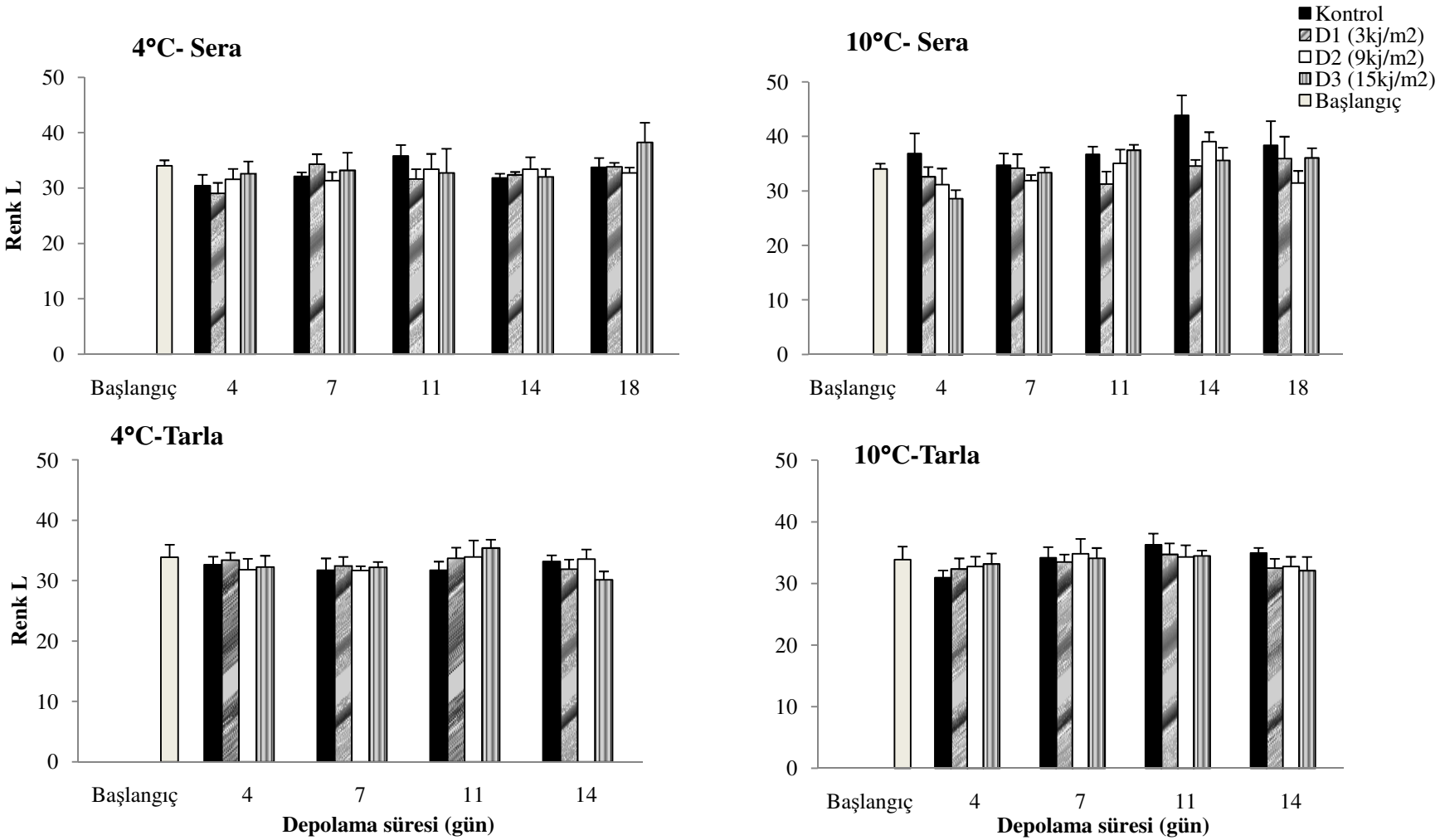
Salatalıkta 4°C'de depolamada renk L değerleri daha düşük olmakla birlikte en az değişim 9 kj/m^2 uygulamasındadır ($p<0,001$).10°C'de depolanan ürünlerde ise 3 kj/m^2 dozu başlangıç değerine en yakın renk L değerinin korunumunu sağlamıştır (Şekil 4.41).



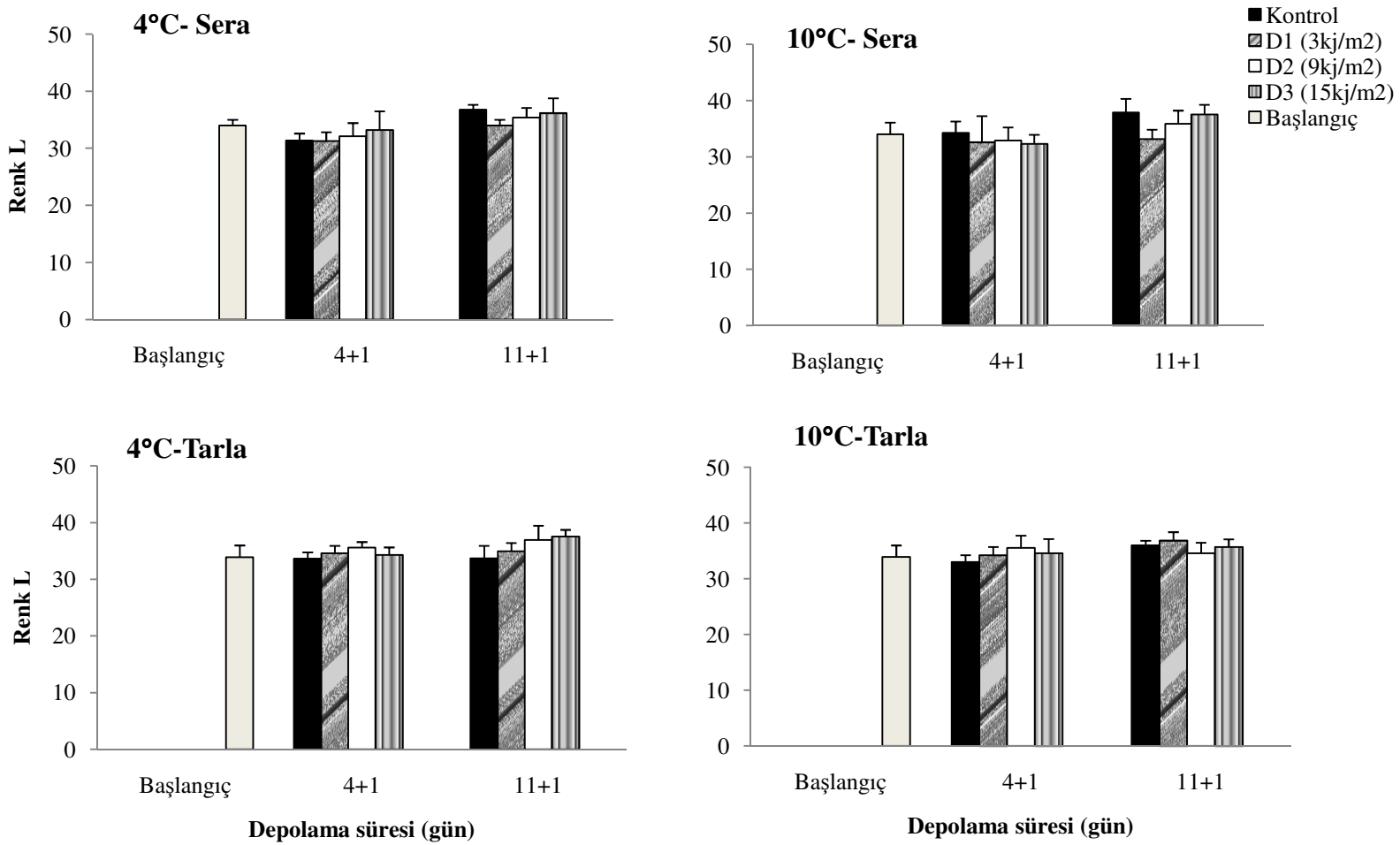
Şekil 4.38 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıkta depolamanın sonunda başlangıç değerine en yakın renk L değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$). Salatalıklarda düşük doz uygulamasında başlangıç değerinden sadece %1,4 daha düşük renk L değeri elde edilmiştir.

Salatalıkta depolama sonrası bir gün bekletilen ürünlerde başlangıca en yakın değer 3kj/m^2 dozunda elde edilmiştir (Şekil 4.40, 4.42).



Şekil 4.39 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk L değeri üzerine etkisi.

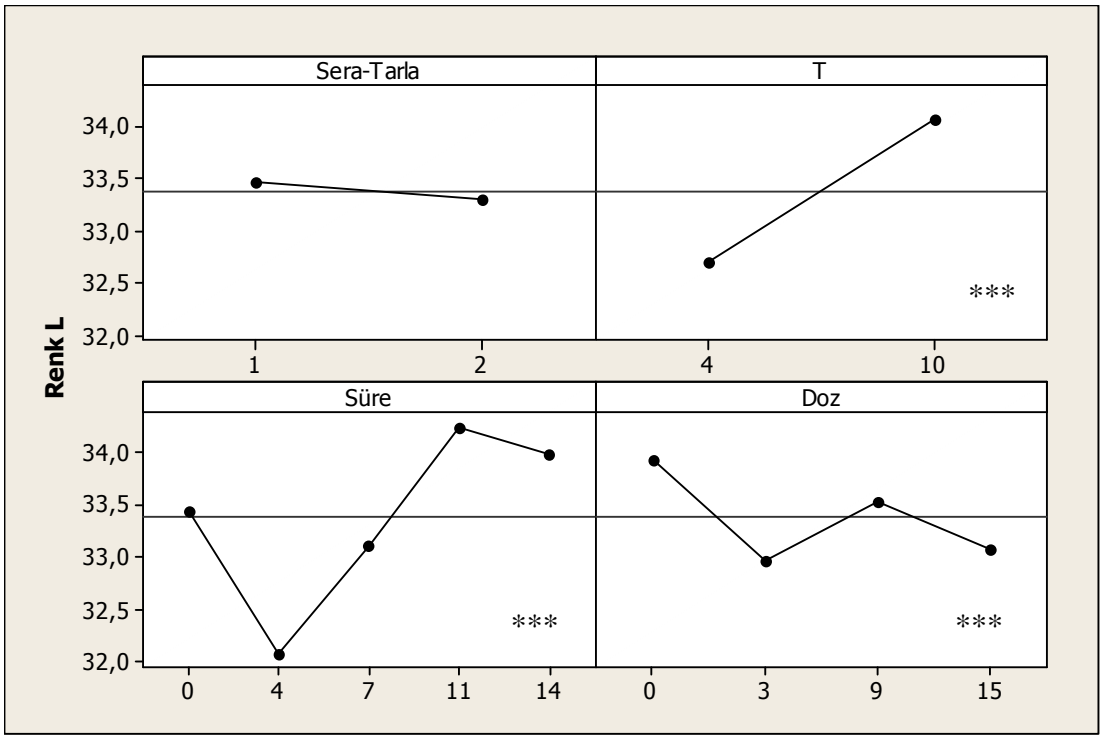


Şekil 4.40 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk L değeri üzerine etkisi.

Salatalıklarda sera ve tarla ürünlerinde en az değişim 15 kj/m^2 dozunda olmuştur. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkların tarla ürünlerinde UV doz uygulamasıyla renk L değerinde artış olurken, sera ürünlerinde 3 kj/m^2 uygulaması L değerini %2 oranında azaltmıştır ($p<0,05$, Şekil 4.42).

4.3.2 Sıcaklığın renk L değerine etkisi

Paatlıcan ve salatalıkta yüksek sıcaklıktaki renk L değeri daha yüksek olup, örneklerin ilk değerine daha yakındır ($p<0,001$, Şekil 4.35, 4.39). Bu da yüksek sıcaklıkta depolamanın ürünlerin parlaklığının korunumunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Salatalık ve patlıcanda her iki sıcaklıkta da 4.günde bir azalma olmuş, daha sonra renk L değerinde artış gözlenmiştir. Bu artışın oranı 10°C'de muhafaza edilen örneklerde daha fazladır ($p<0,001$). Başlangıç değerine göre değişim %10'dan düşük orandadır.

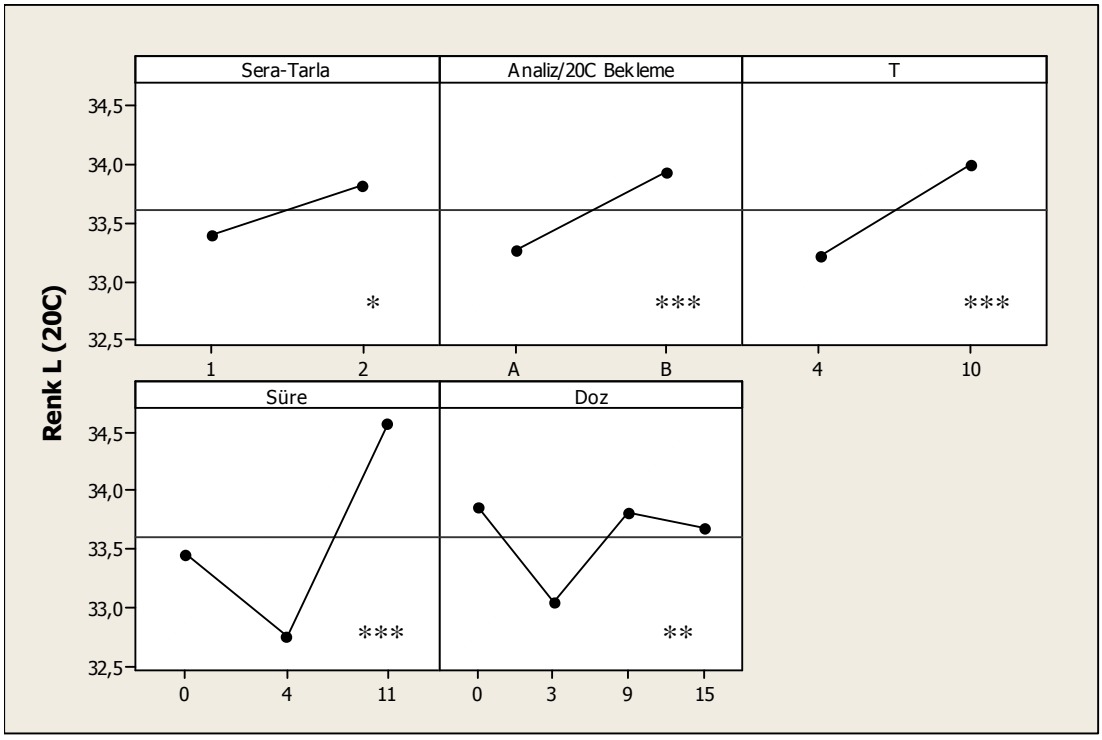


Şekil 4.41 : Salatalıklarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerde de 10°C'dekilerin renk L değeri daha yüksektir ($p<0,001$, Şekil 4.38, 4.42). Her iki üründe de yüksek sıcaklıktaki L değeri daha yüksektir ($p<0,05$). Ancak iki sıcaklık arasındaki fark %2 gibi bir oran olduğu için depolama sıcaklığının bir gün bekletilen ürünlerde renk L değerinde önemli bir farklılık yaratmadığı söylenebilir.

Sera ve tarla ürünlerinde yüksek sıcaklıktaki depolamada renk L değeri daha yüksek olup, sera ürününün 10°C'deki değeri tarla ürününden daha yüksektir ($p<0,05$). Patlıcanda sera ve tarla ürünlerinin 4°C'deki renk L değerleri aynıyken, yüksek sıcaklıkta sera ürünlerinin rengi daha yüksektir ($p<0,01$).

Salatalıkta düşük sıcaklıkta tarla, yüksek sıcaklıkta depolamada ise sera ürünlerinin renk L değeri daha yüksektir ($p<0,01$). Ancak aradaki fark %2-3 gibi çok küçük bir orandır.



Şekil 4.42 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk L değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.3.3 Depolama süresinin renk L değerine etkisi

Depolama süresiyle birlikte patlıcan ve salatalıkların renk değerlerinde çok fazla bir değişim olmamıştır ($p<0,001$, Şekil 4.37, 4.41). Depolama süresiyle birlikte ilk 4 günlük süreçteki düşüş ve daha sonra görülen artışla birlikte ürünlerin renk L değerinin başlangıç değerine yakın olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Sadece salatalıkta, depolama sonundaki değer başlangıç değerinden %1,5 daha fazladır.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin renk L değerleri %3,5 daha yüksek olup, zamana bağlı renk L değerlerinde artış gözlenmiştir ($p<0,001$).

Depolama süresiyle birlikte renk L değeri de özellikle 11. günde artmıştır ($p<0,001$). Ancak süreyle birlikte değişim %5'den düşük olduğu için çok önemli olarak nitelendirilmemektedir ($p<0,05$).

Patlıcanda da 4. gündeki düşüşten sonra serada 7. gün, tarlada 11.günde renk L değerinde artış gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.37). Depolama süresinin sonunda sera ürünlerinde %3 oranında bir artış olurken, tarla ürünlerinde %7 oranında azalma gözlenmiştir. Toplam fark %10 oranından daha düşük olduğu için depolama süresince patıcanların renk L değerinde çok büyük bir değişim olmadığı düşünülmektedir.

Salatalıkta hemen analiz edilen örneklerde olduğu gibi 4.günde renk L değerleri %3 oranında azalmıştır ($p<0,05$).

Salatalıkta sera ürünlerinde 4. gündeki azalmadan sonra depolama süresince renk L değeri artmıştır ($p<0,001$, Şekil 4.41). Tarla ürünlerinde ise benzer şekilde 4.gündeki azalmayla birlikte 11.güne kadar artış olmuş, sonrasında 14. günde tekrar azalma gözlenmiştir. Renk L değişimi depolama süresince %10'dan daha düşük oranda olmuştur (%3-7).

4.3.4 Sera-tarla faktörünün renk L değerine etkisi

Patlıcanda sera ürünlerinin değeri başlangıç değerine daha yakındır ($p<0,05$). Bununla birlikte sera ve tarla ürünlerinin renk L değerleri arasındaki fark sadece %1 oranındadır.

Renk L değişimi serada yetişen salatalıklarda önemli değildir.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası tarla ürünlerinin renk L değeri sera ürünlerinden daha yüksektir ($p<0.01$). Ancak sera-tarla ürünlerinin renk L değerleri arasındaki fark %5'den küçüktür.

4.3.5 Renk L değeri genel değerlendirme

Patlıcanda UV dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsi değildir. Salatalıkta başlangıç değerine en yakın renk L değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda 15 kj/m^2 uygulamasıyla başlangıç değerine yakın renk L değeri elde edilmiştir.

Patlıcan ve salatalığın tüm verileri birlikte değerlendirildiğinde yüksek sıcaklıktaki renk L değeri daha yüksek olup, örneklerin ilk değerine daha yakındır. Bu da yüksek sıcaklıkta depolamanın ürünlerin parlaklığının korunumunda daha etkili olduğunu göstermektedir. Ancak soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilenlerde iki depolama sıcaklığı arasındaki fark %2 gibi bir oran olduğu için depolama sıcaklığının bir gün bekletilen ürünlerde renk L değerinde önemli bir farklılık yaratmadığı söylenebilir.

Patlıcanda 4°C'de en iyi renk L korunumu kontrol örneklerinde olurken, 10°C'de 9 kj/m^2 UV uygulaması başlangıca en yakın renk L eldesini sağlamıştır.

Salatalıkta 4°C'de en az değişim 9 kj/m^2 uygulamasında, 10°C'deki ürünlerde ise 3 kj/m^2 dozu başlangıç değerine en yakın renk L değerinin korunumunu sağlamıştır.

Literatürdeki verilerde düşük sıcaklıkta (0 ve 5°C'de) muhafaza edilen patlıcanlarda 6. ve 8. günkü analizlerde soğuk zararlanması renkte parlaklık kaybı (düşük L) değeriyle kendini göstermiştir (Concellon ve diğ., 2004; Concellon ve diğ., 2007). Yürütülen çalışmada da her iki sıcaklıkta da 4. günde bir azalma olmuş, daha sonra renk L değerinde artış gözlenmiştir. Bu artışın oranı 10°C'de depolanan örneklerde daha fazladır. Başlangıç değerine göre değişim %10'dan düşük orandadır.

Sera ve tarla ürünlerinin iki farklı sıcaklıkta depolanmaları sırasında aralarındaki fark %2-3 gibi çok küçük bir orandır. Renk L değişiminde sera-tarla farkı genel değerlendirme ve salatalıkta önemsizken, patlıcanda sera ürünlerinin değeri başlangıç değerine daha yakındır.

Patlıcan ve salatalıklarda depolama süresiyle birlikte ilk 4 günlük süreçteki düşüş ve daha sonra görülen artışla birlikte ürünlerin renk L değerinin başlangıç değerine yakın olduğu görülmektedir. İlk 4 gündeki azalma soğuk zararlanmasıyla ilişkilendirilirken, daha sonraki artışların yüzeyde sulu görünüm ve UV etkisiyle kabukların daha parlak gözükmesiyle bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak bakıldığında renk L değişimi depolama süresi, sıcaklık ve UV uygulamalarından istatistiksel olarak etkilenmiş gözükmekle birlikte değişim oranları

5-10 seviyelerinden daha az olduğu için renk L değerinin salatalık ve patlıcanda çok fazla değişmediği söylenebilir.

4.4 Renk a Değeri

4.4.1 UV dozunun renk a değerine etkisi

UV uygulaması patlıcanda istatistiksel olarak önemli değildir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların renk a değeri daha düşüktür ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanda 3kj/m^2 UV uygulanan ürünlerin renk a değeri başlangıç değerine yakındır ($p<0,001$, Şekil 4.43-4.46).

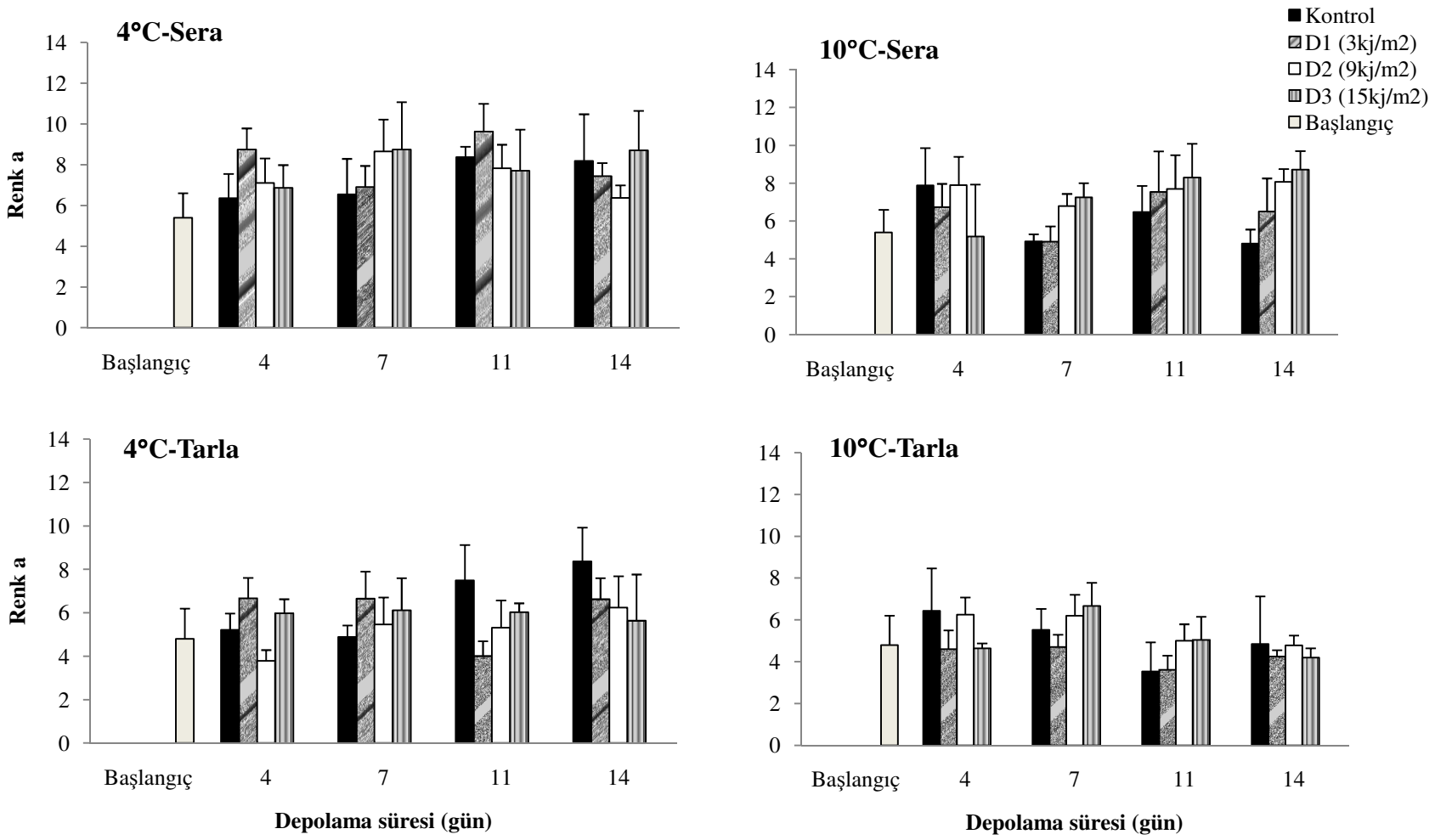
Patlıcanda başlangıç değerine en yakın uygulama düşük sıcaklıktaki ürünlerde 9 kj/m^2 UV uygulamasında, 10°C'de depolamada ise 3 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir ($p<0,001$).

Patlıcanda depolama süresince renk a değeri artmış, başlangıca en yakın değer 11. ve 14.günlerde 3 kj/m^2 UV uygulananlarda gözlenmiştir ($p<0,01$, Şekil 4.45). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda depolama süresince en iyi renk a korunumu 3kj/m^2 ile kontrol örneklerinde olmuştur ($p<0,001$).

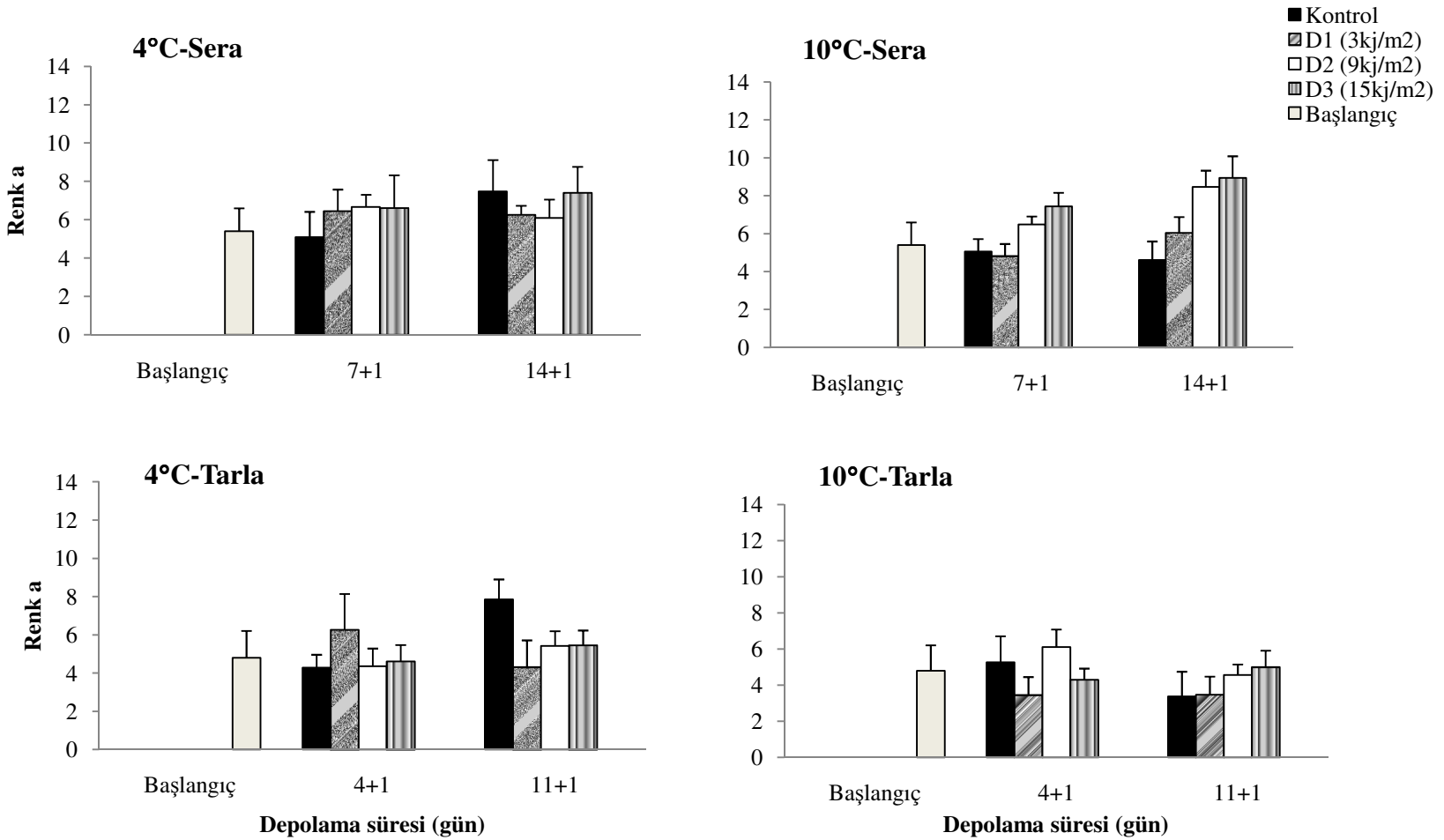
Patlıcanda sera ürünlerinde başlangıç renk a değerine en yakın değer kontrol örneğinde, tarla ürünlerinde ise 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,01$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanda UV uygulaması renk a değerinde sera ürünlerinde artış (%24), tarla ürünlerinde azalmaya neden olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.44, 4.46). Sera ürünlerinde kontrol, tarlada ise 3kj/m^2 uygulamasında en iyi renk a korunumu sağlanmıştır.

Salatalıkta başlangıç değerine en yakın renk a değeri 3 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,05$; Şekil 4.47-4.50).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkta 3kj/m^2 UV uygulanan ürünlerin renk a değeri başlangıç değerine yakındır ($p<0,001$, Şekil 4.48). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda bekletilen örneklerin renk a değeri daha yüksektir (%41).



Şekil 4.43 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk a değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.44 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk a değeri üzerine etkisi.

Salatalıkta düşük sıcaklıkta UV'nin renk a korunumuna bir etkisi olmamıştır. En iyi korunum kontrol örneklerindedir. 10°C'de ise düşük doz (3 kj/m^2) uygulamasıyla başlangıca yakın renk a değeri elde edilmiştir ($p<0,05$).

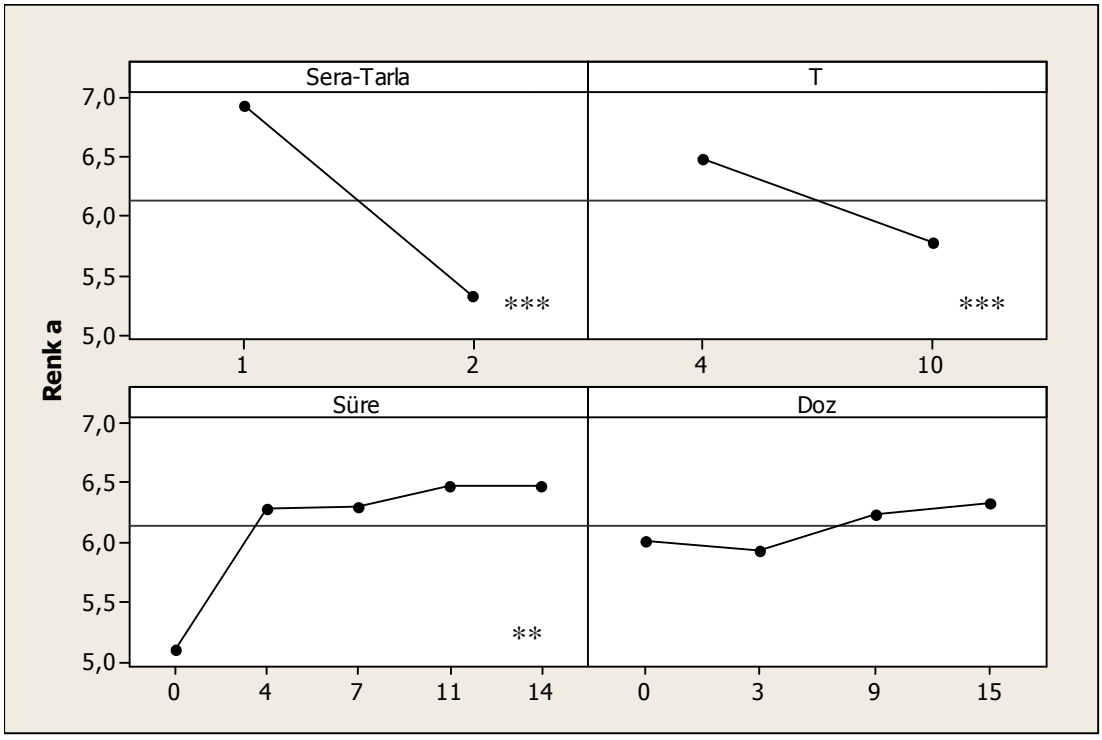
Salatalıkta depolama süresince başlangıca en yakın değer 3 kj/m^2 UV uygulananlarda gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.49).

Salatalıkta soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası ilk 4 günde renk a değerinde önemli bir fark gözlenmezken, 11.günde 3 kj/m^2 UV uygulamasında en iyi korunum sağlanmıştır ($p<0,001$).

Salatalıkta sera ürünlerinde 3 kj/m^2 dışındaki uygulamalarda renk a değeri azalırken (%19), tarla ürünlerinde ise 9 kj/m^2 dışında, renk a değerinde artış gözlenmiş, 4. gündeki artışı takiben 11.gündeki azalma sonrası başlangıç değerine yakın bir renk a değeri gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.47, 4.49).

4.4.2 Sıcaklığın renk a değerine etkisi

Patlıcan ve salatalıkta 10°C'de depolanan ürünlerin renk a değeri 4°C'dekilerden daha düşüktür ($p<0,001$). Düşük sıcaklıkta patlıcanda %12, daha yüksek renk a değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.45 : Patlıcanlarda renk a değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

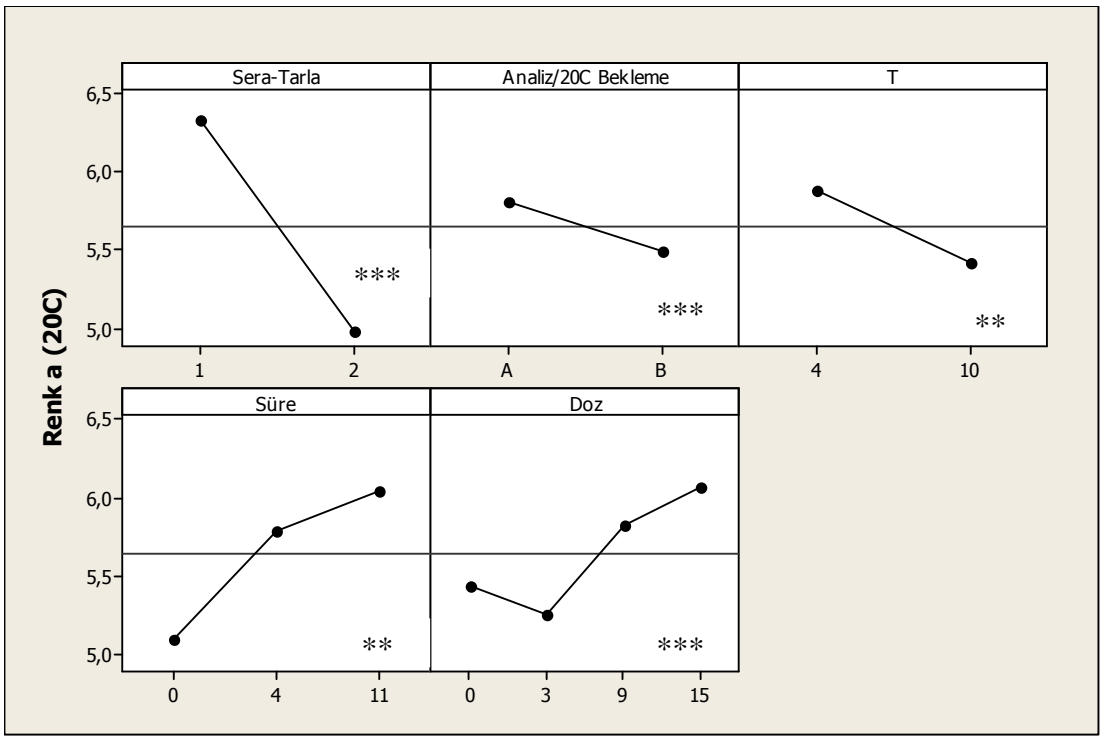
Patlıcanda her iki sıcaklıkta depolamada da renk a değeri artmıştır (p<0,001, Şekil 4.43). Düşük sıcaklıkta bu artış zamanla birlikte sürekli olurken, 10°C'de ilk 4 gündeki artışı takiben az da olsa azalma olmuştur. Düşük sıcaklıktaki ürünlerin depolama süresince renk a değeri 10°C'dekilerden daha yüksektir. Bu sonuçlar zamana bağlı olarak patlıcanda kararma, renk değişimlerinin olduğunu, 4°C'de bu değerlerin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilenlerde de 10°C'de depolanan örneklerin renk a değeri %14 oranında daha düşüktür olup (p<0,001).

Patlıcanda her iki sıcaklıkta depolamada renk a değerinde artış olmuş, ancak 4°C'deki artış daha yüksek (%28) orandadır (p<0,001).

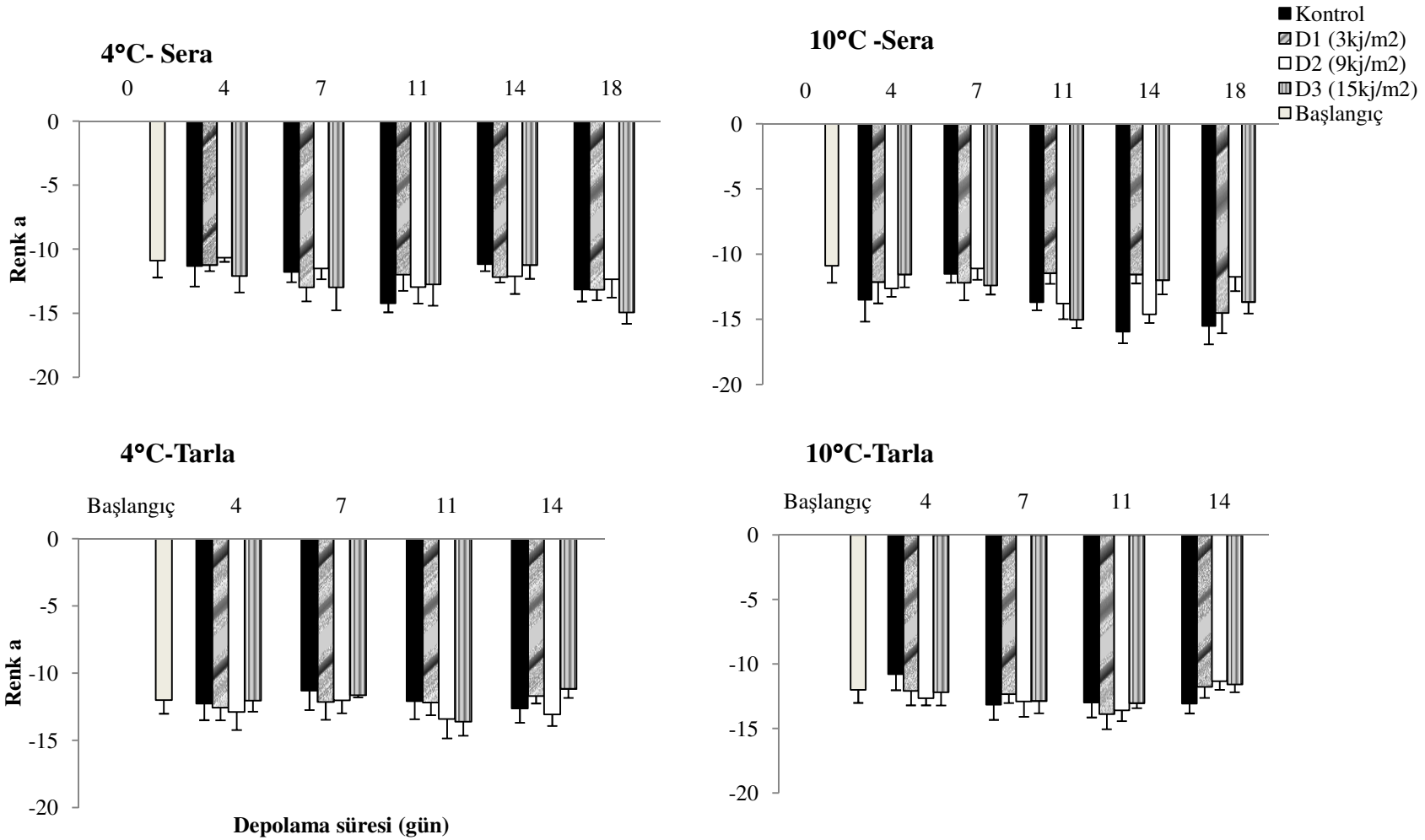
Salatalıkta 10°C'de depolanan ürünlerin renk a değeri 4°C'dekilerden daha düşüktür (p<0,001). Düşük sıcaklıkta salatalıkta %3 daha yüksek renk a değeri elde edilmiştir.

4.4.3 Depolama süresinin renk a değerine etkisi

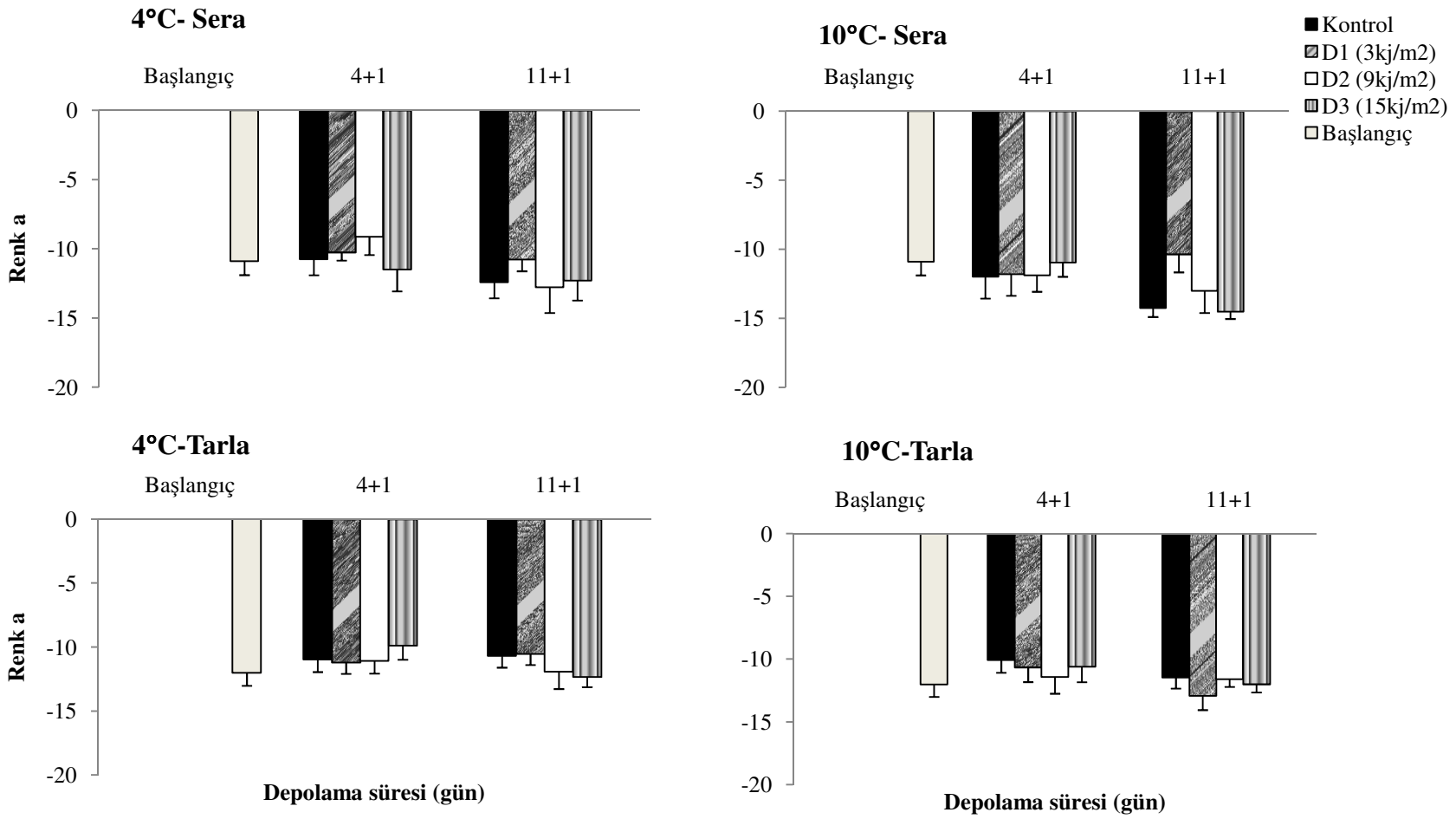
Depolama süresince patlıcanların renk a değerinde artış gözlenmiştir (p<0,001, Şekil 4.45).



Şekil 4.46 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk a değeri değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).



Şekil 4.47 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk a değeri üzerine etkisi.

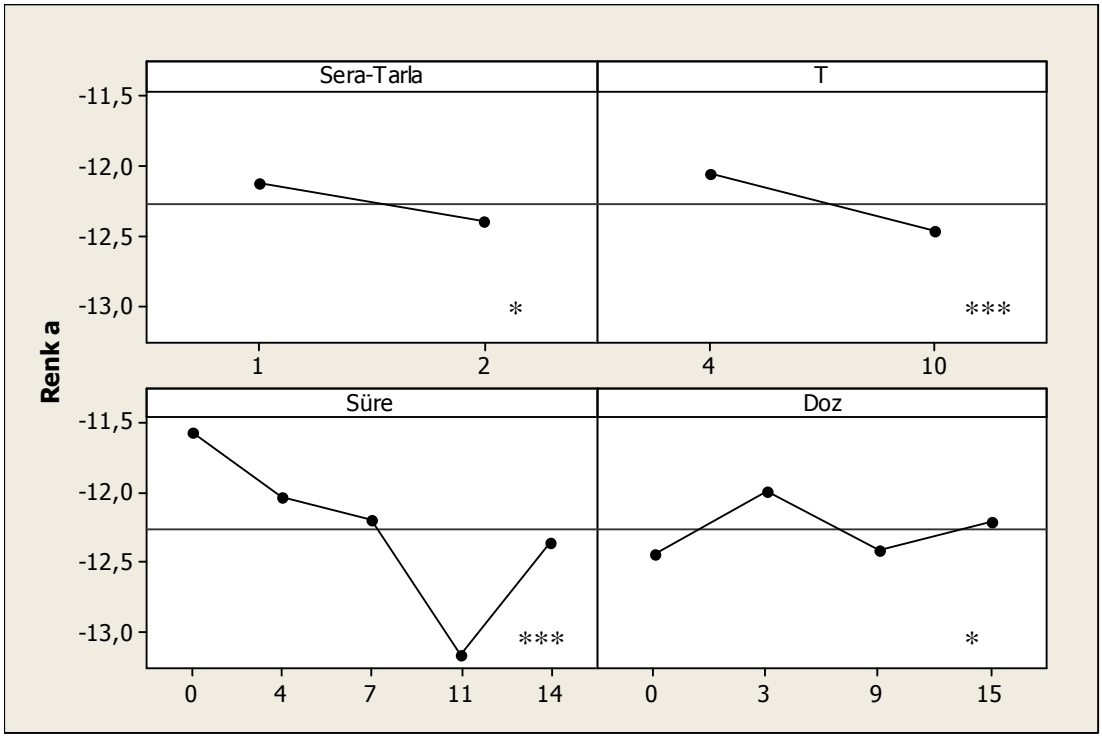


Şekil 4.48 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk a değeri üzerine etkisi.

Patlıcanlarda özellikle 4.günde renk a değerinde artış (%24) , sonrasında depolama süresince daha düşük oranda artış gözlenmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda depolama süresiyle birlikte patlıcanlarda renk a değeri artmıştır ($p<0,001$).

Patlıcanda depolamanın 4. ve 11. günde renk a değerinde lineer bir artış (%18) gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.45).

Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası bekletmeden analiz edilen ürünlerde ilk 4 gündeki renk a değerindeki artış, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerden daha fazla olup, 11. günde büyük bir değişim olmamıştır ($p<0,01$). Bir gün bekletilen patlıcanlarda süreyle birlikte renk a değerinde lineer bir artış olurken, değerler direkt analiz edilenden daha azdır.



Şekil 4.49 : Salatalıklarda renk a değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanlarda hem sera hem de tarla ürünlerinde depolama süresince renk a değerinde artış olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.45). Ancak sera ürünlerindeki artış daha yüksek oranda (%37) olmuştur. Bu da patlıcanlarda sera ürünlerinde depolama süresince renk değişiminlerinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

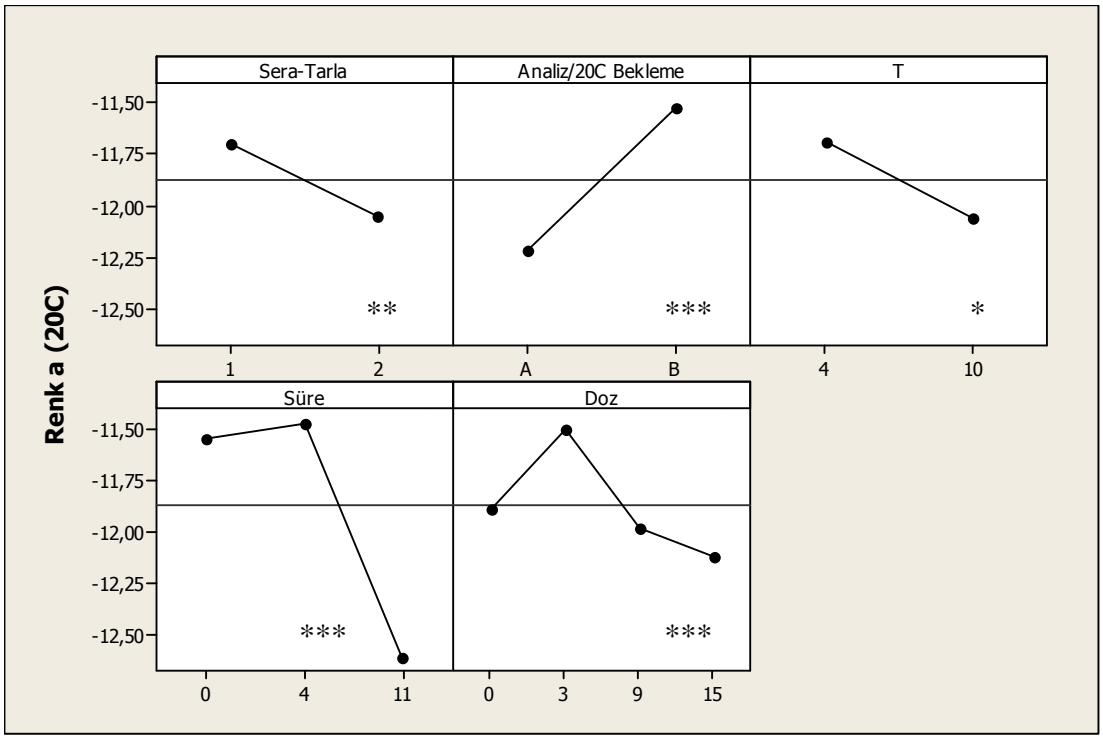
Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanda depolama süresiyle birlikte sera ürünlerinde renk a değeri artarken (%24), tarla ürünlerinde çok büyük bir değişim gözlenmemiştir (p<0,001).

Salatalıklarda depolama süresince renk a değeri azalmıştır (p<0,001, Şekil 4.49).

Salatalıkta özellikle depolamanın 11. günde renk a değerinde azalma (%7) olmuştur (p<0,001). Bekleme sonrası salatalıkların renk a değeri direkt analiz edilenlerden daha fazladır. patlıcanlarda ise daha azdır.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda depolamanın 4.günde önemli bir değişim olmazken, 11. günde renk a değerinde hızlı bir düşüş olmuştur (%9, p<0,001, Şekil 4.48).

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası bekletmeden analiz edilenlerde lineer bir azalma (%13) olup, renk a değeri bekletilen ürünlerden daha düşükken, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin renk a değerinde 4. gündeki artıştan sonra, 11. günde azalma olmuştur (p<0,01).



Şekil 4.50 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk a değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıklarda hem sera hem de tarla ürünlerinde depolama süresince azalma olmuş, ancak sera ürünlerinde azalma daha yüksek (%16) orandadır ($p<0,001$, Şekil 4.48). Sera ürünlerinde depolama süresince görülen azalma, tarla ürünlerinde 11. günde belirgin değerdedir. Depolama süresinin sonunda tarla ürünlerinin renk a değeri başlangıç değerine yakın bir değerdedir. Bu da salatalıklarda tarla ürünlerinin renk değişimlerinden daha az etkilendiğini göstermektedir.

Salatalıkta zamana bağlı sera ürünlerinin renk a değerinde azalma (%19), tarla ürünlerinde ise 4. gündeki artışı takiben 11. günde başlangıca yakın bir değere gerileme olmuştur ($p<0,001$).

4.4.4 Sera-tarla faktörünün renk a değerine etkisi

Patlıcanda da salatalıkta da sera ürünlerinin renk a değeri daha yüksektir ($p<0,001$).

