

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA KOŞULLARINDA UYGULANAN ULTRASONİK MİST
UYGULAMALARININ BAZI SEBZELERDE KALİTE KAYIPLARI
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe MESCI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DEPOLAMA KOŞULLARINDA UYGULANAN ULTRASONİK MİST
UYGULAMALARININ BAZI SEBZELERDE KALİTE KAYIPLARI
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuğçe MESCI
(506181514)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK

HAZİRAN 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 506181514 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğçe MESCI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DEPOLAMA KOŞULLARINDA UYGULANAN ULTRASONİK MİST UYGULAMALARININ BAZI SEBZELERDE KALİTE KAYIPLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Esra Çapanoğlu Güven**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Tacer Caba
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : 03 Haziran 2022
Savunma Tarihi : 29 Haziran 2022





Aileme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını esirgemeyen, danışmanım Sn. Prof. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK'a değerli fikirleri, görüşleri ve her zaman gösterdiği anlayışı için en içten teşekkürlerimi sunarım. “*Depolama Koşullarında Uygulanan Ultrasonik Mist Uygulamalarının Bazı Sebzelerde Kalite Kayıpları Üzerindeki Etkisi*” tez çalışmam boyunca bana yönlendirmeleriyle destek olan Sn. Dr. Aylin MET ÖZYURT’a da sonsuz teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarımı yapabilmem adına sağlanmış olan finansal ve teknik destekler için ARÇELİK A.Ş. ailesine’ne ve ekip arkadaşlarım Sn. Gönül ÇAVUŞOĞLU KAPLAN’a, Sn. Edanur KÖMÜRLÜ’ye, Sn. Cihan Kaan COŞKUN’a ve Sn. Esen AK’a teşekkürlerimi sunarım. Hem yorumları hem de manevi destekleri ile tezimin gerçekleşme sürecinde bana güç veren arkadaşım Sema Sedef ESER BÜLBÜL’e de teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve her daim yanımda olan aileme ve yine desteğini her zaman yanımda hissettiğim eşime sevgilerimi sunarım.

Haziran 2022

Tuğçe MESCI
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Meyve ve Sebzelerin Genel Yapısı ve Metabolik Faaliyetleri.....	5
2.2 Psikrometrik Temeller.....	10
2.3 Meyve ve Sebzelerin Depolanması ve Muhafazası.....	14
2.4 Meyve ve Sebzelerin Depolanmasında Ön Soğutma ve Evaporatif Soğutma ..	15
3. MATERYAL ve METOT.....	19
3.1 Materyal	19
3.2 Metot	19
3.2.1 Prototip buzdolaplarının hazırlanması, sıcaklık ve özgül nem ölçümü ...	19
3.2.2 Ispanak ve mantarların hazırlanışı	21
3.2.3 Ağırlık kaybı	22
3.2.4 Renk tayini	22
3.2.5 Tekstür ölçümü	23
3.2.6 Duyusal değerlendirme	24
3.2.7 İstatiksel analiz.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1 Ağırlık kaybı sonuçları.....	25
4.2 Renk tayini sonuçları.....	27
4.3 Tekstür ölçümü sonuçları	33
4.4 Duyusal değerlendirme sonuçları.....	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR

A	:Argon
AA	:Askorbik Asit
BBF	:Buhar Basıncı Farkı
CO₂	:Karbondioksit
DM	Düşük Seviye Mist
ES	:Evaporatif Soğutma
FAO	:Gıda ve Tarım Örgütü (Food Agricultural Organization)
N₂	:Azot
NF	:No-frost
O₂	:Oksijen
OM	Orta Seviye Mist
YM	Yüksek Seviye Mist



SEMBOLLER

K	: Terleme katsayısı (mg/kg.s.MPa)
P_v	: Buhar basıncı (pascal)
Ω	: Özgöl nem (kg su/kg kuru hava)
P_a	: Atmosferik basınç (pascal)
P	: Hava (nemli) basıncı (pascal)
ω	: Özgöl nem (kg water/kg dry air)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı meyve ve sebzelerin bileşimleri (100 g taze kabuklu meyve ve sebze için).....	6
Çizelge 2.2: Farklı solunum hızlarına sahip meyve-sebzelerin kategorilere göre listesi.....	7
Çizelge 2.3: Bazı Klimakterik ve klimakterik olmayan meyve sebze örnekler.	8
Çizelge 2.4 : Bazı meyve ve sebzelerdeki kalite kaybına sebebiyet verecek maksimum ağırlık kaybı miktarları	9
Çizelge 2.5: Bazı meyve ve sebzeler için belirlenen terleme katsayıları	10
Çizelge 2.6: Farklı sıcaklık* aralıklarında doyma basıncı hesaplamalarında kullanılacak polinom katsayıları	13
Çizelge 2.7: Farklı basınç* aralıklarında çiğlenme sıcaklığı hesaplamalarında kullanılacak polinom katsayıları	13
Çizelge 3.1: Prototip özgül nem limit değerleri ve uygulanan mist miktarları	20
Çizelge 4.1 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki ağırlık kayıpları.	26
Çizelge 4.2 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki ağırlık kayıpları	27
Çizelge 4.3: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki L^* değerleri	28
Çizelge 4.4: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki a^* değerleri.....	29
Çizelge 4.5: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki L^* değerleri	30
Çizelge 4.6 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki b^* değerleri.....	31
Çizelge 4.7: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki kararım katsayıları	33
Çizelge 4.8: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki elastikiyetleri.	34
Çizelge 4.9: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki sıkılıkları.	35



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Evaporatif soğutma mekanizması.	16
Şekil 3.1: Sebzelik içi sıcaklık grafikleri (a) prototip (b) kontrol	20
Şekil 3.2 : Sebzelik içi özgül nem grafikleri (a) prototip (b) kontrol	21
Şekil 3.3 : Ispanak demetlerinin ve sebzelikteki yerleşimlerinin görüntüsü	21
Şekil 3.4: Mantar gruplarının ve sebzelikteki yerleşimlerinin görüntüsü.....	22
Şekil 3.5:Renk ölçüm bölgeleri şeması (a) ıspanak (b) mantar	23
Şekil 4.1 : $4,5\pm0,5C^{\circ}$ sıcaklıkta mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların günlere göre ağırlık kaybı değişim grafiği	25
Şekil 4.2 : $4,5\pm0,5C^{\circ}$ sıcaklıkta mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların günlere göre ağırlık kaybı değişim grafiği	27
Şekil 4.3:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki L^* değerleri	29
Şekil 4.4 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki a^* değerleri	30
Şekil 4.5:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki L^* değerleri.....	31
Şekil 4.6 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki b^* değerleri ve ilk güne göre b^* değeri değişimleri	32
Şekil 4.7: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki kararma katsayıları	33
Şekil 4.8:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki elastikiyet değişimleri.....	35
Şekil 4.9:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki sıkılık değişimleri.	36
Şekil 4.10:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.	36
Şekil 4.11:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme sararma puanı değişimleri.	37
Şekil 4.12:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme büzüşme puanı değişimleri.	39
Şekil 4.13:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.	40
Şekil 4.14:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.	40
Şekil 4.15: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyuşal değerlendirme kararma puanı değişimleri.....	41



DEPOLAMA KOŞULLARINDA UYGULANAN ULTRASONİK MİST UYGULAMALARININ BAZI SEBZELERDE KALİTE KAYIPLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde insanların beslenme konusunda daha bilinçli hale gelmesi ile beraber giderek artan sağlıklı yaşam ve beslenme trendi oluşmuştur. Akdeniz tipi beslenme de bu sağlıklı beslenme trendi ile beraber popülerliğini artırmaktadır. Dünya nüfusundaki artışla beraber bu artan nüfusa yetecek miktarda gıda kaynağı bulunmaması gelecekle ilgili bir çok endişeyi ortaya çıkarmış olup, mevcut kaynakların korunması, sürdürülebilirlik ve gıda israfının önüne geçilmesi ciddi bir önem kazanmıştır. Gıda israfı ya da daha temel olarak gıda kaybı, üretilen gıdaların tarladan çatala gelene kadarki bütün basamaklarda yaşadığı kalite kayıplarını ve miktar kayıplarını kapsamaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yürütülen birçok uluslararası çalışmada dünyada üretilen tüm gıdaların yaklaşık 3'te 1'i, aynı zamanda üretilen bütün sebze ve meyvelerin yaklaşık yarısının tüketilmeden çöpe gittiği belirtilmiştir.

Gıdaların muhafazası ve raf ömrünü uzatmak eski çağlardan beri insanoğlunun gerçekleştirmeye çalıştığı bir şeydir. Yüzyıllar boyunca gıdalar farklı yöntem ve tekniklerle hem işlenerek hem de bazı depolama koşullarını sağlayarak daha uzun süre korunmaya çalışılmıştır. Taze gıdaları özellikle meyve ve sebzeleri daha uzun süre muhafaza etmek için kullanılan en eski yöntemlerden biri de soğukta depolamadır. Depolama sırasında meyve ve sebzeleri soğutmak için bir çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Örnek olarak soğuk hava ile soğutma, su ile soğutma ve vakumlu soğutma bu yöntemlerden sadece birkaçıdır. Bu yöntemlere ek son yıllarda basit ve hesaplı bir yöntem olması sebebiyle evaporatif soğutma oldukça popülerleşmekte ve bu alanda bir çok çalışma yapılmaktadır. Evaporatif soğutma (ES) temel olarak suyun buharlaşma özelliğini kullanan hava ve soğuk su arasında ısı ve kütle transferine dayalı bir soğutma sistemi şeklinde tanımlanabilir. Mekanizması çok küçük tanecikli mist adı verilen su damlacıklarının yönlendirilmiş bir havanın içerisine nüfuz ettirilmesi ve yönlendirilen havanın içinden geçen mistin havanın hem sıcaklığını düşürmesi hem de nem değerini artırması şeklinde açıklanabilir.

Bu tez çalışmasında, evaporatif soğutma uygulamasının ıspanak ve mantarın depolanması sırasında gerçekleşen ağırlık kaybı, tekstür, renk ve duyuşsal değişim gibi farklı kalite kayıpları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ispanak, yüksek terleme ve solunum oranları sebebiyle hasat sonrasında çürümeye, solmaya ve yeşil renk kaybına oldukça hasastır, bu sebeple raf ömrü oldukça kısıtlıdır ve kalitesi bu süreçte garanti edilemez. Yetiştiriciliği ve tüketim açısından en popüler mantar türü olan kültür mantarı oda sıcaklığında 1 gün , soğutulmuş ortamda/buzdolabında 5 ile 7 gün arasında raf ömrüne sahiptir ve bu süre zarfında oldukça çabuk bozulabilen bir gıdadır. Hasat

ve hasat sonrası depolama sırasında mantarlar, nem kaybı, renk bozulması, lezzet kaybı, yumuşama ve besin kaybı gibi bir dizi kalite kaybına maruz kalır. Tüm bu veriler ışığında, solunum oranlarının aşırı yüksek olarak sınıflandırılmasından dolayı depolama sırasında çok fazla kalite kaybı gözlemlenmesi ve günlük hayatta tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle bu çalışmanın ıspanak ve mantar üzerinde gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

Yüksek Seviye Mist (YM), Orta Seviye Mist (OM) ve Düşük Seviye Mist (DM) olmak üzere farklı düzeylerde mist uygulamalarının ıspanak ve mantarların ağırlık kaybı üzerine etkisi incelenmiştir. 5. Gün sonunda her iki ürün grubu için de en düşük ağırlık kaybının YM uygulanan gruplarda olduğu görülmüştür. 5. Gün sonunda YM (%5,13), OM (%8,39), DM (%8,71) uygulanan ıspanaklar arasında bir fark gözlenmemişken kontrol grubunun mist uygulanmış gruplardan anlamlı olarak daha yüksek olduğu (%11,85) görülmüştür. 5. Gün sonunda en düşük ağırlık kaybının %2,75 ile OM uygulanan mantarlarda olduğu görülürken en yüksek ağırlık kaybının ıspanaklarda olduğu gibi kontrol grubunda (%8,52) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu, DM ve OM uygulanan mantarlardaki ağırlık kayıplarının arasında belirgin fark olduğu görülmüştür. Genel olarak ağırlık kaybı sonuçları değerlendirildiğinde, mist uygulamasının ağırlık kaybı üzerinde belirgin etkisi olduğu fakat uygulanan mist miktarının ağırlık kaybı üzerindeki etkisinin depolanan ürüne bağlı olarak etki edebildiği yorumu yapılmıştır.

Renk ölçümleri değerlendirildiğinde; 5. gün sonunda YM uygulanan ıspanakların L* değerinin kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olduğu fakat diğer mist seviyelerinden belirgin ölçüde farklı olmadığı tespit edilmiştir. a* değerinde kontrol ve farklı seviyelerdeki mist uygulamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Mantarlardaki L* değeri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmezken b* değerinde kontrol grubunun mist uygulanan mantarlardan anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür. Renk ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, genel olarak mist uygulamasının depolama süresince gerçekleşen ve arzu edilmeyen renk değişimini azalttığı fakat bu durumun uygulanan mist seviyesine bağlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tekstür sonuçları incelendiğinde ise, depolama süresince ıspanakların elastikiyetlerinde artış gözlemlenmiştir ve durum ıspanakların depolanırken diriliklerini kaybetmeleri şeklinde yorumlanmıştır. 5. Gün sonunda kontrol grubunun elastikiyeti tüm gruplardan belirgin bir şekilde daha yüksek olurken, YM uygulanan ıspanakların ise elastikiyetlerinin tüm gruplardan belirgin bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama süresince tüm mantar gruplarının sıklıklarında düşüş görülürken bu durum mantarların depolama süresince yumuşamaları şeklinde yorumlanmıştır. Mantar sıklıklarında OM uygulanan mantar grubunun kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür. DM uygulanan mantarların sıklıkları ile kontrol grubunun ve OM uygulanan mantar grubunun sıklıkları arasında belirgin bir fark görülemezken. Tüm veriler değerlendirildiğinde, mist uygulamasının depolanan mantar ve ıspanakların tekstür kayıplarını azalttığı ve bu azalmanın uygulanan mist miktarına bağlı olarak değişebileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Duyusal değerlendirme sonucunda ıspanakların depolama süresince büzüşme, sararma ve genel tüketilebilirlik puanlarının düşüş gösterdiği görülmüştür. 5. Gün sonunda ıspanakların sararma puanlarında belirgin bir fark görülemezken, kontrol grubunun büzüşme ve genel tüketilebilirlik açısından mist uygulanan tüm gruplardan belirgin ölçüde düşük puan aldığı görülmektedir. Mist seviyeleri açısından ıspanakların duyusal özelliklerinde anlamlı bir fark görülmemiştir. ıspanaklara benzer şekilde depolama süresince sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik gibi duyusal

özelliklerinde düşüş gözlemlenmiştir. Sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik puanları değerlendirildiğinde mantar grupları arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarından yola çıkarak mist uygulamasının depolanan ürüne bağlı olarak ürünün duyusal özelliklerine etkisinin bulunabildiği fakat bu etkinin mist miktarından bağımsız olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada mist uygulamasının 4C°'de depolanan ıspanak ve mantarlarda ağırlık, renk ve duyusal özellik kaybını azalttığı görülmüş olup ıspanakların tekstür kaybını azaltırken mantarların tekstür kaybı üzerine etkisi bulunmadığı tespit edilmiştir. Mist miktarının ağırlık, renk, tekstür ve duyusal özellik kayıpları üzerindeki etkisinin depolanan ürüne bağlı olarak değişebileceği tespit edilmiştir.





THE EFFECT OF ULTRASONIC MIST APPLICATIONS DURING STORAGE ON QUALITY LOSSES IN SOME VEGETABLES

SUMMARY

People have become much more conscious of need to healthy eating day by day. As a result of this, there has been an increasing healthy life and diet trend in both our country and worldwide. Mediterranean-type eating has gained more popularity with this healthy eating trend. Various future concerns have been uncovered by there is limited food source because of the world population growth. As a result of this, there has been an upswing importance of available resource protection, sustainability and the obstruction of food waste.

Food waste or basically food loss implies the quality and quantity loss of produced foods in whole steps during farm to fork. It has been pointed out that about one-third of all produced foods in the world, at the same time about half of all fruits and vegetables produced go to waste in various international studies carried out by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Humans have always aimed that food preservation and extending shelf life since ancient times. It has been tried to preserve foods for a longer time by means of different processes and techniques. One of the most common methods in order to longer protection of fresh foods , especially fruits and vegetables, is cold storage. There are several methods to refrigerate fruits and vegetables during storage like air cooling, water cooling, vacuum cooling and so on. In addition to these methods, evaporative cooling (ES) has been becoming more popular day by day on account of its simplicity and affordability and various studies have been accomplished about it.

Evaporative cooling (ES) is a cooling system which is based on heat and mass transfer between air and cold water via evaporation of water. Its mechanism could be explained as extremely small water droplets, which are called as mist, are penetrated to forced air and the mist passing through forced air both refrigerate and moisture it.

