

Görüntü İşleme Yöntemi ile Salatalık Kalite Değişiminin Sayısal Analizi

Seval Ören

YÜKSEKLİSANSTEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2012

The Analysis of Time-Dependent Changes in Cucumber Quality with Image Processing

Seval Oren

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Electrical and Electronics Engineering

September 2012

Görüntü İşleme Yöntemi ile Salatalık Kalite Değişiminin Sayısal Analizi

Seval Ören

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Telekomünikasyon ve Sinyal İşleme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Kemal Özkan

Eylül 2012

ONAY

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Seval Ören'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Görüntü İşleme Yöntemi ile Salatalık Kalite Değişiminin Sayısal Analizi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman :Yrd.Doç. Dr.Kemal Özkan

İkinci Danışman :

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal ÖZKAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nihat ADAR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erol SEKE

Üye : Dr. Metin KAYA

Üye : Prof. Dr. D. Gökhan ECE

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

İnsandaki görme sisteminde beyinin görüntüleri işlediği gibi, görüntü işleme sistemlerinde de elektronik kamera ile elde edilen görüntüler, oluşturulan algoritmalar ile işlenir. Gıda sektöründe gıdaların renk, büyüklük, şekil vb. kriterlerinin görüntü işleme sistemleri ile analiz edilerek kalite sınıflandırma uygulamaları oldukça yaygındır. Ayrıca, bu tür uygulamalar gıda endüstrisinde kullanılan bir çok cihazla yapılan analizlere göre maliyet, zaman, daha doğru sonuç elde etme ve pratiklik açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında, gıdalarda bozulmanın etkisiyle zamanla meydana gelen kalite değişimlerinin analiz edilmesi amaçlanmış ve salatalık sebzesinde zamanla meydana gelen nem kaybı ile yüzey alanı azalması, renk değişimi ve küf&bere oluşumunun görüntü işleme yöntemi ile tespit edilmesi üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın yazılım tarafında Matlab(Licensed R2011) programında çeşitli algoritmalar ile uygulamanın amacına uygun kodlar oluşturulmuş ve kodların amaca uygun çalışmasının doğrulanmasından sonra deney süresince bekletilen salatalıkların kalite değişim analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri Minitab (İstatistiksel Analiz Programı, ABD) programı ile yapılmıştır.

Bu çalışma ile salatalığın zamana bağlı kalite kaybı sonucu meydana gelen renk değişimleri, küf&bere gelişimleri ve nem kaybı sonucu oluşan yüzey alan değişimleri doğru bir şekilde görsel ve sayısal olarak hesaplanabilir, arşivlenebilir hale gelmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar, salatalığın zamanla meydana gelen kalite kaybının görüntü işleme yöntemi ile hesaplanmasının, deney süresince aynı gıda numunesinin analiz edilebilmesi dolayısı ile kesintisiz gözlem yapılabilmesi, numune çeşitliliğinin en aza indirgenmesi ile gıda endüstrisinde kullanılan analiz cihazlarına göre daha güvenilir ve maliyet açısından da daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Matlab, K-Means, Segmentasyon, İstatistiksel Analiz

SUMMARY

A computer vision system processes images with an electronic camera, which is like the human vision system where the brain processes images derived from eyes. There are many vision systems that analyse the food to check the color, size, shape, and other features for quality classification. In addition, these kinds of applications provide many vital advantages in terms of cost, time, getting more accurate results and easy application compare to analysis equipments used in food industry. In this thesis, the quality changes of food due to the deterioration with time was intended to analyze and the reduction of the surface are due to the moisture loss, surface color change and mold&bruise formation of cucumber are tried to determine with image processing. The software part of this thesis is included matlab codes that are created by using variable segmentation algorithms which belong to Matlab (Licensed R2011). And also, after the verification of the codes whether has worked due to the aim, the change of quality analysis for cucumber has been done. The statistical analysis of obtained results have been made with Minitab (Statistical Analysis Program, USA).

With this study, the change of surface color due to the loss of quality, the formation of mold&bruise and the entire surface area change because of the moisture loss has became to be archieved and measured correctly in terms of numerical and visual. All obtained results show that the quality change inspection of cucumber with image processing is more reliable and cost effective because of using the same sample during the experiment that provides continuous investigation and reduce sample variablitiy compared to industrial equipments which are used in food sector.

Keywords: Image processing, Matlab, K-Means, Segmentation, Statistical Analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimin süresince bana destek olan ve bu çalışmamda benden hiçbir yardımı esirgemeyen Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal Özkan'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım. .