Patlıcan ve salatalıkların renk a değerleri birlikte değerlendirildiğinde sera ve tarla ürünlerinin renk a değeri bir gün bekleme sonrası artarken, bu artışın sera ürünlerinde daha yüksek oranda (%77) olduğu gözlenmiştir ($p<0,001$).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin renk a değeri patlıcanda daha azdır.

Salatalıkta bir gün bekletme sonrası örneklerin renk a değeri a daha yüksektir ($p<0,001$).

4.4.5 Renk a değeri genel değerlendirme

UV uygulaması patlıcanda istatistiksel olarak önemli değildir. Salatalıkta başlangıç değerine en yakın renk a değeri 3 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcan ve salatalıkta da 3 kj/m^2 UV uygulanan ürünlerin renk a değeri başlangıç değerine yakındır.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda bekletilen örneklerin renk a değeri daha yüksekken, patlıcanda daha düşüktür. Her iki üründe de bekletilen ürünlerin renk a değeri başlangıç değerine daha yakındır.

Kabuk renginin değişimi tarımsal ürünlerin olgunlaşma ve yaşlanma sırasındaki doğal gelişimlerinin bir parçasıdır. Bu süreçte karotenoid ve antosiyanin gibi pigmentler klorofille yer değiştirerek meyvenin (degreeening) yeşil renginin kaybolarak, olgunluk rengine geçmesine neden olur. Renk değişimi soğuk

zararlanması gibi stres faktörüyle hızlanmakla birlikte muhafaza süresince kendiliğinden de oluşmaktadır. UV-C'nin salatalıkların kalite parametreleri üzerine etkisi konusunda çalışmada kontrol örneklerinde muhafaza süresince yeşil renkte azalma belirlenmiştir (Kasim ve Kasim, 2008). Renkteki değişimler a, b ve hue angle değerleriyle belirlenmiş, yeşil rengin UV-C uygulanan örneklerde kontrol grubundakinden daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ancak değişik doz uygulamaları arasında önemli bir farklılık yoktur. Bu sonuçlar 5 ve 10°C'de UV-C uygulamasının salatalıklarda sararmayı geciktirdiğini göstermektedir. Yürütülen çalışmada ise 4°C'de depolamada salatalıkta UV etkisi önemli bulunmazken, 10°C'de ise düşük doz (3 kj/m^2) uygulamasıyla başlangıca yakın renk a değeri elde edilmiştir. Patlıcanda ise başlangıç değerine en yakın uygulama düşük sıcaklıktaki ürünlerde 9kj/m^2 UV uygulamasında, 10°C'de depolananlarda ise 3 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir.

Sera ürünlerinde başlangıç renk a değerine en yakın değer kontrol örneğinde, tarla ürünlerinde ise 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

10°C'de depolanan patlıcan ve salatalıkların renk a değeri 4°C'dekilerden daha düşüktür.

Patlıcanda her iki sıcaklıkta depolamada da renk a değeri artmıştır. Düşük sıcaklıktaki ürünlerin depolama süresince renk a değeri 10°C'dekilerden daha yüksektir. Bu sonuçlar zamana bağlı olarak patlıcanda kararma, renk değişimlerinin olduğunu, 4°C'de bu değerlerin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Depolama süresince salatalıklarda renk a değeri azalmıştır. Patlıcanlardaki renk değişiminin depolamanın ilk günlerinde, salatalıkta ise bir haftadan sonra oluştuğu gözlenmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda 5 ve 10°C'de muhafaza süresince salatalıklarda renk a değeri azalırken (renk -a artarken), UV-C uygulanan örneklerde değişim daha azdır. Ancak UV-C uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Kasim ve Kasim, 2008). Yürütülen çalışmada da salatalıklarda UV'nin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve başlangıç değerine en yakın renk a değeri 3 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir.

Patlıcanda da salatalıkta da sera ürünlerinin renk a değeri daha yüksektir.

Salatalıklarda depolama süresinin sonunda tarla ürünlerinin renk a değeri başlangıç değerine yakın bir değerdedir. Bu da salatalıklarda tarla ürünlerinin renk değişimlerinden daha az etkilendiğini göstermektedir.

Patlıcanlarda hem sera hem de tarla ürünlerinde depolamada süresince renk a değerinde artış olmuştur. Ancak sera ürünlerindeki artış daha yüksek oranda olmuştur. Bu da patlıcanlarda sera ürünlerinde depolama süresince renk değişiminlerinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

4.5 Renk b Değeri

4.5.1 UV dozunun renk b değerine etkisi

Patlıcanda UV uygulamasının renk b değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.51).

Patlıcanda 11. ve 14.günlerde 9 kj/m^2 ($p<0,001$) dozuyla başlangıç değerine yakın renk b eldesi sağlamıştır ($p<0,001$, Şekil 4.51-4.54).

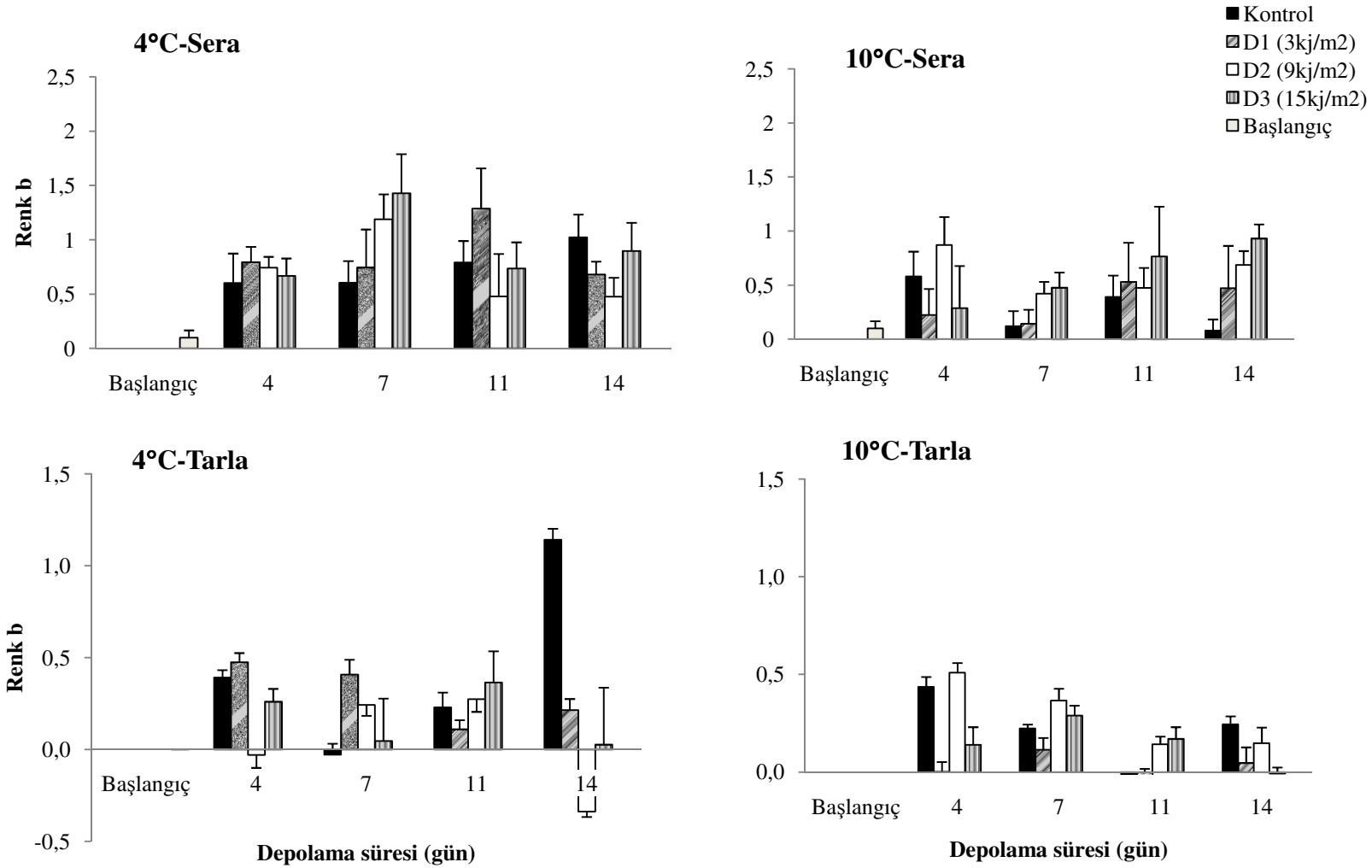
Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların renk b değeri depolama sonrası bekletmeden analiz edilenlerden daha azdır ($p<0,01$, Şekil 4.52).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda en iyi korunum kontrol örneklerindedir ($p<0,05$, Şekil 4.52, 4.54). Patlıcanlarda UV uygulaması renk b değerini artırmıştır.

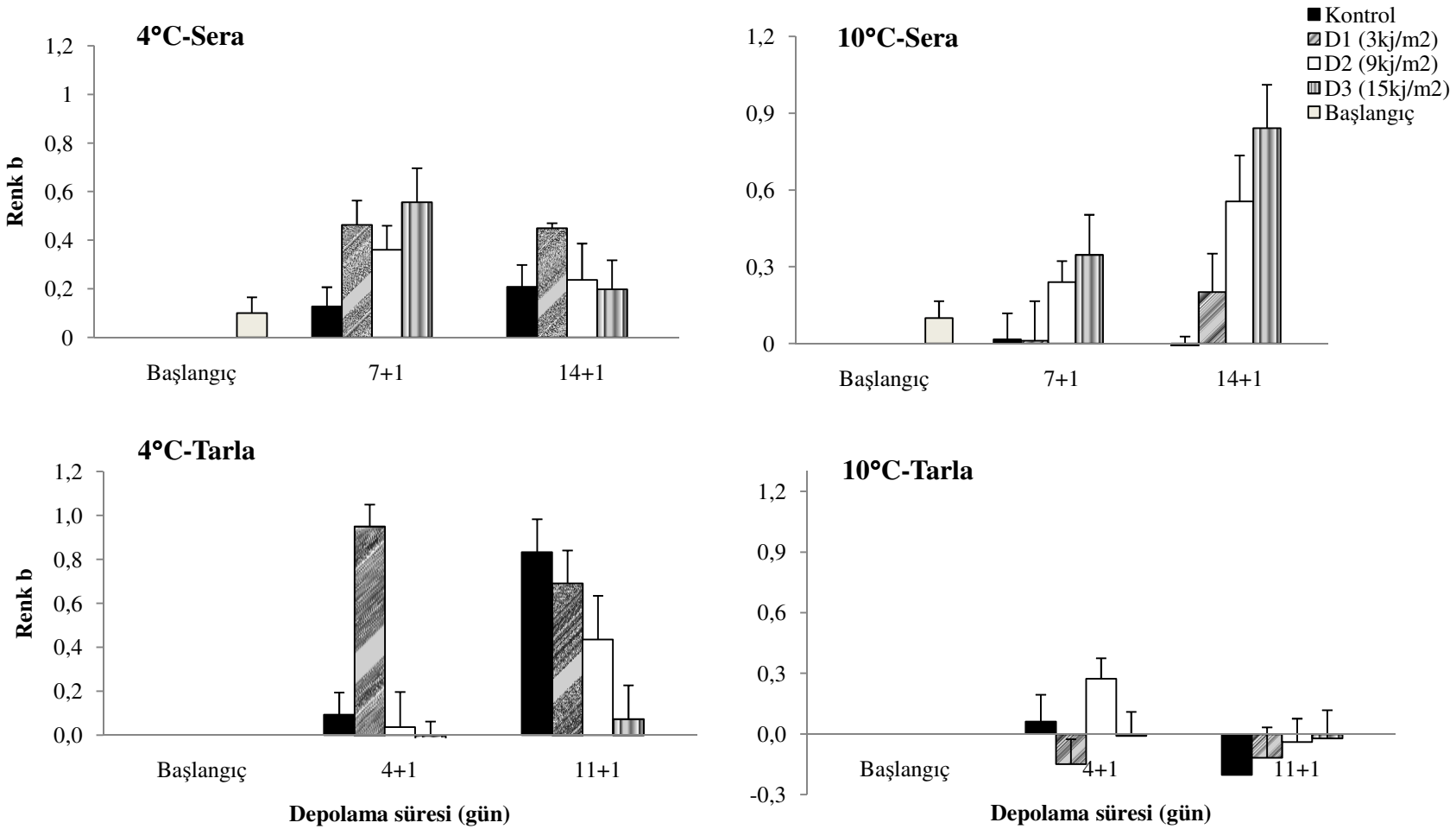
Düşük sıcaklıktaki patlıcanlarda 9 kj/m^2, 10°C'de depolananlarda ise 3 kj/m^2 UV uygulamasında başlangıca en yakın renk b değeri elde edilmiştir ($p<0,001$).

Patlıcanda UV uygulamasının farklı sıcaklıkta depolanıp, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin renk b değerine etkisine bakıldığında, 4°C'deki ürünlerde 9 kj/m^2, 10°C'deki ürünlerde ise kontrol ve 3 kj/m^2 uygulamasının en iyi korunumu sağladığı görülmektedir ($p<0,01$, Şekil 4.52).

Sera ürünlerinde UV uygulaması renk b değerini azaltıcı etki gösterirken, tarla ürünlerinde büyük bir değişime neden olmamıştır. UV uygulaması renk b değerinde artışa neden olmuştur. Patlıcanda UV doz uygulamasıyle sera ürünlerinin renk b



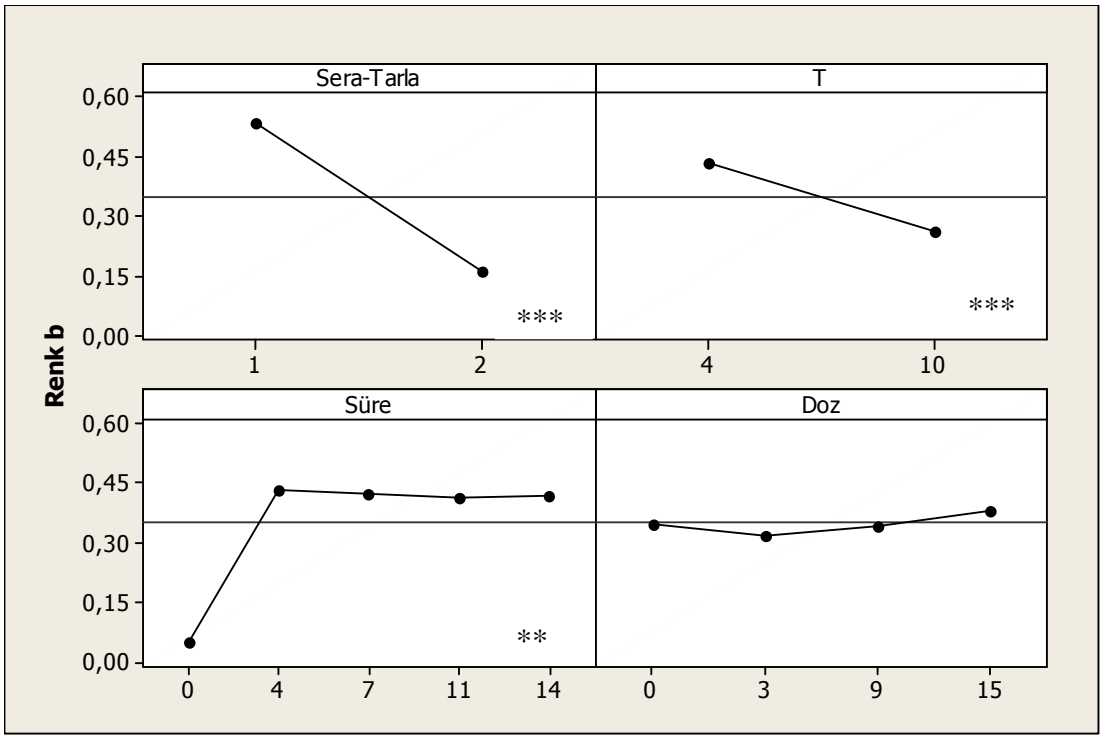
Şekil 4.51 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk b değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.52 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk b değeri üzerine etkisi.

değeri artmış, tarla ürünlerinde ise azalmıştır (p<0,001). Başlangıç değerlerine en yakın renk b değeri serada kontrol, tarlada ise 15kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Salatalıkta başlangıca en yakın b değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir (p<0,01, Şekil 4.55-4.58).



Şekil 4.53 : Patlıcanlarda renk b değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda başlangıca en yakın b değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir (p<0,01, Şekil 4.56, 4.58).

Salatalıklarda her iki sıcaklıkta da 3 kj/m^2 dozunda başlangıca en yakın değer elde edilmiş olup (p<0,01), 10°C'de UV'nin etkisi daha belirgindir (kontrole göre %11 azalma sağlamıştır).

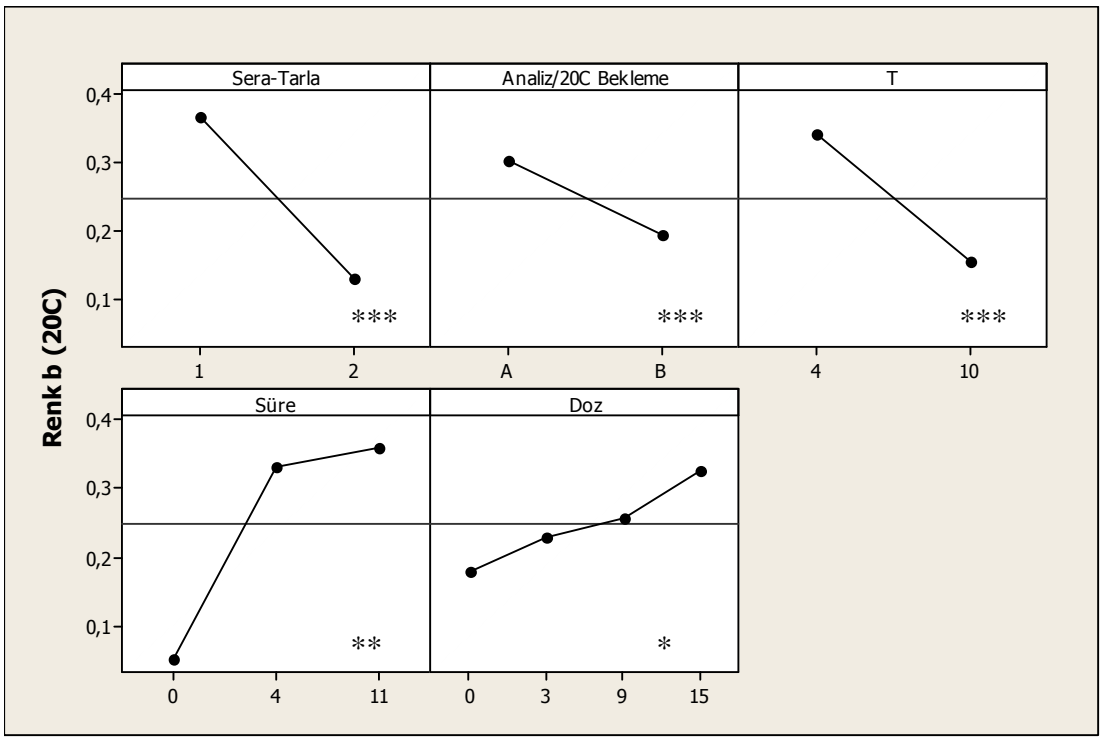
Salatalıkta hem sera hem de tarla ürünlerinde en iyi korunum 3 kj/m^2 uygulamasında olmuştur (p<0,001).

4.5.2 Sıcaklığın renk b değerine etkisi

Düşük sıcaklıkta depolama patlıcanlarda daha yüksek renk b değeri oluşturmuştur (p<0,001, Şekil 4.51).

Patlıcanlarda iki farklı sıcaklıkta depolama süresince soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin renk b değeri artmış, ancak bu artış düşük

sıcaklıktaki ürünlerde daha fazla (başlangıç değerinin 10 katı) olmuştur (p<0,001, Şekil 4.54).



Şekil 4.54 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda renk b değeri değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

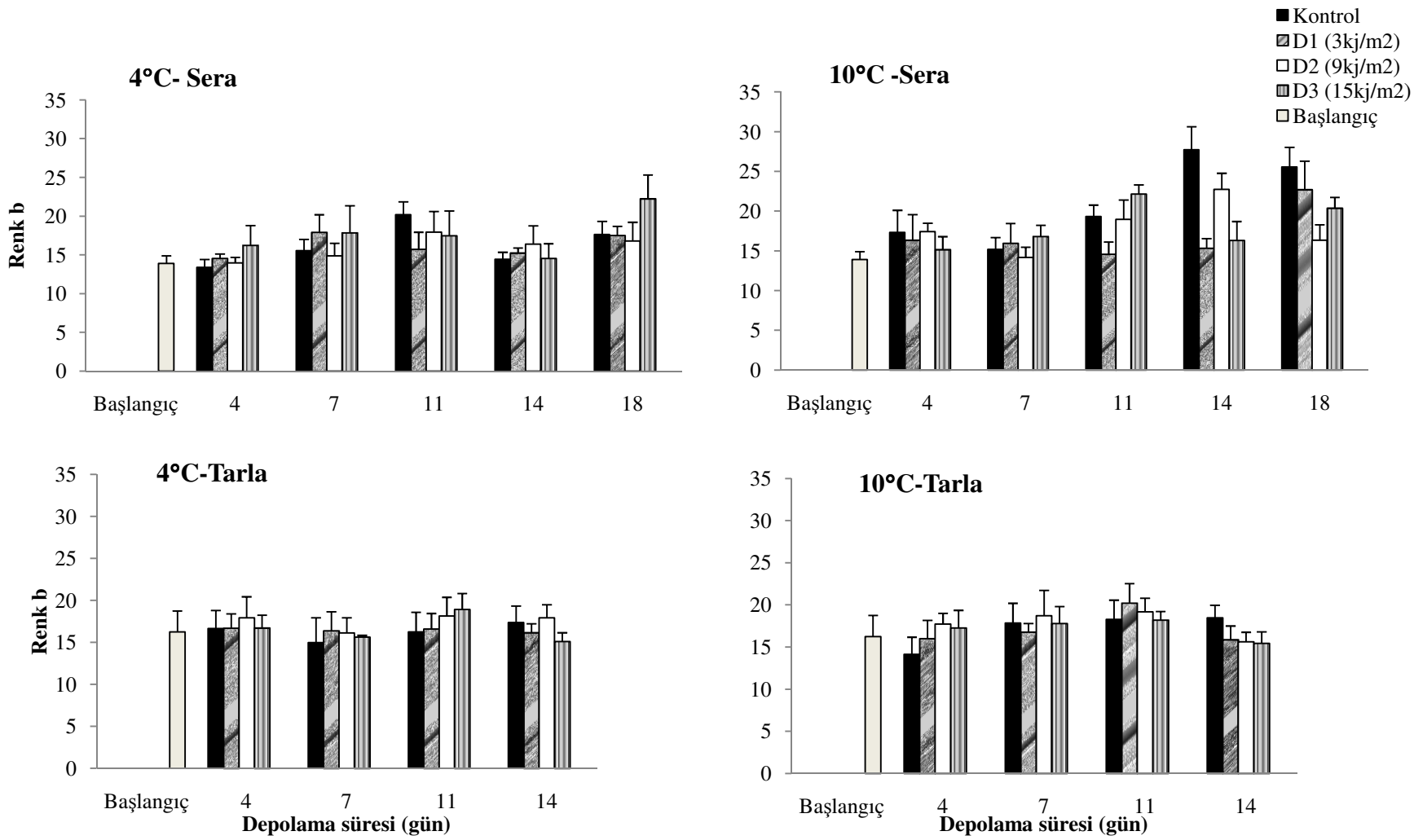
Salatalıkta iki sıcaklıkta depolamada 10°C'deki ürünlerin renk b değeri daha yüksektir (p<0,001, Şekil 4.55). Düşük sıcaklıkta depolamada salatalıkların renk b değeri daha düşüktür (p<0,001).

Yüksek sıcaklıkta depolamada salatalıkların renk b değeri daha yüksek olmakla birlikte, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.55).

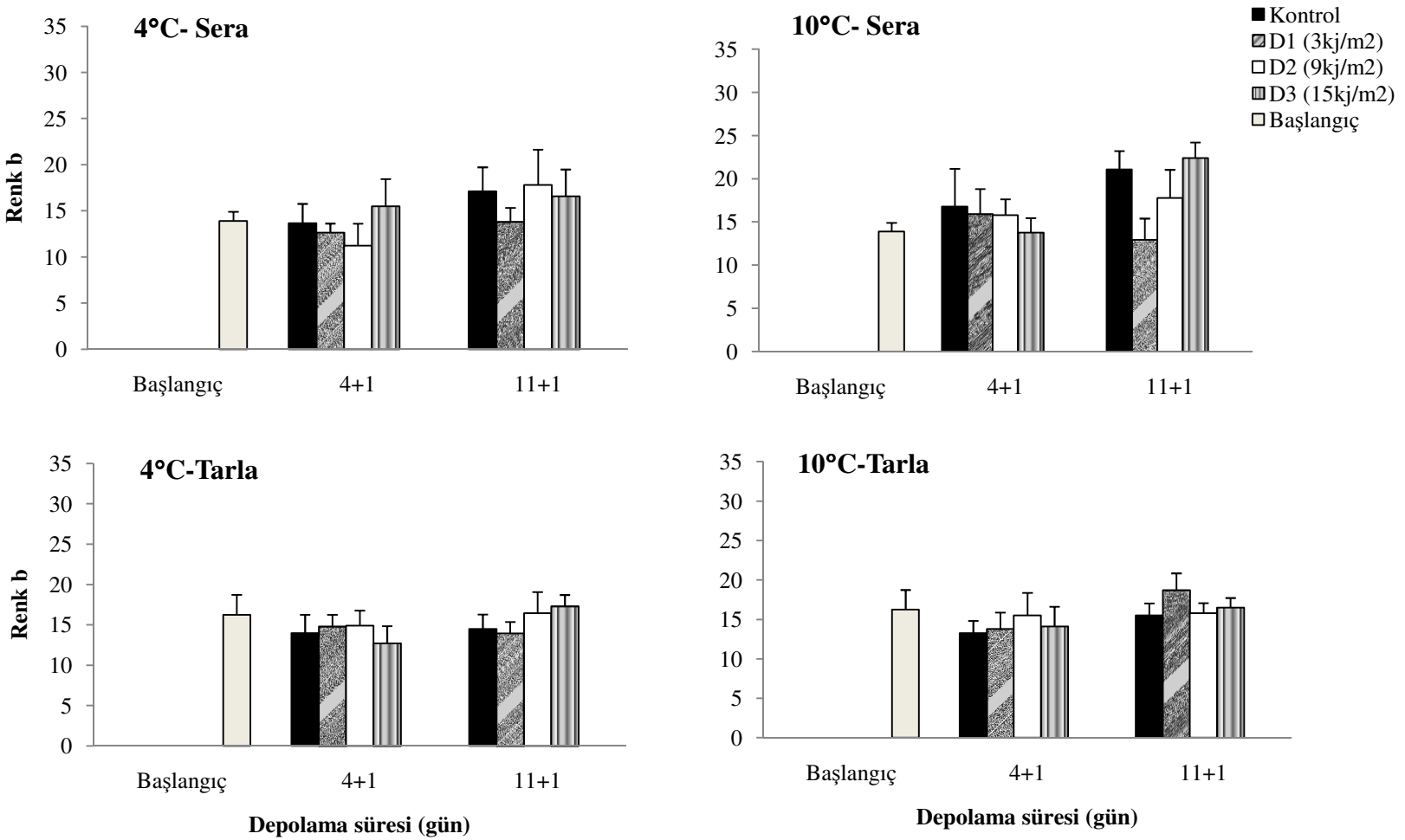
Yüksek sıcaklıkta depolamada sera ve tarla ürünlerinin bekleme sonrası renk b değeri daha yüksektir (p<0,05). İki sıcaklık değeri arasındaki fark sera ürünlerinde daha fazladır (%5).

4.5.3 Depolama süresinin renk b değerine etkisi

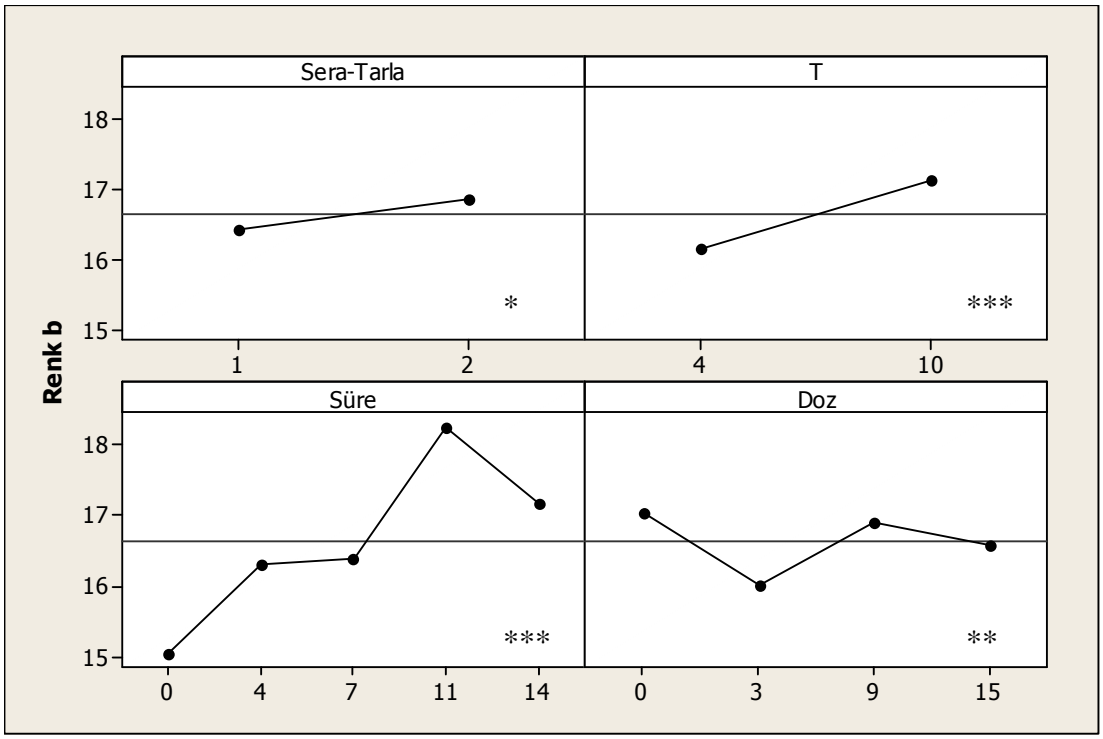
Patlıcanda depolamanın 4.günündeki artışı (başlangıcın 8 katı) takiben süreyle birlikte renk b değerinde önemli bir değişim olmamıştır (p<0,001, Şekil 4.53). Soğuk



Şekil 4.55 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında renk b değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.56 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında renk b değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.57 : Salatalıklarda renk b değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de depolama süresiyle birlikte renk b değeri artmıştır ($p<0,001$, Şekil 4.56).

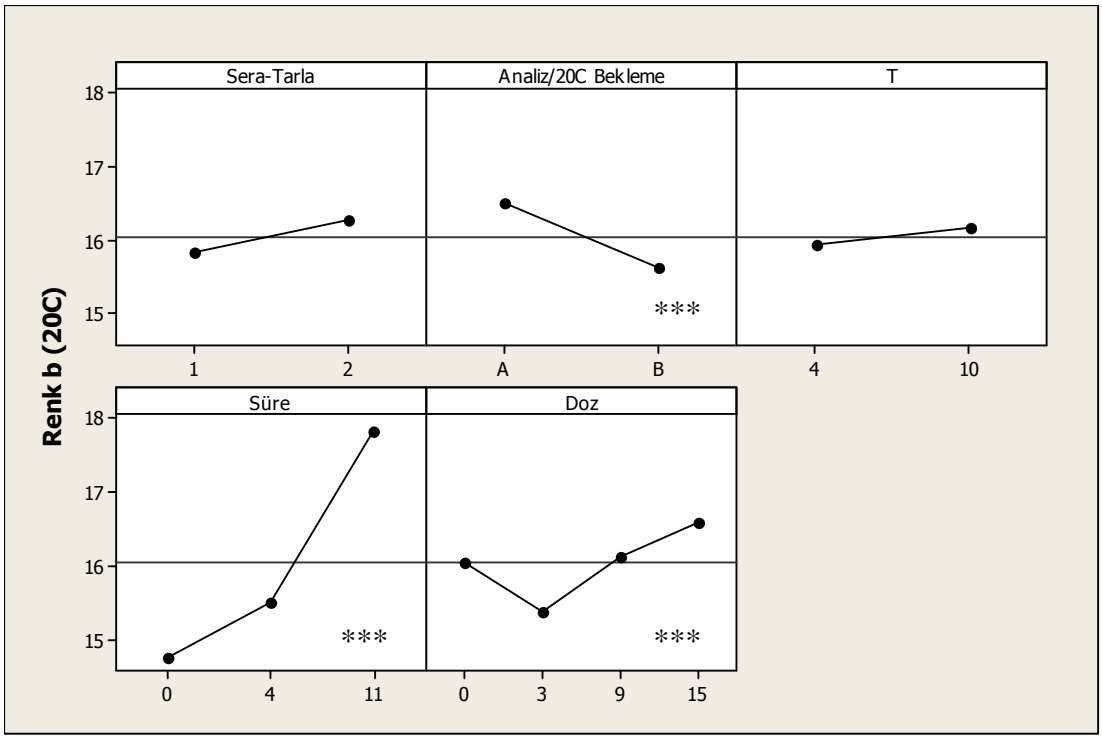
Patlıcanlarda sera-tarla ürünlerinde depolama süresince renk b değerinde artış olmuştur. Sera ürünlerinin değeri ve artış oranı (başlangıcın 7 katı) tarladakilerden daha fazladır ($p<0,001$).

Salatalıkta depolamanın 11.güne kadar renk b değerinde artış olmuş, 14.günde biraz azalma gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.57). Toplam değişim salatalıkta %14 oranındadır. Salatalıkta depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilmede depolama süresiyle birlikte renk b değerinde artış gözlenmiştir ($p<0,001$).

Salatalıklarda sera ve tarla ürünlerinde zamana bağlı renk b değerinde artış olmuş, ancak bu artış sera ürünlerinde daha fazla olup, 11. günde tarla ürünlerinin renk b değerini geçmiştir ($p<0,001$).

4.5.4 Sera-tarla faktörünün renk b değerine etkisi

Patlıcanda sera ürünlerinin renk b değeri tarladakilerden daha yüksektir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanda sera ürünlerinin renk b değeri daha yüksektir ($p<0,001$).



Şekil 4.58 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda renk b değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanda bir gün bekletilen sera ve tarla ürünlerinin renk b değeri daha düşük olup, bekleme sonrası renk b değerindeki azalma sera ürünlerinde daha fazladır ($p<0,01$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda depolama süresince patlıcanda sera ve tarla ürünlerinde renk b değeri artmış, bu artış serada daha yüksek oranda olmuştur ($p<0,01$, Şekil 4.52).

Salatalıklarda tarla ürünlerinin renk b değeri daha yüksektir ($p<0,01$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkta tarla ürünlerinin renk b değeri daha yüksektir ($p<0,05$).

Salatalıklarda tarla ürünlerinin soğuk depolama sonrası bekletmeden analiz edildiğindeki değeri sera ürünlerinden daha fazlayken, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası azalarak, sera ürünlerinden daha düşük bir değere inmiştir ($p<0,05$).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda sera ürünlerinin renk b değeri zamanla lineer artış gösterirken, tarla ürünlerinde 11. günde daha az artış olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.56).

4.5.5 Renk b değeri genel değerlendirme

Patlıcanda UV uygulamasının renk b değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. Salatalıkta ise başlangıca en yakın b değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Salatalıklarda yapılan çalışmada renk b değeri 5 ve 10°C'de muhafaza süresince artarken, UV-C uygulanan örneklerde, yürütülen çalışmada olduğu gibi, değişim daha azdır. Ancak UV-C uygulamaları arasında önemli bir farklılık yoktur (Kasim ve Kasim, 2008).

Patlıcanda en iyi korunum kontrol örneklerinde olup, UV dozu renk b değerini bir gün bekletilen örneklerde artırmıştır. Patlıcanlarda hasat sonrası kırmızı renkte kayıplar gözlenmiştir. Soğuk zararlanmasına uğrayan patlıcanlarda kararmayla birlikte boşluklardaki bozulmalar (vacuolar), elektrolit sızıntısı, pH değerinde artış ve kabukta antosiyanin konsantrasyonunda azalmalar olmuştur. β-glukosidaz patlıcanın kabuğundan ayrılarak antosiyaninlerde degradasyona neden olmuştur (Oren-Shamir, 2009).

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrasında salatalıkta başlangıca en yakın b değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Soğuk depo sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcan ve salatalıklarda %25 renk b değeri azalması gözlenmiştir.

Düşük sıcaklıktaki patlıcanlarda 9 kj/m^2, 10°C'de muhafaza edilenlerde ise 3 kj/m^2 UV uygulamasında başlangıca en yakın renk b değeri elde edilmiştir. Salatalıklarda ise her iki sıcaklıkta da 3 kj/m^2 dozunda başlangıca en yakın değer elde edilmiştir.

Patlıcanda sera ürünlerinde kontrol, tarla ürünlerinde ise 15 kj/m^2 UV uygulamasında en iyi korunum sağlanmıştır. Salatalıkta sera ürünlerinde başlangıca en yakın değer 3 kj/m^2 dozunda, tarla ürünlerinde ise kontrol örneğinde sağlanmıştır.

Patlıcanda depolamanın 4.günündeki artışı takiben süreyle birlikte renk b değerinde önemli bir değişim olmamıştır. Salatalıkta ise 11. güne kadar artış olmuş, 14. günde biraz azalma gözlenmiştir. Soğuk depo sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de depolama süresiyle birlikte renk b değeri artmıştır. Sera ve tarla ürünlerinde zamana bağlı renk b değerinde artış olmuş, ancak bu artış sera ürünlerinde daha fazladır.

Patlıcanda sera ürünlerinin renk b değeri tarladakilerden daha yüksek olup, salatalıklarda tam tersi bir durum sözkonusudur.

4.6 Hue Angle (Renk Tonu)

4.6.1 UV dozunun hue angle değerine etkisi

Patlıcanda UV doz uygulamasının hue angle değerlerinde önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.59- 4.62). Patlıcanda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin hue angle değeri depolama sonrası bekletilmeden analiz edilenlerden daha yüksektir ($p<0,001$, Şekil 4.60).

Patlıcanda 14. günde en düşük, kontrole en yakın hue angle değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$).

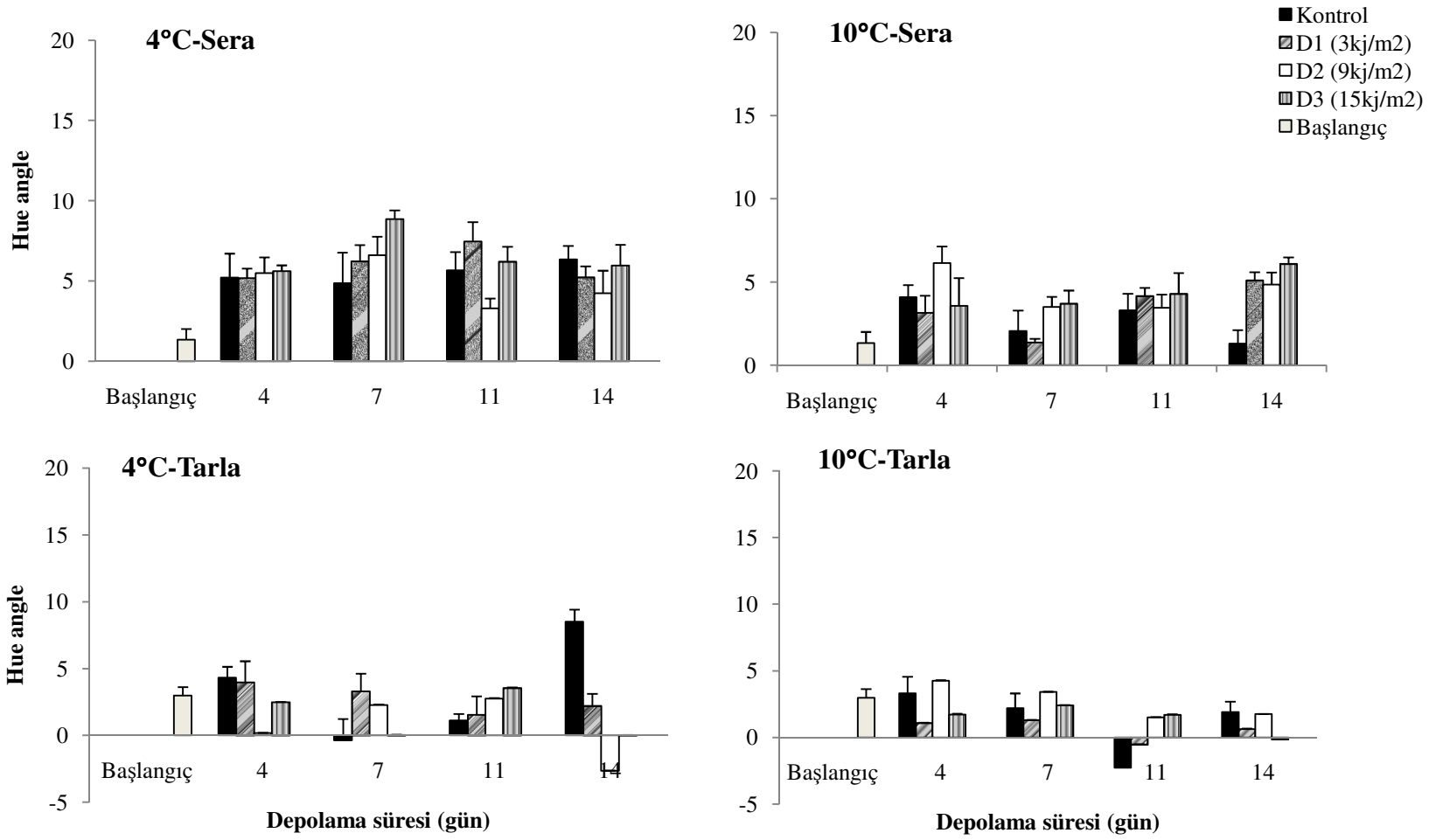
Patlıcanda düşük sıcaklıkta depolamada 9 kj/m^2 UV doz uygulamasında en düşük hue angle değeri, 10°C'de depolamada ise 3 kj/m^2 dozunda en düşük hue angle değeri elde edilmiştir ($p<0,001$). Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrasında 4ºC'de başlangıca en yakın değer 9 kj/m^2, 10ºC'de ise 15 kj/m^2 doz uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.62).

Patlıcanda UV uygulamalarıyla sera ürünlerinde artış, tarla ürünlerinde ise hue angle değerinde azalma olmuştur ($p<0,001$). Sera-tarla karşılaştırmasında başlangıca en yakın değer kontrol örneklerinde bulunmuştur.

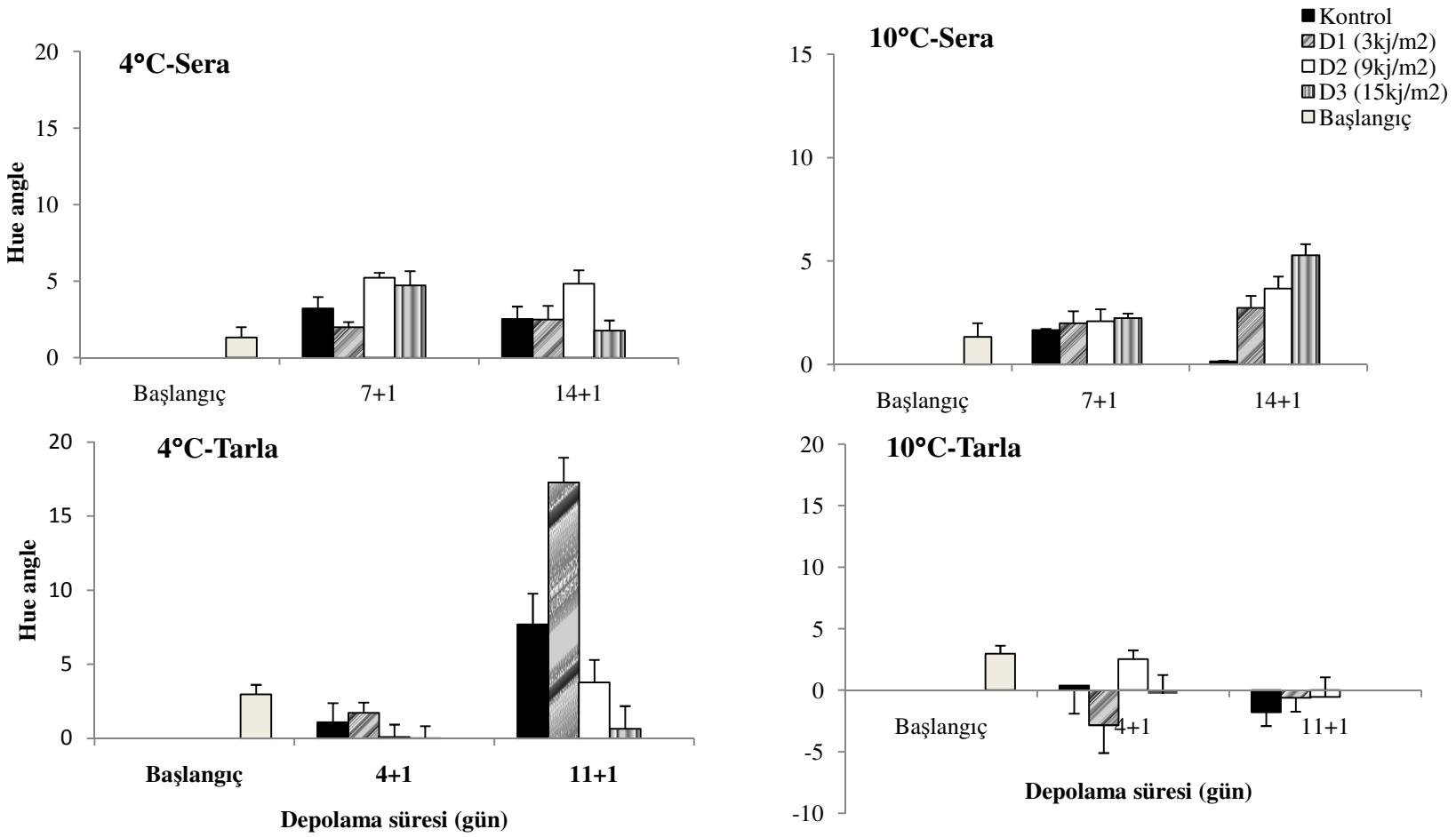
Salatalıkta UV uygulamalarında en yüksek yani kontrol örneğine göre en yakın hue angle değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.63-4.66). Depolama süresince de aynı etki gözlenmiştir ($p<0,001$).

Salatalıkta soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin hue angle değeri daha düşüktür ($p<0,001$, Şekil 4.64).

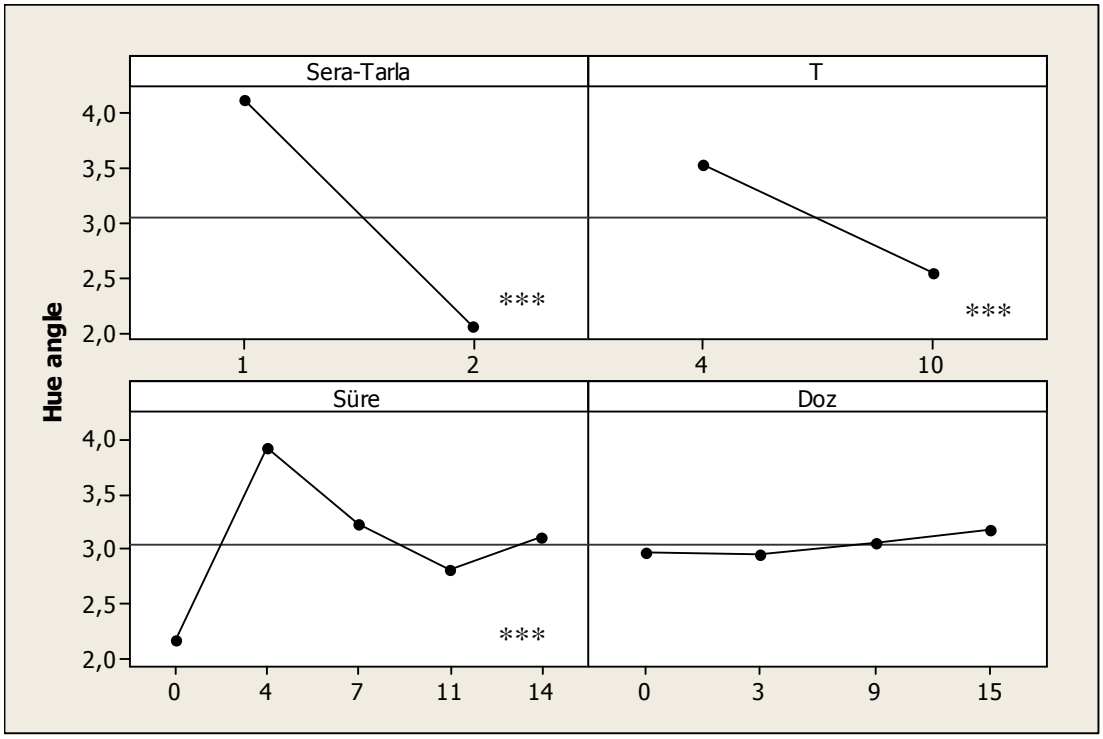
Salatalıkta 4 ve 10ºC'de depolama arasındaki fark çok fazla olmamakla birlikte iki sıcaklıkta da 3 kj/m^2 UV uygulanan örneklerin hue angle değeri daha yüksektir ($p<0,01$).



Şekil 4.59 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında hue angle üzerine etkisi.



Şekil 4.60 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında hue angle üzerine etkisi.



Şekil 4.61 : Patlıcanlarda hue angle değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

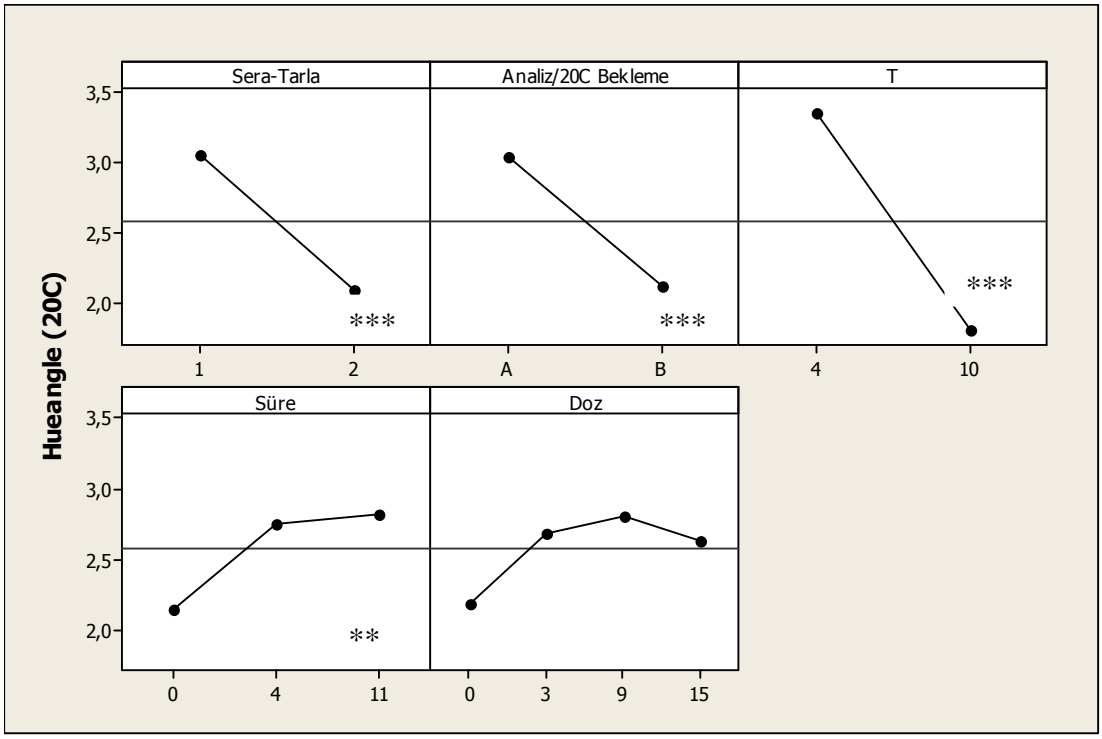
Salatalıkta UV uygulaması 3 kj/m^2'de hue angle değerini sera ürünlerinde artırırken, tarla ürünlerinde UV uygulaması hue angle değerinde azalmaya neden olmuştur ($p<0,001$).

Depolamanın 4. ve 11. gününde de 3 kj/m^2 uygulamasında daha yüksek hue angle değeri elde edilmiştir ($p<0,001$).

4.6.2 Sıcaklığın hue angle değerine etkisi

4°C'de depolananların hue angle değeri daha yüksektir. İstatistiksel olarak sıcaklık parametresi önemli gözükmekle birlikte aradaki fark çok az (<%10) olduğu için farklı sıcaklıkta depolamanın hue angle değerinde önemli bir değişime neden olmadığı söylenebilir ($p<0,001$).

Düşük sıcaklıkta depolanan patlıcanların hue angle değerleri 10°C'de depolananlardan 1,5 kat daha yüksektir ($p<0,001$, Şekil 4.61).



