

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTA NEMLİ KAYISILARIN DEPOLANMA STABİLİTESİ

Fatma SAĞIRLI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2006

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN danışmanlığında, Fatma SAĞIRLI tarafından hazırlanan bu çalışma 06/10/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı' nda “**Orta Nemli Kayısların Depolanma Stabilitesi**” konulu **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

Üye : Prof. Dr. Sedat VELİOĞLU

Üye : Doç. Dr. İsmail Hakkı BOYACI

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ORTA NEMLİ KAYISILARIN DEPOLANMA STABİLİTESİ

Fatma SAĞIRLI

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAN

Orta nemli gıdalar, kurutulmuş gıdalardan daha fazla nem içeren ve soğukta muhafaza gerektirmeyen gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada; kuru kayısılar damıtık suda rehidre edilerek, nem içeriklerinin %16'dan %36'ya getirilmesiyle orta nemli kayısı elde edilmiştir. Bir kısım kuru kayısı ise, önce damıtık suya daha sonra H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltilisine daldırılarak %41 nem düzeyine getirilmiştir. "Damıtık su" ile rehidre edilen kayısılar; 5°, 20° ve 30°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta, buna karşın "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen kayısılar ise, 20°C'de 8 ay süresince depolamaya bırakılmıştır. Periyodik olarak (2 ay) alınan örneklerde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler incelenmiştir.

8 aylık depolama sonunda, damıtık su ile rehidre edilen kayısıların nem içeriklerinde; 5°C'de %2.25, 20°C'de %8.75 ve 30°C'de %22.76; 20°C'de depolanan "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen kayısılarda ise, %6.19 oranında azalma saptanmıştır. Aynı depolama süresinde orta nemli kayısıların su aktivite (a<sub>w</sub>) değerleri de, 0.806'dan; 5°C'de 0.781'e, 20°C'de 0.763'e, 30°C'de 0.696'ya ve 20°C'de depolanan ve "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen örneklerde ise, 0.834'den 0.782'ye düşmüştür.

Depolama süresince orta nemli kayısılarından SO<sub>2</sub> kaybının birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. SO<sub>2</sub>'in kaybına ilişkin t<sub>1/2</sub> değerleri; 5°, 20° ve 30°C sıcaklıklarda sırasıyla; 35.8, 6.3 ve 2.1 ay, "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen kayısılarda ise, 2.5 ay olarak saptanmıştır. SO<sub>2</sub> kaybında; E<sub>a</sub> değeri 79.8 kJ mol<sup>-1</sup>, Q<sub>10</sub> değerleri ise, 5°–20°C arasında 3.17 ve 20°–30°C arasında 3.08 olarak hesaplanmıştır. Kinetik verilerin analizi, depolama süresince enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun da birinci dereceden kinetik modele uygun olarak geliştiğini göstermiştir. Bu reaksiyona ilişkin t<sub>1/2</sub> değerleri; 5°, 20° ve 30°C sıcaklıklarda sırasıyla; 79.2, 14.2 ve 2.9 ay, buna karşın "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile muamele edilen ve 20°C'de depolanan kayısılarda ise, 11.1 ay olarak saptanmıştır. Esmer renkli pigment oluşumuna ilişkin E<sub>a</sub> değeri 90.1 kJ mol<sup>-1</sup>; Q<sub>10</sub> değerleri ise 5°–20°C arasında 3.15, 20°–30°C arasında 4.94 olarak hesaplanmıştır.

Reflektansa dayalı yüzey renk ölçümlerinde, 5°C'de depolanan orta nemli kayısıların renklerinde depolama süresince önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Buna karşın, 20°C ve özellikle de 30°C'de depolanan kayısıların renk değerlerinde önemli farklar bulunmuştur. L\* değeri, 8 ay depolanan kayısılarda 20°C'de 10, 30°C'de ise, 23 birim azalmıştır. Aynı sürede depolama sonunda; a\* ve b\* değerleri sırasıyla, 20°C'de 2 ve 13, 30°C'de ise, 14 ve 32 birim azalmıştır. "Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen örneklerde ise, depolama süresince L\* değerinde 9, a\* değerinde 5 ve b\* değerinde 14 birim azalma saptanmıştır. 30°C'de depolama sonunda tüm renk değerleri önemli düzeyde düşmüş ve çıplak gözle incelenince bile rengin kabul edilemez bir nitelik kazandığı kolaylıkla fark edilebilmiştir.

"Damıtık su" ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayısılarda depolama başlangıcında toplam aerob mezofil (TAMB) ve psikrofil bakteri (TAPB) sayılarının sırasıyla; 2.63x10<sup>2</sup> ve 2.36 x10<sup>1</sup> kob/g olduğu; "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayısılarda ise, TAMB ve TAPB sayılarının depolama başlangıcında sırasıyla; 3.53x10<sup>1</sup> ve <4 kob/g olarak belirlenmiştir. Orta nemli kayısıların 8 ay depolanması sonucunda TAMB sayısında 5°, 20° ve 30°C'de sırasıyla; 0.7, 1.1, 1.5 log devrelik azalma olduğu belirlenmiştir. Aynı dönemde, "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen orta nemli kayısıların TAMB sayısında ise, 0.62 log devre azalma olduğu saptanmıştır. Tüm kayısı gruplarında; maya-küf, *Enterobacteriaceae* ve stafilokok/mikrokok ve bu grup içinde *Staphylococcus aureus* türü bakterilerinin sayılarının ise, teşhis limitlerinin altında olduğu (<4 kob/g) bulunmuştur.

**2006, 80 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Orta nemli kayısı, depolama stabilitesi, kükürt dioksit, enzimatik olmayan esmerleşme, yüzey rengi, mikrobiyel gelişim

## ABSTRACT

Master Thesis

### STORAGE STABILITY OF INTERMEDIATE MOISTURE APRICOTS

Fatma SAĞIRLI

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor : Assoc.Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN

Intermediate–moisture (IM) foods are defined as the foods having a moisture content higher than that of dry foods and do not require refrigeration. IM apricots were obtained by rehydrating dried apricots in distilled water from initial moisture content of 16% to final moisture of 36%. Part of dried apricots was also brought to IM level (41%) by first plunging into distilled water and then hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Apricots rehydrated in distilled water were stored at 5°, 20° and 30°C for 8 months, while apricots rehydrated in “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” were stored only at 20°C for the same period. At regular time intervals (2 months), samples were subjected to physical, chemical and microbiological analyses .

At the end of 8 months of storage, the moisture contents of apricots rehydrated in distilled water decreased 2.25% at 5°C, 8.75% at 20°C and 22.76% at 30°C; and 6.19% at 20°C in apricots rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.” In the same storage periods the water activity (a<sub>w</sub>) of IM apricots decreased from 0.806 to 0.781 at 5°C, 0.763 at 20°C and 0.696 at 30°C, and 0.834 to 0.782 at 20°C in samples rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.”

Loss of SO<sub>2</sub> from IM apricots during storage was fitted to first-order kinetic model. Half-live periods (t<sub>1/2</sub>) for SO<sub>2</sub> loss were 35.8, 6.3 and 2.1 months at 5°, 20° and 30°C, respectively; and 2.5 months at 20°C in samples rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.” Activation energy (E<sub>a</sub>) for SO<sub>2</sub> loss was 79.8 kJ mol<sup>-1</sup>; temperature quotients (Q<sub>10</sub>) were 3.17 at 5°–20°C and 3.08 at 20°–30°C. Analysis of kinetic data also suggested a first order reaction for non-enzymatic browning with the t<sub>1/2</sub> values of 79.2, 14.2 and 2.9 months at 5°, 20° and 30°C, respectively and 11.1 months at 20°C in apricots rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.” Activation energy for non-enzymatic browning reaction was 90.1 kJ mol<sup>-1</sup> and Q<sub>10</sub> value were 3.15 at 5°–20°C and 4.94 at 20°–30°C.

Results from reflectance color measurements revealed that the color of IM apricots stored at 5°C remained almost constant during storage. On the contrary, significant differences were found for the color values of apricots stored at 20°C and especially 30°C. For example, L\* value decreased 10 units at 20°C and 23 units at 30°C in apricots stored for 8 months. Moreover a\* and b\* values decreased 2 and 13 units at 20°C and 14 and 32 units at 30°C. At the same storage period, similar decreases were observed in the color values of samples rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” at 20°C. For these samples, the decrease in L\*, a\* and b\* values were 10, 5, and 14 units, respectively. At 30°C, all color values were substantially decreased and it was easily noticeable that the color of these apricots was not acceptable even with naked eyes.

Total aerobic mesophilic and psychrofilic counts were, respectively, 2.63 × 10<sup>2</sup> and 2.36 × 10<sup>1</sup> kob/g in apricots rehydrated in distilled water and 3.53 × 10<sup>1</sup> and < 4 kob/g in apricots rehydrated in “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” at the beginning of storage. After 8 months of storage; 0.7, 1.1 and 1.5 log cycle decreases were found in mesophilic bacteria at 5°, 20° and 30°C, respectively. For the same storage period, the decrease in mesophilic bacteria was 0.62 log cycle in samples rehydrated with “distilled water + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.” In all apricot samples; yeast and molds, *Enterobacteriaceae*, staphylococcus/micrococcus and *Staphylococcus aureus* in this group were below the lowest detection limit (< 4 kob/g).

**2006, 80 pages**

**Key Words:** Intermediate moisture apricots, storage stability, sulphur dioxide, non-enzymatic browning, surface color, microbial growth

## TEŞEKKÜR

Tezimin her aŐamasında ilgi ve desteğini gördüğüm danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Özkan'a, mikrobiyolojik analizlerin yapılmasında bana yardımcı olan Dr. Şeref Tağı'ya, istatistik analizlerin yapılmasında bana yardımcı olan Prof. Dr. Fikret Gürbüz ve AraŐ. Gör. Özgür KoŐkan'a, bana burs imkanı sağlayan TÜBİTAK Bilim Adamı YetiŐtirme Grubu (BAYG)'na, çalıŐmama maddi destek sağlayan TÜBİTAK TOVAG'a, araştırmada kullanılan kuru kayısı örneklerini sağlayan "Malatya Meyvecilik Enstitüsü'ne" ve çalıŐmalarım süresince yardım ve desteklerini gördüğüm her zaman yanımda olan sevgili aileme teŐekkürlerimi sunarım.

Fatma SAĞIRLI

Ankara, Ekim 2006

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
3. MATERYAL VE METOD .....	12
3.1 Materyal .....	12
3.2 Metod .....	12
3.2.1 Rehidrasyon işlemi .....	12
3.2.2 Ambalajlama ve Depolama .....	13
3.2.3 Fiziksel analizler .....	13
3.2.3.1 Nem tayini .....	13
3.2.3.2 Su aktivitesi tayini .....	15
3.2.3.3 pH değeri tayini .....	15
3.2.3.4 Renk ölçümleri .....	15
3.2.4 Kimyasal analizler .....	16
3.2.4.1 Titrasyon asitliği tayini .....	16
3.2.4.2 Kükürt dioksit tayini .....	16
3.2.4.3 Esmerleşme düzeyinin belirlenmesi .....	17
3.2.5 Mikrobiyolojik analizler .....	18
3.2.5.1 Toplam aerob mezofil ve psikrofil bakteri sayımı .....	19
3.2.5.2 Maya ve küf sayımı .....	19
3.2.5.3 <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı .....	19
3.2.5.4 Stafilokok sayımı .....	19
3.2.6 Kinetik Parametrelerin Hesaplanması .....	19
3.2.6.1 Reaksiyon hız sabitinin (k) hesaplanması .....	20
3.2.6.2 Yarılanma süresinin ( $t_{1/2}$ ) hesaplanması .....	21

<b>3.2.6.3 Aktivasyon enerjisinin (<math>E_a</math>) hesaplanması</b> .....	21
<b>3.2.6.4 <math>Q_{10}</math> değerinin hesaplanması</b> .....	22
<b>3.2.7 İstatistik değerlendirme</b> .....	23
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	24
<b>4.1 Nem Düzeyindeki Azalma</b> .....	24
<b>4.2 Su Aktivitesindeki Azalma</b> .....	25
<b>4.3 Kükürt Dioksit İçeriğindeki Azalma</b> .....	27
<b>4.4 pH ve Titrasyon Asitliğindeki Değişmeler</b> .....	33
<b>4.5 Depolama Süresince Renkte Oluşan Değişmeler</b> .....	37
<b>4.5.1 Esmerleşme düzeyindeki değişimler</b> .....	37
<b>4.5.2 Reflektans renk değerleri</b> .....	46
<b>4.6 Mikrobiyel Değişim</b> .....	56
<b>5. SONUÇ</b> .....	65
<b>KAYNAKLAR</b> .....	68
<b>EK-1 Varyans Analiz Sonuçları</b> .....	73
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	80

## SİMGELER DİZİNİ

SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
k	Reaksiyon hız sabiti
t <sub>1/2</sub>	Yarılanma süresi
dak	Dakika
E <sub>a</sub>	Aktivasyon enerjisi
Q <sub>10</sub>	Sıcaklığın 10°C artırılmasıyla reaksiyon hızının artış katsayısı
PPO	Polifenol oksidaz
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı
GRAS	Generally Recognized as Safe (Genel olarak güvenilir gıda katkısı)
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TAPB	Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince nem düzeyindeki azalma.....	24
Şekil 4.2	“Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince nem düzeyindeki azalma.....	25
Şekil 4.3	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO <sub>2</sub> miktarındaki azalma.....	28
Şekil 4.4	“Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince SO <sub>2</sub> miktarındaki azalma.....	28
Şekil 4.5	Farklı sıcaklıklarda 8 ay süreyle depolanan orta nemli kayıslarda SO <sub>2</sub> miktarındaki azalmalar.....	31
Şekil 4.6	Orta nemli kayıslardan depolama süresince SO <sub>2</sub> ' in kaybına ilişkin Arrhenius grafiği.....	31
Şekil 4.7	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim.....	40
Şekil 4.8	“Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim.....	41
Şekil 4.9	Orta nemli kayısların depolanması süresince oluşan esmerleşmeye ilişkin Arrhenius grafiği.....	44
Şekil 4.10	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında L* değerindeki değişimler.....	49
Şekil 4.11	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında a* değerindeki değişimler.....	50
Şekil 4.12	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında b* değerindeki değişimler.....	50

Şekil 4.13	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında C* değerindeki değişmeler.....	51
Şekil 4.14	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında h° değerindeki değişmeler.....	51
Şekil 4.15	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların 5°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO <sub>2</sub> miktarındaki değişimler.....	62
Şekil 4.16	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların 20°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO <sub>2</sub> miktarındaki değişimler.....	62
Şekil 4.17	“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların 30°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO <sub>2</sub> miktarındaki değişimler.....	63
Şekil 4.18	“Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların 20°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO <sub>2</sub> miktarındaki değişimler.....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Orta nemli kayısuların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince su aktivite ( $a_w$ ) değerlerindeki değişim.....	26
Çizelge 4.2	Orta nemli kayısulardan $SO_2$ 'in kaybına ilişkin kinetik katsayılar.....	30
Çizelge 4.3	Orta nemli kayısuların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince $SO_2$ içeriklerindeki azalmaya ilişkin Arrhenius grafiği için gerekli veriler.....	32
Çizelge 4.4	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısuların $SO_2$ düzeylerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	33
Çizelge 4.5	Orta nemli kayısuların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince pH ve titrasyon değerlerindeki değişimler.....	34
Çizelge 4.6	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısuların pH değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	35
Çizelge 4.7	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısuların titrasyon asitliği değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	36
Çizelge 4.8	“Damıtık su” ve “damıtık su + $H_2O_2$ ” ile rehidre edilen ve $20^\circ C$ 'de depolanan orta nemli kayısuların pH değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	36
Çizelge 4.9	“Damıtık su” ve “damıtık su + $H_2O_2$ ” ile rehidre edilen ve $20^\circ C$ 'de depolanan orta nemli kayısuların titrasyon asitliği değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	37
Çizelge 4.10	Orta nemli kayısuların depolanması süresince oluşan esmerleşmeye ilişkin kinetik katsayılar.....	42
Çizelge 4.11	Orta nemli kayısuların depolanması süresince esmerleşme hız sabitleri ve Arrhenius grafiği için gerekli veriler.....	44
Çizelge 4.12	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısuların esmerleşme düzeylerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	45

Çizelge 4.13	“Damıtık su” ve “damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların esmerleşme değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.14	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince reflektans renk değerlerindeki değişimler.....	48
Çizelge 4.15	Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince reflektans renk değerlerinin değişimine ilişkin kinetik katsayılar.....	53
Çizelge 4.16	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısların reflektans renk değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	55
Çizelge 4.17	“Damıtık su” ve “damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların reflektans renk değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması.....	57
Çizelge 4.18	Orta nemli kayısların depolama süresince mikrobiyolojik düzeylerindeki değişimler (kob/g).....	59
Çizelge 4.19	“Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısların TAMB sayılarının (log kob/g) Duncan testi ile karşılaştırılması.....	64
Çizelge 4.20	“Damıtık su” ve “damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların TAMB sayılarının (log kob/g) Duncan testi ile karşılaştırılması.....	64

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz hem taze kayısı ve hem de kuru kayısı üretiminde dünyada ilk sırada yer almaktadır. Kuru kayısı, ülkemizin en önemli tarımsal ihraç ürünleri arasında yer almakta olup, fındık ve kuru üzümünden sonra en çok gelir getiren üçüncü tarımsal ihraç ürünüdür. Üretilen kuru kayısılar 12.5 kg'lık büyük ambalajlarda ihraç edilmekte bu nedenle de bu değerli ürünümüz yeterince değerlendirilememektedir.

Kayısı yetiştiriciliğinde ülkemizin bugün iki temel sorunu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, ilkbahar geç donlarının neden olduğu ürün kayıpları, diğeri ise, ürünün bol olduğu yıllarda pazarlamada yaşanan sıkıntılardır. Ülkemizde üretilen kuru kayısıların önemli bölümü ihraç edilmesine karşılık, çok küçük bir bölümü yurt içinde tüketilmektedir. Bu durum, tüketicinin kayısının beslenme ve insan sağlığı açısından önemini yeterince bilmemesinden ve kuru kayısının içerdiği düşük nem düzeyi nedeniyle doğrudan tüketiminin zor olmasından kaynaklanmaktadır. Bir ürünün %85'inin ihraç edilmesi önemli bir avantaj gibi görünmekle birlikte, ticaretle ilgili dengeler korunmadığı takdirde sahip olunan bu avantajın kısa süre sonra dezavantaja dönüşebileceği açıktır.

Dünyada üretilen kayısının önemli bölümü sofralık olarak tüketilmektedir. Ancak kayısıda hasat döneminin kısa olması ve taze kayısının çabuk bozulması nedeniyle bir kısım kayısı da kurutulmuş veya diğer ürünlere işlenerek değerlendirilmektedir. Dünya yaş kayısı üretimini yaklaşık %20-25'lik kısmı kurutulmaktadır. Sofralık ve kurutulmuş olarak değerlendirilen kayısıdan geriye kalan kısım ise meyve suyu, konserve vb. yapımında kullanılmaktadır.

Kuru kayısının doğrudan ham madde olarak pazarlanması yerine, nem düzeyi artırılarak değerlendirilmesi durumunda hem katma değeri yüksek bir ürün elde edilmesi ve hem de bu ürünün pazar payının artırılması sağlanmış olacaktır. Son yıllarda, yüksek-nemli kurutulmuş meyvelere büyük bir talep oluşmuştur. Bu ürünler kurutulmuş meyvelere göre, yüksek nem içerikleri nedeniyle yumuşak bir tekstüre sahiptir. Bu özelliği nedeniyle orta nemli meyveler herhangi bir işleme gerek olmadan doğrudan

tüketilebilmektedir. Ayrıca, orta nemli meyveler, fırıncılık ürünlerinde ve kahvaltılık tahıllarda da ayrı bir ingredien olarak da kullanılabilir.

Literatürde, orta nemli kayısı üretimi ve bu kayısıların depolanmaları süresince kimyasal ve mikrobiyolojik kalite kriterlerindeki değişim ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle; bu çalışmada materyal olarak, ülkemiz tarım ürünleri ihracatında önemli bir yeri olan kuru kayısı seçilmiş ve bu amaçla kuru kayısılar rehidre edilerek daha yüksek katma değer yaratabilecek, orta nemli yeni bir ürün elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu araştırma ile, orta nemli hale getirilen bu değerli ürünün farklı sıcaklıklarda depolanması süresince; başta renk stabilitesi olmak üzere, kimyasal ve mikrobiyel stabilitesi hakkında önemli bulgular elde edilmiştir. Ayrıca, kayısıların rengini korumak ve mikroorganizmaların gelişimini önlemek için yapılan düşük düzeydeki kükürtleme işleminin (1367 ppm), depolama süresince bu amaçları karşılayıp karşılayamadığı da ortaya konulmuştur. Son olarak da, kuru kayısılar önce damıtık suya, daha sonra hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) çözeltisine daldırılarak  $H_2O_2$ 'in antimikrobiyel etkisi ile kükürt dioksit ( $SO_2$ ) ve renk üzerine etkisi de belirlenmiştir. Ulaşılan bulguların, kurutulmuş kayısı paketleyen firmaları orta nemli kayısı üretmeye teşvik edeceği umulmaktadır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Kuru üzüm, kuru incir ve kuru kayısı üretiminde ülkemiz, dünyada bu ürünleri pazarlayan ülkeler arasında ilk sırada yer almaktadır (Akova 2000). Bu ürünler arasında, kuru üzümünden sonra en fazla gelir kuru kayısıdan sağlanmakta ve bu değerli ürünümüzün ihracatından yılda 150–200 milyon Amerikan doları gelir elde edilmektedir (Akova 2000, Asma vd. 2004). Yayınlanmış son verilere göre, ülkemizde 11 350 000 meyve veren kayısı ağacından 460 000 ton kayısı, 1 750 000 zerdali ağacından ise, 39 000 ton zerdali üretilmiştir (DİE 2003). Aynı dönemde, dünyada kayısı üretimi ise 2 800 000 ton olarak gerçekleşmiştir (<http://www.fao.org.>, 2006). Bu üretim değeri ile ülkemiz, dünya yaş kayısı üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizdeki kayısı üretiminin yaklaşık %50'si tek başına Malatya'da gerçekleşmektedir (DİE 2003). Kayısı üretimi ve ticareti, Malatya ilinin ekonomik yaşamında önemli rol oynamaktadır. Bu ilimizde yaklaşık 6 000 000 kayısı ağacı bulunmakta (DİE 2003) ve her yıl 250–300 bin ton yaş kayısı üretimi yapılmaktadır (Asma vd. 2004). Bu üretimin neredeyse tamamı kurutulmaktadır. Yılda 50–120 bin ton arasında kuru kayısı üretilmekte ve bu üretimin de %90–95'i yaklaşık 100 farklı ülkeye ihraç edilmektedir (Asma vd. 2004). Son verilere göre, 2004 yılında dünya ticaretinde 99 010 ton kuru kayısı işlem görmüş ve bununun 81 292 tonu (%82) ülkemiz tarafından karşılanmıştır (<http://www.fao.org.>, 2006).

Ülkemizde kayısılar çoğu kez %20 nem düzeyine kadar kurutulmaktadır (Özkan 2001). Kayısıların %20 nem düzeyinin altında mikrobiyel bozulmaya uğraması sınırlıdır. Eğer hijyenik koşullara dikkat edilirse %25 nem içeriğinde dahi bozulma olasılığı olmayan paketlenmiş kuru kayısı üretmek mümkündür. Diğer yandan kurutulmuş kayısıların doğrudan tüketimi için %20 nem içeriği oldukça düşüktür. Kayısı dahil tüm kurutulmuş meyvelerin tüketiminin kolaylaştırılması için nem düzeylerinin %20'nin üzerine çıkarılması gerekmektedir. Bu şekilde nemi artırılan ürünlere “orta nemli gıdalar (Intermediate moisture foods)” denir. Orta nemli gıdalar, kurutulmuş gıdalardan daha fazla nem içeren, bakterilerin gelişmesi mümkün olmayan ve soğukta muhafaza gerektirmeyen gıdalar olarak adlandırılmaktadır (Karel 1975, Taoukis *et al.* <http://www.fsci.umn.edu>, 2005). Diğer taraftan orta nemli gıdalar; yeterli su içerikleri

nedeniyle yumuşak, çiğnemesi kolay ve ağızda kuru bir gıda hissi vermeyen, aynı zamanda su aktivite düzeyi mikrobiyolojik bozulma üst sınırında bulunan gıdalar olarak da tanımlanmaktadır (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Oda sıcaklığında uzun süre bozulmadan muhafaza edilmeleri nedeniyle, orta nemli gıdaların özellikle soğutmanın her zaman sağlanamadığı gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak kullanılabilmesi mümkündür. Ayrıca, orta nemli gıdaların rehidre edilmeden doğrudan tüketilebilmeleri nedeniyle gelişmiş ülkelerde askeri amaçlarla veya uzay yolculukları gibi özel durumlarda kullanıldığı bildirilmektedir (Singh *et al.* 1983).