Çalışmalarımın Arçelik A.Ş Buzdolabı İşletmesi kısmında bana destek veren Sayın Emre Arısoy'a, İhsan Güler'e, Levent Kenir'e, Onur Akbörü'ye, İbrahim Yılmaz Evren'e ve çalışmalarım boyunca beni destekleyen, bugünlere gelmemi sağlayan aileme ve motive olmamda büyük katkıları olan Denizhan Yavaş'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	V
SUMMARY	VI
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	14
2. GIDA MUHAFAZI VE GIDA BOZULMALARI	15
2.1 Salatalık ve Fiziksel&Kimyasal Değişimleri	16
2.1.1. Ağırlık Kaybı	16
2.1.2. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı Değişimi	17
2.1.3. Kabuk ve Meyve Sertliği.....	18
2.1.4. Meyve Eti ve Kabuk Rengi	18
2.1.5. Küf, Bere ve Leke Oluşumu.....	20
3. RENK UZAYLARI.....	23
3.1 RGB Renk Uzayı	24
3.2 CIE Lab Renk Uzayı	25
3.3 HSV Renk Uzayı.....	27
4. SAYISAL GÖRÜNTÜ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME	31
4.1 Sayısal Görüntünün İfade Edilmesi.....	31
4.2 Görüntü İşleme Sistemlerinin Gıda Sektöründe Uygulanması.....	33

İÇİNDEKİLER(Devam Ediyor)

Sayfa

5.	BÖLÜTLEME.....	35
5.1	K-Means Yöntemi ile Görüntü Kümeleme	35
	5.1.1. K-means Algoritması ile Renk Tabanlı Görüntü Segmentasyonu.....	37
5.2	Morfolojik İşlemler ile Nesne Segmentasyonu.....	40
	5.2.1. Threshold İşlemi.....	40
	5.2.2. Dilation(Genişleme) İşlemi	41
	5.2.3. Erosion (Aşınma) İşlemi	42
	5.2.4. Açma ve Kapama İşlemleri (Opening and Closing).....	43
6.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
6.1	Sistem Tasarımı.....	47
	6.1.1. Numune Seçimi ve Hazırlanması	47
	6.1.2. Kabin Tasarımı ve Kabin İçi Aydınlatma	47
	6.1.3. Numune Tablası Tasarımı ve Yerleşimi.....	48
	6.1.4. Görüntü Alma Düzeneği	50
	6.1.5. Görüntü Alma ve Görüntü Özellikleri.....	51
6.2	Görüntü İşleme Analizleri.....	52
	6.2.1. Yüzey Alanı Analizi.....	52
	6.2.2. Küf ve Bere Oluşumu Analizi	53
	6.2.3. Yüzey Rengi Analizi	54
6.3	Analiz Sonuçları	55
	6.3.1. Alan Kaybı Analizleri	55
	6.3.2. Küf&Bere Oluşumu Analizleri	57
	6.3.3. Yüzey Rengi Değişimi Analizleri	58
	6.3.4. İstatistiksel Analizler.....	59
7.	TARTIŞMA VE SONUÇ	63

İÇİNDEKİLER(Devam Ediyor)

Sayfa

KAYNAKLAR DİZİNİ 66

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Elektromanyetik Spektrum	23
Şekil 3.2 RGB Renk Uzayı (Anonim).....	24
Şekil 3.3 CIE Lab Renk Uzayı.....	25
Şekil 3.4 L*a*b* Renk Uzayında a* ve b* parametrelerinin renk oluşumuna etkisi.....	26
Şekil 3.5 L* parametresinin rengin açıklığına ve koyuluğuna etkisi	27
Şekil 3.6 HSV Renk Uzayı	28
Şekil 3.7 Saturation (Renk Doygunluğu) Bileşeninin Görüntüye Etkisi a) Orijinal görüntü b) Saturation bileşeni % 50 oranında artırılmış görüntü c) Saturation bileşeni % 80 oranında artırılmış görüntü	29
Şekil 3.8 Value Bileşenindeki Değer Değişiminin Görüntüye Etkisi	29
Şekil 3.9 Hue Açısı	30
Şekil 3.10 Hue açısının 60° Aralıklarla Değiştirilmesi Sonucu Elde Edilen Görüntüler	30
Şekil 4.1 Piksel Gösterimi.....	32
Şekil 5.1 K-means Algoritmasının Ötelenişi	36
Şekil 5.2 Deneylerde Çekilmiş Olan Salatalık 1.Gün Görüntüsü a) Orijinal resim b) K-means algoritması k=2 ile segmente edilmiş resim.....	39
Şekil 5.3 Deneylerde Çekilmiş Olan Salatalık 34.Gün Görüntüsü a)Orijinal görüntü b) K-means algoritması k=2 ile segmente edilmiş görüntü	39
Şekil 5.4 Eşikleme(Threshold) İşlemi a) Orijinal görüntü b) Histogram c) Segmente edilmiş görüntü	40
Şekil 5.5 Aydınlatması Homojen Olmayan Resmin Bölümlendirilmesi	41
Şekil 5.6 Dilation(Genişleme) İşlemi.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ(Devam Ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.7 5X5 lik Daire Yarıçap Filtresi.....	43
Şekil 5.8 20X20 lik İkili Resim Üzerinde 5X5 lik Filtre ile Erosion İşlemi.....	43
Şekil 5.9 Açma(Opening) ve Kapama(Closing) İşlemi	44
Şekil 5.10 Closing(Kapama) İşlemi Örneği.....	45
Şekil 5.11 Ardarda uygulanan morfojojik işlemler ile elde edilmiş görüntüler a) Orijinal görüntü b) Double formatına çevrilmiş Rgb görüntüye threshold işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü c) Genişleme(Dilation) işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü d) Aşınma(Erosion) işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü	45
Şekil 6.1 Fotoğraf Çekim Kabini	48
Şekil 6.2 Numune Sabitleme Formatı a) Numune Tablası b) Permagum	49
Şekil 6.3 Numune Tablası Düzeneği a) Fotoğraf makinesi(1) b) Numune tablası yerleştirme platformu(2) c) Numune tablasının hareket etmesini önleyen kol(3) d) Çekime hazır yerleştirilmiş numune tablası(4)	50
Şekil 6.4 Fotoğraf Makinesinin Sabitlenmesi	51
Şekil 6.5 Yüzey Alanı Hesaplanması a) Orijinal görüntü b) Segmente edilmiş görüntü.....	53
Şekil 6.6 K-means Algoritması k=2 ile Elde Edilen Görüntüler a) 1.gün orijinal görüntü b) 1.gün segmente edilmiş görüntü c) 34.gün orijinal görüntü d) 34.gün segmente edilmiş görüntü.....	54
Şekil 6.8 Salatalıklarda Zamana Bağlı Olarak Meydana Gelen Alan Kaybı	56
Şekil 6.7 26 Günlük Bir Deneyde Salatalıkların Her İki Ortamdaki Kalite Değişimi a) A buzdolabı b) B buzdolabı.....	56
Şekil 6.9 Zamana Bağlı Olarak Salatalıklarda Meydana Gelen Küf Gelişimi.....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ(Devam Ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.10 Hue Açısı Değişimi a) B Buzdolabı b) A Buzdolabı	59
Şekil 6.11 Gage R&R Test Sonuçları (Minitab)	60
Şekil 6.12 İki Ortam Arasındaki İstatistiksel Fark a) % Küf Oluşumu Analizi b) % Alan Kaybı Analizi.....	61
Şekil 6.13 Ağırlık ve Yüzey Alanı kaybı arasındaki korelasyon	62