Şekil 4.62 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda hue angle değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

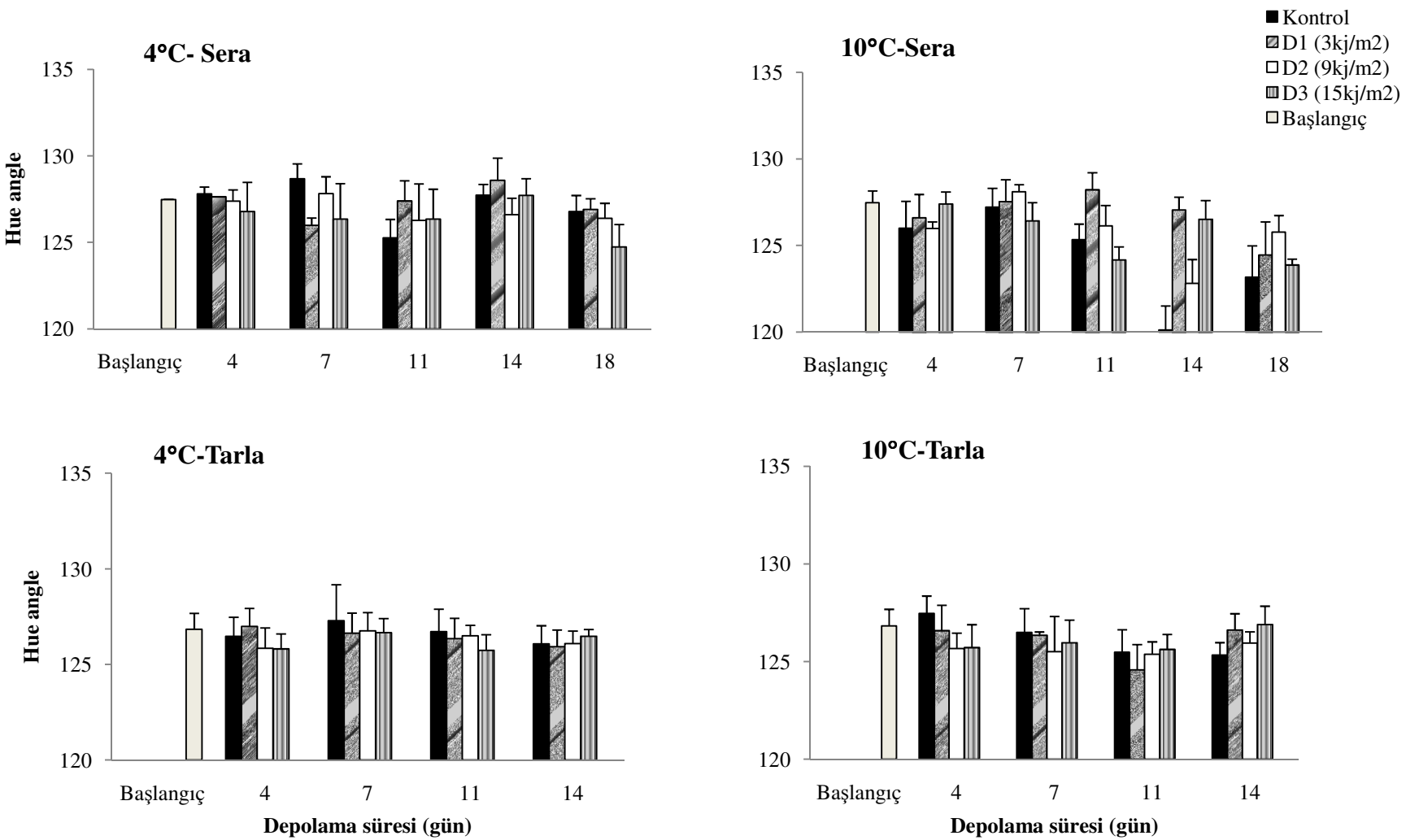
Düşük sıcaklıkta depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların hue angle değeri depolama süresiyle birlikte artış göstermiş, 11. günde başlangıç değerinin 2 katına ulaşmıştır ($p<0,001$). Ancak aynı sürede 10°C'de depolananlarda 4.gündeki artıştan sonra 11. günde önemli bir değişim olmamıştır.

Salatalıkta depolama süresi boyunca düşük sıcaklıktaki hue angle değeri daha yüksek olmakla birlikte ($p<0,001$), 14 günlük analiz süresince aradaki fark %1'den daha azdır (Şekil 4.65).

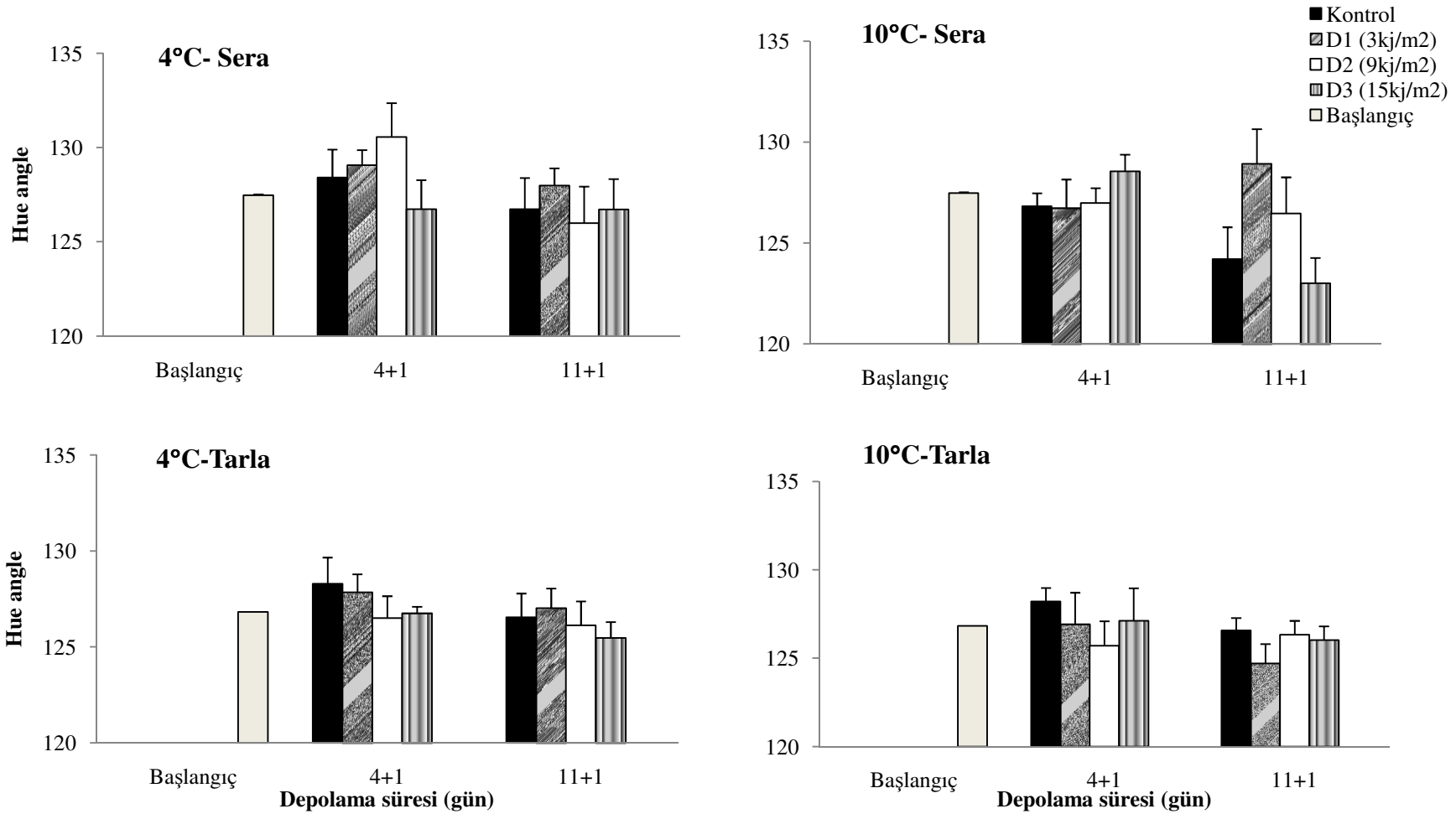
Hue angle değeri soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda her iki sıcaklıkta da depolama süresiyle azalmıştır ($p<0,01$).

4.6.3 Depolama süresinin hue angle değerine etkisi

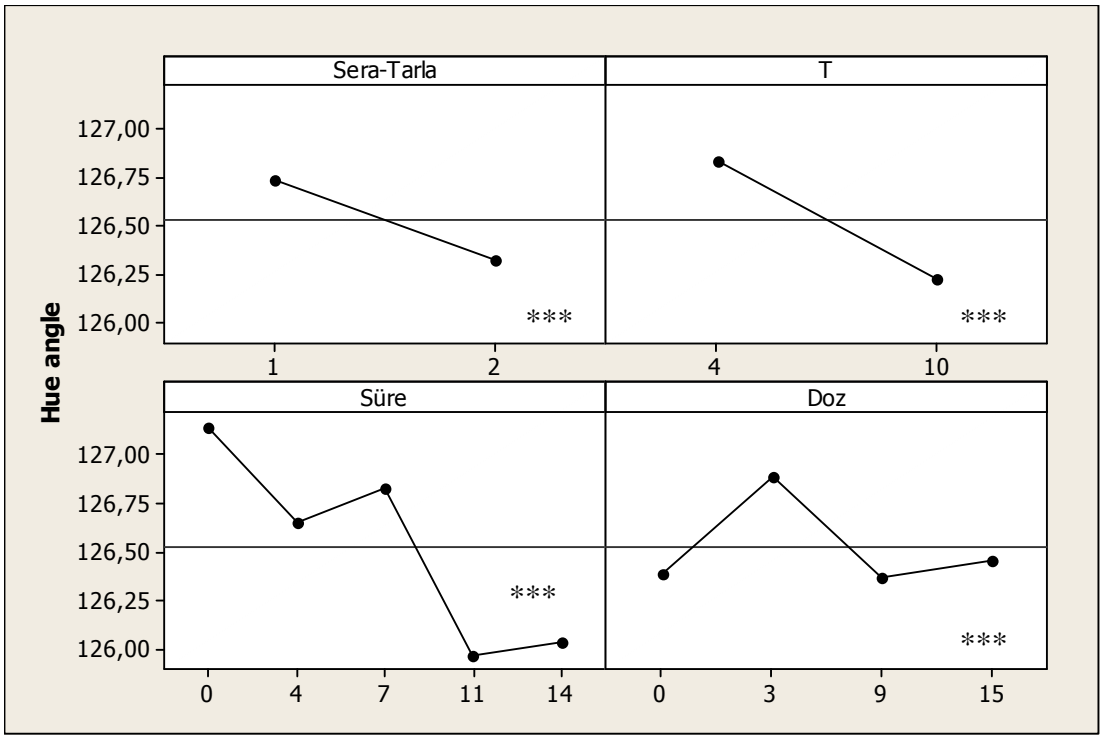
Patlıcanda düşük sıcaklıkta depolanan ürünlerle sera ürünlerinin hue angle değeri daha yüksektir. Depolama süresiyle birlikte hue angle değeri artmıştır ($p<0,001$).



Şekil 4.63 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında hue angle üzerine etkisi.



Şekil 4.64 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında hue angle üzerine etkisi.



Şekil 4.65 : Salatalıklarda hue angle değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

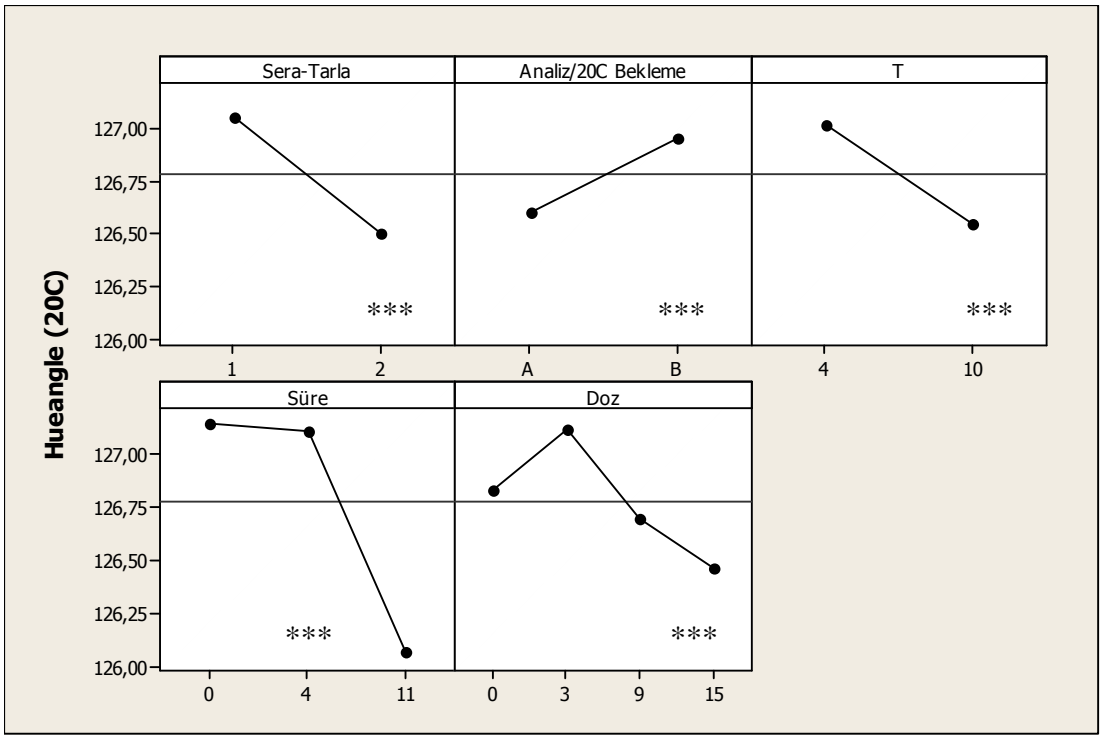
Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda depolama süresiyle birlikte hue angle değerinin arttığı görülmektedir ($p<0,001$, Şekil 4.60).

Düşük sıcaklıkta (4°C) depolanan salatalıklarla sera ürünlerinin hue angle değeri daha yüksektir.

Patlıcanda depolamanın ilk 4 gününde hue angle değerleri hızlı bir artış (7,5 kat) sergilerken, daha sonraki günlerde çok fazla bir değişim olmamıştır ($p<0,001$). Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası hemen analiz edilen örneklerin hue angle değerinin depolamanın 4.gününde soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerden 1,5 kat fazla olduğu, ancak 11. günde aradaki farkın azaldığı gözlenmiştir ($p<0,01$).

Patlıcanda sera ürünlerinde ilk 4 günde hue angle değeri başlangıcın 3,7 katına çıkmış, sonrasında önemli bir değişim olmamıştır ($p<0,001$). Tarla ürünlerinde ise 4.günden sonra hue angle değerinde azalma olmuştur.

Salatalıklarda depolama süresiyle birlikte hue angle değeri azalmıştır ($p<0,001$). Depolama sonundaki değişim sadece %1 oranındadır ($p<0,001$). Bu oran çok düşük



Şekil 4.66 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda hue angle değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

olduğu için depolama süresiyle birlikte hue angle değerindeki değişimin önemli olmadığı söylenebilir.

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de hue angle değeri süreyle azalmaktadır ($p<0,001$, 4.64). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilenlerin hue angle değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksek olmakla birlikte aradaki fark %1'den küçük olduğu için, zamana bağlı değişimin çok önemli olmadığı söylenebilir ($p<0,05$).

Salatalıkta depolama süresince sera ürünlerinin hue angle değeri tarla ürünlerinden daha yüksek olup, depolamanın 14. gününde hemen hemen aynı değerlere düşmüştür ($p<0,01$).

4.6.4 Sera-tarla faktörünün hue angle değerine etkisi

Patlıcanda sera ürünlerinin hue angle değeri tarla ürünlerinden 2 kat daha fazladır ($p<0,001$). Patlıcanda düşük sıcaklıkta depolanan sera ve tarla ürünlerinin hue angle değeri daha yüksektir. Bu da patlıcanda tarla ürünlerinde renk değişiminin daha az olduğunu, sera ürünlerinde ise 4 ve 10°C'de depolama arasındaki farkın daha fazla

olduğunu ve sera ürünlerinin daha fazla renk kaybına uğradığını ve kararmaların oluştuğunu göstermektedir.

Patlıcanda tarla ürünlerinde depolama sonrası analiz edilen ve soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin hue angle değerleri arasında önemli bir fark olmazken, sera ürünlerinde analize hemen alınan ürünlerin hue angle değeri bir gün bekletilenlerden 1,5 kat daha fazladır ($p<0,01$).

Salatalıkta sera ürünlerinin hue angle değeri daha yüksektir ($p<0,001$). Ancak aradaki fark %1'den küçüktür.

Salatalıkta sera ve tarla ürünlerinin hue angle değeri 4°C'de daha yüksektir ($p<0,01$, Şekil 4.63).

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası hue angle değerleri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha fazla olup, sera ürünlerinin değeri tarladan daha fazladır ($p<0,05$, Şekil 4.64).

4.6.5 Hue angle genel değerlendirme

Patlıcanda UV doz uygulamasının hue angle değerindeki etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Patlıcanda 14.günde en düşük, kontrole en yakın hue angle değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Salatalıkta UV uygulamalarında en yüksek yani kontrol örneğine göre en yakın hue angle değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Depolama süresince de aynı etki gözlenmiştir. Literatürdeki çalışmada da UV-C uygulanan, 5 ve 10°C'de depolanan salatalıkların hue angle değeri her iki sıcaklıkta da kontrol örneklerinden daha iyi muhafaza edilmiş, ancak farklı doz uygulamaları arasında önemli bir değişim gözlenmemiştir (Kasim ve Kasim, 2008).

Patlıcanda süreyle birlikte artan hue angle değeri, salatalıklarda azalmıştır. Patlıcanda depolama süresiyle artan, salatalıktaysa azalan hue angle değeri renk kayıplarının, kahverengi-sarı renk değişimlerinin göstergesidir (Martinez-Romero ve diğ., 2003). Salatalıklarda soğuk zararlanması belirtilerinden olan kahverengi noktaların oluşumu hue angle değerindeki hızlı azalmayla ilişkilendirilmektedir (Martinez-Romero ve diğ., 2003). Meyvelerin büyümesi sırasında hue angle değerinde hızlı bir artış olup, bu da kloroplastın gelişimi ve klorofil birikimini göstermektedir. Hue angle değerindeki ani düşüşler de büyüme tamamlandıktan sonra normal olgunlaşma ve

yaşlanma sürecindeki klorofil degradasyonunu göstermektedir (Hurr ve diğ., 2009). Salatalıklar klimakterik olmamakla birlikte olgunlaşma davranışı sergilemektedir. Düşük etilen üretimi gösteren salatalıklarda, düşük sıcaklık stresi, patojenler ve yaralanmalarla artan ACC sentaz aktivitesi etilen üretimini artırmaktadır. Klorofilin bozulması, endokarpta sitrik asidin birikimi sonucu asitliğin artması ve doku yumuşaması salatalıklarda olgunlaşma ve yaşlanma sürecince görülen başlıca değişimlerdir (Nilsson, 2005). Yürütülen çalışmada da salatalıklarda depolama süresi boyunca hue angle değerinde azalma gözlenmiştir. UV-C uygulanan az işlem görmüş brokolilerde depolama süresince sararma gözlenmiş, bu da hue angle değerinde azalma ve L değerinde artışla ölçülmüştür (Lemoine ve diğ., 2007). UV-C uygulanan örneklerdeki sararma kontrol grubundakinden daha azdır. Bu sonuçlar UV-C uygulanan örneklerde daha yüksek klorofil korunumuyla da bağdaşmaktadır. Klorofil katabolizmasında etkin olan klorofilaz ve Mg-dechelatase enzimlerinin aktivitesi UV-C uygulanan brokolilerde daha az bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda klorofilaz aktivitesinin etilenle harekete geçirildiği, UV-C uygulamasının ise birçok sebzede etilen üretimini baskıladığı belirlenmiştir. Etilen üretimindeki olası azalma, UV-C uygulanan örneklerdeki sararma ve olgunlaşmadaki gecikmeyi de açıklamaktadır.

Salatalıkta ve patlıcanda düşük sıcaklık ve sera ürünlerinin hue angle değeri daha yüksektir. Patlıcanda tarla ürünlerinde renk değişiminin daha az olup, sera ürünlerinde yüksek ve düşük sıcaklık arasındaki farkın daha fazla olduğu ve sera ürünlerinin daha fazla renk kaybına uğradığı ve kararmaların oluştuğu gözlenmektedir. Salatalıkta da renkteki değişim sera ürünlerinde daha fazladır.

Patlıcanda düşük sıcaklıkta depolamada 9 kj/m^2 UV doz uygulamasında en düşük hue angle değeri, 10°C'de depolamada ise 3 kj/m^2 dozunda en düşük hue angle değeri elde edilmiştir. Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonrası analizinde UV uygulamasında 4ºC'de başlangıca en yakın değer 9 kj/m^2, 10ºC'de ise 15 kj/m^2 doz uygulamasında elde edilmiştir.

Salatalıkta 4 ve 10ºC'de depolama arasındaki fark çok fazla olmamakla birlikte iki sıcaklıkta da 3kj/m^2 UV uygulanan örneklerin hue angle değeri daha yüksektir.

Patlıcanda depolamanın ilk 4 gününde hue angle değerleri hızlı bir artış sergilerken, daha sonraki günlerde çok fazla bir değişim olmamıştır.

Salatalıkta zamanla hue angle değeri azalmış, depolama sonundaki değişim sadece %1 oranındadır. Bu oran çok düşük olduğu için depolama süresiyle birlikte salatalığın hue angle değerindeki değişimin fazla olmadığı söylenebilir.

4.7 Chroma (Kroma)

4.7.1 UV dozunun chroma değerine etkisi

UV doz uygulamasının patlıcanın chroma (kroma) değerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Şekil 4.674.70). Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilme chroma değerinde %14 artışa neden olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.72).

Patlıcanda 4 ve 10°C'deki ürünlerde chroma değerinde en az 9kj/m^2 uygulamasında, elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.69).

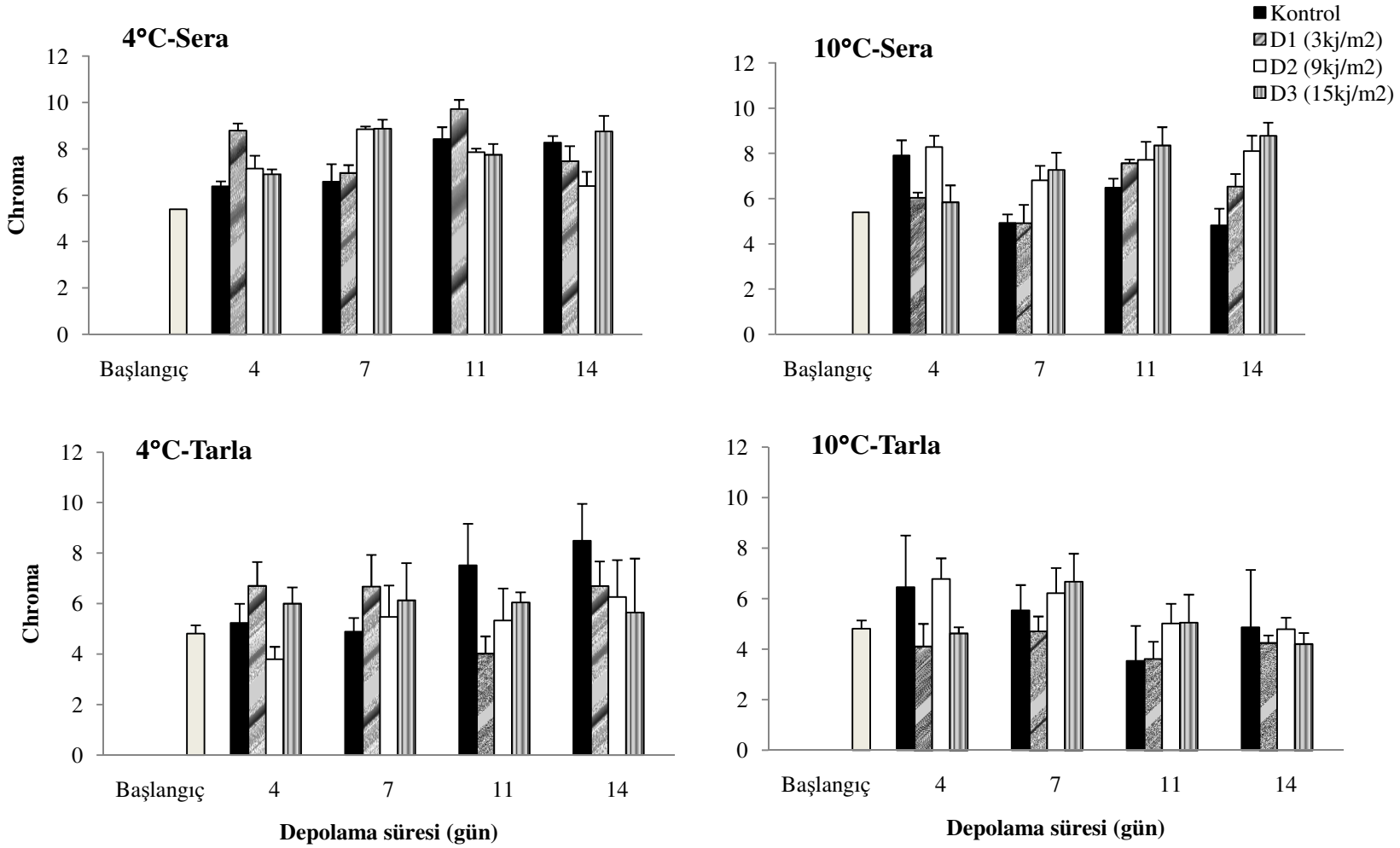
Patlıcanda tarla ve sera ürünlerinde en az değişim kontrol örneklerinde olmuştur (Şekil 4.67).

Salatalıklarda UV uygulamalarında başlangıç değerine en yakın, en düşük chroma değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,01$, Şekil 4.71-4.74).

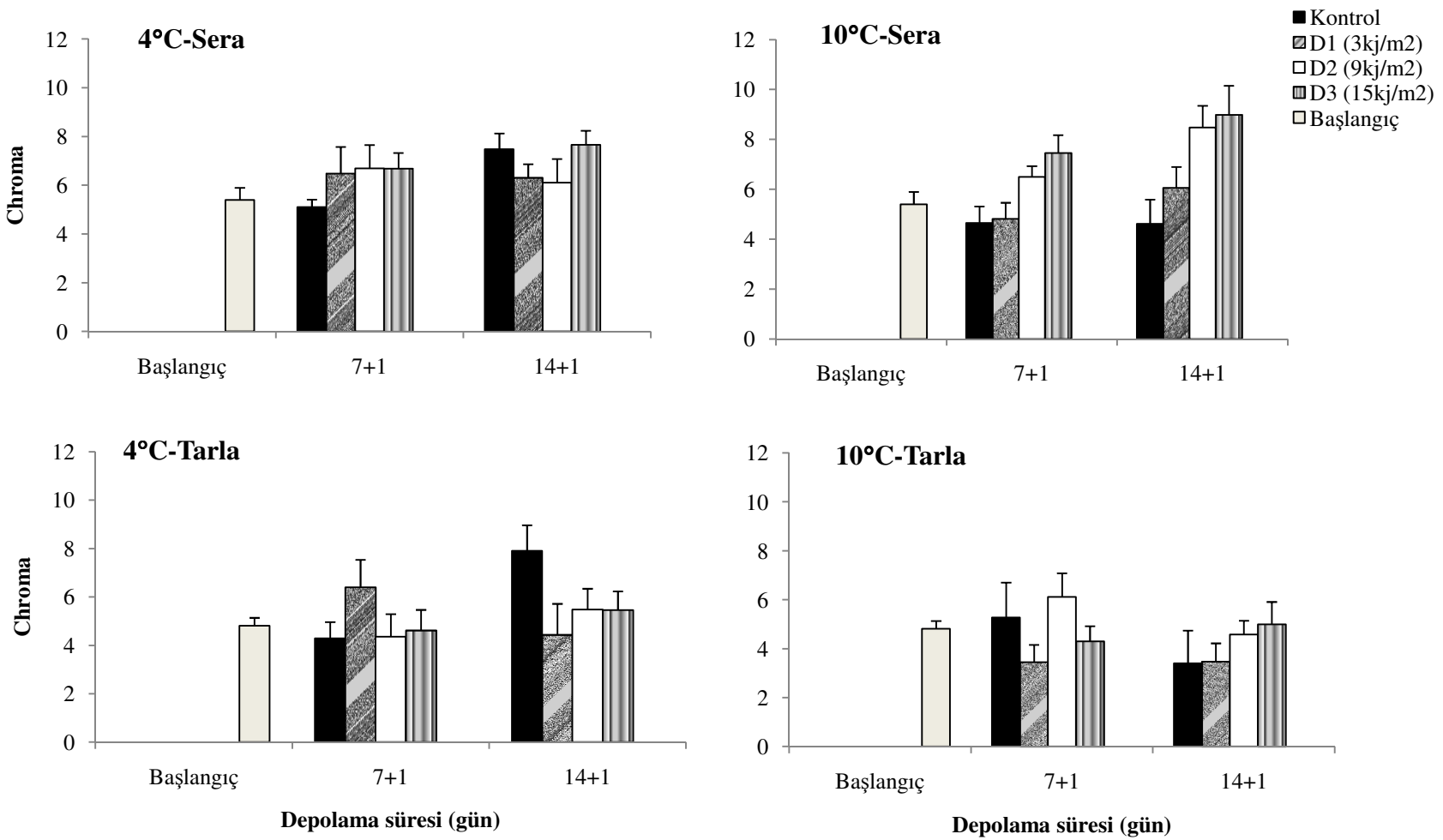
Salatalıkta soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin chroma değerleri depolama sonrası analiz edilenlerden %6 daha azdır ($p<0,001$, Şekil 4.72).

Salatalıkta her iki sıcaklıktaki depolamada da 3 kj/m^2 UV uygulaması chroma değerinde azalma sağlamıştır ($p<0,001$). Ancak 10°C'deki ürünlerde chromadaki azalma daha yüksek (%9) orandadır (Şekil 4.72). Yüksek sıcaklıktaki depolamada tüm UV dozları kontrol örneğine göre daha az chroma değerine sahiptir.

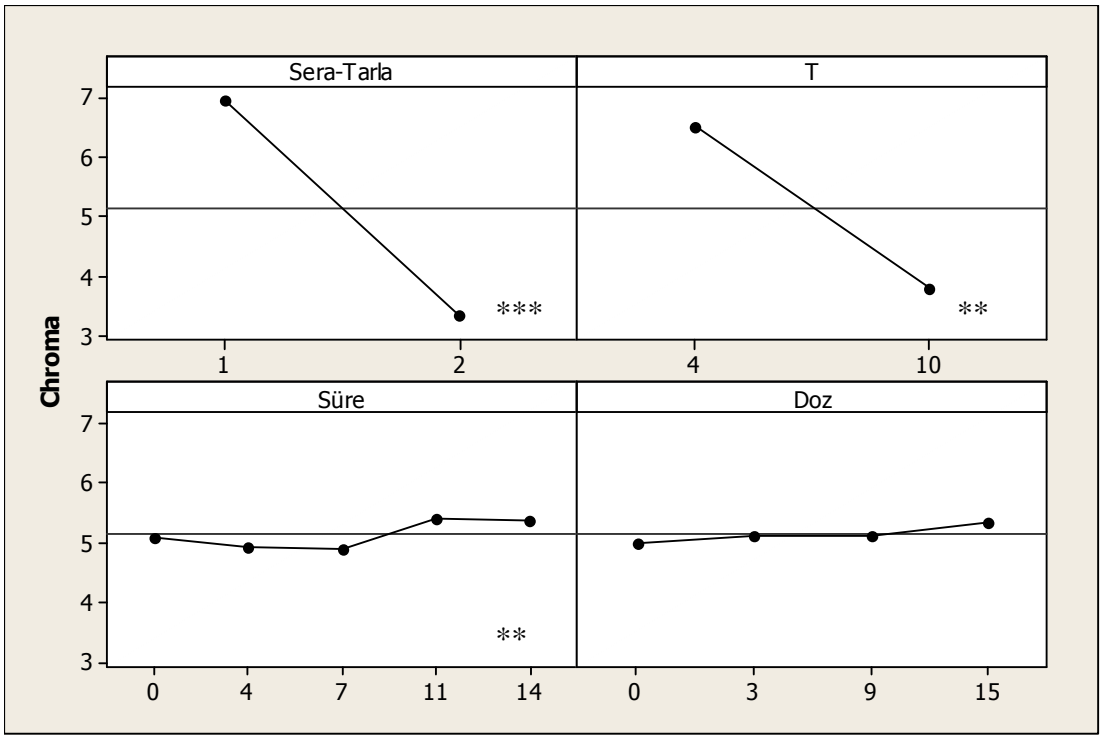
Salatalıkta sera ürünlerinde en iyi korunum %10 azalmayla 3 kj/m^2 uygulamasında görülmüştür ($p<0,001$, Şekil 4.73). Tarla ürünlerinde ise UV uygulamasının önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkta başlangıca en yakın değer sera ve tarla ürünlerinde 3 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.74).



Şekil 4.67 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında chroma üzerine etkisi.



Şekil 4.68 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında chroma üzerine etkisi.



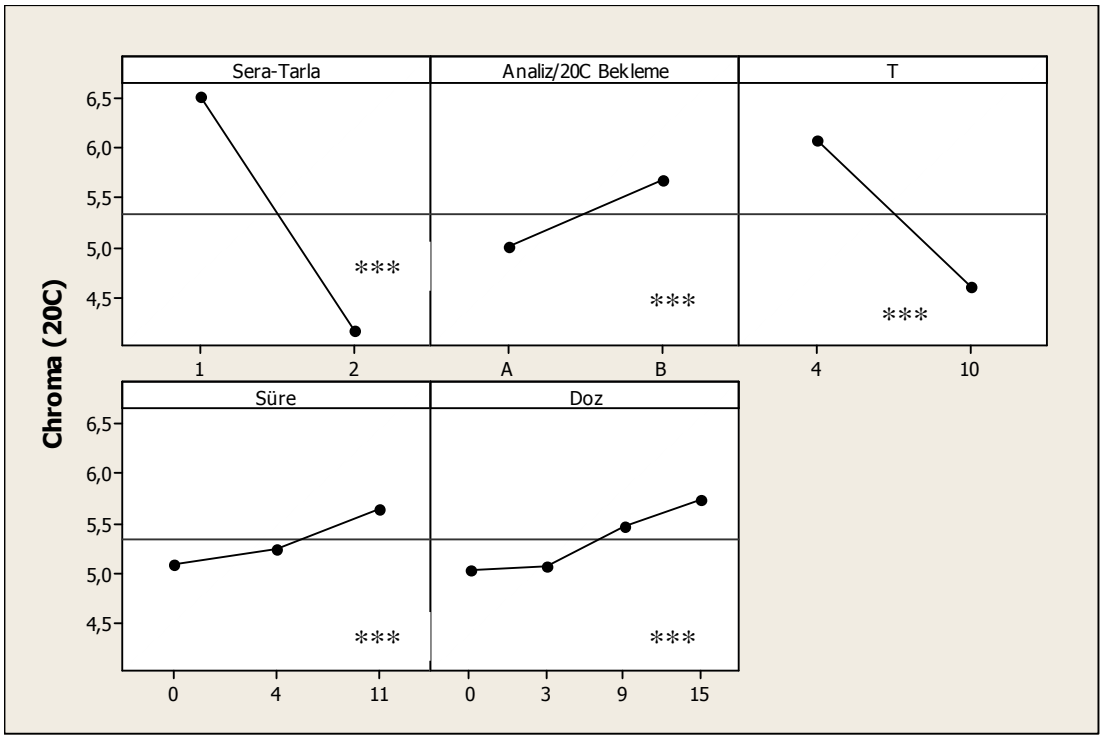
Şekil 4. 69 : Patlıcanlarda chroma değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Farklı doz UV uygulamalarının depolama süresince etkisine bakıldığında depolamanın 11. ve 14.günlerde, 3 kj/m^2 uygulamasının chroma değerini azaltmada (%14) etkin olduğu gözlenmektedir ($p<0,001$). Zamana bağlı olarak soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde en düşük chroma değeri 3 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$). Kontrol örneğine göre %8 daha düşük değerdedir.

4.7.2 Sıcaklığın chroma değerine etkisi

Patlıcanlarda 10°C'de depolananların chroma değeri %25 daha azdır ($p<0,001$, Şekil 4.67, 4.69). Bu sonuca göre, yüksek sıcaklıkta depolamanın patlıcandaki renk değişimini azalttığı söylenebilir.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda 4°C'de depolamada süreyle birlikte chroma değeri artarken (%32), 10°C'de depolamada süreyle birlikte azalma (%10) gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.70). Bu da bir gün bekletilen ürünlerde düşük sıcaklıkta renk değişimlerinin ve kayıplarının daha fazla olduğunu göstermektedir. Patlıcanlar depodan çıkarılıp, bekletilmeden analiz edilince de benzer veriler elde edilmiştir ($p<0,001$).



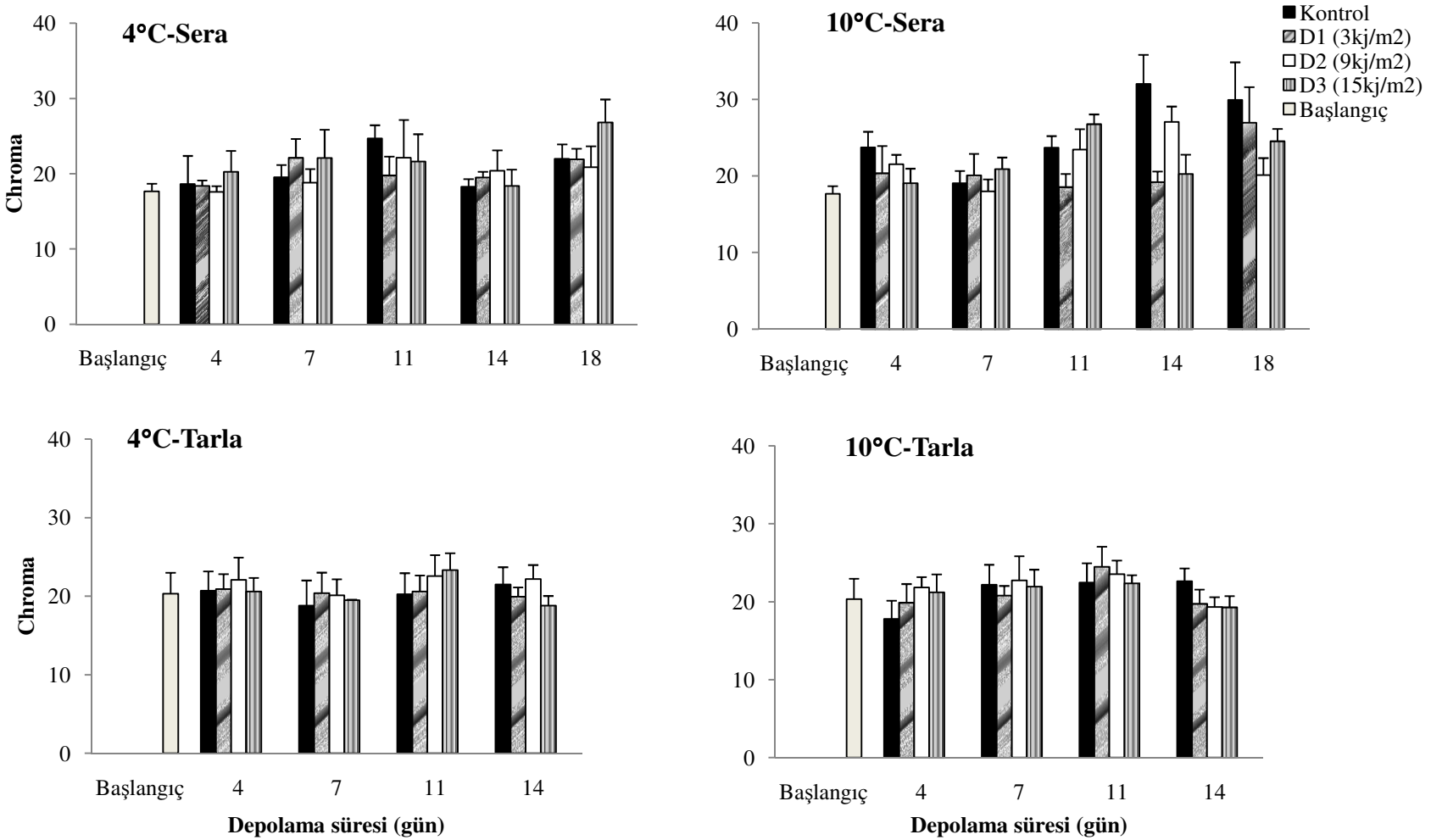
Şekil 4.70 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda chroma değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanlarda 10°C'de depolamada tarla ürünlerinin chroma değerinde hızlı bir azalma gözlenmiştir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda sera ürünlerinde farklı sıcaklıkta depolamanın etkisi önemli değilken, tarla ürünlerinde 10°C'de depolamada %41 daha düşük chroma değeri elde edilmiştir ($p<0,001$). Her iki sıcaklıkta da tarla ürünlerinin chroma değeri daha düşüktür.

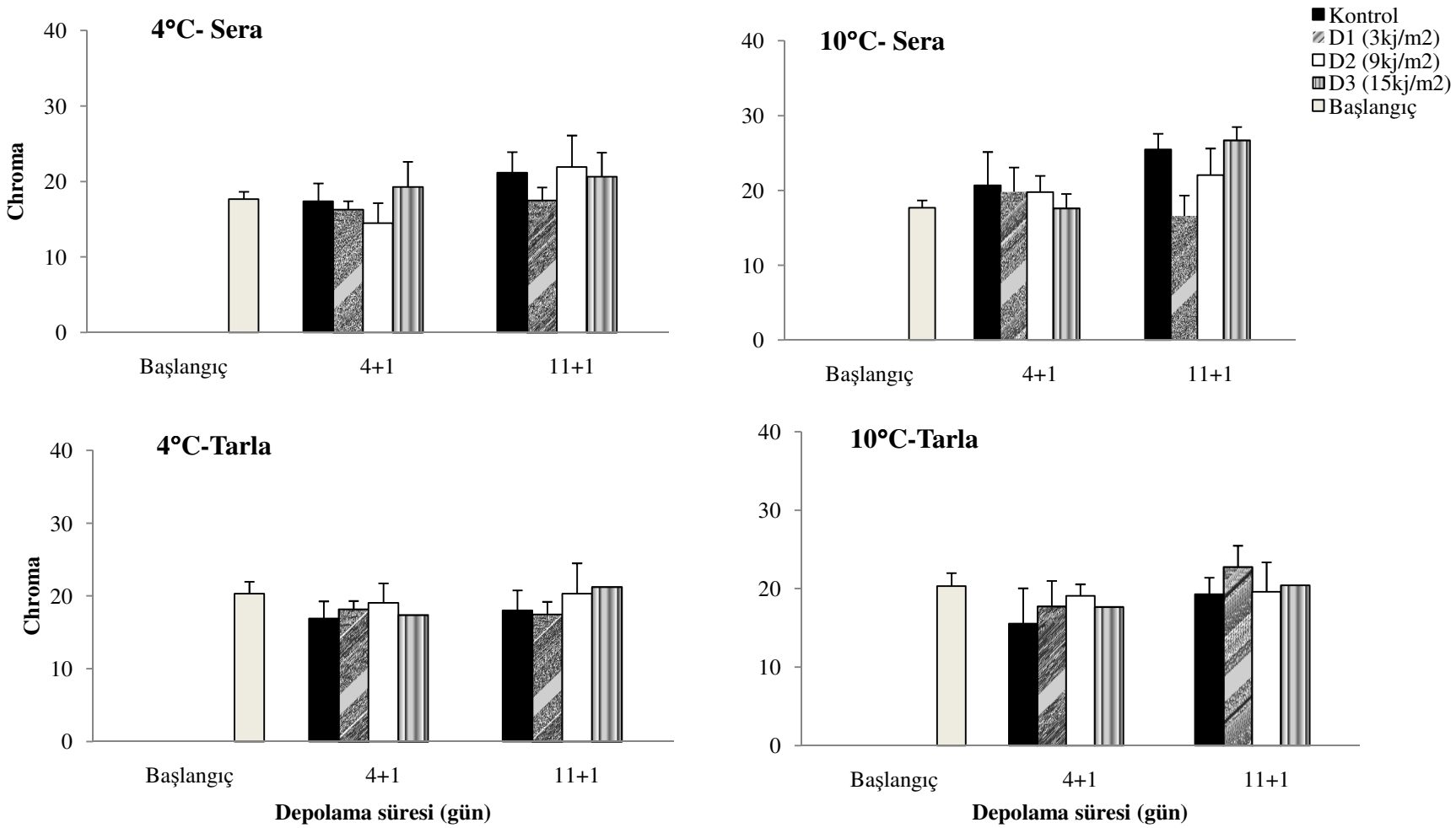
Salatalıkta 10°C'de depolanan ürünlerin chroma değerleri düşük sıcaklıktakilerden %5 daha yüksektir ($p<0,001$). Bunun önemli bir fark olmadığı düşünülmektedir. Salatalıklarda 10°C'de depolanan sera ve tarla ürünlerinin de chroma değeri 4°C'de depolananlardan daha fazladır ($p<0,05$).

4.7.3 Depolama süresinin chroma değerine etkisi

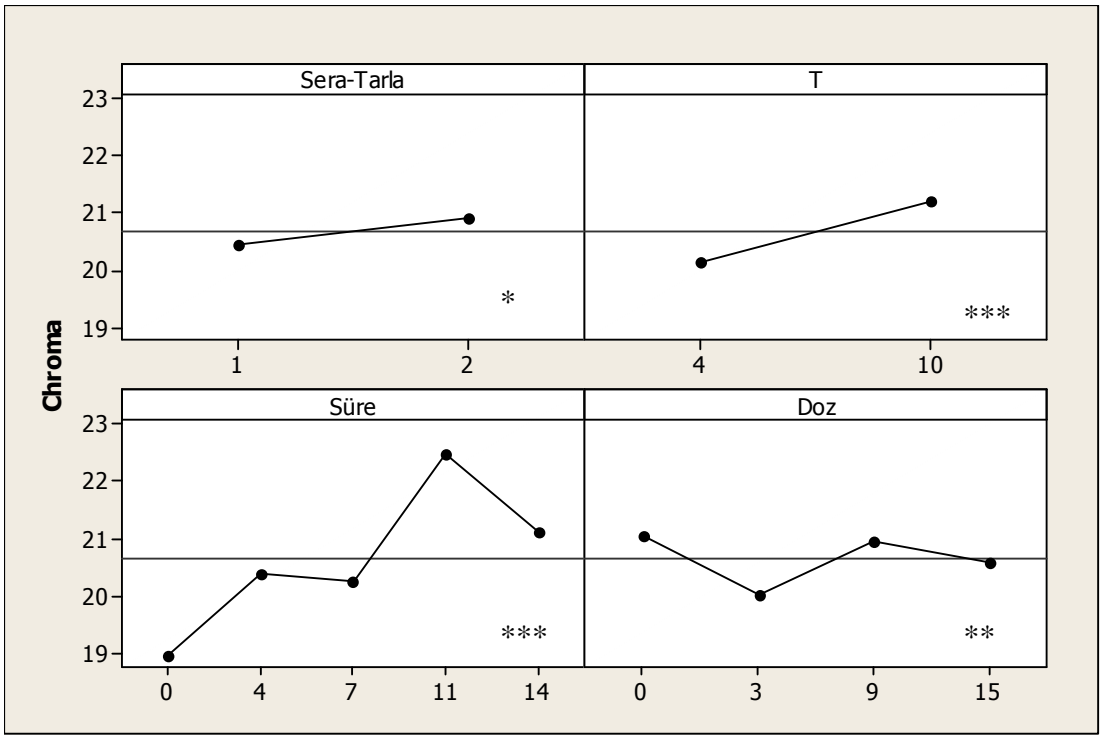
Patlıcanda depolama süresince ilk 7 gündeki %4'lik azalmayı, sonraki günlerdeki %6 oranında artış takip etmiştir ($p<0,01$). Bu da depolama süresince chroma değerinde



Şekil 4.71 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında chroma üzerine etkisi.



Şekil 4. 72: UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında chroma üzerine etkisi.



Şekil 4.73 : Salatalıklarda chroma değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

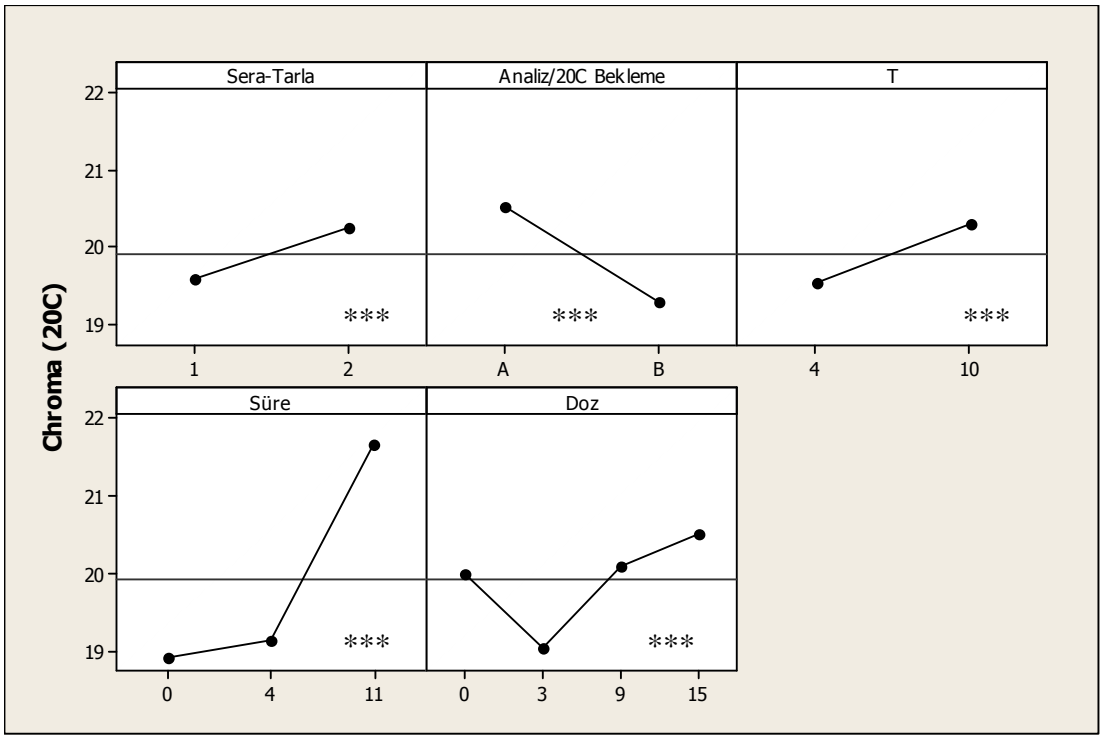
çok büyük bir değişim olmadığını göstermektedir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde chroma değerinde %22 artış olmuştur ($p<0,001$).

Patlıcanda tarla ürünlerinde ilk 4 gündeki azalmayı (%40) takiben depolama süresince önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.69). Sera ürünlerinde ise depolama süresince %36 oranında bir artış gözlenmiştir ($p<0,001$).

Salatalıklarda depolama süresiyle birlikte chroma değeri %18 oranında artmıştır ($p<0,001$). Bu artış özellikle 4 ve 11. günlerde olmuştur.

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin chroma değeri bekletilmeden analiz edilenlerden %5 daha düşüktür ($p<0,01$, Şekil 4.74).

Salatalıkta zamana bağlı olarak sera ve tarla ürünlerinin chroma değerinde artış olmuş, ancak başlangıç değeri daha düşük olan sera ürünlerinde ilk 11 gündeki artış (%3) tarla ürünlerinden daha fazla olup, 11. günde sera ve tarla ürünlerinin değerleri hemen hemen aynıdır ($p<0,001$, Şekil 4.73).



Şekil 4.74 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda chroma değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.7.4 Sera-tarla faktörünün chroma değerine etkisi

Patlıcanlarda sera ürünlerinin chroma değeri tarla ürünlerinden daha fazladır ($p<0,001$).

Patlıcanda sera ürünlerinde depolama sonrası hemen analiz edilen ve soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin chroma değerleri arasında önemli bir değişim yokken, tarla ürünlerinde bir gün bekletme sonrası ürünlerin chroma değerinde %40 artış gözlenmiştir ($p<0,001$). Bu da patlıcanlarda bir gün bekletme sonrası tarla ürünlerinde renk değişimlerinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Salatalıklarda sera-tarla ürünlerinin chroma değerlerinin arasındaki fark önemli değildir.

4.7.5 Chroma genel değerlendirme

UV doz uygulamasının patlıcanın chroma değerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin ise %14 daha fazladır.

Patlıcanda 4 ve 10°C'deki ürünlerde chroma değerinde en az değişim 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Patlıcanda tarla ve sera ürünlerinde en az chroma değişimi kontrol örneklerinde olmuştur.

Patlıcanda düşük sıcaklıkta chroma değeri 10°C'dekinden daha fazladır. Bu sonuca göre, yüksek sıcaklıkta depolamanın patlıcandaki renk değişimini azalttığı söylenebilir. Literatürdeki çalışmalarda da 0 ve 10°C'de muhafaza edilen patlıcanlarda üst kabuktaki renk kayıpları muhafazanın 2. gününde chroma değerindeki düşmeyle gözlenmiştir. Daha sonrasında özellikle 0°C'de artış olmuştur. (Concellon ve diğ., 2007).

Patlıcanlarda 4°C'de depolamada süreyle birlikte chroma değeri artarken, 10°C'de süreyle birlikte azalma gözlenmiştir. Bu da düşük sıcaklıkta renk değişimlerinin ve kayıplarının daha fazla olduğunu göstermektedir.

Salatalıklarda başlangıç değerine en yakın, en düşük chroma değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin chroma değerleri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden %6 daha azdır.

Salatalıkta her iki sıcaklıktaki depolamada da 3 kj/m^2 UV uygulaması chroma değerinde azalma sağlamıştır. Ancak 10°C'deki ürünlerde chromadaki azalma daha yüksek (%9) orandadır. Yüksek sıcaklıktaki depolamada tüm UV dozları kontrol örneğine göre daha az chroma değerine sahiptir.