Bir gıdanın mikrobiyolojik yolla bozulması, ortamda mikroorganizmaların kullanabileceği nitelikte suyun bulunmasına bağlıdır. Muhafaza yöntemlerinin birçoğunda, gıdada bulunan suya mikroorganizmalar için elverişsiz bir nitelik kazandırılır. Meyve ve sebzelerin güneşte kurutularak ortamdaki suyun önemli bölümünün uzaklaştırılması ya da gıdaya şeker veya tuz ilave ederek ortamdaki suyun mikroorganizmaların kullanımına elverişsiz nitelik kazandırılması aynı ilkeye dayanmakta ve bu yolla gıdanın mikrobiyolojik stabilitesi artırılmaktadır. Bir gıdada bulunan suyun oranından çok, suyun mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirliği önemlidir. Bir gıdadaki suyun mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirlik ölçüsü, su aktivitesi ( $a_w$ ) kavramı ile açıklanmaktadır. Bir gıdanın su aktivitesi, o gıdanın su buharı basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmakta ve aşağıda verilen (1) No'lu eşitlikle hesaplanmaktadır (Cemeroğlu ve Özkan 2004):

$$a_w = \frac{p}{p_o} \quad (1)$$

Burada;

$a_w$  : Gıdanın su aktivitesi

$p$  : Gıdanın su buharı basıncı

$p_o$  : Gıda ile aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncı

Bir gıdanın su aktivitesi, bir yandan o gıdanın mikrobiyolojik stabilitesini belirlerken, diğer yandan o gıdanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik stabilitesini de belirlemektedir.



Mikrobiyolojik yolla gıdaların bozulması üzerine, su aktivitesi en önemli faktördür. Su aktivitesine duyarlılık farklılık gösterse de,  $a_w=0.60$ 'ın altında tüm mikroorganizmaların faaliyetlerinin sona erdiği kabul edilmektedir (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Gıdalarda bozulma etmeni mikroorganizmaların faaliyet gösterdikleri su aktivitesi alt sınırının; bakteriler için 0.90, mayalar için 0.85 ve küfler için 0.70–0.75 arasında olduğu kabul edilmektedir. Bunun dışında bazı kseroofilik küf ve ozmofilik mayalar için bu sınır 0.61'e kadar düşebilmektedir. Su aktivitesi sınırları; kurutulmuş meyvelerde 0.60–0.75, kurutulmuş yüksek nemli meyvelerde ise 0.75–0.85 arasında bulunmaktadır.

Orta nemli gıdaların nem içeriği ve su aktivitesi sınırları üzerine literatürde farklı tanımlar bulunmaktadır. Witthuhn *et al.* (2005) orta nemli gıdaları; yüksek nemli kurutulmuş meyveleri de kapsayan, %15–50 nem içeren ve 0.65–0.90 su aktivitesine sahip gıdalar olarak tanımlamaktadır. Taoukis *et al.* (<http://www.fsci.umn.edu>, 2005) ise, %10–40 nem içeren ve 0.60–0.90 su aktivitesindeki gıdaları, orta nemli olarak tanımlamaktadır.

Son yıllarda tüketicilerin talebi doğrultusunda  $a_w=0.85$  olan yüksek nemli kurutulmuş meyvelerin, giderek daha fazla talep edildiği belirtilmektedir (Witthuhn *et al.* 2005). Bu nem düzeyindeki meyveler doğrudan tüketilebilecekleri gibi, süt ürünleri ve fırıncılık ürünlerinde de kullanılabilirler. Ayrıca orta nemli meyve parçacıkları; salatalarda, meyveli içeceklerinde, reçellerde ve meyve özünden yapılan jellerde kullanılabilirler. Orta nemli gıdaların bu avantajları göz önünde bulundurulduğunda, besin değeri ve ticari değeri yüksek bir meyve olan kuru kayısının orta nemli bir ürün olarak işlenip piyasaya sürülmesinin, tüketici talebini artıracığı düşünülmektedir.

Orta nemli gıdalar 4 farklı yöntemle üretilebilmektedir (Taoukis *et al.* <http://www.fsci.umn.edu>, 2005).

1. *Kısmi kurutma* (partial dehydration): Bu yöntem, şeker oranı (hümektan) yüksek taze meyvelere (üzüm, kayısı, erik, hurma, elma ve incir) uygulanabilmektedir. Kurutma sonunda bu ürünlerin su aktivitesi 0.60–0.80 arasında bulunmaktadır.

2. *Ozmotik kurutma* (osmotic drying): Nemli bir gıda, düşük su aktivitesine sahip su-hümeaktan çözeltisine daldırılmakta ve böylece gıdanın su aktivitesi orta nem düzeyine kadar düşürülmektedir. Bu işlemde; hümeaktan gıdaya, gıdadaki su ise su-hümeaktan çözeltisine difüze etmektedir. Böylece gıdanın su aktivitesi düşürülmektedir. Bu işlemde kullanılan başlıca hümeaktanlar; şeker, tuz ve gliseroldür. Bu yöntem özellikle meyve şekerlemelerinin üretilmesinde uygulanmaktadır.
3. *Kuru infüzyon* (dry infusion): Bu yöntemde gıda, önce kurutulmakta ve daha sonra su-hümeaktan çözeltisine daldırılarak, istenilen su aktivite düzeyine getirilmektedir. Bu yöntem, diğer yöntemlere göre daha fazla enerji gerektirse de, sonuçta daha yüksek kalitede ürün elde edilmektedir. Bu yöntem, özellikle uzay programları için gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.
4. *Karıştırma* (blending): Bu yöntemde; gıda, hümeaktan ve katkı maddeleri doğrudan karıştırılmakta ve elde edilen karışım pişirilerek, karışımın  $a_w$  değeri düşürülmektedir. Bu yöntem özellikle şekerleme, reçel gibi geleneksel orta nemli ürünler ile köpek mamaları ve çerez gıdaların üretiminde kullanılmaktadır.

Kurutulmuş meyvelerin orta nem düzeyine getirilmesinde en uygun yöntem kısmi kurutma yöntemidir. Ancak kayısı, incir ve erik gibi orta nem düzeyinde tüketilen meyvelerin hasat dönemlerinin kısa olması, bu meyvelerin kurutulmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle de, orta nemli meyve üretiminde uygulamada, kuru meyveler rehidrasyon yöntemi ile orta nem düzeyine getirilmektedir. Bu amaçla, kurutulmuş meyveler su içinde rehidre edilerek, nem içerikleri istenilen düzeye getirilmektedir.

Kuru ya da orta nemli kayısılarda en önemli kalite kriterlerinden birisi, kayısıların altın sarısı renkleridir. Birçok gıdada olduğu gibi, kuru ya da orta nemli kayısıların rengi tüketici tercihini belirleyen en önemli kalite kriteridir. Bilindiği gibi, kayısıların karakteristik altın sarısı renkleri A vitamininin de ön maddesi olan  $\beta$ -karotenden kaynaklanmaktadır. Ancak kuru ya da orta nemli kayısıların renklerinin bozulmasına neden olan en önemli reaksiyon, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır. Enzimatik olmayan esmerleşme denildiğinde, Maillard esmerleşmesi, askorbik asit esmerleşmesi, lipid esmerleşmesi, karamelizasyon ve metal-polifenol esmerleşmesi

olmak üzere 5 farklı esmerleşme reaksiyonu anlaşılmaktadır (Nielsen *et al.* 1993). Ancak, özellikle meyvelerin kurutulması ve depolanması sırasında oluşan esmerleşme, Maillard esmerleşmesidir. Bu tip esmerleşme, reaktif karbonil grupları ile (indirgen şekerler; glukoz ve fruktoz) ile amino nitrojeninin (aminler, amino asitler, peptidler ve proteinler) reaksiyonu sonucu stabil ara ürünler oluşumu ve bu ara ürünlerin kondensasyonu ile melanoidinlerin oluşmasıdır (Özkan 1996). Melanoidinler, yüksek molekül ağırlığı olan ve suda çözünmeyen kahverengi pigmentlerdir.

Orta nemli gıdalar kuru eşdeğerlerine göre enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına daha fazla duyarlıdır (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları (Maillard reaksiyonları), çoğunlukla 0.65–0.70  $a_w$ 'de maksimuma ulaşır. Bu nedenle orta nemli gıdalar bu reaksiyona eğilimlidir. Enzimatik olmayan esmerleşme; su aktivitesi 0.62–0.89 olan orta nemli elmalarda (Singh *et al.* 1983), su aktivitesi 0.48–0.85 olan Cheddar peynirlerinde (Kılıç *et al.* 1997) ve toz haline getirilen kuru kayısıların rehidre edilip depolanmalarında (Lee *et al.* 1979) gösterilmiştir. Bu reaksiyonlar, bazı şekerleme ve fırıncılık ürünlerinde istenmesine rağmen, birçok gıdanın ve orta nemli gıdaların raf ömrünün azalmasına neden olur. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda gıdalarda; protein kaybı, off-flavor oluşumu ve esmer renkli pigment oluşumu gerçekleşir. Kurutulmuş ürünlerde Maillard esmerleşmesini önleyen bilinen en etkili inhibitör sülfittir. Süfit denildiğinde ya doğrudan ya da parçalandığı zaman kükürt dioksit ( $SO_2$ ) veren inorganik süfit tuzları anlaşılır (Özkan 2001). Ayrıca bu reaksiyonların kontrol altına alınmasında düşük depo sıcaklığı da uygulanabilecek diğer bir yöntemdir.

Kayısıların parlak sarı renklerinin korunması, depoda fermantasyon ile böcek zararının önlenmesi ve mikroorganizma gelişiminin kontrol altına alınması için yaş kayısıların kurutulmadan önce kükürtlenmeleri gerekmektedir. Kuru kayısıların depolanması süresince sıcaklık ve süreye bağlı olarak kükürt miktarı sabit kalmamakta;  $SO_2$ , sülfata ( $SO_4^{-2}$ ) okside olarak, gıda bileşenlerine geri dönüşsüz olarak bağlanarak veya ambalaj materyalinden buharlaşarak kayısındaki miktarı azalmaktadır (Özkan 2001). Stadtman *et al.* (1946),  $SO_2$  kaybının sıcaklığa ve depolama süresine bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Davis *et al.* (1973) ise, ambalaj özelliklerinin ve depolama koşullarının

SO<sub>2</sub> kaybı üzerine etkisini araştırmışlar ve O<sub>2</sub> gazı ile kapatılan ve gaz geçirgenliği yüksek olan ambalajlarda muhafaza edilen kayısılarda depolama boyunca önemli miktarda SO<sub>2</sub> kaybı olduğunu saptamışlardır.

Gıdaların hem işlenmesi ve hem de depolanması süresince renklerinde oluşan değişimler yaygın olarak reflektans renk kolorimetreleri ile belirlenmektedir. Bu kolorimetrelerin tercih edilmesinin en önemli nedeni, bu cihazlarla yapılan ölçümlerin son derece kolay ve çabuk olmasıdır (Francis 1969). Renk lmnde en yaygın kullanılan ölçüm sistemleri L\*a\*b\* ve L\*C\*h<sup></sup> sistemleridir. Reflektans renk ölçüm değerleri gıdalardaki renk bozulmaları dışında; meyvelerin olgunluğu (Meredith *et al.* 1989, Byrne *et al.* 1991), PPO inaktivasyonu (Aguilera *et al.* 1989) gibi diğer kalite kriterlerinin de belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Birçok alışmada L\* değerinin, işlenmiş meyve ürünlerinde esmerleşme indeksi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Örneğin, kurutulmuş armutların farklı sıcaklıklarda depolanmaları sonucunda renklerinde meydana gelen değişimin kabul edilir düzeyde olup olmadığına L\* değeri dikkate alınarak karar verilmiş (Joubert *et al.* 2001); L\* ve a\* değerleri, elma ve armutlarda ve bu meyvelerin sularında enzimatik esmerleşme indeksi olarak kullanılmıştır (Sapers *et al.* 1987). Barreiro *et al.* (1997), ısıl işlem sırasında double konsantre domates salalarında meydana gelen renk değişimini saptamak için L\*, a\*, b\*, ΔE, SI (saturation index) ve a\*/b\* değerlerinden; Lozano ve Ibarz (1997), konsantre meyve pulplarında yüksek sıcaklıktaki ısıtmada renkte oluşan bozulmayı belirlemek için ΔE ve Hunter L\* değerlerinden yararlanmışlardır. Sapers and Douglas (1987), elmalarda esmerleşmenin artmasıyla L\* değerinde azalma olduğunu belirlemişlerdir.

zkan ve Cemeroğlu (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, kuru kayısıların depolama başlangıç ve sonundaki renk değerleri karşılaştırılmış ve depolama sonunda L\*, b\*, C\* ve h<sup></sup> değerlerinde artış; a\* değerinde ise azalma olduğu saptanmıştır. Kuru kayısılarda yapılan diğer bir çalışmada, düşük SO<sub>2</sub> içeren (300 ppm) kayısıların, yüksek oranda SO<sub>2</sub> içeren (1400 ppm) kayısılarla göre Hunter L\*, a\* ve b\* değerlerinin daha düşük olduğu gösterilmiştir (Rossello *et al.* 1994). zkan *et al.* (2003) tarafından

yapılan bir çalışmada ise, reflektans renk ölçümlerinde gıdanın nem içeriğinin sonuçları önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir. Yapılan bu çalışmada, kuru kayısların nem içerikleri arttıkça CIE L\*, a\*, b\* ve h° değerlerinin arttığı, buna karşın a\* değerinin azaldığı bulunmuştur.

Orta nemli gıdaların su buharı basıncı kısmen yüksek olduğundan, ortam sıcaklığındaki küçük bir değişim ambalaj içinde nemin yoğunlaşmasına neden olabilmektedir. Bu durumda gıdanın yüzeyindeki su aktivitesini yükselteceğinden yüzeyde kolaylıkla mikroorganizma gelişimi gerçekleşebilmektedir (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Orta nemli gıdaların sahip oldukları  $a_w$  düzeyinde en fazla mikrobiyel bozulmaya neden olan mikroorganizmaların maya ve küfler olduğu saptanmıştır (El-Halouat *et al.* 1998). Birkaç bakteri cinsi dışında, bakterilerin orta nemli gıdaların  $a_w$  düzeyinde gelişemedikleri belirlenmiştir. Witthuhn *et al.* (2005), orta nemli kayısların depolanması süresince toplam aerob mezofil bakteri (TAMB) sayısında azalma, buna karşın maya ve küf sayısında ise artış olduğunu, *Enterobacteriaceae* ve stafilokok cinsi bakteri gelişiminin ise olmadığını belirlemişlerdir.

Orta nemli gıdaların su aktivitelerinin, mikrobiyolojik bozulmanın üst emniyet sınırında olması nedeniyle bu tip bozulma riskini azaltmak için üretimlerinde bazı koruyucu bileşiklerden yararlanılması yoluna gidilmekte, hatta bazen ılımlı ısıl işlem uygulamalarından da yararlanılmaktadır (Quast and Teixeira 1976). Bu amaçla; sülfidler, benzoik ya da sorbik asit gibi koruyucu maddelerden yararlanılmaktadır. Koruyucu maddeler; bakteri, maya ve küfleri ya öldürmekte veya gelişmelerini engelleyerek gıdaların raf ömrünün artmasını sağlarlar. Koruyucu maddelerin etki spektrumları birbirinden farklıdır. Örneğin benzoik ve sorbik asit maya ve küfler üzerine etkili olurken, sülfidler ise daha çok bakteriler üzerine etkilidir (Yemenicioğlu ve Özkan 2004). Çalışmamızda kullanılan kuru kayıslar küçürlendiği için yeniden koruyucu bir madde ilave edilmemiş ve kayısların içerdiği SO<sub>2</sub> düzeyinin ürünün mikrobiyolojik yolla bozulmasını önleyeceği varsayılarak çalışma yürütülmüştür.

Koruyucu maddeler, yüksek konsantrasyonlarda kullanıldıklarında gıdanın organoleptik özellikleri bozulabilmektedirler. Ayrıca, tüketicilerin koruyucu maddeler ilave edilen

gıdaları tercih etmemeleri, kuru meyve endüstrisini alternatif muhafaza yöntemleri bulmaya zorlamaktadır. El Halouat *et al.* (1998), CO<sub>2</sub> gazı altında paketlenen ve düşük konsantrasyonda benzoik ve sorbik asit (toplam maksimum 600 ppm) içeren yüksek nemli erik ve üzümün ( $a_w=0.85-0.88$ ) 30°C'de 6 ay süreyle bozulmadan muhafaza edildiğini saptamışlardır. Bu koruyucular dışında, son yıllarda hidrojen peroksitin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) özellikle taze meyve ve sebzelerin yüzey sterilizasyonunda kullanılabileceği birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Simmons *et al.* 1997, Sapers and Simmons *et al.* 1998). Bu amaçla, *Botrytis cinerea* sporları aşılansmış sofralık üzümün H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> buharında tutulmuş ve 24 saat sonunda üzüm çeşidine bağlı olarak spor sayısında %81'e varan azalma saptanmıştır (Forney *et al.* 1991). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i "GRAS" (genel olarak güvenilir gıda katkısı; "Generally Recognized as Safe") statüsünde sınıflandırmakta ve gıdalarda ağartma ve antimikrobiyel madde olarak kullanılmasına izin vermektedir (<http://www.frwebgate5.access.gpo.gov.>, 2006). FDA; peynir yapımında kullanılan sütlerde, modifiye peynir altı suyu ve modifiye nişasta üretiminde ve kırmızı et karkaslarının dezenfeksiyonunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanımını onaylamıştır (Mermelstein 2001). Amerikan Tarım Örgütü, yumurta beyazının pastörizasyonunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanımına izin vermiştir (Muriana 1997). FDA, kalıntı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in gıdaların işlenmesi sırasında fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle ortamdan uzaklaştırılmasını zorunlu tutmaktadır (<http://www.frwebgate5.access.gpo.gov.>, 2006).

Bilindiği gibi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aşırı kükürtlenmiş kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla ülkemizde de yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu konuda, Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde kapsamlı bir doktora çalışması yapılmış (Özkan 2001) ve bu çalışmanın bir bölümünde kuru kayıslar farklı sürelerde 20°, 40° ve 60°C'deki %0.5, 1.0 ve 1.5'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisine daldırılmış ve bu kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaşması incelenmiştir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve temas süresi arttıkça, kuru kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaşma hızının da arttığı saptanmıştır. Orta nemli incirler üzerine yapılan diğer bir çalışmada, kuru incirler önce 80°C'deki suda rehidre edilmiş ve daha sonra H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisine daldırılarak hem mikrobiyel yükteki ve hem de renkteki değişim 4° ve 7°C'de depolama sonunda incelemiştir. Bu uygulama sonunda, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in incirlerin kahverengi renklerini sarı ve açık kahverengiye dönüştürdüğü saptanmıştır. Ayrıca, suda rehidre edilip soğukta depolanan orta nemli incirlere göre, suda rehidre edildikten

sonra H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile dezenfekte edilen ve soğukta depolanan incirlerin TAMB sayısının da daha düşük olduğu belirlenmiştir (Demirbüker *et al.* 2004).

Çalışmamızda, kuru kayısılar önce suya daldırılarak rehidre edilmiş ve bunu takiben kayısılar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisine daldırılmış, ve böylece H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in bir yandan antimikrobiyel etkisi araştırılırken, diğer yandan SO<sub>2</sub> ve renk üzerine etkisi de araştırılmıştır.

### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1 Materyal**

Materyal olarak; “Malatya Meyvecilik Enstitüsü’nden” temin edilen düşük konsantrasyonda SO<sub>2</sub> içeren kuru kayısılar (1367 mg kg<sup>-1</sup> %25 nemli ağırlık) kullanılmıştır. Kayısılar iyice harmanlandıktan sonra, nemin dengeye gelmesi için kapalı kaplar içerisinde oda sıcaklığında 2 hafta süreyle bekletilmiştir. Bu süre sonunda, kuru kayısılar +4°C'de analizlere kadar bir süre muhafaza edilmiştir.

#### **3.2 Metod**

##### **3.2.1 Rehidrasyon işlemi**

Kuru kayısılar 2’şer kg’lık partiler halinde bez bir torba içine konularak, 14 L damıtık su içeren 40°±0.1°C'deki su banyosuna (Memmert WB 14, Schwabach, Almanya) 48 dak. süreyle daldırılarak nem içerikleri %36’ya getirilmiştir. Bir kısım kayısı ise, önce 42 dak. süreyle 40°C'deki su banyosuna daldırılmış ve daha sonra da 6 dak. süreyle 40°C'deki hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, %1 v/v) çözeltisine daldırılarak nem içerikleri %41'e getirilmiştir. Böylece son yıllarda meyve ve sebzelerin yüzey sterilizasyonunda kullanılmaya başlayan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in, orta nemli kayısılardaki mikroorganizma yükü üzerine etkisi de araştırılmıştır.

Su banyosundan çıkarılan kayısılar bir süre kendi halinde süzöldükten sonra, kağıt havlu ile kurularak yüzeylerindeki suyun bir bölümü uzaklaştırılmıştır. Yüzeyde kalan suyun uzaklaştırılması amacıyla, kayısılar 85°±1°C’deki kurutma dolabında (Memmert ULM 500, Schwabach, Almanya) sıcak hava akımında 12 dak. süreyle tutulmuştur. Kurutma işlemi sırasında, dolap hacminin saatte 75 defa değişimini sağlayacak hava hareketi sağlanmıştır. Homojen bir kurutma sağlamak için, 6 dak. sonunda kayısıların diğer yüzleri çevrilmiştir.



### 3.2.2 Ambalajlama ve Depolama

Hedeflenen nem içeriğine getirilmiş kayısılar, nem ve gaz geçirgenliği düşük PA/PE [poliamid/polietilen, "18 µm PA/72 µm PE" ve gaz geçirgenliği "60 dm<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/(cm<sup>2</sup>.gün)"] ambalajlara, her bir ambalajda 10 adet kayısı olacak şekilde konularak ağızları sıcak kapama yöntemi ile kapatılmıştır. Daha sonra orta nem düzeyine getirilmiş kayısılar; 5°, 20° ve 30°C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile muamele edilen kayısılar ise, sadece 20°C'de depolanmıştır. 5° ve 20°C'deki depolama deneyleri, sıcaklık salınımı ±0.5°C olan soğutmalı inkübatörlerde (Sanyo MIR 153 ve 253, Gunma, Japonya) yapılırken, 30°C'deki deneyler için sıcaklık salınımı ±0.1°C olan inkübatör (Mettler BE 400, Schwabach, Almanya) kullanılmıştır. Depolama süresince, 2 aylık periyotlarda alınan örneklerde aşağıda belirtilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.

### 3.2.3 Fiziksel analizler

#### 3.2.3.1 Nem tayini

A.O.A.C. (1990) tarafından önerilen gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Bu amaçla, denge nemine erişmesi için 2 hafta bekletilen kuru kayısılarından 1 kg örnek alınmış ve 4 mm çapındaki ayna kullanılarak kıyım makinesinden 2 defa çekilmiş ve böylece homojen bir kitle elde edilmiştir. Diğer taraftan, 85 mm çapında ve kapakları sıkıca kapanabilen alüminyum kurutma kaplarına kayısıların yüzey alanını artırmak amacıyla 2'şer g deniz kumu konularak 110°C'deki etüvde 2 saat süreyle kurutulmuştur. Bu süre sonunda, kurutma kaplarının kapakları kapatılarak desikatörde soğutulmuş ve daraları kaydedilmiştir.

Homojen hale getirilmiş kayısı kitesinden hassas bir terazi (Mettler-Toledo XS 205, Greifensee, İsviçre) yardımıyla kurutma kaplarına yaklaşık 5'er g örnek ±0.001 g duyarlılıkla tartılmış ve üzerlerine bir miktar ılık su ilave edilmiştir. Bir cam baget yardımıyla deniz kumu ve kıyım makinasından çekilmiş kayısı karıştırılarak bulamaç haline getirilmiş ve karıştırmada kullanılan cam baget yeterli miktarda ılık su ile

kurutma kabına yıkanmıştır. Kurutma kapları, önce kaynamakta olan su banyosu üzerinde yüzeyde bulunan su buharlaşana kadar, daha sonra vakumlu etüvde (Heraeus VT 6025, Hanav, Almanya) 70°C'de ve 100 mm Hg basınç altında sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutma sırasında, belli düzeyde nem içeren dış atmosfer havası sülfürik asitten ( $H_2SO_4$ ) saniyede 2 kabarcık oluşturacak şekilde geçirilerek, nemini  $H_2SO_4$  içinde bırakması sağlanmış ve böylece etüve devamlı olarak taze ve kuru hava verilmiştir. Kayısların sabit ağırlığa gelmesi için önce 8 ve bunu izleyen 6 saatlik iki aşamalı bir kurutma işlemi yapılmıştır. Kurutma işlemi sonunda, kurutma kabının kapağı kapatılarak desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır. İlk ve son tartımlar arasındaki farktan örnekteki yüzde nem miktarı hesaplanmıştır. Nem analizleri 4 paralel olarak yürütülmüştür.

Orta nemli kayısların nem içerikleri, kuru kayısların nem içerikleri ile rehidrasyon işlemi sonucu kayıslardaki ağırlık artışı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Depolama süresince örneklerdeki nem miktarının belirlenmesi amacıyla, her bir depolama sıcaklığı için 10'ar adet orta nemli kayısı alınmıştır. Her ne kadar örneklerin denge nemine erişmesi için 2 hafta süreyle beklense de, nem içeriği bakımından kayıslar arasında farklılıkların olması tamamen engellenememiştir. Bu nedenle nem tayininde hep aynı örnek kitlesi ile çalışılmış ve kayısların başlangıç nem miktarları ile depolama süresince ağırlıklarındaki değişimler dikkate alınarak örneklerin nem miktarı hesaplanmıştır. Bu amaçla seçilen 10'ar adet kayısı, aynı plastik ambalajlara konulmuş ve ambalajların ağzı sıcak kapama yöntemi ile kapatılarak, inkübatörlere konulmuştur. Örneklerin analize alındığı sürelerde (2 ay), ambalajlar açılarak eldiven ile kayıslar hassas terazide süratle tartılmış ve kayısların başlangıç nem miktarı ile ağırlıklarındaki değişimler dikkate alınarak nem miktarları hesaplanmıştır. Kayıslar tartıldıktan sonra, yine eldivenle ve süratle aynı ambalajlara konulmuş ve ambalajların ağzı sıcak kapama yöntemi ile kapatılmıştır. Eldiven kullanılarak, elden kayısıya nem geçişi engellenmiştir.