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Gıdaların belirli bir süre içinde kalite kriterlerini yitirmesi kaçınılmazdır. Tüketici için gıdada ilk kalite kriteri dış görünüştür, eğer dış görünüş düzgün değilse tüketici bu gıdayı tercih etmeyecektir. Bu yüzden bir gıdanın tazeliği konusunda öncelikle fikir veren ölçüt, dış görünüşüdür.

Yapılan bu tez çalışmasında, var olan çalışmalardan farklı olarak gıdaların zamana bağlı kalite değişimlerinin kesintisiz gözlemlenmesi ve sayısal değerlerle ifade edilmesi hedeflenmiş ve çalışmalar salatalık üzerinden gerçekleştirilmiştir. Zamanla meydana gelen renk değişimi, küf&bere oluşumu ve alan kaybı miktarlarının görsel olarak kaydedilmesi ve hesaplanabilmesi için Matlab(R2011) programı kullanılarak algoritmalar oluşturulmuş ve GUI tasarımı ile tüm analizleri otomatik yapacak şekilde “Gıda Görüntü İşleme” başlığı altında program hazırlanmıştır. Bu program sayesinde salatalığa ait tüm analizler kısa bir süre içerisinde hem görsel hem de sayısal olarak yapılabilen ve sistematik bir şekilde belirlenen adreslere kaydedilebilmektedir. Tasarlanan bu program diğer gıdalar için de kullanılabilir durumdadır. Gıdaların kalite değişimlerinin görüntü işleme yöntemi ile takip edilebilmesi, düşük maliyet, sonuçların doğruluğunun gıda endüstrisinde kullanılan analiz yöntemlerine göre yüksek olması ve sonuçların hızlı bir şekilde elde edilebiliyor olması açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca, bu çalışma gıdaların daha uzun süre muhafaza edilebilmeleri için gerekli yöntemlerin geliştirilmesine ön ayak olabilir niteliktedir.

2. GIDA MUHAFAZI ve GIDA BOZULMALARI

Gıda güvenliği insan sağlığı açısından oldukça önemli konuların başında gelmektedir. Hasat edilmiş meyve ve sebzeler uygun koşullarda depolanınca, taze haldeki niteliklerini bir süre, önemli ölçüde korurlar. Her meyve ve sebzenin, en iyi şekilde depolanabildiği belli bir sıcaklık ve bağıl nem söz konusudur. Ancak, depolamadaki optimum koşullar ne kadar iyi sağlanırsa sağlansın, her meyve ve sebzenin ancak belli bir süre dayanma olanağı vardır. Bu süre; gıda türünebağlı olarak birkaç günden 5-6 aya kadar değişmektedir. Her ürüne özğü bu belli sürelerin sonunda, depolanan ürün, kalitesini süratle kaybeder ve nihayet tamamen bozulur. Bu yüzden soğukta depolamada, meyve ve sebzelerin dayanma süresi sınırlıdır. Soğukta depolamada en önemli faktör, depo sıcaklığıdır. Genel bir ilke olarak, depolamadaki sıcaklık, depolanan meyve veya sebzenin donma noktasının 1-2°C üstünde bulunur.