Unlike other foods, fruits and vegetables continue to some metabolic activities for a while despite of the fact that they have no water and nutrient source and some physical and chemical changes occur in their structure. These metabolic activities are basically respiration, transpiration, ethylene production, enzymatic browning, nutrient loss and microbiological deteriorations.

Respiration is one of the most important metabolic activities. Respiration is a reaction in which the nutrients of living are degraded to energy by using oxygen. After harvested, fruits and vegetables provide energy for ripening reactions by continuing to respiration. It results in finally dying of fruits and vegetables.

In this study, it was investigated the effects of evaporative cooling on quality losses like weight loss, texture, colour change and sensory properties during postharvest storage of spinach and button mushrooms. Spinach with high transpiration and

respiration rates is sensitive to decay, fading and green colour loss as a result of this its shelf life is limited and its quality is not stable. Button mushroom which is one of the most popular mushrooms on account of both production and consumption, have 1 day at room temperature and 5-7 days in cold storage also during this time it is very susceptible to perishable. Various quality changes like moisture loss, colour change, taste loss, softening and nutrient loss occur during postharvest storage of mushrooms. All of these considered, spinach and mushroom were chosen for this as a result of both their susceptibility to quality loss because of their high respiration rate and their high consumption rate in daily life. In addition to this, spinach and mushroom were high testable foods, especially on account of weight loss and texture changes. Three different mist levels, lowest, medium and highest, were used in this study in order to establish the effects of mist amount on spinach and mushroom quality. The on-off control was used to control the mist amount of storage box by using Sensirion SHT31 RH-temperature sensor and Arduino card. The temperature was measured as $4.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ at all conditions.

When the effect of evaporative cooling with mist on the weight loss of spinach it is seen that spinach with the highest mist level has the lowest weight loss. The weight losses for control, low mist, medium mist and high mist levels on 5th day were %11.85, %5.13, %8.39 and %8.71 respectively. Statistically, there was no difference among weight losses of spinach with the highest, medium and the lowest mist level although the control group had the highest weight loss significantly. In mushrooms, the weight losses for control, low mist and medium mist levels on the 5th day were %8.52, %6.30, and %2.75 respectively. The control group had the highest weight loss significantly.

When the effect of colour measures was evaluated spinach with the highest mist level had significantly lower L^* than the control group however there is no difference among the different mist levels. Statistically, there was no difference among all of the groups on account of a^* of spinach. In mushrooms, although there was no difference in L^* of all of the groups, b^* of the control group was the highest one significantly.

The elasticity of all spinach groups increased during the storage period and it means the spinaches lost their freshness. The control group had the highest elasticity and spinach with the highest level of mist had the lowest elasticity statistically. The firmness of all mushroom groups decreased during the storage period and which means the mushrooms become softened. It was seen that there the difference between the mushrooms with medium-level mist and the control group was statistically significant.

Sensory properties of spinach were decreased during storage on account of shrinkage, yellowing and general acceptability. Statistically, the control group of spinach had the lowest shrinkage and general acceptability points although there was no difference in yellowing of all spinach groups. The sensory properties of mushrooms were decreased during storage on account of firmness, browning and general acceptability. Besides, there was no difference between any groups.

Finally, within this study, it was seen that evaporative cooling with mist decreased weight, colour and sensory properties losses spinach and mushrooms which were stored at 4°C . It decreased texture losses of spinach however could not affect the texture of mushrooms. It was determined that the effects of mist amount on weight, colour, texture and sensory properties depend on the food which is stored and its properties.

In the future studies, this study could be repeated with different mist levels and on different fruits and vegetables. In addition to this, the mist application and the amount

of mist on phytonutrient constituents of different fruits and vegetables could be investigated.





1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde insanların beslenme konusunda daha bilinçli hale gelmesi ile beraber giderek artan bir sağlıklı yaşam ve beslenme trendi oluşmuştur. Akdeniz tipi beslenme de bu sağlıklı beslenme trendi ile beraber popülerliğini artırmaktadır. Yapılan araştırmalarda Akdeniz tipi beslenmenin kronik rahatsızlıklardan kaynaklı ölüm riskini toplamda %9 olmak üzere, kalp hastalıklarından kaynaklı ölüm riskini %9, kanser hastalıkları ve bu hastalıklardan kaynaklı ölüm riskini %6, Parkinson ve Alzheimer hastalıkları riskini %13 azalttığı görülmüştür (Cerletti ve diğ, 2017). Akdeniz tipi beslenmenin temelini oluşturan meyve ve sebzelerin özellikle içerdikleri vitamin, antioksidan, fenolik, karetonoid, antosiyanin gibi birçok fitokimyasal sayesinde bu kronik rahatsızlıklara karşı engelleyici özellikleri olduğu bilinmektedir. Bu yüzden sağlık örgütleri de günde en az 400 g , en çok 600 g meyve ve sebze tüketilmesini önermektedir (Yahai, 2017). Tüm bu gelişmelerin ışığında, insanlar daha fazla sebze ve meyve tüketmeye yönelmiş durumdadırlar.

Dünya nüfusundaki artışla beraber bu artan nüfusa yetecek miktarda gıda kaynağı bulunması gelecekle ilgili bir çok endişeyi ortaya çıkarmış olup, mevcut kaynakların korunması, sürdürülebilirlik ve gıda israfının önüne geçilmesi ciddi bir önem kazanmıştır. Gıda israfı ya da daha temel olarak gıda kaybı, üretilen gıdaların tarladan çatala gelene kadarki bütün basamaklarda yaşadığı kalite kayıplarını ve miktar kayıplarını kapsamaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yürütülen birçok uluslararası çalışmada dünyada üretilen tüm gıdaların yaklaşık 3'te 1'i, aynı zamanda üretilen bütün sebze ve meyvelerin yaklaşık yarısı tüketilmeden çöpe gittiği belirtilmiştir (Porat ve diğ, 2018).

İnsanların yaşam tarzındaki değişiklikler sebebiyle insanlar market alışverişi ile çok fazla vakit harcamak istememektedir ve taze gıdaya ulaşım şehirlerde güçleşmiştir. Özellikle büyük şehirlerdeki çalışan toplum taze meyve ve sebze için her seferinde market ya da pazara gitmekle vakit kaybetmek yerine tek seferde onları belirli bir süre idare edebilecek miktarda alışveriş yapmayı ve zamandan tasarruf etmeyi tercih etmektedir. Bu durum çokça meyve ve sebzelerin muhafaza edilmeye çalışılması ve bir

süre sonra birçoğunun tüketilememesi ile birlikte bozulmaları ve çöpe atılmalarıyla sonlanmaktadır. Hemen hemen her evde gerçekleşen ve küçük gibi görünen bu gıda israfı artan dünya nüfusu da göz önüne alındığında aslında son derecede ciddi bir sorundur. Gelişmiş ülkelerde evsel atık oranlarına bakıldığında satın alınan gıdaların yaklaşık 3'te 1'inin tüketilmeden israf olduğu görülmüştür. Buna ek olarak alt kategorilere bakıldığında tahıl ve baklagillerde toplam üretimin %15'i kadar kayıp yaşandığı, bu oranın meyve ve sebzelerde %35'ten fazla olduğu görülmüştür (Premanandh, 2011). Gelişen ve büyüyen dünyaya rağmen hala gıdaya ulaşmakta güçlük çeken ve hatta açlık sebebiyle hayatını kaybeden insanların sayısı azımsanamayacak kadar fazladır ve tüm bunlar göz önüne alındığında gıda israfını önlemek ve gelecek kuşaklar için tedbirler almak herkesin sorumluluğundadır.

Gıdaların muhafazası ve raf ömrünü uzatmak eski çağlardan beri insanoğlunun gerçekleştirmeyi arzuladığı bir şeydir. Yüzyıllar boyunca gıdalar farklı yöntem ve tekniklerle hem işlenerek hem de bazı depolama koşullarını sağlayarak daha uzun süre korunmaya çalışılmıştır. Taze gıdaları özellikle meyve ve sebzeleri daha uzun süre muhafaza etmek için kullanılan en eski yöntemlerden biri de soğukta depolamadır. Yıllar içerisinde farklı teknikler kullanılsa da günümüzde teknolojinin de gelişmesiyle son derece modern soğutma cihazları kullanılmaktadır. Evlerimizdeki buzdolaplarının da dahil olduğu bu cihazların çalışma prensibi en basit şekilde soğuk havanın bir itici güç yardımıyla dağıtılması ve içerisindeki ürünleri soğutulmasıdır. Meyve ve sebzeler hassas ürünler oldukları için hızlı bir şekilde ve uygun sıcaklığa soğutulmaları ve bu sıcaklıkta depolanmaları raf ömürleri açısından kritiktir.

Meyve ve sebze depolamada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise depolanan ortamın nem değeridir. Meyve ve sebzeler hasat sonrasında belirli bir süre canlılıklarına ve bazı metabolik faaliyetlerine devam ederler. Bu metabolik faaliyetlerden biri meyve ve sebzelerin su kaybı olarak düşünülebilecek olan terlemedir. Meyve ve sebzeleri soğutmak için kullanılan soğuk ve kuru hava sıcaklıklarını düşürmektedir ama aynı zamanda havanın ortam neminin düşmesine neden olduğu için meyve ve sebzelerde terleme kaynaklı ağırlık kaybını arttırmaktadır. Ağırlık kaybı meyve ve sebzelerde görülen kalite kayıplarının başlıcasıdır. Ağırlık kayıplarını diğer kalite kayıpları takip etmekte ve en sonunda bozulmalar gerçekleşmektedir. Bu sebeple meyve ve sebzeleri uygun sıcaklığa hızlıca soğutmanın yanında uygun neme sahip ortamda depolamak da kritik bir noktadır.

Evaporatif soğutma enerji verimliliği sebebiyle ev tipi soğutucu olarak ortam sıcaklığını düşürmek ve havayı nemlendirmek için kullanılan oldukça popüler bir yöntemdir. Evaporatif soğutma sistemleri suyun buharlaşma özelliğinden yararlanılarak çalışmaktadır. Su buharlaşırken hal değişimi sırasında ihtiyaç duyduğu ısı enerjisini havadan alır ve böylece su hal değiştirirken hava sıcaklığı kaybedilen enerji ile düşmüş olur. Aynı zamanda gaz hale geçen su havanın neminin artmasını sağlar.

Bu tez çalışmasında, evaporatif soğutma uygulamasının ıspanak ve mantarın depolanması sırasında gerçekleşen ağırlık kaybı, tekstür, renk ve duyuşal değişim gibi farklı kalite kayıpları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ispanak, yüksek terleme ve solunum oranları sebebiyle hasat sonrasında çürümeye, solmaya ve yeşil renk kaybına oldukça hasastır, bu sebeple raf ömrü oldukça kısıtlıdır ve kalitesi bu süreçte garanti edilemez (Xie ve Lin, 2013). Yetiştiriciliği ve tüketim açısından en popüler mantar türü olan kültür mantarı oda sıcaklığında 1 gün , soğutulmuş ortamda/buzdolabında 5 ile 7 gün arasında raf ömrüne sahiptir ve bu süre zarfında oldukça çabuk bozulabilen bir gıdadır (Nakılcıoğlu-Taş ve Ötleş, 2020). Hasat ve hasat sonrası depolama sırasında mantarlar, nem kaybı, renk bozulması, lezzet kaybı, yumuşama ve besin kaybı gibi bir dizi kalite kaybına maruz kalır (Ding ve diğ, 2016). Tüm bu veriler ışığında, , solunum oranlarının aşırı yüksek olarak sınıflandırılmasından dolayı depolama sırasında çok fazla kalite kaybı gözlemlenmesi ve günlük hayatta tüketimlerinin yüksek olması sebebiyle bu çalışmanın ıspanak ve mantar üzerinde gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca ıspanak ve mantar özellikle ağırlık kaybı ve tekstür değişikliği açısından test edilebilirlikleri yüksek ürünlerdir.

Ispanak ve mantar örnekleri ile kontrolden farklı olarak 3 farklı depolama koşulunda karşılaştırma testleri yapılmıştır. Bu koşullar sebzeli içerisine ortalama 3,13 ml/saat debiyle mist veren düşük seviye mist ortamı, 9,28 ml/saat debiyle mist veren orta seviye mist ortamı, 28,99 ml/saat debiyle mist veren yüksek seviye mist ortamı ve mist verilmeyen kontrol ortamıdır. Tüm koşullarda sebzeli sıcaklıkları ortalama $4,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Meyve ve Sebzelerin Genel Yapısı ve Metabolik Faaliyetleri

Meyve ve sebzeler yüksek besin değeri ve zengin vitamin, mineral, antioksidan, polyfenol gibi fitokimyasal içerikleri ile beslenmede önemli bir yere sahiptirler. Meyve ve sebzeler karbonhidrat, protein ve yağ içeriklerinin yanında oldukça yüksek miktarda suyu da yapılarında bulundurlar (Çizelge 2.1). Bu açıdan hasat sonrası depolama sırasında gerçekleşen su kaybı meyve ve sebze ürünlerinin kalitesi ve ekonomik getirileri üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Delele ve diğ, 2018).

Diğer gıdalardan farklı olarak meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra su ve besin kaynakları kesilmiş olmasına rağmen bazı yaşamsal faaliyetlerine belirli bir süre devam ederler ve bu süreçte yapılarında çeşitli kimyasal ve fiziksel değişiklikler gerçekleşir. Bu metabolik faaliyetler temel olarak solunum, terleme, etilen oluşumu, enzimatik esmerleşme, besin kaybı ve mikrobiyolojik bozulmalardır (Oluk, 2018). Yaşamsal faaliyetlerin en önemlilerinin başında solunum gelir. Solunum canlıların yapılarındaki besinleri oksidatif şekilde parçalayarak enerjiye dönüştürmesi reaksiyonudur. Meyve ve sebzeler hasat sonrası solunuma devam ederek hücrelerde gerçekleşecek kimyasal ve fiziksel değişikliklere yani olgunlaşma reaksiyonlarına enerji sağlarlar. Bir başka deyiş ile hasat sonrası olgunlaşma devam eder fakat bu olgunlaşma hücreler içerisindeki depo besinlerinin bitmesi sonrasında meyve ve sebzelerin yaşlanması ve ölmesi ile sonuçlanır.

Çizelge 2.1 : Bazı meyve ve sebzelerin bileşimleri (100 g taze kabuklu meyve ve sebze için) (Sumonsiri ve Barringer,2014 ; Turkomp,2022).

Meyve/ Sebze	Su (g)	Karbonhidrat (g)	Protein (g)	Yağ (g)	Vitamin C (mg)	Thiamin (mg)	Potasyum (mg)
Elma	85,56	13,81	0,26	0,17	4,6	0,017	107
Domates	94,52	3,89	0,88	0,20	13,7	0,037	237
Patates	83,29	12,44	2,57	0,10	11,4	0,021	413
Yeşil Fasülye	90,32	6,97	1,83	0,22	12,2	0,082	211
Kayısı	86,35	11,12	1,40	0,39	10,0	0,030	259
Çilek	90,95	7,68	0,67	0,30	58,8	0,024	153
Havuç	88,29	9,58	0,93	0,24	5,9	0,066	320
Avokado	73,23	8,53	2,00	14,66	10,0	0,067	485
Ispanak	91,38	1,37	2,49	0,49	35,7	0,088	529
Mantar	92,92	2,59	1,50	0,41	4,8	0,062	431

Solunum hızı değişik meyve ve sebzelerde farklılık göstermektedir, bazı meyve ve sebzeler yüksek solunum hızına sahipken bazıları ise daha düşük solunum hızına sahip olabilirler. Solunum hızlarına göre farklı kategorilerdeki meyve ve sebzeler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2: Farklı solunum hızlarına sahip meyve-sebzelerin kategorilere göre listesi (Chakraverty ve Singh, 2016).

Solunum Oranı	5 C°’deki CO ₂ salınımı (mg CO ₂ / kg.saate)	Meyve -Sebze
Çok Düşük	<5	Fındık, hurma, kuru meyveler ve sebzeler
Düşük	5-10	Elma, turuncgiller, üzüm, kivi, soğan, sarımsak
Orta	10-20	Kayısı, muz, kiraz, şeftali, nektari, armut, erik, incir(taze), lahana, havuç, marul, biber, domates
Yüksek	20-40	Çilek, böğürtlen, ahududu, karnabahar, avokado
Çok Yüksek	40-60	Enginar, fasulye, yeşil soğan, brüksel lahanası
Aşırı Yüksek	>60	Kuşkonmaz, brokoli, mantar, ıspanak, tatlı mısır, bezelye

Fizyolojik olarak bakıldığında meyve ve sebzeler için klimakterik ve klimakterik olmayanlar olarak iki farklı sınıf kabul edilmektedir. Klimakterik meyve ve sebzeler olgunlaşma sırasında solunum ve etilen biyosentez oranlarını artırırken klimakterik olmayan meyve ve sebzelerin solunum ve etilen biyosentez oranlarında kademeli olarak düşüş meydana gelir (Barry ve Giovannoni, 2007). Bu farklı fizyolojik davranışlar bu türlerin hasat sonrası biyolojisi ve teknolojilerinde oldukça büyük öneme sahiptir (Martínez-Romero ve diğ., 2007). Bazı klimakterik ve klimakterik olmayan meyve sebze örnekleri Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.3: Bazı Klimakterik ve klimakterik olmayan meyve sebze örnekleri (Valero ve Serrano, 2010).