### 3.2.3.2 Su aktivitesi tayini

Su aktivitesi değerleri, su aktivite cihazı ile (Thermoconstanter Novasina TH200, İsviçre) ile belirlenmiştir. Ölçümler 25°C’de yapılmıştır.

### 3.2.3.3 pH değeri tayini

pH değeri, potansiyometrik olarak pH metre (WTW Inolab Level 1, Weilheim, Almanya) ile saptanmıştır. Bu analizde orta nemli kayısı örnekleri kıyma makinasından 2 defa geçirilerek homojen bir kitle elde edilmiştir. Bu şekilde hazırlanmış örnek kitlesi, aynı zamanda SO<sub>2</sub> ve esmerleşme düzeyi tayinlerinde de kullanılmıştır. Bu homojen kitleden 10 g örnek alınarak 90 mL su içinde 1 gün süreyle +4°C’de rehidrasyona bırakılmıştır. Bu karışım, daha sonra yüksek devirli blenderde 5 dak. süreyle homojenize edilmiş ve ardından filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen filtrat hem pH ve hem de titrasyon asitliği tayinlerinde kullanılmıştır.

### 3.2.3.4 Renk ölçümleri

Bu amaçla, reflektans spektrofotometresi (Minolta CM-3600d, Osaka, Japonya) kullanılmıştır. Kurutulmuş kayısıların renklerinin ölçümünde CIE L\*a\*b\* sistemi kullanılarak L\*, a\* ve b\* değerleri ölçölmüştür. Renk yoğunluğu (chroma, C\*) ve renk tonu (hue, h°) değerleri ise, aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır:

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

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*) \quad (2)$$

Spektrofotometre, beyaz seramik plakaya karşı her kullanımdan önce standardize edilmiştir. 8 mm çapında ölçüm alanına sahip renk ölçüm başlığı kullanılmıştır. Işık kaynağı olarak CIE tarafından belirlenen C ışıtıcısı (Illuminant C) kullanılmıştır. Her bir depolama sıcaklığında, 20’şer adet orta nemli kayısı plastik ambalajlara konulmuş ve periyodik olarak ambalajlar açılarak renk ölçümü yapılmıştır. Böylece hep aynı kayıslarda renk ölçümü yapılarak bireysel kayıslarda bile farklılık gösteren renk

değerlerinde belli bir homojenite sağlanabilmiştir. Kayısı örneklerinin her iki yüzünde de ayrı ayrı renk ölçümü yapılmış ve bulunan değerlerin ortalamaları ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Renk ölçümlerinde "Minolta CM-S100w SpectraMagic NX" 1.22 versiyonu bilgisayar programı kullanılmıştır.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerlerine ilişkin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri bu program kullanılarak hesaplanmıştır.

### **3.2.4 Kimyasal analizler**

#### **3.2.4.1 Titrasyon asitliği tayini**

Titrasyon asitliği, pH ile izlenerek yürütülen titrasyonla saptanmış ve bu amaçla Cemeroğlu (1992) tarafından önerilen işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla, pH tayini için hazırlanmış olan filtrattan 10 mL alınarak 0,1N NaOH ile pH 8.1'e gelene kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği, susuz sitrik asit cinsinden "g/100 mL" olarak hesaplanmıştır. pH tayini için hazırlanan örnek, titrasyon asitliği tayininde de kullanılmıştır.

#### **3.2.4.2 Kükürt dioksit tayini**

Monier Williams (1927) tarafından ortaya konulan ve Reith–Willems tarafından 1958 yılında modifiye edilen destilasyon yöntemi uygulanmıştır (Gökçe 1966). Bu yöntemle göre; kayısındaki kükürt dioksit ( $SO_2$ ), hidroklorik asit (HCl) ile serbest hale geçirilir ve karbondioksit ( $CO_2$ ) ya da azot ( $N_2$ ) gazı gibi inert bir gaz atmosferinde destile edilerek destilat balonundaki hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ile sülfürik aside dönüştürülür. Oluşan asit, ayarlı NaOH ile titre edilmek suretiyle harcanan baz miktarından, kayısındaki kükürt dioksit miktarı hesaplanır. Kükürt dioksit tayininde, yöntemle özgü özel bir destilasyon düzeneği kullanılmaktadır.

Destilasyon sırasında inert gaz olarak  $N_2$  gazı kullanılmıştır.  $N_2$  gazının akış hızı deneyin en kritik faktörüdür.  $N_2$  gazının akış hızı destilasyon balonunda dakikada 40

kabarcık oluşturacak düzeyde ayarlanmalıdır. Bundan hızlı veya yavaş akış olursa sonuçların güvenirliliği ve tekrar edilebilirliği ortadan kalkmaktadır.

Destilasyon dzeneneğindeki balonlara 150 mL damıtık su konulmuş ve N<sub>2</sub> ttipu açılarak içerisinde 10 mL %3'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bulunan destilat balonunda dakikada 40 kabarcık oluşturacak şekilde 15 dak. boyunca gaz akışı sdrdrmluştur. Böylece ortamdaki SO<sub>2</sub>'in (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup>'a oksidasyonuna neden olan oksijenin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Bu süre sonunda, daha önce belirtildiği şekilde kıyma makinasından geçirilerek hazırlanan homojen örnek kitlesinden hassas terazide 5 g örnek tartılmış ve bu örnek destilasyon balonuna aktarılarak ortamdan 5 dak. daha N<sub>2</sub> gazı akışına devam edilmiştir. Daha sonra balonlara 40 mL %15'lik HCl zeltisi eklenerek balondaki karışım 45 dak. kaynamaya bırakılmıştır. Kaynama sonunda elde edilen destilat, damıtık su ile yıkanarak bir erlenmayere aktarılmış ve bunzen bekinde 15 dak. süreyle kaynatılıp soğutulduktan sonra ayarlı NaOH zeltisi ile titre edilmiştir. Analizler en az 2 paralelli olarak ydrtdlmluş ve gerektiğinde paralel sayısı artırılmıştır.

### 3.2.4.3 Esmerleşme düzeyinin belirlenmesi

Esmerleşme düzeyinin belirlenmesi için, Baloch *et al.* (1973) tarafından önerilen ve zkan (2001) tarafından modifiye edilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemin ilkesi, esmerleşme reaksiyonları sonucunda oluşan suda znen kahverengi pigmentlerin %1 formaldehit içeren %2'lik asetik asit zeltisi ile ekstrakte edilmesi ve elde edilen ekstrakta bulunan ve sonuca etki eden karotenoid pigmentlerinin kurşun asetat ve etil alkol ile çöktürülmesine dayanmaktadır. Kurutulmuş kayısıda bulunan SO<sub>2</sub>'in 420 nm dalga boyunda okunan absorbands değerini düşürme etkisini önlemek için ekstraksiyonda kullanılan %2'lik asetik asit zeltisinin %1 formaldehit içermesi ngrlmştur. Aynı şekilde, kayısılarda fazla miktarda bulunan karotenoidlerin 420 nm'de absorbands değerini artırma etkisini engellemek için de, kurşun asetat ve etil alkol ile çöktürme işlemi uygulanmıştır.

Daha önce tarif edildiği gibi elde edilen homojen kitleden 5 g örnek alınarak 65 mL %1 formaldehit içeren %2'lik asetik asit içinde 1 gün süreyle +4°C'de rehidrasyona

bırakılmıştır. Bu karışım daha sonra 3 dak. süreyle blenderda (Waring, Torrington, A.B.D.) homojenize edilmiştir. Blender asetik asit çözeltisiyle iyice yıkandıktan sonra elde edilen bulanık ekstrakt 8000 g'de 8 dak. süreyle santrifüj (Sigma 3K 15, Osterode um Harz, Almanya) edilmiştir. Santrifüj tüplerinin üstteki sıvı kısımları (supernatant) bir behere ayrılıp, üzerine 5 mL %10'luk kurşun asetat çözeltisi eklendikten sonra bir cam çubukla iyice karıştırılmış ve bu karışım %1 formaldehit içeren %2'lik asetik asit çözeltisi ile 100 mL'ye tamamlanmış ve bir defa daha aynı süre ve aynı devirde santrifüj işlemi uygulanmıştır. Supernatant alınarak eşit hacimde etil alkol ile karıştırılmış ve bulanıklık ögeleri tekrar santrifüjlenerek çöktürülmüştür. Böylece berrak bir sıvı elde edilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri, örnek ve şahitin aynı anda konulabildiği çift huzmeli (double-beam) spektrofotometre (ThermoSpectronic Helios- $\alpha$ , Cambridge, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. Absorbans ölçümleri, örneklerdeki esmerleşme düzeyinin belirlenmesi için 420 nm'de, çok düşük düzeyde bulunan bulanıklığın belirlenmesi için ise, 600 nm'de yapılmıştır. Esmerleşme düzeyi, 420 ve 600 nm'de okunan absorbans değerleri arasındaki farkın seyreltme faktörleri ile çarpılması ile hesaplanmış ve sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

### **3.2.5 Mikrobiyolojik analizler**

Mikrobiyolojik analizler, fiziksel ve kimyasal analizlerle aynı dönemlerde yürütülmüştür. Bu amaçla, depolama çalışmalarının yürütüldüğü inkübatörlerden her 2 ayda bir, 3 tane ambalaj alınmış ve 300 g'lık kitleden aseptik koşullarda 30 g örnek alınmıştır. Bu analiz için ayrılan 3 ambalajdan da, eşit miktarda örnek alınmasına özen gösterilmiştir. Örnek, 90 ml steril peptonlu su içeren erlenmayere aktarılmış ve orbital çalkalayıcıda 200 rpm'de 1.5 dak. süreyle çalkalanmıştır. Böylece örnekte bulunabilecek muhtemel mikroorganizmaların peptonlu suya geçmesi sağlanmıştır. Elde edilen bu homojenattan peptonlu suyla uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve bu dilüsyonlardan dökme yöntemiyle ekimler yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak yürütülmüştür.

### **3.2.5.1 Toplam aerob mezofil ve psikrofil bakteri sayımı**

Bu amaçla, "Plate Count Agar" (PCA) besiyerine ekimler yapılmış ve ekim yapılan besiyerleri mezofiller için 30°C'de 72–96 saate kadar, psikrofil bakteriler için 5°C'de 10–15 gün süreyle inkübe edilmiştir.

### **3.2.5.2 Maya ve küf sayımı**

Örneklerde maya ve küf sayılarının saptanması amacıyla uygun dilüsyonlardan %10 oranında tartarik asitle asitlendirilerek pH'sı 3.5'e düşürülen "Potato Dextrose Agar" (PDA) besiyerine ekim yapılmış ve besiyerleri 30°C'de 7 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır.

### **3.2.5.3 *Enterobacteriaceae* sayımı**

*Enterobacteriaceae* sayımı için "Violet Red Bile Glucose Agar" besiyerine çift tabaka yöntemiyle ekim yapılmış ve besiyerleri 37°C'de 24–48 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır.

### **3.2.5.4 Stafilokok sayımı**

Stafilokok sayımı amacıyla yumurta sarısı ve potasyum tellurit ilave edilmiş "Baird Parker" (BP) besiyeri kullanılmış ve besiyerleri 37°C'de 24–48 saat süreyle inkübe edilmiştir.

### **3.2.6 Kinetik parametrelerin hesaplanması**

Bu çalışmada, orta nem düzeyine getirilmiş kayısıların depolama süresince SO<sub>2</sub>, esmerleşme ve yüzey rengi ile ilgili parametrelerin değişimlerinin kinetiği incelenmiştir. Kükürt dioksitin kaybı ve esmer renk oluşumu reaksiyonlarının hem sıfıncı ve hem de birinci derece kinetik modele uygun olarak geliştikleri belirlenmiştir. Bu nedenle sıfıncı ve birinci derece kinetik modelleri tanımlayan 3.1. ve 3.2. no'lu differansiyel

eşitliklerin integrali alınarak elde edilen 3.3. (sıfıncı derece) ve 3.4. (birinci derece) no'lu eşitlikler kullanılmıştır.

$$-\frac{dC}{dt} = k_0 \text{ (uzaklaşma)} \quad \text{veya;} \quad +\frac{dC}{dt} = k_0 \text{ (oluşum)} \quad (3.1.)$$

$$-\frac{dC}{dt} = k_1 C \text{ (uzaklaşma)} \quad \text{veya;} \quad +\frac{dC}{dt} = k_1 C \text{ (oluşum)} \quad (3.2.)$$

$$C = -k_0 t + C_0 \text{ (uzaklaşma)} \quad \text{veya;} \quad C = k_0 t + C_0 \text{ (oluşum)} \quad (3.3.)$$

$$\ln C = -k_1 t + \ln C_1 \text{ (uzaklaşma)} \quad \text{veya;} \quad \ln C = k_1 t + \ln C_1 \text{ (oluşum)} \quad (3.4.)$$

Burada;

$C_0$ : İncelenen bileşenin başlangıç konsantrasyonu

$C$  : İncelenen bileşenin t süre sonundaki konsantrasyonu

$k$  : Reaksiyon hız sabiti

$t$  : Süre

Kinetik parametrelerin hesaplanmasında Özkan ve Cemeroğlu (2004) tarafından verilen hesaplama yöntemleri kullanılmıştır.

### 3.2.6.1 Reaksiyon hız sabitinin (k) hesaplanması

Kükürt dioksitin azalması ve esmer renk oluşumuna ilişkin değerler “y” eksenine, süreler “x” eksenine işlenerek, aritmetik ölçekli bir grafikte doğrusal bir eğri elde



edilmiştir. Aynı şekilde, bu kez incelenen kalite kriterinin konsantrasyonuna ilişkin orijinal deney verileri herhangi bir transformasyon işlemi yapılmadan doğrudan 10 tabanına göre düzenlenmiş yarı-logaritmik bir grafik kağıdının logaritmik ölçekli “y” eksenine, süreler ise aritmetik ölçekli “x” eksenine işlenerek doğrusal bir eğri elde edilmiştir. Elde edilen bu eğrilere linear regresyon analizi uygulanarak eğrilerin denklemleri hesaplanmış ve elde edilen denklemlerin eğim değerleri kullanılarak aşağıda verilen 3.5. ve 3.6. no'lu eşitliklere göre reaksiyon hız sabitleri (k) hesaplanmıştır:

$$k = \text{eğim} \quad (\text{Sıfıncı derece için}) \quad (3.5.)$$

$$k = (\text{eğim}) \times 2.303 \quad (\text{Birinci derece için}) \quad (3.6.)$$

### 3.2.6.2 Yarılanma süresinin ( $t_{1/2}$ ) hesaplanması

Bu değer, incelenen kalite kriterinin %50'sini kaybetmesi için gerekli süre olup birinci derece kinetik modele uyan reaksiyonlar için 3.7. no'lu eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$t_{1/2} = \ln(0.5) k^{-1} \quad (3.7.)$$

### 3.2.6.3 Aktivasyon enerjisinin ( $E_a$ ) hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklığa bağımlılığı, 3.8. no'lu Arrhenius eşitliği yardımıyla aktivasyon enerjisinin ( $E_a$ ) hesaplanmasıyla belirlenmiştir:

$$k = k_0 \exp^{-E_a/RT} \quad (3.8.)$$

Hesaplamalarda 3.8. no'lu eşitliğin, 3.9. no'lu formu kullanılmıştır :

$$\ln k = \frac{-E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln k_0 \quad (3.9.)$$

Burada;

k : Hız sabiti

k<sub>0</sub> : Frekans faktörü

E<sub>a</sub> : Aktivasyon enerjisi (kJ mol<sup>-1</sup>)

R : Gaz sabiti (8.314 x 10<sup>-3</sup> kJ mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

T : Sıcaklık (K)

Bu amaçla, incelenmekte olan reaksiyona ilişkin hız sabitlerinin (k) doğal logaritmaları (lnk) aritmetik ölçekli bir grafiğin “y” eksenine ve sıcaklık değerlerinin (Kelvin) resiprokali (1/T) aynı grafiğin “x” eksenine işlenerek, doğrusal bir eğri elde edilmiştir. Arrhenius grafiği denilen bu kurveye regresyon analizi uygulanmış ve elde edilen denklemin eğimi ile gaz sabiti çarpılarak, aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

#### 3.2.6.4 Q<sub>10</sub> değerinin hesaplanması

Reaksiyonun sıcaklığa bağımlılık düzeyini gösteren diğer bir boyut olan Q<sub>10</sub> değerinin hesaplanmasında ise, 3.10. no’lu eşitlik kullanılmıştır :

$$Q_{10} = (k_2/k_1)^{10/(T_2 - T_1)} \quad (3.10.)$$

Burada:

k<sub>1</sub> : T<sub>1</sub> derecedeki hız sabiti

k<sub>2</sub> : T<sub>2</sub> derecedeki hız sabiti

### 3.2.7 İstatistik değerlendirme

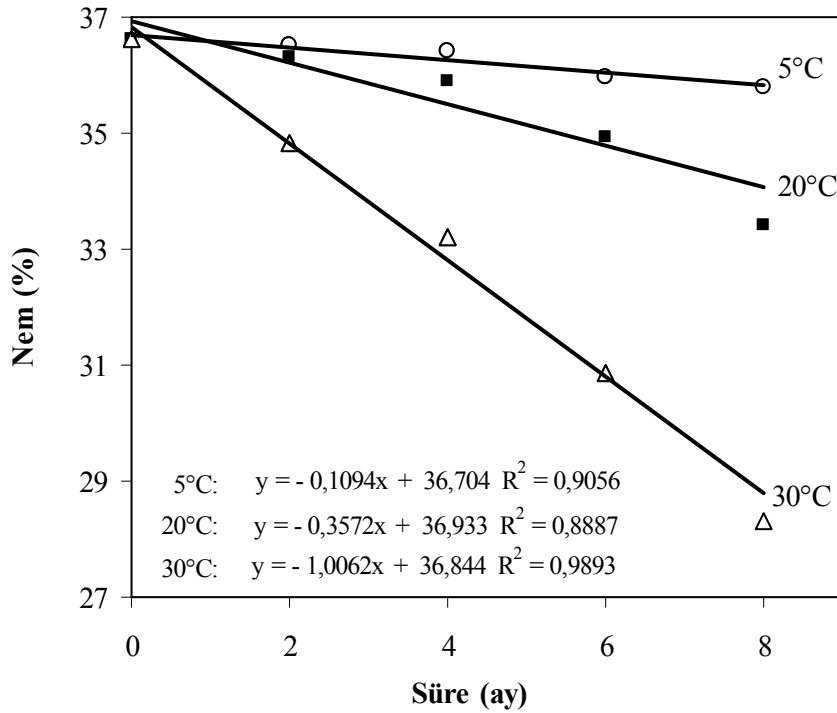
Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanmasının çeşitli kalite kriterleri (SO<sub>2</sub>, esmerleşme, yüzey rengi, titrasyon asitliği, pH ve mikrobiyoloji) üzerine etkisi ile ilgili veriler, faktöriyel düzende varyans analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Varyans analiz sonucuna göre, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gruplar arası farklılıklar kontrol edilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık faktörünün 5°, 20° ve 30°C olmak üzere 3 seviyesi, süre faktörünün 0, 2, 4, 6 ve 8 olmak üzere 5 seviyesi ve grup faktörünün de "damıtık su" ve "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" içinde rehidrasyon olmak üzere 2 seviyesi vardır. Alt gruplardaki replikasyon sayısı SO<sub>2</sub> analizlerinde 2; esmerleşme, titrasyon asitliği ve pH analizlerinde 4; mikrobiyolojik sayımlarda 3 ve yüzey renk analizlerinde ise 20'ye eşittir. İstatistik testler için "Minitab for Windows (ver. 12, 1998)" ve "MSTAT (ver. 3.00, 1985)" paket programları kullanılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

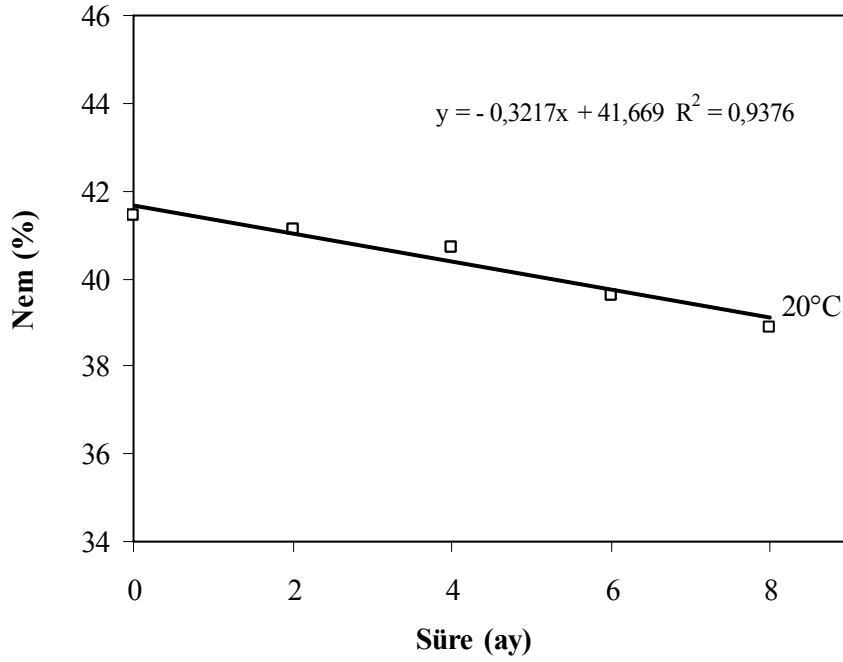
### 4.1 Nem Düzeyindeki Azalma

“Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince nem oranının azalışına ilişkin veriler Şekil 4.1, “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen kayısların nem oranlarının azalışına ilişkin veriler ise, Şekil 4.2’de verilmiştir.

Şekil 4.1 ve 4.2’de görüldüğü gibi, depolanma süresiyle nem oranındaki azalma arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak orta nemli kayıslardaki nem miktarının azaldığı gözlenmektedir. 8 aylık bir depolama süresi sonunda; nemin, 5°C’de %2.25, 20°C’de %8.75 ve 30°C’de %22.76; “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan örneklerde ise, %6.19 oranında azaldığı saptanmıştır. Özellikle 30°C’de depolanan kayıslarda önemli miktarda nem kaybı gözlenmiştir.



Şekil 4.1 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince nem düzeyindeki azalma



Şekil 4.2 “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince nem düzeyindeki azalma

#### 4.2 Su Aktivitesindeki Azalma

Orta nemli kayısların su aktivitesi ( $a_w$ ) ölçümleri 25°C’de yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça,  $a_w$  değerlerinin tüm örneklerde azaldığı görülmektedir. 8 aylık depolama sonunda “damıtık su” ile rehidre edilen kayısların  $a_w$  değerlerinin 0.806’dan; 5°C’de 0.781’e, 20°C’de 0.763’e ve 30°C’de 0.696’ya; 20°C’de depolanan ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen örneklerde ise, 0.834’dan 0.782’ye düştüğü saptanmıştır. Bilindiği üzere enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları 0.65–0.70  $a_w$  değerleri arasında maksimuma ulaşmaktadır (Taoukis *et al.* <http://www.fsci.umn.edu>, 2005). 30°C’de depolanan orta nemli kayısların hızla esmerleşme nedenlerinden bir tanesinin de, bu kayısların  $a_w$  değerinin depolama süresince belirtilen bu değerlere doğru düşüş göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince su aktivite ( $a_w$ ) değerlerindeki değişim

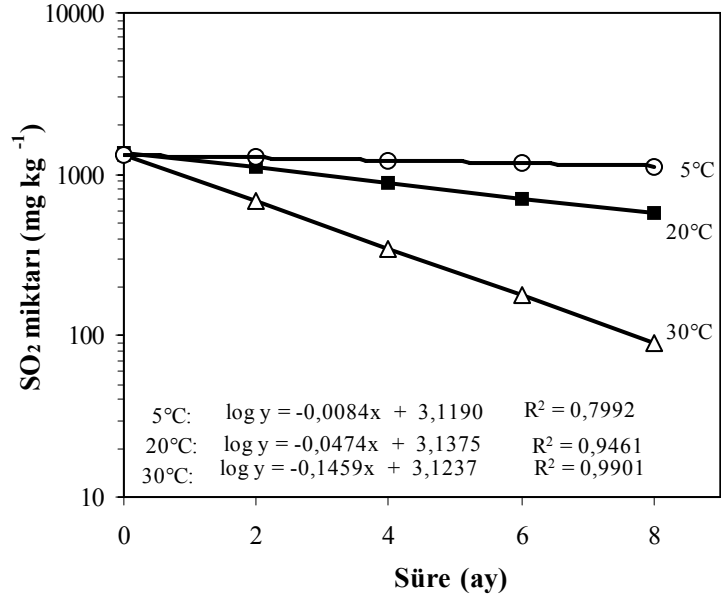
Sıcaklık (°C)	Süre (ay)	$a_w$
5°C	0	0.806
	2	0.793
	4	0.787
	6	0.784
	8	0.781
20°C	0	0.806
	2	0.792
	4	0.785
	6	0.772
	8	0.763
30°C	0	0.806
	2	0.780
	4	0.763
	6	0.722
	8	0.696
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (20°C)	0	0.834
	2	0.822
	4	0.819
	6	0.799
	8	0.782

### 4.3 Kükürt Dioksit İçeriğindeki Azalma

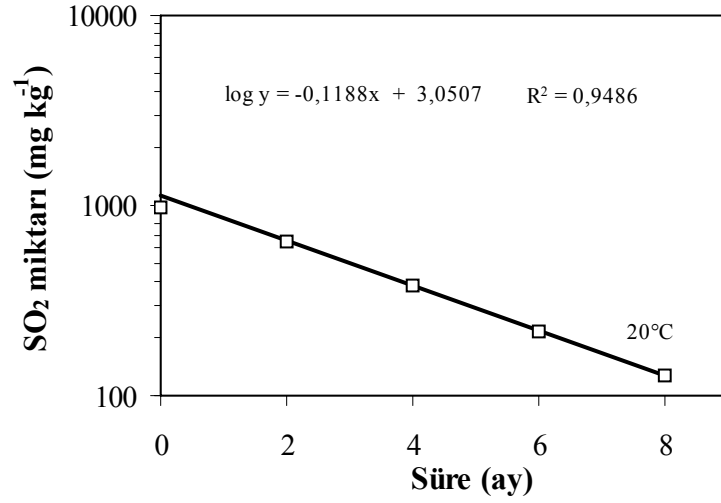
Bilindiği gibi, kuru kayıslarda izin verilen SO<sub>2</sub> miktarı, ülkeden ülkeye değişmekle birlikte genelde maksimum 2000 ppm olarak kabul edilmiştir (Codex Alimentarius Commission 1989, Türk Gıda Kodeksi 1997). Ancak bu oran belirlenirken nem düzeyi belirtilmemiştir. Ülkemizden ihraç edilen kuru kayısların nem düzeyi %24–26 arasında, SO<sub>2</sub> miktarı ise, genelde en fazla 2000 ppm düzeyinde bulunmaktadır. Bu nedenle, hem kıyaslama yapılabilmesi, ve hem de ihracatımızdaki nem değerleri dikkate alınarak, araştırmamızda, orta nemli kayısı örneklerindeki kükürt dioksit miktarları %25 nem düzeyi temel alınarak hesaplanmıştır.