Meyve ve sebzeler hasat edilince, yani kendisini besleyen ana bitkiden ayrılınca, yine de canlı kalırlar. Öyle ki, birçok sebze hızlı bir hücre bölünmesi dahi devam eder. Her ne kadar, topraktan çeşitli besin maddelerinin alınışı sona ermişse de, dokuda çeşitli yeni maddelerin oluşması, mevcut maddelerin başka bileşiklere dönüşmesi gibi kimyasal ve biyokimyasal olaylar düzenli bir şekilde devam eder. Meyve ve sebzelerin bu davranışı, onların canlılığı demektir. Canlılığın en önemli belirtisi ise sebze ve meyvelerin oksijen alıp karbondioksit vermeleridir. Meyve ve sebzelerdeki bütün bu yaşamsal faaliyetlere metabolizma denir. Metabolizma, ortam koşullarına bağlı olarak hızlı veya daha yavaş olarak devam eder. Bu sırada üründe depo edilmiş çeşitli maddeler harcanır. Nihayet bir süre sonra her canlıda olduğu gibi, doğal yaşlılık sonucu meyve ve sebzenin yapısı bozulur ve ölüm kendini gösterir. Artık kimyasal ve biyokimyasal olaylar kontrol dışında kalarak düzensiz bir şekil alır. Bu sırada, canlı meyve veya sebzenin mikroorganizmalara karşı gösterdiği direnç de sona erdiğinden, çeşitli mikroorganizmaların hücumuna uğrayarak mikrobiyolojik bozulma başlar. Soğukta depolamada ilke; meyve ve sebzelerin metabolizma faaliyetlerinin kesinlikle durdurmamak koşuluyla en düşük düzeyde gerçekleşmesine olanak vermek üzere gerekli şartların sağlanmasıdır. Metabolizma olayları içinde en önemlileri ise solunum ve terlemedir. Bu şekilde serbest kalan ısının az

bir kısmı, hücrede gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarda harcanırken büyük bir kısmı etrafa yayılır ve doğal olarak ürünü de ısıtır.

Bu tez çalışmasında, muhafaza süresi kısa olarak bilinen salatalığın zamana bağlı kalite değişiminin görüntü işleme yöntemi ile tespit edilmesi üzerine araştırmalar ve deneyler yapılmıştır.

2.1 Salatalık ve Fiziksel&Kimyasal Değişimleri

Salatalık, kısa süreli depolanan, genellikle de çeşitlere göre değişmekle birlikte 7-10°C arasında, %90±5 oransal nemde 10-15 gün depolanabilen bir sebze türüdür. Salatalıklarda çeşitlere göre değişmekle birlikte çiçeklenmeden hasata kadar geçen süre 55-60 gündür. Salatalıklar genellikle tam olarak olgunlaşmadığı devrede, tam büyüklüğünü almaya yakın hasat edilir. Taze bir salatalığın sertlik ve kabuk parlaklığı hasat öncesindeki gibi olmalıdır. Uniform biçim, sertlik ve koyu yeşil renk, bozuklukların ve sararmanın olmaması önemli kalite kriterlerindedir. Her sebze ve meyvede olduğu gibi hasat edildikten sonra salatalık da zaman içinde kalite kriterlerini yitirir. Salatalığın kalite derecesinin belirlenmesinde etkili olan kriterler ağırlık kaybı, çözünebilir kuru madde miktarı, kabuk ve meyve sertliği, meyve eti ve kabuk rengi, küflenme&berelenme genel görünüm şeklinde sıralanabilir.

2.1.1. Ağırlık Kaybı

Bitkisel dokular, bitkileri böcek ve patojen saldırısından, fiziksel bozulma ve su kaybından koruyan bir tabaka ile kaplanmıştır. Primer koruyucu tabaka epidermistir. Epidermis kitin içeren mumsu bir kutikula ile kaplanmıştır. Periderm hücreleri ise suberin vasıtasıyla impregne edilmiştir. Kitin ve suberin bitki yüzeyinden su kaybını azaltırlar.

Ancak bir miktar su kaybı doğaldır. Su kaybı solunumda gaz alışverişini sağlayan stomalar ve lentiller aracılığı ile gerçekleşir.

Salatalığın zamana bağlı ağırlık kaybı bir çok faktöre bağlıdır. Dış etkenlere ek olarak, salatalığın yüzey dokusu, yüzeydeki hücre boşlukları gibi etmenlerde ağırlık kaybını etkilemektedir. J.Tan ve arkadaşlarının farklı sıcaklık ve nem değerlerinde koruyucu filmlili ve filmsiz muhafaza edilen salatalıkların zamana bağlı kalite değişimi üzerine yaptığı çalışmada, film ile kaplı olan salatalıklarda daha yüksek nem değerinin sağlanması ve metabolik faaliyetlerin yavaşlatılması ile en az ağırlık kaybı görülürken, koruyucu film ile kaplı olmayan salatalıklardan yüksek sıcaklık ve düşük nemde muhafaza edilenlerde daha fazla ağırlık kaybı görülmüştür.(Tan, et. al., 2011). Akbudak ve Özer'in yaptığı çalışmada, farklı sıcaklık ve aynı nem oranlarında muhafaza edilen salatalıklarda yüksek sıcaklıklarda bekletilen salatalıklarda en az ağırlık kaybı meydana gelmiştir.(Akbudak ve Ozer, 2003). Ayrıca, Dhall ve arkadaşlarının vakumlanarak yada vakumlanmadan farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen salatalıklar üzerine yaptıkları çalışmada vakumlamanın ve daha soğuk ortamda muhafaza etmenin ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığı görülmüştür.(Dhall, et. al., 2011)