Salatalıkta depolama sonrası hemen analiz edilen sera ürünlerinde, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen tarla ve sera ürünlerinde en iyi korunum 3 kj/m^2 uygulamasında görülmüştür. Depolama sonrası hemen analiz edilen tarla ürünlerinde ise UV uygulamasının önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Salatalıkta 10°C'de depolanan ürünlerin chroma değerleri düşük sıcaklıktakilerden %5 daha yüksektir. Bunun önemli bir fark olmadığı düşünülmektedir.

Salatalıklarda sera-tarla ürünlerinin chroma değerleri arasında önemli bir fark yokken, patlıcanlarda sera ürünlerinin chroma değeri tarla ürünlerinden daha fazladır. Tarla ürünlerinde daha az artış olması, tarla ürünlerinin zamana bağlı renk değişiminde sera ürünlerinden daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.

4.8 Toplam Renk Değişimi (ΔE)

4.8.1 UV dozunun ΔE değerine etkisi

UV doz uygulamalarında patlıcanda 3 kj/m^2 doz uygulaması toplam renk değişimi (ΔE) değerindeki değişimin en az, dolayısıyla renk değişiminin az olmasını sağlamıştır ($p<0,05$, Şekil 4.75- 4.78). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin ΔE değeri depodan çıkarılınca hemen analiz edilen örneklerinkinden daha yüksektir ($p<0,001$, Şekil 4.76).

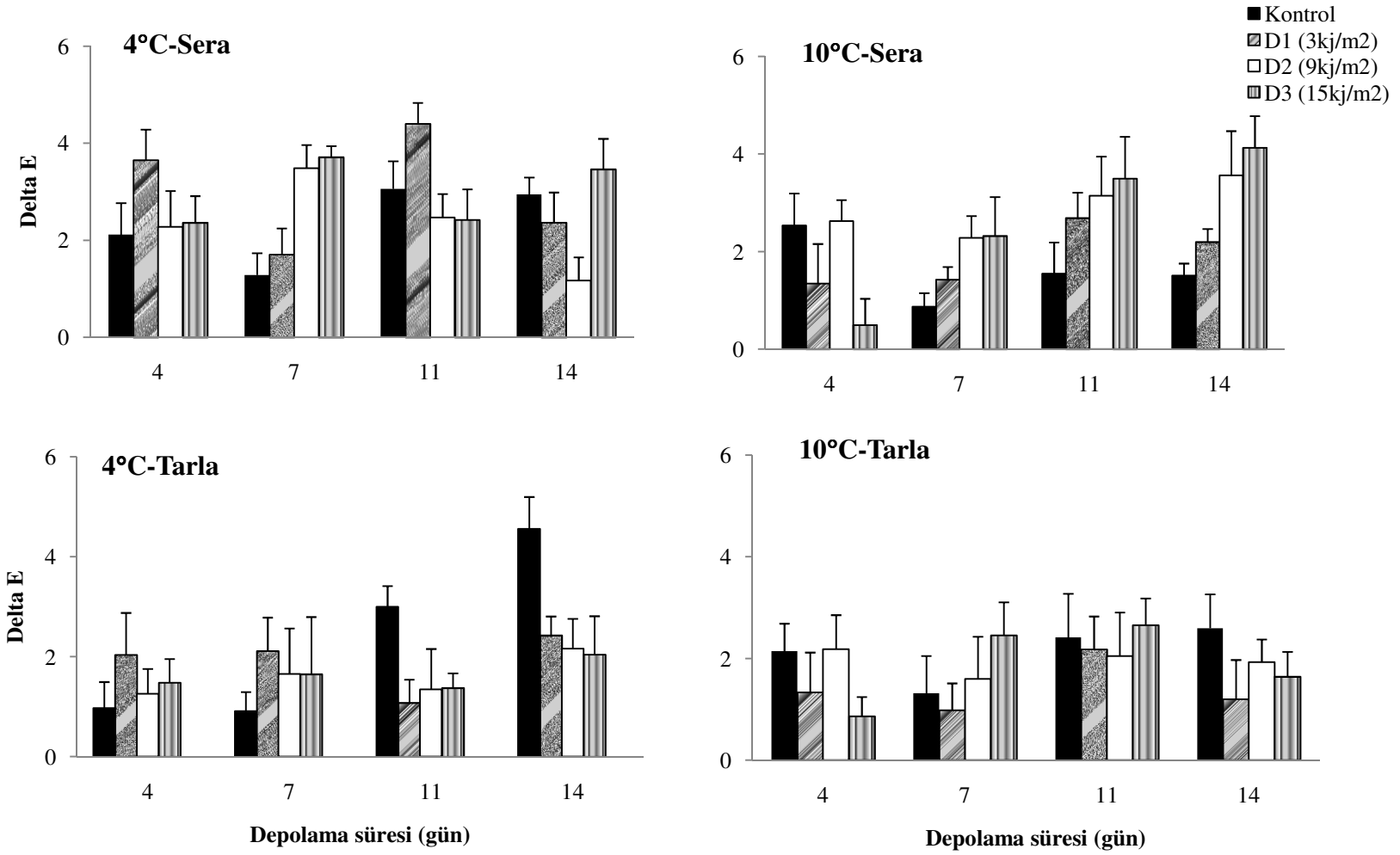
Patlıcanda 10°C'de depolamada 3 kj/m^2 UV uygulaması kontrole göre daha düşük ΔE değeri sağlarken, yüksek doz uygulamaları ΔE değerinde artışa neden olmuştur. Düşük sıcaklıkta ise tersine yüksek dozlar daha etkili olmuştur (Şekil 4.75). En düşük ΔE değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,01$).

Patlıcanda sera ürünlerinde UV doz uygulaması ΔE değerinde artışa, tarla ürünlerinde ise azalmaya neden olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.77). Bu da sera ürünlerindeki renk değişimine UV uygulamasının negatif etkisinin olduğu, tarlaürünlerinde ise olumlu etkisinin gözlendiği, ancak dozlar arasında çok büyük bir fark olmadığı sonucunu doğurmaktadır.

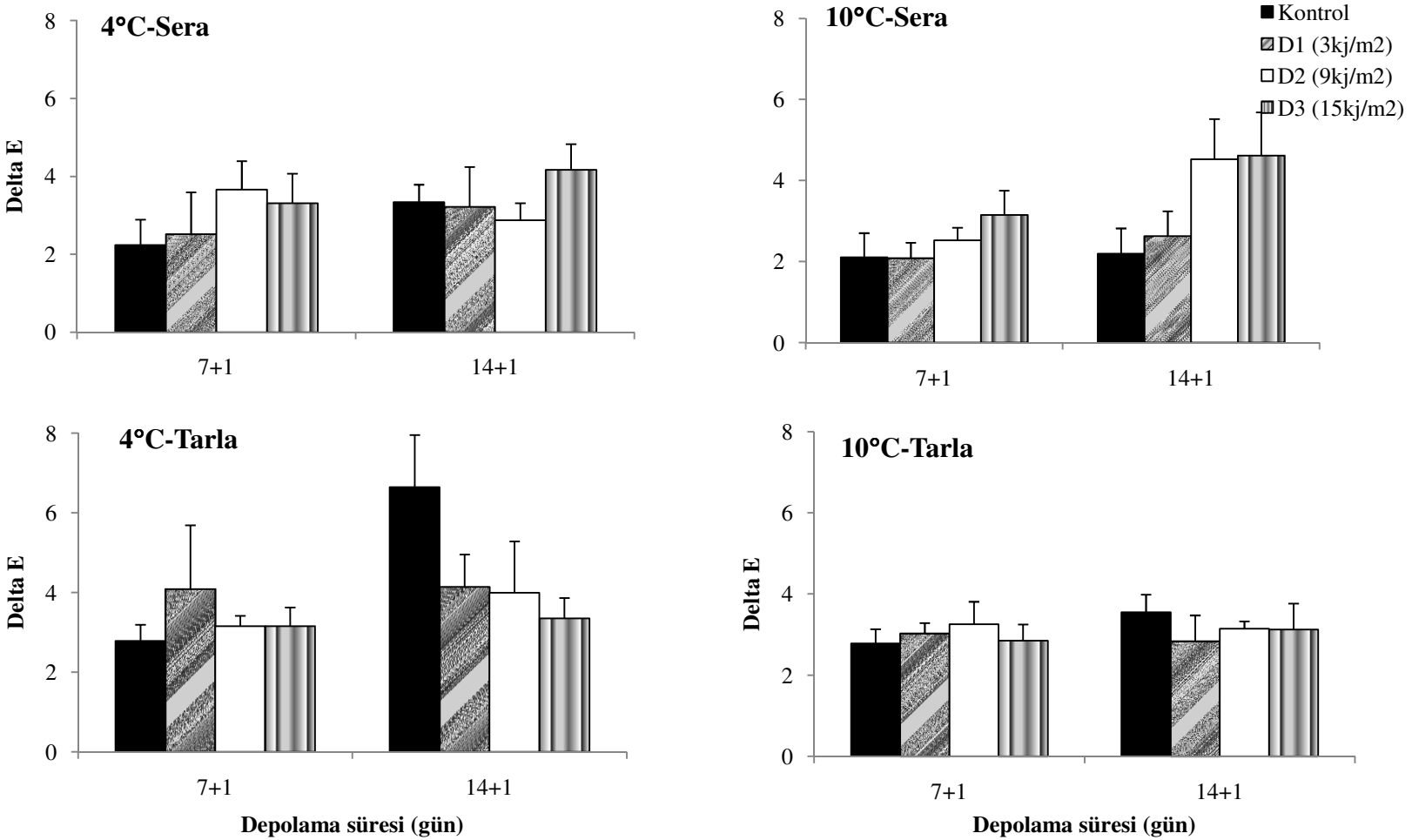
Salatalıkta ΔE değerindeki değişimin en az olduğu uygulama 3 kj/m^2 dozudur ($p<0,05$, Şekil 4.79-4.82). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme sonucu ΔE değeri azalmıştır ($p<0,001$, Şekil 4.80).

Salatalıkta her iki sıcaklıkta da 3kj/m^2 UV dozunda daha az ΔE değeri elde edilmiştir ($p<0,05$). Ancak 10°C'deki etkisi daha fazladır (kontrole göre %34 azalma).

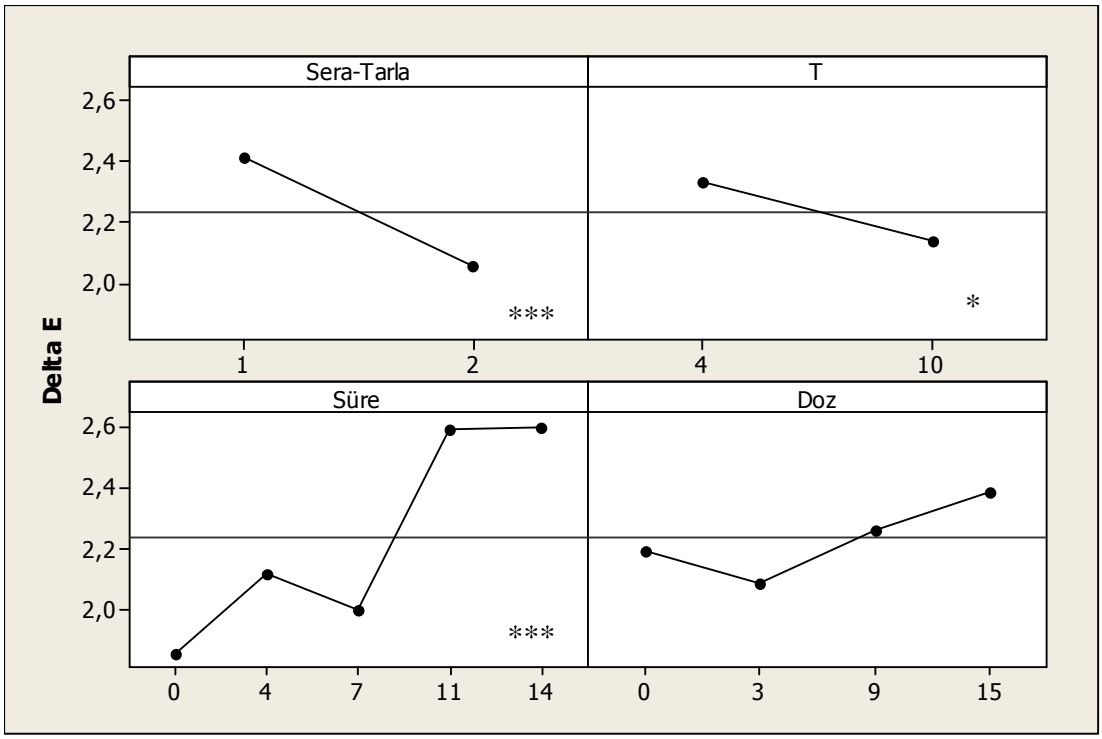
Salatalıkta tarla ve sera ürünlerinde en düşük ΔE değeri 3 kj/m^2 dozunda elde edilirken, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinde yine 3 kj/m^2 dozu diğer uygulamalara göre ΔE değerini daha fazla (kontrolden %35 daha düşük) düşürmüştür (Şekil 4.80). Tarla ürünlerinde ise en düşük ΔE değeri UV uygulanmayan örneklerde elde edilmiştir ($p<0,001$). Ancak kontrolle 3 kj/m^2 doz uygulamasında çok büyük bir fark yoktur (%6,5). Bu da bir gün bekletmeyle depolama sonrası hemen analiz etmede benzer sonuçlar elde edildiğini göstermektedir.



Şekil 4.75 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi.



Şekil 4. 76 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi.



Şekil 4.77 : Patlıcanlarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.8.2 Sıcaklığın ΔE değerine etkisi

Patlıcanlarda 4°C'de depolananların ΔE değeri daha fazladır ($p<0,001$, Şekil 4.75, 4.77).

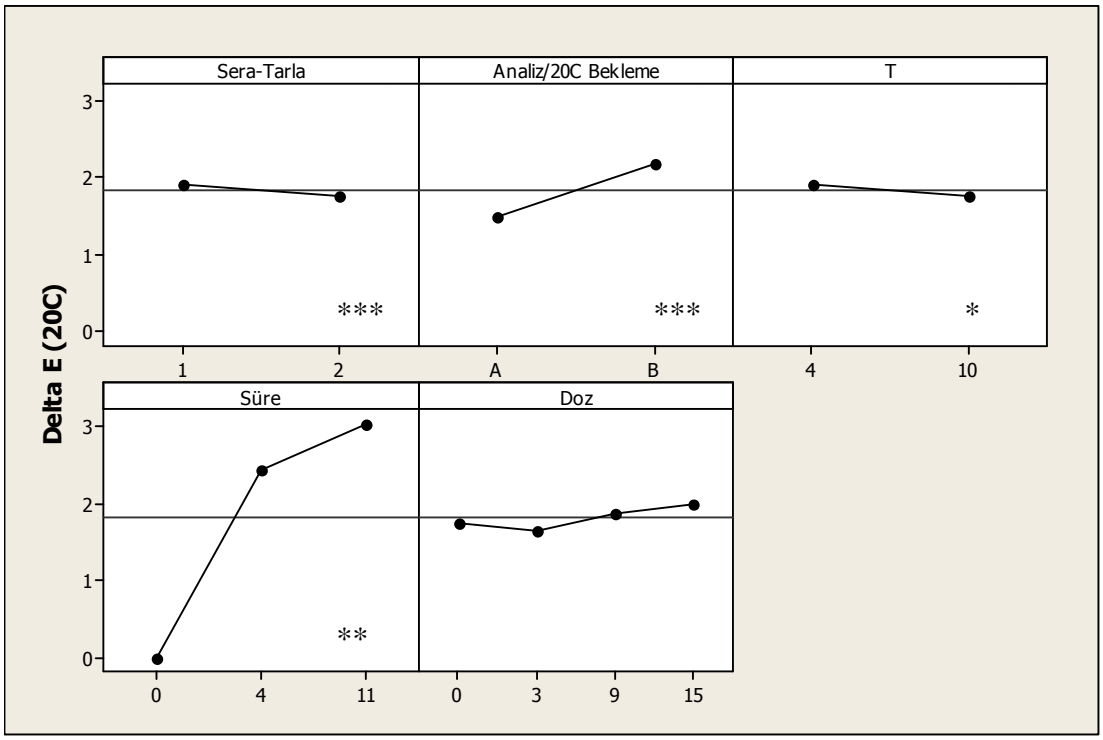
Salatalıklarda 10°C'deki sıcaklıkta %19 daha fazla ΔE değeri gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.79, 4.81).

4.8.3 Depolama süresinin ΔE değerine etkisi

Depolama süresiyle birlikte patlıcanda ve salatalıkta ΔE değerinde artış olmuş, ancak bu artış salatalıkta (%83, patlıcanda %43) daha belirgindir ($p<0,001$). Bu da salatalıklardaki renk değişiminin patlıcanlardan daha fazla olduğunu göstermektedir Depolamanın 4. ve 11. ününde ΔE değerindeki artışlar daha fazladır.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin ΔE değerindeki artış depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha fazla olmuş; depolamanın 11. gününde patlıcanların ΔE değeri başlangıç değerinden %64 daha fazladır ($p<0,001$, Şekil 4.76). Bu da bekleme sonrası renk değişimin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Depolama süresiyle birlikte salatalıkta ΔE değerinde %83 artış olmuştur (p<0,001). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkların ΔE değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha fazladır. Depolamanın 11. gününde ΔE değeri başlangıç değerinden 2 kat daha fazladır (p<0,001, Şekil 4.80).

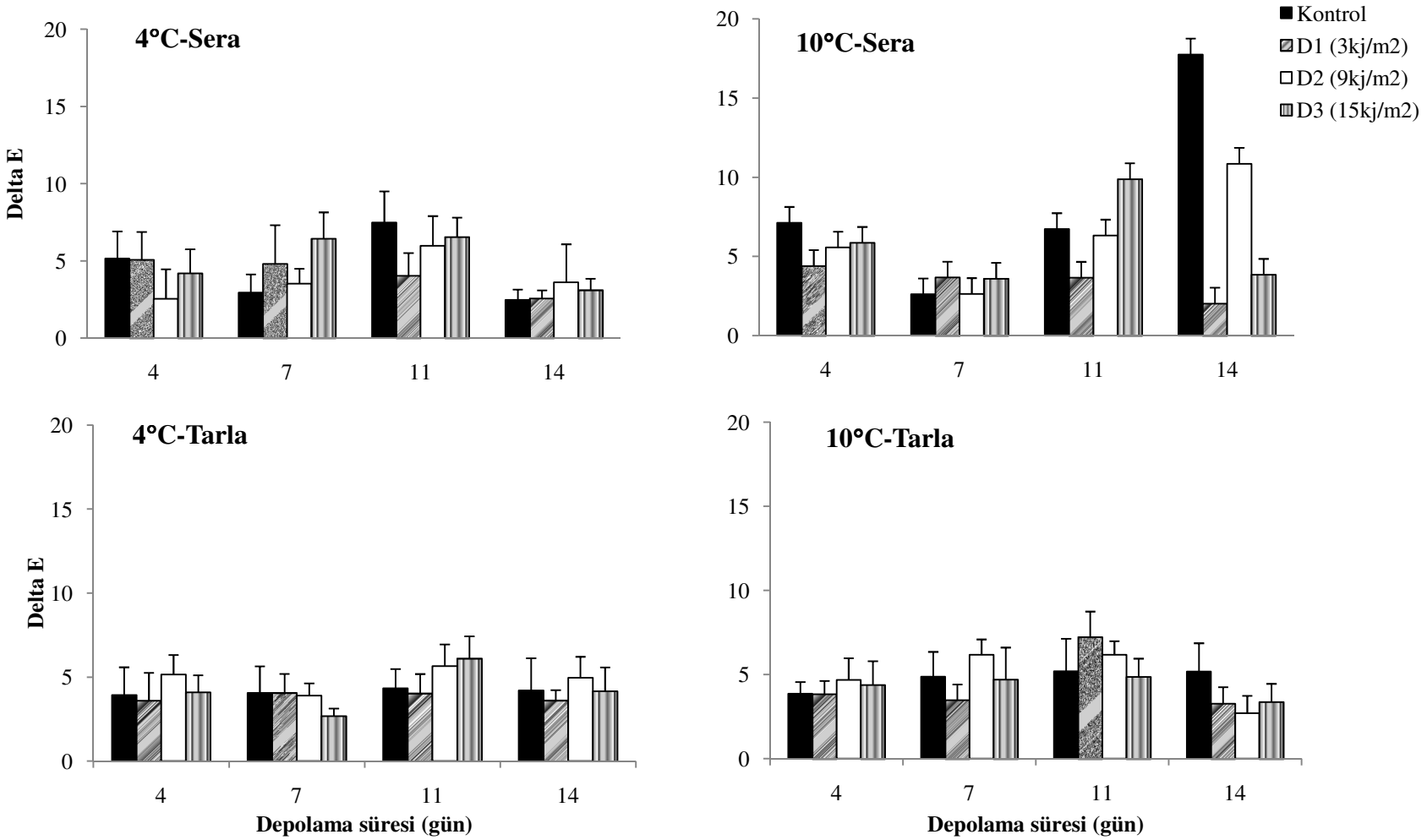


Şekil 4.78 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

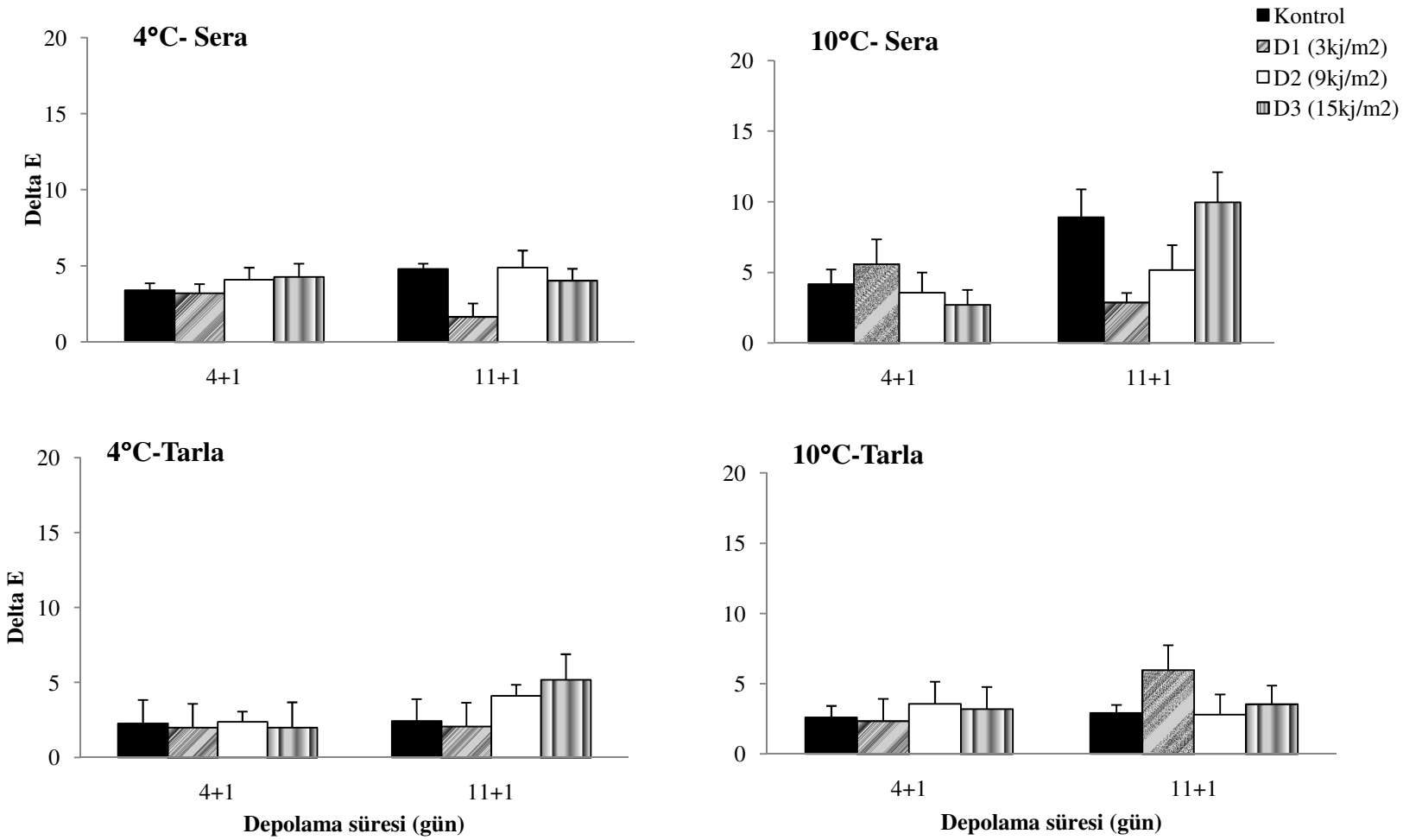
Salatalıklarda depolama süresiyle birlikte sera ve tarla ürünlerinin ΔE değeri artış göstermiştir (p<0,001). Depolamanın 14.gününde sera ürünleri başlangıç değerinin 3 katına çıkmıştır. Ancak tarla ürünlerindeki değişim daha azdır. Bu da tarla ürünlerinde daha az renk değişimi olduğunu göstermektedir.

4.8.4 Sera-tarla faktörünün ΔE değerine etkisi

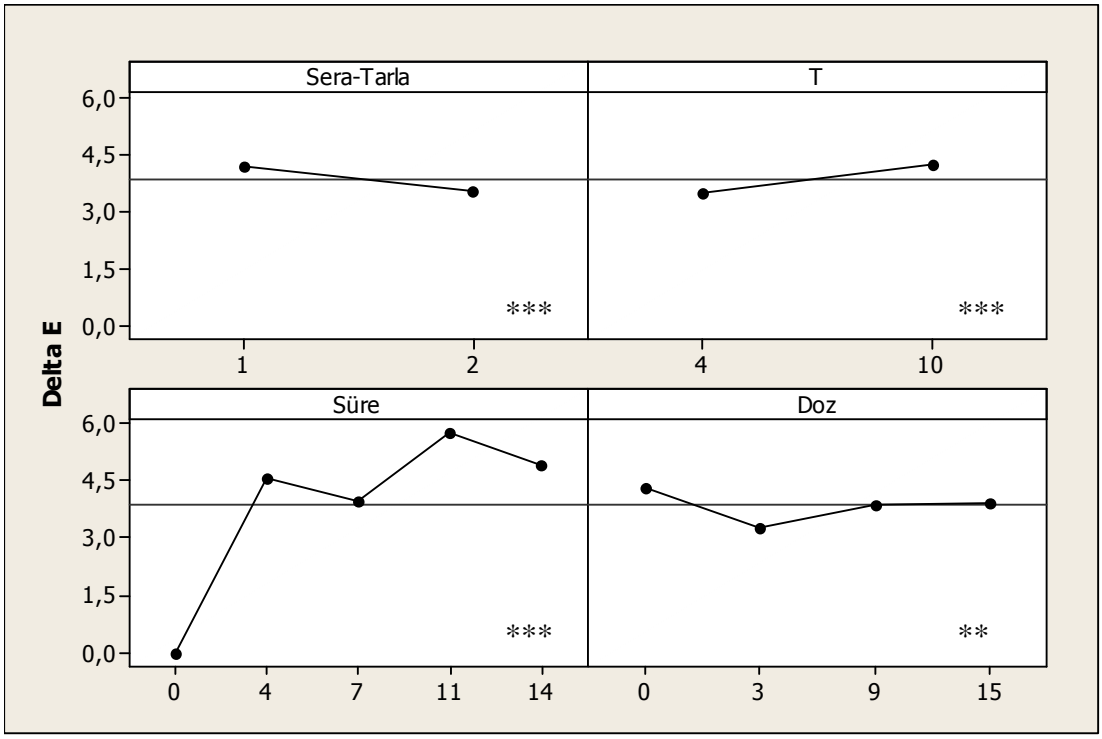
Patlıcanlarda sera ürünlerinin ΔE değeri tarla ürünlerinden %11,5 daha yüksektir (p<0,001). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda, tarla ürünleri sera ürünlerinden %23 daha fazla ΔE değerine sahiptir (p<0,001, Şekil 4.78). Bu da bekletme sonrası tarla ürünlerindeki değişimin daha fazla olduğunu ve renk değişiminden daha çok etkilendiklerini göstermektedir.



Şekil 4.79 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi.



Şekil 4.80 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında ΔE (delta E) üzerine etkisi.



Şekil 4.81 : Salatalıklarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıklarında sera ürünlerinin ΔE değeri tarlada yetişenlerden daha yüksektir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda sera ürünlerinde ΔE'de artış olmakla birlikte, tarla ürünlerinde azalma olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.82).

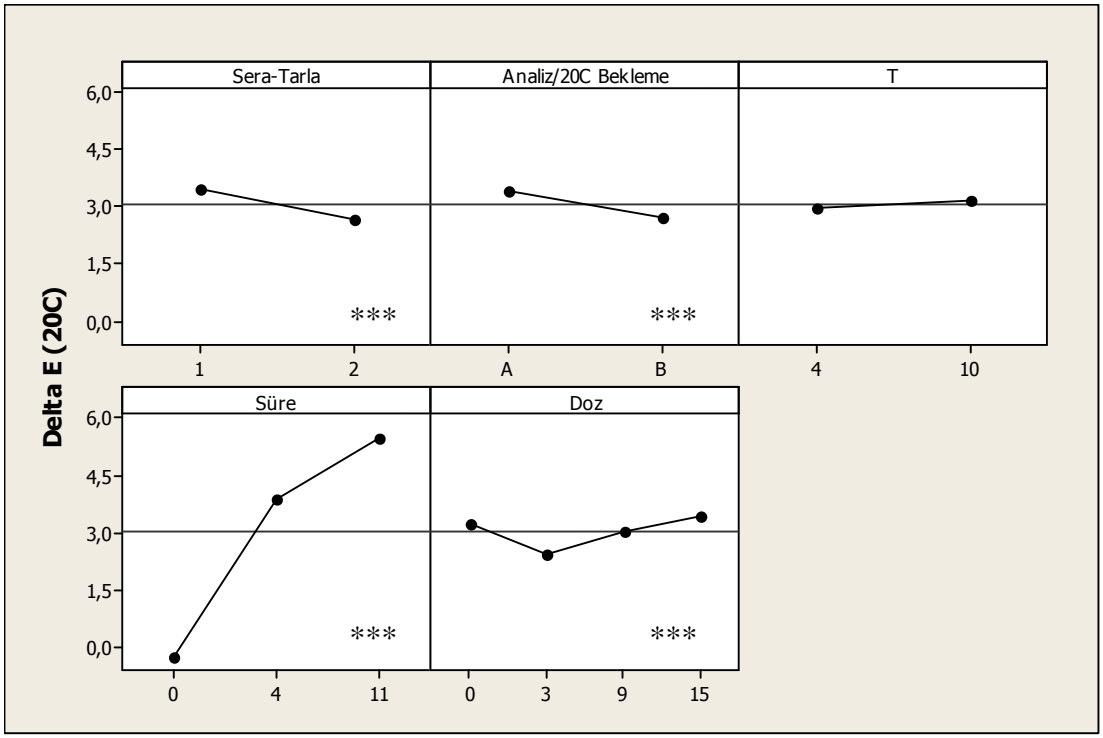
4.8.5 ΔE genel değerlendirme

UV doz uygulamalarında patlıcan ve salatalıklarda da 3kj/m^2 doz uygulaması ΔE değerindeki değişimin en az, dolayısıyla renk değişiminin az olmasını sağlamıştır. Ancak patlıcanda UV dozunun etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların ΔE değeri depodan çıkarılınca hemen analiz edilen örneklerinkinden daha yüksektir ($p<0,001$).

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletme ΔE değerinde azalmaya neden olmuştur ($p<0,001$).

Patlıcanda 10°C'de depolamada 3 kj/m^2 UV, düşük sıcaklıkta ise en düşük ΔE değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.



Şekil 4.82 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda ΔE (delta E) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanda sera ürünlerinde UV doz uygulaması ΔE değerinde artışa, tarla ürünlerinde ise azalmaya neden olmuştur.

Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde, tarla ürünleri sera ürünlerinden daha fazla ΔE değerine sahiptir. Bu da bekletme sonrası, tarla ürünlerindeki değişimin daha fazla olduğunu, bu değişimin ürün ortam sıcaklığına çıkarıldığında belirginleştiğini ve renk değişiminden sera ürünlerinden daha çok etkilendiklerini göstermektedir.

Salatalıkta her iki sıcaklıkta da 3 kj/m^2 UV dozunda daha az ΔE değeri elde edilmiştir.

Salatalıkta depolama sonrası hemen analiz edilen tarla ve sera ürünlerinde en düşük ΔE değeri 3kj/m^2 dozunda elde edilirken, soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinde de yine 3 kj/m^2 dozu daha etkindir. Soğuk

depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen tarla ürünlerinde ise en düşük ΔE değeri UV uygulanmayan örneklerde elde edilmiştir.

Patlıcanlarda düşük sıcaklıkta, salatalıklarda ise yüksek sıcaklıkta ΔE değeri daha fazladır.

Depolama süresiyle birlikte patlıcanda ve salatalıkta ΔE değerinde artış olmuş, ancak bu artış salatalıkta daha belirgindir.

Depolama süresiyle birlikte sera ve tarla ürünlerinin ΔE değeri artış göstermiştir. Tarla ürünlerindeki renk değişimi sera ürünlerinden daha az olmuştur. Salatalıkta da patlıcanda da renk değişimi tarla ürünlerinde daha azdır.

4.9 Patlıcan İç (Kabul Altı Dokuda) Renk L Değeri

4.9.1 UV dozunun patlıcan iç renk L değerine etkisi

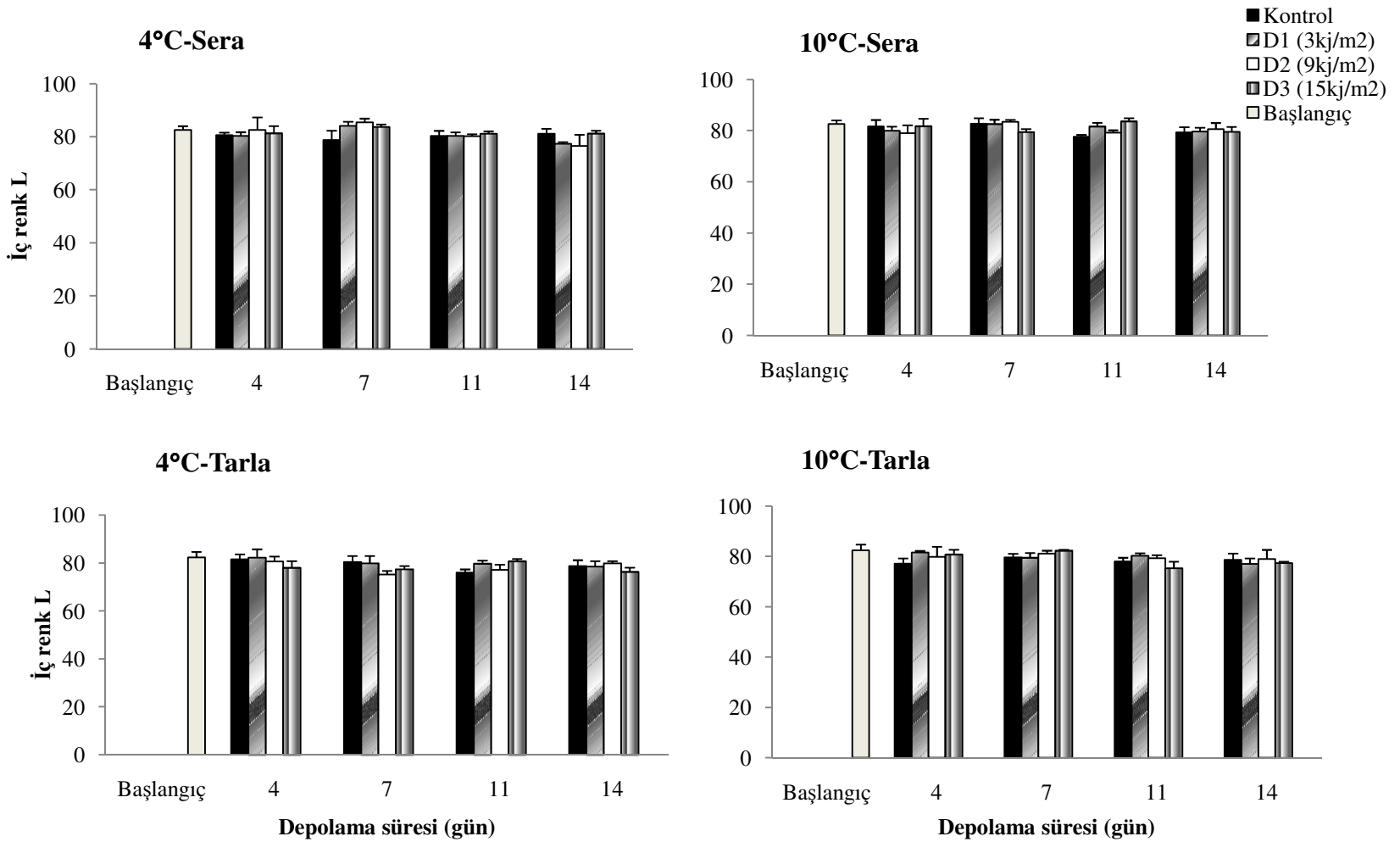
UV uygulamalarında en yüksek değer patlıcanlarda 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmesine rağmen, artış oranı düşük olduğu için (%1) istatistiksel olarak UV uygulamasının etkin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.83-4.84).

4.9.2 Sıcaklığın patlıcan iç renk L değerine etkisi

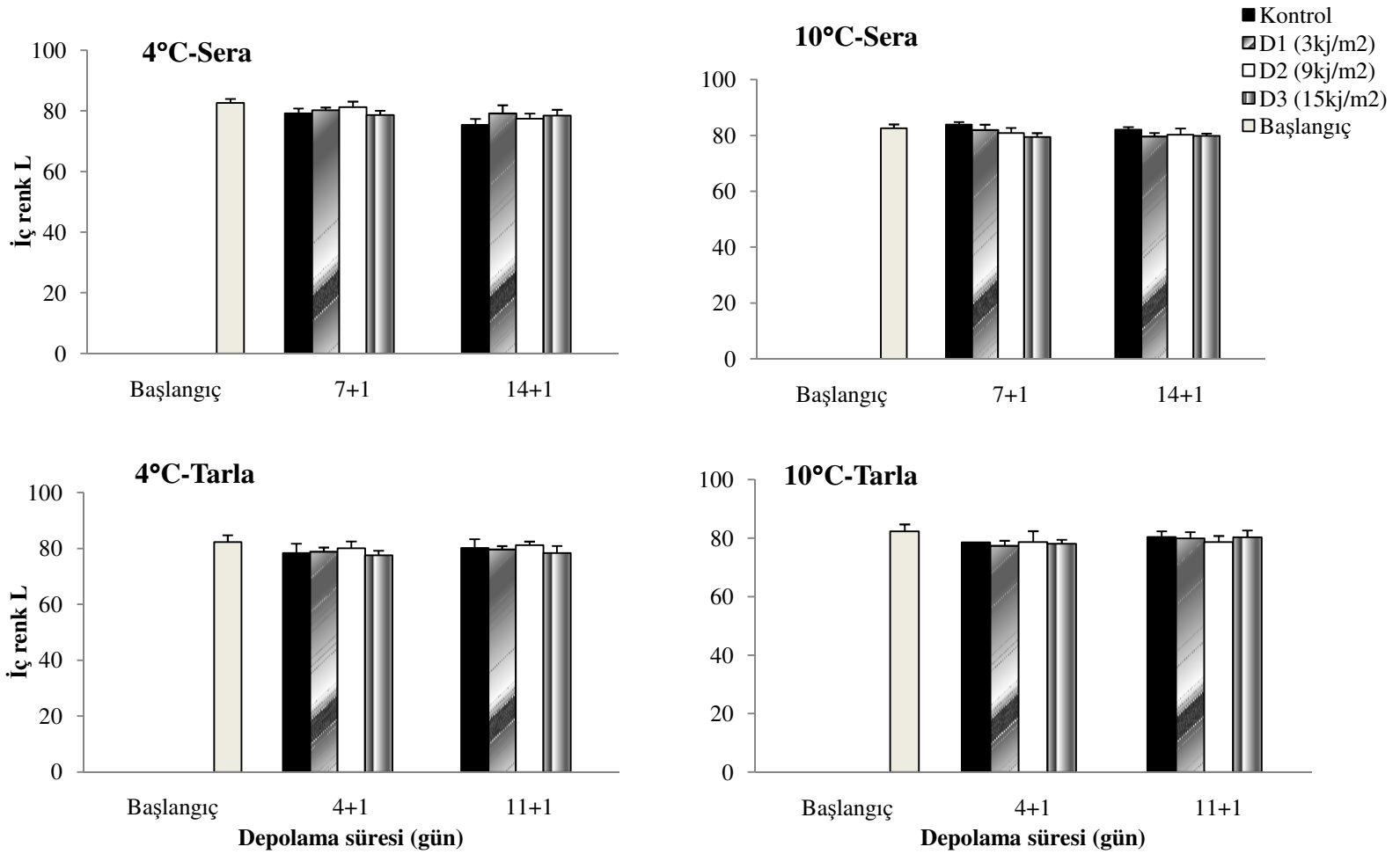
İki farklı sıcaklıkta depolamanın patlıcanlarda iç renk L değerinde önemli farklılık yaratmadığı gözlenmektedir (Şekil 4.83, 4.85).

Yüksek sıcaklıkta depolanan patlıcanlar bir gün bekletildiğinde iç renk L değerleri biraz daha yüksek olmakla birlikte istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sadece soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera patlıcanlarda 10°C'de depolananlarda çekirdek kararması başlamışken, 4°C'de depolamada çekirdeğin yanında, meyve etinde de kararma başladığı iç renk L değeriyle belirlenmiştir (Şekil 4.84, 4.86). Tarla ürünlerinde iki farklı sıcaklığın etkisinin önemli olmadığı gözlenmiştir.

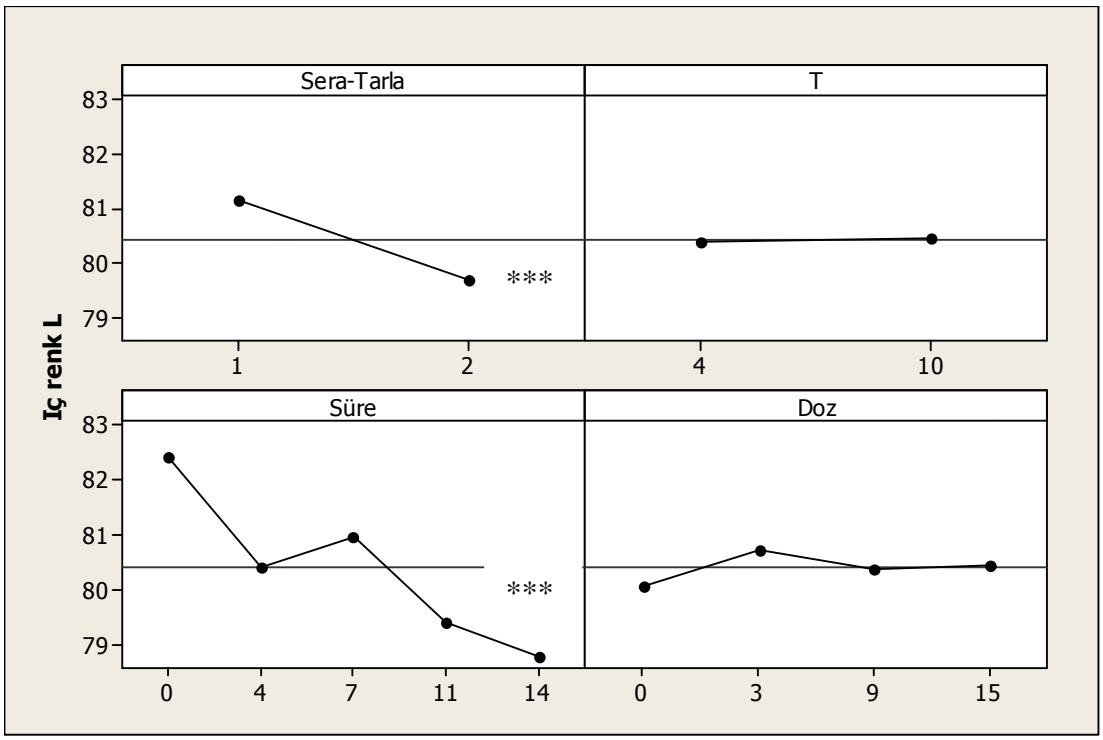
Sera ürünlerinin iç renginin korunmasında 10°C'de depolama düşük sıcaklıktan daha etkilidir ($p<0,01$). Tarla ürünlerinde iki farklı sıcaklığın etkisinin önemli olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4.83 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında iç renk L değeri üzerine etkisi.



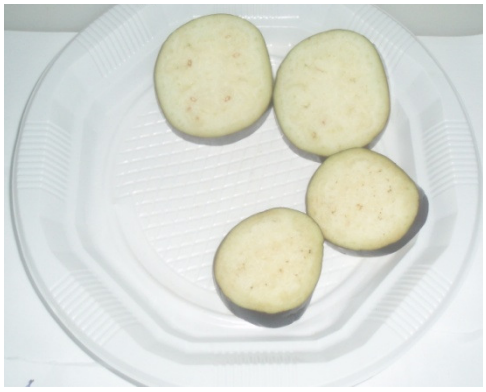
Şekil 4.84 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında iç renk L değeri üzerine etkisi.



Şekil 4.85 : Patlıcanlarda iç renk L değerinin değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.9.3 Depolama süresinin patlıcan iç renk L değerine etkisi

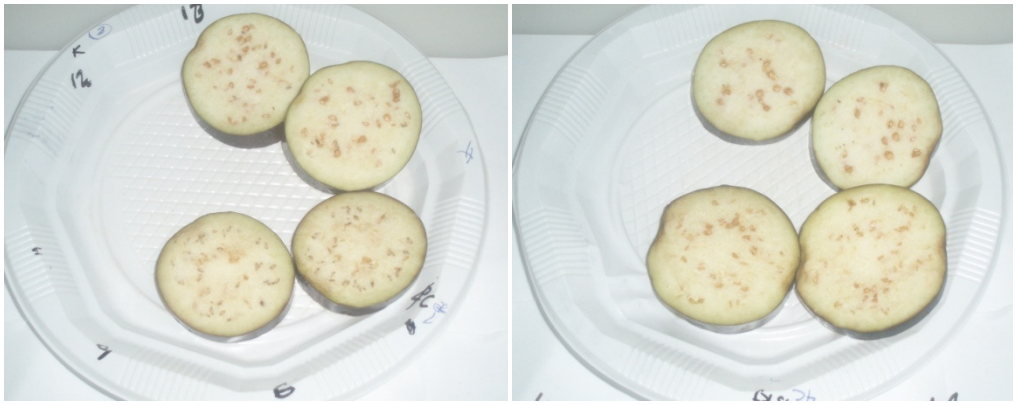
Depolama süresiyle birlikte iç renk L değeri azalmış, 14. günde başlangıca göre %4,5 azalmayla 78 değerine düşerek, çekirdek ve meyve etinde kararmanın başladığını göstermektedir ($p<0,001$, Şekil 4.83, 4.86). Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda da depolama süresiyle birlikte iç renk L değerlerinde azalma olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.85, 4.88).



Şekil 4.86 : Patlıcanlarda hasat sonrası iç rengin görünümü.

Tarla ürünlerinde zamana bağlı olarak iç renk L değerinde azalma olurken, sera ürünlerinde azalma 7. günden itibaren daha belirgin olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.83). Sera ürünlerinde 14. günün sonunda patlıcanlarda sadece çekirdek kararması

gözlenirken, tarla ürünlerinde çekirdeğin yanısıra meyve etinde de kararmalar başlamıştır. Bu da sera ürünlerinin kararmaya karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.87 : Patlıcanlarda 4°C'de, 11.gün sonra meyve eti ve çekirdekte görülen kararmalar.

Depolamanın 4. gününde soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinde sadece çekirdek kararması gözlenirken, tarla ürünlerinde meyve etinde de kararmalar başlamıştır (Şekil 4.87-4.88). Depolamanın 11. gününde tarla ve sera ürünlerinin iç renk değeri aynı noktaya ulaşmıştır ($p<0,01$). Tarla ürünlerinde ilk 4 günde azalma daha fazlayken sera ürünlerinde 4.günden sonra renkteki değişim daha hızlı olmuştur.

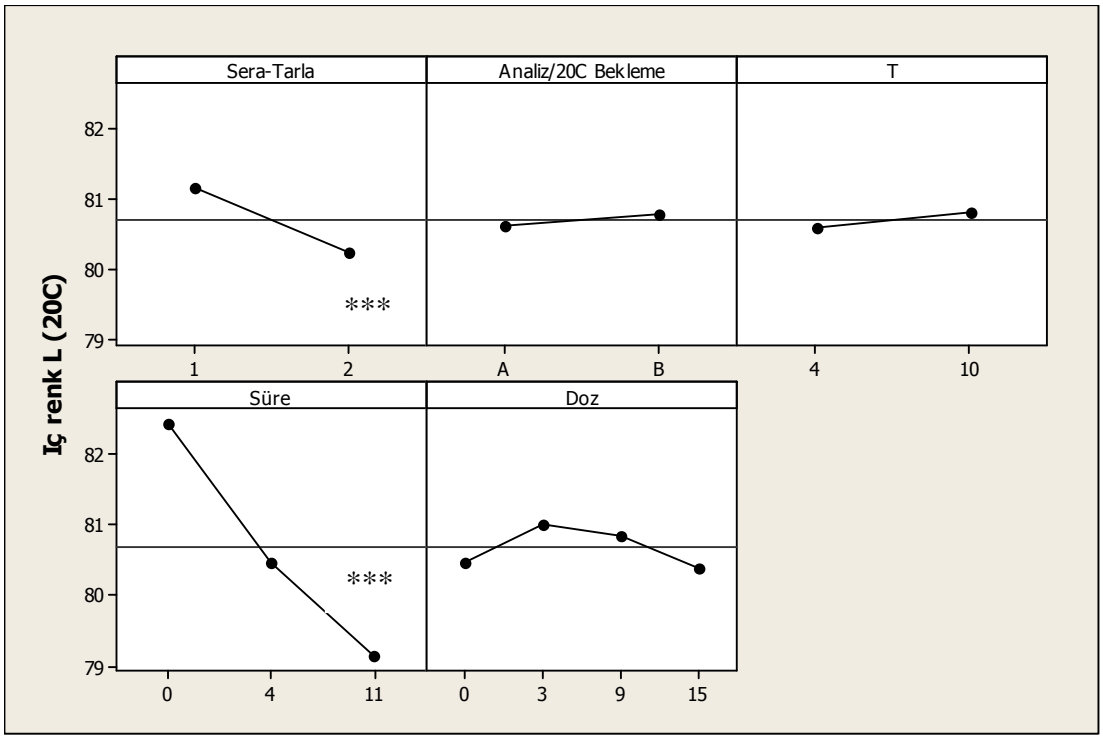
4.9.4 Sera-tarla faktörünün patlıcan iç renk L değerine etkisi

Sera patlıcanların iç renk değeri tarla ürünlerinkinden daha yüksektir ($p<0,001$). Depolama sonrası hemen analiz edilen örneklerde olduğu gibi soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilenlerde de sera örneklerinin ($p<0,05$) iç renk L değerleri daha yüksektir.

4.9.5 Patlıcan iç renk L değeri genel değerlendirme

Patlıcanda iç renk L değişiminde sadece sera-tarla farkı ve depolama süresi istatistiksel olarak önemli gözükmektedir.

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera patlıcanlarda 10°C'de depolananlarda çekirdek kararması başlamışken, düşük sıcaklıkta depolamada çekirdeğin yanında, meyve etinde de kararma başladığı iç renk L değeriyle belirlenmiştir.



Şekil 4.88 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda iç renk L değerinin değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Depolama süresiyle birlikte iç renk L değeri azalmış, 14. günde başlangıca göre %4,5 azalmayla 78 değerine düşerek, çekirdek ve meyve etinde kararmanın başladığını göstermektedir. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda da depolama üresiyle birlikte iç renk L değerlerinde azalma olmuştur. Literatür değerlendirmesinde de 5°C'de muhafaza edilen patlıcanlarda iç kararması L değeri ile belirlenmiş, depolamanın 9. gününde 87'den 78,9'a düşerek, dokularda kararmanın başladığını göstermiştir. 13 günlük depolama sonunda 73,9 değerine gerileyerek, ciddi bir kararmanın oluştuğu belirlenmiştir (Concellon ve diğ., 2005). Sera ürünlerinde 14. günün sonunda patlıcanlarda sadece çekirdek kararması gözlenirken, tarla ürünlerinde çekirdeğin yanısıra meyve etinde de kararmalar başlamıştır. Depolamanın 4. gününde soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinde sadece çekirdek kararması gözlenirken, tarla ürünlerinde meyve etinde de kararmalar başlamıştır. Bu da sera ürünlerinin iç kararmasına karşı daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. İç kararmasında sera-tarla etkisi yanında meyvenin olgunluk durumunun da önemli olduğu görülmektedir. Kırmızı biberler yeşil haldeyken yüzeyde çukurlaşma oluşumuna olgun, kırmızı

durumdakilerden daha hassastır. Aynı şekilde genç patlıcanlar da olgun meyveye göre soğuk zararlanmasında daha fazla tohumda kararma gözlenmiştir (Abe ve diğ., 1976). Çeşite bağlı olarak olgunluk ve soğuk zararlanması arasındaki ilişki ters de olabilir; 1°C'de depolanan olgun pepino (*Solanum muricatum*) meyvesi olgun olmayandan daha fazla soğuk zararlanmasına uğramıştır (Martinez-Romero ve diğ., 2003).

4.10 Potansiyel Oksidasyon (İç Dokuda Potansiyel Kararma)

4.10.1 UV dozunun potansiyel oksidasyona etkisi

UV uygulamasında en düşük değer 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. UV uygulanan örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen kontrol örneklerine göre düşük doz uygulaması %13 oranında daha düşük potansiyel oksidasyon sağlamıştır (Şekil 4.89-4.92).