Farklı depolama sıcaklıklarında, orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub> kaybına ilişkin veriler Şekil 4.3 ve 4.4’de verilen grafiklerde gösterilmiştir. Bu iki grafikte de görüldüğü gibi, her bir depolama sıcaklığı için SO<sub>2</sub> kaybına ilişkin değerlerin "y" eksenine, sürelerin "x" eksenine yerleştirilmesiyle, yarı-logaritmik ölçekli bir grafikte doğrusal bir eğri elde edilmiştir. Bu durum, orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub>'in depolama süresince kaybının birinci dereceden kinetik model ile tanımlanabileceğini göstermektedir. Bu amaçla, elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve bu analiz sonucu elde edilen regresyon denklemleri ve determinasyon katsayıları (R<sup>2</sup>) grafiklerin üzerinde verilmiştir. Literatürde orta nemli gıdalardan SO<sub>2</sub>'in kaybına ilişkin herhangi bir kinetik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle elde edilen veriler, kuru kayıslardan SO<sub>2</sub>'in kaybı/uzaklaştırılmasına yönelik verilen değerlerle kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmalarda, kuru kayıslardan depolama boyunca SO<sub>2</sub>'in kaybının birinci dereceden kinetik modele uyduğu gösterilmiştir (Stadtman *et al.* 1946, Davis *et al.* 1973).

Stadtman *et al.* (1946), nem oranı %23 ve SO<sub>2</sub> içeriği 5350 ppm olan kayısları 5 farklı sıcaklıkta depolamış (22.2°C, 27.8°C, 36.7°C, 41.8°C ve 49°C) ve periyodik olarak aldıkları örneklerde yaptıkları analizlerle SO<sub>2</sub> kaybının sıcaklığa ve depolama süresine bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır. 22°C’de yaklaşık 4 aylık depolama sonunda SO<sub>2</sub> düzeyinde %26 kayıp olurken, 27.8°C’de depolamada aynı süre sonunda %46, yaklaşık 9 ay sonunda ise %74’lük kayıp olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.3 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO<sub>2</sub> miktarındaki azalma



Şekil 4.4 “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince SO<sub>2</sub> miktarındaki azalma



Aynı kayıp (%74); 36.7°C'de 80 günde, 41.8°C'de 35 günde ve 49°C'de 21 günde gerçekleşmiştir. Aynı çalışmada, kayıslardan SO<sub>2</sub> kaybının yarı ömür süresinin 22.2°C'de 292 gün, 27.8°C'de 140 gün, 36.7°C'de 42 gün, 41.8°C'de 22 gün ve 49°C'de 11 gün olduğu saptanmıştır. Davis *et al.* (1973), 2120 ppm ve 2750 ppm SO<sub>2</sub> içeren %25 nemli kayısları, SO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> geçiren ve geçirmeyen ambalajlarda, O<sub>2</sub> ya da N<sub>2</sub> gazı atmosferinde kapatıp ve bu gazların atmosferinde 25°C'de depolamışlardır. Toplam, bağlı ve serbest SO<sub>2</sub> içeriğinde en hızlı azalmanın O<sub>2</sub> gazı ile kapatılan ve gaz geçirgenliği yüksek olan ambalajlarda muhafaza edilen kayıslarda; buna karşın en yavaş azalmanın ise, N<sub>2</sub> gazı ile kapatılan ve gaz geçirgenliği düşük ambalajlarda muhafaza edilen kayıslarda olduğu saptanmıştır. Kuru kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada ise; kuru kayıslar 40°, 50° ve 60°C'lerdeki kuru hava akımında tutulmuş ve bu sıcaklıklarda SO<sub>2</sub>'in uzaklaşmasının hem sıfıncı ve hem de birinci derece kinetik modele uyduğu gösterilmiştir (Özkan and Cemeroğlu 2002b). Bu çalışmada 40° ve 50°C sıcaklıklarda SO<sub>2</sub> miktarının başlangıçta hızla düştüğü ve daha sonra bu düşüşün yavaşladığı saptanmıştır. Bu nedenle bu iki sıcaklıkta SO<sub>2</sub> miktarındaki azalmanın bifazik gelişim gösterdiği belirtilmiştir. Buna karşın 60°C'de yapılan işlemde, SO<sub>2</sub>'in tüm kurutma dönemi boyunca aynı hızla azaldığı saptanmıştır. Araştırmacılar bu durumun, 40° ve 50°C gibi nispeten düşük sıcaklıklarda, başlangıçta materyalin yüzeyindeki kolay uzaklaşabilen SO<sub>2</sub>'in hızla uzaklaşmasına, buna karşın kurutmanın ileri aşamalarında ise SO<sub>2</sub>'in uzaklaşma hızının, materyalin merkezinden SO<sub>2</sub>'in yüzeye difüzyonu tarafından belirlendiği sonucuna ulaşmışlardır. Buna karşın, 60°C'de ise hem başlangıçta ve hem de kurutmanın ileri aşamalarında uygulanan sıcaklığın SO<sub>2</sub>'i aynı hızla uzaklaştırabilecek kadar etkili olabileceği ileri sürülmektedir.

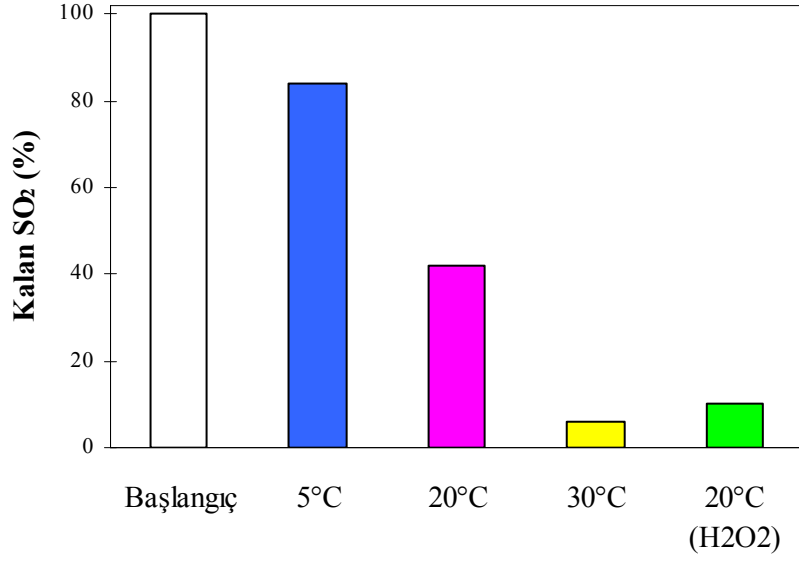
Depolama sıcaklıklarının SO<sub>2</sub>'in kaybı üzerine etkisi, birinci dereceden hız sabitlerinin ve bu sabitlerden hesaplanan yarılanma sürelerinin ( $t_{1/2}$ ) kıyaslanmasıyla görülebilir. Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi depolama sıcaklığı yükseldikçe, orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaşma hızı artmıştır. 5°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki SO<sub>2</sub>'in kaybına ilişkin  $t_{1/2}$  değerleri sırasıyla; 35.8, 6.3 ve 2.1 ay olarak saptanmıştır. Bu değerler kıyaslanınca, 5°C sıcaklıktaki depolamada SO<sub>2</sub>'in çok yavaş olarak uzaklaştığı, buna karşın özellikle 30°C'de depolamada SO<sub>2</sub> uzaklaşma hızının çok arttığı açıkça

görülmektedir. Bu durum, somut olarak Şekil 4.5'de verilen histogramda da gösterilmiştir. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, orta nemli kayısların 8 ay depolanması sonunda SO<sub>2</sub>'in; 5°C'de %16; 20°C'de %58 ve 30°C'de ise, %94'ünün uzaklaştığı saptanmıştır. Buna karşın, “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C'de depolanan orta nemli kayıslarda ise, 8 aylık depolama sonunda SO<sub>2</sub>'in %90'ünün uzaklaştığı belirlenmiştir. Sadece “damıtık suda” rehidre edilerek orta nemli hale getirilen ve 20°C'de depolanan örnekler ile, “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve yine 20°C'de depolanan örnekler kıyaslandığında, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'li örneklerde çok daha fazla SO<sub>2</sub> kaybı olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in ortamda bulunan SO<sub>2</sub> ile reaksiyona girmesi ve bu reaksiyon sonucu SO<sub>2</sub>'i, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>'a okside etmesidir (McFeeters 1998). Bu etki özellikle depolamanın ilk bölümünde (0–2 ay), belirgin bir şekilde görülmektedir. SO<sub>2</sub> içeriğinde, 2 aylık depolama sonunda %37'lik bir azalma olduğu saptanmıştır. Bilindiği gibi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aşırı kükürlenmiş kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaştırılması amacıyla ülkemizde yaygın olarak uygulanmaktadır (Özkan 2001).

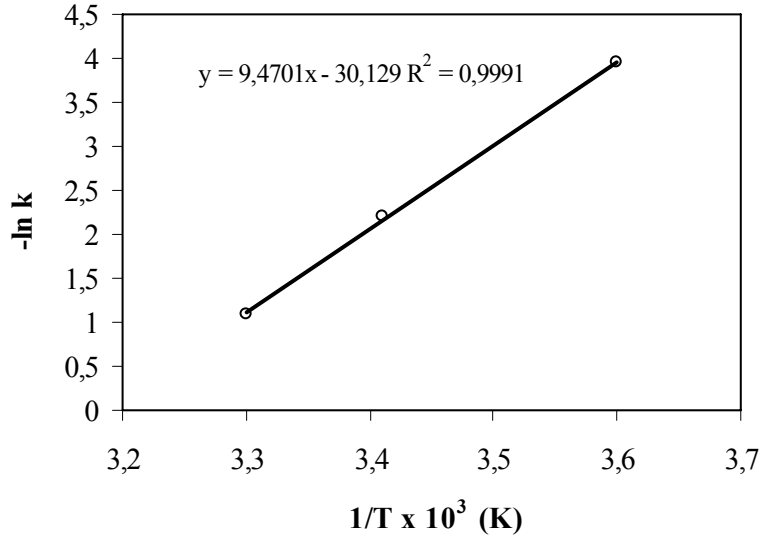
Çizelge 4.2 Orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub>'in kaybına ilişkin kinetik katsayılar

Sıcaklık (°C)	k (ay <sup>-1</sup> )	t <sub>1/2</sub> (ay)	Q <sub>10</sub>		E <sub>a</sub> (kJ mol <sup>-1</sup> )
			5°– 20°C	20°– 30°C	
5	0.01935	35.8			
20	0.10916	6.3	3.17	3.08	79.8
30	0.33600	2.1			

Orta nemli kayıslardan depolama süresince SO<sub>2</sub> kaybının sıcaklığa bağlılığının saptanması amacıyla aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>) ve Q<sub>10</sub> değerleri hesaplanmıştır. Arrhenius grafiğinin oluşumuna ilişkin veriler Çizelge 4.3'de, Arrhenius grafiği ise Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5 Farklı sıcaklıklarda 8 ay süreyle depolanan orta nemli kayıslarda SO<sub>2</sub> miktarındaki azalmalar



Şekil 4.6 Orta nemli kayıslardan depolama süresince SO<sub>2</sub>'in kaybına ilişkin Arrhenius grafiği

Çizelge 4.3 Orta nemli kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO<sub>2</sub> içeriklerindeki azalmaya ilişkin Arrhenius grafiği için gerekli veriler

Sıcaklık		k (ay <sup>-1</sup> )	-ln k	1/T x 10 <sup>3</sup> (K)
(°C)	(K)			
5	278	0.01935	3.9451	3.60
20	293	0.10916	2.2149	3.41
30	303	0.33600	1.0906	3.30

Materyal ve metod bölümünde de değinildiği gibi, aktivasyon enerjisi "E<sub>a</sub> = eğim x R" eşitliği ile hesaplanmıştır. Hesaplanan E<sub>a</sub> değeri ile Q<sub>10</sub> değeri Çizelge 4.2'de verilmiştir. 5°–30°C sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaşmasına ilişkin E<sub>a</sub> değeri 79.8 kJ mol<sup>-1</sup>; Q<sub>10</sub> değeri ise, 5°–20°C arasında 3.17 ve 20°–30°C arasında 3.08 olarak hesaplanmıştır.

Depolama sıcaklığının 5°C'den 20°C'ye çıkarılmasının etkisi ile sıcaklığın 20°C'den 30°C'ye yükseltilmesi arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Bu durum iki sıcaklık aralığındaki birbirine yakın Q<sub>10</sub> değeri ile açıklanabilmektedir. Ancak, bu kıyaslama yapılırken, orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub> uzaklaşma hızının 5°C'de çok yavaş olduğu dikkate alınmalıdır (k<sub>5°C</sub>=0.01935 ay<sup>-1</sup>).

Orta nemli kayıslardan depolama sıcaklığı ve depolama süresinin SO<sub>2</sub> kaybı üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları EK 1'de (Çizelge 1) verilmiştir. Bu sonuçlar, SO<sub>2</sub> kaybı için "sıcaklık x süre" interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01). Bunun anlamı, sıcaklıklar arasındaki farkların sürelele göre değıştiği veya bir başka deyişle sürelerin ortalamaları arasındaki farkların sıcaklıktan sıcaklığa değıştiğidir. Bundan dolayı, sürelele göre SO<sub>2</sub> içeriklerinin ortalamaları arasındaki farkların istatistik olarak önemli olup olmadığı 5°C, 20°C ve 30°C'de ayrı ayrı irdelenmiştir. Benzer şekilde; 5°C, 20°C ve 30°C'deki SO<sub>2</sub> içeriklerinin ortalamaları arasındaki farkların irdelenmesi de 5 farklı depolama süresinde ayrı ayrı yapılmıştır.

Duncan testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.4); 5°C'deki depolamada, SO<sub>2</sub> düzeyinde 2. ayda önemli bir değışme olduğu (p<0.05); 2. aydan sonra ise SO<sub>2</sub> düzeyinde önemli bir değışim olmadığı saptanmıştır (p>0.05). 20°C'deki depolamada, başlangıçtaki SO<sub>2</sub> düzeyine göre tüm aylarda önemli değışmeler olduğu (p<0.05); yalnızca 2. ve 4. aylar

arasındaki değişimin önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). 30°C’deki depolamada ise, başlangıçtaki SO<sub>2</sub> düzeyine göre depolama boyunca önemli değişmeler olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Her bir depolama süresinde depolama sıcaklıklarındaki SO<sub>2</sub> düzeyleri karşılaştırıldığında ise, ortalamalar arasında önemli farklar olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.4 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısların SO<sub>2</sub> düzeylerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
5	1368±23.5Aa	1222±13.5Ba	1188±49.0Ba	1171±24.5Ba	1151±14.5Ba
20	1368±23.5Aa	1046±38.0Bb	1011±30.0Bb	664±7.5Cb	580±4.0Db
30	1368±23.5Aa	593±7.5Bc	385±3.5Cc	201±7.0Dc	83±3.5Ec

<sup>1</sup> SO<sub>2</sub> değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–E : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ ).

a–c : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ ).

“Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edildikten sonra 20°C’de depolanan kayısların SO<sub>2</sub> düzeyleri arasındaki farklar da varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 1’de (Çizelge 2) verilmiştir. Bu sonuçlar, SO<sub>2</sub> düzeyi için grup × süre interaksiyonunun istatistik olarak önemsiz olduğunu göstermiş ( $p>0.01$ ) ve bu nedenle de bu verilere Duncan testi yapılmamıştır.

#### 4.4 pH ve Titrasyon Asitliğindeki Değişmeler

Depolama süresince, orta nemli kayısların pH değerlerinde az da olsa bir düşüş, buna karşın titrasyon asitliği değerlerinde ise, belirgin bir artış olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5). 5°C’de depolanan örneklerde, depolama süresince pH ve titrasyon asitliği değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Buna karşın; 20° ve 30°C’de depolanan örneklerde ise, belirgin bir pH düşüşü gerçekleşmiştir. Depolama süresince örneklerdeki nem kaybı dikkate alınarak, titrasyon asitliği değerleri “kuru ağırlık” üzerinden hesaplanarak ayrı bir sütunda verilmiştir (Çizelge 4.5). Titrasyon asitliği değerleri 1.900 g/100 g kuru ağırlıktan; 5°C’de 2.140’a, 20°C’de 2.260’a ve 30°C’de

2.370'e, "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen ve 20°C'de depolanan örneklerde ise, 1.940'dan 2.440'a yükselmiştir.

Çizelge 4.5 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince pH ve titrasyon değerlerindeki değişimler

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)	pH	Titrasyon asitliği <sup>1</sup> (g/100 g)	Titrasyon asitliği <sup>2</sup> (g/100 g)
5°C	0	4.27	1.204	1.900
	2	4.26	1.181	1.900
	4	4.26	1.260	1.990
	6	4.26	1.332	2.080
	8	4.22	1.369	2.140
20°C	0	4.27	1.204	1.900
	2	4.22	1.039	2.030
	4	4.19	1.630	2.550
	6	4.12	1.444	2.220
	8	4.02	1.502	2.260
30°C	0	4.27	1.204	1.900
	2	4.10	1.356	2.090
	4	4.05	1.416	2.120
	6	3.94	1.660	2.440
	8	3.94	1.696	2.370
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (20°C)	0	4.20	1.134	1.940
	2	4.16	1.274	2.160
	4	4.07	1.297	2.190
	6	4.06	1.421	2.350
	8	4.01	1.490	2.440

<sup>1</sup> Titrasyon asitliği, "g/100 g nemli kayısı" cinsinden hesaplanmıştır.

<sup>2</sup> Titrasyon asitliği, örnekteki nem miktarı dikkate alınarak "g/100 g kuru ağırlık" cinsinden hesaplanmıştır.

Depolama sıcaklık ve süresine bağlı olarak saptanan titrasyon asitliğindeki artış, iki farklı şekilde yorumlanabilir. Pektinin hidrolizi ile oluşan galaktronik asit, titrasyon asitliğinin artmasına neden olabileceği gibi; SO<sub>2</sub>, ortamdaki su ile reaksiyona girerek sülfüroz asidin (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) oluşmasına ve böylece titrasyon asitliğinin artmasına neden olabilir.

Depolama sıcaklık ve süresinin orta nemli kayısıların pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları EK 1’de (Çizelge 3 ve 4) verilmiştir. Bu sonuçlar, "sıcaklık × süre" interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01). Duncan testi sonuçları (Çizelge 4.6), depolama başlangıcındaki pH değerine göre 5°C’deki depolamada, 8. ayda önemli bir değişim olduğu (p<0.05); 20°C ve 30°C’deki depolamada ise, 2. aydan itibaren önemli değişimler olduğunu göstermiştir (p<0.05). Depolama sürelerine göre sıcaklıklar arasındaki fark irdelendiğinde ise, 2. ayda 30°C ile diğer sıcaklıklar arasındaki; 4, 6 ve 8. aylardaki depolamalarda ise, tüm sıcaklıklar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Titrasyon asitliği bakımından Duncan testi sonuçları (Çizelge 4.7); 5°C’deki depolamada 6. aydan, 20°C’deki depolamada 4. aydan ve 30°C’deki depolamada ise, 2. aydan itibaren önemli bir değişim olduğunu göstermiştir (p<0.05). Sürelere göre sıcaklıklar arasındaki farklar karşılaştırıldığında ise, 2. ayda 5°C ve 30°C, 4. ayda 20°C ile diğer sıcaklıklar, 6. ayda 30°C ile diğer sıcaklıklar ve 8. ayda 5°C ve 30°C arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 4.6 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısıların pH değerlerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
5	4.27±0.0065Aa	4.26±0.0041ABa	4.26±0.0048ABa	4.26±0.0029ABa	4.22±0.0029Ba
20	4.27±0.0065Aa	4.22±0.0048Ba	4.19±0.0063Bb	4.12±0.0050Cb	4.02±0.0050Db
30	4.27±0.0065Aa	4.10±0.0542Bb	4.05±0.0155Cc	3.94±0.0082Dc	3.94±0.0000Dc

<sup>1</sup>pH değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–D : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–c : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.7 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısların titrasyon asitliği<sup>1</sup> değerlerinin Duncan testi ile karşılaştırılması

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
5	1.900±0.0181Ba	1.900±0.0253Bb	1.990±0.0525ABb	2.080±0.0276Ab	2.140±0.0393Ab
20	1.900±0.0181Ca	2.030±0.0183Cab	2.550±0.0411Aa	2.220±0.0397Bb	2.260±0.0301Bab
30	1.900±0.0181Ca	2.090±0.0403Ba	2.120±0.1620Bb	2.440±0.0081Aa	2.370±0.0005Aa

<sup>1</sup>Titrasyon asitliği değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–C : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

“Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve daha sonra 20°C’de depolanan orta nemli kayısların pH ve titrasyon asitliği değerleri arasındaki farklar da varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 1’de (Çizelge 5 ve 6) verilmiştir. Bu sonuçlar, pH ve titrasyon asitliği değerlerinde "grup × süre" interaksyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01).

Duncan testi sonuçları, pH (Çizelge 4.8) ve titrasyon asitliği (Çizelge 4.9) bakımından her bir grupta depolama süreleri arasında önemli farkın olduğu; benzer şekilde iki grup arasındaki farkın da depolama sürelerinde genelde önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Çizelge 4.8 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların pH değerlerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Gruplar	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
Damıtık su	4.27±0.0065Aa	4.22±0.0048Ba	4.19±0.006Ba	4.12±0.0050Ca	4.02±0.0050Da
Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4.20±0.01Ab	4.16±0.003Bb	4.07±0.01Cb	4.06±0.01Cb	4.01±0.003Db

<sup>1</sup>pH değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–D : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).



Çizelge 4.9 "Damıtık su" ve "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısıların titrasyon asitliği değerlerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Gruplar	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
Damıtık su	1.900±0.0181Ca	2.030±0.0183Cb	2.550±0.0411Aa	2.220±0.0397Bb	2.260±0.0301Bb
Damıtık su + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.940±0.010Da	2.160±0.012Ca	2.190±0.023Cb	2.350±0.002Ba	2.440±0.021Aa

<sup>1</sup>Titrasyon asitliği değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–C : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

#### 4.5 Depolama Süresince Renkte Oluşan Değişmeler

Kurutulmuş ya da orta nemli kayıslarda kalite kriterlerinin başında renk gelmektedir. Bu nedenle, depolama süresince orta nemli kayısıların renklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Abdelhaq and Labuza (1987) kuru kayısıların kalitesini belirleyen en önemli kriterin düşük esmerleşme derecesi ve elastik bir tekstür olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek sıcaklıkta depolanan kayısılar ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile muamele edilen kayısıların renklerinin depolama süresince esmerleştiği çıplak gözle dahi kolaylıkla algılanabilir olduğu denemelerimizde gözlenmiştir. Bu renk değişiminin, muhtemelen SO<sub>2</sub>'in uzaklaşmasına bağlı olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Renkte görülen bu değişimler, hem esmerleşme düzeyinin tayini ve hem de reflektans spektrofotometresiyle yüzey renginin ölçülmesiyle objektif değerler halinde saptanmış ve bu analizler ile ilgili bulgulara aşağıda değinilmiştir.