2.1.2. Suda Çözünabilir Kuru Madde Miktarı Değişimi

Suda çözünabilir kuru madde salatalık için önemli bir kalite kriteridir. Suda çözünür kuru madde miktarı; sebze ve meyvelerde olgunluk ve hasat zamanının belirlenmesinde, meyve suyu, konsantre, salça veya konserve işleme aşamalarında sürekli olarak üretimin denetim altında tutulmasında önemlidir. Akbudak ve Özer'in farklı sıcaklıklarda(1°C, 4°C, 7°C, 10°C) muhafaza edilen salatalıklar üzerine yaptığı çalışmada, tüm sıcaklık değerlerinde zamanla suda çözünabilir kuru madde miktarında artış gözlemlenmiştir.(Akbudak ve Ozer, 2003). Ayrıca, başka bir çalışmada da 13 salatalık çeşidinin üşüme zararıyla ilişkili bazı parametreleri incelenmiştir. Çalışmada, incelenen parametreler arasından suda çözünabilir kuru madde oranının üşüme zararına dayanıklı olan çeşitlerde muhafaza süresince daha yüksek olduğu belirlenmiştir.(Akbudak ve Özer,

2003: Cabrera ve Saltveit, 1994). Tan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, salatalıklar 4°C ve 25°C sıcaklıklarda koruyucu film ve filmsiz olacak şekilde bekletilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre, tüm salatalıklarda suda çözünebilir madde miktarı azalırken, bu düşüş koruyucu film olan salatalıklarda daha az görülmüştür.

2.1.3. Kabuk ve Meyve Sertliği

Taze bir salatalığın kalite kriterlerinden birisi de sert bir dokuya sahip olmasıdır. Muhafaza süresi boyunca sertlik miktarında ağırlık kaybından dolayı yumuşamalar görülmesi beklenir. Akbudak ve Özer'in yaptığı çalışmada, farklı sıcaklıklarda bekletilen salatalıklarda ağırlık kaybına bağlı olarak yumuşamalar meydana gelmiştir. Deney süresi boyunca görülen küçük artışlar ise, meyvelerde özellikle çok düşük sıcaklıklarda meydana gelen üşme zararı ve su kaybına bağlı olarak meyvelerin elastik bir yapı kazanması sonrasında gerçekleşmiştir.(Akbudak ve Özer, 2003). Dhall ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, 12°C ve oda sıcaklıklarında vakumlanarak ve vakumlanmadan muhafaza edilen salatalıklarda vakumlanarak 12°C sıcaklıkta bekletilen salatalıklarda sertliğin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir, bunun sebebi olarak vakumlama ile modifiye atmosfer ortamı oluşturarak yüksek nem oranının sağlanmasından kaynaklandığı gösterilmiştir.(Dhall, et. al., 2011). Ayrıca, Tan ve arkadaşları, salatalıkların muhafazası üzerine yaptığı çalışmada, sertlik ölçümünün salatalığın her bölgesinde farklılık gösterdiğine dikkat çekmiş, salatalığın baş kısmında daha sert, uç kısmında daha yumuşak bir kabuk yapısına sahip olduğunu belirtmiş ve bir salatalığın sertlik değerinin 7-8 ayrı bölgeden alınan ölçümlerin ortalaması ile değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Yaptıkları ölçümlerde 4 °C de bekletilen salatalıkların 25°C sıcaklıkta bekletilen salatalıklara göre sertlik oranlarının daha iyi korunduğu görülmüştür. (Tan, et. al., 2011)

2.1.4. Meyve Eti ve Kabuk Rengi

Taze ürünlerin rengi; çeşit, olgunluk derecesi ve yaşlanmaya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Taze olarak nitelendirilen salatalığın canlı yeşil renkte ve sararmamış olması beklenir. Bekletildiği ortam koşullarına bağlı olarak zamanla fiziksel ve kimyasal bazı değişimlerin olması salatalığın meyve eti ve kabuk rengini etkileyecektir.