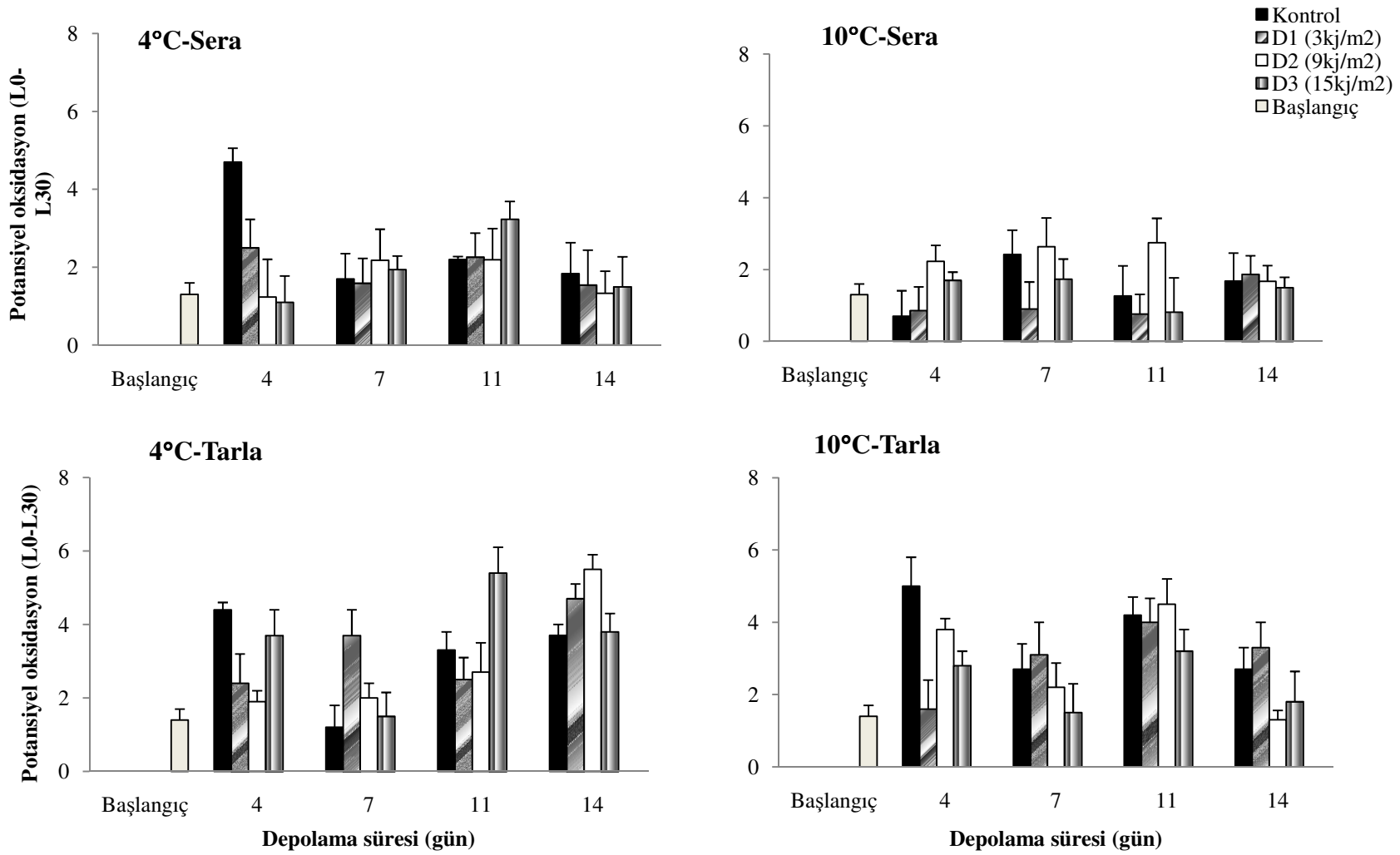
Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde tarla ürünlerinin potansiyel oksidasyon değeri sera ürünlerinden daha fazla olup, düşük doz (3 kj/m^2) UV uygulaması tarla ürünlerinde kontrole göre %18 daha düşük potansiyel oksidasyon sağlamıştır ($p<0,05$, Şekil 4.91). Sera ürünlerinde ise en düşük potansiyel oksidasyon değeri yine 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmesine rağmen, kontrol ve diğer dozlar arasındaki fark (%3,5) tarla ürünleri kadar yüksek değildir.

Depolama sonrası hemen analiz edilen ve soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların potansiyel oksidasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur (Şekil 4.92). Bu da bir gün bekletmenin potansiyel oksidasyon değerinde önemli bir değişim yaratmadığını göstermektedir.

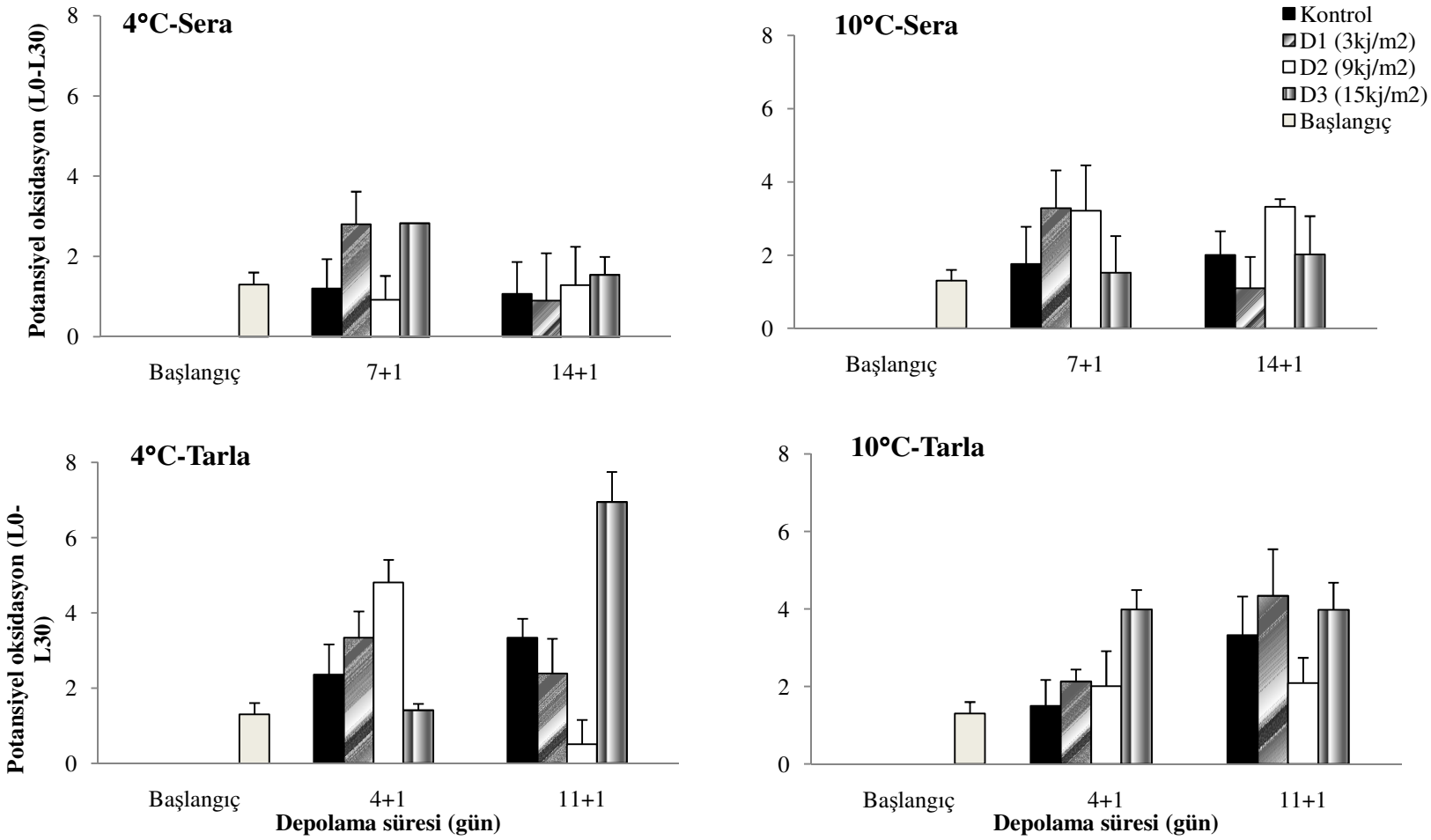
4.10.2 Sıcaklığın potansiyel oksidasyona etkisi

İki farklı sıcaklıkta depolamada düşük sıcaklık (4°C) potansiyel oksidasyonun daha yüksek (%13) olmasına neden olmuştur ($p<0,05$).

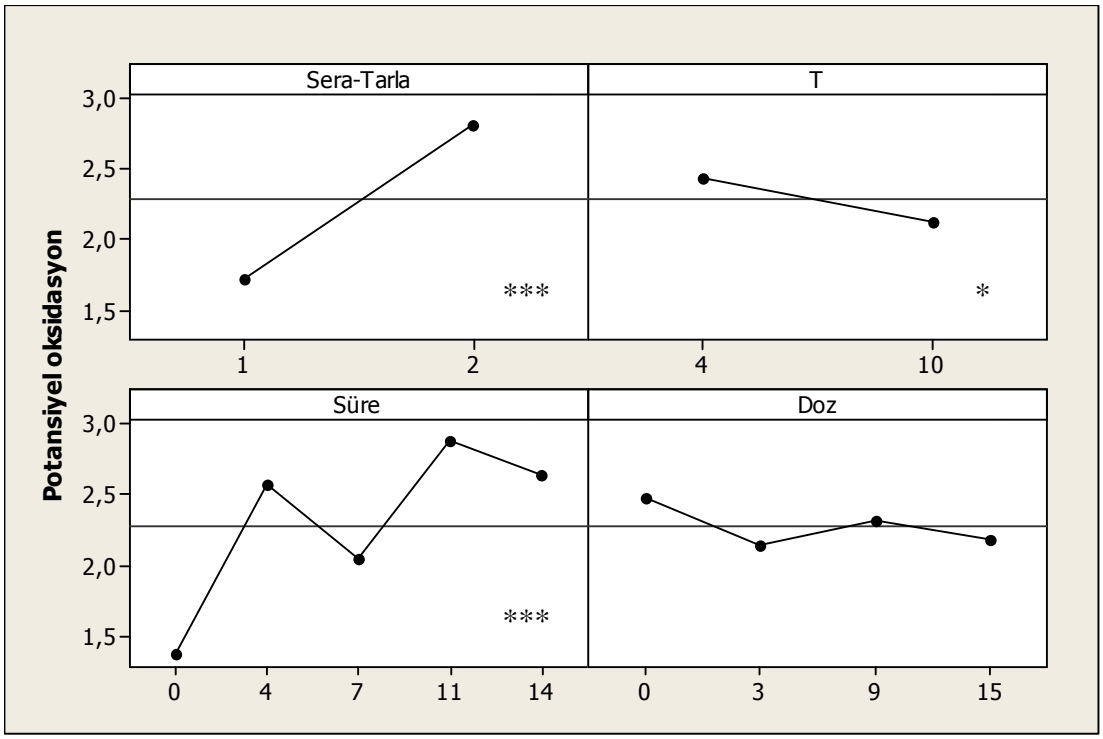
Farklı sıcaklıkta depolamanın soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin potansiyel oksidasyon değerlerinde önemli bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.89 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında potansiyel oksidasyon üzerine etkisi.



Şekil 4.90 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında potansiyel oksidasyon üzerine etkisi.



Şekil 4.91 : Patlıcanlarda potansiyel oksidasyon değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.10.3 Depolama süresinin potansiyel oksidasyona etkisi

Depolama süresiyle birlikte potansiyel oksidasyon değeri de artmış, depolamanın 14.gününde başlangıç değerinden %85 daha fazla bir değere ulaşmıştır ($p<0,001$, Şekil 4.91).

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de depolama süresiyle potansiyel oksidasyon değerlerinde artış gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.92).

4.10.4 Sera-tarla faktörünün potansiyel oksidasyona etkisi

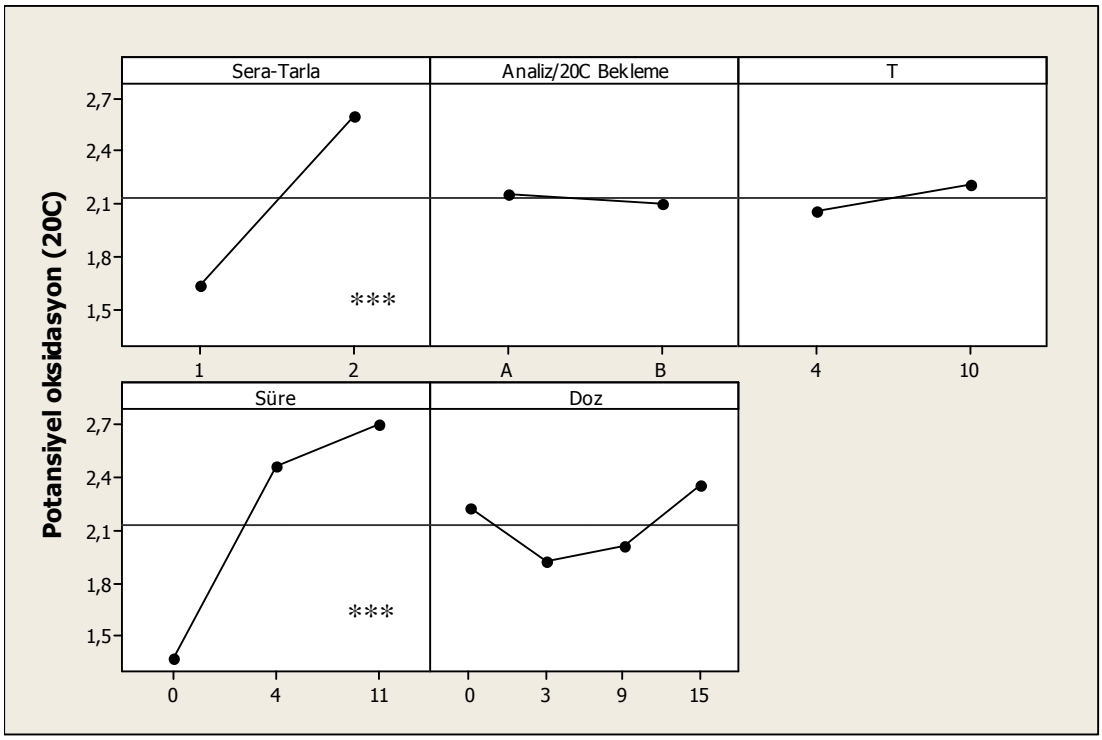
Tarla ürünlerinin potansiyel oksidasyon değerleri seradan %75 daha yüksektir. Bu da iç renk L değerlerinde olduğu gibi, sera ürünlerinin iç kararmaya daha dayanıklı olduğunu göstermektedir. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilenlerde de potansiyel oksidasyon değeri tarla ürünlerinde %58 oranında daha yüksektir ($p<0,001$).

Sera ürünlerinin potansiyel oksidasyonu depolama süresince tarla ürünlerinden daha düşük olup, analiz süresince önemli bir artış olmamıştır. Ancak tarla ürünlerinde 11. gündeki potansiyel oksidasyon değeri başlangıç değerinin 2,5 katına ulaşmıştır ($p<0,001$).

4.10.5 Potansiyel oksidasyon genel değerlendirme

UV uygulamasının patlıcanlarda potansiyel oksidasyon üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte en düşük değer %13 daha az potansiyel oksidasyon değeriyle 3 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir.

Depolama sonrası hemen analiz edilen ve soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların potansiyel oksidasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur. Bu da bir gün bekletmenin potansiyel oksidasyon değerinde önemli bir değişim yaratmadığını göstermektedir.



Şekil 4.92 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda potansiyel oksidasyon değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Düşük sıcaklık potansiyel oksidasyonun daha yüksek olmasına neden olmuştur.

Depolama süresiyle birlikte potansiyel oksidasyon değerinde artış gözlenmiştir.

Sera ve tarla ürünlerinde ise en düşük potansiyel oksidasyon değeri 3 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Tarla ürünlerinin potansiyel oksidasyon değerleri seradan daha yüksektir. Bu da iç renk L değerlerinde olduğu gibi, sera ürünlerinin iç kararmaya daha dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Literatürde yapılan çalışmada 0°C'de muhafaza edilen patlıcanlarda parlaklık kaybı ve oksidasyon potansiyelinde azalma gözlenmiştir (Concellon ve diğ., 2007). Soğuk zararlanmasına uğrayan patlıcanların dilimlendikten sonra daha fazla kararma oluşturmadığı belirtilmektedir (Concellón ve diğ., 2007). Kararma ortaya çıktıktan sonra polifenol oksidaz enzim aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Soğukta muhafaza edilen patlıcanlarda bu nedenle daha fazla kararma olmamıştır (Concellón ve diğ., 2004). Kararma potansiyelinde düşme yağ asitleri veya organik asit konsantrasyonlarıyla fenolik sentezindeki azalmayla da açıklanabilmektedir (Spanos ve Wroslstad, 1992). Muhafaza sıcaklığı literatürdeki kadar düşük bir sıcaklık olmadığı için soğuk zararlanmasının şiddeti de daha az boyutta olmuştur. Bu nedenle ürünlerde dilimlendikten sonra da kararmanın olduğu görülmektedir.

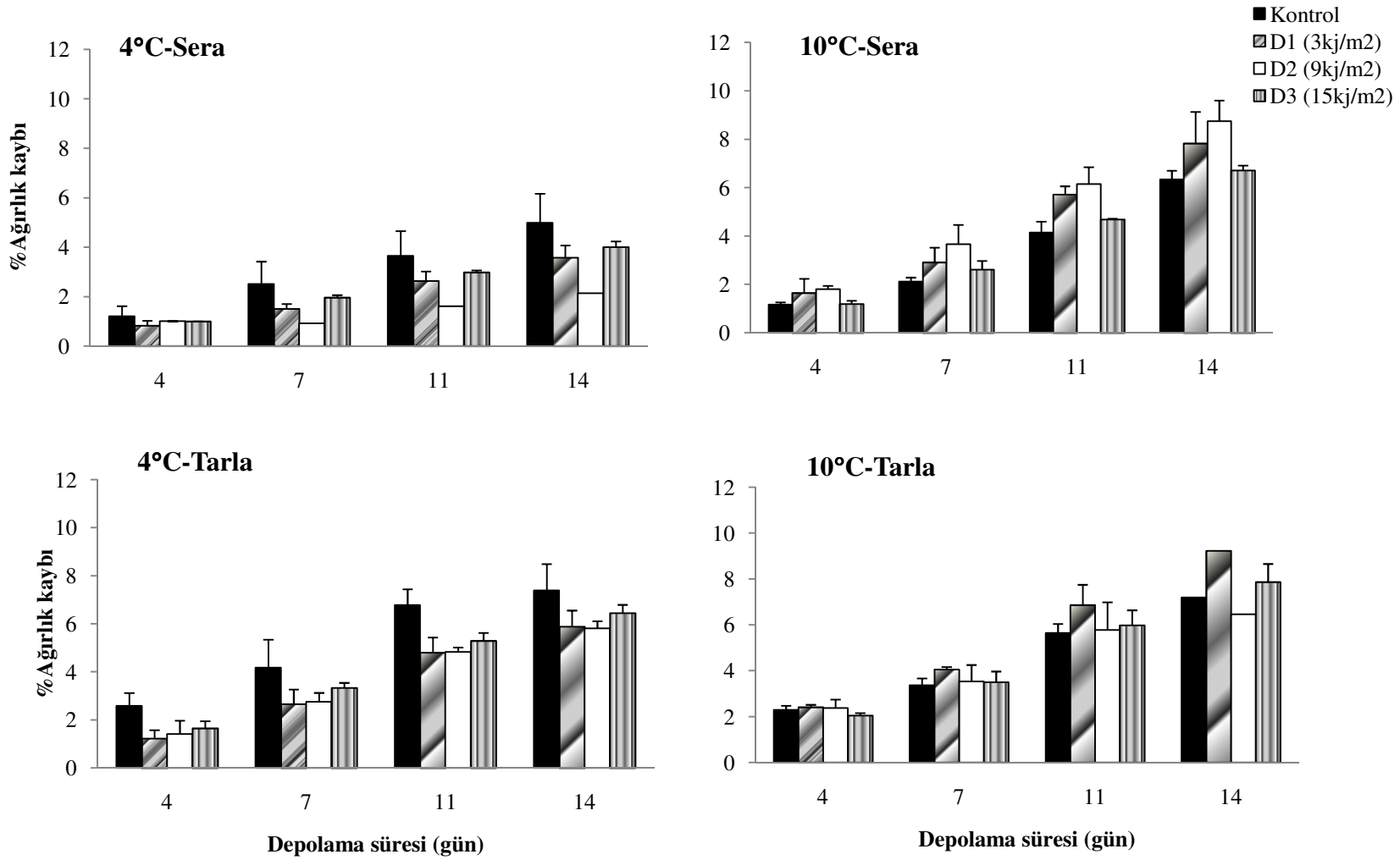
4.11 Ağırlık Kaybı

4.11.1 UV dozunun ağırlık kaybına etkisi

Patlıcanda UV uygulamasının ağırlık kaybı üzerindeki etkisi önemsizdir. Buna rağmen 15 kj/m^2 UV doz uygulamasıyla kontrolden %14 daha az kayıp elde edilmiştir (Şekil 4.93-4.94).

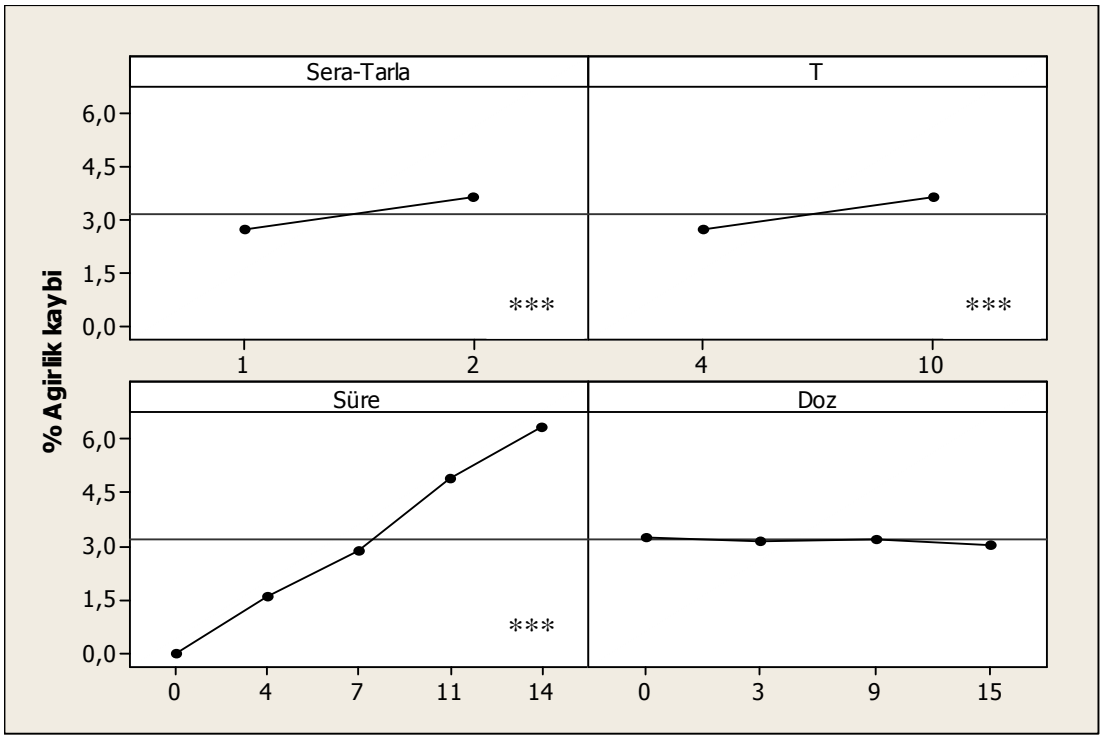
Patlıcanda 4°C'de depolamada, UV uygulaması tüm dozlarda ağırlık kaybında azalma sağlarken, 10°C'de depolamada UV uygulaması ağırlık kaybını arttırmıştır ($p<0,001$, Şekil 4.95). En az ağırlık kaybı %3,5 ile 4°C'de depolanan 15 kj/m^2 UV uygulanan patlıcanlarda görülmüş, kontrol örneklerine göre yüksek doz UV uygulaması ağırlık kaybında %26 azalma sağlamıştır.

UV uygulamalarının tarla ve sera ürünlerine etkisi farklı olmuştur ($p<0,001$). Sera ürünlerinde en az kayıp 15 kj/m^2 uygulamasında olurken, tarla ürünlerinde daha düşük UV uygulaması (3 kj/m^2) kayıpları azaltmada daha etkin olmuştur. Sera ürünlerinde sadece 15 kj/m^2 UV uygulaması kontrolden daha az ağırlık kaybı (%8) sağlarken, tarla ürünlerinde UV dozlarının hepsinde kontrole göre daha az ağırlık kaybı elde edilmiştir. Dozlar arasında çok büyük bir fark olmamakla birlikte 3 kj/m^2 dozunda kontrole göre %15 daha az ağırlık kaybı belirlenmiştir.



Şekil 4.93 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ağırlık kaybı üzerine etkisi.

Salatalıklarda UV uygulamalarında en az kayıp 15 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir (p<0,01, Şekil 4.95-4.96).

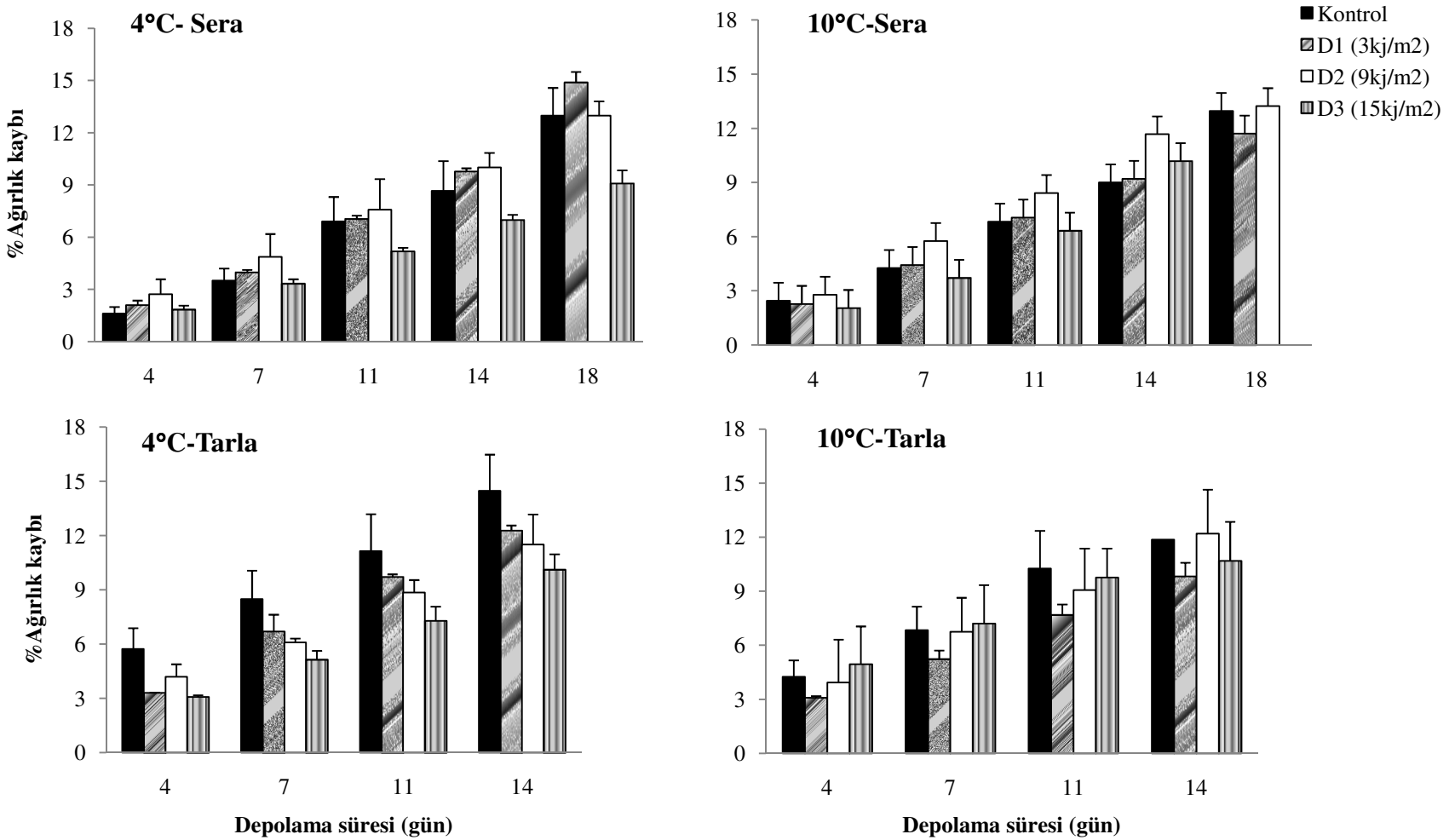


Şekil 4.94 : Patlıcanlarda ağırlık kaybı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıkta 10°C'deki depolamada 9 ve 15 kj/m^2 UV uygulanan örneklerdeki ağırlık kaybı kontroldekilerden daha fazla olmuştur. Bu da yüksek sıcaklıkta yüksek doz UV uygulamasının ağırlık kaybında negatif etkisi olduğunu göstermektedir (p<0,01, Şekil 4.96). Ancak 4°C'de depolanan salatalıklarda UV uygulamasıyla birlikte ağırlık kaybı azalmış, 15 kj/m^2 uygulaması kontrolden %29 daha az ağırlık kaybı sağlamıştır.

4.11.2 Sıcaklığın ağırlık kaybına etkisi

Depolama sıcaklığı yükselince ağırlık kaybı da artmıştır (p<0,001). Düşük sıcaklıkta (4°C) depolamada en az kayıp 15 kj/m^2 uygulamasında olup, en fazla kayıp kontrol örneklerinde olmuştur. UV uygulamasının yüksek sıcaklıktaki kayıpları artırması nedeniyle 10°C'deki ağırlık kayıpları 4°C'dekinden daha fazla çıkmıştır.

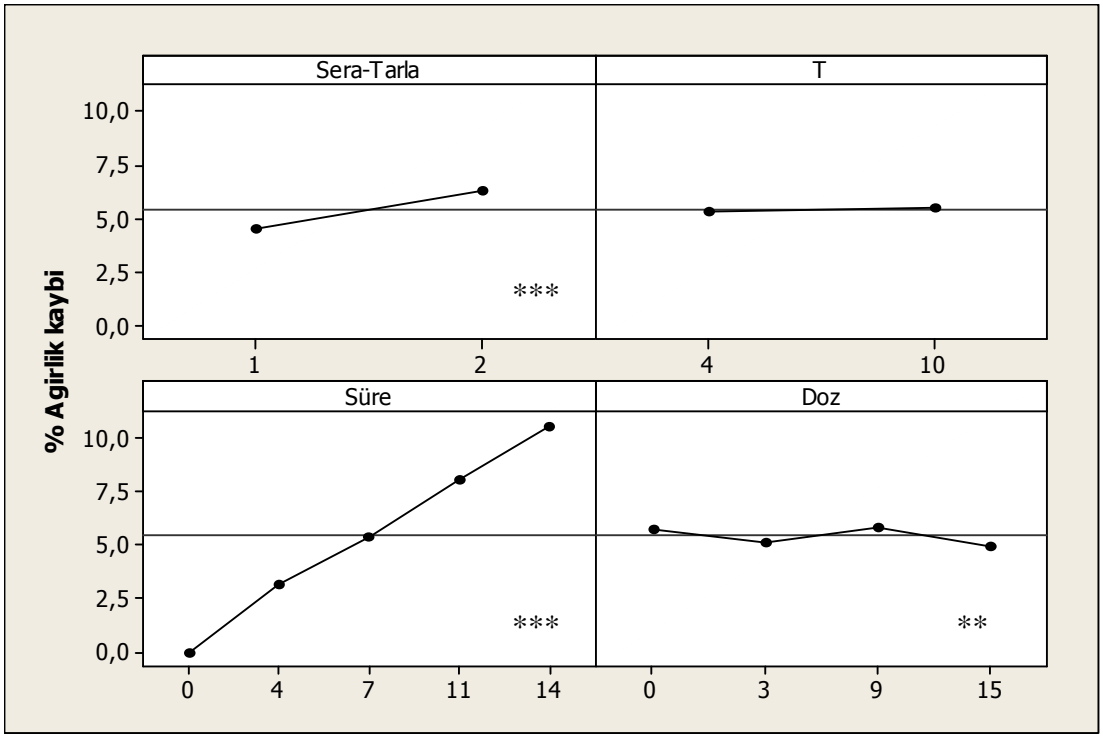


Şekil 4.95 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında ağırlık kaybı üzerine etkisi.

Tarla ve sera ürünlerinin her ikisinde de düşük sıcaklıktaki kayıplar daha azdır ($p<0,01$). Ağırlık kaybı değerinde iki sıcaklık arasındaki fark tarla ürünlerinde %11, sera ürünlerinde ise %19 oranındadır. Patlıcanlarda sera ürünlerindeki ağırlık kaybı değeri her iki sıcaklıkta depolamada tarla ürünlerinden daha az olmakla birlikte, aradaki fark 4°C'deki sera-tarla ürünlerinde daha fazladır ($p<0,01$).

4.11.3 Depolama süresinin ağırlık kaybına etkisi

Süre tüm çalışmalarda istatistiksel olarak ($p<0.001$) önemli bulunmuştur. Patlıcanlarda depolamanın 14. günündeki ağırlık kaybı %6 oranındadır ($p<0,001$, Şekil 4.94-4.95).



Şekil 4.96 : Salatalıklarda ağırlık kaybı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Depolama süresince ağırlık kaybı her iki sıcaklıkta depolanan patlıcanlarda da lineer bir artış göstermiş, depolamanın 14.günde 4°C'dekilerde %8, 10°C'de depolananlarda ise %9,1 oranındadır ($p<0,001$). İki farklı sıcaklıkta depolamadaki ağırlık kayıpları arasındaki farkın çok önemli olmadığı düşünülmektedir.

Sera ürünlerinde zamana bağlı artış tarla ürünlerinden daha azdır ($p<0,001$). Ancak iki üründe de zamana bağlı ağırlık kaybı değerinde lineer bir artış olmuştur.

Depolamanın 14. gününde sera ürünlerindeki ağırlık kaybı %8 oranındayken, tarla ürünlerinde bu oran %10 değerindedir.

Salatalıklarda ağırlık kaybı 11. günde %7 değerini geçmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.95).

4.11.4 Sera-tarla faktörünün ağırlık kaybına etkisi

Salatalık ve patlıcanda tarla ürünlerindeki ağırlık kaybı serada yetişen ürünlerden ortalama %40 daha fazladır ($p<0,001$).

4.11.5 Ağırlık kaybı genel değerlendirme

Patlıcanda UV uygulamasının ağırlık kaybı üzerindeki etkisi önemsiz olmakla birlikte 15 kj/m^2 UV doz uygulamasıyla kontrolden %14 daha az kayıp elde edilmiştir.

Salatalıklarda UV uygulamalarında en az kayıp 15 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir.

Depolama sıcaklığı yükselince ağırlık kaybı da artmıştır. Düşük sıcaklıkta depolamada en az kayıp 15 kj/m^2 uygulamasında olup, en fazla kayıp kontrol örneklerinde olmuştur. UV uygulamasının yüksek sıcaklıktaki kayıpları artırması nedeniyle 10°C'deki ağırlık kayıpları 4°C'dekinden daha fazla çıkmıştır. Düşük sıcaklıkta UV ağırlık kaybını azaltmada etkinken, 10ºC'de depolamada UV uygulaması ağırlık kaybını artırmıştır. Solunumdaki artış hücrelerde düşük sıcaklıklarda biriken metabolik ara ürünlerin toksik etkilerinin hücre tarafından uzaklaştırılması çabasıdır. Aynı zamanda membran ve diğer hücre yapısında oluşan zararlanmaların onarılması için bir tepkidir. Hassas ürünlerde düşük sıcaklıklarda depolama süresince başlangıçta solunum artarken, daha sonrasında azalma gözlenmektedir (Lyons ve Breidenbach, 1987). Ürünler daha yüksek sıcaklıklara çıkarıldığında solunum değerinde hızlı bir artış olmaktadır. UV uygulamasının ise özellikle düşük sıcaklıklarda etileni baskılayarak, ürünlerde zararlanma ve dolayısıyla ağırlık kaybının da daha az olmasını sağladığı düşünülmektedir.

Literatürdeki çalışmalarda salatalıklarda muhafaza öncesi 3, 5, 10 ve 15 dakikalık UV-C uygulaması ve 5 ve 10°C'de 10 günlük muhafaza süresince ağırlık kaybının 5°C'de 10°C'dekinden daha fazla olup, 5°C'de UV-C uygulanan örneklerde kayıpların daha fazla olduğu belirlenmiştir. UV-C uygulanan salatalıkların ağırlık kaybı her iki sıcaklıkta da kontrol örneklerinden daha fazla olup, değişik doz

uygulamaları arasında ağırlık kaybı açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Kasim ve Kasim, 2008). Ancak literatürdekinin aksine yapılan bu çalışmada salatalıkta 10°C'deki depolamada 3 kj/m^2 UV uygulanan örneklerdeki ağırlık kaybı daha az olmuştur. 4°C'de depolamada ise UV uygulamasıyla birlikte ağırlık kaybı azalmış, 15 kj/m^2 uygulamasıyla kontrolden daha az ağırlık kaybı elde edilmiştir. Patlıcanda ise 4°C'de depolamada, UV uygulaması tüm dozlarda ağırlık kaybında azalma sağlarken, en az ağırlık kaybı 4°C'de depolanan 15 kj/m^2 UV uygulanan patlıcanlarda görülmüş, 10°C'de depolamada ise en az ağırlık kaybı kontrol örneklerinde olmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarda soğuk zararlanmasına uğrayan salatalıkların daha yüksek solunum ve etilen üretim değerleriyle, daha yüksek kimyasal ve iyon sızıntısına, daha düşük klorofil fluorescence değerine sahip olduğu görülmektedir (Hakim ve diğ., 1999). Daha düşük sıcaklıklarda (1°C), soğuk zararlanması 4°C'dekinden daha fazla olmuştur. Ağırlık kaybı 4°C'de daha fazla olmasına rağmen, solunum oranı 1°C'de daha fazladır. Bu da düşük sıcaklıkta soğuk zararlanmasının daha fazla olduğunu göstermektedir. Yürütülen patlıcan ve salatalıklarla yapılan analizlerde yüksek sıcaklıktaki solunum oranlarının daha fazla olması ve UV'nin bir stres faktörü olarak yer alması nedeniyle 10°C'deki ürünlerde ağırlık kaybının daha yüksek olduğu düşünülmektedir. 4ºC'de üründeki zararlanmalar daha fazla olduğu için ağırlık kaybı oranı kontrol örneklerinde daha fazla çıkmıştır, ancak UV uygulaması düşük sıcaklıkta ürünlerdeki zararlanmaları azalttığı için 10ºC'deki daha yüksek solunum oranı nedeniyle UV uygulanan 4ºC'deki ürünlerin ağırlık kaybı değeri de daha düşük çıkmıştır.

Tarla ürünlerindeki ağırlık kaybı serada yetişen ürünlerden ortalama %40 daha fazladır. Sera ürünlerinin daha az ağırlık kaybına uğradığı gözlenmiştir. Meyvelerde nem kaybı kutikul, stomata ve lentisel yoluyla olmaktadır. Kutikul tabakasını kalınlığı ve kompozisyonu değişim göstermektedir. Tabakanın gelişimi ışık ve nem gibi çevresel faktörlerden de etkilenmektedir (Purvis, 1995). Bu nedenle çalışmada kullanılan sera ve tarla ürünlerinin çevresel ve yapısal farklılıklar nedeniyle nem kaybı oranlarının değişim gösterdiği düşünülmektedir.

Patlıcanlarda depolamanın 14. gündeki kayıp %6 oranındadır. Salatalıklarda ağırlık kaybı 11. günde %7 değerini geçmiştir. Salatalıklarda soğuk zararlanması çalışmaları sırasında ürünün raf ömrü %7'lik bir ağırlık kaybı olana kadar veya soğuk zararlanması belirtileri (sulu, yarı saydam görünüm) ortaya çıkıncaya kadar geçen

süre olarak ifade edilmiştir (Hakim ve diğ., 1999; Kang ve diğ., 2002). Buna göre patlıcan ve salatalık sera-tarla ürünlerinde patlıcanların raf ömrünün ağırlık kaybıyla bağlantılı olarak 14 gün, salatalıkların ise 11 gün sürdüğü söylenebilir.

4.12 Elektrolit Sızıntısı

4.12.1 UV dozunun elektrolit sızıntısına etkisi

UV doz uygulaması sadece patlıcan tarla ürünlerinde önemli olup, 9 kj/m^2 UV uygulaması elektrolit sızıntısını kontrole göre %20 oranında azaltmıştır ($p<0,05$, Şekil 4.97-4.100). Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda UV dozun etkisi önemsizdir.

UV uygulamalarında patlıcanlarda sera ürünlerinde en düşük değer kontrol ve 3 kj/m^2 uygulamasında, tarla ürünlerinde ise 9 kj/m^2 ürünlerinde gözlenmiştir ($p<0,05$).

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda 15 kj/m^2 dozu en düşük sızıntı değeriyle kontrol örneklerine göre elektrolit değerinde %15 azalma sağlamıştır ($p<0,01$, Şekil 4.101-4.104).

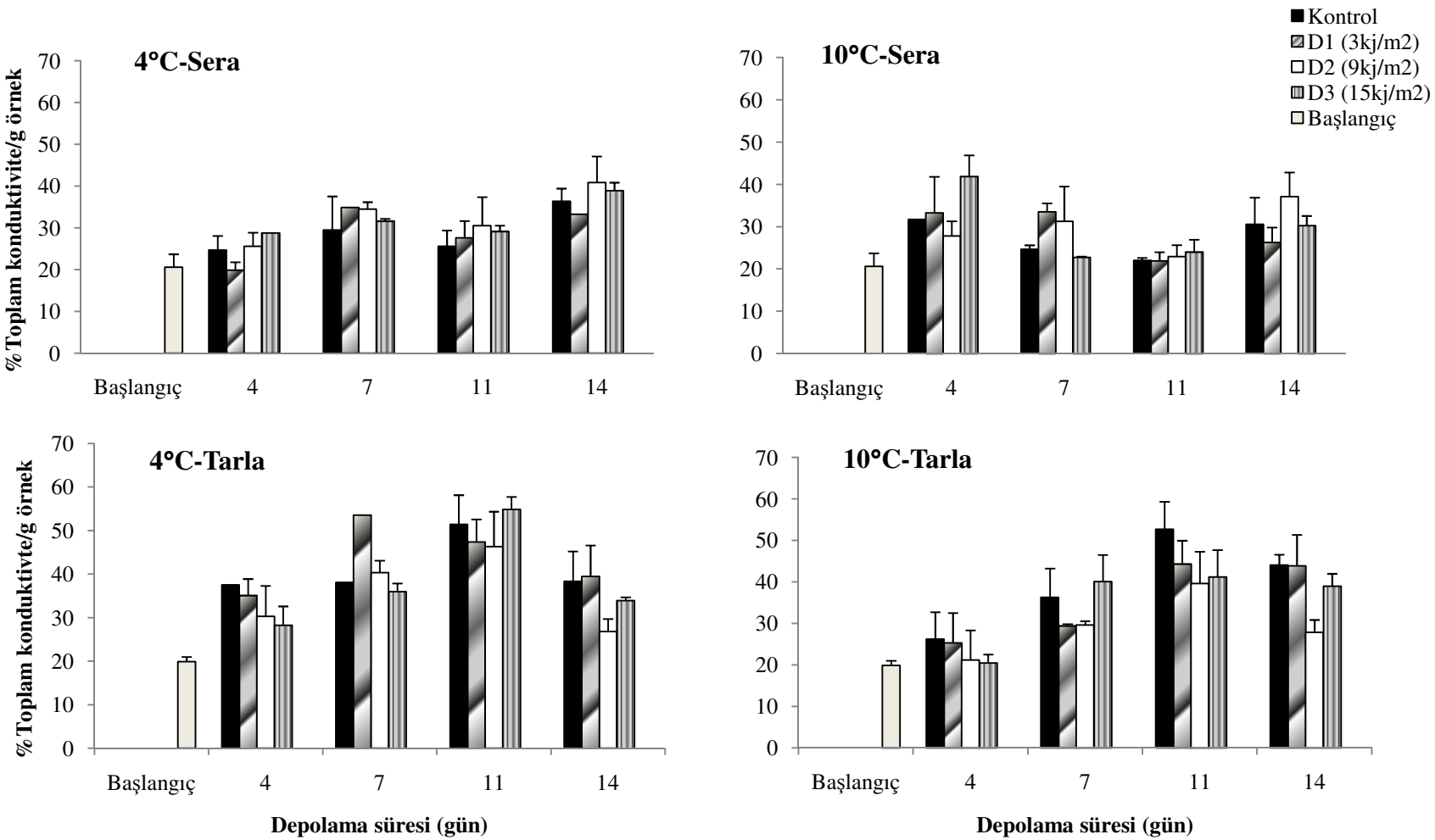
Salatalıkta depolamanın 4. gününde soğuk depodan çıkarılıp, ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin elektrolit değerlerinde önemli bir değişim yokken, depolamanın 11. gününde çıkarılıp, bir gün bekletilen salatalıklarda 15 kj/m^2 uygulamasının kontrol örneklerine göre elektrolit değerini %29 oranında azalttığı görülmektedir ($p<0,05$, Şekil 4.104).

4.12.2 Sıcaklığın elektrolit sızıntısına etkisi

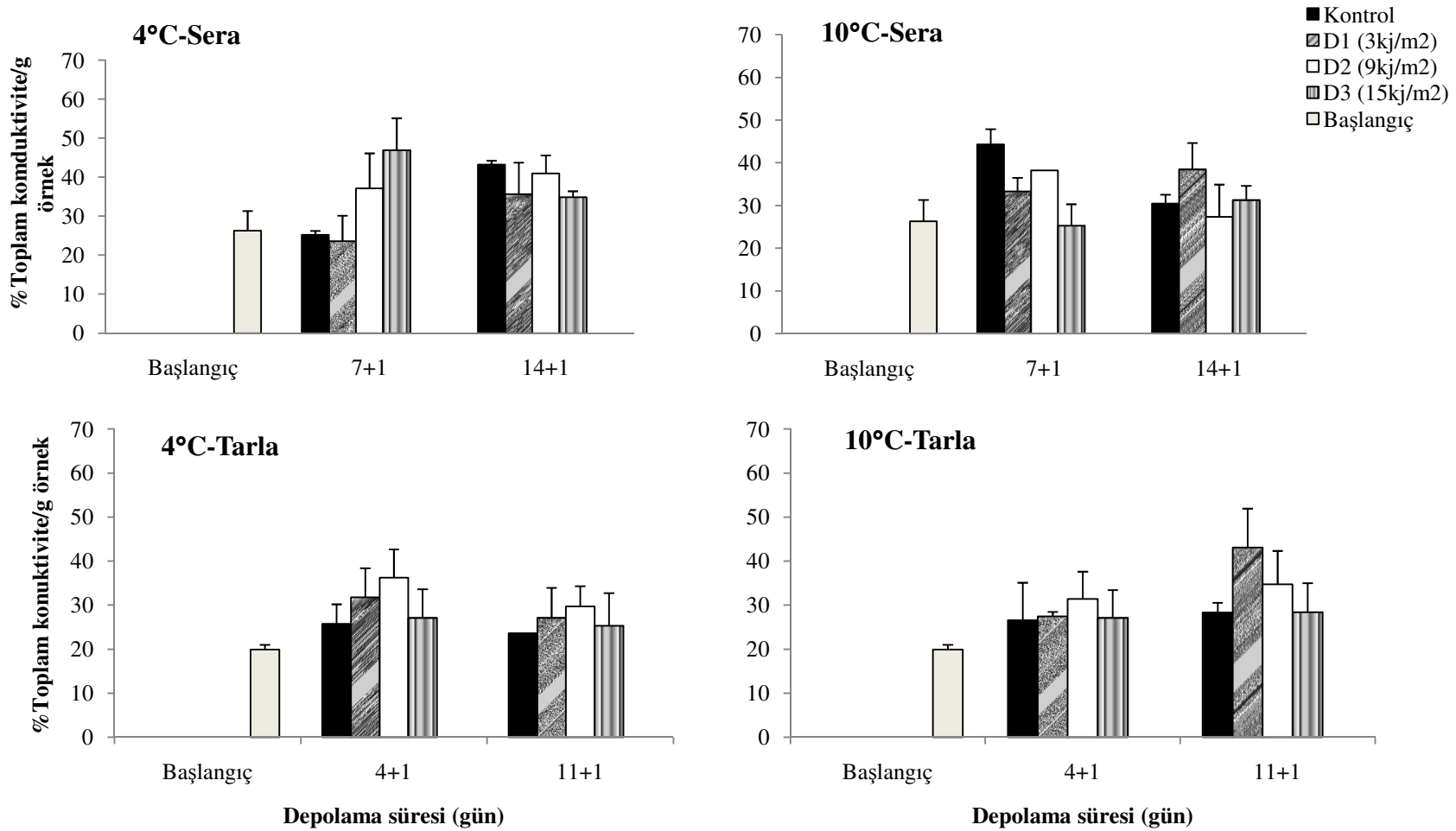
Patlıcanda elektrolit sızıntısı düşük sıcaklıkta depolamada 10°C'deki depolamadan yaklaşık %7 daha fazladır ($p<0,01$).

Patlıcanlarda depolamanın 4. gününde iki farklı sıcaklıktaki ürünlerin elektrolit değerlerinde bir farklılık olmazken, daha sonraki depolama süresince 4°C'deki örneklerin sızıntı değeri 10°C'dekilerden yaklaşık %16 oranında daha yüksektir ($p<0,05$, Şekil 4.99).

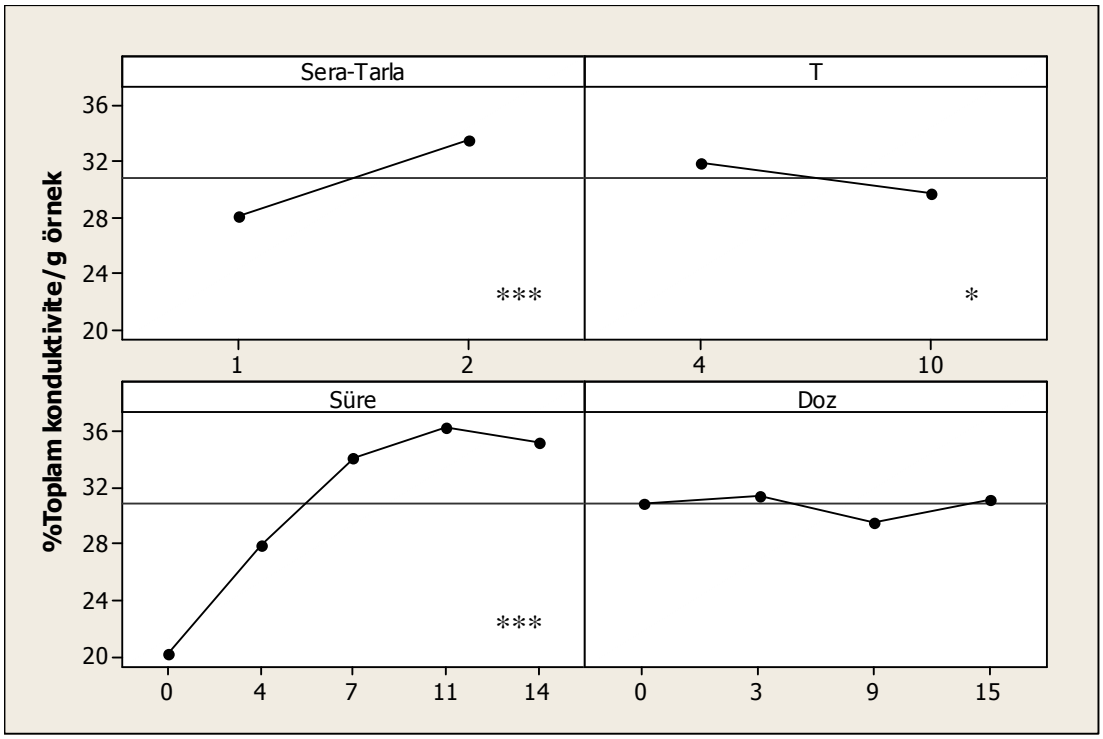
Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilenlerde de, elektrolit kaybı 10°C'de depolananlarda daha düşüktür (Şekil 4.98, 4.100). 4°C'de depolanan patlıcanların elektrolit sızıntısı değeri 10°C'dekilerden %7 daha fazladır ($p<0,05$).



Şekil 4.97 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi.



Şekil 4.98 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi.



Şekil 4.99 : Patlıcanlarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıkta elektrolit sızıntısı 4°C depolamada 10°C'deki depolamadan daha fazladır ($p<0,01$).