##### 4.5.1 Esmerleşme düzeyindeki değişimler

Orta nemli kayısıların 5°C, 20°C ve 30°C’de depolanma süresi boyunca, esmer renk oluşumuna ilişkin sonuçlar Şekil 4.7 ve 4.8’de iki farklı grafikte gösterilmiştir. Verilere regresyon analizi uygulanmış ve bu analiz sonucu elde edilen regresyon denklemi ve determinasyon katsayısı (R<sup>2</sup>) değerleri grafik üzerinde verilmiştir. R<sup>2</sup> değerleri karşılaştırıldığında, orta nemli kayıslarda depolama süresince esmer renk oluşumunun hem sıfıncı ve hem de birinci derece kinetik modele uyduğu anlaşılmaktadır. Şekil

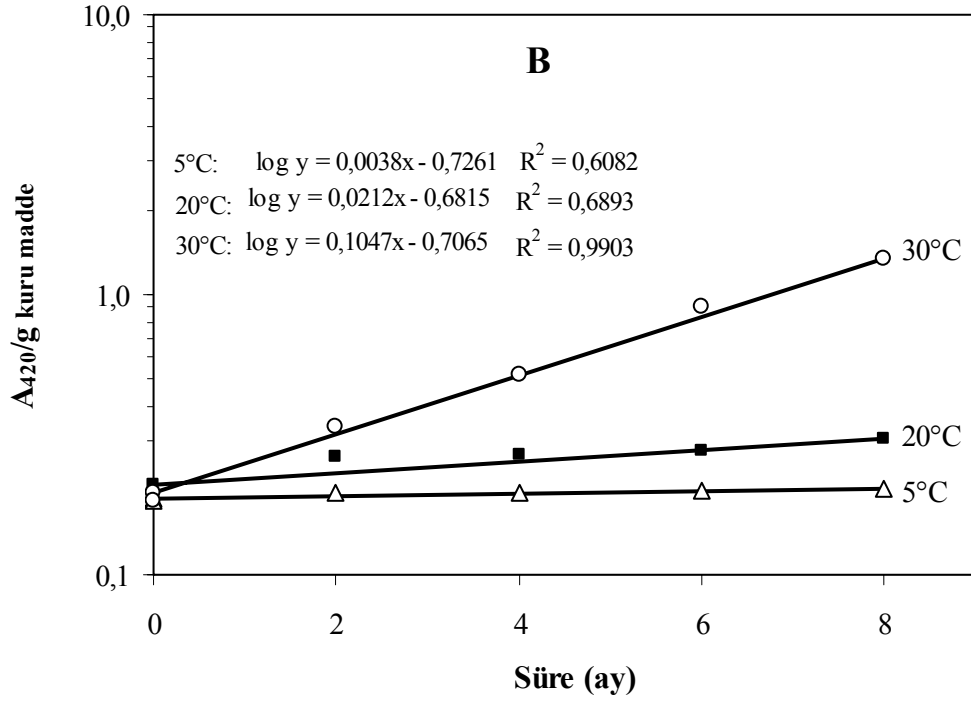
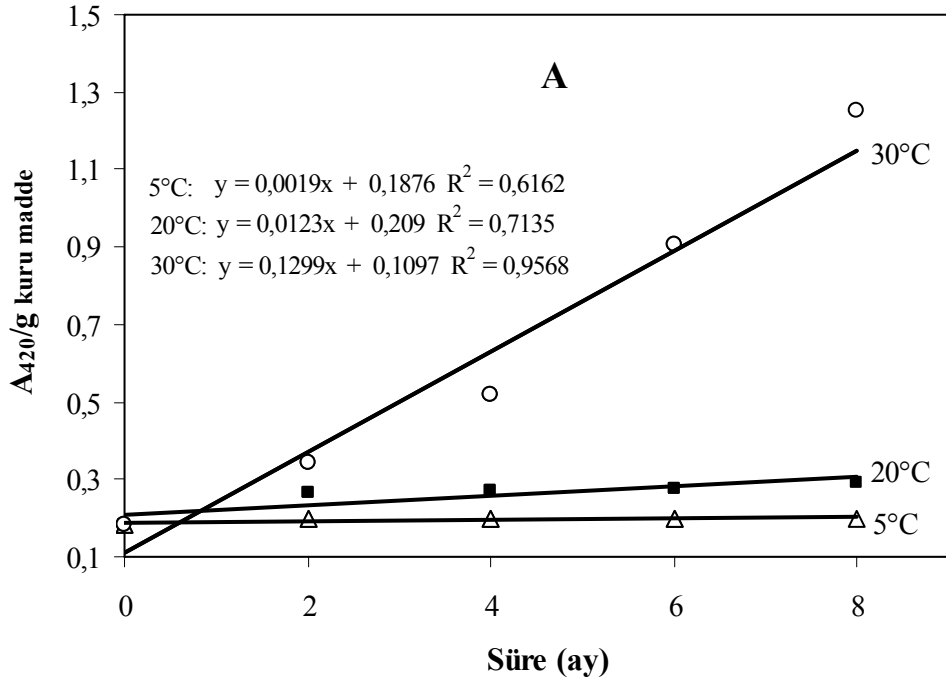
4.7’de görüldüğü gibi, esmer renk oluşumunda 5°C ve 20°C’de depolanan orta nemli kayıslarda önemli bir artış görülmezken, 30°C’de depolananlarda önemli miktarda artış saptanmıştır.  $R^2$  değerlerinin düşük bulunması, 5°C ve 20°C’de depolamada, esmer renk oluşumunda depolama süresince önemli bir değişim olmamasından kaynaklanmıştır. Bu durum, bu depolama sıcaklığında elde edilen düşük reaksiyon hız sabiti değerlerinden de anlaşılmaktadır. 30°C’deki  $R^2$  değerleri kıyaslandığında, yarı-logaritmik grafikte ( $R^2=0.9903$ ) aritmetik grafiğe ( $R^2=0.9568$ ) göre daha düz bir hat elde edildiği için orta nemli kayıslarda depolama süresince esmer renk oluşumunun birinci derece reaksiyon modele uyduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4.8’de görüldüğü gibi “damıtık su +  $H_2O_2$ ” ile rehidre edilen kayıslarda esmer renk oluşumunda yarı-log grafikte ( $R^2=0.9936$ ) aritmetik grafiğe ( $R^2=0.9853$ ) göre daha düz bir hat elde edilmiştir ve "damıtık su" ile rehidre edilip 20°C’de depolanan kayıslarda esmer renk oluşumu için saptanan  $R^2$  değerlerine göre bu değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Literatürde; materyalin cinsi, sıcaklık ve su aktivitesi gibi faktörlere bağlı olarak, esmerleşme reaksiyonlarının farklı kinetik modellere uyduğu, belirtilmektedir. Ancak, gıdalarda yapılan çalışmaların bir çoğunda esmerleşme reaksiyonlarının sıfıncı dereceden kinetik modelle tanımlandığı gösterilmiştir. Orta nemli elmaların depolanma stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada; 25°C–55°C’de 2 aylık depolama sonunda, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun sıfıncı dereceden kinetik modele uyduğu saptanmıştır (Singh *et al.* 1983). Lee *et al.* (1979), toz haline getirdikleri kuru kayısları rehidre ederek nem içeriklerini %12–26 arasına getirmiş ve 50°C’de 40 gün depolama sonunda, esmer renk oluşumunun sıfıncı dereceden kinetik modele uyduğunu bulmuşlardır.

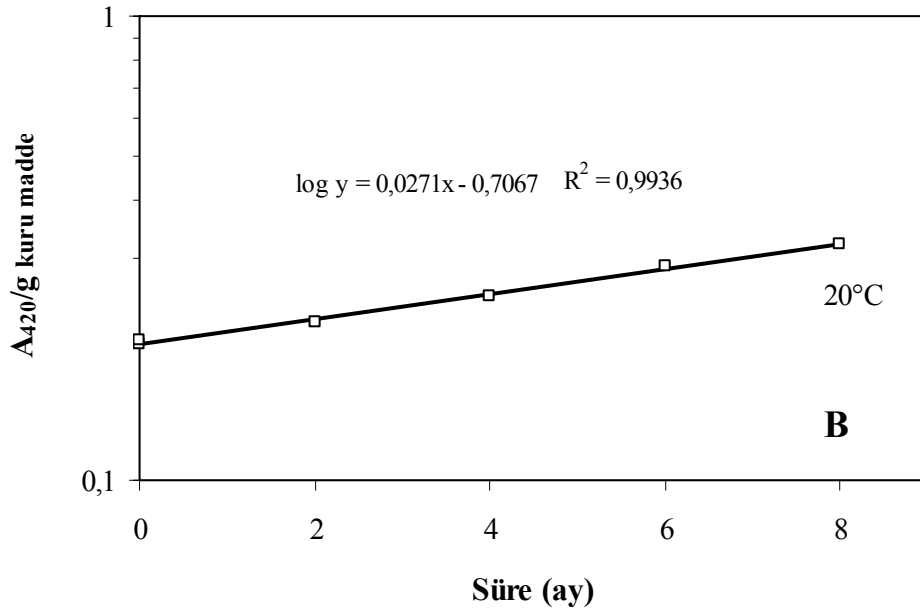
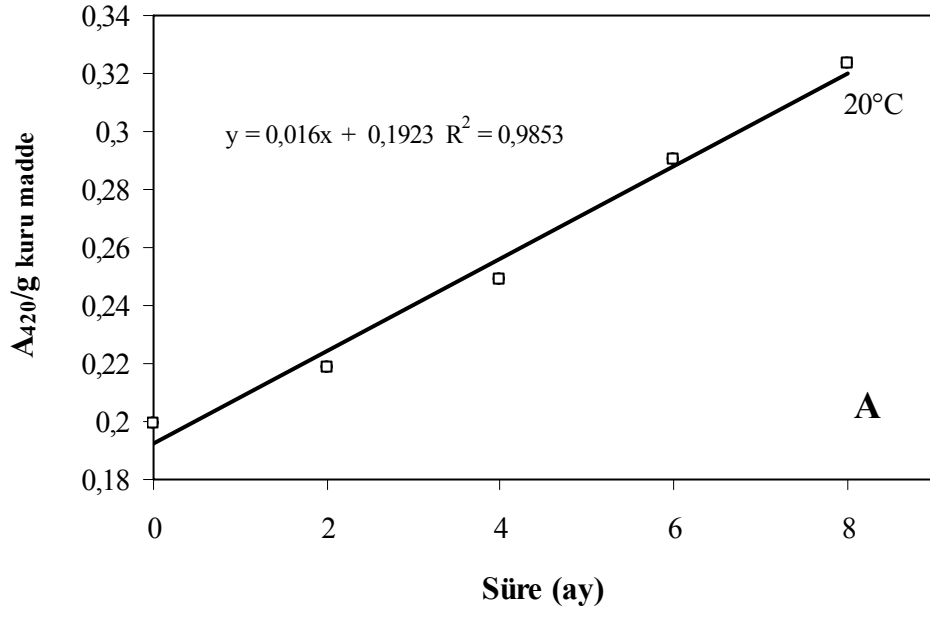
Literatürde orta nemli meyvelerin depolanması süresince esmer renk oluşum kinetiği ile ilgili sınırlı sayıda araştırmaya rastlanmıştır. Bu nedenle, orta nemli kayısı örneklerimizin su aktivite değerlerinin 0.7–0.8 arasında olduğu göz önüne alınarak, bunlarda esmerleşme ile ilgili elde edilen kinetik veriler, literatürde benzer su aktivitelerindeki ürünler için verilen değerlerle kıyaslanmıştır. Su aktivitesi 0.48–0.85 olan ve 20°–40°C’de depolanan Cheddar peynirlerinde yapılan bir araştırmada, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu sıfıncı dereceden kinetik modelle

tanımlanmıştır (Kılıç *et al.* 1997). Benzer bir depolama çalışmasında da, 5°C–37°C’de 4 ay sonunda elma suyu konsantrlerinde, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun sıfıncı dereceden kinetik modele uyduğu saptanmıştır (Burdurlu *et al.* 2003). Diğer bir çalışmada, 0.67–0.90 su aktivitesi ve 45.2–72.5 briks derecesindeki armut suyu konsantrlerinin 50°C–80°C’ de ısıtılması sonucunda, esmer renk oluşumunun sıfıncı derece kinetik modele uyduğu bulunmuştur (Beveridge *et al.* 1984). Bu çalışmalara karşın, kuru kayıslardan 40°C–60°C’de SO<sub>2</sub>’in uzaklaştırılması sırasında esmer renkli pigment oluşumu birinci dereceden kinetik modelle tanımlanmıştır (Özkan and Cemeroglu 2002b).

Model sistemlerde ( $a_w > 0.90$ ) yapılan çalışmalarda, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun sıfıncı, birinci ve kesirli (fractional-order) kinetik modellerle tanımlanabileceği gösterilmiştir. Buera *et al.* (1987), şeker-glisin çözeltilerinin su aktivitesini NaCl ile 0.90’a ayarlamış ve bu çözeltileri 45°C–65°C’de ısıtmışlardır. Fruktöz-glisin çözeltilisinin ısıtılmasında, esmer renk oluşumunun sıfıncı, buna karşın glisin-ksiloz, glukoz, laktoz, maltoz, sakkaroz çözeltilerinde ise, bu reaksiyonun kesirli modele (yaklaşık 0.5) uyduğunu saptamışlardır. Araştırcılar kesirli reaksiyon derecesini, sıfıncı ve birinci dereceden esmerleşme reaksiyonlarının aynı anda oluşumuna bağlamışlardır. Diğer bir çalışmada ise, eşit konsantrasyonda prolin ve glukoz eklenerek propilen glikoz içerisinde hazırlanmış farklı nem içeriklerindeki (%0, 2.5 ve 5) model sistemler, mikrodalga fırında 110°–150°C’lerde ısıtılmış ve bu ısıtma sonucunda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun kısa bir indüksiyon periyodundan (gecikme süresi, lag-time) sonra sıfıncı dereceden kinetik modele uyduğu bulunmuştur (Peterson *et al.* 1994). Bu çalışmada tüm sıcaklık ve nem içeriklerinde indüksiyon periyodunun görüldüğü ve sıcaklık yükseldikçe indüksiyon periyodunun azaldığı; buna karşın nem miktarı yükseldikçe bu sürenin arttığı saptanmıştır. İndüksiyon periyodunda, esmerleşme yavaş bir hızda gerçekleşmekte ve bu dönemde renksiz maddeler oluşmaktadır (Clegg and Morton 1965). Petriella *et al.* (1985), lizin-glukoz model sistemlerini ( $a_w = 0.90–0.95$  ve  $pH = 5–7$ ) 35°C–55°C’de ısıtmışlar ve enzimatik olmayan Maillard esmerleşmesinin sıfıncı dereceden kinetik modele uygun olarak geliştiğini göstermişlerdir.



Şekil 4.7 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayışların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim  
**A:** Linear **B:** Logaritmik



Şekil 4.8 “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısların depolanması süresince esmerleşme düzeyindeki değişim  
**A:** Linear **B:** Logaritmik

Nury *et al.* (1960) kuru kayisuların depolama süresini, yöntemine göre yapılan 440 nm’deki absorbans ölçüm değerinin 0.3’ü geçmesi halinde tamamladığını ve bu kayisuların renklerinin artık kabul edilemez sınırlara ulaştığını ortaya koymuştur (Özkan 2001’den alınmıştır). Tarafımızdan yapılan deneylerde, 420 nm’de ölçülen absorbans değerleri 5°C ve 20°C’de bu sınıra hiçbir zaman ulaşmamış; buna karşın 30°C’de 2, 4, 6 ve 8 aylık depolama sonunda bu değer aşılmış ve sırasıyla 0.3, 0.5, 0.9 ve 1.2 düzeylerine ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre, 30°C’de 2 aylık depolamadan itibaren orta nemli kayisuların renklerinin kabul edilemez olduğu hem esmerleşme değerlerinden ve hem de bir sonraki bölümde verilen reflektans renk değerlerinden anlaşılmaktadır.

Esmerleşme reaksiyonuna ilişkin kinetik katsayılar ( $k$ ,  $t_{1/2}$ ,  $Q_{10}$  ve  $E_a$ ), Çizelge 4.10’da verilmiştir. 5°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki esmer renkli pigment oluşumuna ilişkin  $t_{1/2}$  değerleri sırasıyla 79.2, 14.2 ve 2.9 ay olarak hesaplanmıştır.  $t_{1/2}$  değerleri, orta nemli kayisuların depolanması süresince oluşan esmerleşmenin sıcaklığa bağlı olduğunu ve sıcaklık yükseldikçe esmerleşmenin hızla arttığını ortaya koymaktadır. 30°C’de depolanan orta nemli kayisuların esmer renk oluşumunun ne denli hızlı olduğu, bu sıcaklıkta elde edilen düşük  $t_{1/2}$  değerinden kolaylıkla anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.10 Orta nemli kayisuların depolanması süresince oluşan esmerleşmeye ilişkin kinetik katsayılar

Sıcaklık (°C)	$k$ (ay <sup>-1</sup> )	$t_{1/2}$ (ay)	$Q_{10}$		$E_a$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
			5°– 20°C	20°– 30°C	
5	0.00875	79.2			
20	0.04882	14.2	3.15	4.94	90.1
30	0.24112	2.9			

Yapılan çalışmalarda, esmerleşme reaksiyonu üzerine sıcaklığın ve su aktivitesinin önemli etkileri olduğu gösterilmiştir. Nitekim, orta nemli elmalarda ( $a_w=0.62-0.89$ ) depolama süresince, su aktivitesi ve sıcaklık yükseldikçe esmerleşme hızının arttığı saptanmıştır (Singh *et al.* 1983). Bu çalışmada, esmer renk oluşumuna ilişkin sıfırıncı derece hız sabitleri 25°C’de 0.62 ve 0.88 su aktivitesinde sırasıyla, 0.09 ve 0.69  $A_{420}$  gün<sup>-1</sup>; buna karşın 55°C’de 0.67 ve 0.89 su aktivitesinde ise, 12.22 ve 18.59  $A_{420}$  gün<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Buna karşın, armut suyu konsantrelerinin ( $a_w=0.67-0.90$ ) 50°–80°C’de ısıtılması sonucunda, sıcaklık yükseldikçe esmerleşme reaksiyonunun hızlandığı, buna karşın su aktivitesinin yükselmesiyle reaksiyon hızının azaldığı

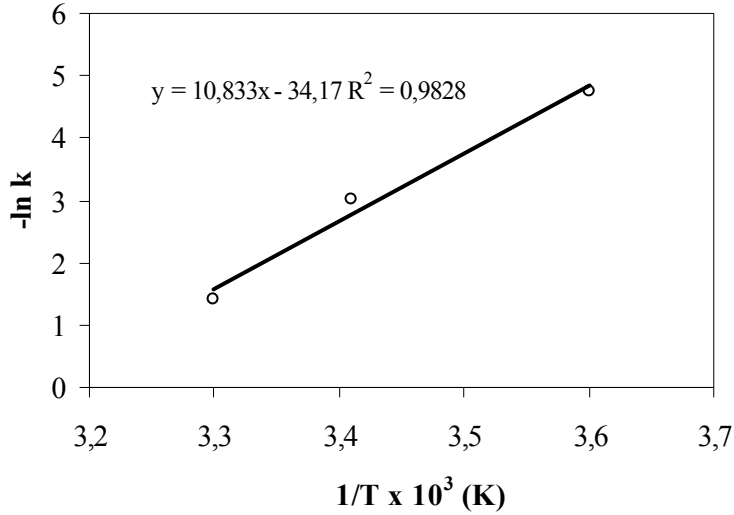
bulunmuştur. Bu çalışmada, esmerleşme reaksiyonu çalışılan dört sıcaklık derecesinde de, 0.67 su aktivitesinde maksimuma ulaşmıştır (Beveridge *et al.* 1984). Çalışmamızda da, 30°C'de depolanan orta nemli kayısıların depolama süresince su aktivitesinde hızlı bir düşüş yaşanmış ve 8 ay depolama sonunda su aktivitesi 0.806'dan 0.696'a düşmüştür. Orta nemli gıdalarda enzimatik olmayan esmerleşmenin  $a_w=0.65-0.70$  değerlerinde maksimuma ulaştığı (Taoukis *et al.* [http://www.fsci.umn.edu.](http://www.fsci.umn.edu), 2005) göz önüne alınınca, 30°C'de depolanan orta nemli kayısılarında esmerleşme reaksiyonunun hızlı bir şekilde gelişmesinin su aktivitesindeki düşüşten kaynaklandığı düşünülebilir. Ancak esmerleşme reaksiyon hızındaki bu önemli artışın asıl nedeninin, başlangıçtaki  $SO_2$ 'in büyük bir bölümünün yapıdan uzaklaşması olduğu düşünülmektedir.

Toribio *et al.* (1984), farklı briks derecelerindeki elma suyu konsantrelerini 37°C'de 100 gün depolamışlar ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun 0.53–0.55  $a_w$  değerlerinde maksimuma ulaştığını saptamışlardır. Model sistemlerde yapılan bir çalışmada ise, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları üzerinde su aktivitesinin sınırlı bir etkisinin bulunduğu, buna karşın pH ve sıcaklığın etkisinin çok önemli olduğu ileri sürülmektedir (Petriella *et al.* 1985). Sıcaklık ve pH yükseldikçe enzimatik olmayan esmerleşme hızı artmış, buna karşın su aktivitesinin esmerleşme hızı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bulunmuştur.

Bilindiği gibi, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu düşük su aktivitelerinde ( $a_w<0.4$ ), reaktanların mobilitelerinin azalmasına bağlı olarak yavaşlamaktadır (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Buna karşın; su aktivitesi, orta nem düzeyindeki su aktivitesinin üzerine yükselirse ( $a_w>0.85$ ), reaktanların seyrelmesine bağlı olarak reaksiyon hızı da yavaşlamaktadır.

Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince oluşan esmer renkli pigment miktarının sıcaklığa bağlılığını saptamak üzere elde edilen veriler Arrhenius grafiğine işlenerek Şekil 4.9'da gösterilmiş ve buradan aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır. Bu grafiğin oluşumuna ilişkin veriler Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge 4.10'da verildiği gibi, orta nemli kayısıların 5°C–30°C'de depolanması sonucunda esmer renkli pigment oluşumuna ilişkin  $E_a$  değeri  $90.1 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $Q_{10}$

değerleri ise, 5°C–20°C arasında 3.15, 20°C–30°C arasında 4.94 olarak hesaplanmıştır. Depolama sıcaklığının 20°C’den 30°C’ye yükseltilmesi esmerleşme hızını, sıcaklığın 5°C’den 20°C’ye yükseltilmesine göre yaklaşık 1.5 misli yükseltmiş bulunmaktadır.



Şekil 4.9 Orta nemli kayısıların depolanması süresince oluşan esmerleşmeye ilişkin Arrhenius grafiği

Çizelge 4.11 Orta nemli kayısıların depolanması süresince esmerleşme hız sabitleri ve Arrhenius grafiği için gerekli veriler

Sıcaklık		k (ay <sup>-1</sup> )	-ln k	1/T x 10 <sup>3</sup> (K)
(°C)	(K)			
5	278	0.00875	4.7387	3.60
20	293	0.04882	3.0196	3.41
30	303	0.24112	1.4225	3.30

Nielsen *et al.* (1993), enzimatik olmayan Maillard esmerleşmesi için aktivasyon enerjisinin yaklaşık 125 kJ mol<sup>-1</sup> düzeyinde olduğunu belirtmektedir. Literatürde; materyalin cinsi, sıcaklık, briks ve su aktivitesine bağlı olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu için farklı aktivasyon enerjisi değerlerine rastlanmıştır. a<sub>w</sub> değerleri 0.62–0.89 arasında olan orta nemli elmaların 25°C–55°C’de 2 ay depolanması sonunda, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun aktivasyon enerjisinin 80–135 kJ mol<sup>-1</sup> değerleri arasında değiştiği saptanmıştır (Singh *et al.* 1983). 65°–75°Bx derecesindeki elma suyu konsantrelerinin 5°C–37°C’de 4 ay boyunca depolanması sonunda, enzimatik olmayan yolla esmerleşmesinde aktivasyon enerjisi 88–141 kJ mol<sup>-1</sup> değerleri arasında değiştiği saptanmıştır (Burdurlu *et al.* 2003). Peterson *et al.* (1994),



prolin ve glukozdan oluşan model sistemlerinde aktivasyon enerjisini ortalama 150 kJ mol<sup>-1</sup> olarak bulmuşlar ve bu değerin nem miktarından etkilenmediğini ortaya koymuşlardır. Yine model sistemlerde yapılan bir çalışmada, a<sub>w</sub>=0.90'da şeker çözeltilerinin ısıtılması sonucu meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun aktivasyon enerjisi, fruktoz ve ksiloz çözeltileri için 105–126 kJ mol<sup>-1</sup>; sakkaroz, laktoz ve maltoz çözeltileri için 147–243 kJ mol<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır (Buera *et al.* 1987). Bu değerlere göre, orta nemli kayısıların esmerleşmesine ilişkin tarafımızdan saptanmış bulunan 90 kJ mol<sup>-1</sup> düzeyindeki aktivasyon enerjisi değeri literatürde orta nemli gıdalar için verilen değerlerle uyum içinde olduğu sonucuna varılmıştır. Buna karşın literatürde model sistemlerde esmer renk oluşumuna ilişkin aktivasyon enerji değerleri tarafımızdan bulunan aktivasyon enerjisinin üzerindedir.

“Damıtık su” ile rehidre edilerek elde edilen orta nemli kayısıların esmerleşme düzeyleri üzerine depolama sıcaklık ve süresinin etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları EK 1’de (Çizelge 7) verilmiştir. Bu sonuçlar "sıcaklık × süre" interaksyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01). Duncan testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12), 5°C’deki depolamada esmerleşme düzeyinde önemli bir değişim olmadığı (p>0.05); 20°C’deki depolamada, 2. ayda önemli bir değişim olduğu (p<0.05), 2. aydan sonra esmer renk miktarı artsa da bu artışın istatistik olarak önemli olmadığı (p>0.05); 30°C’deki depolamada ise tüm depolama süreleri arasında önemli farklar olduğu saptanmıştır (p<0.05). Sürelere göre sıcaklıklar arasındaki farklar ise, tüm depolama sürelerinde istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.12 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısıların esmerleşme düzeylerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
5	0.1900±0.003Aa	0.2000±0.003Ac	0.2000±0.003Ac	0.2000±0.004Ac	0.2000±0.005Ac
20	0.1900±0.003Ba	0.2700±0.009Ab	0.2700±0.005Ab	0.2800±0.007Ab	0.3000±0.002Ab
30	0.1900±0.003Ea	0.3500±0.010Da	0.5200±0.007Ca	0.9100±0.042Ba	1.2500±0.016Aa

<sup>1</sup>Esmerleşme değerleri (A<sub>420</sub> g<sup>-1</sup> kuru madde), aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–E : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–c : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

“Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edildikten sonra 20°C’de depolanan kayısıların esmerleşme düzeyleri arasındaki farklar da varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 1’de (Çizelge 8) verilmiştir. Bu sonuçlar, esmerleşme düzeyi için "grup × süre" interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01). Duncan testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.13), "damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>" ile rehidre edilen kayısıların esmerleşme düzeylerinde tüm depolama sürelerinde önemli farklar olduğu saptanmıştır (p<0.05). Sürelere göre gruplar arasındaki farkın ise, 2., 4. ve 8. ayda önemli olduğu bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.13 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’ de depolanan orta nemli kayısıların esmerleşme düzeylerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Gruplar	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
Damıtık su	0.1900±0.0037Ba	0.2700±0.0090Aa	0.2700±0.0058Aa	0.2800±0.0077Aa	0.3000±0.0028Ab
Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.2000±0.0032Ea	0.2200±0.0068Db	0.2500±0.0038Cb	0.2900±0.0121Ba	0.3200±0.0031Aa

<sup>1</sup> Esmerleşme değerleri (A<sub>420</sub> g<sup>-1</sup> kuru madde), aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A-E : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

#### 4.5.2 Reflektans renk değerleri

Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince yüzey renklerinde oluşan değişimler, materyalin renginin reflektans spektrofotometresi ile CIE L\*, a\*, b\*, C\* (kroma) ve h° (hue) değerlerinin ölçülmesi ile izlenmiştir. Bu ölçümlere ilişkin veriler Çizelge 4.14’de verilmiş ve renkle ilgili değerlendirme sonuçlarına aşağıda değinilmiştir.