Hasat sonrası renkteki değişim olumlu veya olumsuz yönde olabilir. Salatalıkta sararma, patatesten yeşillenme ve sert kavunda turuncu renk oluşumu istenilmeyen renk değişimlerine örnektir. Olgunlaşmayla ürünlerde klorofilde azalma görülür. Etilen klorofildeki kayıpları artırır. Kloroplastlar pek çok tropik ve subtropik meyvede soğuğa karşı hassastır. Akbudak ve Özer'in yaptığı bir çalışmada, salatalıkların farklı sıcaklıklarda muhafaza süresince toplam klorofil değişimlerinde azalma görülmüştür. Ancak özellikle 1°C de bekletilen salatalıklarda 20 günlük depolama sonunda klorofil miktarında, düşük sıcaklık zararı nedeniyle salatalıklarda iyon sızıntısına, saydamlaşmaya ve dolayısıyla renkteki koyuluğa bağlı olarak kısmen artışların olduğu gözlemlenmiştir.(Akbudak ve Özer, 2003) Ayrıca Akbudak ve Özer'e (2003) göre, salatalıkların muhafazaları süresince meydana gelen klorofil değişimlerinin incelendiği birçok çalışmada, yüksek sıcaklıklarda muhafaza edilen salatalıklarda klorofil parçalanmasına bağlı olarak sararmaların meydana geldiği belirlenmiştir.(Schales, 1987; Anonim, 1997; Kaynas ve Ozelkok, 1999). Dhall ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, 12°C sıcaklık, % 90-95 nem oranında ve 25°C sıcaklık, % 65-70 nem oranında vakumlanarak ya da vakumlanmadan muhafaza edilen tüm salatalıklarda, CIE Lab renk uzayında yapılan ölçümlere göre L (Parlaklık) ve yeşillik oranını gösteren -a parametresinde zamanla düşüş görülürken, sarılık oranını gösteren +b parametresinde artış görülmüştür. Sarılık oranını gösteren +b parametresindeki artış salatalıklardaki klorofil parçalanmasının gerçekleştiğini göstermektedir.(Dhall, et. al., 2011). Ayrıca, Akbudak ve Özer'in farklı sıcaklık değerlerinde bekletilen salatalıklar üzerine yaptıkları çalışmada, meyve eti renginde zamanla L(Parlaklık) değerinin ve sarılığın(+b) tüm salatalıklarda büyük değişiklik göstermediği, yeşil rengin(-a) azaldığı görülmüştür. Kabuk renginde yaptıkları ölçümlerde ise zamanla L (Parlaklık) ve yeşil renk değerlerinde azalmalar, sarılıkta(+b) meyve etinde olduğu gibi belirgin bir artış ya da azalış gözlemlenmemiştir.

2.1.5. Küf, Bere ve Leke Oluşumu

Fizyolojik bozulmalar, taze üründeki metabolizmanın herhangi bir şekilde olumsuz etkilenmesi sonucu ortaya çıkar. Bu etkiler, mineral madde eksiklikleri gibi internal nedenler veya depolama sıcaklığı veya depo atmosferinin kompozisyonu olabilir. Eğer bitki topraktan yeterli mineral alamamışsa hasat sonrasında bunun olumsuz etkileri görülür. Yetersiz kalsiyum, meyve ve sebzelerde hücre duvarlarının yeterli direnç alamamalarına neden olur. Bunun sonucunda örneğin elmalarda koyu renkli lekeler ve acılaşıma ortaya çıkabilir. Hasat öncesi fazla yüksek veya fazla düşük çevre sıcaklığı ise kabuk zararlanmalarına ve olgunlaşma bozukluklarına yol açar. Düşük sıcaklıklarda muhafaza edilen ürünlerde metabolik faaliyetlerin yavaşlatılarak raf ömrünün uzatılması ile birlikte fasulye, salatalık, patlıcan, biber gibi bazı sebze türlerinde üşüme zararına duyarlılık nedeni ile sıcaklığı fazla düşürmek mümkün olmamaktadır. Üşüme zararı; bitki hücresi, dokusu veya organlarında kritik sıcaklığın altına inilmesi ile ortaya çıkan ve dönüşü olmayan bir zararlanma şeklindedir. Üşüme sıcaklıklarından kaynaklanan zararlanmaların şiddeti sıcaklığa ve ürünün düşük sıcaklığa maruz kalma süresine bağlı olarak değişir. Ayrıca çeşit, ürünün yetiştiriciliği sırasındaki çevre koşulları ve üşüme sonrası yapılan uygulamalara göre de belirtilerin şiddeti farklılık gösterir. Bu nedenle ürünün hasat öncesi ve sonrası maruz kaldığı sıcaklıkların kombinasyonu, üründe toplam üşüme zararını ortaya çıkarmaktadır.(Halloran N., Çağırır R. and Kasım M.U, 1996: Salveit, 1989). Soğan gibi sebzeler kısa süreli donmaya karşı belli bir dayanıklılık gösterirlerse de genellikle donma meyve ve sebzelerde ciddi hasarlara (membran zedelenmesi v.b) neden olur. Her meyve ve sebze belli bir derecedeki soğuğa dayanabilmekte, bu derecenin altında donma olmasa dahi soğğun neden olduğu bazı zararlar görülmektedir. Meyve ve sebzelerin “soğuğa duyarlılığı” olarak nitelenebilecek bu durum; ürünün tür, çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlıdır. Nitekim birçok meyve ve sebze +2 ile +3°C’lerde herhangi bir zararlanmaya uğramazken, örneğin karpuz, kavun ve domatesler +5°C’nin altında ölürler.Örneğin, domatesler 3 gün süreyle +2°C’de tutulduktan sonra, ılık bir yere alınsa bile artık bir daha kızarmazlar. Soğuk zararlanmaları genellikle su salma, yüzeyde beneklenme, renk bozulması, çürüme ve yüzeyde yer yer