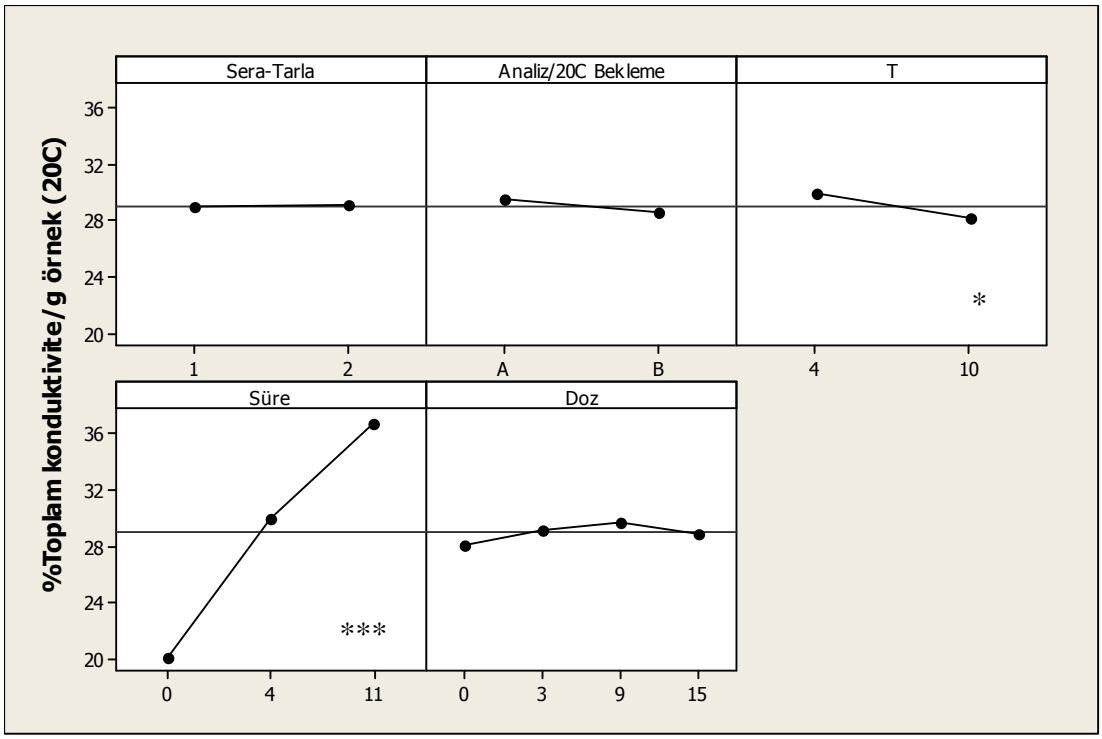
Salatalıklarda iki farklı sıcaklıkta depolama süresince elektrolit kaybının arttığı, ancak 14.günde iki sıcaklıktaki ürünlerde de elektrolit sızıntısında azalma olduğu gözlenmiştir ($p<0,01$). Depolamanın sonunda 10°C'deki ürünlerin elektrolit sızıntısı değeri 4°C'de depolananlardan %19 oranında daha düşüktür (Şekil 4.101).

Salatalıklarda soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilenlerde sıcaklığın etkisi istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte, 4°C'de depolananlarda elektrolit sızıntı değeri %3,4 daha fazladır (Şekil 4.102).

4.12.3 Depolama süresinin elektrolit sızıntısına etkisi

Patlıcanlarda depolamanın ilk gününden itibaren elektrolit değerlerinde hızlı bir artış olmuştur. Patlıcanda depolamanın 14.günündeki değer başlangıç değerinden %74 daha fazladır ($p<0,001$, Şekil 4.97).

Patlıcanda elektrolit değerleri lineer artış göstermiş olup, 11. günde soğuk depodan çıkarılıp, bir gün bekletilen ürünlerin elektrolit değerleri başlangıç değerlerinden %84 daha fazladır ($p<0,001$, Şekil 4.98).



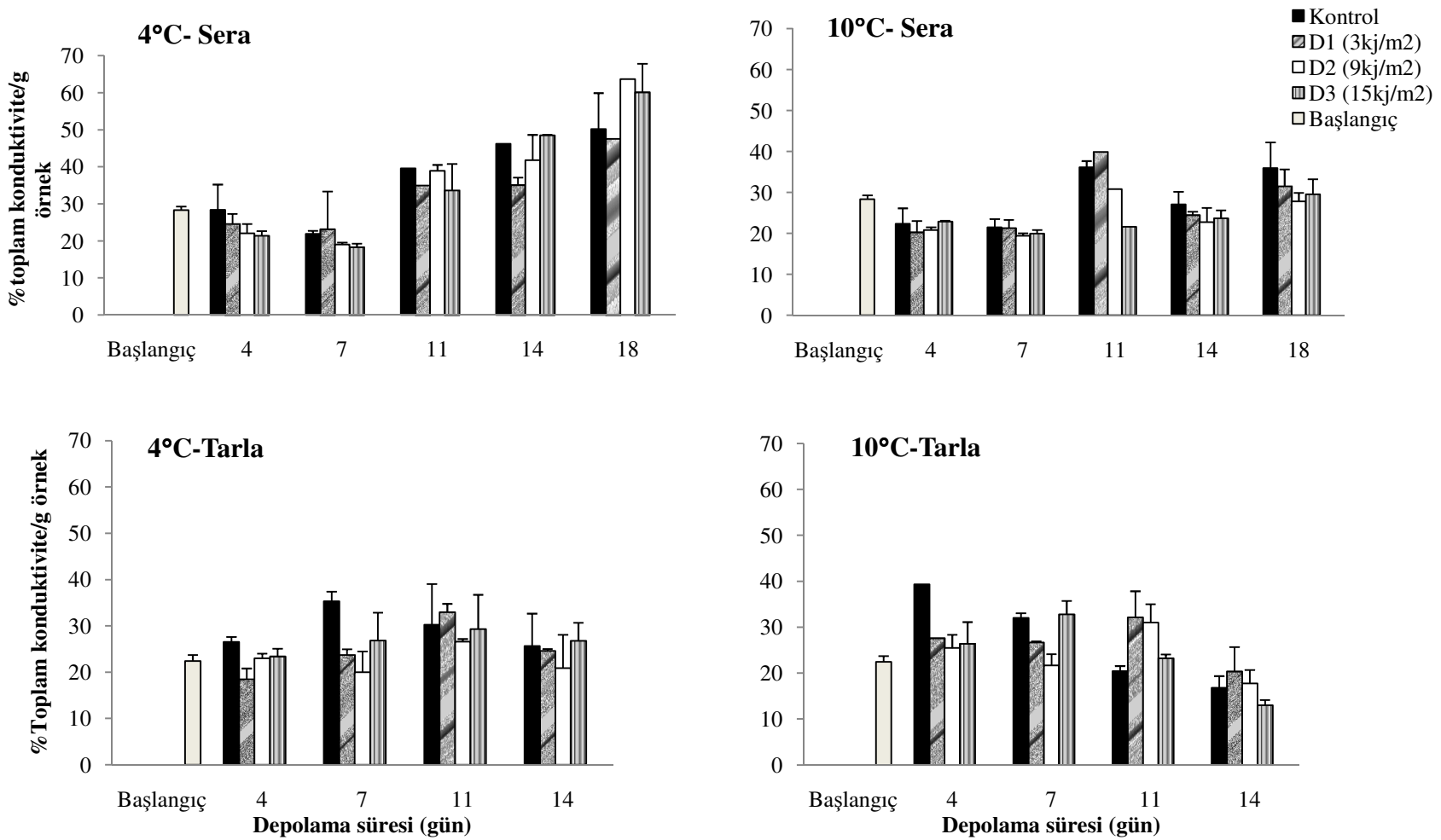
Şekil 4.100 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Patlıcanda sera ürünlerinde zamana bağlı artış tarla ürünlerine göre daha az oranda olmuş, tarla ürünlerinde 14. günde elektrolit kaybı 2 katına çıkmıştır ($p<0,001$).

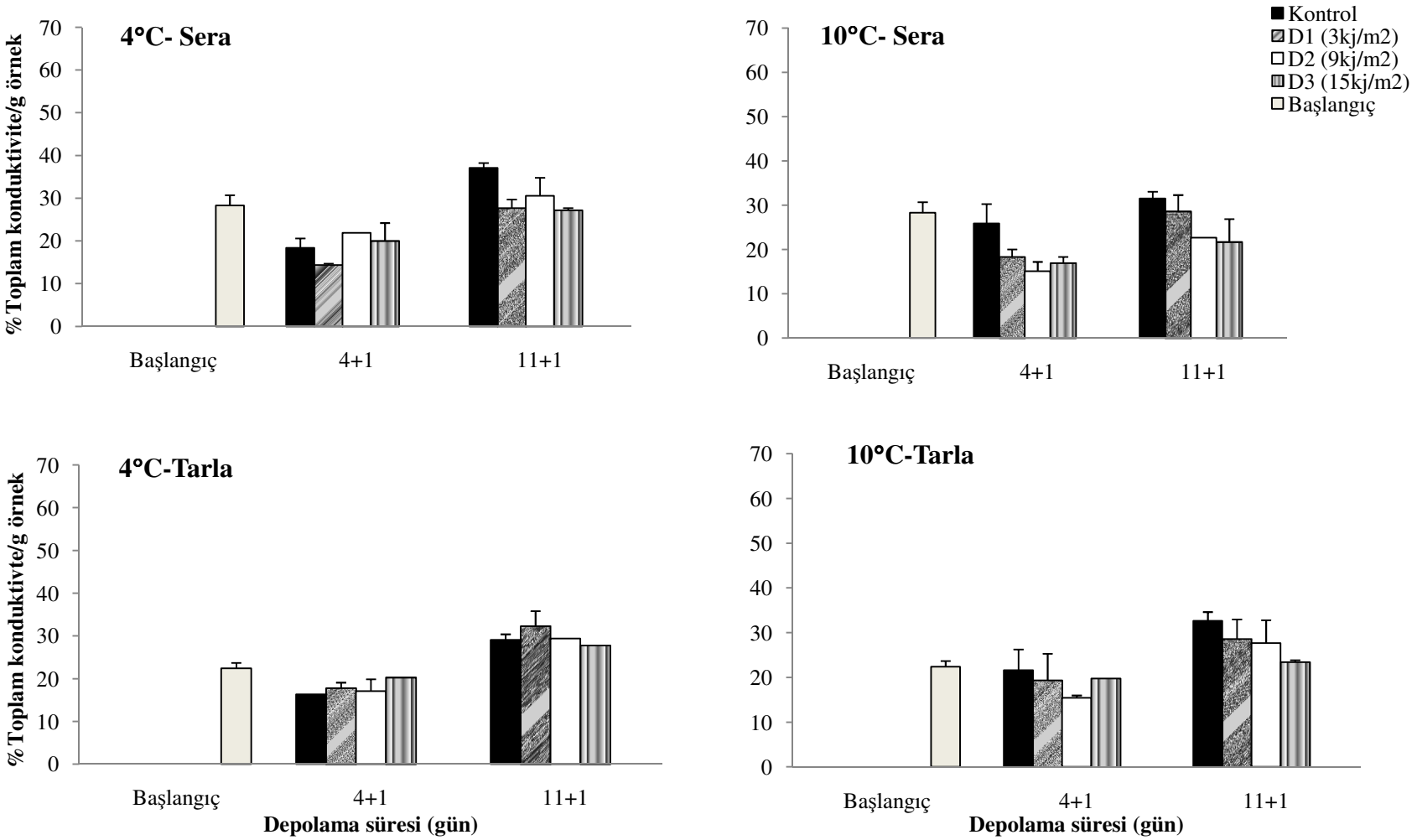
Patlıcanlarda sera ürünlerinin değeri depolama süresince tarla ürünlerinden daha azdır. İlk 4 gündeki artışı takiben, 14. güne kadar önemli bir değişim olmamıştır. Depolamanın 14. gününde artış gözlenmiş, elektrolit sızıntısı başlangıç değerlerinden %68 daha yüksek bir değere ulaşmıştır (Şekil 4.99). Tarla ürünlerinde ise depolamanın başından itibaren elektrolit sızıntısında artış olmuş, 14. gündeki değerler başlangıç değerlerinin 2,4 katına çıkmıştır. Elektrolit sızıntısında sadece depolamanın sonunda %22 oranında azalma olmuştur ($p<0,001$).

Patlıcanlarda soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinin 11. gündeki elektrolit değeri tarla ürünlerinden %6 daha düşüktür ($p<0,001$).

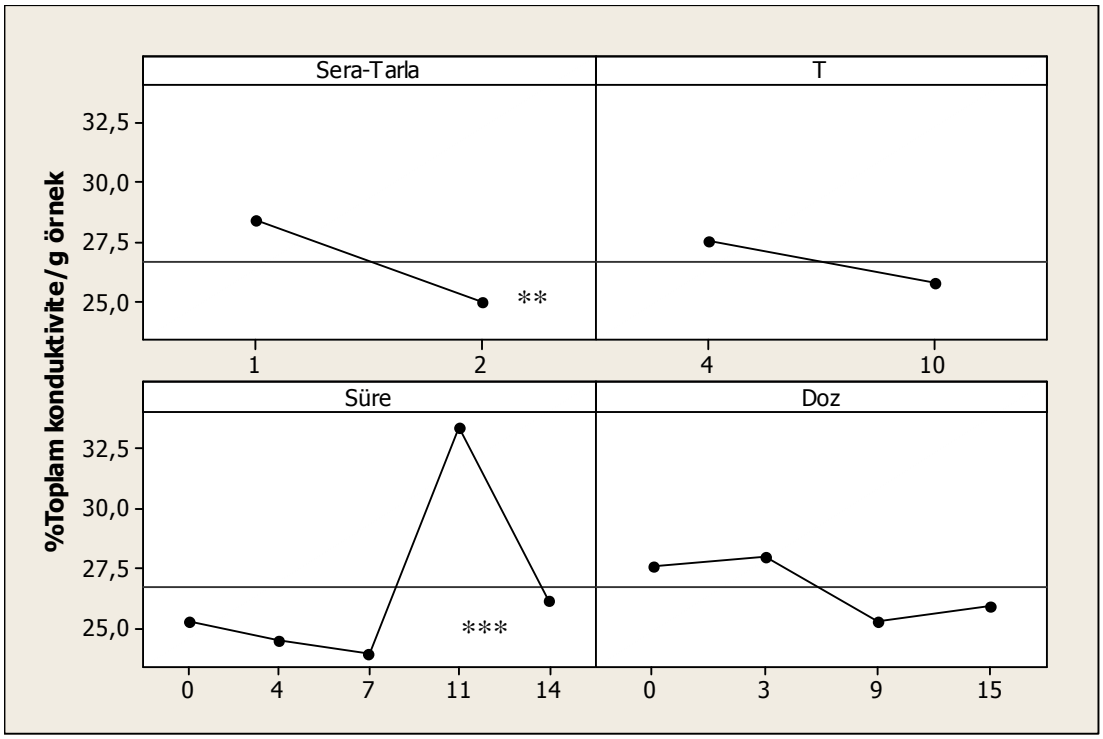
Salatalıklarda ilk 7 günlük süreçte elektrolit kaybında çok önemli bir değişim gözlenmezken, 11. günde hızlı bir artış (kontrolden %32 fazla) olmuştur. Ürünün tüketilemez olduğu 14. Günde ise kayıplarda biraz azalma gözlenmiş, başlangıç



Şekil 4.101 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi.



Şekil 4.102 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi.



Şekil 4.103 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında elektrolit sızıntısı üzerine etkisi.

değerinden sadece %3 daha fazla bir elektrolit sızıntısı elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.101).

Salatalıkta soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde ilk 4 günlük süreçte elektrolit değeri hemen hemen aynı kalırken, 11. gündeki rneklerin elektrolit değerinde %28 oranında artış olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.102).

Salatalıkta 4°C'deki sera ürünlerinde depolamanın 7. gününden itibaren elektrolit değerlerinde artış hızlanmış (%9), depolamanın sonunda 7. gündeki değerinin yaklaşık iki katına ulaşmıştır ($p<0,001$). Depolamanın sonunda (14. günde) tarla ürünlerinde olduğu gibi elektrolit kaybında %2'lik bir azalma görülmüştür. Salatalıklarda tarla ürünlerinde zamana bağlı elektrolit değeri artmış, ancak 14. günde azalma göstermiştir ($p<0,001$). Salatalıkta tarla ürünlerindeki elektrolit sızıntısı değeri her iki sıcaklıkta da sera ürünlerinden daha azdır.

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda sera ürünlerinin elektrolit sızıntısı hem başlangıçta hem de 11. gün sonrasındaki analizlerde tarla ürünlerinden %6-8 oranında daha yüksektir ($p<0,05$, Şekil 4.104).

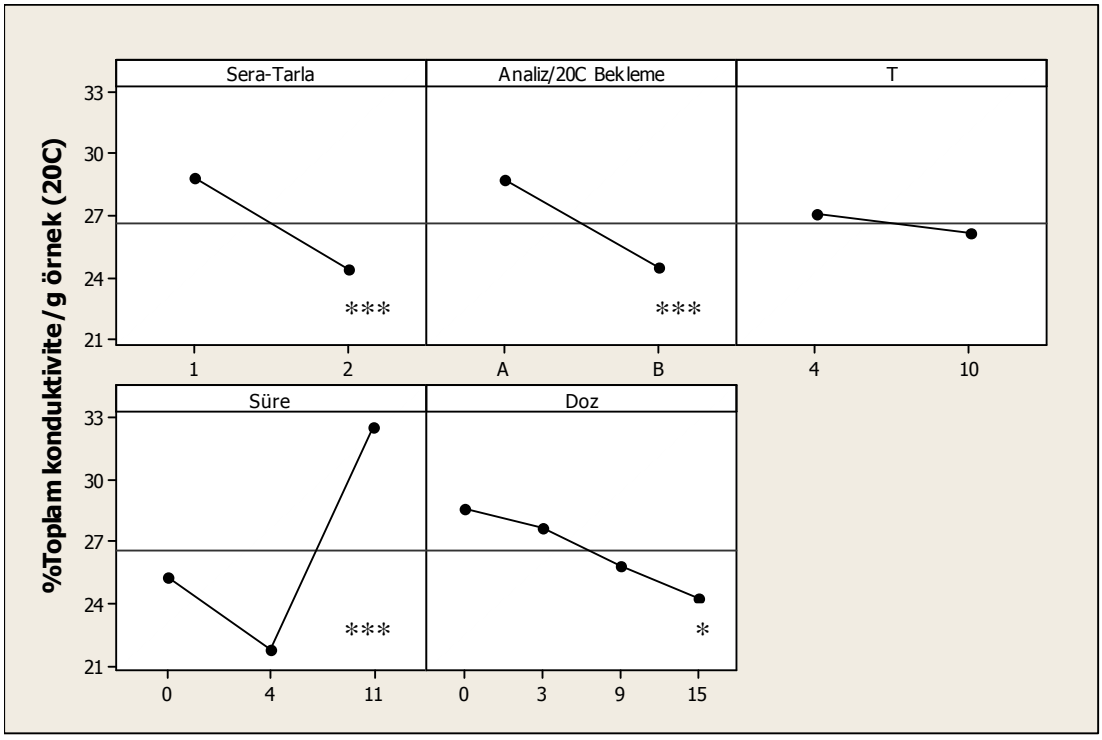
4.12.4 Sera-tarla faktörünün elektrolit sızıntısına etkisi

Patlıcanlarda sera ürünlerinin elektrolit sızıntısı tarla ürünlerinden %12 oranında daha azdır ($p<0,001$).

Patlıcanlarda sera-tarla ürünleri soğuk depolama sonrası hemen analiz edildiğinde ve ortam sıcaklığında bir gün bekletildiğinde elektrolit sızıntı değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Salatalıklarda tarla ürünlerinin elektrolit sızıntısı %18 oranında daha azdır ($p<0,01$).

Salatalıkta sera ürünlerinin elektrolit sızıntısı değeri tarla ürünlerinden daha yüksektir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası örneklerin ortam sıcaklığında bir gün bekletilmesi elektrolit sızıntısı değerlerinde azalmaya yol açmıştır ($p<0,001$). Ancak aradaki fark sadece %2,5 oranında olup, çok önemli bir değişim olarak nitelendirilemez.



Şekil 4.104 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda elektrolit sızıntısı değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.12.5 Elektrolit sızıntısı genel değerlendirme

UV doz uygulaması sadece soğuk depolama sonrası bekletmeden analiz edilen patlıcan tarla ürünlerinde önemli olup, 9 kj/m^2 UV uygulaması elektrolit sızıntısını

kontrole göre %20 oranında azaltmıştır. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda UV dozun etkisi önemsizdir. Patlıcanda elektrolit değerleri lineer artış göstermiştir.

Salatalıklarda 15 kj/m^2 dozu kontrol örneklerine göre elektrolit sızıntısı değerinde azalma sağlamıştır.

Salatalıkta ilk 4 günlük süreçte elektrolit değeri hemen hemen aynı kalırken, 11. günde daha fazla oranda artış olmuştur. Literatürdeki verilere de bakıldığında genel olarak soğuk zararlanması elektrolit sızıntı değerlerinde ani bir artışa değil, zamana bağlı olarak doku geçirgenliğinde düzenli bir artışa neden olmuştur (Kashyap ve diğ., 2003). Salatalıklarda muhafaza öncesi UV-C uygulamalarının 5°C'de 10 günlük muhafaza süresince kalite parametrelerine etkisi incelendiğinde soğuk zararlanmasının belirtileri 10. günden sonra ortaya çıkmış, UV uygulanan örneklerin elektrolit sızıntısı değerleri kontrol örneklerinden daha düşük bulunmuştur (Kasim ve Kasim, 2008). Benzer şekilde 4ºC ve %95 bağıl nem ortamında depolanan salatalıklarda geri dönüşümsüz zararlanma 7-10 gün sonra ortaya çıkmakta, bu da görsel kalitedeki değişimlerle ve elektrolit sızıntısı değerinin %30'dan %70'lere çıkmasıyla belirlenmiştir (DeEll ve diğ., 2000; Kuo ve Parkin, 1989).

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletme sonucu elde edilen elektrolit sızıntısı değeri depolama sonrası hemen analize alınan örneklerden %9 daha düşüktür. Elekrolit sızıntısındaki artış genellikle ürünlerde daha yüksek sıcaklıklara çıkarılınca (ortam sıcaklığı) oluşmaktadır. Elektrolit sızıntısı ölçümlerinde yaşanılan problem, soğuk zararlanması sonucu teşvik edilen pektin demetilasyonunun (metil CH_3 grubunun uzaklaştırılması) sızıntı yapan iyonlara fazla miktarda bağlanması ve sonucunda iyon sızıntısı ölçümlerini etkilemesidir (Marangoni ve diğ., 1996). Bu nedenle elektrolit sızıntısı analizlerinde ürün bazında mevsimsel etki, soğuk zararlanmasını oluşturan sıcaklıklar, süre ve ürünün olgunluk dereceleri dikkate alınmalı ve sonuçlar buna göre değerlendirilmelidir. İyon sızıntısında olası diğer bir problem faz geçişlerinin, faz ayrımlarının ve küçük ölçüde hücre zararlanmalarının geri dönüşümlü olmasıdır (Palma ve diğ., 1995). İyon sızıntısı analizleri genel olarak, zararlanmaların geri dönüşümlü olabileceği, oda sıcaklığında gerçekleşmektedir. Bu nedenle iyon sızıntısı analizlerinin soğuk zararlanmasına uğramış meyve ve sebzelerde soğuk zararlanmasına neden olan sıcaklıklarda, ürünün tekrar ısınmasına izin verilmeden gerçekleştirilmesi

önerilmektedir. Bu çalışmada da sebzeliklerden çıkarılan örnekler ortam sıcaklığında bir gün bekletildiği için, geri dönüşümlü olan hücre zararlanmaları sonucu, elektrolit kaybı değerinin depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha düşük olduğu gözlenmektedir.

Patlıcan ve salatalıkta elektrolit sızıntısı depolama süresiyle artış göstermektedir. Elektrolit sızıntısı düşük sıcaklıkta depolamada 10°C'deki depolamadan yaklaşık %7 daha fazladır. Yapılan çalışmalarda da 0 ve 10°C'de 13 gün depolanan patlıcanlarda yüksek sıcaklıktakilerin değerlerinde depolama süresince büyük bir değişim olmazken 0°C'dekilerde elektrolit sızıntısının depolamanın 6.gününde başlangıç değerlerinin iki katı, 13. gününde ise 5 katına ulaştığı belirlenmiştir (Concellon ve diğ., 2005).

Patlıcanlarda sera ürünlerinin, salatalıklardaysa tarla ürünlerinin elektrolit kaybı %12-18 oranında daha azdır.

Sera-tarla salatalıklarda depolamanın ilk 7 gününde soğuk zararlanmasında önemli bir değişim olmadığı sonrasındaki artışın daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Elektrolit kaybı değerlendirmesinde de benzer sonuçlar gözlenmiştir. Bu veriler salatalıklarda elektrolit kaybıyla soğuk zararlanması arasında bağlantı olduğunu göstermektedir. Patlıcanlarda da benzer şekilde hem elektrolit kaybında hem de soğuk zararlanması değerlerinde depolama süresiyle gözlenen lineer bir artış sözkonusudur. Literatürdeki verilerde soğuk zararlanmasının elektrolit sızıntısını artırdığı salatalık, domates gibi meyvelerin aksine dolmalık biber ve patlıcanda soğuk zararlanmasıyla elektrolit sızıntısında bir değişiklik görülmemektedir. Hakim ve arkadaşlarının (1999) çalışmasında, elektrolit sızıntısı değerleri değişkenlik göstermekte, 1 ve 4°C'deki salatalıklarda oluşan çukurlaşmalarla elektrolit sızıntısı arasında bir bağlantı bulunmamakta, ancak elektrolit sızıntısının ağırlık kaybı değerleriyle bağlantılı olduğu görülmektedir. Düşük sıcaklık bütün kalite parametrelerini aynı şekilde etkilememektedir. Bu nedenle ürünlerin soğuk zararlanmasına karşı hassas veya dayanıklı olup olmadığının birden fazla parametre ile belirlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

4.13 Pirüvat

4.13.1 UV dozunun pirüvat değerine etkisi

UV doz uygulamasında patlıcanda başlangıç değerine en yakın pirüvat 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.105-4.108).

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda en düşük pirüvat değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$). Bu dozdaki pirüvat değeri kontrolden %19 daha azdır (Şekil 4.106).

Depolama süresiyle birlikte patlıcanlarda özellikle bir haftadan sonra pirüvat değerlerinde artış olmuş, genel olarak 9 kj/m^2 dozunda daha düşük pirüvat değeri elde edilmiştir ($p<0,01$).

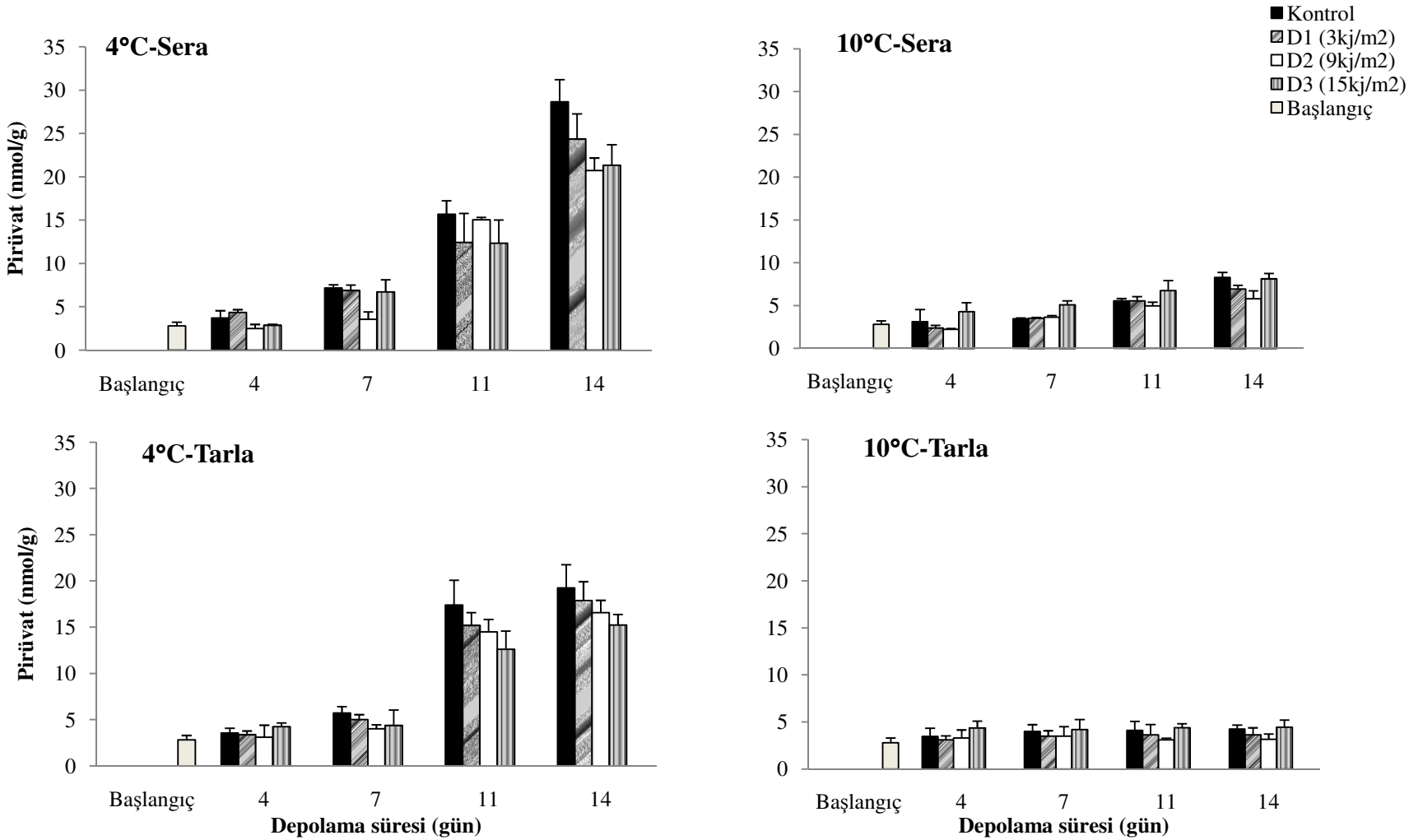
Patlıcanlarda 4°C'de depolamada UV uygulaması pirüvat değerinde azalma sağlarken, en düşük değer 15 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.107). 10°C'de depolananlarda ise başlangıca en yakın değer 9 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir. UV uygulamasının etkisinin düşük sıcaklıkta depolamada daha fazla olduğu görülmektedir; 15kj/m^2 uygulaması kontrole göre %22,3 azalma sağlamıştır.

Salatalıklarda pirüvat değerinde en az değişim 3 kj/m^2 UV doz uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,05$). Bu dozda kontrolden %5 daha düşük pirüvat değeri elde edilmiştir (Şekil 4.109-4.112).

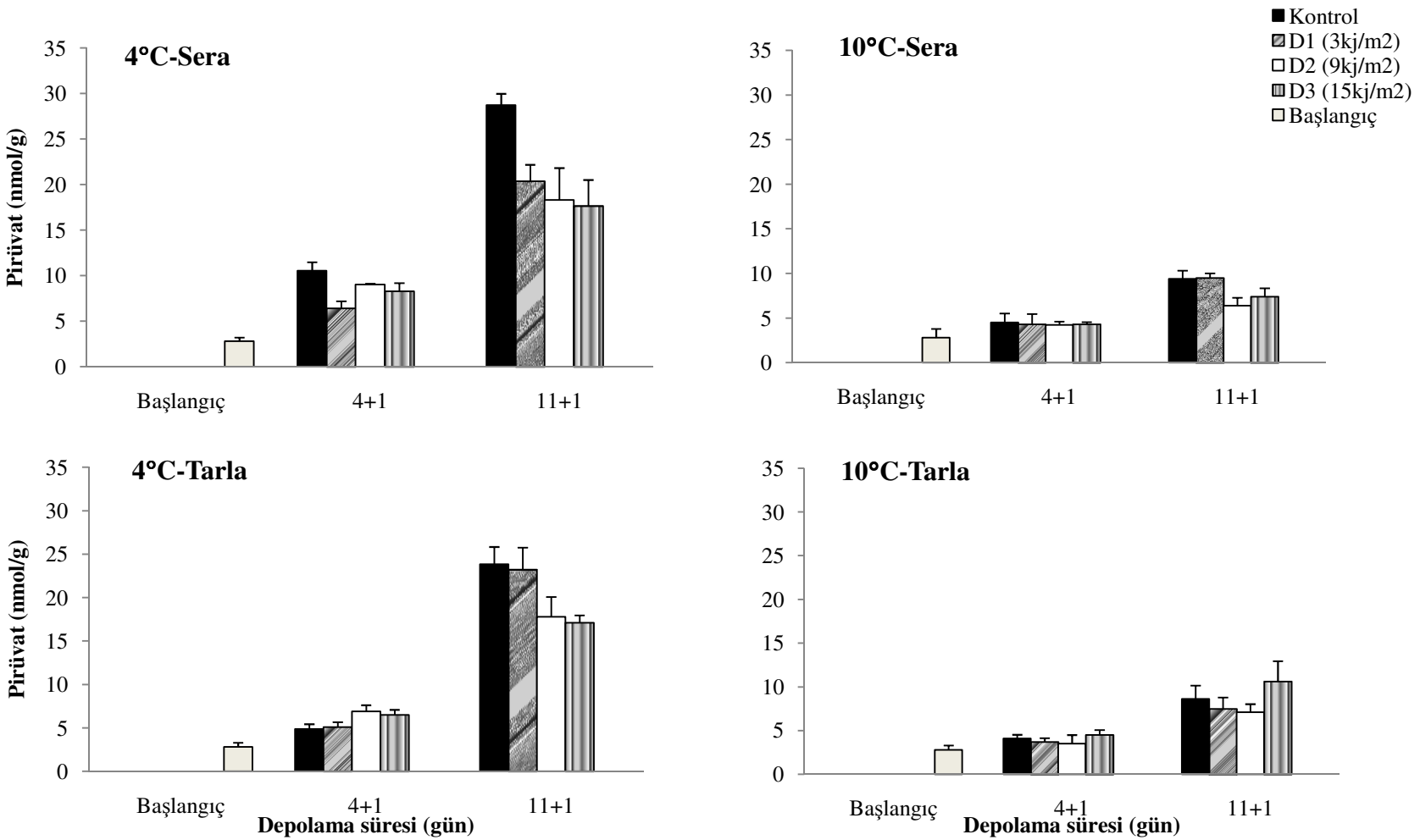
Salatalıklarda soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin pirüvat değerlerinde 4. günde UV uygulaması ve kontrol arasında büyük bir değişim olmazken, 11. gündeki analizlerde tüm UV dozları pirüvat değerinde azalma sağlamıştır ($p<0,001$, Şekil 4.110). Depolamanın 11. gününde pirüvat değeri 9 kj/m^2 UV dozu uygulamasıyla %27 oranında azalmıştır.

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıkların pirüvat değerinde 10°C'de depolananlarda UV dozun etkisi önemsizken, 4°C'dekilerde tüm dozlar pirüvat değerinde azalma sağlamıştır ($p<0,05$, Şekil 4.112). En düşük pirüvat değeri 3 kj/m^2 değerinde elde edilmiş olup, pirüvat değeri kontrolden %21,8 daha düşüktür.

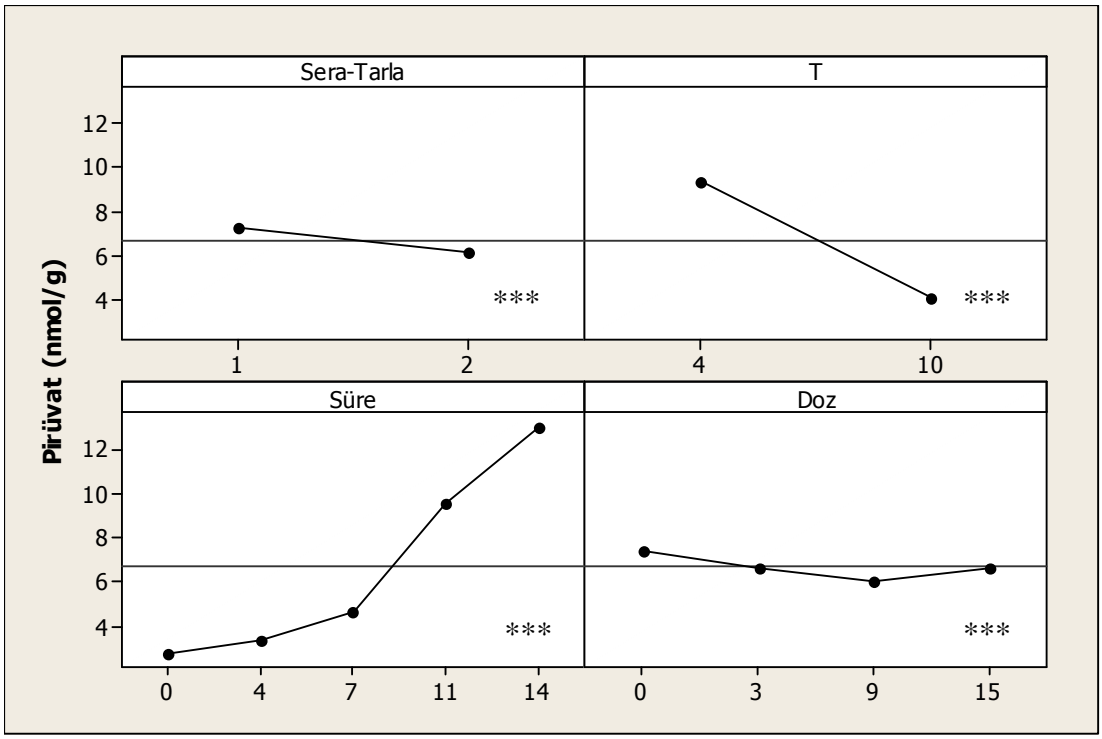
Salatalıklarda soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen sera ürünlerinde en düşük pirüvat değeri 9 kj/m^2 dozunda, tarla ürünlerinde ise 3 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir ($p<0,01$, Şekil 4.112).



Şekil 4.105 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında pirüvat üzerine etkisi.



Şekil 4.106 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında pirüvat üzerine etkisi.



Şekil 4.107 : Patlıcanlarda pirüvat değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

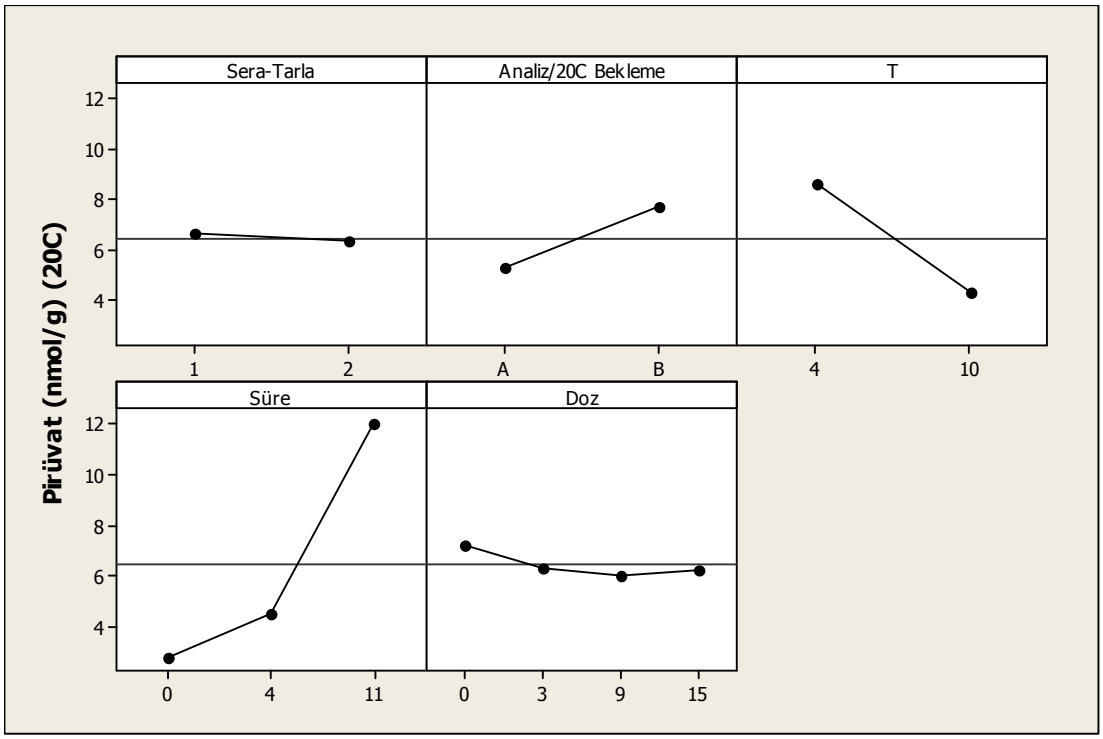
4.13.2 Sıcaklığın pirüvat değerine etkisi

Düşük sıcaklıkta depolanan, hemen analiz edilen veya soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin pirüvat değeri 10°C'dekilerden daha fazladır ($p<0,001$).

Patlıcanlarda 4°C'deki ürünlerin pirüvat değeri ilk haftadan sonra daha hızlı artış göstermiştir. 10°C'dekilerde depolama süresiyle daha az oranda ancak lineer bir artış gözlenmiştir ($p<0,01$, Şekil 4.107). 14. günde 4°C'deki ürünler başlangıç değerinin yaklaşık 7 katına çıkmıştır. 10°C'de depolananlarda ise aynı süredeki değişim sadece 2 katı kadardır.

Patlıcanda iki farklı sıcaklıkta depolanan sera ürünlerinin pirüvat değeri tarla ürünlerinden %15 daha yüksektir ($p<0,001$). 10°C'de depolanan hem sera hem de tarla ürünlerinin pirüvat değeri 4°C'dekilerden daha düşüktür.

Salatalıklarda 10°C'de depolanan ürünlerin pirüvat değeri depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletildiğinde hemen hemen aynıyken, 4°C'de depolanan ürünlerin pirüvat değeri başlangıç değerlerinden 3 kat daha fazladır ($p<0,001$).



Şekil 4.108 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda pirüvat değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

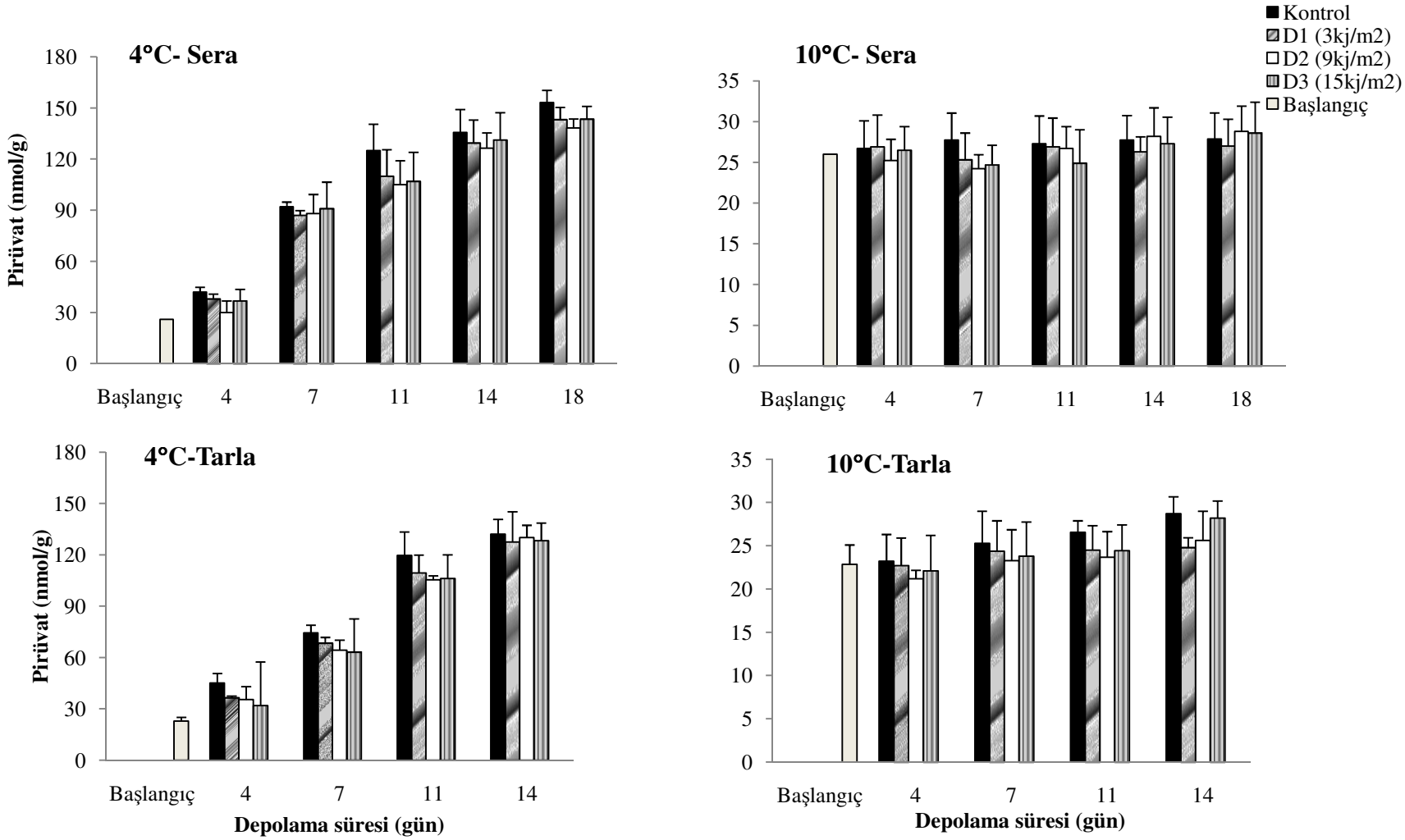
Salatalıklarda düşük sıcaklıktaki ürünlerin pirüvat değeri 14. günde başlangıcın 5 katına çıkmıştır ($p<0,01$). 10°C'deki değişim depolama süresince sadece %11 oranındadır (Şekil 4.112).

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen, 4°C'de depolanan, salatalıklarda depolama süresince pirüvat değerinde hızlı bir artış olmuştur (9,5 kat). 10°C'dekilerde ise 11. gündeki pirüvat değeri başlangıç değerinin sadece 1,2 katıdır ($p<0,01$).

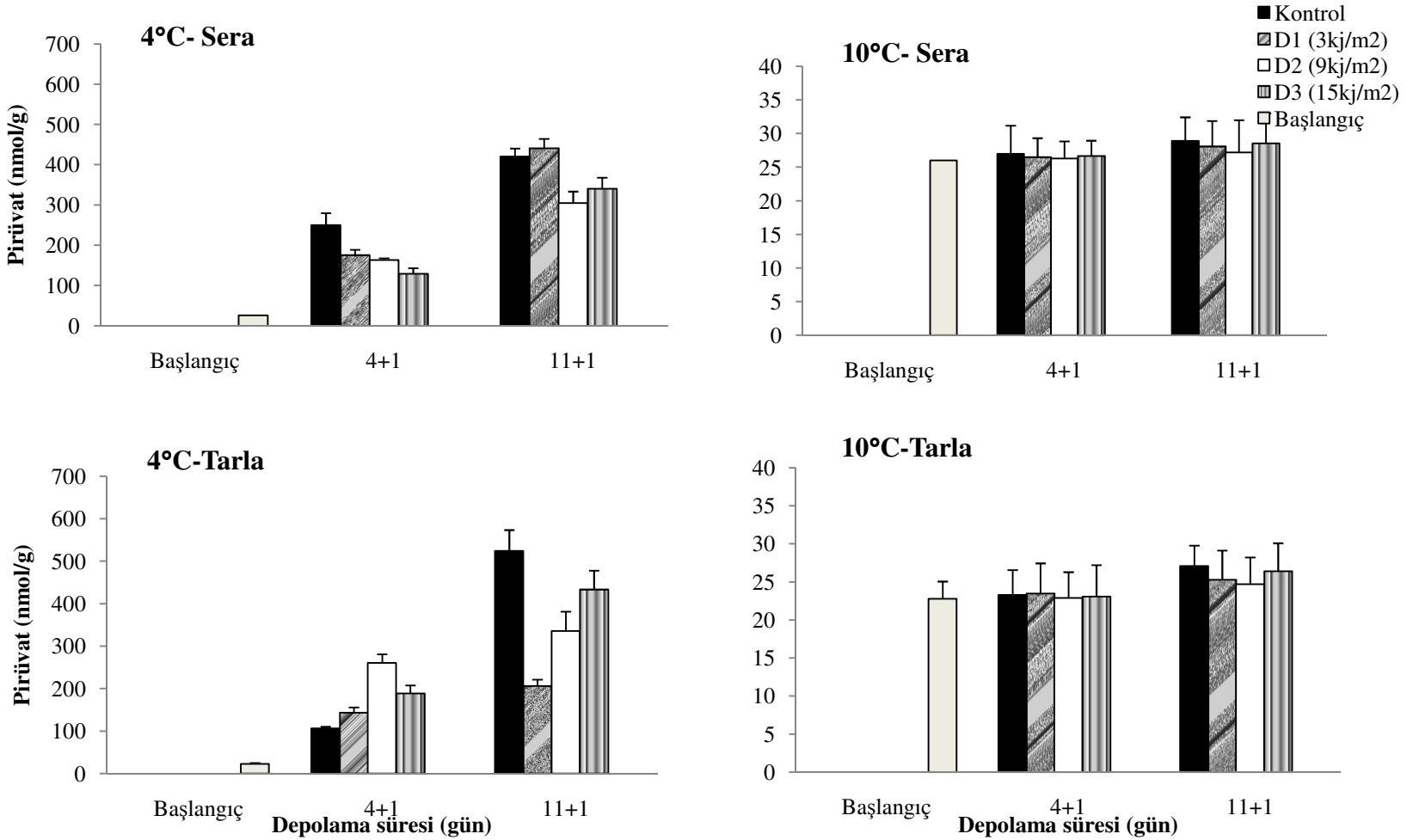
Salatalıklarda sera-tarla farkı çok önemli olmayıp, tarla ürünlerinin pirüvat değeri sera ürünlerinden %6 daha düşüktür ($p<0,05$).

4.13.3 Depolama süresinin pirüvat değerine etkisi

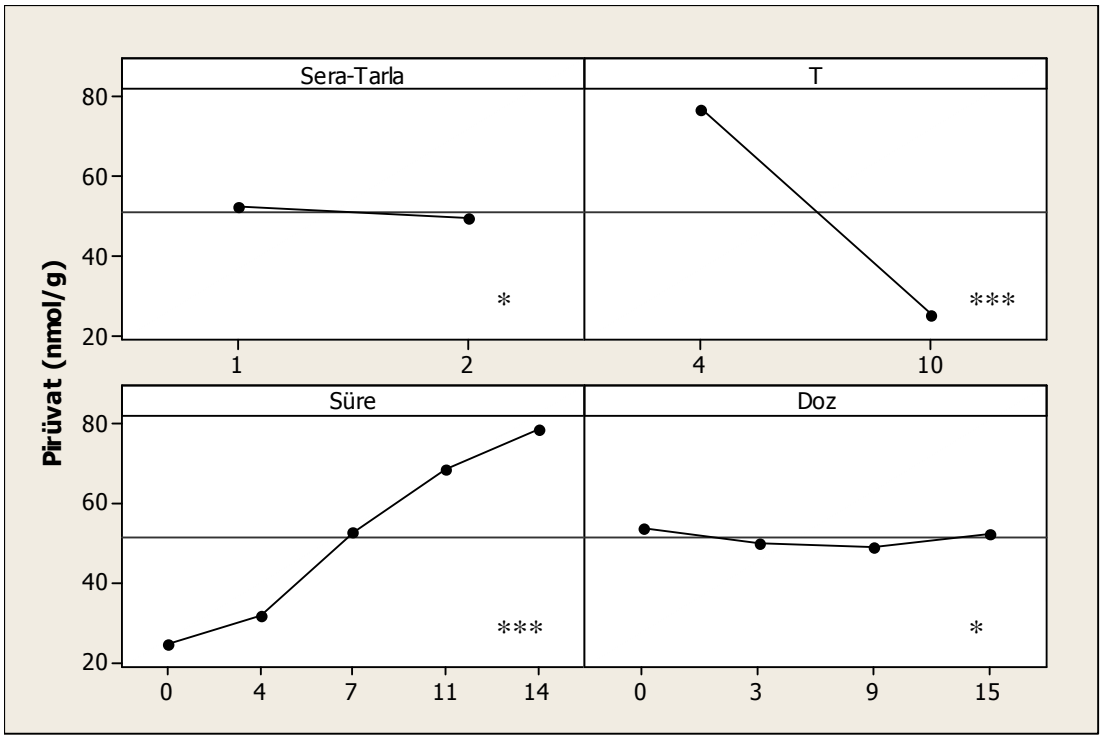
Patlıcanların pirüvat değerinde ilk hafta çok fazla bir değişim olmazken, 11 ve 14. günlerde artış gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.107). Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanların 11. gündeki pirüvat değeri başlangıç değerinin 4,3 katıdır ($p<0,001$).



Şekil 4.109 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında pirüvat üzerine etkisi.



Şekil 4.110 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında pirüvat üzerine etkisi.



Şekil 4.111 : Salatalıklarda pirüvat değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Salatalıkta depolama süresince pirüvat değerlerinde artış olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.107, 4.111). Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda 11. gündeki pirüvat değeri başlangıç değerinin 5,5 katıdır ($p<0,001$).