Bilindiği gibi, CIE L\*a\*b\* sisteminde L\* değeri aydınlık derecesi (lightness) olarak tanımlanmakta ve bu değer 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişmektedir. CIE a\* değeri, 0 ile 60 arasında değişmekte ve pozitif a\* değerleri kırmızı, negatif a\* değerleri ise yeşil rengi göstermektedir. CIE b değerleri de, 0 ile 60 arasında değişmekte ve pozitif b\* değerleri sarı, negatif b\* değerleri ise, mavi rengi göstermektedir. CIE C\* değeri 0 ile 60 arasında değişmekte ve renk düzleminin merkezinde 0 (mat) ve merkezden uzaklaştıkça parlak (vivid) tonlar artmaktadır. h° değeri 0°–360° arasında

değişmekte; 0° ve 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil ve 270° mavi olarak değerlendirilmektedir.

“Damıtık su” ile rehidre edilerek 20°C ve özellikle de 30°C’de depolanan orta nemli kayısıların renk değerlerinde önemli farklar bulunmuştur. L\* değeri, 8 ay depolanan kayıslarda 20°C’de 10, 30°C’de ise, 23 birim azalmıştır. Aynı sürede depolama sonunda; a\* ve b\* değerleri sırasıyla, 20°C’de 2 ve 13, 30°C’de ise, 14 ve 32 birim azalmıştır. C\* değerlerinde de benzer azalışlar saptanmış, buna karşın h° değerlerinde 30°C dışında önemli değişim saptanmamıştır. 30°C’de depolama sonunda tüm renk değerleri önemli düzeyde düşmüş ve çıplak gözle incelenince bile rengin kabul edilemez bir nitelik kazandığı kolaylıkla fark edilebilmiştir. Bu durum, 30°C’de depolamanın daha 2. ayında bile kendisini göstermiştir. Buna karşın 5°C’de, depolama süresince orta nemli kayısıların renklerinde önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Benzer şekilde, kurutulmuş armutların 10°C ve altındaki sıcaklıklarda depolanması durumunda renklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir (Joubert *et al.* 2001). Bu çalışmada, %16, 18 ve 20 nem ve sırasıyla 1859, 1750 ve 1403 mg kg<sup>-1</sup> SO<sub>2</sub> içeren armutlar; 4°C, 7°C, 10°C ve 20°C’de depolanmış ve depolama süresince L\*, a\* ve b\* değerleri ölçülmüştür. Ürünün renginin kabul edilip edilmeyeceğine L\* değeri dikkate alınarak karar verilmiş ve depolama boyunca a\* değerinde artış olurken, diğer tüm renk parametrelerinde azalma gözlenmiştir.

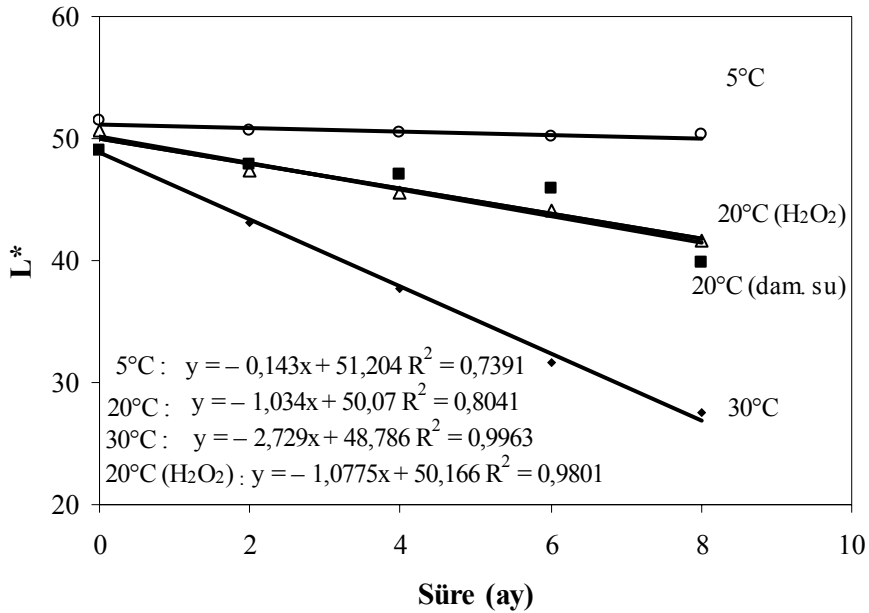
“Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısıların reflektans renk değerleri, sadece destile su ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen ve aynı sıcaklıkta depolanan örneklere göre daha fazla düşmüştür. Bu durumun, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in kayısıların parlak altın sarısı renklerini koruyan SO<sub>2</sub>’i uzaklaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kurutulmuş kayıslardan SO<sub>2</sub>’in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile uzaklaştırılmasının incelendiği bir çalışmada, CIE a\* değeri dışında, diğer tüm renk değerlerinin arttığı saptanmıştır (Özkan and Cemeroglu 2002a). Bu çalışmada sadece başlangıç ve en fazla 7.5 dakikalık bir işlem sonundaki renk değerleri ölçülmüş; yani ürünün depolanması süresince renk değişimi incelenmemiştir. Ürünün depolanması söz konusu olsa idi, SO<sub>2</sub>’in üründen uzaklaşmasına bağlı olarak renk değerlerinde muhtemel bir azalma beklenebilirdi.

Çizelge 4.14 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince reflektans renk değerlerindeki<sup>1</sup> değişimler

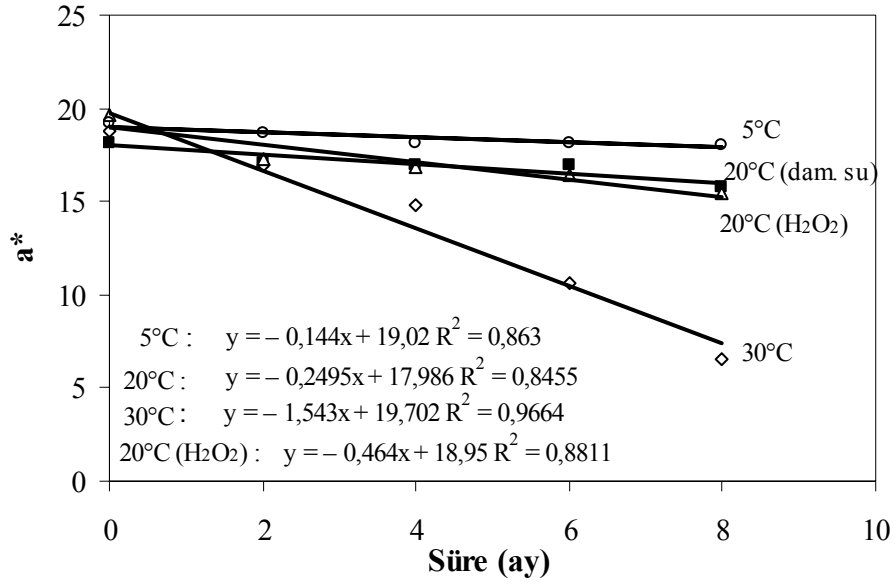
Sıcaklık (°C)	Süre (ay)	L*	a*	b*	C*	h°
5	0	51.53±3.28	19.19±2.27	42.01±4.32	46.21±4.65	65.44±1.88
	2	50.62±2.62	18.69±2.28	41.41±3.95	45.46±4.30	65.71±1.94
	4	50.49±2.32	18.16±2.41	41.00±3.35	44.87±3.75	66.15±2.21
	6	50.22±2.21	18.17±2.34	40.70±3.22	44.60±3.61	65.99±2.22
	8	49.97±2.21	17.87±2.31	40.68±3.26	44.45±3.64	66.33±2.15
20	0	49.07±2.18	18.16±2.22	38.77±3.86	42.82±4.30	64.92±1.55
	2	47.90±1.93	17.10±1.81	37.84±2.99	41.54±3.27	65.70±1.74
	4	47.10±1.96	16.99±1.77	36.63±2.87	40.39±3.17	65.14±1.67
	6	45.84±1.72	16.95±1.56	35.15±2.69	39.04±2.91	64.26±1.68
	8	39.04±4.35	15.73±1.80	25.72±5.88	30.20±5.50	58.34±5.27
30	0	49.17±3.16	18.79±2.83	39.68±5.04	43.93±5.58	64.69±1.96
	2	43.18±2.38	16.92±2.21	32.14±3.43	36.34±3.95	62.27±1.63
	4	37.67±2.60	14.80±1.93	24.54±3.26	28.68±3.68	58.87±1.85
	6	31.72±2.62	10.64±2.14	16.02±3.09	19.24±3.70	56.41±2.08
	8	25.72±2.33	4.76±1.80	7.85±2.43	12.00±2.96	59.05±3.14
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (20°C)	0	50.73±2.80	19.61±2.57	41.27±3.83	45.75±4.11	64.58±2.61
	2	47.37±2.29	17.27±2.06	36.47±2.88	40.38±3.14	64.67±2.34
	4	45.53±2.02	16.80±1.93	33.98±2.58	37.93±2.92	63.72±2.06
	6	44.02±1.86	16.37±1.83	31.81±2.37	35.79±2.75	62.80±1.89
	8	41.94±2.18	14.53±1.76	27.37±3.06	31.01±3.31	62.02±2.18

<sup>1</sup>Renk değerleri 20 tekerrürün ortalaması olup, aritmetik ortalama ± standart sapma değerleriyle verilmiştir.

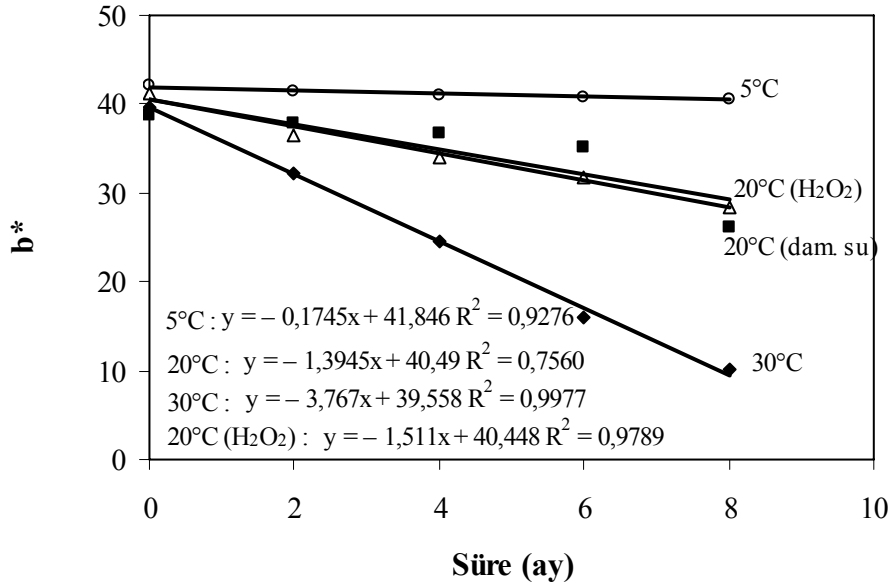
Orta nemli kayısıların  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerlerindeki değişim üç farklı sıcaklıkta incelenmiş ve ulaşılan sonuçlar sırasıyla; Şekil 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14’de verilen grafiklerde gösterilmiştir. Bu grafiklerde görüldüğü gibi, orta nemli kayısıların reflektans renk değerlerindeki değişim sıfıncı dereceden kinetik modele uygun olarak gelişmektedir. Literatürde orta nemli ürünlerin depolanması ya da herhangi bir prosese maruz bırakılması sonucu reflektans renk değerlerinin zamana göre değişimini gösteren herhangi bir kinetik çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, karotenoid içeren diğer meyve ve sebzelerin renk değişimine ilişkin kinetik değerler verilmiştir. Diğer çalışmalarda, reflektans renk değerlerinin çeşitli faktörlere bağlı olarak genelde birinci dereceden kinetik modelle tanımlandığı belirtilmektedir. Koca *et al.* (2007) tarafından yapılan çalışmada, kurutulmuş havuçların  $27^\circ\text{C}$ – $57^\circ\text{C}$ ’lerde depolanması süresince CIE  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerindeki değişimin birinci dereceden kinetik modelle tanımlanabileceği ortaya konulmuştur. Double konsantre salça üretiminde  $70^\circ\text{C}$ – $100^\circ\text{C}$ ’lerde uygulanan ısı işlem sırasında renkte meydana gelen değişimler incelenmiş ve tüm renk parametrelerinin ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*/b^*$  ve  $h^\circ$ ) birinci dereceden kinetik modele uyduğu saptanmıştır (Barreiro *et al.* 1997). Sıcaklık ve süreye bağlı olarak  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde azalma gözlenirken;  $h^\circ$  değerinde artış gözlenmiştir.



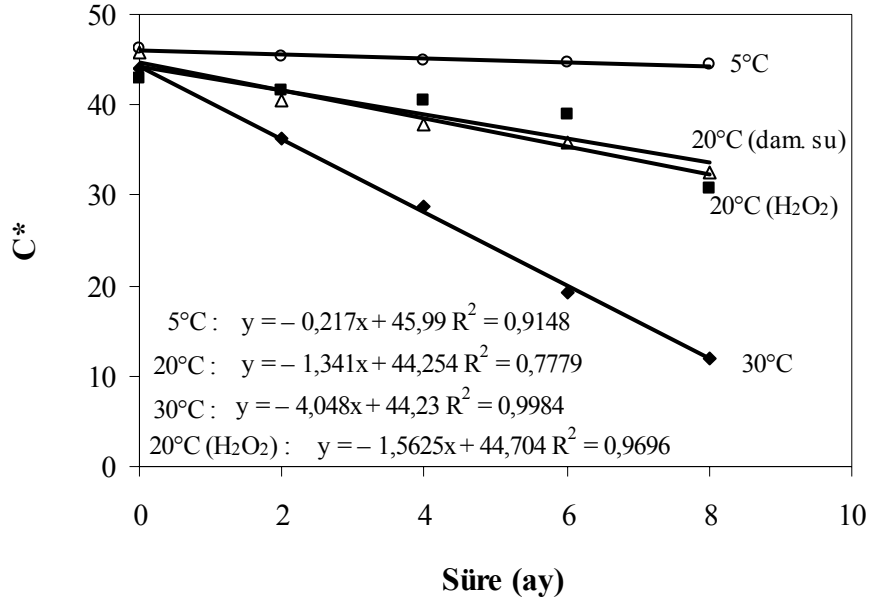
Şekil 4.10 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında  $L^*$  değerindeki değişimler



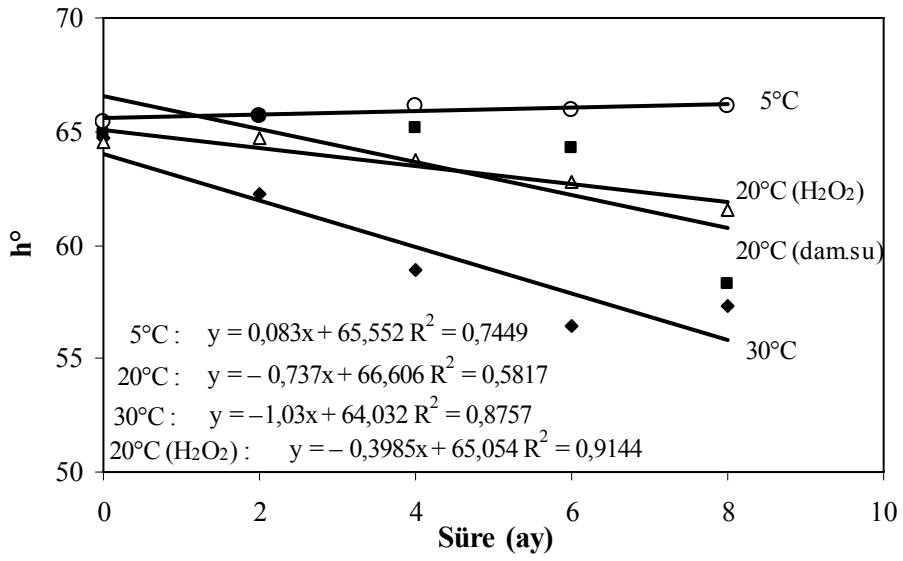
Şekil 4.11 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında a\* değerindeki değişimler



Şekil 4.12 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında b\* değerindeki değişimler



Şekil 4.13 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında  $C^*$  değerindeki değişimler



Şekil 4.14 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması sırasında  $h^\circ$  değerindeki değişimler

Yapılan diğer bir çalışmada; konsantre elma, şeftali ve erik pulplarına 56°C–94°C’de ısıl işlem uygulanmış ve renkteki değişimin belirlenmesi için Hunter L\* değerinden yararlanılmıştır (Lozano and Ibarz 1997). Isıtma sırasında, L\* değerinin zamana göre değişiminin birinci dereceden kinetik modele uyduğu saptanmıştır. Benzer bir çalışmada, şeftali püresinin farklı sıcaklıklarda (110°C–135°C) ısıtılması sonucunda, L\* ve b\* renk değerlerinin birinci dereceden kinetik modellerle tanımlanabileceği saptanmıştır (Avila *et al.* 1999).

Gıdaların renklerinde görülen bozulmalar başlıca iki mekanizma ile açıklanabilir: enzimatik olmayan Maillard esmerleşmesi ve gıdanın yapısında doğal olarak bulunan pigmentlerin parçalanmasıdır (Lozano and Ibarz 1997). Esmerleşme düzeyi, kimyasal analizlerle ortaya konulabildiği gibi, materyalin reflektans renk değerlerinin ölçülmesi ile de kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bu amaçla, özellikle L\* değerinin birçok üründe esmerleşme indeksi olarak kullanıldığı görülmektedir. L\* ve a\* değerleri, elma ve armutlarda ve bu meyvelerin sularında enzimatik esmerleşme indeksi olarak kullanılmıştır (Sapers *et al.* 1987). Çekirdeksiz sarı üzümlerde, polifenol oksidaz (PPO) inaktivasyonu ile L\* değeri arasında yüksek bir korelasyon ( $r=0.973$ ) olduğu saptanmıştır (Aguilera *et al.* 1987). Buna göre, PPO aktivitesi azaldıkça, buna bağlı olarak L\* değerinin arttığı ortaya çıkmaktadır. Lee and Nagy (1988), greyfurt sularının 10°C–50°C arasında depolanması sırasında Hunter L\* değerini enzimatik olmayan esmerleşme indeksi olarak kullanmış ve furfural oluşumu ( $r=-0.980$ ) ve 5-HMF oluşumu ( $r=-0.826$ ) ile L\* değerleri arasında negatif bir korelasyon bulmuşlardır.

Reflektans kolorimetresi ya da spektrofotometresi ile kurutulmuş ürünlerin yüzey renkleri ölçülürken, materyalin nem içeriği mutlaka belirtilmelidir. Kurutulmuş kayısılar üzerine yapılan çalışmada, ürünün yüzey renginin nem içeriğine göre değiştiği gösterilmiştir (zkan *et al.* 2003). Bu çalışmada, nem içeriği %19.32 olan kuru kayısılar önce %15.49 neme kurutulmuş, daha sonra sırasıyla % 20.10; %25.21 ve son olarak da %30.20 neme rehidre edilmiştir. Her bir nem düzeyinde kuru kayısıların CIE L\*, a\*, b\*, C\* ve h° değerleri saptanmıştır. Kayısıların nem içerikleri arttııka; L\*, b\*, C\* ve h° renk değerleri artarken, buna karşın a\* değerinin azaldığı saptanmıştır.



Orta nemli kayısılarda depolama süresince reflektans renk değerlerinin sıcaklığa bağlılığını saptamak amacıyla  $E_a$  ve  $Q_{10}$  değerleri hesaplanmış ve saptanan değerler Çizelge 4.15’de verilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  reflektans renk değerlerine ilişkin aktivasyon enerjileri sırasıyla; 83.7, 61.1, 85.8, 81.0 ve 72.6  $\text{kJ mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.  $Q_{10}$  değerleri incelendiğinde ise, yalnızca  $a^*$  değeri için depolama sıcaklığının  $20^\circ\text{C}$ ’den  $30^\circ\text{C}$ ’ye ( $Q_{10}=6.18$ ) yükseltilmesinin, sıcaklığın  $5^\circ\text{C}$ ’den  $20^\circ\text{C}$ ’ye ( $Q_{10}=1.44$ ) yükseltilmesinden daha etkili olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.15 Orta nemli kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince reflektans renk değerlerinin değişimine ilişkin kinetik katsayılar

Renk değeri	Sıcaklık ( $^\circ\text{C}$ )	k ( $\text{ay}^{-1}$ )	$Q_{10}$		$E_a$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )
			$5^\circ-20^\circ\text{C}$	$20^\circ-30^\circ\text{C}$	
$L^*$	5	0.1430			83.7
	20	1.0340	3.74	2.64	
	30	2.7290			
$a^*$	5	0.1440			61.1
	20	0.2495	1.44	6.18	
	30	1.5430			
$b^*$	5	0.1745			85.8
	20	1.3945	4.00	2.70	
	30	3.7670			
$C^*$	5	0.2170			80.9
	20	1.3410	3.37	3.02	
	30	4.0480			
$h^\circ$	5	0.0830			72.6
	20	0.7370	4.29	1.40	
	30	1.0300			

Literatürde orta nemli gıdaların reflektans renk değerlerinin sıcaklığa bağlılığını gösteren  $E_a$  ve  $Q_{10}$  değerleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmamızda elde edilen değerler, diğer ürünlerin depolanması veya ısıtılması sonunda elde edilen değerler ile kıyaslanmıştır. Farklı sıcaklıklarda depolanan haşlanmış havuç dilimlerinde  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri için aktivasyon enerjisi sırasıyla, 65.6  $\text{kJ mol}^{-1}$  ve 90.7  $\text{kJ mol}^{-1}$  olarak; haşlanmamış havuç dilimlerinde ise 43.9  $\text{kJ mol}^{-1}$  ve 61.5  $\text{kJ mol}^{-1}$  olarak saptanmıştır (Koca *et al.* 2007). Avila *et al.* (1999) şeftali püresinde yaptıkları çalışmada,  $110^\circ\text{C}$ – $135^\circ\text{C}$  sıcaklıklarda aktivasyon enerji değerini  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri

için sırasıyla,  $107 \text{ kJ mol}^{-1}$  ve  $109 \text{ kJ mol}^{-1}$  olduğunu belirlemişlerdir. Domates salçaları üzerine yapılan bir çalışmada,  $E_a$  değerleri,  $L^*$  değeri için  $48.1 \text{ kJ mol}^{-1}$  (birinci faz) ve  $24.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  (ikinci faz),  $a^*$  değeri için  $41.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  ve  $b^*$  değeri için  $85.8 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak bulunmuş ve  $b^*$  değerinin sıcaklık değişimlerine en fazla duyarlılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Barreiro *et al.* 1997).

Bu çalışmalardan farklı olarak literatürde çeşitli ürünler ve prosesler için çok daha düşük  $E_a$  değerleri saptanmıştır. Ispanak, hardal yaprakları ve ıspanak-hardal karışımlarına  $75^\circ\text{C}$ – $115^\circ\text{C}$ 'de uygulanan ısı işlem sonunda,  $a^*$  değeri için  $E_a$  değeri sırasıyla;  $28.8$ ,  $41.6$  ve  $34.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak bulunmuştur (Ahmed *et al.* 2002). Yapılan diğer bir çalışmada, çeşitli konsantre meyve pulplarına ısı işlem uygulanmış ve  $L^*$  değeri için  $E_a$  değerleri; elma pulpunda  $28.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ , şeftali pulpunda  $39.6 \text{ kJ mol}^{-1}$  ve erik pulpunda  $36.0 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak saptanmıştır (Lozano and Ibarz 1997). Diğer bir çalışmada,  $\text{SO}_2$ 'in uzaklaştırılması amacı ile kurutulmuş kayısılar  $20^\circ\text{C}$ – $60^\circ\text{C}$ 'lerdeki  $\text{H}_2\text{O}_2$  çözeltisine (%1) daldırılıp çıkarılmış ve bu işlem sonucunda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerleri için  $E_a$  değeri sırasıyla,  $18.3$ ,  $20.2$ ,  $18.6$ ,  $19.2$  ve  $14.6 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Özkan and Cemeroglu 2002a).  $Q_{10}$  ve  $E_a$  değerlerinin düşük olması, uygulanmış olan proseste reflektans renk değerlerinin değişimine sıcaklığın çok fazla bağlı olmadığını göstermektedir.