çukurlaşmalar şeklinde kendini belli eder. Salatalığın soğuk zararlanmasına uğradığı kritik sıcaklık 7 °C'dir. Turşuluk salatalıkların farklı sıcaklıklarda muhafaza edilmesi üzerine yapılan çalışmada, deney süresince meyvelerin genel görünüm değerlerinde azalmalar meydana gelmiş ve bu azalmalar özellikle çok düşük sıcaklık derecelerinde muhafaza edilen salatalıklarda görülmüştür. Düşük sıcaklık derecelerinde bekletilen salatalıklarda soğuk zararlanmasına bağlı olarak meyve kabuğunda koyu renkli lekeler gözlemlenmiştir.(Akbudak ve Özer, 2003). Tatsumi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da üşüme zararına bağlı olarak salatalıklarda buruşma, beneklenme ve stoma çevresinde çatlamlar görülmüştür.(Akbudak ve Özer, 2003: Tatsumu et. Al., 1990)

Soğuk zararlanması sonucunda, meyve eti veya kabuklar yer yer ölür. Ölmüş hücrelerin içindeki maddeler okside olur ve böylece bu bölgeler esmerleşir kararır ve üründe lekeler oluşur. Bu arızalı yerlerde daha sonra, mikrobiyolojik enfeksiyon başlayarak ikinci bir bozulma başlar. Genelde 3 tip mikrobiyal bozulma vardır.

Bozulma Tipleri:

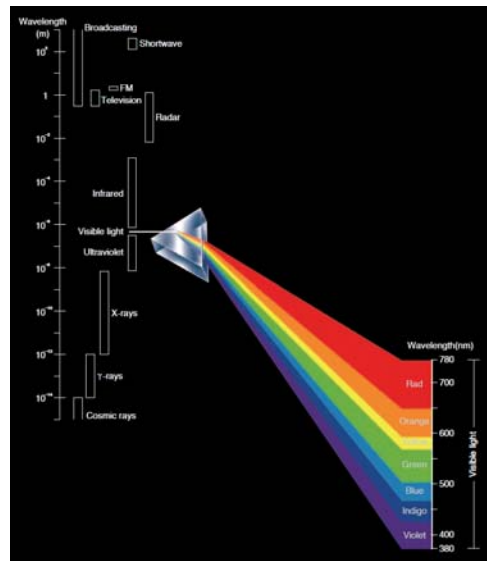
- 1.) Aktif Bozulma: Bitkilerde patojen mikroorganizmalar tarafından meydana getirilen bozulmadır.
- 2.) Pasif Bozulma: Konakçı mikroorganizmaların üst deriden giriş yolu bularak iç hücrelerde hasara neden olduğu bozulma tipidir.
- 3.) Üçüncü tip bozulma pasif bozulmaya benzemektedir.

Sağlıklı bitki dokularının mikrobiyal etkilere karşı dayanma mekanizmaları mevcuttur. Sebze ve meyveler üst deriye sahip olmasından dolayı mikroorganizmalara karşı bariyer oluşturmaktadırlar. Üst deri hücrelerinin bileşimi çeşitlilik göstermesine karşın genellikle selüloz ve pektin denilen materyallerden oluşmaktadır. Pektin bitkilerin hücre duvarlarında bulunan, hücreleri birbirine bağlayan ve dokuya sertlik veren temel bir bileşiktir. Yağlardan oluşan kutin tabakası da mikroorganizma hücre içine geçişini önlemektedir. Bu dış bariyerler çeşitli kaynaklarla zedelenebilmektedir. Bunlar böcek enfeksiyonu, çevre yüzeylerle sürtünme gibi kontrol edilemeyen faktörlerdir. Ayrıca, hasattan sonra ürün hasat veya süreç ekipmanı ile zede alabilmektedir. Sebze ve meyve

yüzeyinde meydana gelen mikrobiyolojik gelişmeler raf ömrünün kısılmasına sebep olan ana etmenlerdendir. (Mehyar et. Al., 2011; Jay et. Al., 2005). Mehyar ve arkadaşlarının, salatalıkların belirli bir süre buzdolabında bekletildikten sonra, bozulma sebebi ile salatalıklarda meydana gelen mikrobiyal gelişiminin potasyum sorbat ile yok edilmesi üzerine yaptığı çalışmada, +4 °C sıcaklıkta bekletilen salatalıklarda *P. axalicum* ve *C.cucumerinum* küflerinin oluştuğunu belirtmişlerdir.(Mehyar et. Al., 2011).