Klimakterik meyve-sebzeler	Klimakterik olmayan meyve ve sebzeler
Domates	Nar
Şeftali	Üzüm
Nektarin	Biber
Erik	Böğürtlen
Kayısı	Kiraz
Elma	Çilek
Armut	Portakal
Muz	Limon
Karpuz	Salatalık
Kivi	Turna Yemişi
Mango	Malta Eriği
Çerimoya	Yaban Mersini

Meyve ve sebzeler hasat sonrası metabolik aktivitelerine devam ettikleri için aynı şekilde su kaybetmeye yani terlemeye de devam ederler. Fakat hasat sonrasında hasat öncesinden farklı olarak, kaybettikleri suyun yerine topraktan su alarak bu kaybı gideremezler. Sonrasında nem kaybı meyve ve sebzelerde solmayı ve büzüşmeyi artırır, çıtırılık ve dirilik kaybına sebep olur dolayısıyla görünüş, tekstür, tat ve ürünün ağırlığını olumsuz yönde etkiler (DeEll ve diğ, 2003). Bazı meyve ve sebzeler için nem kaybı kaynaklı maksimum ağırlık kaybı miktarları ve kalite üzerine etkileri Çizelge 2.4’de verilmiştir. Genellikle taze meyve ve sebzeler ağırlıklarının %3-10’undan fazlasını kaybettiklerinde tüketici açısından satın alınamaz duruma gelirler (Hung ve diğ, 2011).

Çizelge 2.4 : Bazı meyve ve sebzelerdeki kalite kaybına sebebiyet verecek maksimum ağırlık kaybı miktarları (Chakraverty ve Singh, 2016).

Ürün	Maksimum Ağırlık Kaybı (%)	Kalite Kaybı Tipi
Ispanak	3	Solma
Domates	4	Büzüşme
Marul Yaprığı	3-5	Solma kaynaklı çürüme
Üzüm	5	Tanelerde büzüşme
Armut	6	Büzüşme
Lahana	6	Büzüşme
Havuç	8	Solma
Yeşil Biber	8	Büzüşme
Şeftali	11	Büzüşme

Terleme meyve ya da sebzelerin hücreler arası boşluklarında bulunan su buharının taşınım sistemleri yardımıyla üst yüzey tabakalarına taşınması ve bu üst tabakalardan havaya geçmesi sonucu gerçekleşen bir kütle transferi işlemidir. Genellikle meyve ve sebzelerin içindeki su buharı doymuş seviyeye yakındır ve %100 bağıl neme sahip olduğu kabul edilir. Çevredeki havanın buhar basıncı havanın özgül nem miktarına göre değişmektedir. Ürünün yüzeyi ile onu çevreleyen havanın buhar basınçları arasındaki fark bu kütle transferindeki itici gücü oluşturur. Terleme miktarı ürün ile hava arasındaki buhar basıncı farkı (BBF) ve terleme katsayısından yararlanılarak hesaplanır (Denklem 2. 1, 2. 2). Farklı meyve ve sebzeler farklı terleme katsayılarına sahiptirler (Çizelge 2.5). Ürünleri hasat sonrası uygun depolama sıcaklığına hızlı bir şekilde soğutmak ürünün buhar basıncını azaltacağı için önerilmektedir (Chakraverty ve Singh, 2016).

$$Ağırlık(Nem)Kaybı = \Delta BuharBasıncı \times K \quad (2. 1)$$

$$P_v = \frac{\omega \times P_a}{0,622} \quad (2. 2)$$

Ağırlık(Nem) Kaybı (mg/kg.s)

Δ Buhar Basıncı : $P_v \text{ meyve/sebze} - P_v \text{ hava}$ (MPa)

K: Terleme katsayısı (mg/kg.s.MPa)

P_v : Buhar basıncı (pascal)

ω : özgül nem (kg water/kg dry air)

P_a : Atmosferik basınç (pascal)

0,622 değeri suyun molekül ağırlığının havanın molekül ağırlığına bölünmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 2.5: Bazı meyve ve sebzeler için belirlenen terleme katsayıları (Chakraverty ve Singh, 2016).

Ürün	Terleme katsayısı (mg/kg.s.MPa)	Literatürdeki diğer terleme katsayısı aralıkları
Elma	42	16-100
Patates	44	2-171
Soğan	60	13-123
Portakal	117	25-227
Üzüm	123	21-254
Domates	140	71-365
Lahana	223	40-667
Havuç	1207	106-3250
Marul	7400	680-8750

2.2 Psikrometrik Temeller

Atmosferde bulunan hava çeşitli gazlardan oluşan bir karışımdır. Bu karışımın önemli bir bölümü % 78,09 ile N_2 (azot), %20,946 ile O_2 (oksijen), %0,93 ile A(Argon) ve %0,033 ile CO_2 (karbondioksit)’den oluşmaktadır. Bunların yanı sıra havanın en

önemli bileşenlerinden biri de su buharıdır. Kuru hava su buharından tümüyle arındırılmış havadır. Nemli hava ise kuru hava ile su buharının karışımı olarak kabul edilir. Nemli havanın içindeki su buharının oranı sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişmektedir.

Psikrometrik hesaplamalar yapılırken nemli hava içerisindeki su buharı % 0,2'den daha az hata ile ideal gaz olarak değerlendirilir ve hesaplamalarda kolaylık sağlar (Olivieri ve diğ, 1996). Bundan yola çıkarak nemli havanın basıncı (P), kuru havanın kısmi basıncı (Pa) ve su buharının kısmi basıncının (Pv) toplamından oluştuğu kabul edilir (Denklem 2. 3).

$$P = P_a + P_v \quad (2. 3)$$

Özgül nem (ω), diğer adıyla mutlak nem bir birim kuru havaya düşen su buharı kütlesi olarak ifade edilir (Denklem 2. 4). Denklem 2. 4 ve Denklem 2. 5 kullanılarak özgül nem için kısmi su buharı basıncı ve nemli hava basıncına bağlı bir denklem 2. 6 oluşturulmuştur.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \left[\frac{kg \text{ su buharı}}{kg \text{ kuru hava}} \right] \quad (2. 4)$$

$$PV = mRT \quad (2. 5)$$

$$\omega = \frac{0,622 \cdot P_v}{P - P_v} \quad (2. 6)$$

Bağıl nem(ϕ), havada bulunan su buharı miktarının (m_v) aynı sıcaklıktaki doymuş havanın taşıyabileceği maksimum su buharı miktarına (m_g) oranı olarak ifade edilir. Aynı zamanda ideal gaz denkleminde dayanarak havadaki su buharının kısmi basıncının, aynı sıcaklıktaki havanın doyma basıncına (P_g) oranı olarak da ifade edilebilir(Denklem 2. 7). Denklem 2. 6 ve denklem 2. 7 kullanılarak özgül nem için bağıl neme bağlı bir 2. 8 denklemi oluşturulmuştur. Tüm bu hesaplamalar yapılırken açık sistemlerde P, atmosfer basıncına (Pa) eşit olur. Bağıl nemin %100 oranına ulaşması havanın taşıyabileceği maksimum miktarda su buharını içerdiğini ifade eder. Belirli bir basınç altında havanın doyma noktasına ulaştığı andaki sıcaklığa çiğlenme sıcaklığı (T_{CN}) denilmektedir ve hava sabit basınç altında bu sıcaklığın altında bir sıcaklığa soğutulduğunda havadaki su buharında yoğunlaşma gözlemlenir (Kocatürk, 2014).

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} \times 100 = \frac{P_v}{P_g} \times 100 \text{ [% Bağıl Nem]} \quad (2.7)$$

$$\omega = \frac{0,622 \cdot \phi P_g}{P - \phi P_g} \quad (2.8)$$

Belirli sıcaklıktaki havanın doyma basıncı Denklem 2. 9 ve Denklem 2. 10 kullanılarak hesaplanır. Bu denklemlerde kullanılacak polinom katsayıları Çizelge 2.5’de verilmiştir.

$$\alpha = AT^2 + BT + C + DT^{-1}, \quad T[K] \quad (2.9)$$

$$P_g = 1000e^{\alpha}, \quad P[Pa] \quad (2.10)$$

Çizelge 2.6: Farklı sıcaklık* aralıklarında doyma basıncı hesaplamalarında kullanılacak polinom katsayıları (Olivieri ve diğ, 1996).

	213,15<T<273,15	273,15<T<322,15	322,15<T<373,15	373,15<T<423,15	423,15<T<473,15
A	-7,30E-06	1,23E-05	1,25E-05	1,20E-05	1,07E-05
B	5,40E-03	-1,92E-02	-1,92E-02	-1,87E-02	-1,70E-02
C	2,07E+01	2,71E+01	2,70E+01	2,68E+01	2,61E+01
D	-6,04E+03	-6,34E+03	-6,34E+03	-6,32E+03	-6,22E+03
A	-7,30E-06	1,23E-05	1,25E-05	1,20E-05	1,07E-05
B	5,40E-03	-1,92E-02	-1,92E-02	-1,87E-02	-1,70E-02

*Sıcaklık birimi Kelvin'dir.

Çizelge 2.7: Farklı basınç* aralıklarında çığlenme sıcaklığı hesaplamalarında kullanılacak polinom katsayıları (Olivieri ve diğ, 1996).

	1<P<611	611<P<12350	12350<P<101420	101420<P<476207	476207<P<1555099
E	1,00E-03	5,03E-03	1,21E-05	2,47E-02	2,75E-05
F	1,39E-03	-8,83E-02	-3,55E-01	-9,37E-01	-1,07E+00
G	2,82E-01	1,24E+00	2,13E+02	1,51E+01	1,74E+01
H	7,31E+00	3,39E+00	-2,05E+01	-9,88E+01	-1,16E+02
K	2,13E+02	2,15E+02	2,72E+02	5,00E+02	5,47E+02

*Basınç birimi Pascal'dır.

2.3 Meyve ve Sebzelerin Depolanması ve Muhafazası

Meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolanmalarında solunum ve terlemelerinin kontrol altında tutulmasının kalite üzerinde direkt olarak etkisi olduğu bilinmektedir. Yüksek sıcaklığın solunum hızı ve terleme miktarı üzerinde arttırıcı bir etkisi mevcuttur. Bu yüzden hasat sonrasında ürünlerin mümkün olduğunca hızlı bir şekilde uygun sıcaklıklara soğutulması gerekmektedir. Hızlı şekilde soğutma sayesinde solunum hızının yavaşlatılarak kontrol altında tutulması ile aynı zamanda terleme miktarı üzerinde de azaltıcı etki sağlanmaktadır. Çünkü solunum reaksiyonu olgunlaştırma etkisi dışında meyve ve sebzelerde sıcaklık artışına da sebep olur. Bu sıcaklık artışı ürün ile atmosfer arasındaki BBF açılmasına ve dolaylı olarak terlemenin artmasına sebep olmaktadır. Düşük sıcaklıkta depolama ve hızlı soğutma uygulamaları ürün kalitesi açısından hem solunum hızını düşürme hem de terleme miktarını azaltma açısından oldukça büyük önem taşımaktadır (Chinenye, 2011).

Sıcaklık kontrolü taze ve meyve depolamada en kritik noktalardan biridir. Düşük sıcaklıklarda depolamanın solunum hızını ve olgunlaşmayı yavaşlatarak raf ömrünü uzatmasının yanında duyu ve besin değeri özellikleri açısından kaliteyi koruduğu da bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada 7 günlük depolama sonucunda 20°C’de depolanan kayısı ve domateslerde asitlik miktarındaki düşüş 2°C ya da 8°C’de depolanan ürünlere oranla 4 kat daha fazla olmuştur. Buna ek olarak yine 7 günün sonunda 20°C’deki ürünlerin dirilik kaybı %80-90 oranlarında olurken 2°C’de depolanan ürünlerde bu değer %6 ile %30 arasında değişmektedir (Valero ve Serrano, 2010). Hasat sonrası depolama sıcaklığının marul yapraklarının kalitesi üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, 10. günün sonunda 0°C’de depolanan marulların ascorbik asit (AA) miktarının kademeli olarak azaldığı ama bu azalmanın 8°C ve 15°C’de depolanan ürünlerin AA miktarındaki azalıştan sırasıyla 2,7 ve 2,8 kat daha düşük olduğu görülmüştür (Yahia, 2017). Tüm bu veriler ışığında taze meyve ve sebzelerde hasat sonrası sıcaklık kontrolünün raf ömrü ve kalite üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir.

Taze meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite ve raf ömrünü etkileyen bir diğer faktör ise nem kontrolüdür. Depolama sırasındaki ağırlık kayıpları ve sonrasında gerçekleşen duyu değişiklikleri en büyük kalite kayıplarının sebepleridir. Taze meyve ve sebzelerde ağırlık kayıplarının en büyük sebebi ise terleme ile kaybedilen sudur.

Hücrelerinde barındırdığı suyu terleme ile kaybeden meyve ve sebzeler diriliklerini kaybetmekte, büzüşmekte ve su kaybı kaynaklı hasarlanmalar sonucunda mikrobiyel açıdan da bozulmaktadırlar. Terleme olayında kütle transferindeki itici güç, hücre içindeki su buharı basıncı doyma noktasında kabul edildiği için, ürünün hücre içi su buharı basıncı ile onu çevreleyen atmosferin su buhar basıncı arasındaki farktır. Bu yüzden sabit sıcaklıkta bile bağıl nemdeki küçük değişiklikler büyük BBF ve dolayısıyla büyük ağırlık kaybı farklarına sebep olacaktır. Örneğin, 8°C’de 4 farklı bağıl nem aralığında depolanan dolmalık biberlerde ağırlık kaybı miktarları yüksek nemli depolamadan düşük nemli depolamaya göre sırasıyla %0,7 , %2 , %4 ve %6’dır (Ben-Yehoshua ve Rodov, 2003). Yüksek nemli ortamda depolama taze ürünlerin ağırlık kaybını düşürmesi yönünden oldukça faydalı bir yöntem olmakla birlikte yüksek nem, ürünlerin depolandığı yüzeylerde ve ürünlerin kendisi üzerinde yoğunlaşmaya sebep olabilir. Yoğuşan su damlacıkları ürünleri mikrobiyolojik bozulmalar açısından riskli duruma getirebilir. Bu yüzden hasat sonrası depolamada nem kontrolünün iyi yapılması kalite ve raf ömrü açısından çok kritiktir. Çoğu taze meyve ve sebze için yüksek seviyede nem sağlamak raf ömrünü uzatacaktır, karşılaşılabilecek yoğunlaşma problemi de göz önüne alındığında bu değer genellikle maksimum %90-%95 bağıl nem seviyelerinde olmaktadır (Ben-Yehoshua ve Rodov, 2003).

2.4 Meyve ve Sebzelerin Depolanmasında Ön Soğutma ve Evaporatif Soğutma

Depolama sırasında meyve ve sebzeleri soğutmak için bir çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Örnek olarak soğuk hava ile soğutma, su ile soğutma, vakumlu soğutma bu yöntemlerden sadece birkaçıdır (Manral ve Bawa, 2010). Bu yöntemlere ek son yıllarda basit ve hesaplı bir yöntem olması sebebiyle evaporatif soğutma oldukça popülerleşmekte ve bu alanda bir çok çalışma yapılmaktadır. Evaporatif soğutma (ES) temel olarak suyun buharlaşma özelliğini kullanan hava ve soğuk su arasında ısı ve kütle transferine dayalı bir soğutma sistemi şeklinde tanımlanabilir. Mekanizması çok küçük tanecikli mist adı verilen su damlacıklarının yönlendirilmiş bir havanın içerisine nüfuz ettirilmesi ve yönlendirilen havanın içinden geçen mistin havanın hem sıcaklığını düşürmesi hem de nem değerini arttırması şeklinde açıklanabilir (Porumb ve diğ, 2016).



Şekil 2. 1 : Evaporatif soğutma mekanizması.