Depolama sıcaklığı ve süresinin orta nemli kayısıların reflektans renk değerleri üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları EK 1'de (Çizelge 9–13) verilmiştir. Bu sonuçlar, incelenen tüm renk değerlerinde "sıcaklık  $\times$  süre" interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir ( $p < 0.01$ ). Duncan testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.16), "damıtık su" ile rehidre edilen ve  $5^\circ\text{C}$ 'de depolanan kayısıların  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$  değerlerinde önemli bir değişim görülmezken ( $p > 0.05$ );  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde, sadece depolama başlangıcına göre 8. ayda önemli bir değişim saptanmıştır ( $p < 0.05$ ).  $20^\circ\text{C}$ 'de depolama başlangıcına göre;  $L^*$ ,  $b^*$  ve  $C^*$  değerlerinde 4. ay,  $a^*$  değerinde 6. ay ve  $h^\circ$  değerinde ise 8. ayda önemli farklar bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).  $30^\circ\text{C}$ 'de ise, depolama süreleri arasındaki fark, incelenen tüm renk değerleri için istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Sürelere göre, her bir sıcaklıktaki renk değerlerinin ortalamaları

karşılaştırıldığında ise, depolama başlangıcı dışında genelde tüm depolama sürelerinde önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.16 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayıpların reflektans renk değerlerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırılması

Renk değeri	Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
		0	2	4	6	8
L*	5	51.54±0.72Aa	50.62±0.56ABa	50.50±0.48ABa	50.22±0.46ABa	49.97±0.38Ba
	20	49.08±0.42Ab	47.91±0.38ABb	47.10±0.35Bb	45.85±0.31Db	39.04±0.58Cb
	30	49.17±0.69Ab	43.19±0.50Bc	37.67±0.57Cc	31.73±0.56Dc	25.72±0.43Ec
a*	5	19.19±0.42Aa	18.70±0.46ABa	18.16±0.46ABa	18.17±0.46ABa	17.87±0.45Ba
	20	18.16±0.31Aa	17.10±0.28ABb	16.99±0.27ABb	16.95±0.25Bb	15.73±0.24Cb
	30	18.80±0.59Aa	16.93±0.44Bb	14.81±0.40Cc	10.65±0.45Dc	4.76±0.32Ec
b*	5	42.01±0.81Aa	41.41±0.79Aa	41.00±0.62Aa	40.70±0.58Aa	40.68±0.55Aa
	20	38.77±0.54Ab	37.84±0.50ABb	36.63±0.49BCb	35.16±0.47Cb	25.72±0.76Db
	30	39.68±1.04Ab	32.14±0.67Bc	24.55±0.69Cc	16.02±0.67Dc	7.85±0.43Ec
C*	5	46.21±0.86Aa	45.46±0.86Aa	44.88±0.69Aa	44.61±0.65Aa	44.45±0.63Aa
	20	42.83±0.58Ab	41.54±0.53ABb	40.40±0.51BCb	39.04±0.49Cb	30.20±0.71Db
	30	43.93±1.16Ab	36.34±0.78Bc	28.68±0.77Cc	19.24±0.80Dc	9.19±0.53Ec
h°	5	65.44±0.39Aa	65.71±0.40Aa	66.15±0.44Aa	65.99±0.46Aa	66.33±0.43Aa
	20	64.93±0.29ABa	65.70±0.32Aa	65.14±0.30ABa	64.26±0.31Bb	58.34±0.70Cb
	30	64.69±0.38Aa	62.27±0.29Bb	58.87±0.36Cb	56.41±0.37Dc	59.05±0.66Cb

<sup>1</sup>Renk değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–E : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ ).

a–c : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p<0.05$ ).

“Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve daha sonra 20°C’de depolanan orta nemli kayıpların renk değerleri arasındaki farklar da varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 1’de (Çizelge 14–18) verilmiştir. Bu sonuçlar, incelenen tüm renk değerlerinde "grup × süre" interaksyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir ( $p<0.01$ ).

Duncan testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.17), “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen kayısıların L\*, b\* ve C\* değerleri arasındaki fark, tüm depolama sürelerinde istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). a\* değerinde; 0, 2 ve 8 ay depolama sonunda elde edilen renk değerleri arasındaki fark ile h° değeri için 6 ay depolamadan itibaren başlangıca göre önemli fark bulunmuştur (p<0.05). Sürelere göre "damıtık su" ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen kayısıların renk değerleri arasındaki farklılıklar incelendiğinde; iki grup arasındaki farkın L\* ve C\* değeri için 0, 4, 6 ve 8. aylarda; a\* değeri için 0 ve 8. aylarda; b\* değeri için 0, 6 ve 8. aylarda; h° değeri için ise 4, 6 ve 8. aylarda önemli olduğu bulunmuştur (p<0.05).

#### 4.6 Mikrobiyel Değişim

Orta nemli bir gıdanın kalitesini belirleyen diğer önemli faktör de ürünün mikrobiyel stabilitesidir. Genellikle a<sub>w</sub>=0.60'ın altında tüm mikroorganizma faaliyetlerinin sona erdiği kabul edilmekle birlikte, mikroorganizmaların su aktivitesine duyarlılıkları farklılık göstermektedir. Gıdalarda bozulma etmeni birçok bakteri a<sub>w</sub>=0.90'ın altında faaliyet gösteremezken, küflerin ve mayaların faaliyetlerinin sona erdiği su aktivitesi alt sınırının sırasıyla, 0.70 ve 0.85 olduğu kabul edilmektedir (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Orta nemli kayısıların su aktivite düzeyleri, depolama sıcaklık ve süresine bağlı olarak 0.70–0.80 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu su aktivite düzeyi dikkate alınarak, depolama süresince mikrobiyel stabilitenin belirlenmesi amacıyla, toplam aerob mezofil bakteri (TAMB) ve toplam aerob psikrofil bakteri (TAPB) sayımları, maya-küf sayımları, *Enterobacteriaceae* ve stafilokok sayımları yapılmıştır.

Farklı sıcaklıklarda 8 ay boyunca depolanan orta nemli kayısıların mikrobiyolojik sayım sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Orta nemli kayısıların hazırlanmasında ham madde olarak kullanılan kükürtlenmiş kayıslarda, depolama başlangıcında TAMB sayısının ortalama 1.09x10<sup>2</sup> kob/g; TAPB sayısının ise 1.2 x10<sup>1</sup> kob/g olduğu; “damıtık su” ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayıslarda ise, TAMB ve TAPB sayılarının sırasıyla; 2.63x10<sup>2</sup> ve 2.36 x10<sup>1</sup> kob/g olduğu saptanmıştır. “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayıslarda ise, TAMB ve TAPB sayıları sırasıyla; 3.53x10<sup>1</sup> ve <4 kob/g olarak belirlenmiştir. Tüm kayısı gruplarında;

maya-küf, toplam *Enterobacteriaceae* ve stafilokok/mikrokok ve bu son grup içindeki *Staphylococcus aureus* türü bakterilerinin sayılarının ise, teşhis limitlerinin altında olduğu (<4 kob/g) bulunmuştur. Rehidrasyon işlemi uygulanmadan önce kayısılardaki başlangıç mikrobiyel yükün düşük seviyelerde olduğu, orta nemli kayısı elde etmek için kayısuların ayıklanıp yıkanması ve rehidrasyon işlemlerinin kayısılardaki toplam TAMB ve TAPB sayılarını yaklaşık 2.5 kat artırdığı görülmektedir. Diğer yandan orta nemli

Çizelge 4.17 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’ de depolanan orta nemli kayısuların reflektans renk değerlerinin<sup>1</sup> Duncan testi ile karşılaştırması

Renk değeri	Grup	Süre (ay)				
		0	2	4	6	8
L*	Damıtık su	49.08±0.42Ab	47.91±0.38ABa	47.10±0.35Ba	45.85±0.31Ca	39.04±0.58Db
	Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	50.73±0.50Aa	47.37±0.38Ba	45.53±0.36Cb	44.02±0.32Db	41.94±0.47Ea
a*	Damıtık su	18.16±0.31Ab	17.10±0.28ABa	16.99±0.27ABa	16.95±0.25Ba	15.73±0.24Ca
	Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	19.62±0.47Aa	17.27±0.38Ba	16.80±0.37Ba	16.37±0.36Ba	14.53±0.22Cb
b*	Damıtık su	38.77±0.54Ab	37.84±0.50ABa	36.63±0.49BCa	35.16±0.47Ca	25.72±0.76Db
	Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	41.27±0.79Aa	36.47±0.58Ba	33.98±0.52Ca	31.81±0.49Db	27.37±0.42Ea
C*	Damıtık su	42.83±0.58Ab	41.54±0.53ABa	40.40±0.51BCa	39.04±0.49Ca	30.20±0.71Db
	Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	45.75±0.84Aa	40.38±0.62Ba	37.93±0.57Cb	35.79±0.49Db	31.01±0.42Ea
h°	Damıtık su	64.93±0.29ABa	65.70±0.32Aa	65.14±0.30ABa	64.26±0.31Ba	58.34±0.70Cb
	Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	64.57±0.45Aa	64.67±0.44Aa	63.72±0.42ABb	62.80±0.39BCb	62.02±0.40Ca

<sup>1</sup>Renk değerleri, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A–D : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a–b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

kayısıların H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile muamele işleminin mevcut bakteriyel yükü 3 kat (%68) azalttığı saptanmıştır. Orta nemli incirler üzerine yapılan bir çalışmada da, 80°C'de %2.5 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan rehidrasyon işleminin TAMB yükünü %90 azalttığı belirlenmiştir (Demirbüker *et al.* 2004). Bu durum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in antimikrobiyel etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aseptik dolumda kullanılan laminant karton kutuların plastik yüzeylerinin sterilizasyonunda kullanıldığı gibi (Mitchell 1988), meyve ve sebzelerin yüzey sterilizasyonunda da kullanılabilceği önerilmektedir (Forney *et al.* 1991, Sapers and Simmons 1998).

“Damıtık su” ile rehidre edilerek, 8 ay depolanan orta nemli kayısıların TAMB sayısında 5°C, 20°C ve 30°C’ de sırasıyla; 0.7, 1.1 ve 1.5 log devrelik azalma olduğu belirlenmiştir. Aynı dönemde, “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen orta nemli kayısıların TAMB sayısında ise, 0.62 log devre azalma olduğu saptanmıştır. Benzer bir çalışmada, yaklaşık %36 nem içeren orta nemli kayısı örnekleri ambalajlandıktan sonra 1 ve 8 ay süreyle depolanmış ve bu kayısıların TAMB sayısının sırasıyla, 1.8x10<sup>2</sup> ve 9.0x10<sup>1</sup> kob/g gibi düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır (Witthuhn *et al.* 2005). Bu kayısıların maya-küf sayısı ise, 8.2 x10<sup>2</sup>'den (1 ay depolama) 1.44 x10<sup>3</sup>'e (8 ay depolama) yükselmiştir. Toplam *Enterobacteriaceae* ve staphylococcus cinsi bakteri gelişimi ise gözlenmemiştir. 1 ve 8 ay depolama sonunda, kayısıların a<sub>w</sub> ve SO<sub>2</sub> içerikleri ise, sırasıyla 0.85 ve 0.83 ile 1501 ve 1054 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır.

Yapılan bir depolama çalışmasında, su aktivite düzeyleri 0.63–0.92 olan orta nemli elmalara *Eurotium amstelodami* ve *Saccharomyces rouxii* cinsi iki farklı maya inoküle edilmiş ve 15°C, 25°C, 35°C ve 45°C olmak üzere 4 farklı sıcaklıkta depolanmıştır (Singh *et al.* 1983). *E. amstelodami* inoküle edilen ve a<sub>w</sub>=0.65 değerinin altında olan örneklerde hiç bir depolama sıcaklığında gelişme gözlenmemiştir. Buna karşın, 15°C'de a<sub>w</sub>=0.911 olan örneklerde 40. günden itibaren az da olsa mikrobiyel gelişimin olduğu; 25°C, 35°C ve 45°C’lerde ise, 0.88 ve üzerindeki su aktivitesi değerlerinde 3. günden itibaren mikrobiyel gelişimin olduğu saptanmıştır. *S. rouxii* inoküle edilen örneklerde ise, incelenen 3 farklı a<sub>w</sub> değerinde de 45°C’de 5. gün sonunda mikroorganizma sayısında 4–5 log devrelik azalma olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, yüksek depolama sıcaklıklarının mayaların gelişimini engellediği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.18 Orta nemli kayısıların depolama süresince mikrobiyel yüklerindeki değişimler (kob/g)

Depolama süresi (ay)	Mikrobiyel sayım	Kuru kayısı	5°C	20°C	30°C	20°C (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
0	TAMB	1.09x10 <sup>2</sup> ±2.45x10 <sup>1</sup>	2.63x10 <sup>2</sup> ±9.20x10 <sup>1</sup>	2.63x10 <sup>2</sup> ±9.20x10 <sup>1</sup>	2.63x10 <sup>2</sup> ±9.20x10 <sup>1</sup>	3.53x10 <sup>1</sup> ±5.88x10 <sup>0</sup>
	TAPB	1.20x10 <sup>1</sup> ±9.79 x10 <sup>0</sup>	2.36x10 <sup>1</sup> ±1.87x10 <sup>1</sup>	2.36 x10 <sup>1</sup> ±1.87x10 <sup>1</sup>	2.36 x10 <sup>1</sup> ±1.87x10 <sup>1</sup>	< 4
	M-K	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
	ENT	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
1	TAMB	–	1.05x10 <sup>2</sup> ±2.01 x10 <sup>1</sup>	8.50x10 <sup>1</sup> ±2.72x10 <sup>1</sup>	3.70x10 <sup>1</sup> ±1.77x10 <sup>1</sup>	3.3x10 <sup>1</sup> ±1.61x10 <sup>1</sup>
	TAPB	–	1.93 x10 <sup>1</sup> ±8.16x10 <sup>0</sup>	–	–	–
	M-K	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	–	–	–	–	–
	ENT	–	–	–	–	–
2	TAMB	–	1.19x10 <sup>2</sup> ±5.39x10 <sup>1</sup>	7.93x10 <sup>1</sup> ±1.66x10 <sup>1</sup>	2.93x10 <sup>1</sup> ±1.28x10 <sup>1</sup>	2.07x10 <sup>1</sup> ±4.67x10 <sup>0</sup>
	TAPB	–	5.50x10 <sup>0</sup> ±3.33	–	–	–
	M-K	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	ENT	–	< 4	< 4	< 4	< 4
4	TAMB	–	7.95x10 <sup>1</sup> ±2.77x10 <sup>1</sup>	4.10x10 <sup>1</sup> ±1.64x10 <sup>1</sup>	6.83x10 <sup>0</sup> ±3.25x10 <sup>0</sup>	1.20x10 <sup>1</sup> ±6.19x10 <sup>0</sup>
	TAPB	–	3.00x10 <sup>0</sup> ±0.00	–	–	–
	M-K	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	–	–	–	–	–
	ENT	–	–	–	–	–
6	TAMB	–	7.90x10 <sup>1</sup> ±1.05x10 <sup>0</sup>	6.61x10 <sup>1</sup> ±1.53x10 <sup>1</sup>	7.33x10 <sup>0</sup> ±3.01x10 <sup>0</sup>	1.20x10 <sup>1</sup> ±9.79x10 <sup>0</sup>
	TAPB	–	3.00x10 <sup>0</sup> ±0.00	–	–	–
	M-K	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	ENT	–	< 4	< 4	< 4	< 4
8	TAMB	–	5.57x10 <sup>1</sup> ±2.19x10 <sup>1</sup>	2.17x10 <sup>1</sup> ±6.86x10 <sup>0</sup>	7.67x10 <sup>0</sup> ±2.66x10 <sup>0</sup>	8.3x10 <sup>0</sup> ±6.86x10 <sup>0</sup>
	TAPB	–	3.00x10 <sup>0</sup> ±0.00	–	–	–
	M-K	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	SK	–	< 4	< 4	< 4	< 4
	ENT	–	< 4	< 4	< 4	< 4

<sup>1</sup>Çizelgedeki değerler, "aritmetik ortalama ± standart hata" değerleriyle birlikte verilmiştir.

Bilindiği gibi, birçok mayanın gelişim gösterdiği sıcaklık 25°C–30°C arasında bulunmaktadır (Frazier 1967). Tarafımızdan yürütülen deneylerde; orta nemli kayisuların  $a_w$  değeri başlangıçta 0.806 iken, 8 ay depolama sonunda bu değer sırasıyla; 5°C’de 0.781, 20°C’de 0.763 ve 30°C’de 0.696’ya düşmüş; aynı dönemde TAMB sayılarında ise, sırasıyla 0.7, 1.1 ve 1.5 log devrelik azalmalar olduğu saptanmıştır.

Yapılan diğer bir çalışmada; güneşte kurutulmuş, nem içeriği %26 olan ve LDPE ile paketlenmiş kuru kayisuların SO<sub>2</sub> içeriği, 5°C’de 8 ay depolama sonucunda 1534 ppm’den 1450 ppm’e düşmüş, buna karşın TAMB sayısı 60 kob/g’dan <10 kob/g’a düşmüş ve toplam maya-küf sayısı ise 10 kob/g’dan  $5 \times 10^2$  kob/g’a yükselmiştir (Mahmutoğlu *et al.* 1996). Aynı çalışmada, yapay kurutucuda kurutulmuş, nem içeriği %23.5 olan ve aynı ambalajda muhafaza edilen kuru kayisuların SO<sub>2</sub> içeriği, 5°C’de 8 ay depolama sonucunda 849 ppm’den 833 ppm’e, TAMB ve toplam maya küf sayıları ise, depolama başlangıcında ve 8 ay depolama sonunda <10 kob/g olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, yapay yolla kurutulmuş kayisuların daha yüksek mikrobiyel kalitesinin olduğunu göstermiştir.

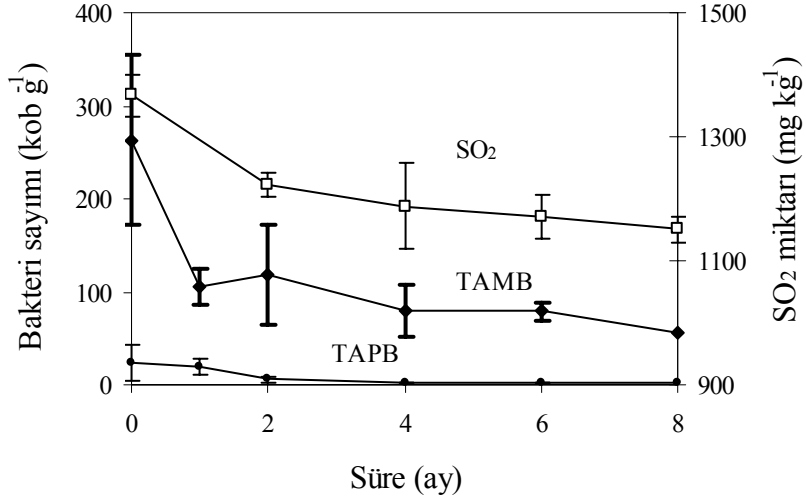
Depolama süresince, TAMB ve TAPB sayıları ile SO<sub>2</sub> düzeyindeki değişim arasındaki ilişki Şekil 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18’de verilmiştir. Depolama sıcaklığına bağlı olarak depolama süresince SO<sub>2</sub> miktarının azaldığı gözlenmiştir. 5°C, 20°C ve 30°C’lerde 8 ay depolama sonunda SO<sub>2</sub> miktarı sırasıyla; %16, 58 ve 94 oranında azalmıştır. Görüldüğü gibi en yüksek SO<sub>2</sub> kaybı, 30°C’de depolanan örneklerde gerçekleşmiştir. 30°C, aynı zamanda mikrobiyel yükün en fazla düştüğü depolama sıcaklığıdır (Çizelge 4.18). Çalışmamızda gaz geçirgenliği düşük bir ambalaj materyali kullanılmıştır. Bu nedenle kayısı örneğinden SO<sub>2</sub>’in buharlaşarak gaz fazına geçtiği ve uzaklaşan SO<sub>2</sub>’in de ambalaj materyali içinde adeta modifiye bir atmosfer oluşturduğu bunun ise, mikrobiyel yükün düşmesinde etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu sıcaklıkta başlangıçta 0.806 değerinde olan su aktivitesi 8 ay sonunda 0.696 değerine düşmüştür. Bilindiği gibi gıdalarda bozulma yapan bakterilerin, mayaların ve küflerin çoğu sırasıyla; 0.90, 0.88 ve 0.80 su aktivitesinin altında faaliyet gösterememektedirler (Cemeroğlu ve Özkan 2004). SO<sub>2</sub>’in yukarıda açıklanan etkisinin dışında, depolama



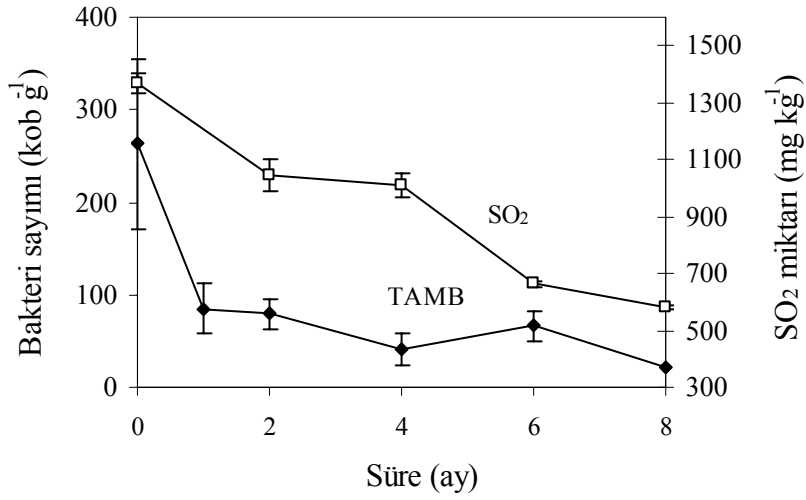
süresince su aktivitesinin de azalmasına bağlı olarak mikroorganizma gelişiminin sınırlandığı düşünülebilir.

Şekil 4.18'de görüldüğü gibi, “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilerek orta nemli hale getirilen kayıslarda ise, SO<sub>2</sub>'in özellikle depolama başlangıcında hızla azaldığı görülmektedir. 8 aylık depolama sonunda SO<sub>2</sub>'in %90'ının uzaklaştığı belirlenmiştir. Bu azalmanın, SO<sub>2</sub>'in özellikle depolamanın başlangıcında ortamda bulunan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile reaksiyona girerek SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> okside olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>' in sülfitletler ile olan reaksiyonu, turşuya işlenecek hıyarların depolanmasında gösterilmiştir (McFeeters 1998). 8 aylık depolama sonunda “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen kayıslarda TAMB sayısında 0.6 log devre azalma olduğu belirlenmiştir. “Damıtık su” ile rehidre edildikten sonra 20°C’de depolanan orta nemli kayıslarda ise, 8 ay sonunda, SO<sub>2</sub>'in %58'i uzaklaşmış ve TAMB sayısı da 1.1 log devre azalmıştır. Buradan da görüldüğü üzere “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen örneklerde SO<sub>2</sub>'in neredeyse tamamı uzaklaşmasına rağmen TAMB sayısında yine azalma gözlenmiştir. Bu örneklerde mikroorganizma yükünün düşük seviyelerde kalmasında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in etkili olduğu görülmektedir.

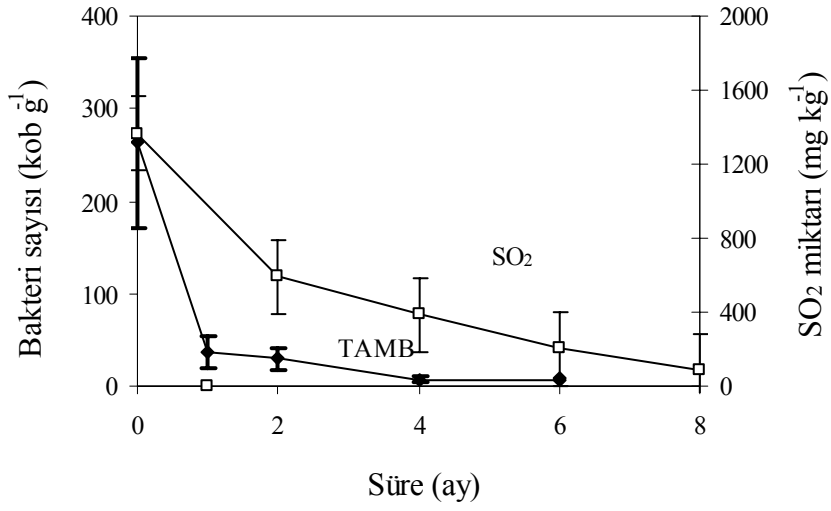
“Damıtık su” ile rehidre edilerek elde edilen orta nemli kayıslarda depolama süresince toplam aerob mezofilik bakteri gelişimi üzerine depolama sıcaklık ve süresinin etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları EK 1'de (Çizelge 19) verilmiştir. Bu sonuçlar, TAMB sayısında "sıcaklık × süre" interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğunu göstermiştir (p<0.01). Duncan testi sonuçları (Çizelge 4.19); incelenen 3 depolama sıcaklığında da 2. aydan itibaren TAMB sayısında önemli düzeyde azalma olduğunu göstermiştir (p<0.05).