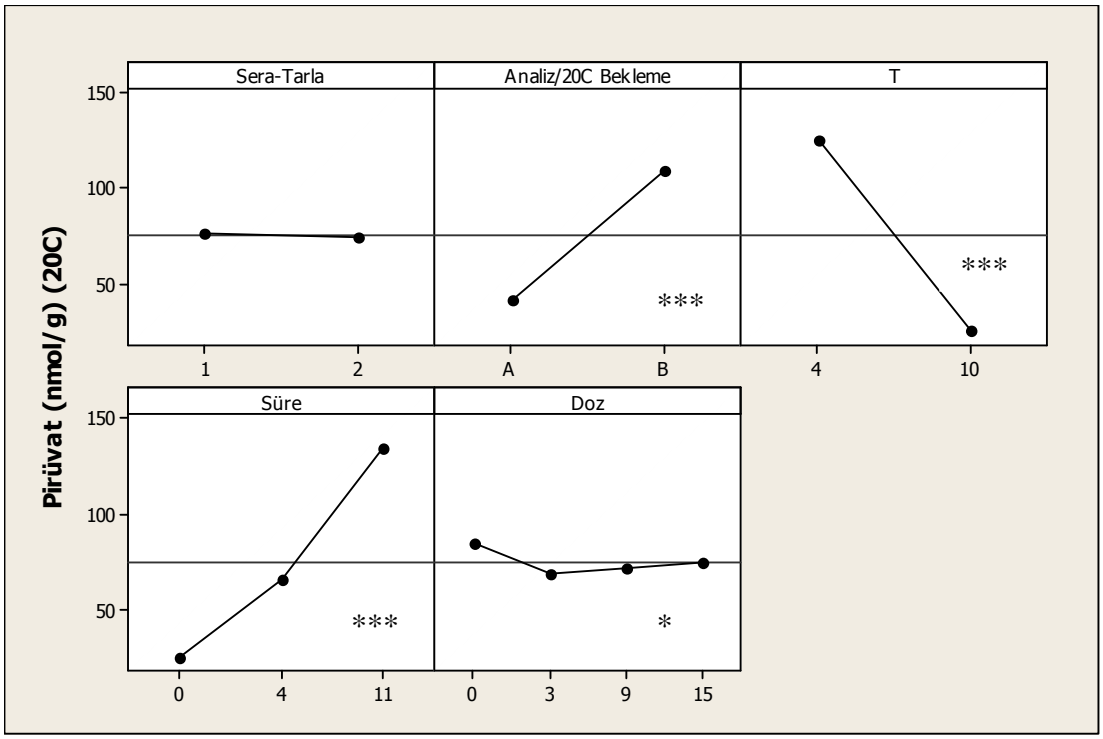
4.13.4 Sera-tarla faktörünün pirüvat değerine etkisi

Patlıcan ve salatalıkta sera ürünlerinin pirüvat değeri tarladakilerden daha yüksektir ($p<0,001$, Şekil 4.105, 4.109).

4.13.5 Pirüvat genel değerlendirme

Patlıcan ve salatalıklarda başlangıç değerine en yakın pirüvat değeri 9 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde, patlıcanlarda en düşük pirüvat değeri 9 kj/m^2, salatalıklarda ise 3 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir.

Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde UV uygulamasının pirüvat değerinde azalma sağladığı görülmektedir. Bir gün bekletilen örneklerin pirüvat değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksektir.



Şekil 4.112 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda pirüvat değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Literatürdeki çalışmalarda glikolizin son ürünü olan pirüvatın %100 O_2 ortamındaki salatalıkların meyve dokularında, normal atmosfer ve %5 O_2 ortamında bekletilenlerden daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Srilaong ve Tatsumi, 2003). Pirüvat normal olarak TCA döngüsü veya etanolik fermentasyon metabolik yolunda yer alır. Pirüvatın yüksek oksijen konsantrasyonunda artması TCA döngüsünü yavaşlatan süksinat dehidrogenaz (SDH) aktivitesinde azalmayla açıklanmaktadır. Düşük sıcaklık stresi de pirüvatta artışa neden olan diğer bir faktördür (Hakim ve diğ., 1999). Patlıcan ve salatalıklarda yürütülen çalışmada da 4°C'de depolanan, hemen analiz edilen veya soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin pirüvat değerinin 10°C'dekilerden daha fazla olduğu görülmektedir.

Literatürde pirüvatın 1°C'de depolanan salatalık ve patlıcanlarda 4, 5 ve 20°C'de depolananlara göre daha yüksek oranda olduğu gözlenmiştir (Hakim ve diğ., 1999; Tsuchida ve diğ., 1990). Bu sonuç daha düşük sıcaklıktaki ürünlerin daha yüksek solunum oranına sahip olduğunu göstermektedir. Örneklerin pirüvat değerindeki artış soğuk zararlanması derecesindeki artışla örtüşmektedir (Tsuchida ve diğ., 1990).

Yürütülen patlıcan ve salatalık çalışmasında da soğuk zararlanmasındaki artışa paralel olarak depolama süresince pirüvat değerinde de artış gözlenmiştir. Depolama süresiyle birlikte patlıcanların pirüvat değerinde ilk hafta çok fazla bir değişim olmazken, 11 ve 14. günlerde artış gözlenmiştir. Ancak salatalıkta depolama süresince pirüvat değerlerinde artış olmuştur.

Depolama süresiyle birlikte 10°C'de muhafaza edilen ürünlerin pirüvat değerinde önemli bir değişim olmazken, 4°C'dekilerde lineer bir artış gözlenmiştir. Örnekler ortam sıcaklığında bir gün bekletildikten sonra da benzer şekilde pirüvat değerlerinde özellikle düşük sıcaklıklardakinde artış olmuştur. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekleyen 4°C'de depolanan ürünlerin pirüvat değeri patlıcan ve salatalıklarda 3-4 kat artarken, 10°C'dekiler hemen hemen aynıdır.

Patlıcanda iki farklı sıcaklıkta depolanan sera ürünlerinin pirüvat değeri tarla ürünlerinden daha yüksektir. Salatalıklarda sera-tarla farkı çok önemli olmayıp, tarla ürünlerinin pirüvat değeri sera ürünlerinden %6 daha düşüktür.

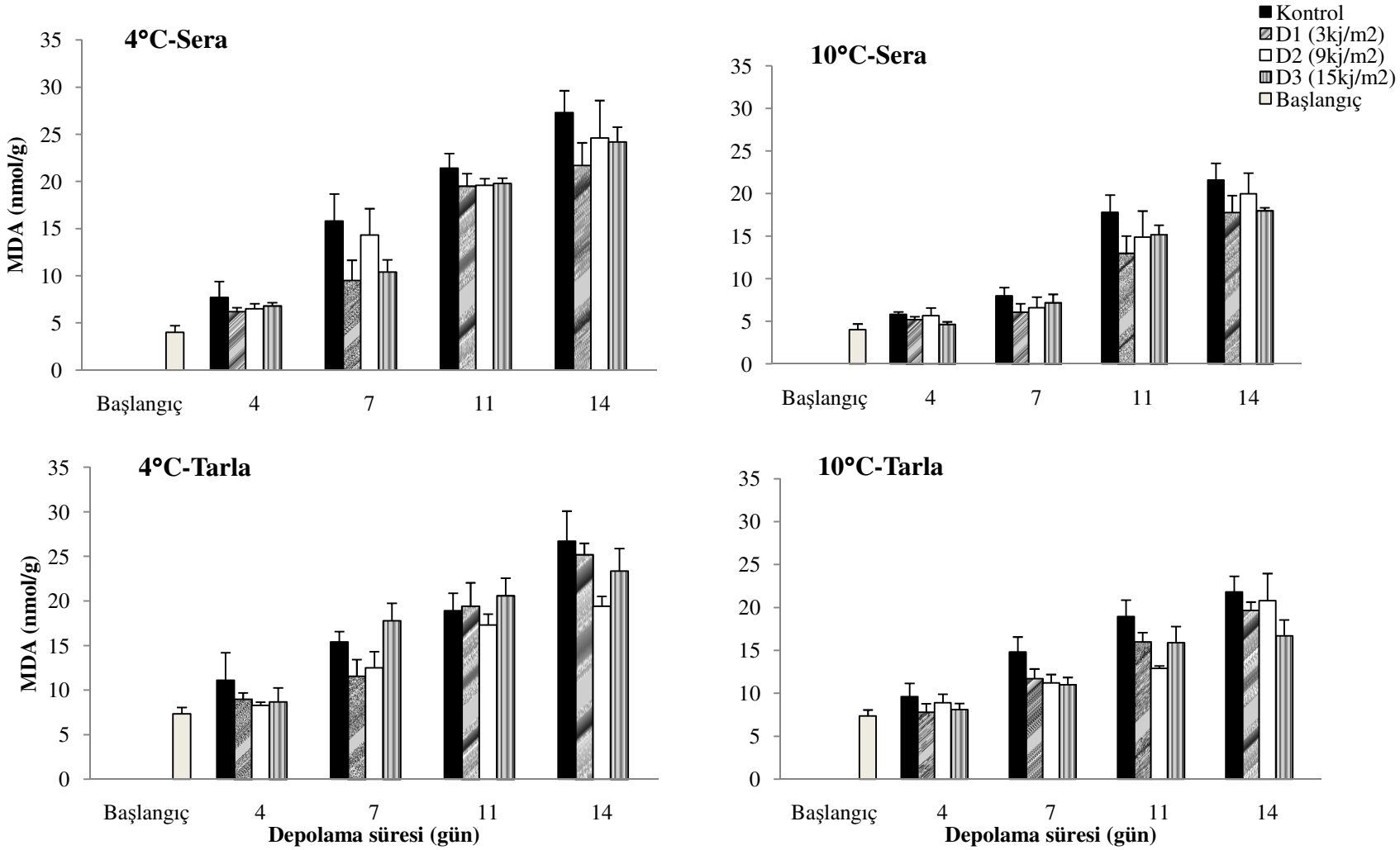
4.14 Peroksidasyon

4.14.1 UV dozunun peroksidasyon değerine etkisi

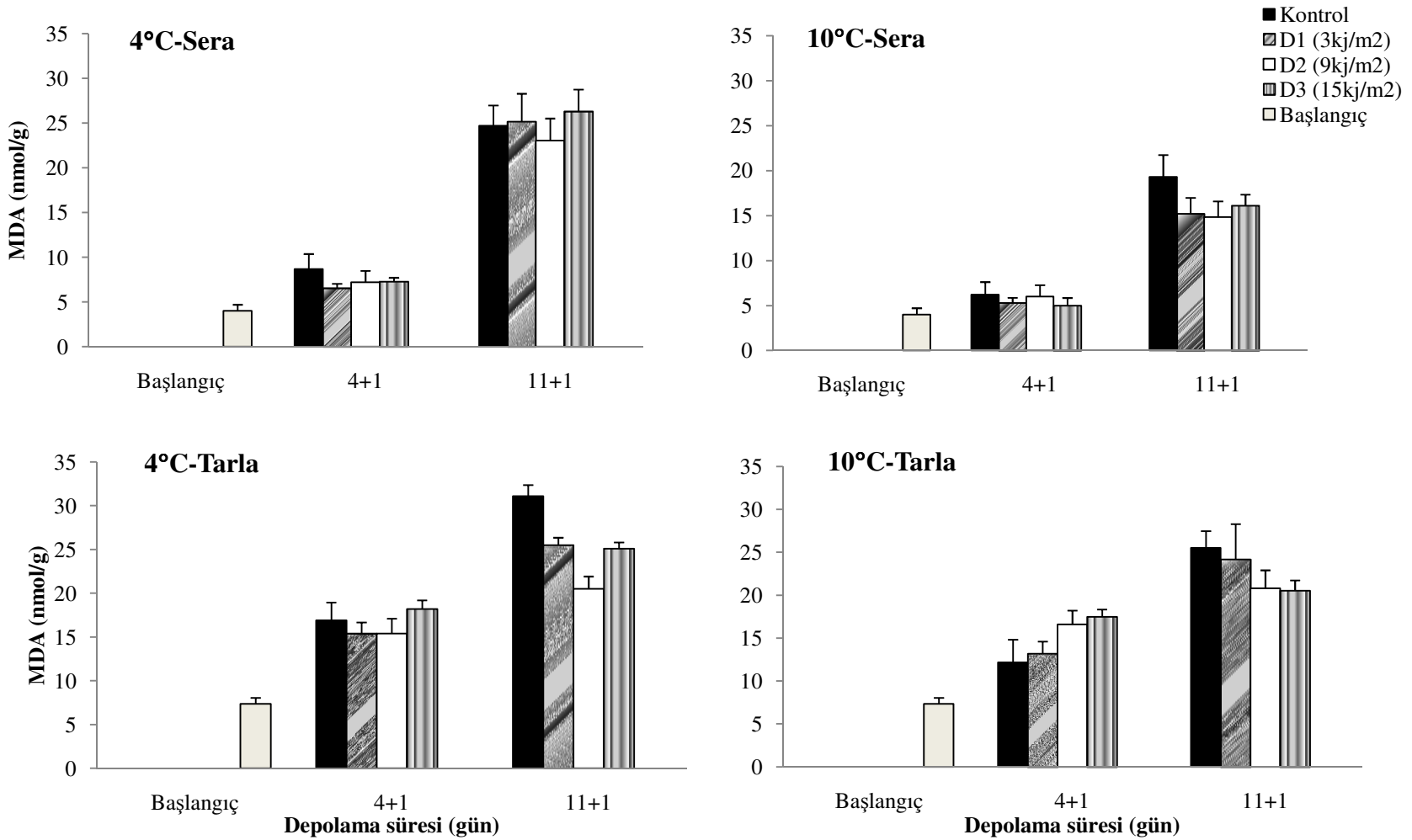
Patlıcanlarda kontrol örneklerinin peroksidasyon değeri daha yüksek olup, başlangıca en yakın değer patlıcanlarda 3 kj/m^2 ($p<0,001$) uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.113-4.116). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda 9 kj/m^2 UV uygulamasıyla başlangıç değerinden %12 daha düşük pirüvat değeri elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.114).

Depolama süresiyle birlikte patlıcanlarda ilk hafta çok fazla bir değişim olmamış, depolama süresince en az değişim 3 ve 9 kj/m^2 doz uygulamalarında elde edilmiştir ($p<0,05$, Şekil 4.115).

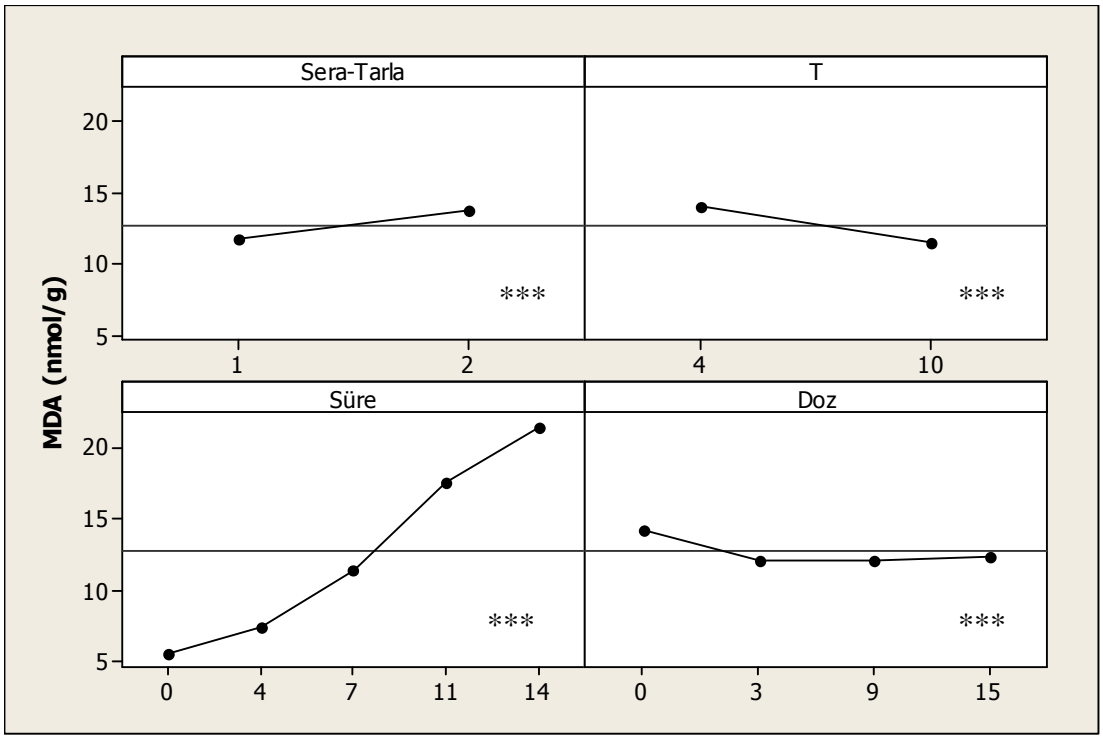
Salatalıklarda başlangıca en yakın pirüvat değeri 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir ($p<0,05$, Şekil 4.117-4.120). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün salatalıklarda 9 kj/m^2 dozu kontrolden %15 daha az pirvüvat değeri eldesini sağlamıştır en düşük peroksidasyon değeri elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.118). Patlıcan ve salatalıklarda UV doz uygulamasıyla kontrolden %12-15 daha düşük pirüvat değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.113 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında peroksidasyon (MDA) üzerine etkisi.



Şekil 4.114 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla patlıcanlarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında peroksidasyon (MDA) üzerine etkisi.



Şekil 4.115 : Patlıcanlarda peroksidasyon (MDA) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

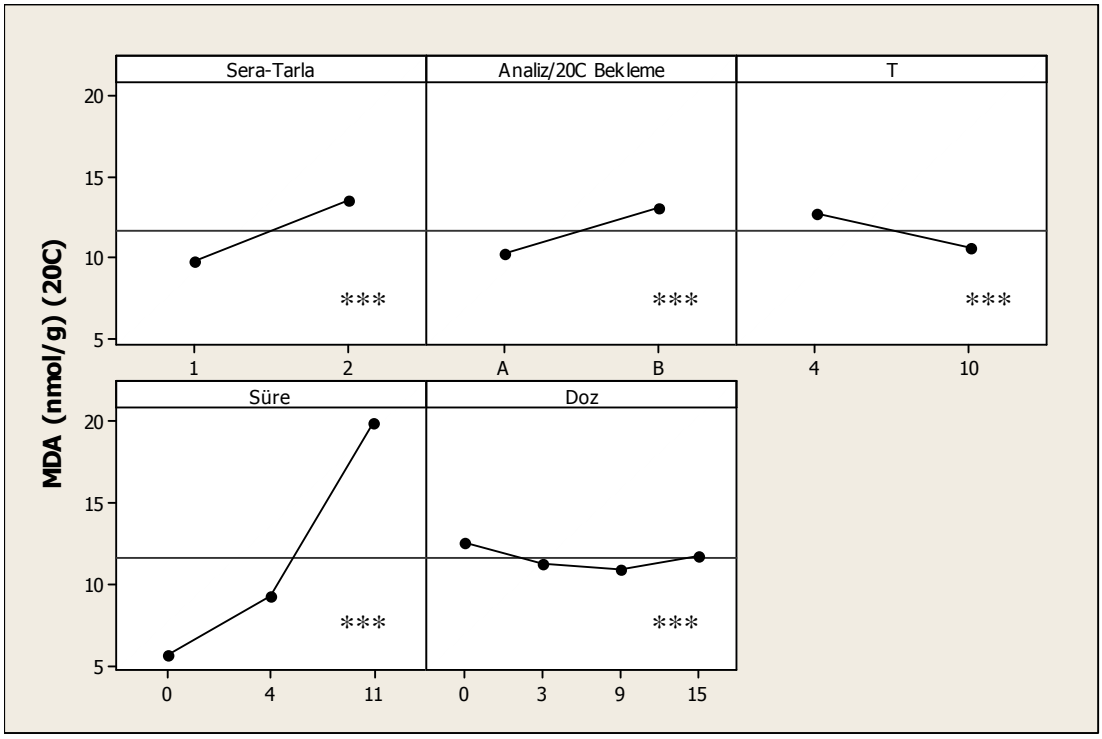
Her iki sıcaklıkta depolanan salatalıklarda da kontrol örneklerinin peroksidasyon değeri daha yüksek olup, düşük sıcaklıkta depolamada 3 kj/m^2, 10°C'dekilerde ise 9 kj/m^2 uygulamasıyla başlangıca en yakın peroksidasyon değeri elde edilmiştir ($p<0,05$).

Salatalıklarda depolama süresiyle birlikte bir haftadan sonra peroksidasyon değerindeki değişim daha fazla olup, UV uygulamasıyla daha düşük peroksidasyon değeri elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında en düşük pirüvat değerleri 9 kj/m^2 uygulamasındadır ($p<0,01$).

Depolamanın 4. gününde soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcan ve salatalıklarda peroksidasyon değerinde önemli bir değişim olmamıştır. Depolamanın 11. günde ise UV uygulaması kontrole göre daha düşük peroksidasyon eldesi sağlamıştır ($p<0,001$). En düşük peroksidasyon değeri 9 kj/m^2 dozunda elde edilmiştir.

Patlıcanda ve salatalıkta sera ürünlerinde 9 kj/m^2, tarla ürünlerinde ise 3 kj/m^2 uygulamasında en düşük peroksidasyon değeri elde edilmiştir($p<0,01$). Bu da sera ürünlerinde daha düşük doz uygulamasının daha etkili olduğunu göstermektedir.

Patlıcan ve salatalıkta soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen sera ve tarla ürünlerinde düşük sıcaklıktaki peroksidasyon değeri daha yüksek çıkmıştır ($p<0,05$). Her iki sıcaklıkta da tarla ürünlerinin peroksidasyon değeri daha yüksektir. Sera ürünlerinde düşük sıcaklıktaki artış oranı (%22) tarla ürünlerinden (%9) daha fazladır. Patlıcanda da sera ve tarla ürünlerinde yüksek sıcaklıkta daha düşük peroksidasyon değeri elde edilmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.114, 4.116).



Şekil 4.116 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen patlıcanlarda peroksidasyon (MDA) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.14.2 Sıcaklığın peroksidasyon değerine etkisi

Düşük sıcaklıkta depolanan ve depolama sonrası hemen analiz edilen ürünlerde ($p<0,001$) ve soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde de peroksidasyon değeri 10°C'dekilerden daha yüksektir ($p<0,05$). Patlıcanlarda 10°C'deki ürünlerin peroksidasyon değeri düşük sıcaklıktakilerden %18 daha azdır ($p<0,001$).

Depolama süresiyle birlikte her iki sıcaklıktaki patlıcanların peroksidasyon değerinde de artış olmuştur ($p<0,001$). Ancak bu artış oranı 4°C'dekilerde daha fazladır. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin peroksidasyon değeri

her iki sıcaklıkta da depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksektir ($p<0,05$).

Salatalıkta sıcaklığın peroksidasyon değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 4.117). Ancak depolama süresiyle birlikte peroksidasyon değeri her iki sıcaklıkta depolamada da artmıştır ($p<0,05$).

4.14.3 Depolama süresinin peroksidasyon değerine etkisi

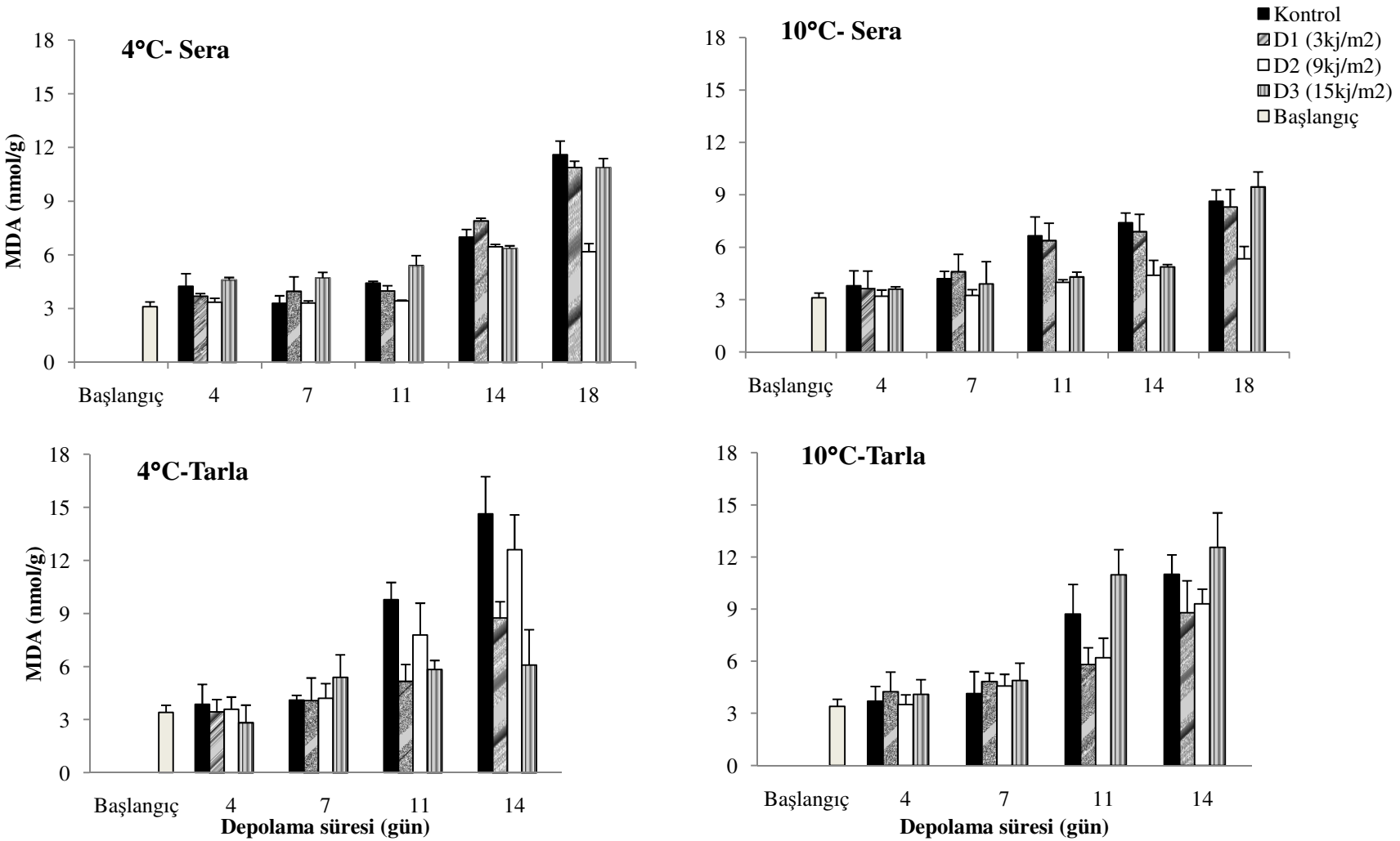
Patlıcanda depolamayla birlikte peroksidasyon değerinde lineer bir artış gözlenmiştir ($p<0,001$, Şekil 4.115). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcanlarda peroksidasyon değerindeki artış başlangıç değerinin 3,5 katı oranında olmuştur ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin depolama süresince peroksidasyon değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksek olmuştur ($p<0,001$).

Depolama süresiyle birlikte sera ve tarla patlıcanların peroksidasyon değerinde artış olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.115, 4.119). Depolamanın ilk haftasında sera ürünlerinin peroksidasyon değeri daha düşük olmakla birlikte, 11. günde sera-tarla ürünlerinin peroksidasyon değerleri aynıdır.

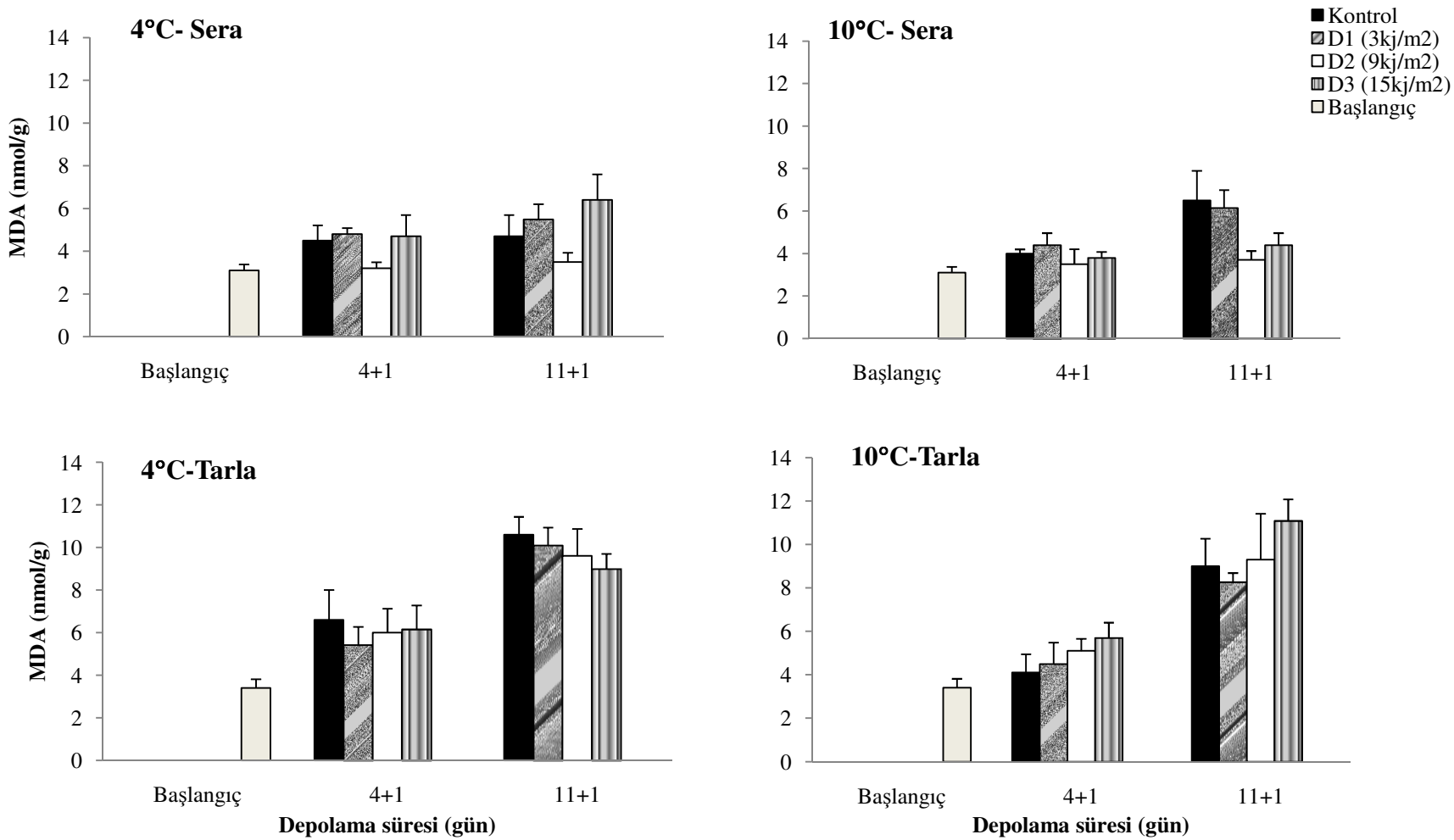
Salatalıkta depolamanın 7. gününden sonra peroksidasyon değerinde daha fazla değişim gözlenmiştir (Şekil 4.119). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda depolama süresiyle birlikte peroksidasyon değeri artmış ve başlangıç değerinin 2 katına ulaşmıştır ($p<0,001$). Direkt analiz edilenlerde de benzer eğilim gözlenmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda peroksidasyon değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksek olmuştur ($p<0,001$, Şekil 4.120).

Salatalıklarda ilk bir haftalık süreçte peroksidasyon değerinde önemli bir değişim olmazken, 7. günden sonra özellikle tarla ürünlerinde daha hızlı bir artış olmuş, 14. günde başlangıç değerlerinin 3 katına çıkmıştır ($p<0,001$).

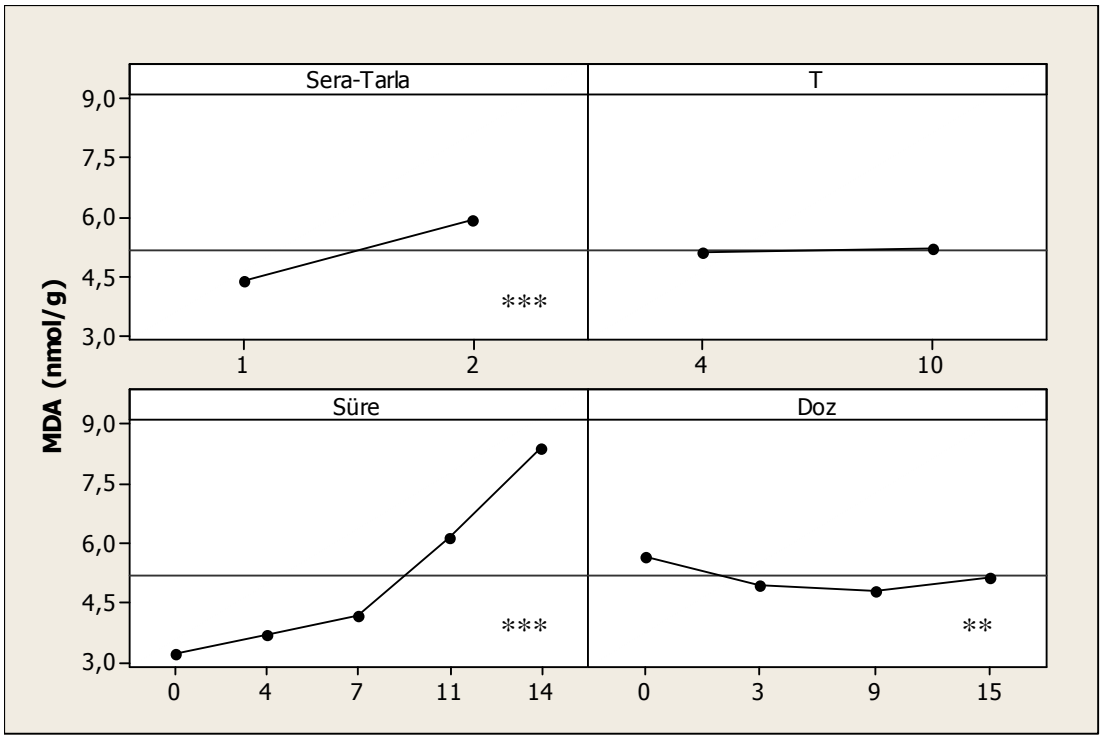
Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen salatalıklarda depolama süresiyle birlikte hem sera hem de tarla ürünlerinin peroksidasyon değeri artmış, ancak tarla ürünlerinin peroksidasyon değeri özellikle 4. günde bekleme sonrası hızlı bir artış göstermiştir. ($p<0,001$, Şekil 4.120).



Şekil 4.117 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sırasında peroksidasyon (MDA) üzerine etkisi.



Şekil 4.118 : UV-C ışınlama dozunun sera ve tarla salatalıklarda 4 ve 10°C'de depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletme sırasında peroksidasyon (MDA) üzerine etkisi.



Şekil 4.119 : Salatalıklarda peroksidasyon (MDA) değişiminde sera-tarla, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

4.14.4 Sera-tarla faktörünün peroksidasyon değerine etkisi

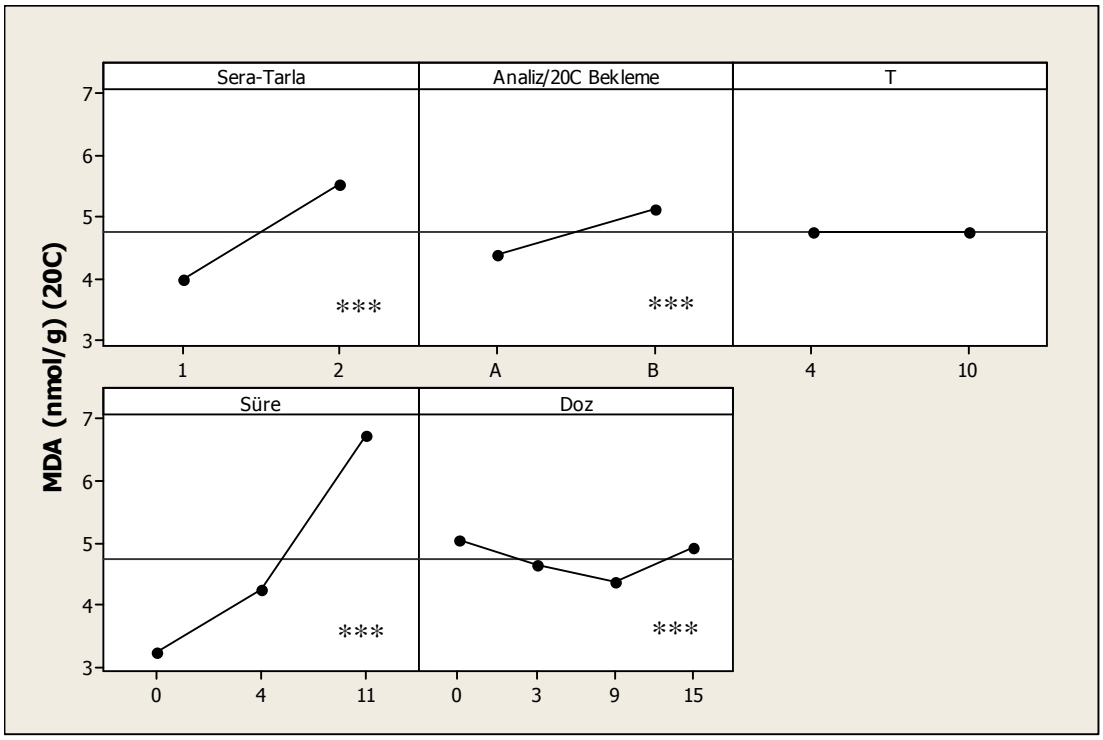
Tarla ürünlerinin peroksidasyon değeri patlıcan ve salatalıklarda da sera ürünlerinin değerinden daha yüksektir ($p<0,001$). Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin peroksidasyon değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden patlıcanlarda %27, salatalıklarda %17 daha yüksektir ($p<0,001$).

4.14.5 Peroksidasyon genel değerlendirme

Tüm UV dozları patlıcan ve salatalıklarda peroksidasyon değerinde azalma sağlamıştır. Kontrol örneklerinin peroksidasyon değeri daha yüksek olup, başlangıca en yakın değer patlıcanlarda 3 kj/m^2, salatalıklarda ise 9 kj/m^2 uygulamasında elde edilmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcan ve salatalıklar da ise en düşük peroksidasyon değeri 9 kj/m^2 UV uygulamasında elde edilmiştir.

Salatalıklarda düşük sıcaklıkta depolamada 3 kj/m^2, 10°C'dekilerde ise 9 kj/m^2 uygulamasıyla başlangıca en yakın peroksidasyon değeri elde edilmiştir.

Salatalıklarda sera ürünlerinde 9 kj/m^2, tarla ürünlerinde ise 3 kj/m^2 uygulamasında en düşük peroksidasyon değeri elde edilmiştir. Bu da sera ürünlerinde daha düşük doz uygulamasının daha etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.120 : Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında (20°C) bir gün bekletilen salatalıklarda peroksidasyon (MDA) değişiminde sera-tarla, direkt analiz-bir gün 20°C'de bekletme, sıcaklık, süre ve dozun genel etkisi (Minitab main effect plot).

Lipidlerin peroksidasyonunda depolama sıcaklığı önemlidir; patlıcanların 4°C'de depolanması peroksidasyon değerini artırmıştır (Karakaş ve Yıldız, 2007). Muhafazanın ilk 2 gününde stres faktörü nedeniyle TBARS değerinde artış olmuş, takip eden 2 gündeyse dokular oluşan bu duruma adapte olmak için bu ikincil lipid peroksidasyon ürünlerini azaltma yoluna gitmiştir. Enzimatik onarım sistemi perokside olmuş yağ asitlerini ortamdan uzaklaştırarak, yayılma olasılığını azaltabilmektedir (Zhang ve Chen, 2006). Az işlenmiş salatalıklarda ise 4°C'de depolamanın 10. gününde peroksidasyon soğuk zararlanmasına uğramış dokularda 6 kattan fazla artmıştır (Karakaş ve Yıldız, 2007). Hücrede düşük sıcaklık sonucu oluşan zararlanmalar membran lipid peroksidasyonunu da artırmaktadır. Lipidlerdeki fazla akışkanlık veya lipid peroksidasyonu hücrenin karşılaştığı stres faktörü süresince membran geçirgenliğinde artışa ve hücre ölümüne neden olur. Hücreden protein, iyon ve diğer metabolitlerin salınımı membran zararlanması ve hücre

ölümünün işaretidir (Dhindsa ve diğ., 1981). Bu da düşük sıcaklıklarda peroksidasyon değerindeki artışın nedenini açıklamaktadır. Yürütülen çalışmada da depolama süresiyle birlikte her iki sıcaklıktaki ürünlerin peroksidasyon değerinde de artış olmuştur. Ancak bu artış oranı 4°C'dekilerde daha fazladır. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerin peroksidasyon değeri her iki sıcaklıkta da depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksektir. Düşük sıcaklıkta depolanan patlıcanlarda peroksidasyon değeri 10°C'dekilerden daha yüksektir.

Depolama süresiyle birlikte patlıcan ve salatalıklarda da peroksidasyon değeri artmıştır. Patlıcanda depolama süresiyle birlikte lineer bir artış olurken, salatalıkta bir haftadan sonra daha fazla değişim gözlenmiştir. Soğuk depolama sonrası oda sıcaklığında bir gün bekletilen patlıcan ve salatalıklarda depolama süresince peroksidasyon değeri depolama sonrası hemen analiz edilenlerden daha yüksek olmuştur.

Tarla ürünlerinin peroksidasyon değeri patlıcan ve salatalıklarda da sera ürünlerinin değerinden daha yüksektir.

Domateslerde 3,7 kj/m^2 UV-C uygulamasında 48 saat sonra, MDA seviyesindeki kısa süreli artış lipid peroksidasyonunun belirtisidir. Benzer sonuçlar UV-B ışını uygulanan salatalıklarda da gözlenmiştir (Barka ve diğ., 2000). Patlıcanların 4°C'de muhafazasında da ilk 2 günde stres faktörü nedeniyle TBARS değerinde artış olmuş, takip eden 2 gündeyse dokular bu duruma adapte olmak için bu ikincil lipid peroksidasyon ürünlerini azaltma yoluna gitmiştir (Karakaş ve Yıldız, 2007). UV uygulaması bitkilerde oksidatif stres yaratarak yağların peroksidasyonuna, proteinlerin denatürasyonuna, karbonhidratların oksidasyonuna ve DNA zararlanmasına neden olur. Meyve ve sebzeler bu strese aktif oksijenleri temizleyen ve flavonoidlerin biyosentezinde rol alan PAL ve çalkonsentaz gibi enzimleri uyararak karşılık verir. Bunun sonunda pek çok meyve ve sebzede UV zararlanmasına karşı oluşan koruyucu sistemde flavonoidlerin birikimi gözlenmektedir (Gonz´alez-Aguilar ve diğ., 2001 a). Poliaminler stres karşısında bitkilerde artarak, membran yüzeyine iyonik interaksiyonlarla bağlanıp, lipid peroksidasyonunu inhibe etmektedir (Kramer ve diğ., 1991). Yürütülen çalışmada da 4.günde peroksidasyon değerlerinin çok fazla artmadığı, sonrasında da kontrol örneklerinin peroksidasyon değerlerinin depolama süresince UV uygulananlardan

daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak uygulanan UV-C dozunun fitoaleksin birikimini artırarak, peroksidasyon değerinde kontrolden daha az artış olmasını sağladığı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

UV-C ışınının patlıcan ve salatalıklarda soğuk zararlanması üzerine etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen veriler ışığında patlıcanlarda her iki depolama sıcaklığında (4 ve 10°C) da 15 kj/m^2 dozu uygulanan örneklerdeki soğuk zararlanmalarının daha az olduğu, görsel özelliklerin de daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Salatalıkta ise daha düşük dozların soğuk zararlanmasını azaltmada (3kj/m^2) ve görsel kalitenin korunumunda (9 kj/m^2) etkin olduğu belirlenmiştir. Görsel kalitede 3 ve 9 kj/m^2 dozları arasında önemli bir farklılık olmadığı için salatalıkta 3 kj/m^2 dozunun düşük soğuk zararlanması indeksi ve yüksek görsel kalite eldesi için yeterli olduğu görülmektedir.

Salatalıklarda soğuk zararlanması indeksi ve görsel değerlendirmede olduğu gibi renkte de düşük doz UV-C (3 kj/m^2) uygulaması yeterliyken, diğer parametrelerde daha yüksek dozların etkili olduğu gözlenmektedir. Pirüvat ve peroksidasyon değerlerinde dozlar arasındaki fark önemli olmadığı için, düşük dozların salatalığın kimyasal yapısının korunumunda yeterli olduğu söylenebilir. Aynı şekilde elektrolit ve ağırlık kaybında 15 kj/m^2 doz uygulaması kayıpların azaltılmasında daha etkin olmakla birlikte analiz yönteminden kaynaklanan değişimler ve düşük dozla aradaki farkların %10 oranında olması nedeniyle, diğer parametrelerde yeterli olan 3 kj/m^2 UV-C dozunun salatalıklarda ağırlık kaybı ve elektrolit sızıntısının azaltılmasında da uygulanabileceği düşünülmektedir.

Literatürde salatalıkların depolama ömrünü uzatmak için yapılan çalışmalarda kontrollü atmosferde depolamayla ve ambalajlı ürüne UV-C uygulamalarıyla yaklaşık 12 günlük raf ömrü elde edilmiştir (Cabrera ve Saltveit, 1990; Kasim ve Kasim, 2008; Saltveit, 1997; Saltveit, 2002; Wang ve Baker, 1979). Yürütülen çalışmada da depolama sonrası UV-C uygulanan salatalıklarda raf ömrü 14 gün olarak belirlenmiş, kontrol grubu depolamanın 11.gününde görsel olarak tüketilemez duruma gelmiştir. Ancak literatürdeki çalışmalarda genellikle kontrollü atmosfer uygulanan veya ambalajlı olarak muhafaza edilen salatalıklar, bu çalışmada ambalajsız olarak depolanmıştır. Ambalajsız olarak muhafaza, depolama süresini

azaltıcı bir faktör olmasına rağmen, salatalıkların literatürdeki sürelere benzer sürelerde depolanabilir özellikte olması, UV-C uygulamasının salatalıklarda depolama süresi ve soğuk zararlanmalarının geciktirilmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

Patlıcanlarda soğuk zararlanmasının azaltılması ve görsel kalitenin korunumunda 15 kj/m^2 dozunun etkin olduğu görülmektedir. Diğer parametrelerde de UV-C uygulamasının kalite korunumunda etkili olduğu gözlenmekle birlikte, dozlarda farklılıklar gözlenmektedir. Patlıcanlarda renk dışında diğer incelenen parametrelerde de soğuk zararlanması ve görsel değerlendirmede olduğu gibi yüksek UV-C dozu etkin olurken, rengin korunumunda 3 kj/m^2 dozu yeterli olmaktadır. Ancak renk değişimleri çok düşük oranlarda olduğu için patlıcanın depolanmasında yüksek doz UV-C'nin (15 kj/m^2) kullanılabileceği düşünülmektedir. Literatüdeki çalışmalar incelendiğinde patlıcanların ambalajlı olarak muhafaza edildiğinde raf ömrünün iki haftaya kadar uzatıldığı belirlenmiştir (Karasahin ve diğ., 2005; Mohammed ve Brecht, 2003). Yürütülen çalışmada da 15 kj/m^2 UV-C uygulamasıyla ambalajsız olarak depolanan patlıcanların soğuk zararlanması indeksinin daha düşük ve görsel kalitelerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu ve kontrol örneklerinden 3 gün daha fazla depolanabilir oldukları gözlenmektedir. UV-C uygulanan patlıcanların raf ömrü 14 gün olarak belirlenmiştir. Bu süre literatürde ambalajlı olarak depolanan patlıcanlarda elde edilen sürelerle benzerlik göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar patlıcanlarda UV-C uygulanmasının depolama öncesi veya depolanma sırasında soğuk zararlanmasını azaltma amaçlı uygulanabilirliğini göstermektedir.

Tüm çalışmalar değerlendirildiğinde genel olarak tüm parametrelerde 10°C'de depolamada daha iyi kalite korunumu sağlanmıştır. Depolama süresiyle birlikte patlıcan ve salatalıkların kalitelerinde kayıplar gözlenmektedir. Bu kayıplar düşük sıcaklıkta (4°C) depolananlarda daha fazladır. Soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen ürünlerde genellikle tüm parametrelerde depolama sonrası bekletilmeden analiz edilenlerden daha fazla kayıp olduğu gözlenmiştir. Ancak elektrolit sızıntısında soğuk depolama sonrası ortam sıcaklığında bir gün bekletilen örneklerin elektrolit kaybı %9 daha az çıkmıştır. Elektrolit kaybı analizleri zararlanmaların geri dönüşümlü olabileceği, oda sıcaklığında gerçekleşmektedir. Bu nedenle analizlerin soğuk zararlanmasına uğramış meyve ve sebzelerde soğuk

zararlanmasına neden olan sıcaklıklarda, ürünün tekrar ısınmasına izin verilmeden gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Soğuk zararlanması ve görsel kaliteyle renk b değerlendirmesinde patlıcanda tarlada yetişen ürünler, salatalıktaysa sera ürünleri daha dayanıklı gözükmektedir. Elektrolit kaybında ise tam tersi bir değerlendirmeyle patlıcanlarda sera, salatalıklardaysa tarla ürünleri daha dayanıklı bulunmuştur. Diğer renk değerlendirmeleri ve pirüvatta genel olarak tarla ürünleri daha dayanıklı gözükmektedir. Peroksidasyonda ise patlıcan ve salatalıkta da sera ürünleri daha dayanıklı gözükmektedir. Sera ve tarlada yetişen ürünlerin soğuk zararlanmasına verdikleri tepkilerde, parametreler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada da tarla-sera ürünleri farklı toprak ve iklim koşullarında yetiştikleri için soğuk zararlanmasına karşı hücre membranlarındaki değişim ve dolayısıyla UV uygulamasının farklı ürün membranlarına etkisi ayrıntılı olarak bilinmemektedir. Bu nedenle membran yapısındaki değişimin farklı stres (iklim, coğrafya ve UV) koşullarında yetişen ürünlerde yarattığı soğuk zararlanması direnci ve etkilerini de içeren mikroskobik bazlı bir çalışma yapılması önerilmektedir.

Sonuç olarak, UV-C yönteminin, patlıcanlarda 15 kj/m^2, salatalıklarda ise 3 kj/m^2 dozlarında uygulanmasıyla soğuk zararlanması azaltılarak, ürünlerin görsel kalitelerini kontrol örneklerine göre 3 gün daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Bu nedenle patlıcan ve salatalık gibi soğuğa hassas meyve ve sebzelerde UV-C ışını uygulamasının soğukta depolamadan önce veya depolama sırasında görsel kalite korunumu ve soğuk zararlanmalarını azaltma amaçlı kullanılabileceği düşünülmektedir.

UV-C uygulamasının endüstriyel ölçekte, hasat sonrası depolama öncesinde de uygulama potansiyeli olduğu öngörülmektedir. Patlıcan ve salatalıkların soğuk zararlanmasından korunması için soğutmalı dolaplara kontrollü sıcaklık ve UV-C uygulamalarının adapte edilerek, birçok soğuğa hassas üründe UV-C uygulamasının denenmesi sonucunda, yeni bir uygulama olarak tüketicilerin beğenisine sunulabileceği düşünülmektedir. Ancak patlıcan ve salatalıkla birlikte başka soğuğa hassas ürünlerde de farklı hasat zamanı, sera-tarla, çeşit ve farklı hasat bölgesiyle uygulamaların tekrar edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abe, K., K. Chacin, and K. Ogata. 1980. Chilling injury in eggplant fruits. VI. Relationship between storageability and contents of phenolic content in some eggplant cultivars, *J. Jpn. Soc. Hort.Sci.*, **49**, 269–276.

Allende, A. and F. Artés., 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce, *Lebensm.-Wiss.u-Technol,.* **36**, 779-786.

Allende A., McEvoy L.J., Luo Y., Artes F. and Wang C.Y., 2006. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce, *Food Microbiology*, **23**, 241–249.

Allende, A., Marína, A., Buendíaa, B., Tomás-Barberána F. and Gil M. I., 2007. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O_3, superatmospheric O_2 and high CO_2) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries, *Postharv. Biol. Technol.*, **46**, 3, 201-211.

Bacci, L., Grifoni, D., Sabatini, F. and Zipoli, G., 1999. UV-B radiation causes early ripening and reduction in size of fruits in two lines of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.), *Global Change Biology*, 5, **6**, 635-646.

Baka, M., Mercier, J., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J., 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries, *J. Food Sci.*, **64**, 1068–1072.

Bal, E. and Çelik, S., 2008. Effects of postharvest UV-C treatments on quality and cold storage of cv. Giant plum, *J. Agricul. Science*, **14**, 1, 101-107.

Banks, N.H., B.K. Dadzie, and D.J. Cleland, 1993. Reducing gas exchange of fruits with surface coatings, *Postharvest Biol. Technol*., **3**, 269–284.

Barka, E. A., 2001. Protective enzymes against oxygen species during ripening of tomato (Lycopersicon esculentum) fruits in response to low amounts of UV-C, *Aust. J. Plant Physiol.,* **28**, 785–791.

Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlouf, J. and Arul, J., 2000. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) fruit, *J. Agri. Food Chem*, **48**, 667–671.

Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J. J. and Carmeli, S., 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments, *J. Agri. Food Chem.*, **40**, 1217–1221.

Benga, G. ve Holmes, R.P., 1984. Interactions between components in biological membranes and their implications for membrane function, *Prog. Biophys.Molec.Biol.*, **43**, 195-257.

Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E. and Robinson R.K., 2000. Review Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review, *J.Sci. Food Agric.*, **80**, 637-645.

Blackman, F.F. and Parija, P., 1928. Analytical studies in plant respiration. I. The respiration of senescent ripening apples. Proc. R. Soc. (Lond.), **103**, 412–445.

Blatchley, E. R., and M. Peel. 2001. Disinfection by ultraviolet irradiation in *Disinfection, Sterilization, and Preservation*, New York: Lippincott Williams & Wilkins, 823–851.

Boonsiri, K., Ketsa, S., van Doorn W. G., 2007. Seed browning of hot peppers during low temperature storage, *Postharvest Biol. Technol.*, **45,** 358–365.

Bortner, C.D., Hughes, F.M.J, and Cidlowski, J.A., 1997. A primary role for K+ and Na^+ efflux in the activation of apoptosis, *J. Biol. Chem.*, **272**, 324-336.

Brown, J.H., D.V. Lynch, and J.E. Thompson. 1987. Molecular species specificity of phospholipid breakdown in microsomal membranes of senescing carnation flowers, *Plant Physiol.*, **85**, 679–683.

Buta, J.G. and Wang, C.Y., 1993. Early detection of chilling injury with Fourier transform infrared spectroscopy, *HortSci.*, 28, 1043–1044.

Cabrera, R. M. ve Saltveit, M. E., 1990. Physiological response to chilling temperatures of intermittently warmed cucumber fruit, *J. Amer. Soc. Horti. Sci*, **115**, 256–261.

Cabrera, R.M., M.E. Saltveit ve K. Owens, 1992. Cucumber cultivars differ in their response to chilling temperatures, *J. Amer. Soc. Horti. Sci.*, **117**, 802-807.