ES depolama ortamındaki bağıl nemi arttırarak BBF düşürür böylece meyve ve sebzelerde depolama sırasında gerçekleşen su kaybını azaltır. Yapılan çalışmalarda görülmüştür evaporatif soğutma ile taze gıdaların kalitesi ağırlık kaybını, peroksidaz aktivitesini düşürmekte ve toplam AA ile toplam klorofil korunumunu arttırma yönünden desteklemektedir. Ayrıca mist uygulamasının sıcaklığı hızlı düşürmesinin de kalite üzerinde pozitif etkileri olduğu belirtilmiştir (Saenmuang ve diğ, 2012). Hung ve diğ, (2011) Japon hardalı mizuna, patlıcan ve inciri sırasıyla 6, 10 ve 8 gün bağıl nemi %95 seviyelerinde tutmaya yarayan mistli ortamda ve mistsiz ortamda aynı sıcaklıkta depoladıkları bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonucunda mistli ortamda depolanan ürünlerde ağırlık kaybının mistsiz ortamda depolanan ürünlere göre istatistiksel olarak anlamlı olarak daha az olduğu görülmüştür. Bir başka çalışmada ise nano-mist uygulamasının ıspanağın solunum oranı ve depolama sürecindeki yaprak rengi, nem miktarı gibi kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Toplam depolama süresi olan 6 günün sonunda solunum oranlarında mistli ve mistsiz ıspanaklarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Buna rağmen ilk 3 günlük solunum hızı ortalamalarına bakıldığında mistli ve mistsiz kontrol grubu ıspanakların solunum oranları ortalaması sırasıyla $2,3 \text{ mmol kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ ve $2,7 \text{ mmol kg}^{-1}\text{s}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmada 6. günün sonundaki toplam artışın sebebinin ıspanakların uygun depolama sıcaklığının çok üstünde bir sıcaklık olan 20°C 'de depolanmasına bağlı olabileceği belirtilmiştir (Saenmuang ve diğ, 2012).

Meyve ve sebzelerin depolanmasında uygun sıcaklıkta ve ürünleri bu uygun sıcaklığa en hızlı şekilde soğutmak esas alınmaktadır. Buna ek olarak uygun bağıl neme sahip ortamda depolamak BBF'ını düşürerek başta ağırlık kaybı gibi bir çok kalite kriteri açısından ikinci bir koruma faktörü sayılmaktadır (Henroid, 2006). Ev tipi nofrost

(NF) buzdolaplarında soğutma yönlendirilmiş kuru soğuk hava ile gerçekleşir. Bu yöntem etkili ve homojen bir soğutma sağlasa da buzdolabındaki ürünlerde kuruma gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu durum özellikle ağırlık kaybının depolama sırasında kritik bir kalite kriteri olarak görüldüğü meyve sebzelerde büyük bir sorundur (Potter ve Hotchkiss, 1995, s.167). Evaporatif soğutma, mist ile nemlendirme yönteminin ev tipi nofrost buzdolaplarında uygulanması hem hızlı soğutma hem de bağıl nem kontrolü açısından oldukça faydalı olacaktır.





3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Haller Müdürlüğü Ataşehir Meyve Sebze Hali'nden temin edilen taze ıspanak (*Spinacia oleracea*) ve kültür mantarları (*Agaricus bisporus*) kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Prototip buzdolaplarının hazırlanması, sıcaklık ve özgül nem ölçümü

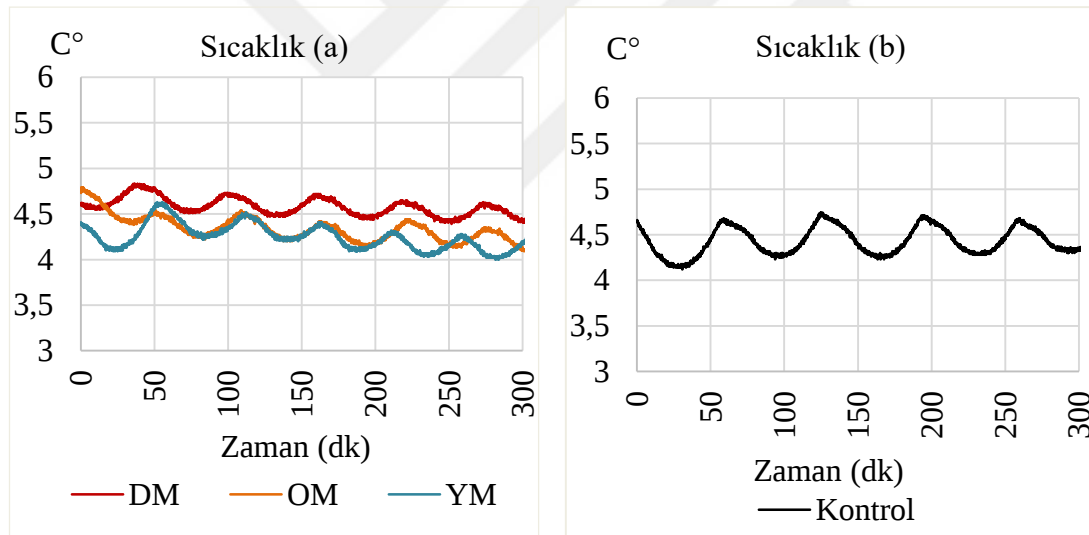
Ürünlerin depolandığı buzdolaplarından kontrol dolabı olarak Arçelik marka NF buzdolabı ve sebzeliği kullanılmış, aynı model farklı bir buzdolabı yapılan revizyonlarla Arçelik Merkez Ar-Ge Departmanı tarafından tasarlanan prototip buzdolabına dönüştürülmüştür. Prototip buzdolapları hazırlanırken 5 V gerilim ile çalışan, maksimum mist atomizasyon miktarı 100 ml/saat olan, suyu yüzeyden buharlaştıran ultrasonik mist üretici kullanılmıştır. Sebzelik içerisindeki ölçümler ise Sensirion SHT31 nem-sıcaklık sensörü ile gerçekleştirilmiştir. Mist üreticinin konumu sebzelik içerisindeki hava akışı dikkate alınarak yapılan ön çalışmalarla belirlenmiş olup mist üretici sebzelik içerisinde mist taneciklerinin en iyi dağılım gösterdiği sol arka köşeye yerleştirilmiş olup açısı köşegen doğrultusu olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde sebzelik içindeki sıcaklık ve nem ölçümlerini gerçekleştiren sensörün konumu da yine hava ve mist akışları dikkate alınarak yapılan ön çalışmalarda belirlenmiş olup sensör için sebzeliği en iyi temsil eden konumun sağ kenarın ortası olduğu görülmüştür.

Prototip dolabında özgül nemi 3 farklı seviyede tutan düşük seviye mist (DM), orta seviye mist (OM), yüksek seviye mist (YM) algoritmalar kullanılmıştır. Algoritme sensörden alınan veriler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda, tanımlanmış alt ve üst limit değerler (**Çizelge 3.1**) arasında on-off kontrolle çalışmaktadır.

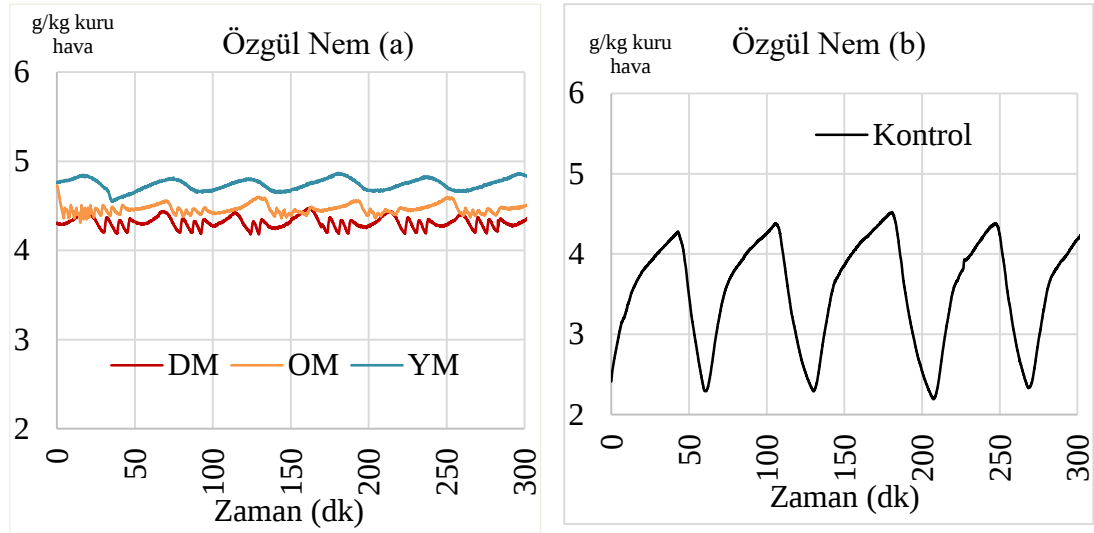
Çizelge 3.1: Prototip özgül nem limit değerleri ve uygulanan mist miktarları

Özgül Nem Limit Değerleri			
Alt limit (g/kg kuru hava)	Üst limit (g/kg kuru hava)	Kategori	Uygulanan Ortalama Mist Miktarı
4,20	4,25	Düşük Seviye Mist (DM)	3,13 ml/saat
4,40	4,45	Orta Seviye Mist (OM)	9,28 ml/saat
4,70	4,75	Yüksek Seviye Mist (YM)	28,99 ml/saat

Bütün koşullarda depolama sıcaklığı ortalama 4,5 C° olup $\pm 0,5C^\circ$ salınımla düzenli zaman aralıklarında 4 C°'ye düşmekte ve 5 C°'ye yükselmektedir (Şekil 3.1). Özgül nem kontrol ortamında 2,5-4,5 g/kg kuru hava göreceli geniş bir salınıma sahipken DM, OM, YM ortamlarında özgül nem seviyesinin kontrol ortamına göre daha yüksek seviyede ve salınımlarının daha stabil olduğu görülmektedir (Şekil 3.2). Bu sonuçlar uygulanan evaporatif soğutmanın etkisini göstermektedir.



Şekil 3.1: Sebzelik içi sıcaklık grafikleri (a) prototip (b) kontrol.



Şekil 3.2 : Sebzelik içi özgül nem grafikleri (a) prototip (b) kontrol.

3.2.2 Ispanak ve mantarların hazırlanışı

Deney çalışmalarında kullanılacak ıspanakların kirli ve zarar görmüş dalları ayrılarak temizlenmiştir. Kök halindeki ıspanaklardan 8-10 kök bir araya getirilerek ortalama ağırlıkları 200 ± 5 g olan ıspanak demetleri oluşturulmuştur ve kauçuk lastiklerle tutturulmuştur. Tüm koşullarda ıspanak demetleri soğutucu hacmin ve evaporatif soğutmanı etkilerini temsil etmesi adına 2 adet arkada ve 1 adet önde olacak biçimde Şekil 3.3'te gösterildiği şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3 : Ispanak demetlerinin ve sebzelikteki yerleşimlerinin görüntüsü.

Deney çalışmalarında kullanılacak mantarlar kirli, çamurlu bölgeleri nemli bir peçete yardımıyla nazikçe temizlenmiştir. En az zarar görmüş ve en az hasarlı mantarlar seçilmiştir ve 9-10 adet mantar 200 ± 5 g ağırlıklı gruplara dönüştürülmüş ve poliüretan kaplara konmuştur. Ispanak testlerinde olduğu gibi mantar testlerinde de tüm

koşullarda mantar grupları 2 adet arkada ve 1 adet önde olacak biçimde Şekil 3.4'te gösterildiği şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.4: Mantar gruplarının ve sebzeliikteki yerleşimlerinin görüntüsü.

3.2.3 Ağırlık kaybı

Buzdolabı sebzeliiklerine 3 demet ıspanak yerleştirilmiş ve 4 farklı koşulda (Kontrol, DM, OM, YM) 5 gün boyunca depolanmıştır. Aynı şekilde 3 tabak mantar buzdolabı sebzeliiklerine yerleştirilmiş ve 3 farklı koşulda (Kontrol, DM, OM) 5 gün boyunca depolanmıştır. Depolanan ıspanaklar ve mantarlar ilk yükleme günü 0. gün olmak üzere 0., 2. ve 5. günlerinde Mettler Toledo marka JP6002G model (Columbus, A.B.D.) hassas terazi ile tartılmıştır. Ağırlık kaybı Denklem 3.1'e göre hesaplanmıştır (Tirawat ve diğ, 2017).

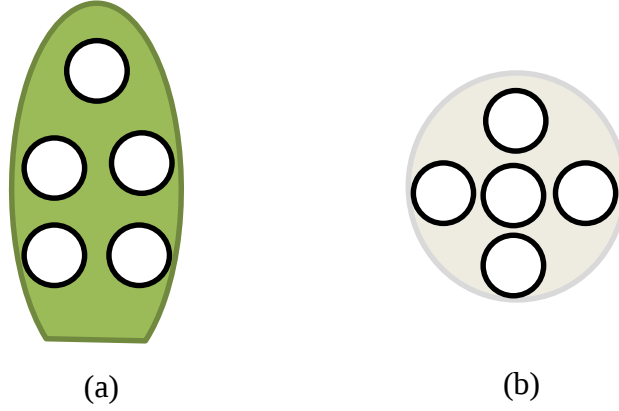
$$\%Ağırlık Kaybı_k = \frac{Ağırlık_k - Ağırlık_{başlangıç}}{Ağırlık_{başlangıç}} \times 100 \quad (3.1)$$

k: tartımın yapıldığı gün

3.2.4 Renk tayini

ıspanak ve mantar numunelerinin renk tayininde Minolta Chromameter CR-300 (Williams, A.B.D.) model renk ölçüm cihazı kullanılmış ve Hunter L, a, b değerleri ölçülmüştür. Her grup için 3 numuneden okuma alınmıştır ve her numunenin 5 farklı bölgesinden ölçüm gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri ıspanak için yaprak

bölgesinden, mantar için şapka bölümünden yapılmıştır (Saenmuang ve diğ, 2012; Singh ve diğ, 2018). Renk ölçüm bölgeleri Şekil3.5’de şematize edilmiştir.



Şekil 3.5:Renk ölçüm bölgeleri şeması (a) ıspanak (b) mantar.

3.2.5 Tekstür ölçümü

Ispanakların ve mantarların tekstür ölçümleri 0., 2. ve 5. günlerde gerçekleştirilmiştir. Bütün tekstür ölçümleri Stable Microsystems TA-XT plus 100 Connect (Godalming, UK) tekstür cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Her grup için 3 numuneden okuma alınmıştır ve her numunenin 5 farklı bölgesinden ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Ispanak yaprakları elastikiyet özelliklerini değerlendirmek için delme testi kullanılarak analiz edilmiştir. Test, iğne probun (PN2) tek bir ıspanak yaprağına 2 mm.s⁻¹ ön test hızı, 1 mm.s⁻¹ test hızı ile penetrasyonu ve 10 mm.s⁻¹ test sonrası hızla uzaklaşması ile gerçekleştirilmiş olup prop hareket mesafesi 10 mm, tetik kuvveti 5g’dir (More ve diğ, 2014).

Mantarlar sıkılık özelliklerini değerlendirmek için sıkıştırma testi kullanılarak analiz edilmiştir. Mantarların şapkaları ve sapları birbirinden ayrıldıktan sonra şapka kısmında tekstür ölçümü gerçekleştirilmiştir. Analizler mantar şapkalarının 0,5 mm çaplı silindir propla 1,5 mm.s⁻¹ hızla sıkıştırılmasıyla gerçekleştirilmiş olup, %70 sıkıştırmadaki maksimum stress ve sıkıştırma için gereken maksimum kuvvet kullanılarak sıkılık özellikleri belirlenmiştir (Sun ve diğ, 2020).

3.2.6 Duyusal değerlendirme

Duyusal analizler gerçekleştirilirken numuler test ortamından çıkarıldıktan sonra bekletilmeden mümkün olan en kısa sürede duyusal değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Her koşul için 3 numune (demet/tabak) duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Örneklerin duyusal değerlendirmesinde kalite derecelendirme (puanlama) yöntemi kullanılmıştır. Genel olarak kalite-kantite testleri kullanılarak örneklerin kalitesi arasında fark olup olmadığı, farklılığın derecesi, örneklerde bir gelişme veya bozulma olup olmadığı saptanıp, örnekler renk, kalite, koku, lezzet gibi duyusal özelliklerine dayandırılarak genel tüketilebilirlikleri açısından sıralanırlar. Buna ek olarak bu testler depolama dayanıklılığı ve raf ömrünü belirleme amacıyla yapılacak testlerde kullanılması uygundur (Altuğ, 1993). Duyusal değerlendirmeler 5 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından Arçelik A.ř. Merkez AR-GE duyusal analiz laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kalite derecelendirme yöntemlerinde 3 kişilik eğitimli panelist grubunun değerlendirmesi yeterli olmakla beraber kişi sayısının arttırılması değerlendirmenin kalitesini pozitif yönde etkiler (Altuğ, 1993). Bunlardan yola çıkarak ıspanak örnekleri büzüşme, sararma ve genel tüketilebilirlik yönlerinden 5 çok iyi, 1 çok kötü olmak üzere 5'lik skala üzerinden değerlendirilmiştir. Mantar rnekleri kararma, sertlik, yüzey yapısı ve genel tüketilebilirlik yönlerinden 5 çok iyi, 1 çok kötü olmak üzere 5'lik skala üzerinden değerlendirilmiştir. Panelistlerin numuneler için verdikleri puanların genel ortalaması alınmış olup, varyans analizi ile gruplar arasındaki fark analiz edilmiştir (Kşmler, 2011).