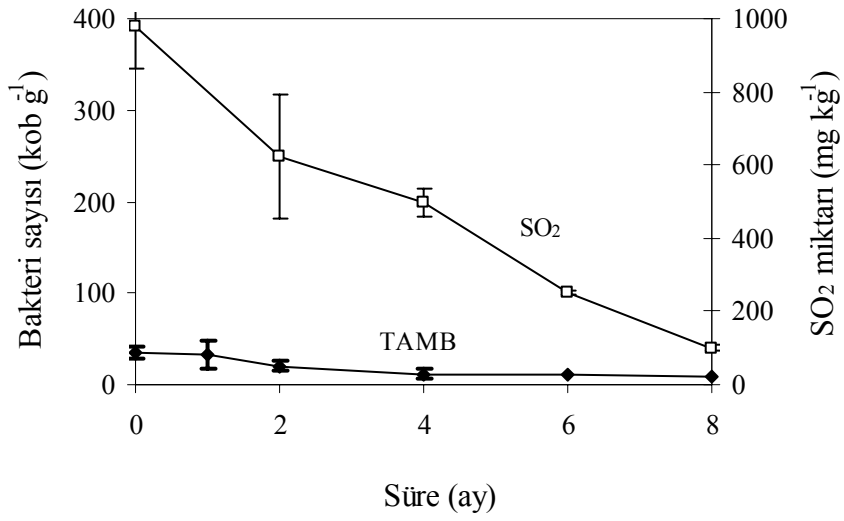
Şekil 4.15 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısıların 5°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO<sub>2</sub> miktarındaki değişimler



Şekil 4.16 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayısıların 20°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO<sub>2</sub> miktarındaki değişimler



Şekil 4.17 “Damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayıpların 30°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO<sub>2</sub> miktarındaki değişimler



Şekil 4.18 “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilen kayıpların 20°C’de depolanmaları süresince TAMB, TAPB sayısında ve SO<sub>2</sub> miktarındaki değişimler

Çizelge 4.19 “Damıtık su” ile rehidre edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan orta nemli kayısların TAMB sayılarının<sup>1</sup> (log kob/g) Duncan testi ile karşılaştırılması

Sıcaklık (°C)	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
5	2.42±1.71 Aa	2.07±1.51 Ba	1.90±1.21 BCa	1.89±0.66 BCa	1.75±1.15 Ca
20	2.42±1.71 Aa	1.89±0.95 Ba	1.61±1.02 BCb	1.82±0.98 Ba	1.33±0.34 Cab
30	2.42±1.71 Aa	1.47±0.64 Bb	0.85±0.24 Bb	0.86±0.17 Bb	0.88±0.08 Bb

<sup>1</sup>TAMB sayıları, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A-C : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

“Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve daha sonra 20°C’de depolanan orta nemli kayısların TAMB sayıları arasındaki farklar da varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve sonuçlar EK 1’de (Çizelge 20) verilmiştir. Gruplar arasındaki farkı değerlendirmek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. “Damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen örneklerde TAMB sayısında depolama boyunca önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır (p>0.05). Sürelere göre grup ortalamaları arasındaki fark, tüm depolama sürelerinde önemli bulunurken (p<0.05); sadece 8. ayda önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05).

Çizelge 4.20 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların TAMB sayılarının<sup>1</sup> (log kob/g) Duncan testi ile karşılaştırılması

Gruplar	Süre (ay)				
	0	2	4	6	8
Damıtık su	2.42±1.71 Aa	1.89±0.95 Ba	1.61±1.02 BCa	1.82±0.98 Ba	1.33±0.34 Ca
Damıtık su+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.55±0.25 Ab	1.32±0.12 ABb	1.08±0.48 Bb	1.08±0.78 Bb	0.92±0.64 Ba

<sup>1</sup>TAMB sayıları, aritmetik ortalama±standart hata olarak verilmiştir.

A-C : Aynı satırda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

a-b : Aynı sütunda değişik harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

## 5. SONUÇ

Ülkemiz dış ticareti açısından önemli ekonomik değeri olan kayısı, yoğun olarak Malatya yöresinde üretilmekte ve kurutulmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, kuru kayısı 12.5 kg'lık büyük ambalajlarda ihraç edilmekte ve bu nedenle bu değerli ürünümüz yeterince değerlendirilememektedir. Bu projede, kuru kayısılar “damıtık su” ile rehidre edilerek orta nem düzeyine getirilmiş ve tüketici ambalajlarında paketlenerek katma değeri yüksek bir ürün elde edilmiştir. Periyodik olarak alınan örneklerde başta renk ve mikrobiyolojik analizler yapılarak, orta nemli kayısıların depolanma stabilitesi belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda özetlenmiştir.

1) Depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak orta nemli kayısılardaki nem miktarının azaldığı belirlenmiştir. Özellikle 30°C'de depolanan kayıslarda önemli miktarda nem kaybı gözlenmiştir. Bu kayba rağmen kayısıların nem düzeyi depolama sonunda bile orta nem düzeyinin altına düşmemiştir.

2) Depolama sıcaklığı ve süresi arttıkça, su aktivitesi tüm örneklerde azalmıştır. Su aktivitesinde en hızlı düşüş, 30°C'de depolanan örneklerde görülmüştür. Bu örneklerin hızla esmerleşmesinin nedenlerinden bir tanesinin de su aktivitesinin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının maksimumuna ulaştığı 0.65–0.70 değerleri arasına ulaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Endüstriyel ölçekte orta nemli kayısı üretiminde nem geçirgenliği daha düşük ambalajların kullanımı ile bu sorun belli ölçüde önlenilecektir.

3) Bilindiği gibi SO<sub>2</sub>'in, hem enzimatik olmayan esmerleşmeyi önleme etkisi ve hem de antimikrobiyel etkisi bulunmaktadır. Depolama sıcaklığı yükseldikçe, orta nemli kayıslardan SO<sub>2</sub>'in uzaklaşma hızı artmıştır. Özellikle 30°C'de, depolama süresince orta nemli kayıslardan önemli miktarda SO<sub>2</sub> uzaklaşmıştır. Bu nedenle yüksek sıcaklıkların uzun süreli depolamalar için önerilemeyeceği sonucuna ulaşılmıştır.

4) Orta nemli kayısıların depolanması süresince oluşan esmerleşmenin sıcaklığa bağlı olduğu ve sıcaklık yükseldikçe esmer renkli pigment oluşumunun hızla arttığı

gözlenmiştir. 5°C’de 8 ay depolama sonunda orta nemli kayısıların renklerinde önemli bir değişim saptanmamış; 20°C’ de ise renk kabul edilebilir düzeyde korunabilmiş, buna karşın 30°C’de daha depolamanın 2. ayından itibaren, renk kabul edilemez düzeye ulaşmıştır.

**5)** Depolama boyunca tüm reflektans renk parametrelerinde azalma gözlenmiştir. 5°C’de tüm depolama süresince ve 20°C’de 4 ay depolama sonunda orta nemli kayısıların renklerinde önemli bir değişiklik olmadığı; buna karşın 30°C’de ise, depolama süresince tüm renk değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğu belirlenmiştir. 30°C’de 2 aylık depolamadan itibaren orta nemli kayısıların renklerinin kabul edilemez olduğu hem esmerleşme değerlerinden ve hem de reflektans renk değerlerinden anlaşılmıştır. Orta nemli kayısıların tüketiciler tarafından tercih edilen altın sarısı renginin korunabilmesi için, 5°C’nin optimum depolama sıcaklığı olduğu belirlenmiştir. Sadece yaz aylarında orta nemli kayısıların soğuk hava depolarında muhafaza edilmesi durumunda bile, kayısıların altın sarısı renklerinin korunması mümkün olabilecektir.

**6)** Kuru kayılardan orta nemli kayısı elde etmek için uygulanan işlemlerin (ayıklama, yıkama ve rehidrasyon) kayılardaki TAMB ve TAPB sayılarını artırdığı saptanmıştır. Diğer yandan, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltilisine daldırma işleminin ise, orta nemli kayısıların mevcut bakteriyel yükünü azalttığı saptanmıştır. Bu durum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in antimikrobiyel etkisinden kaynaklanmıştır.

**7)** Orta nemli kayısıların TAMB sayısında depolama süresince tüm sıcaklıklarda azalma olduğu belirlenmiştir. Orta nemli kayısıların; 5°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklarda 8 ay süresince mikrobiyel açıdan stabil bir şekilde depolanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç, SO<sub>2</sub>’in diğer bir koruyucu maddeye gerek kalmadan orta nemli kayısıların mikrobiyolojik yolla bozulmasını uzun süre engellediğini göstermiştir.

**8)** “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edildikten sonra 20°C’de depolanan kayısılar karşılaştırıldığında; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’li örneklerde; çok daha fazla SO<sub>2</sub> kaybı olduğu, esmer renkli pigment oluşumunun daha hızlı gerçekleştiği ve reflektans renk

değerlerinde daha fazla azalma olduğu, buna karşın TAMB sayısındaki azalmanın ise, daha az olduğu görülmüştür. Bu nedenle de antimikrobiyel etkisinden yararlanmak için uygulanan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözeltisine daldırma işleminin, kayısların renklerinin korunması için gerekli olan SO<sub>2</sub>'i uzaklaştırması gibi olumsuz bir etkisi olması nedeniyle, “damıtık su” ile rehidre edilen kayısların 20°C’de daha stabil bir şekilde depolanabileceği sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Akova, Y. 2000. Kuru ve Sert Kabuklu Meyveler Dış Pazar Araştırması. İGEME. 178 s., Ankara.
- Asma, B.M., Gültek, A., Kan, T. ve Birhanlı, O. 2005. Kayısıda Kükürt Sorunu. ÖzGayret Ofset. 108 s., Malatya.
- Abdelhaq, E.H. and Labuza, T.P. 1987. Air drying characteristics of apricots. *Journal of Food Science*, 52, 342-345.
- A.O.A.C. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15<sup>th</sup> ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Aguilera, J.M., Oppermann, K. and Sanchez, F. 1987. Kinetics of browning of Sultana grapes. *Journal of Food Science*, 52, 990-993.
- Ahmed, J., Kaur, A. and Shivhare, U. 2002. Color degradation kinetics of spinach, mustard leaves, and mixed puree. *Journal of Food Science*, 67(3), 1088-1091.
- Avila, I.M.L.B. and Silva, C.L.M. 1999. Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. *Journal of Food Engineering*, 39, 161-166.
- Baloch, A.K., Buckle, K.A. and Edwards, R.A. 1973. Measurement of non-enzymic browning of dehydrated carrot. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24, 389-398.
- Barreiro, J.A., Milano, M. and Sandoval, A.J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33, 359-371.
- Beveridge, T. and Harrison, J.E. 1984. Nonenzymatic browning in pear juice concentrate at elevated temperature. *Journal of Food Science*, 49, 1335-1336, 1340.
- Buera, M.D.P., Chirife, J., Resnik, S.L. and Lozano, R.D. 1987. Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to caramelization of various single sugars. *Journal of Food Science*, 52, 1059-1062.
- Buera, M.D.P., Chirife, J., Resnik, S.L. and Wetzler, G. 1987. Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to maillard's reaction between different single sugars and glycine and comparison with caramelization browning. *Journal of Food Science*, 52, 1063-1067.



- Buera, M.D.P., Chirife, J., Resnik, S.L. and Lozano, R.D. 1987. Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to reaction between glucose and glycine peptides. *Journal of Food Science*, 52, 1068-1070.
- Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *Food Chemistry*, 80, 91-97.
- Byrne, D.H., Nikolic, A.N. and Burns, E.E. 1991. Variability in sugars, acids, firmness and color characteristics of 12 peach genotypes. *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 116, 1004-1006.
- Cemeroğlu, B. 1992. *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*, Arzu Ofset, 381 s, Ankara.
- Cemeroğlu, B. ve Özkan, M. 2004. Kurutma teknolojisi, *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, B. Cemeroğlu (ed), Başkent Klişe Matbaacılık, s. 479-618, Ankara.
- Clegg, K.M. and Morton, A.D. 1965. Carbonyl compounds and the nonenzymatic browning of lemon juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 16, 191.
- Code of Federal Regulations. Direct food substances affirmed as generally recognized as safe. 21 CFR 184.1366. Web sitesi:<http://frwebgate5.access.gpo.gov>. Erişim Tarihi:31.07.2006.
- Codex Alimentarius Commission. 1989. *Food Additives Joint FAO/WHO Food Standards Programme*, Rome.
- Davis, E.G., McBean, D.McG., Rooney, M.L. and Gipps, P.G. 1973. Mechanisms of sulphur dioxide loss from dried fruits in flexible films. *Journal of Food Technology*, 8, 391-405.
- Demirbüker, D., Şimşek, S. and Yemenicioğlu, A. 2004. Potential application of hot rehydration alone or in combination with hydrogen peroxide to control pectin methylesterase activity and microbial load in cold-stored intermediate-moisture sun-dried figs. *Food Chemistry and Toxicology*, 69(3), 170-178.
- DİE. 2003. *Tarımsal Yapı. Devlet İstatistik Enstitüsü Matbaası*. Ankara.
- FAO. Web sitesi:<http://www.fao.org>. Erişim Tarihi: 26.07.2006
- Forney, C.F., Rij, R.E., Denis-Arrue, R. and Smilanick, J.L. 1991. Vapor phase hydrogen peroxide inhibits postharvest decay of table grapes. *Horticultural Science*, 26, 1512-1514.
- Francis, F.J. 1969. Pigment content and color in fruits and vegetables. *Food Technology*, 23(1), 32-36.

- Frazier, W.C. 1967. Food Microbiology. 2<sup>nd</sup> ed., Mc Graw-Hill Book Company, 539 p., USA.
- Gökçe K. 1966. Malatya kayısılarının kükürtlenmeleri üzerine teknik çalışmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, no: 261, 87 s., Ankara.
- El Halouat, A., Gourama, H., Uyttendaele, M. and Debevere, J.M. 1998. Effects of modified atmosphere packaging and preservatives on the shelf-life of high moisture prunes and raisins. *International Journal of Food Microbiology*, 41, 177-184
- Joubert, E., Wium, G.L. and Sadie, A. 2001. Effect of temperature and fruit-moisture content on discolouration of dried, sulphured Bon Chretien pears during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 99-105.
- Karel, M. 1975. Water activity and Food Preservation. In *Principles of Food Science Part II: Physical Principles of Food Preservation*. O.R. Fennema (ed), Marcel Deckker Inc., 237-263, New York.
- Kılıç, M., Muthukumarappan, K. and Gunasekaran, S. 1997. Kinetics of nonenzymatic browning in cheddar cheese powder during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 21, 379-393.
- Koca, N., Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 449-455.
- Lee, C.M., Lee, T. and Chichester, C.O. 1979. Kinetics of the production of biologically active maillard browned products in apricot and glucose -L-Tryptophan, *Journal of Food Science*, 27(3), 478-482.
- Lee, H.S. and Nagy, S. 1988. Quality changes and nonenzymatic browning intermediates in grapefruit juice during storage. *Journal of Food Science*, 53, 168-180.
- Lozano, J.E. and Ibarz, A. 1997. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. *Journal of Food Engineering*, 31, 365-373.
- Mahmutoğlu, T., Saygı, Y.B., Borçaklı, M. and Özay, G. 1996. Effects of pretreatment-drying method combinations on the drying rates, quality and storage stability of apricots. *Lebensmittel WissenSchaft Technologie*, 29, 418-424.
- McFeeters R.F. 1998. Use and removal of sulfite by conversion to sulfate in the preservation of salt-free cucumbers. *Journal of Food Protection*, 61, 885-890.
- Mitchell, E.L. 1988. A review of aseptic processing. *Advances in Food Research*, 32, 1-37.

- Meredith, F.I., Robertson, J.A. and Horvat, R.J. 1989. Changes in physical and chemical parameters associated with quality and post harvest ripening of "Harvester" peaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37, 1210-1214.
- Mermelstein, N.H. 2001. Sanitizing meat. *Food Technology*, 55(3), 64-68.
- Muriana, P.M. 1997. Effect of pH and hydrogen peroxide on heat inactivation of *Salmonella* and *Listeria* in egg white. *Food Microbiology*, 14(9), 11-19.
- Nielsen, S.S., Marcy, J.E. and Sadler, G.D. 1993. Chemistry of aseptically processed foods, In *Principles of Aseptic Processing and Packaging*, J.V. Chambers and P.E. Nelson (Eds.), 2<sup>nd</sup> ed., Food Processors Institute, 257 p., Washington, DC.
- Özkan, M. 1996. Gıdalarda sülfıt uygulamaları. Seminer. Ankara Üniversitesi, 20 s., Ankara.
- Özkan, M. 2001. Kuru kayısılarından kükürt dioksitin uzaklaştırılma yöntemleri üzerinde araştırma. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 113 s., Ankara.
- Özkan, M. and Cemeroğlu, B. 2002a. Desulfiting dried apricots by hydrogen peroxide. *Journal of Food Science*, 67(5), 1631-1635.
- Özkan, M. and Cemeroğlu, B. 2002b. Desulfiting dried apricots by hot air flow. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(15), 1823-1828.
- Özkan, M., Kırca, A. and Cemeroğlu, B. 2003. Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. *European Food Research and Technology*, 216(3), 217-219.
- Peterson, B.I., Tong, C.H., Ho, C.T. and Welt, B.A. 1994. Effect of moisture content on maillard browning kinetics of a model system during microwave heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 1884-1887.
- Petriella, C., Resnik, S.L., Lozano, R.D. and Chirife, J. 1985. Kinetics of deteriorative reactions in model food systems of high water activity: Color changes due to nonenzymatic browning. *Journal of Food Science*, 50, 622-626.
- Reith, J.F. and Willems, J.J.L. 1958. Über die bestimmung der schwefligen säure in lebensmitteln. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 3, 270-280.
- Quast, D.G. and Teixeira Neto, R.O. 1976. Moisture problems of foods in tropical climates. *Food Technology*, 5, 98-105.
- Rossello, C., Mulet, A. and Canellas, J. 1994. Quality of dried apricots:Effect of storage temperature, light and SO<sub>2</sub> content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65, 121-124.

- Sapers, G.M. and Douglas, Jr.F.W. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *Journal of Food Science*, 52, 1258-1285.
- Sapers, G.M. and Simmons, G.F. 1998. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, 52(2), 48-52.
- Simmons, G.F., Smilanick, J.L., John, S. and Margosan, D.A. 1997.Reduction of microbial populations on prunes by vapor-phase hydrogen peroxide. *Journal of Food Protection*. 60, 188-191.
- Singh, R.K., Lund, D.B. and Buelow, F.H. 1983. Storage stability of intermediate moisture apples: Kinetics of quality change. *Journal of Food Science*, 48, 939-944.
- Stadtman, E.R., Barker, H.A., Haas, V. and Mrak, E.M. 1946. Storage of dried fruit: Influence of temperature on deterioration of apricots. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 38, 541-543.
- Taoukis P.S., Breene, W.M. and Labuza, T.P. 2005. Intermediate moisture foods. Minnesota Agricultural Experiment Station. Paper No. 14,969. Web sitesi:[http://www.fsci.umn.edu/Ted\\_Labuza/papers/IMF.pdf](http://www.fsci.umn.edu/Ted_Labuza/papers/IMF.pdf). Erişim Tarihi: 10.01.2005.
- Toribio, J.L., Nunes, R.V. and Lozano, E. 1984. Influence of water activity on the nonenzymatic browning of apple juice concentrate storage. *Journal of Food Science*, 49, 1630-1631.
- Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. 1997. T.C. Resmi Gazete, sayı: 23172. Başbakanlık Yayınevi. Başbakanlık Mevzuat, Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü. 224 s., Ankara.
- Witthuhn, R.C., Engelbrecht, S., Joubert, E. and Britz, T.J. 2005. Microbial content of commercial South Africa high-moisture dried fruits. *Journal of Applied Microbiology*, 98(3), 722-726.
- Yemenicioğlu, A. ve Özkan, M. 2004. Gıdaların başlıca dayandırılma yöntemleri, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, B. Cemeroglu (ed), Başkent Klise Matbaacılık, 189-232 s., Ankara.

## EK-1 VARYANS ANALİZ SONUÇLARI

Çizelge 1 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince SO<sub>2</sub> kaybına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	2432987	1216493	1201,04	0,00
Süre	4	2155284	538821	531,98	0,000
Sıcaklık*süre	8	784369	98046	96,80	0,000**
Hata	15	15193	1013		
Genel toplam	29	5387832			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 2 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların SO<sub>2</sub> kaybına ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	1	984792	984792	488,97	0,000
Süre	4	1677385	419346	208,22	0,000
Grup*süre	4	11033	2758	1,37	0,312
Hata	10	20140	2014		
Genel toplam	19	2693350			

\*\* : (p>0.01)

Çizelge 3 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince pH değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	0,376630	0,188315	199,39	0,00
Süre	4	0,307133	0,076783	81,30	0,000
Sıcaklık*süre	8	0,136837	0,017105	18,11	0,000**
Hata	45	0,042500	0,000944		
Genel toplam	59	0,863100			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 4 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince titrasyon asitliğindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	0,46214	0,23107	22,23	0,00
Süre	4	1,28738	0,32184	30,97	0,000
Sıcaklık*süre	8	0,65539	0,08192	7,88	0,000**
Hata	45	0,46768	0,01039		
Genel toplam	59	2,87259			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 5 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların pH değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0,034810	0,034810	153,57	0,000
Süre	4	0,235935	0,058984	260,22	0,000
Grup*süre	4	0,010165	0,002541	11,21	0,000**
Hata	30	0,006800	0,000227		
Genel toplam	39	0,287710			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 6 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların titrasyon asitliğindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0,00795	0,00795	3,30	0,079
Süre	4	1,19407	0,29852	123,92	0,000
Grup*süre	4	0,38679	0,09670	40,14	0,000**
Hata	30	0,07227	0,00241		
Genel toplam	39	1,66107			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 7 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince esmerleşme düzeylerindeki değişimlere ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	2,32176	1,16088	1706,42	0,00
Süre	4	1,19224	0,29806	438,13	0,000
Sıcaklık*süre	8	1,85838	0,23230	341,46	0,000**
Hata	45	0,03061	0,00068		
Genel toplam	59	5,40299			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 8 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanmış orta nemli kayısıların esmerleşme düzeylerindeki değişimlere ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0.0000018	0.0000018	0.01	0.918
Süre	4	0.0618918	0.0154729	91.67	0.000
Grup*süre	4	0.0074299	0.0018575	11.01	0.000**
Hata	30	0.0050635	0.0001688		
Genel toplam	39	0.0743870			

\*\* : p<0,01

Çizelge 9 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısıların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince L\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	8749,4	4374,7	857,46	0,00
Süre	4	4799,9	1200,0	235,20	0,000
Sıcaklık*süre	8	3292,2	411,5	80,66	0,000**
Hata	285	1454,1	5,1		
Genel toplam	299	18295,6			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 10 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince a\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	1462,33	731,17	229,52	0,000
Süre	4	1258,37	314,59	98,76	0,000
Sıcaklık*süre	8	1335,60	166,95	52,41	0,000**
Hata	285	907,89	3,19		
Genel toplam	299	4964,20			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 11 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince b\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	14969,4	7484,7	863,20	0,000
Süre	4	8552,6	2138,2	246,59	0,000
Sıcaklık*süre	8	6437,8	804,7	92,81	0,000**
Hata	285	2471,2	8,7		
Genel toplam	299	32431,0			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 12 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince C\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	15978,9	7989,5	762,88	0,000
Süre	4	9644,2	2411,0	230,22	0,000
Sıcaklık*süre	8	7468,8	933,6	89,14	0,000**
Hata	285	2984,7	10,5		
Genel toplam	299	36076,6			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 13 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince h° değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi



Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	1627,67	813,83	226,43	0,000
Süre	4	597,43	149,36	41,56	0,000
Sıcaklık*süre	8	980,91	122,61	34,11	0,000**
Hata	285	1024,33	3,59		
Genel toplam	299	4230,34			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 14 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayisuların L\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0,81	0,81	0,23	0,629
Süre	4	1977,12	494,28	143,60	0,000
Grup*süre	4	171,66	42,91	12,47	0,000**
Hata	190	654,00	3,44		
Genel toplam	199	2803,59			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 15 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayisuların a\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0,211	0,211	0,10	0,751
Süre	4	288,418	72,104	34,56	0,000
Grup*süre	4	39,332	9,833	4,71	0,000**
Hata	190	396,371	2,086		
Genel toplam	199	724,332			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 16 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayisuların b\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	20,52	20,52	3,20	0,075
Süre	4	4099,29	1024,82	159,81	0,000
Grup*süre	4	270,05	67,51	10,53	0,000**
Hata	190	1218,41	6,41		
Genel toplam	199	5608,28			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 17 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısıların C\* değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	19,60	19,60	2,78	0,097
Süre	4	4141,59	1035,40	146,88	0,000
Grup*süre	4	251,60	62,90		0,000**
Hata	190	1339,38	7,05		
Genel toplam	199	5752,17			

\*\* : (p<0,01)

Çizelge 18 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısıların h° değerlerindeki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	0,642	0,642	0,18	0,669
Süre	4	648,454	162,113	46,41	0,000
Grup*süre	4	187,701	46,925	13,43	0,000**
Hata	190	663,752	3,493		
Genel toplam	199	1500,549			

\*\* : (p<0.01)

Çizelge 19 “Damıtık su” ile rehidre edilen kayısların farklı sıcaklıklarda depolanması süresince TAMB sayısındaki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Sıcaklık	2	153.990	76.995	28.76	0.000
Süre	4	723.897	180.974	67.60	0.000
Sıcaklık*süre	8	48.804	6.101	2.28	0.049**
Hata	30	80.319	2.677		
Genel toplam	44	1007.340			

\*\* : p<0.01

Çizelge 20 “Damıtık su” ve “damıtık su + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>” ile rehidre edilen ve 20°C’de depolanan orta nemli kayısların TAMB sayısındaki değişime ilişkin varyans analiz çizelgesi

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Grup	1	174.642	174.642	109.65	0.000
Süre	4	189.492	47.373	29.74	0.000
Grup*süre	4	60.569	15.142	9.51	0.000**
Hata	20	31.853	1.593		
Genel toplam	29	456.557			

\*\* : p<0.01

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Fatma SAĞIRLI

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 1982

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

### Eğitim Durumu:

Lise: Yıldırım Bayezit Anadolu Lisesi (1993-2000)

Lisans: Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği  
Bölümü (2000-2004)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği  
Anabilim Dalı (2004-2006)