Caldwell, M.M., 1981. Plant response to solar ultraviolet radiation, in *Physiological Plant Ecology*, p. 170–194, Eds.Lange, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Ziegler, H., 1. Springer, New York.

Cano, A., M. Acosta, and M.B. Arnao, 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.), *Postharvest Biol. Technol.*, **28**, 59–65.

Cantos, E., Garcia-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S. and Tomas-Barberan, F.A., 2001. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv Napoleon table grapes, *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 4606–4612.

Capdeville de G., Wilson, C. L., Beer, S. V. and Aist J. R., 2002. Alternative Disease Control Agents Induce Resistance to Blue Mold in Harvested 'Red Delicious' Apple Fruit, *Phytopath.*, **92**, 8, 900-908.

Cantwell, M. I., Peiser G., Mercado-Silva E., 2002. Induction of chilling injury in jicama (*Pachyrhizus erosus*) roots: changes in texture, color and phenolics, *Posthar. Biol. Technol.,* **25**, 311–320.

Charles, M.T., 1998. Bases physiologiques de la résistance aux maladies post-récolte induite par les rayons UV chez la tomate, *PhD Thesis*, Université Laval, Québec, Canada.

Charles, M.T., Kalantari, S., Corcuff, R. and Arul J., 2005. Postharvest quality and sensory evaluation of UV-treated tomato fruit, ISHS Acta Horticulturae 682: *V International Postharvest Symposium*, Verona, Italy, 30 June.

Charles, F., Guillaume C. and Gontard N., 2008. Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives, *Posthar. Biol. Technol.*, **48**, 22–29.

Chalutz, E., Droby, S., Wilson, C. L. and Wisniewski, M. E., 1992. UV-induced resistance to postharvest diseases of Citrus fruit, *J.Photochem. Photobiol.*, **15**, 367–374.

Cohen, E., Shalom, Y., and Rosenberger, **I.,** 1990. Postharvest ethanol buildup and off-flavor in Murcott tangerine fruits, *J. Amer. Soc. Hort. Sci*., **115**, 775–778.

Concellón, A., Anon M. C. and Chaves A. R., 2004. Characterization and changes in polyphenol oxidase from eggplant fruit (*Solanum melongena L.*) during storage at low temperature, *Food Chem.*, **88**, 17–24.

Concellón, A., Anon M. C. and Chaves, A. R., 2007. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena L.*), *LWT*, **40**, 389–396.

Cordenunsi, B.R., Nascimento J.R.O., and F.M. Lajolo, 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage, *Food Chem.*, **83**, 167–173.

Costa, L., Vicente, Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martinez, G. A., 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets , *Postharvest Biol. Technol.,* **39**, 2, 204-210.

Cullis, P.R., M.J. Hope, and C.P.S. Tilcock., 1986. Lipid polymorphism and the role of lipids in membranes, *Chem. Phys. Lipids*, **40**, 127–144.

De Capdeville, G., Wilson, C. L., Beer, S. V. and Aist, J. R., 2002. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'red delicious' apple fruit, *Phytopathol.*, **92**, 900–908.

DeEll, J.R., Vigneault, C. and Lemerre, S., 2000. Water temperature for hydrocooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage, *Post. Biol.Technol.*, **18,** 27-32.

DeEll J., 2004. Symptoms of Chilling Injury in Vegetables, http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2004/18hrt04a5.htm, alındığı tarih 25.12.2010.

D'hallewing, G., Schirra, M., Manueddu, E., Piga, A. and Ben-Yehoshua, S., 1999. Scoparone and scopoletin accumulation and ultraviolet-C induced resistance to postharvest decay in oranges as influenced by harvest date, *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **124**, 702–707.

D'hallewing, G., M, Schirra, M. Pala and S. Ben-Yehoshua, 2000. Ultraviolet-C irradiation at 0,5 kJ/m^2 reduce decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C.paradisi* Macf.). *J.Agric. Food Chem.*, **48**, 4571-4575.

Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P., and Thorpe, T.A., 1981. Leaf senescence: Correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase, *J. Exp. Bot.,* **32**, 93-98.

Ding, C.K., Wang, C.Y., Gross, K.C. and Smith, D.L., 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate, *Plant Sci.*, **161**, 1153–1159.

Dong, Y. H., Mitra, D., Kootstra, A., Lister, C. and Lancaster, J., 1995. Postharvest stimulation of skin color in Royal gala apple, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **120**, 95–100.

Du, Z. and Bramlage, W.J., 1992. Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts, *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 1566-1570.

Erkan, M., Wang, S.Y. and Krizek, D.T., 2001. UV-C exposure reduces decay and improves quality of fresh-cut squash, *Postharvest Biol. Technol.*, **45**, 1–9.

Erkan, M., Wang, S.Y. and Krizek, D.T., 2001: UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue, *Environ. Experiment.Botany*, **45**, 1, 1-9.

Esteban, R. M., Molla´ , E., Villarroya, B. and Lo´pez-Andre´u, F. J., 1989. Physical alteration in eggplant fruits during storage at different temperatures, *J. Food Sci.Technol.*, **26**(6), 301–303.

Fallik, E., Temkin-Gorodeiski, N., Grinberg, S. and Davidson, H., 1995. Prolonged low-temperature storage of eggplants in polyethylene bags, *Postharvest Biol. Technol.*, **5**(1–2), 83–89.

Fan X. and Sokorai K.J.B., 2005. Assessment of radiation sensitivity of fresh-cut vegetables using electrolyte leakage measurement, *Postharvest Biol. Technol.*, **36**, 191–197.

Fishwick, M.J., Wright, A.J. and Galliard, T.. 1977. Quantitative composition of the lipids of cucumber fruit (Cucumis sativus), *J. Sci. Food Agr.*, **28**, 394–398.

Frietzenheimer, K.H. and Kindl, H., 1981. Coordinate induction by UV light of stilbene synthase, phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase in leaves of Vitaceae, *Planta*, **151**, 48-52.

Galston A.W. and Kaur-Sawhney R., 1990. Polyamines in plant physiology, *Plant Physiol.*, **94**, 406-410.

Goncalves, B., A.K. Landbo, D. Knudsen, A.P. Silva, J. Moutinho-Pereira, E. Rosa, and A.S. Meyer, 2004. Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (Prunus avium L.)., *J. Agr. Food Chem.*, **52**, 523–530.

Gonz´alez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G. and Krizek, D.T., 2001a. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe "Tommy Atkins" mangoes, *Int. J. Food Sci. Tech.*, **36**, 767–773.

Gonz´alez-Aguilar, G.A., Buta, J.B. and Wang, C.Y., 2001b. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of "Kent" mangoes, *J. Sci. Food Agric.*, **81**, 1244–1249.

Gonz´alez-Aguilar, G.A., Tiznado-Hern´andez, M.E., Zavaleta-Garc´ýa, R. and Mart´ýnez-Tellez, M.A., 2004a. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **313**, 704–711.

Gonz´alez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y. and Buta, G.J., 2004b. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage, *J. Sci. Food Agric.*, **84**, 415–422.

González-Aguilar, G.A., Zavaleta-Gaticaa R. and Tiznado-Hernández M.E., 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment, *Postharv. Biol. Technol.*, **45**, 1, 108-116.

Green, R. and Fluhr, R., 1995. UV-B induced PR-1 accumulation is mediated by active oxygen species, *Plant Cell*., **2**, 203–212.

Greenway H.T. and Pratt S.G., 2001. Vitamins and Micronutrients in Aging and Photoaging Skin, Ch.8, in *Vegetables, Fruits, and Herbs in Health Promotion*, p.109-116, Ed. Watson R.R., CRC Press, USA.

Grierson, W. and W.F. Wardowski, 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables, *HortSci.*, **13**, 570–574.

Guerrero-Beltran, J.A. and Barbosa-Canovas, G.V., 2004. Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light, *Food Sci.Tech.Int*., **10**, 3, 137-147.

Gull, D.D., 1981. Handling Florida vegetables, Eggplant. Univ. Fla. Veg. Crops. Fact Sheet, **SSVEC-932.**

Hakim A., Purvis A.C. and Mullinix B.G., 1999. Differences in chilling sensitivity of cucumber varieties depends on storage temperature and the physiological dysfunction evaluated, *Postharvest Biol.Technol.*, **17**, 97–104.

Halloran N., Çağıran R. and Kasım M.U., 1996. Sebzelerde hasat sonrası üşüme zararı, *Gıda*, **21**, 5, 359-366.

Harderburg, R.E., A. E. Watada, and C-Y. Wang, 1986. The Commercial Storage of Fruits Vegetables and Florist and Nursery Stocks. USDA, Agricultural Handbook No. **66**.

Hariyadi P. and Parkin K.L., 1993. Chilling-induced oxidative stress in cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. *Calpyso*) seedlings, *J. Plant Physiol.,***141**, 733-738.

Harker, F.R., R.J. Redgwell, I.C. Hallett, S.H. Murray, and G. Carter, 1997. Texture of fresh fruit, *Hort. Rev*., **20**, 121–224.

Havaux, M. and Tardy, F., 1996. Temperature-dependent adjustment of the thermal stability of photosystem II in vivo: Possible involvement of xanthophylls-cycle pigments, *Planta*, **198**, 324-333.

Haytowitz, D.B. ve R.H. Matthews, 1984. Composition of foods, vegetables and vegetable products-raw, processed, prepared, *Agr. Hndbk. 8-11*, U.S. Dept. Agr., Washington, DC.

Hodges D.M., DeLong J.M., Forney C.F. and Prange R.K., 1999. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds, *Planta*, **207**, 604-611.

Holcroft, D.M. and A.A. Kader, 1999. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit, *HortSci.*, **34**, 1244–1248.

Hong, S., Ung, L., and Vierling, E., 2003. Arabidopsis hot mutants define multiple functions required for acclimation to high temperature, *Plant Physiol*., **132**, 757-762..

Huang B., 2006. Cellular Membranes in Stress Sensing and Regulation of Plant Adaptation to Abiotic Stresses in *Plant-Environment Interactions*, Chp.1, p.1-26, Taylor & Francis Group, CRC, Broken Sound Parkway NW, USA.

Hudak J. and Salaj J., 1999. The Effect of Low Temperatures on the Structure of Plant Cells in *Handbook of Plant and Crop Stress*, Chp.19, p. 441-464, Second Edition, Ed. M. Pessarakli, University of Arizona, Tucson, Arizona, Marcel Dekker Inc., New York-Basel, USA.

Hurr, B.M., Huber, D.J., Vallejos, C.E. and Talcott, S.T., 2009. Developmentally dependent responses of detached cucumber (*Cucumis sativus L.*) fruit to exogenous ethylene, *Postharvest Biol.Technol.*, **52**, 2, 207-215.

Inzé D. and Van Montagu, Marc, 1995. Oxidative stress in plants, *Curr. Opin. Biotechnol.*, **6**, 2, 153-158.

Ismail, M.A. and Grierson, W., 1977. Seasonal susceptibility of grapefruit to chilling injury as modified by certain growth regulators, *HortSci.*, **12**, 118–120.

Jagger, J., 1965. Photoprotection from far ultraviolet effects in cells, in *Advances in Chemical Physics*, vol. VII, The Structure and Properties of Biomolecules in Biological Systems, p. 548–601, Ed. J. Duchesne, Interscience, New York.

Janero, D.R., 1990. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury, *Free Rad. Biol. Med.*, **9**, 515-540.

Johnston, J.W., E.W. Hewett, N.H. Banks, F.R. Harker, and M. Hertog, 2001. Physical change in apple texture with fruit temperature: effects of cultivar and time in storage, *Postharvest Biol. Technol*., **23**, 13–21.

Jones, R.L., Freebairn, H.T. and McDonnell, J.F., 1978. The prevention of chilling injury, weight loss reduction, ripening retardation in banana, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **103**, 219–221.

Juniper, B.E. and Lawton, J.R., 1979. The effect of caffeine, different fixation regimes and low temperature on microtubules in the higher plants, *Planta*, 145:411–416.

Kader, A.A., 1992. Postharvest Biology and Technology: An overview. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, *Special Publication*, 3311, p: 3-7.

Kang H.-M., Park K.-W. and Saltveit M.E., 2002. Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber *(Cucumis sativus)* fruit, *Postharvest Biol.Technol.*, **24**, 49–57.

Kanellis, A.K., L.L. Morris, ve M.E. Saltveit, Jr., 1986. Effect of stage of development on postharvest behavior of cucumber fruit, *HortSci.*, **21**, 1165–1167.

Karakas B. and Yildiz F., 2007. Peroxidation of membrane lipids in minimally processed cucumbers packaged under modified atmospheres, *Food Chem.*, **100**, 1011–1018.

Karasahin, I., Pekmezci M. and Erkan M., 2005. Combined Hot Water And UV-C Treatments Reduces Postharvest Decay And Maintains Quality Of Eggplants, Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05, 12 - 16 September 2005, Montpellier France.

Karel M., and Lund D.B., 2003. Storage at chilling temperatures in "Physical Principles of Food Preservation", Chp.7, Second Ed., Marcel Dekker, Inc., USA.

Kashyap, V., Kumar, S.V., Collonnier, C., Fusari, F., Haicour, R., Rotino, G.L., Sihachakr, D., Rajam, M.V., 2003. Biotechnology of eggplant, *Scient. Hort.,* **97**, 1-25.

Kasim R. and Kasim M. Ufuk, 2008. The effect of ultraviolet irradiation (UV-C) on chilling injury of cucumbers during cold storage, *J. Food Agricul. Environ.,* **6**, 1, 50-54.

Knowles L., Trimble M. R. and Knowles N. R., 2001. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus L.*), *Postharvest Biol.Technol.*, **21**, 179–188.

Koutchma T.N., Forney L.J. and Moraru C.I., 2009. Ultraviolet light in food technology: Principles and applications, *Contemporary Food Engineering Series*, Ed.Da-Wen Sun, CRC Press., Taylor&Francis Group, USA.

Kramer G.F., Norman H.A., Krizel D.T. and Mirecki R.M., 1991. Influence of UV-B radiation on polyamines, lipid peroxidation and membrane lipids in cucumber, *Phytochem.*, **30**, 7, 2101-2108.

Kramer, G.F. and Wang, C.Y., 1989. Correlation of reduced chilling injury with increased spermine and spermidine levels in zucchini squash, *Physiol. Plant.*, **76**, 479–484.

Kubo, Y., A. Inaba, and R. Nakamura, 1990. Respiration and C_2H_2 production in various harvested crops held in CO_2-enriched atmospheres, *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **115**, 975–978.

Kuo S. and Parkin K.L., 1989. Chilling injury in cucumbers (*Cucumis sativa* L.) associated with lipid peroxidation as measured by ethane evolution, *J. Food Sci.*, **54**,1488-1491.

Kuroki S., Oshita S., Sotome I., Kawagoe Y. and Seo Y., 2004. Visualization of 3-D network of gas-filled intercellular spaces in cucumber fruit after harvest, *Postharvest Biol.Technol.*, **33**, 255–262.

Lamprecht,W. and Heinz, F., 1988. Pyruvate in *Methods of Enzymatic Analysis* (ed.), 3rd ed., Ed. H. U. Bergmeyer, Vol.VI, pp. 570-577,VCH, Publishers (UK) Ltd., Cambridge, UK.

Lattanzio, V., 2003. Bioactive polyphenols: their role in quality and storability of fruit and vegetables, *J. Appl. Bot*,. **77**, 128–146.

Lemoine, M.L., Civello, P.M., Martinez G.A., Chaves A.R., 2007. Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (Brassica oleracea var.Italica), *J. Sci. Food Agric.*, **87,** 1132–1139.

Lemoine, M.L., Civello, P.M., Chaves A.R., Martinez G.A., 2008. Effect of combined treatment with hot air and UV-C on senescence and quality parameters of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*), *Postharvest Biol. Technol.,* **48**, 1, 15-21.

Leshem, Y.Y., 1987. Membrane phospholipid catabolism and Ca^{+2} activity in control of senescence, *Physiol. Plant*., **69**, 551-559.

Lester, G. and Stein, E., 1993. Plazma membrane physiochemical changes during maturation and postharvest storage of muskmelon fruit, *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **118**, 223–227.

Lima, V.M., Magioli, C., Gerhardt, L.B.D., Tarre, E., Menezes, R.M.G., Sachetto-Martins, G. and Margis-Pinheiro, M., 200. Bean class IV chitinase promoter is modulated during plant development and under abiotic stress, *Physiol. Plant.*, **116**, 512–521.

Lima L.C.O., Hurr B.M. and Huber D.J., 2005. Deterioration of beit alpha and slicing cucumbers (*Cucumis sativus L.*) during storage in ethylene or air: Responses to suppression of ethylene perception and parallels to natural senescence, *Postharvest Biol.Technol.*, **37**, 265–276.

Liu, J., Stevens, C., Khan, V.A. and Kabwe, M., 1991. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples, *J. Food Qual.*, **14**, 299–305.

Liu, J., Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Adeyeye, O., Kabwe, M.K, Pusey, P.L., Chalutz, E., Sultana, T. and Droby, S., 1993. Application of Ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes, *J. Food Prot.*, **56**, 868-872.

Lu, J.Y., Stevens, C.,Yakabu, P., Loretan, P.A. and Eakin, D., 1987. Gamma, electron beam and ultraviolet radiation on control of storage rots quality of Walla onions, *J. Food Process. Pres.*, **12**, 53–62.

Lurie, S. and Ben-Arie, R., 1983. Microsomal membrane changes during the ripening of apple fruit, *Plant Physiol*., **73**, 636–638.

Lyons, J.M., 1973: Chilling injury in plants, Ann.Rev.Plant Physiol., **24**, 445-466.

Lyons, J.M. and Breidenbach, R.W., 1987. Chilling injury in *Postharvest Physiology of Vegetables*, p.305–326, Ed. J. Weichmann, Marcel Dekker, New York.

Maharaj, R., Arul, J. and Nadeau, P., 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculetum cv Capello*) by delaying senescence, *Postharvest Biol. Technol*., **15**, 13–23.

Maneerat C., Hayata Y., Muto N. and Kuroyanagi M., 2003. Investigation of UV-A Light Irradiation on Tomato Fruit Injury during Storage, *J. Food Protec.*, **66**, 11, 2168-2170.

Mao, L.-C., Wang, G.-Z., Zhu, C.-G. and Pang, H.-Q., 2007. Involvement of phospholipase D and lipoxygenase in response to chilling stress in posthaervest cucumber fruits, *Plant Sci.*, **172**, 400–405.

Marangoni, A.G., Palma, T., Stanley D. W., 1996. Membrane effects in postharvest physiology, **Review,** *Postharvest Biol.Technol.*, **7**, 193-217.

Marguenie, D., C.W. Michiels, J.F. Van Impe, E. Schrevens and B.N. Nicolai, 2003. Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry, *Postharvest Biol. Technol.*, **28**, 455-461.

Martin Cabrejas, M.A., K.W. Waldron, R.R. Selvendran, M.L. Parker, and G.K. Moates, 1994. Ripening-related changes in the cell-walls of Spanish pear (Pyrus communis), *Physiol. Plant*., **91**, 671–679.

Martinez-Romero, D., Serrano M. and Valere D., 2003. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum Ait.*) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures, *Postharvest Biol. Technol.,* **30**, 177-186.

Mathooko, F.M., T. Fukuda, Y. Kubo, A. Inaba, and R. Nakamura, 1995. Regulation of mitochondrial activity in cucumber fruit, broccoli buds and carrot by carbon dioxide, *Acta Hort*., **398**, 71–79.

Maul, F., S.A. Sargent, C.A. Sims, E.A. Baldwin, M.O. Balaban, and D.J. Huber, 2000. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature, *J. Food Sci.*, **65**, 1228–1237.

Mcelhany, R., 1986. Differential scanning calorimetric studies of lipid-protein interactions in model membrane systems, *Biochim. Biophys. Acta,* **864**, 361-421.

Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Lurie, S., Droby, S., Akerman, M., Zauberman, G., Shapiro, B., Cohen, E. and Fuchs, Y., 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate, *Can. J. Bot.*, **74**, 870–874.

Mercier, J. and Arul, J., 1993. Induction of systemic disease resistance in carrot roots by pre-inoculation with storage pathogens, *Can. J. Plant Pathol.*, **15**, 281–283.

Mercer, M.D., Smittle, D.A., 1992. Storage atmospheres influence chilling injury and chilling injury-induced changes in cell wall polysaccharides of cucumber, J. *Amer. Soc. Hort.Sci.*, **117**, 6, 930-933.

Miccolis, V. and M.E. Saltveit, 1995: Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (Cucumis melo L., Inodorus Group) cultivars, *Postharvest Biol. Technol*., **5**, 211–219.

Miller, A.R., 1989. Mechanical stress-induced changes in sugar composition of cell walls from cucumber fruit tissues, *Phytochem.*, **28**, 389–392.

Miller A.R., 2003. Harvest and Handling Injury: Physiology, Biochemistry, and Detection, Brecht Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables, Eds. J.A. Bartz ve J.K., Second Edition, Revised and Expanded, University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.

Miller, A.R., J.P. Dalmasso, and D.W. Kretchman, 1987. Mechanical stress, storage time, and temperature influence cell wall-degrading enzymes, firmness, and ethylene production by cucumbers, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112, 666–671.

Minorsky, P.V., 1985. An heuristic hypothesis of chilling injury in plants: a role for calcium as the primary physiological transducer of injury, *Plant Cell Environ.,* **8**, 75-94.

Mishra V.K. and Gamage T.V., 2007. Postharvest Physiology of Fruit and Vegetables in *Handbook of Food Preservation*, Chp.2, p.19-48, Second Edition, Ed. M. Shafiur Rahman, CRC Press, Taylor & Francis Group, USA.

Mohammed M. and Brecht J.K., 2003. Immature fruit vegetables, in *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, Second Edition, Eds. Jerry A. Bartz, Jeffrey K. Brecht, Chp.28, University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.

Mohammed, M. and L.D. Wickham., 1993. Extension of bitter gourd storage life through the use of reduced temperature and polyethylene wraps, *J. Food Qual.*, **16,** 371–382.

Molinar, R., Trejo, E. and Cantwell, M., 1996. The development of chilling injury in three types of eggplants, *Research Summary*, UC Cooperative Extension, Fresno County and Dept. Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.

Murata, T., 1989. Relation of chilling stress to membrane permeability, in *Chilling Injury of Horticultural Crops,* Ed. C.Y. Wang, pp. 201–209, CRC Press, Boca Raton, FL.

Murata, N., Ishizakinishizawa, Q., Higashi, S., Hayashi, H., Tasaka, Y. and Nishida, I., 1992. Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants, *Nature*, **356**, 710-713.

Murata, N. 1983. Molecular species composition of phosphatidylglycerols from chilling-sensitive and chilling-resistant plants, *Plant Cell Physiol.,* **24**, 81–86.

Murphy, C. and Wilson, J.M., 1981. Ultrastructural features of chilling-injury in Episcia reptans. *Plant Cell Environ.*, **4**, 261–265.

Nakamura R., Inaba, A. and Ito T., 1985. Effect of cultivating conditions and postharvest stepwise cooling on the chilling sensitivity of eggplant and cucumber fruits, Sci.Rep., Okayama Univ. 66, pp. 19–29, Nordby and McDonald, Japan.

Nasibi, F., Kalantari, Kh. M, 2005. The effects of UV-A, UV-B and UV-C on protein and ascorbate content, lipid peroxidation and biosynthesis of screening compounds in Brassiva Napus, *Iranian J. Sci.Technol.*, Transaction A, **29**, No. A1, 39-48.

Nigro, F., Ippolito, A. and Lima, G., 1998. Use of UV-C light to reduce Botrytis storage rot of table grapes, *Postharvest Biol. Technol.*, **13**, 171–181.

Nigro, F., A. Ippolito, V. Lattanzio, D. Di Venere and M. Salerno. 2000. Effect of iltraviolet-C light on postharvest decay of strawberry, *J. of Plant Pathol.,* **82**, 1, 29-37.

Nilsson, T., 2005. Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers, *Postharvest Biol.Technol.,* **36**, 113–125.

Oren-Shamir, M., 2009. Does anthocyanin degradation play a significant role in determining pigment concentration in plants?, Review, Plant Science, **177,** 310–316.

Paliyath, G. and J.E. Thompson. 1987. Calcium and calmodulin-regulated breakdown of phospholipid by microsomal membranes from bean cotyledons, *Plant Physiol.*, **83**, 63–74.

Palma, T., A.G. Marangoni, and D.W. Stanley, 1995. Environmental stresses affect tomato microsomal membrane function differently than natural ripening and senescence, *Postharv. Biol. Technol*, **6**, 257–273.

Palta, J.W., Whitaker, B.D., and Weiss, L.S., 1993. Plazma membrane lipids associated with genetic variability in freezing tolerance and cold acclimation of Solanum species. *Plant Physiol*., **103**, 793-799.

Pan, J., Vicente, A.R., Martinez, G.A., Chaves and A.R., Civello, P., 2004. Combined use UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit, *J. Sci. Food Agric.*, **84**, 1831–1838.

Parkin, K.L. and Kuo, S.-J., 1989. Chilling-induce lipid degradation in cucumber (*Cucumis sativa* L. cv Hybrid C) fruit, *Plant Physiol.*, **90**, 1049-1056.

Parkin, K.L., Marangoni, A., Jackman, R.L., Yada, R.Y. and Stanley, D.W., 1989. Chilling injury. A review of possible mechanisms, *J.Food Biochem.*, **13**, 127-153.

Patterson, B.D. and Reid, M.S., 1990. Genetic and environmental influences on the expression of chilling injury in *Chilling Injury of Horticultural Crops*, p.87–112, Ed. C.Y. Wang, CRC Press, Boca Raton, FL.

Paull, R.E., 1999. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality, *Postharvest Biol. Technol.*, **15**, 263–277.

Pauls, K.P. and J.E. Thompson, 1984. Evidence for the accumulation of peroxidized lipids in membranes of senescing cotyledons, *Plant Physiol.*, **75**, 1152–1157.

Pérez, C.P., Ulrichs, C., Huyskens-Keil, S., Schreiner, M., Krumbein, A.,. Schwarz, D. and Kläring, H.-P., 2009. Composition of carotenoids in tomato fruits as affected by moderate UV-B radiation, *ISHS Acta Horticulturae 821: International Symposium on Tomato in the Tropics*, 217-222.

Pesis, E., Ackerman, M., Ben-Arie, R., Feygenberg, O., Feng, X., Apelbaum, A., Goren, R., Prusky, D., 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage, *Postharvest Biol. Technol.*, **24**, 171-181.

Porat, R., Lers, A., Dori, S., Cohen, L.,Weiss, B., Daus, A.,Wilson, C.L. and Droby, S., 1999. Induction of chitinase and β-1, 3-endoglucanase proteins by UV irradiation and wounding in grapefruit peel tissue, *Phytoparasitica*, **27**, 1–6.

Purvis, A.C., 1995. Genetic factors in the susceptibility of *Cucumis sativus* fruit to chilling injury, Acta Horticulturae, Quality of fruit and vegetables pre- and post-harvest factors and technology, 379.

Rabinowitch, H.D. and Sklan, D., 1981. Superoxide dismutase activity in ripening cucumber and pepper fruit, *Physiol. Plant*., **52**, 380–384.

Raison, J.K. and Lyons, L.M., 1999: Chilling injury: a plea for uniform terminology, Opinion, *Plant, Cell and Environ.*, **9**, 685-686.

Raison, J.K. and Orr, G.R., 1990. Ch.9: Proposal for a better understanding of the molecular basis of chilling injury, in *Chilling Injury of Horticultural Crops*, p.145-164, Ed. C.Y Wang, CRC Press.

Rhim, J.W., Gennadios, A., Fu, D., Weller, C.L. and Hanna, M.A., 1999. Properties of ultraviolet irradiated protein, *Lms. Lebensm. Wiss. Technol.*, **32**, 129–133.

Rikin, A., Atsmon, D. and Gitler, C., 1979. Chilling injury in cotton: Prevention by abscisic acid, *Plant Cell Physiol.*, **20**, 1537–1546.

Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Kim, J.J., Shapiro, B. and Ittah, Y.,1992. Ultraviolet illumination induces scoparone production in kumquat and orange fruit and improves decay resistance, *J. Am.Soc. Hort Sci.*, **117**, 788–792.

Rodriguez S. and Chaves A., 2000. Effect of Modified Storage on the Development of Chilling Injury of Eggplant Fruits, *IIR Conference*. Murcia, 123.

Salunkhe D. K. and Desai B. B., 1984. Postharvest biotechnology of vegetables, Vol. II, p. 39–47, Boca Raton, FL, CRC Press, Inc., USA.

Saltveit, M.E. Jr., 1989. Temperature Extrems, lecture Handout, Univ. of California, Davis, p: 1-9.

Saltveit, M.E.,1996. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables, in *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*, Ed. F.A. Tomás-Barberán, Oxford Univ. Press, pp. 205-220, USA.

Saltveit, M.E., 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables, in: *7th Intl. Contr. Atmos. Res. Conf.*, Vol. 4, Vegetables and Ornamentals, **18**, p.98-117, Univ. Calif., Davis CA, Postharv. Hort. Ser.

Saltveit, M.E. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables**,** *Postharvest Biol. Technol.,* **15,** 279-292.

Saltveit, M.E. ve R.F. McFeeters. 1980. Polygalacturonase activity and ethylene synthesis during cucumber fruit development and maturation, *Plant Physiol.,* **66**, 1019-1023.

Saltveit M.E., 2002. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures, *Posharvest Biol.Technol.*, **26**, 295-304.

Schirra, M., M. Mulas, A. Fadda, and E. Cauli. 2004. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments, *Postharvest Biol. Technol*., **31**, 191–200.

Serrano, M., Martinez-Madrid, M.C., Martinez, G., Riquelme, F., Pretel, M.T. and Romojaro, F., 1996. Role of polyamines in chilling injury of fruit and vegetables, *Food Sci.Technol.Inter.*, **2**, 4, 195-199.

Shama, G. and Alderson, P., 2005. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation, *Trends in Food Sci.Technol.*, **16**, 128-136.

Sharkey, P.J. and I.D. Peggie, 1984. Effects of high-humidity storage on quality, decay and storage life of cherry, lemon and peach fruits, *Sci. Hort.*, **23**, 181–190.

Sharom, M., Willemot C. and Thompson, J.E., 1994. Chilling injury induces lipid phase changes in membranes of tomato fruit, *Plant Physiol*.,**105**, 305-308.

Sitkovsky, M. and Lukashev, D., 2005. Regulation of immune cells by local-tissue oxygen tension: HIF1 and adenosine receptors, *Nature Reviews Immunol.*, **5**, 712-721.

Skog, L., 1998. Chilling Injury of Horticultural Crops, Factsheet, Horticultural Research Institute of Ontario/University of Guelph, http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm# Introduction.

Slutzky, B., Gonzalez-Abreu, A. and Berdam, I., 1981. Chilling injury related to mineral composition of grapefruit and limes during cold storage, *Proc. Intl. Soc. Citriculture*, 779–782.

Spanos, G. A. and Wroslstad, R. E., 1992. Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage, *J. Agricul. Food Chem.*, **40**, 1478–1487.

Srilaong, V. and Tatsumi, Y., 2003. Oxygen action on respiratory processes in cucumber fruit (Cucumis sativus) stored at low temperature, *J. Horticul. Sci.Biotechnol.*, **78**, 5, 629-633.

Stafford, H., 1994. Anthocyanins and betalains: evolution of mutually exclusive pathways, *Plant. Sci.,* **101**, 91-98.

Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Pusey, P. L., Igwegbe E.C.K., Kabwe, M. K., Mafolo, Y., Chalutz E. and Droby S., 1997. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables*, Biol. Control*, 10, 98-103.

Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Pusey, P. L., Kabwe, M. K., Igwegbe E.C.K., Chalutz E. and Droby S., 1998. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches, *Crop Prot.*, **17**, 75–84.

Stevens, C., Liu, J., Khan, V.A., Lu, J.Y., Kabwe, M.K., Wilson, C.L., Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E. and Droby, S., 2004. The effects of low-dose Ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay in ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes, *Crop Prot.,* **23**, 551-554.

Toivonen, P.M.A., 1997. The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (Brassica oleracea L, Italica group), *Postharvest Biol. Technol*., **10**, 59–65.

Tsuchida, H., Dan-Hong, C., Inoue, K., Kozukue, N., Mizuno, S., 1990. Changes in pyruvic acid content and GPT activity in chilling-sensitive and nonsensitive crops, *Hortsci.,* **25**, 952-953.

Url-1 *<http://cellbiology.med.unsw.edu.au/units/science/lecture0802.htm/>,* UNSW cell biology, The university of new south wales, Sydney, Australia, 2008.

U.S. FDA, 2000. Irradiation in the production, processing and handling of foods, Code of Federal Regulations, Title 21, part 179, Federal Register, 65:71056-71058, U.S. Food and Drug Administration, Washington, DC.

Valero D., Martinez-Romero D. and Serrano M., 2002. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit, *Trends Food Sci. Technol.*, **13**, 228-234.

Vicente, A.R., C. Pineola, L. Lemonie, P.M. Civello, G.A. Martinez and A.R. Chaves, 2005. UV-C treatments reduce decay, keep quality and alleviate chilling injury in pepper, *Postharvest Biol. Technol.*, **35**, 69-78.

Yang, B., T. Shiping, L. Hongxia, Z. Jie, C. Jiankang, L. Yongcai, and Z. Weiyi, 2003: Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage, *Postharvest Biol. Technol*., **29**, 229–232.

Yapa, P.A.J., Kawasaki, T., and Matsumoto, H., 1986. Changes of some membraneassociated enzyme activities and degradation of membrane phospholipases in cucumber roots due to Ca^{+2} starvation, *Plant Cell Physiol.*, **27**, 223-230.

Yoshida, S., Kawata, T., Uemura, M. and Niki, T., 1986. Properties od plasma membrane isolated from chilling-sensitive etiolated seedlings of Vigna radiata L., *Plant Physiol.*, **80**, 152-160.

Walter, W.M, Jr., D.G. Epley, and R.F. McFeeters. 1990. Effect of water stress on stored pickling cucumbers, *J. Agr. Food Chem.,* **38**, 2185–2191.

Wang, X., 1999. The role of phospholipase D in signaling cascades, *Plant Physiol.*, **120,** 645.

Wang, C.Y., 2010. Alleviation of Chilling Injury in Tropical and Subtropical Fruits, Proc. IIIrd IS on Trop. and Subtrop. Fruits, Eds. M. Souza ve R. Drew, *Acta Hort.*, *864*, ISHS 2010.

Wang, C. Y. and Baker, J. E., 1979. Effects of two free radical scavengers and intermittent warming on chilling injury and polar lipid composition of cucumber and sweet pepper fruits, *Plant Cell Physiol.*, **20**, 243-251.

Wang, CY, ve L. Qi., 1997. Controlled atmosphere storage affects quality and chilling susceptibility of cucumbers, *J. Food Quality*, **20,** 559-566.

Wang C.Y. and Qi L., 1999. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers, *Postharvest Biol.Technol.*, **10**, 195-200.

Wang, C.Y. and Wang, P.C., 1992. Differences in nuclear magnetic resonance images between chilled and non-chilled zucchini squash, *Environ. Expt. Bot.,* **32**, 213–219.

Wardale, D.A. and E.A. Lambert. 1980. Lipoxygenase from cucumber fruit: localization and properties, *Phytochem.*, **19**, 1013–1016.

Watkins, C.B. and Ekman J.H., 2005. How postharvest technologies affect quality in *Environmentally Friendly Technologies for Produce Quality*, Ed. S. Ben-Yehoshua, p. 447-492, CRC Press, USA.

Wei, G.-P., Yang, L.-F., Zhu, Y.-L., Chen, G., 2009. Changes in oxidative damage, antioxidant enzyme activities and polyamine contents in leaves of grafted and non-grafted eggplant seedlings under stress by excess of calcium nitrate, *Scient. Horticul.*, **120,** 443–451.

Whitaker, B.D. 1986. Fatty-acid composition of polar lipids in fruit and leaf chloroplasts of ‘‘16: 3’’- and ‘‘18: 3’’-plant species, *Planta*, **169**, 313–319.

Whitaker B.D., 2003. Chemical and physical changes in membranes in *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, Chp.4, Second Edition, Eds. Jerry A. Bartz, Jeffrey K. Brecht, University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.

Wills R., McGlasson B., Graham D. and Joyce D., 1998. Postharvest, An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals, p.130-143, UNSW Press, CAB International, UK,.

Wolfe, J. ,1978. Chilling injury in plants—the role of membrane lipid fluidity, *Plant Cell Environ.*, **1**, 241–247.

Wongshereea T., Saichol K. and Wouter G. D., 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (Ocimum×citriodourum) leaves, *Postharvest Biol.Technol.*, **51**, 91–96.

Woods, C.M., Reid, M.S. and Patterson, B.D., 1984. Response to chilling stress in plant cells, I. Changes in cyclosis and cytoplasmic structure, *Protopla.*, 121, 8-16.

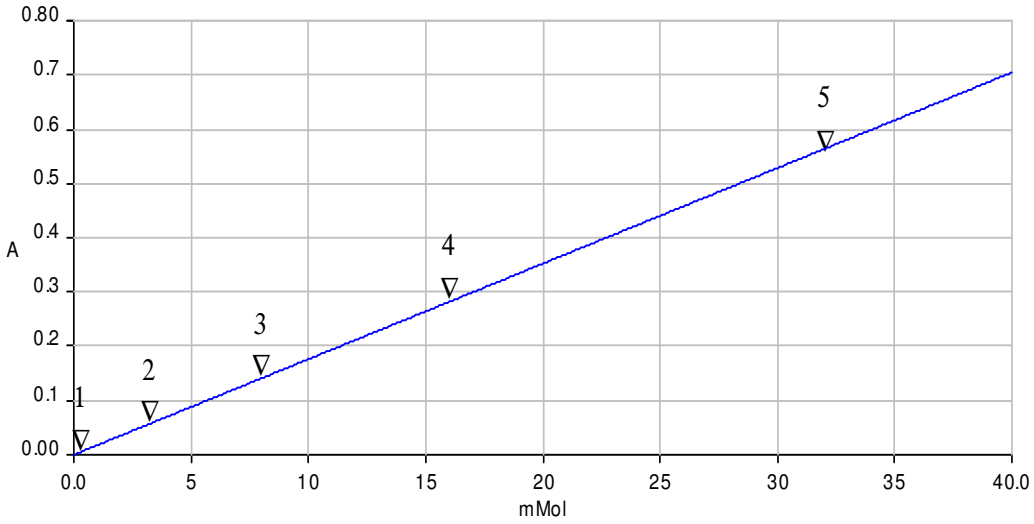
Wright, M. and Simon, E.W. , 1973. Chilling injury in cucumber leaves, *J. Exper. Bot.*, **24**, 400-411.

Zhang M. and Chen D., 2006. Effects of low temperature soaking on color and texture of green eggplants, *J.Food Engineer.*, **74**, 54-59.

Zhang C. and Tian S., 2009. Crucial contribution of membrane lipids' unsaturation to acquisition of chilling-tolerance in peach fruit stored at 0ºC, *Food Chem.*, **115**, 405-411.

EKLER

EK A.1 - A.10 : Pirüvat standardı kalibrasyon grafiği ve istatistik çizelgeleri



Şekil A.1 : Pirüvat standardının kalibrasyon grafiği (y = 1.761739e-02 * x; R^2 = 0.999822).

Çizelge A.1 : Patlıcan ve salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**Sebze**	**S-T***	**A/B***	**T***	**t***	**D***
Soğuk zararlanması indeksi	***	*		***	***	***
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***	*	***	***	***
Görsel değerlendirme	***	*		***	***	***
Görsel değerlendirme - 20ºC	***	***	***	***	***	***
Ağırlık kaybı	***	***		***	***	**
Elektrolit sızıntısı	***			**	***	
Elektrolit sızıntısı - 20ºC	***	**	***		***	
Pirüvat	***	***	***	***	***	***
Pirüvat - 20ºC	***		***	***	***	
Peroksidasyon	***	***		***	***	***
Peroksidasyon - 20ºC	***	***	***	***	***	***
Renk L	***			***	***	**
Renk L - 20ºC	***	***	***	***	***	***
Renk a	***	***		***	***	
Renk a - 20 ºC	***	***		***	***	
Renk b	***			***	***	**
Renk b - 20 ºC	***		***	**	***	***
Hue angle	***	***		***	***	
Hue angle - 20 ºC	***	***	**	***	***	*
Chroma	***	***		***	***	*
Chroma - 20 ºC	***	***	-		***	***
ΔE	***	***		***	***	**
ΔE - 20 ºC	***	***	-	**	***	***

*(S-T: Sera-Tarla A/B: Analiz/20°C bekleme T: Sıcaklık t: Süre D: Doz).

Çizelge A.2 : Patlıcan ve salatalıklarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

	S* S–T	S* A/B[1]	**S*T**	**S*t**	**S*D**	S–T* A/B[1]	**S–T *T**	**S– T*t**	**S– T*D**	A/B* T[1]	A/B* t[1]	A/B* D[1]	**T*t**	**T*D**	**t*D**
Soğuk zarar.	***			***			***	***	**$_S$				***		
Soğuk zarar. - 20ºC	***			***	***		***	***	**	***	***		***		
Görsel değ.	**		***	***	***								***		**
Görsel değer. - 20ºC	***	***	***	***	***	*	**	***	*	***	***	*	***		***
Ağırlık kaybı	***$_S$		**	***			**	***	***					***	
Elektrolit sızıntı.	***			***				***					**		
Elektrolit sızıntısı - 20ºC	**	*		***							***				
Pirüvat			***	***									***		
Pirüvat - 20ºC		***	***	***					*	***	***		***		
Peroksidasyon			***	***	*		*						***		***
Peroksidasyon - 20ºC	***	***	***	***		***	*	***		*	***		***		***
Renk L				*	*		*	*					*	*	*
Renk L - 20ºC		*	*	*	*			*	*	*	*		*		*
Renk a[1]	***			***	*			*	***				***	**	***
Renk a - 20 ºC[1]	***	***		***	***	**			***				***	***	
Renk b[1]	***		***	***	**			***	*				**	*	***
Renk b - 20 ºC[1]	**	***	***	***	**	*	*	***	***		***				***
Hue angle[1]	***		*	***			***	***	***				***	***	***
Hue ang. -20 ºC[1]		***	***	***	*	*	*	***			***	*	***	***	***
Chroma	***		***	***	*		***	***					**	*	***
Chroma - 20 ºC	***	***	***	***			***	***	***	**					***
ΔE			***	***	*			***					***	*	***
ΔE - 20 ºC	***	***	***	***			*	-	***						***

[1]: sadece 20°C'de bekleyen örneklerde vardır.

Çizelge A.3 : Patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**S-T**	**A/B**	**T**	**t**	**D**
Soğuk zararlanması indeksi	***		***	***	***
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***	***	***	***
Görsel değerlendirme	***		***	***	***
Görsel değerlendirme - 20ºC	***	***	***	***	***
İç renk L[1]	***			***	
İç renk L -20ºC[1]	**			***	
Potansiyel oksidasyon[1]	***		*	***	
Potansiyel oksidasyon - 20ºC[1]	***	-		***	
Ağırlık kaybı	***		***	***	
Elektrolit sızıntısı	***		*	***	
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		-	*	***	
Pirüvat	***		***	***	***
Pirüvat - 20ºC		***	***	***	***
Peroksidasyon	***		***	***	***
Peroksidasyon - 20ºC	***	***	***	***	***
Renk L	*		***	***	
Renk L - 20ºC	**	***	***	*	
Renk a	***		***	***	
Renk a - 20 ºC	***	***	***	***	***
Renk b	***		***	***	
Renk b - 20 ºC	***	***	***	***	*
Hue angle	***		***	***	
Hue angle - 20 ºC	***	***	***	**	
Chroma	***		***	**	
Chroma - 20 ºC	***	***	***	***	***
ΔE	***		*	***	
ΔE - 20 ºC	***	***	*	**	

[1]: değerlendirme sadece patlıcan için yapılmıştır. *: p<0,05 **: p<0,01 ***: p<0,001 (istatistiksel olarak önemli)

Çizelge A.4 : Patlıcanlarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**S-T *T**	**S-T*t**	**S-T*D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**S-T* A/B[1]**	**A/B* T[1]**	**A/B* t[1]**	**A/B* D[1]**
Soğuk zararlanması	***	***	***	***						
Soğuk zararlanması - 20ºC		***	***	***		*		*	***	
Görsel değerlendirme		**		***						
Görsel değerlen. - 20ºC		***	***	***	*	***	***$_S$		***	*
İç renk L		***								
İç renk L -20ºC	**	**							**	
Potansiyel oksidasyon		***								
Potansiyel oksidasyon - 20ºC		***	*							
Ağırlık kaybı	**	**	*	***	***					
Elektrolit sızıntısı		***	*	*						
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		***					**	*	***	
Pirüvat		***		***	***	**				
Pirüvat - 20ºC				***	***			***	***	
Peroksidasyon	*	***		***		*				
Peroksidasyon - 20ºC	**	***		***		***	***		***	
Renk L	**	***	*	***	***					
Renk L - 20ºC	*	***	*	***$_S$	*		***	*	*	
Renk a[1]		***	**	***	***	**				
Renk a - 20 ºC[1]		***	***	***	***	***			**	
Renk b[1]	***	***	***	***	***	***				
Renk b - 20 ºC[1]		**	***	***	**		**		**	
Hue angle[1]	**	***	**	*	***	***				
Hue angle - 20 ºC[1]	*	***		***	***	**	*	*	***	
Chroma	***	***	***	***	***	*				
Chroma - 20 ºC	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
ΔE	**	***	**	*	***	***				
ΔE - 20 ºC	**	***		***	***	**	**	*	***	

[1]: sadece 20°C'de bekleyen örneklerde vardır.

Çizelge A.5 : Salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**S-T**	**A/B**	**T**	**t**	**D**
Soğuk zararlanması indeksi	***		***	***	
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***	***	***	
Görsel değerlendirme			***	***	***
Görsel değerlendirme - 20ºC		***	***	***	***
Ağırlık kaybı	***			***	**
Elektrolit sızıntısı	**			***	
Elektrolit sızıntısı - 20ºC	***	***		***	*
Pirüvat	*		***	***	*
Pirüvat - 20ºC		***	***	***	*
Peroksidasyon	***			***	**
Peroksidasyon - 20ºC	***	***		***	***
Renk L			***	***	***
Renk L - 20ºC	*	***	***	***	**
Renk a	*		***	***	*
Renk a - 20 ºC	**	***	*	***	***
Renk b	*		***	***	**
Renk b - 20 ºC		***		***	***
Hue angle	***		***	***	***
Hue angle - 20 ºC	***	***	***	***	***
Chroma	*		***	***	**
Chroma - 20 ºC	***	***	***	***	***
ΔE	***		***	***	**
ΔE - 20 ºC	***	***		***	***

[1]: değerlendirme sadece patlıcan için yapılmıştır.
*: p<0,05 **: p<0,01 ***: p<0,001

Çizelge A.6 : Salatalıklarda ikili interaksiyonların fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**S-T *T**	**S-T*t**	**S-T*D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**S-T* A/B[1]**	**A/B*T[1]**	**A/B*t[1]**	**A/B*D[1]**
Soğuk zararlanması	***	***		*						
Soğuk zararlan.-20ºC	***	***		***			**	***	***	
Görsel değerlendirme				***		**				
Görsel değerlen. -20ºC	***	**		***		***		***	***	
Ağırlık kaybı		***	***		**					
Elektrolit sızıntısı		***		**						
Elektrolit sızın.-20ºC		**				**			*	
Pirüvat				***						
Pirüvat -20ºC			**	***	*	**		***	***	
Peroksidasyon		***	**		*	**				
Peroksidasyon -20ºC		***	**	*		**	***	*	***	
Renk L	**	***		***	**	***				
Renk L - 20ºC		***	***	***		**			**	
Renk a[1]		***			*	***				
Renk a - 20 ºC[1]		***	***			***			**	
Renk b[1]	*	***	**	**	*	***				
Renk b - 20 ºC[1]		***	***			***	*			
Hue angle[1]	**	**	***	***	**	***				
Hue angle - 20 ºC[1]			***	**		***			***	
Chroma	*	***	**	**	*	***				
Chroma - 20 ºC		***	***			***			***	
ΔE	**	**	***	***	**	***				
ΔE - 20 ºC		**	***	*		***	*		*	

[1]: sadece 20°C'de bekleyen örneklerde vardır.

Çizelge A.7 : Serada yetişen salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**T**	**t**	**D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**T*t*D**
Soğuk zararlanması indeksi		***					
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***	*	*			
Görsel değerlendirme	*	***	***	***			
Görsel değerlendirme - 20ºC	**	***	**		**	***	***
Ağırlık kaybı		***	***				
Elektrolit sızıntısı	***	***		***			
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		***					
Pirüvat	***	***		***			
Pirüvat - 20ºC	***	***	***	***	***	***	***
Peroksidasyon		***	***	***	***		***
Peroksidasyon - 20ºC		***	***				
Renk L	***	***	***	***	***	***	***
Renk L - 20ºC		***	***		***	**	
Renk a	***	***	***	***	**	***	***
Renk a - 20 ºC	***	***	***	*		**	**
Renk b	***	***	***	***	***	***	***
Renk b - 20 ºC	*	***	**		***	**	***
Hue angle	***	***	***	***	***	***	***
Hue angle - 20 ºC	**	***		**		*	
Chroma	***	***	***	***	***	***	***
Chroma - 20 ºC	***	***	***	*		***	***
ΔE	***	***	***	***	***	***	***
ΔE - 20 ºC	***	***	***	***		***	*

*: p<0,05 **: p<0,01 ***: p<0,001 (istatistiksel olarak önemli)

Çizelge A.8 : Tarlada yetişen salatalıklarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**T**	**t**	**D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**T*t*D**
Soğuk zararlanması indeksi	***	***		***			
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***		***			
Görsel değerlendirme	***	***	*	***		*	
Görsel değerlendirme - 20ºC	***	***	*	***		***	
Ağırlık kaybı		***	*		**		
Elektrolit sızıntısı		**		*			
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		***					
Pirüvat	***	***		***			
Pirüvat -2 0ºC	***	***	***	***	***	***	***
Peroksidasyon		***	***		***	***	***
Peroksidasyon - 20ºC		***					
Renk L	***	***		***		***	***
Renk L - 20ºC	***			***			
Renk a		***		**		*	*
Renk a - 20 ºC		***					
Renk b		***		**			
Renk b - 20 ºC		***					
Hue angle	*	***		**		*	
Hue angle - 20 ºC		***	**		*	*	
Chroma		***		**			
Chroma - 20 ºC		***					
ΔE		***		*			***
ΔE - 20 ºC		***					***

*: p<0,05 **: p<0,01 ***: p<0,001 (istatistiksel olarak önemli)

Çizelge A.9 : Serada yetişen patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**T**	**t**	**D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**T*t*D**
Soğuk zararlanması indeksi	*	***	***				
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***	***	**	*	***	*
Görsel değerlendirme	***	***	***	***		*	
Görsel değerlendirme - 20ºC	***	***	***	***	**	***	
İç renk L		***				***	***
İç renk L -20ºC	***	***		***	***		*
Potansiyel oksidasyon	*				*		*
Potansiyel oksidasyon - 20ºC	*	**			*	*	
Ağırlık kaybı	***	***	*	***	***		
Elektrolit sızıntısı		***		***		*	
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		***					**
Pirüvat	***	***	***	***	***	**	
Pirüvat - 20ºC	***	***	***	***	***	***	*
Peroksidasyon	***	***	***	***			
Peroksidasyon - 20ºC	***	***		***			
Renk L	***	***		***			
Renk L - 20ºC		***					
Renk a	***	***	*		*	**	**
Renk a - 20 ºC		***	***		***	**	***
Renk b	***	***	**	***	*	***	***
Renk b - 20 ºC		**	*				
Hue angle	***	***	***	***	***	***	***
Hue angle - 20 ºC	**	***	***	***	***	***	***
Chroma	***	***	*		***	*	**
Chroma - 20 ºC	***	***	***	*	*	***	
ΔE	*	***	**			*	*
ΔE - 20 ºC		***	***			*	*

*: $p<0,05$ **: $p<0,01$ ***: $p<0,001$ (istatistiksel olarak önemli)

Çizelge A.10 : Tarlada yetişen patlıcanlarda sera-tarla, direkt analiz-bir gün bekleme, sıcaklık, süre ve dozun fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkisi.

Kalite parametresi	**T**	**t**	**D**	**T*t**	**T*D**	**t*D**	**T*t*D**
Soğuk zararlanması indeksi	***	***	*	***			
Soğuk zararlanması indeksi - 20ºC	***	***		**			
Görsel değerlendirme	***	***	**	***			
Görsel değerlendirme - 20ºC	***	***	***	***		***	
İç renk L		***		*			***
İç renk L -20ºC		***					
Potansiyel oksidasyon		***		**		*	
Potansiyel oksidasyon - 20ºC		***				**	**
Ağırlık kaybı	**	***			*		
Elektrolit sızıntısı	*	***	*				
Elektrolit sızıntısı - 20ºC		***					
Pirüvat	***	***	*	***	*		
Pirüvat - 20ºC	***	***		***	*	***	***
Peroksidasyon	***	***	***	***	*		
Peroksidasyon - 20ºC	***	***	*		*	***	
Renk L	***	***	*	***	**		*
Renk L - 20ºC	***	***		***		*	
Renk a	***	***	*	***	***	***	***
Renk a - 20 ºC	***		*	***	***	**	***
Renk b		***	*		***	***	***
Renk b - 20 ºC	***	*		**	**		*
Hue angle		**		*	***	***	**
Hue angle - 20 ºC	***	***	*	***	***	***	***
Chroma	***	***	**	***	**	***	***
Chroma - 20 ºC	***			***	***	**	***
ΔE		***	**	***		***	***
ΔE - 20 ºC	***	***	*	***	*	***	**

*: p<0,05 **: p<0,01 ***: p<0,001 (istatistiksel olarak önemli)

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Aylin Seylam Küşümler

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 21.05.1971

Lisans Üniversite: ODTÜ Gıda Mühendisliği