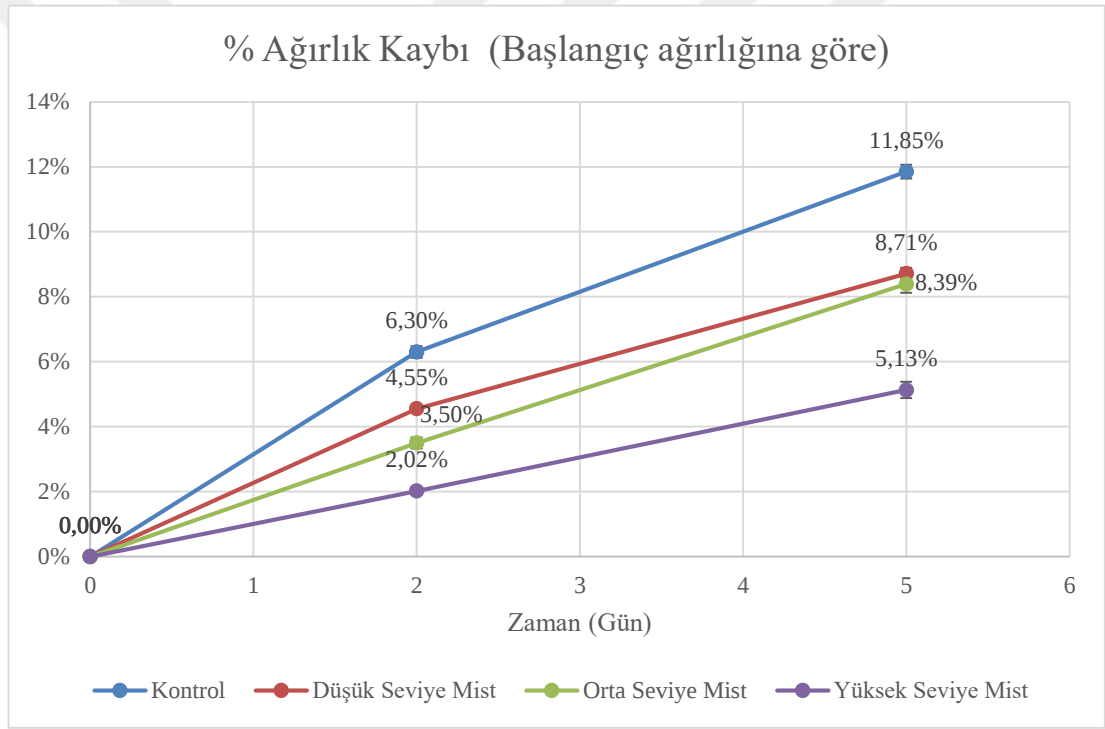
3.2.7 İstatiksel analiz

Analizler sonunda elde edilen verilerin istatiksel olarak değerlendirilmesi Minitab (Minitab 18 Statistical Software for Windows®, Minitab Inc., Pennsylvania, USA) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Depolama sürecinde farklı seviyelerde mist uygulamasının ıspanak ve mantar kalitesi (ağırlık kaybı, tekstür, renk vb.) zerine etkisini belirlemek amacıyla tüm sonuçların temel istatistik analizleri yapılmış, ortalamalar ve standart sapmalar belirlenmiştir. Ardından varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve farklılık düzeyleri %95'lik güven aralığında Tukey testi yapılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ağırlık kaybı sonuçları

Ağırlık kaybı meyve ve sebzelerde depolama sırasında görülen kalite kayıplarından biridir. Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan ıspanakların ağırlık kaybı Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Depolama süresince tüm grupların ağırlık kaybında artış gözlemlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : $4,5\pm0,5C^{\circ}$ sıcaklıkta mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların günlere göre ağırlık kaybı değişim grafiği.

İspanakların ağırlık kaybı sonuçları değerlendirildiğinde 5. gün sonunda ilk güne oranla en az ağırlık kaybeden grubun %5,13 ile YM uygulanan ıspanak grubu olduğu tespit edilmiştir. YM uygulanan ıspanak grubunu sırasıyla %8,39 ve %8,71 ile OM ve DM uygulanan ıspanak grupları takip etmektedir. %11,85 ağırlık kaybı gözlemlenen kontrol grubu en yüksek ağırlık kaybının görüldüğü grup olup Tukey test sonuçlarına göre kontrol grubu ile farklı düzeylerde mist uygulanan gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Ancak DM, OM ve YM gruplarının ağırlık kayıpları

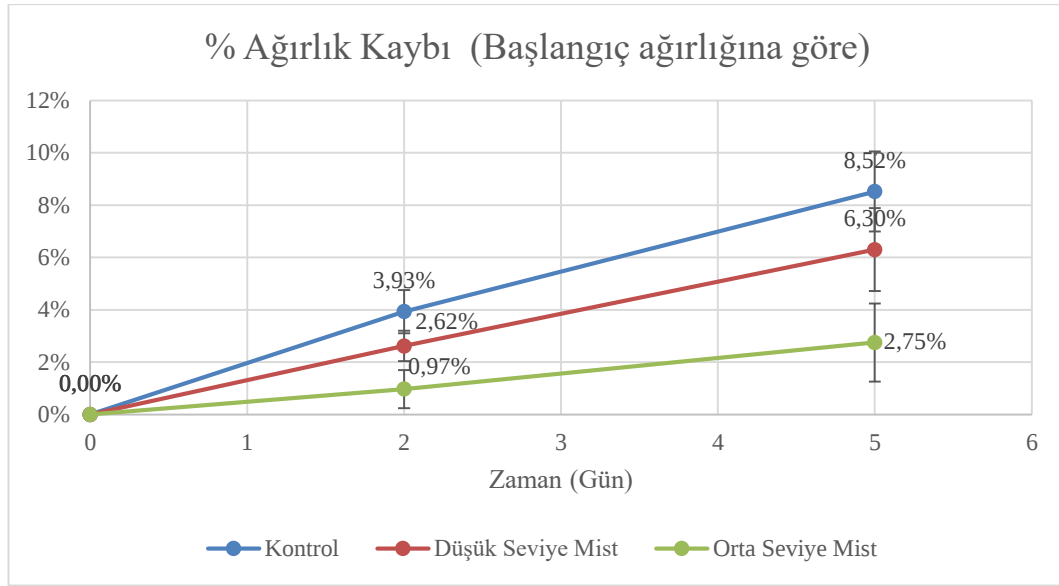
arasında depolama süresi boyunca anlamlı bir fark görülememiştir ($p<0,05$). Yapılan bir çalışmada aynı sıcaklıkta ve farklı bağıl nem seviyelerinde depolanan bebek ıspanaklarda en düşük ağırlık kaybının en yüksek bağıl neme sahip ortamda depolanan ıspanaklarda olduğu görülmüştür (Medina ve diğ, 2012).

Çizelge 4.1 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki ağırlık kayıpları.

% Ağırlık Kaybı (Başlangıç ağırlığına göre)		
	2.Gün	5.Gün
Kontrol	%6,30±0,18 ^a	%11,85±0,21 ^a
Düşük Seviye Mist	%4,55±0,06 ^b	%8,71±0,18 ^b
Orta Seviye Mist	%3,50±0,17 ^b	%8,39±0,27 ^b
Yüksek Seviye Mist	%2,02±0,11 ^b	%5,13±0,25 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan mantarların ağırlık kaybı Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Mantarların ağırlık kaybı sonuçları değerlendirildiğinde, 5. gün sonunda ilk güne oranla en az ağırlık kaybeden grubun %2,75 ile OM uygulanan mantar grubu olduğu tespit edilmiştir. OM uygulanan mantar grubunun ve kontrol grubunun ağırlık kayıplarının 5. gün sonunda sırasıyla %6,30 ve %8,52 olduğu tespit edilmiştir. Tukey test sonuçlarına göre; kontrol, DM uygulanan ve OM mantar gruplarının depolama süresi boyunca gerçekleşen ağırlık kayıpları arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Mantarlar ağırlık kayıpları %5 in üzerine çıktığında bozulmuş olarak kabul edilirler (Mahajan ve diğ, 2008). 5. Gün sonuçları değerlendirildiğinde kontrol ve DM grubu mantarların raf ömrünü tamamladığı, OM grubunun ise %2,75 ağırlık kaybı ile henüz raf ömrünü tamamlamadığı görülmektedir.



Şekil 4.2 : $4,5\pm0,5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların günlere göre ağırlık kaybı değişim grafiği

Çizelge 4.2 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki ağırlık kayıpları

% Ağırlık Kaybı (Başlangıç ağırlığına göre)		
	2.Gün	5.Gün
Kontrol	$\%3,93\pm0,83^a$	$\%8,52\pm1,53^a$
Düşük Seviye Mist	$\%2,62\pm0,58^b$	$\%6,30\pm1,58^b$
Orta Seviye Mist	$\%0,97\pm0,73^c$	$\%2,75\pm1,49^c$

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

4.2 Renk tayini sonuçları

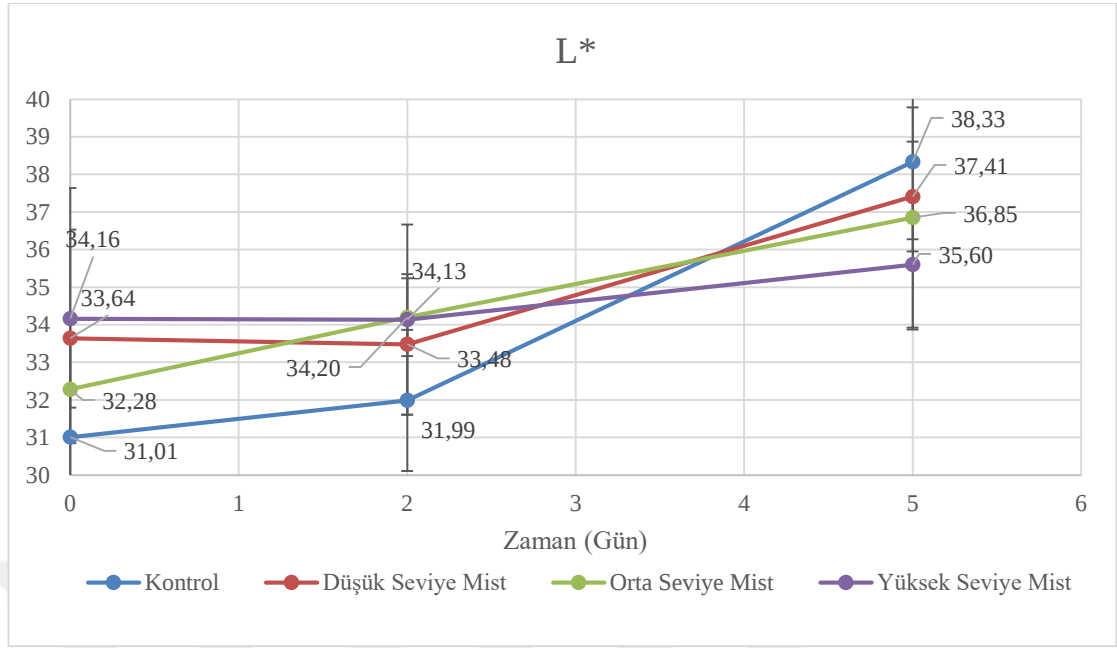
Meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolanmasında dikkat edilmesi gereken ve tüketici algısını etkileyen bir diğer önemli kalite kriteri renk değişimidir (Zivanovic ve diğ, 2003). Hunter renk sisteminde L^* ifadesinin pozitif yönde artışı beyazlığı, negatif yönde artışı ise siyahlığı göstermektedir. Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzelerde bulunan ıspanakların L^* ölçümleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Depolama süresinde tüm koşullardaki ıspanakların L^* değerlerinde artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).

Çizelge 4.3: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki L* değerleri

L*			
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	31,01±3,04 ^a	31,99±1,88 ^a	38,33±2,06 ^a
Düşük Seviye Mist	33,48±4,00 ^a	33,64±1,87 ^{ab}	37,41±1,46 ^{ab}
Orta Seviye Mist	32,28±1,43 ^a	34,20±1,04 ^b	36,85±2,93 ^{ab}
Yüksek Seviye Mist	34,13±2,37 ^a	34,16±2,53 ^b	35,60±1,73 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Depolamanın 2. gününde OM ve YM uygulanan ıspanakların L* değerlerinin sırasıyla 34,20 ve 34,16 olduğu görülürken L* değerleri sırasıyla 33,64 ve 31,99 olan DM uygulanan ve kontrol grubu ıspanaklardan istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür (p<0,05). 5. Günün sonunda YM uygulanan ıspanaklar 35,60 ile en düşük L* değerine sahip olurken kontrol, OM ve DM uygulanan ıspanaklardan anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür (p<0,05). Saenmuang ve diğ., tarafından gerçekleştirilen çalışmada kontrol ve nano-mist uygulanan ıspanakların 6 gün depolanması sonucunda L* değerinin değişimi değerlendirilmiş olup kontrol grubu ıspanakların L* değerinin 38,9'dan 43,9'a yükseldiği görülürken mist uygulanan ıspanakların L* değerinin 38,6'dan 41,0'a yükseldiği görülmüştür. Her iki grubunun L* değerinde de artış görülmesine rağmen kontrol grubunun depolama başlangıcı ve sonundaki L* değerleri arasındaki fark anlamlı bulunurken mist uygulanan grubunda anlamlı bir fark görülememiştir. Bu durum kontrol grubunda renk kaybı gözlenmesine rağmen, mist uygulamasının ıspanakların renk kaybını yavaşlattığı şeklinde yorumlanmıştır.



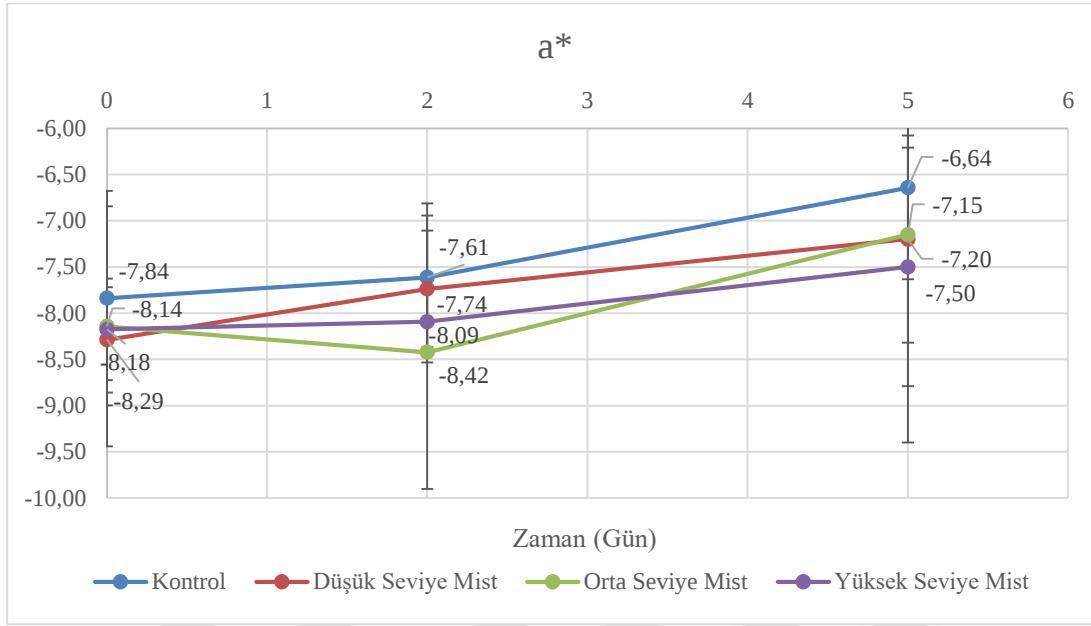
Şekil 4.3:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki L* değerleri

Hunter renk sisteminde a^* ifadesinin pozitif yönde artışı kırmızılığı negatif yönde artışı ise yeşilliği göstermektedir. Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan ıspanakların a^* ölçümleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Depolama süresinde tüm koşullardaki ıspanakların a^* değerlerinde pozitif yönde artış olduğu, yeşil renkte azalma olduğu görülmektedir (Şekil4.4). Buna rağmen 5. gün sonunda kontrol (-6,64), DM (-7,20), OM (-7,15) ve YM (-7,50) grupları arasında anlamlı bir fark görülememiştir ($p < 0,05$). Saenmuang ve diğ. (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kontrol grubu ıspanaklarda a^* değerinde artış görülürken, nano-mist uygulanan ıspanakların a^* değerinde azalma görülmüştür. Buna rağmen kontrol grubundaki artış anlamlı değilken nano-mist uygulanan ıspanaklardaki azalış anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4. 4: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki a^* değerleri

	a^*		
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	-7,84±1,16 ^a	-7,61 ±0,80 ^a	-6,64±0,99 ^a
Düşük Seviye Mist	-8,29±0,57 ^a	-7,74 ±0,63 ^a	-7,20±1,12 ^a
Orta Seviye Mist	-8,14±1,30 ^a	-8,42±1,48 ^a	-7,15±2,25 ^a
Yüksek Seviye Mist	-8,18±0,55 ^a	-8,09±0,44 ^a	-7,50±1,29 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$).,



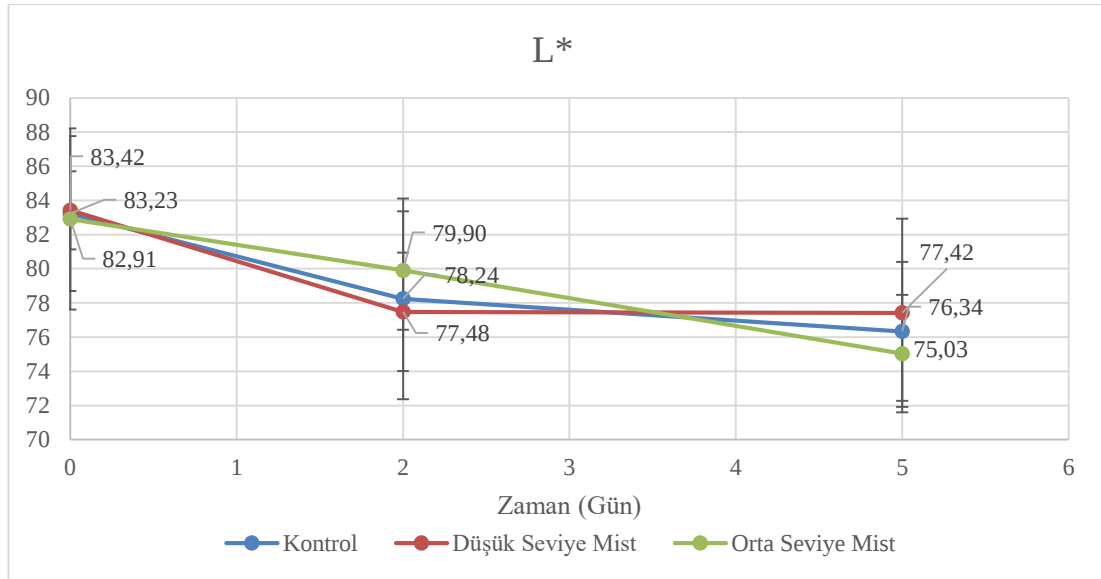
Şekil 4.4 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki a^* değerleri

Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan mantarların L^* ve a^* ölçümleri ve hesaplanan kararım katsayılarına sırasıyla Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.5: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki L^* değerleri

	L^*		
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	83,23±4,53 ^a	78,24±5,88 ^a	76,34±4,07 ^a
Düşük Seviye Mist	83,42±2,28 ^a	77,48±3,47 ^a	77,42±5,51 ^a
Orta Seviye Mist	82,91±5,31 ^a	79,90±3,47 ^a	75,03±3,44 ^a

* Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).



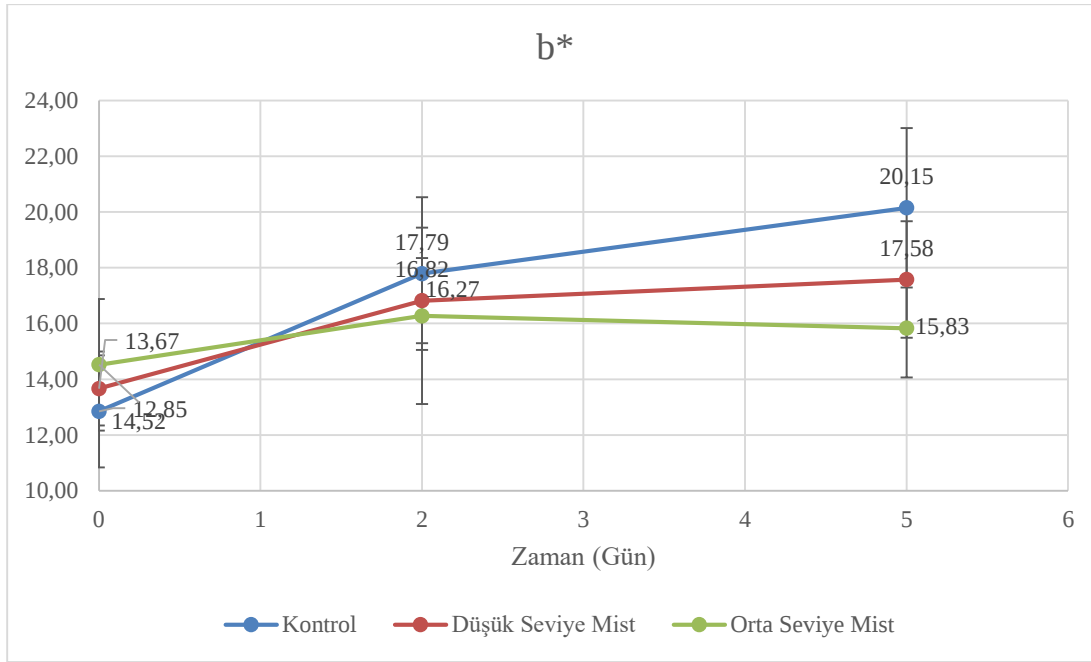
Şekil 4. 5:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki L* değerleri

Mantarlarda beyazlık dikkate alındığında L değerinin 80'den ve 69'dan küçük olması sırasıyla toptan satış ve tüketici için kabul edilemeyeceğini ifade eder (Meng ve diğ., 2012). Kontrol ve farklı mist seviyelerinde depolanan tüm mantar gruplarında 0. gün 80'in üzerinde olan L değeri 5. gün kontrol grubu için 76,34'e, DM grubu için 77,42'ye ve OM grubu için 75,03'e düştüğü görülmektedir. 5. Gün sonuçları değerlendirildiğinde gruplar arasında fark olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). L* değerinin günlere göre değişimi incelendiğinde kontrol grubunun L* değişiminin 5. gün sonrasında mist uygulanan gruplardan daha düşük seviyelerde seyredeceği ve aradaki farkın artacağı yorumu yapılabilir (Şekil 4.5).

Çizelge 4. 6 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki b* değerleri

	b*		
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	12,85±2,01 ^a	17,79 ±2,74 ^a	20,10±2,86 ^a
Düşük Seviye Mist	13,67±1,33 ^a	16,82 ±1,53 ^a	17,58±2,09 ^b
Orta Seviye Mist	14,52±2,36 ^a	16,28±3,16 ^a	15,83±1,76 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 4. 6 : Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki b^* değerleri ve ilk güne göre b^* değeri değişimleri.

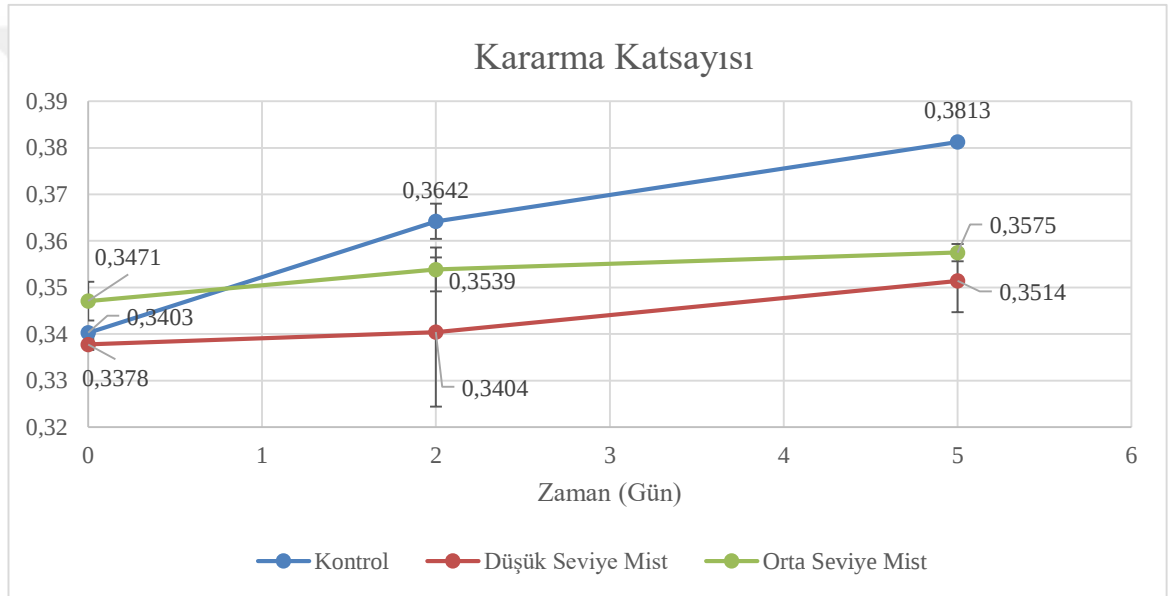
b^* değeri sonuçları değerlendirildiğinde 5. gün sonunda en yüksek değerin 20,15 ile kontrol grubuna aittir. OM ve DM mist uygulanan mantarların 5.gün sonunda b^* değerlerinin sırasıyla 17,58 ve 15,83 olduğu görülmüştür. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde OM ve DM uygulanmış gruplar arasında bir fark görülmezken, kontrol grubu ile mist uygulanan gruplar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$). 5. Gün sonunda kontrol grubunun b^* değerinin diğer gruplardan yüksek olması kontrol grubunun gruplardan daha fazla sarardığı şeklinde yorumlanabilir.

Kararma katsayısı (BI) sonuçları incelendiğinde 5. gün sonunda kontrol grubunun 0,38 ile en yüksek, OM uygulanan mantar grubunun ise 0,35 ile en düşük değere sahip grup olduğu görülmüştür. DM uygulanan mantar grubunun kararma katsayısı ise 5. gün sonunda 0,36 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde kontrol grubu ile mist uygulanan gruplar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$). Kararma katsayısı mantarın kararmasını ve aynı zamanda tazeliğini ifade etmekte olup (Singh ve diğ, 2018) sonuçlar değerlendirildiğinde farklı seviyede mist uygulanan mantarların daha az karardığı ve daha taze olduğu söylenebilir.

Çizelge 4. 7: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki kararma katsayıları

Kararma Katsayısı (BI)			
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	0,34±0,00 ^a	0,36±0,03 ^a	0,38±0,00 ^a
Düşük Seviye Mist	0,34±0,00 ^a	0,34±0,02 ^a	0,36±0,01 ^{ab}
Orta Seviye Mist	0,35±0,04 ^a	0,35±0,01 ^a	0,35±0,00 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).



Şekil 4.7: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki kararma katsayıları.

4.3 Tekstür ölçümü sonuçları

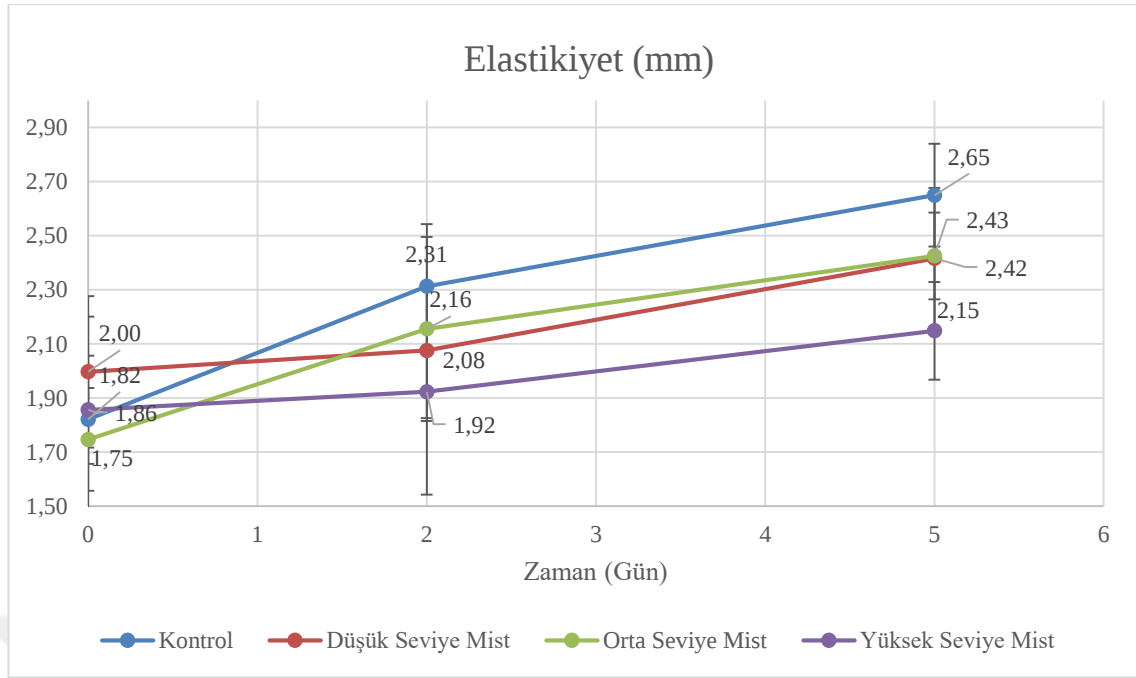
Tekstür algısı ve doku kabul edilebilirliği meyve sebze kalite değerlendirmesinde önemli faktörlerdir (Albaloushi ve diğ, 2012). Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan ıspanakların elastikiyet değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Depolama süresince tüm grupların elastikiyetlerinde artış gözlemlenmiştir (Şekil4.1).

Çizelge 4. 8:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki elastikiyetleri.

Elastikiyet(mm)			
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	1,8212±0,38 ^a	2,3133±0,23 ^a	2,6497±0,19 ^a
Düşük Seviye Mist	1,9971±0,28 ^a	2,0757±0,25 ^{ab}	2,4161±0,26 ^b
Orta Seviye Mist	1,7467±0,19 ^a	2,1555±0,34 ^b	2,4253±0,16 ^b
Yüksek Seviye Mist	1,8562±0,20 ^a	1,9231±0,38 ^b	2,1484±0,18 ^c

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

İspanakların farklı günlerdeki elastikiyet değerleri incelendiğinde hem 2. günde hem de 5.günde en yüksek elastikiyete kontrol grubunun en düşük elastikiyete ise YM grubunun sahip olduğu görülmüştür. 2. Gün kontrol grubu ve mist uygulanan tüm gruplar arasında anlamlı bir fark bulunurken, farklı seviyelerdeki mist grupları arasında bir fark bulunmamaktadır ($p<0,05$). 2. Günden farklı olarak 5. günde YM uygulanan ıspanak grubunun elastikiyetinin diğer tüm gruplardan anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Aynı sıcaklık ve farklı bağıl nemlerde depolanan bebek ıspanakların elastikiyetleri karşılaştırıldığında depolama süresince yüksek bağıl nemde depolanan ıspanakların elastikiyetinde anlamlı bir fark görülmezken, düşük ve orta seviye bağıl nemde depolanan ıspanakların elastikiyetlerinde belirgin bir değişim olduğu görülmüştür ($p<0,05$) (Medina ve diğ, 2012). Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde mist uygulanarak nem seviyesinin arttırılmasının ıspanakların tekstür kaybını azalttığı görülmektedir.



Şekil 4.8:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki elastikiyet değişimleri.

Kontrol ve farklı seviyelerde mist uygulanmış sebzeliklerde bulunan mantarların sıklık değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Depolama süresince tüm grupların sıklık değerinde azalış gözlemlenmiştir (Şekil4.1).

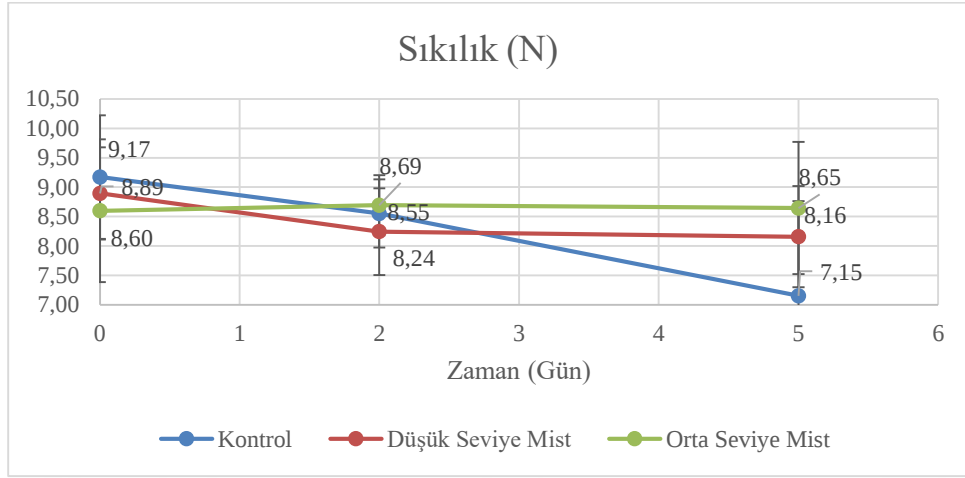
Çizelge 4.9:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki sıklıkları.

	Sıklık (N)		
	0.Gün	2.Gün	5.Gün
Kontrol	9,17±1,90 ^a	8,55±1,6 ^a	7,16±2,78 ^a
Düşük Seviye Mist	8,89±3,05 ^a	8,24±0,86 ^a	8,16±3,20 ^{ab}
Orta Seviye Mist	8,60±1,40 ^a	8,69±1,57 ^a	8,65±1,77 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Mantarların 5. gün sonundaki sıklık değerleri incelendiğinde 5. günde en düşük sıklığa kontrol grubunun en yüksek sıklığa ise OM grubu mantarların sahip olduğu görülmüştür. Kontrol grubu ve OM grubu arasında anlamlı bir fark bulunurken kontrol grubu ve DM arasında ve DM ve OM grupları arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($p < 0,05$). Hasat sonrası depolama sırasında mantarlarda protein ve polisakkarit degradasyonu, hücre turgesansının kaybı ve hücre duvarlarında kitin sentezi sonucunda yumuşama görülmekte olup (Salamat ve diğ, 2020), uygulanan mist

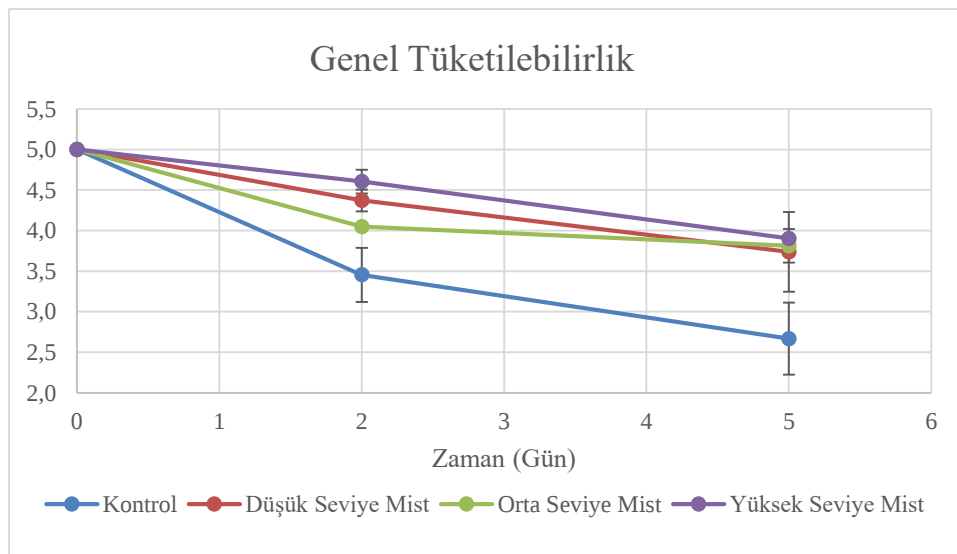
seviyesine bağı olarak evaporatif soğutmanın mantarlarda tekstür kaybını azalttığı söylenebilir.



Şekil 4.9:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki sıklık değişimleri.

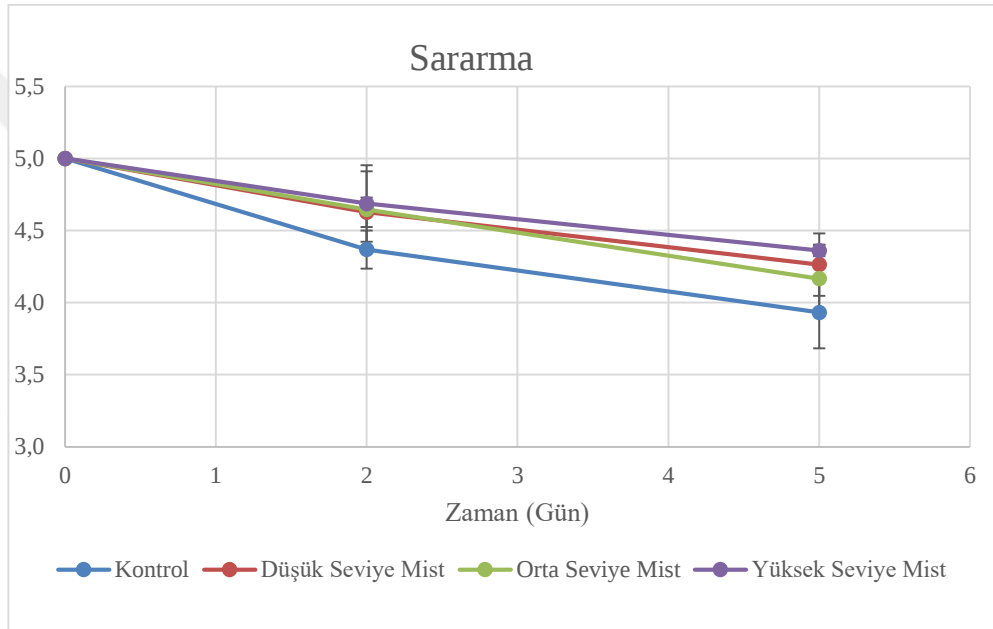
4.4 Duyusal değerlendirme sonuçları

Meyve ve sebzelerde hasat sonrası depolamalarda genel tüketilebilirlik puanında yaşanan kalite kayıplarından dolayı düşüş görülebilmektedir. Kontrol, DM, OM ve YM uygulanan ıspanakların büzüşme, sararma ve genel tüketilebilirlik durumları panelistler tarafından değerlendirilmiş olup değerlendirme sonuçları Çizelge 4.10.'da belirtilmiştir. Depolama süresince tüm gruplarda genel tüketilebilirlik, büzüşme ve sararma puanlarında düşüş görülmüştür (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12).



Şekil 4.10:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.

2. gündeki genel tüketilebilirlikleri değerlendirildiğinde 4,60 puanla en yüksek puana YM uygulanan ıspanakların sahip olduğu görülmüştür. En düşük puan ise 3,45 ile kontrol grubuna aittir. 2.günde kontrol grubu ve YM uygulanan ıspanakların genel tüketilebilirlikleri ve büzüşmeleri arasında belirgin bir fark bulunmaktadır($p<0,05$). Buna rağmen mist uygulanan ıspanaklarda mist seviyesinden kaynaklı bir fark bulunmadığı görülmüştür ($p<0,05$). 5. gündeki genel tüketilebilirlikleri ve büzüşmeleri değerlendirildiğinde ise mist uygulanan gruplar arasında fark olmamasına rağmen kontrol grubunun mist uygulanan gruplardan belirgin ölçüde düşük puan aldığı görülmüştür ($p<0,05$).



Şekil 4. 11:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme sararma puanı değişimleri.

Çizelge 4. 10:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme puanları

	0.Gün	2.Gün			5.Gün		
	Tüm kriterler	Büzüşme	Sararma	Genel Tüketilebilirlik	Büzüşme	Sararma	Genel Tüketilebilirlik
Kontrol	5,00	3,40 ± 0,31 ^a	4,37 ± 0,13 ^a	3,45 ± 0,34 ^a	2,63 ± 0,36 ^a	3,93 ± 0,25 ^a	2,67 ± 0,44 ^a
Düşük Seviye Mist	5,00	4,22 ± 0,07 ^{ab}	4,63 ± 0,10 ^a	4,37 ± 0,13 ^{ab}	3,61 ± 0,31 ^b	4,26 ± 0,22 ^a	3,74 ± 0,49 ^b
Orta Seviye Mist	5,00	4,22 ± 0,16 ^{ab}	4,65 ± 0,27 ^a	4,05 ± 0,01 ^{ab}	3,97 ± 0,11 ^b	4,17 ± 0,24 ^a	3,81 ± 0,21 ^b
Yüksek Seviye Mist	5,00	4,40 ± 0,02 ^b	4,69 ± 0,27 ^a	4,60 ± 0,15 ^b	3,79 ± 0,06 ^b	4,36 ± 0,04 ^a	3,90 ± 0,02 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

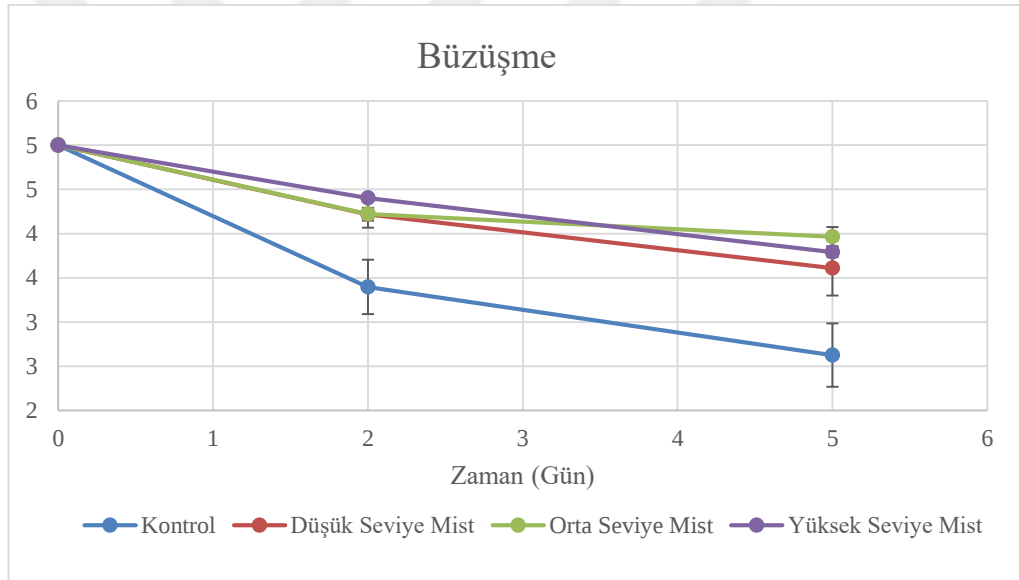
Çizelge 4. 11:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme puanları

	0.Gün	2.Gün			5.Gün		
	Tüm kriterler	Sertlik	Kararma	Genel Tüketilebilirlik	Sertlik	Kararma	Genel Tüketilebilirlik
Kontrol	5,00	2,76 ± 0,31 ^a	3,49 ± 0,13 ^a	3,88 ± 0,34 ^a	2,69 ± 0,36 ^a	2,71 ± 0,25 ^a	2,85 ± 0,44 ^a
Düşük Seviye Mist	5,00	2,75 ± 0,07 ^a	3,68 ± 0,10 ^a	4,02 ± 0,13 ^a	2,24 ± 0,31 ^a	3,06 ± 0,22 ^a	3,25 ± 0,49 ^a
Orta Seviye Mist	5,00	2,50 ± 0,16 ^a	3,41 ± 0,27 ^a	3,69 ± 0,01 ^a	2,53 ± 0,11 ^a	3,00 ± 0,24 ^a	3,13 ± 0,21 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Depolama süresince tüm grupların sararma puanında düşüş görülmesine rağmen gruplar arasında anlamlı bir fark görülememiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.11.). Duyusal değerlendirme sonuçları dikkate alındığında ssanaklarda mist uygulamasının seviyesinin depolamanın başlangıcında önemi bulunurken, ürün raf ömrünü tamamlamaya yaklaşırken mist miktarının etkisinin azaldığı yorumu yapılabilir. Buna rağmen kontrol grubundaki hızlı düşüş göze alındığında mist uygulamasın duyusal özellik kayıplarını azalttığı da söylenebilir

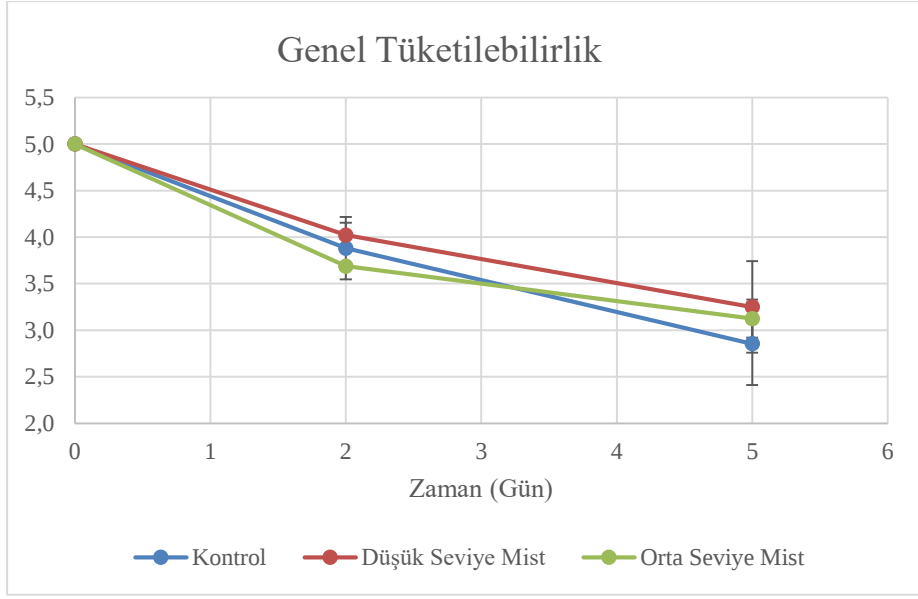
Kontrol, DM, OM ve YM uygulanan mantarların sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik durumları panelistler tarafından değerlendirilmiş olup değerlendirme sonuçları Çizelge 4.10.'da belirtilmiştir. 5. gün sonunda 0. güne kıyasla sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik puanlarında düşüş gözlemlenmesine rağmen gruplar arasında anlamlı bir fark görülememiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15)



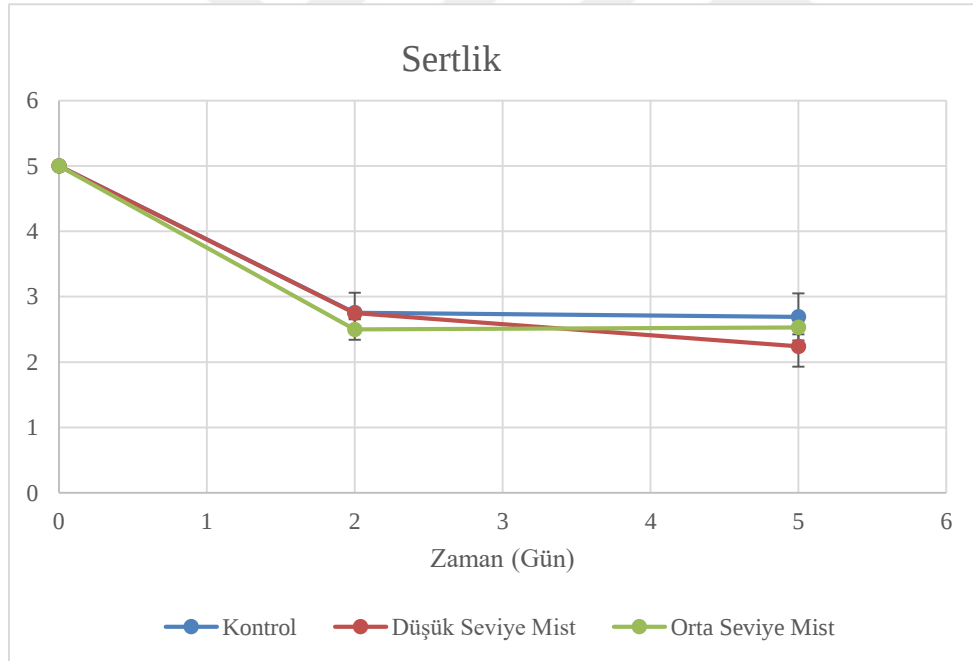
Şekil 4. 12:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan ıspanakların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme büzüşme puanı değişimleri.

Yapılan çalışmada depolama süresince çileklerin büzüşmesinin arttığı ve artışın görece düşük ve orta seviye bağıl nemde depolanan çileklerin büzüşmesinde daha yoğun görüldüğü belirtilmiştir (Ktenioudaki ve diğ, 2019).

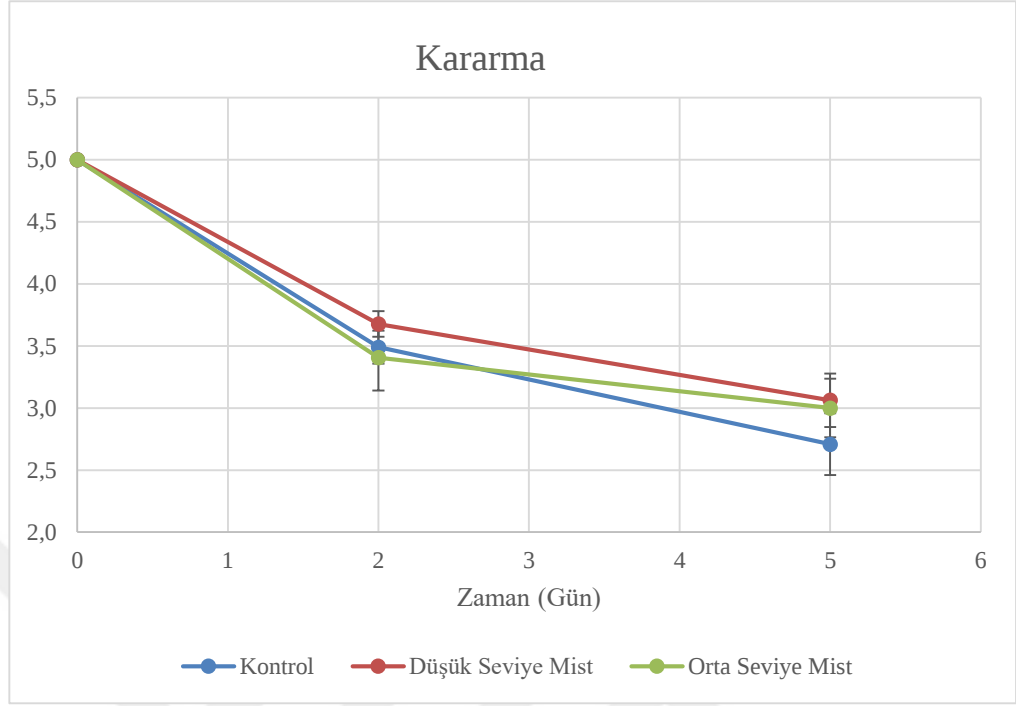
Evaporatif soğutma uygulaması altında olgunlaştırılan domateslerin kontrol grubuna göre daha yoğun ve düzenli bir kırmızı rene sahip olduğu görülmüştür (Thiagu ve diğ, 1991)



Şekil 4. 13:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.



Şekil 4. 14:Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme genel tüketilebilirlik puanı değişimleri.



Şekil 4. 15: Mistsiz ve farklı mist seviyelerinde depolanan mantarların farklı günlerdeki duyusal değerlendirme kararma puanı değişimleri.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde insanların beslenme konusunda daha bilinçli hale gelmesi ile beraber giderek artan sağlıklı yaşam ve beslenme trendi oluşmuştur. Gıdaların muhafazası ve raf ömrünü uzatmak eski çağlardan beri insanoğlunun gerçekleştirmeyi arzuladığı bir şeydir. Yüzyıllar boyunca gıdalar farklı yöntem ve tekniklerle hem işlenerek hem de bazı depolama koşullarını sağlayarak daha uzun süre korunmaya çalışılmıştır. Taze gıdaları özellikle meyve ve sebzeleri daha uzun süre muhafaza etmek için kullanılan en eski yöntemlerden biri de soğukta depolamadır. Evaporatif soğutma enerji verimliliği sebebiyle ev tipi soğutucu olarak ortam sıcaklığını düşürmek ve havayı nemlendirmek için kullanılan oldukça popüler bir yöntemdir.

Bu tez çalışmasında, evaporatif soğutma uygulamasının ıspanak ve mantarın depolanması sırasında gerçekleşen ağırlık kaybı, tekstür, renk ve duyuşsal değişim gibi farklı kalite kayıpları üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Meyve ve sebzelerin depolaması sırasında evaporatif soğutmanın ürünlerin kalite kayıpları üzerindeki etkisini inceleyen sınırlı sayıda da olsa çalışma bulunmasına rağmen ortam özgül nemi üzerinden kontrol sağlanan aktif sistemli ve mist miktarının etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

İspanak, yüksek terleme ve solunum oranları sebebiyle hasat sonrasında çürümeye, solmaya ve yeşil renk kaybına oldukça hasastır, bu sebeple raf ömrü oldukça kısıtlıdır ve kalitesi bu süreçte garanti edilemez. Yetiştiriciliği ve tüketim açısından en popüler mantar türü olan kültür mantarı oda sıcaklığında 1 gün, soğutulmuş ortamda/buzdolabında 5 ile 7 gün arasında raf ömrüne sahiptir ve bu süre zarfında oldukça çabuk bozulabilen bir gıdadır. Hasat ve hasat sonrası depolama sırasında mantarlar, nem kaybı, renk bozulması, lezzet kaybı, yumuşama ve besin kaybı gibi bir dizi kalite kaybına maruz kalır. Tüm bunlar ışığında, solunum oranlarının aşırı yüksek olarak sınıflandırılmasından dolayı depolama sırasında çok fazla kalite kaybı gözlemlenen ve günlük hayatta tüketiminin yüksek olması sebebiyle bu çalışmanın ıspanak ve mantar üzerinde gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

İlk olarak farklı seviyelerde mist uygulamasının ıspanak ve mantarların ağırlık kaybı üzerine etkisi incelenmiştir. 5. Gün sonunda her iki ürün grubu için de en düşük ağırlık kaybının YM uygulanan gruplarda olduğu görülmüştür. 5. Günün sonunda YM (%5,13), OM (%8,39), DM (%8,71) uygulanan ıspanaklar arasında bir fark görülememişken kontrol grubunun mist uygulanmış gruplardan anlamlı olarak daha yüksek olduğu (%11,85) görülmüştür. 5. Günün sonunda en düşük ağırlık kaybının %2,75 ile OM uygulanan mantarlarda olduğu görülürken en yüksek ağırlık kaybının ıspanaklarda olduğu gibi kontrol grubunda (%8,52) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu, DM ve OM uygulanan mantarlardaki ağırlık kayıplarının arasında belirgin fark olduğu görülmüştür. Genel olarak ağırlık kaybı sonuçları değerlendirildiğinde mist uygulamasının ağırlık kaybı üzerinde belirgin etkisi olduğu fakat uygulanan mist miktarının ağırlık kaybı üzerindeki etkisinin depolanan ürüne bağlı olarak etki edebildiği yorumu yapılmıştır.

Renk ölçümleri değerlendirildiğinde; 5. gün sonunda YM uygulanan ıspanakların L* değerinin kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olduğu fakat diğer mist seviyelerinden belirgin ölçüde farklı olmadığı tespit edilmiştir. a* değerinde kontrol ve farklı seviyelerdeki mist uygulamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Mantarlardaki L* değeri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmezken b* değerinde kontrol grubunun mist uygulanan mantarlardan anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür. Renk ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde genel olarak mist uygulamasının depolama süresince gerçekleşen ve arzı edilmeyen renk değişimini azalttığı fakat bu durumun uygulanan mist seviyesine bağlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tekstür sonuçları incelendiğinde depolama süresince ıspanakların elastikiyetlerinde artış gözlemlenmiştir ve durum ıspanakların depolanırken diriliklerini kaybetmeleri şeklinde yorumlanmıştır. 5. Gün sonunda kontrol grubunun elastikiyeti tüm gruplardan belirgin bir şekilde daha yüksek olurken, YM uygulanan ıspanakların ise elastikiyetlerinin tüm gruplardan belirgin bir şekilde daha düşük olduğu görülmüştür. Depolama süresince tüm mantar gruplarının sıklıklarında düşüş görülürken bu durum mantarların depolama süresince yumuşamaları şeklinde yorumlanmıştır. Mantar sıklıklarında OM uygulanan mantar grubunun kontrol grubundan anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür. DM uygulanan mantarların sıklıkları ile ne kontrol grubunun ne de OM uygulanan mantar grubunun sıklıkları arasında belirgin bir fark

görülememiştir. Tüm bunlar değerlendirildiğinde mist uygulamasının depolanan mantar ve ıspanakların tekstür kayıplarını azalttığı ve bu azaltışın uygulanan mist miktarına bağlı olarak değişebileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Duyusal değerlendirme sonucunda ıspanakların depolama süresince büzüşme, sararma ve genel tüketilebilirlik puanlarının düşüş gösterdiği görülmüştür. 5. Gün sonunda ıspanakların sararma puanlarında belirgin bir fark görülemezken , kontrol grubunun büzüşme ve genel tüketilebilirlik açısından mist uygulanan tüm gruplardan belirgin ölçüde düşük puan aldığı görülmektedir. Mist seviyeleri açısından ıspanakların duysal özelliklerinde anlamlı bir fark görülememiştir. Ispanaklara benzer şekilde depolama süresince sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik gibi duysal özelliklerinde düşüş gözlemlenmiştir.Sertlik, kararma ve genel tüketilebilirlik puanları değerlendirildiğinde mantar grupları arasında belirgin bir fark görülememiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarından yola çıkarak mist uygulamasının depolanan ürüne bağlı olarak ürünün duysal özelliklerine etkisinin bulunabildiği fakat bu etkinin mist miktarından bağımsız olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada mist uygulamasının 4C°'de depolanan ıspanak ve mantarlarda ağırlık, renk ve duysal özellik kaybını azalttığı görülmüş olup ıspanakların tekstür kaybını azaltırken mantarların tekstür kaybı üzerine etkisi bulunmadığı tespit edilmiştir. Mist miktarının ağırlık, renk, tekstür ve duysal özellik kayıpları üzerindeki etkisinin depolanan ürüne bağlı olarak değişebileceği tespit edilmiştir.

Gelecek çalışmalarda bu konu, farklı meyve ve sebze ürünlerinde, mist seviyesi sayısı arttırılarak tekrarlanabilir.Ayrıca depolanan meyve veya sebzeye bağlı olarak mist ve mist seviyesinin farklı fitobesin öğeleri üzerindeki etkisi araştırılabilir.



KAYNAKLAR

- Albaloushi N, N. S., Azam, M. M., & Eissa, A. A.** (2012). Mechanical properties of Tomato fruits under storage conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, (June), 3053-3064.
- Altuğ, T.**, 1993. Duyusal Test Teknikleri, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları*, Yayın No:28, İzmir, s 56.
- Barry, C. S., ve Giovannoni, J. J.** (2007). Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(2), 143-159.
- Ben-Yehoshua, S., ve Rodov, V.** (2002). Transpiration and water stress. In *Postharvest physiology and pathology of vegetables* (pp. 143-197). CRC Press.
- Cerletti, C., De Curtis, A., Bracone, F., Digesù, C., Morganti, A. G., Iacoviello, L., ... ve Donati, M. B.** (2017). Dietary anthocyanins and health: data from FLORA and ATHENA EU projects. *British journal of clinical pharmacology*, 83(1), 103-106.
- Chakraverty, A., ve Singh, R. P.** (2016). *Postharvest technology and food process engineering* (Vol. 17, pp.318-355). CRC Press.
- Chinenye, N. M.** (2011). Development of a Low Cost Mud Evaporative Cooler for Preservation of Fruits and Vegetables. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 13(1).
- DeEll, J. R., Prange, R. K., ve Peppelenbos, H. W.** (2003). Postharvest physiology of fresh fruits and vegetables.
- Delele, M. A., Schenk, A., Ramon, H., Nicolai, B. M., ve Verboven, P.** (2009). Evaluation of a chicory root cold store humidification system using computational fluid dynamics. *Journal of Food Engineering*, 94(1), 110-121.
- Ding, Y., Zhu, Z., Zhao, J., Nie, Y., Zhang, Y., Sheng, J., ... ve Tang, X.** (2016). Effects of postharvest brassinolide treatment on the metabolism of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) in relation to development of browning during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 9(8), 1327-1334.
- Henriod, R. E.** (2006). Postharvest characteristics of navel oranges following high humidity and low temperature storage and transport. *Postharvest biology and technology*, 42(1), 57-64.
- Kader, A. A.** (2002). Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. Fresh-cut fruits and vegetables. Science, technology and market, 11-20.

- Kocatürk, S.** (2014). *Soğutulan Bir Hacim İçerisinde Yatay Yüzey Altında Yoğuşmanın Gıdalara İlişkin Isı-kütle Transferi İle Birlikte İrdelenmesi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ktenioudaki, A., O'Donnell, C. P., & do Nascimento Nunes, M. C.** (2019). Modelling the biochemical and sensory changes of strawberries during storage under diverse relative humidity conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 154, 148-158.
- Küşümler, A. S.** (2011). *Ultraviyole (uv-c) Işını Uygulamasının Patlıcan Ve Salatalıklarda Soğuk Zararlanması Üzerine Etkisi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mahajan, P. V., Rodrigues, F. A., Motel, A., & Leonhard, A.** (2008). Development of a moisture absorber for packaging of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 408-414.
- Manral, M., ve Bawa, A. S.** (2010). Refrigeration equipment and operations. *Handbook of Poultry Science and Technology*, 325.
- Martínez-Romero, D., Bailén, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P., ... ve Valero, D.** (2007). Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47(6), 543-560.
- Medina, M. S., Tudela, J. A., Marín, A., Allende, A., & Gil, M. I.** (2012). Short postharvest storage under low relative humidity improves quality and shelf life of minimally processed baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 67, 1-9.
- Meng, D., Song, T., Shen, L., Zhang, X., & Sheng, J.** (2012). Postharvest application of methyl jasmonate for improving quality retention of *Agaricus bisporus* fruit bodies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 6056-6062.
- Mersinli, E., Koyuncu, M. A., ve Erbaş, D.** (2021). Quality retention of minimally processed spinach using low-dose ozonated water during storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.3906/tar-2004-75>
- More, P. G., Kakade, A. S., ve Khodke, S. U.** (2014). Mechanical Properties of Spinach. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(4), 57-61.
- Nakılcıoğlu-Taş, E., Ötleş, S.** (2020). Kinetics of colour and texture changes of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) coated with chitosan during storage at low temperature. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92.
- Olivieri, J., Singh, T.** (1996). *Psychrometrics: Theory and Practice*, ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, ABD.
- Oluk, C .** (2018). Storage Methods of Minimal Processed Fruits and Vegetables. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research* , 1 (1) , 96-130. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijemar/issue/36219/343423>

- Porat, R., Lichter, A., Terry, L. A., Harker, R., ve Buzby, J.** (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest biology and technology*, 139, 135-149.
- Porumb, B., Ungureşan, P., Tutunaru, L. F., Şerban, A., ve Bălan, M.** (2016). A review of indirect evaporative cooling technology. *Energy procedia*, 85, 461-471.
- Potter, N. N., ve Hotchkiss, J. H.** (1995). Cold preservation and processing. In *Food Science* (pp. 163-199). Springer, Boston, MA.
- Premanandh, J.** 2011. Factors affecting food security and contribution of modern technologies in food sustainability. *J. Sci. Food Agric.*, 91: 2707-2714.
- Saenmuang, S., Al-Haq, M. I., Makino, Y., Kawagoe, Y., ve Oshita, S.** (2012). Particle size distribution of nano-mist in a spinach-storage atmosphere and its effect on respiration and qualities. *Journal of food engineering*, 112(1-2), 69-77.
- Salamat, R., Ghassemzadeh, H. R., Ranjbar, F., Jalali, A., Mahajan, P., Herppich, W. B., & Mellmann, J.** (2020). The effect of additional packaging barrier, air moment and cooling rate on quality parameters of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Packaging and Shelf Life*, 23, 100448.
- Singh, S., Gaikwad, K. K., Lee, M., & Lee, Y. S.** (2018). Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms (*Agaricus bispours*). *Journal of Food Engineering*, 216, 11-19.
- Sumonsiri, N., ve Barringer, S. A.** (2014). 16 Fruits and Vegetables–Processing Technologies and Applications. *Principles and Applications*, 363.
- Sun, B., Chen, X., Xin, G., Qin, S., Chen, M., ve Jiang, F.** (2020). Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on quality of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) packaged in different packaging materials. *Postharvest Biology and Technology*, 159, 111023.
- Thiagu, R., Chand, N., Habibunnisa, E. A., Prasad, B. A., & Ramana, K. V. R.** (1991). Effect of evaporative cooling storage on ripening and quality of tomato. *Journal of food quality*, 14(2), 127-144.
- Tirawat, D., Flick, D., Mérendet, V., Derens, E., ve Laguerre, O.** (2017). Combination of fogging and refrigeration for white asparagus preservation on vegetable stalls. *Postharvest Biology and Technology*, 124, 8-17.
- Tirawat, D., Flick, D., Mérendet, V., Derens, E., ve Laguerre, O.** (2017). Combination of fogging and refrigeration for white asparagus preservation on vegetable stalls. *Postharvest Biology and Technology*, 124, 8-17.
- Turkomp.** (2022) Erişim:31.05.2022, <http://www.turkomp.gov.tr>, erişim tarihi
- Valero, D., ve Serrano, M.** (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC press.

- Van Hung, D., Tong, S., Tanaka, F., Yasunaga, E., Hamanaka, D., Hiruma, N., ve Uchino, T.** (2011). Controlling the weight loss of fresh produce during postharvest storage under a nano-size mist environment. *Journal of Food Engineering*, 106(4), 325-330.
- Xie, J., Zhu, J. W., ve Lin, Y. Y.** (2013). Effect of vacuum pre-cooling on quality changes of spinach during cold storage. In *Advanced Materials Research* (Vol. 641, pp. 886-889). Trans Tech Publications Ltd.
- Yahia, E. M. (Ed.).** (2017). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, 2 Volumes*. John Wiley & Sons.
- Yıldız, F., ve Wiley, R. C.** (1995). Minimally processed refrigerated fruits and vegetables.
- Zivanovic, S., Buescher, R., & Kim, S. K.** (2003). Mushroom texture, cell wall composition, color, and ultrastructure as affected by pH and temperature. *Journal of Food Science*, 68(5), 1860-1865.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Tuğçe MESCI

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017 yılı,İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği (%100 İngilizce)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2018-2021 yılları arasında Arçelik A.Ş Ar-Ge Merkezi'nde Proje Mühendisi olarak görev aldı.
- 2021 yılından itibaren Migros Ticaret A.Ş'de Ürün Güvenliği Uzmanı görevine devam etmektedir.