3. RENK UZAYLARI

Bilgisayarda renkli görüntüler R(Kırmızı), G(Yeşil), B(Mavi) kodlanmış aynı objeye ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile oluşur. Şekil 3.1’de görülen Elektromanyetik spektrumdan çıkan dalga boyları aynı anda insan gözüne ulaşırsa beyaz, hiç ışık ulaşmazsa siyah olarak algılanır. İnsan gözü 380nm ile 780nm arasındaki dalga boylarını algılayabilir, bu yüzden elektromanyetik spektrumun bu bölümüne görünen dalgaboyu denir. Elektro-manyetik spektrumda 0,4-0,5 mm dalga boyu mavi renge; 0,5-0,6 mm dalga boyu yeşil renge; 0,6-0,7 mm dalga boyu kırmızı renge karşılık gelir. Bu dalga boylarında elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonunda üst üste düşürüldüğünde renkli görüntü elde edilmiş olur.



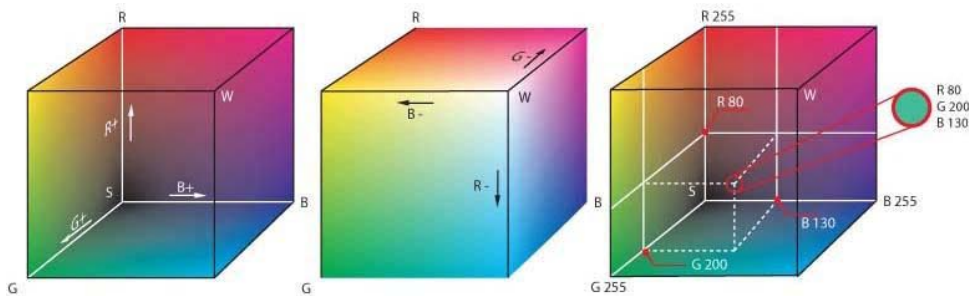
Şekil 3.1 Elektromanyetik Spektrum

Renk uzayları rengin görsel ve sayısal olarak ifade edilme yöntemidir. İnsan duyuları rengi parlaklık, renk tonu ve renk canlılığına göre tanımlar. Renk uzaylarında renk bilgisi genellikle üç parametre ile tanımlanır. Bu parametreler, kullanılan renk

uzayında rengin hangi koordinatlarda olduğu bilgisini verir. Renk bilgisinin elde edilmesinde birden fazla renk uzayının kullanılmasının sebebi her uygulama için değerlendirilen parametrelerin hesaplanma formülünün farklı olmasıdır.

3.1 RGB Renk Uzayı

RGB renk uzayında renkler kırmızı, yeşil ve mavi üç ana rengin bir araya gelmesi ile ifade edilir. Rgb renk uzayı üç boyutlu matris olarak düşünülerek görselleştirilebilir.(Şekil-3.2) Rgb renk uzayında R-G-B parametreleri 0-255 arasında değerler alabilirler.

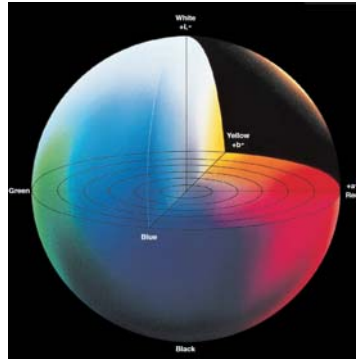


Şekil 3.2 RGB Renk Uzayı (Anonim)

Her renk %100 oranında karıştırıldığında beyaz ve %0 oranında karıştırıldığında ise siyah renk elde edilir. Örneğin renk değerleri A(200,20,1) şekilde ifade edilen bir pikselin rengi kırmızı tonlarındadır, çünkü en yüksek renk değeri kırmızı bileşendedir.

3.2 CIE Lab Renk Uzayı

CIE Lab renk uzayının en belirgin özelliği renk uzayının algılama yönünden düzgün değişim göstermesidir. CIE Lab renk uzayı renkleri HVS(Human Visual System)'ye göre sınıflandırır ve Munsell renk sistemi üzerine kuruludur. CIE Lab renk uzayı 1976 yılında görsel medya için tasarlanıp oluşturulmuştur. Günümüzde CIE Lab renk uzayı çeşitli alanlar için standart renk uzayı olarak seçilmiştir ve bugün pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Görüntü işleme çalışmaları da bu uygulama alanlardan biridir. CIE Lab renk uzayında renk üç parametre ile ifade edilir (Şekil 3.3). L^*/L (Lightness) ,ışık geçirgenlik değerini, 0(geçirgenlik yok) ve 100(tamamen geçirgen), a^*/a kırmızılık ($-a^*/a$, yeşillik) ve b^*/b sarılık ($-b^*/b$, mavilik) değerini belirtmektedir. (Bakker vd., 1986).



Şekil 3.3 CIE Lab Renk Uzayı

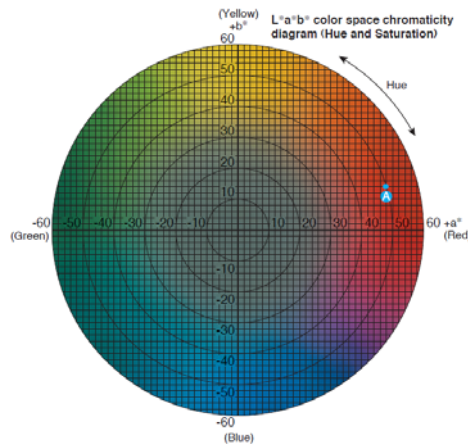
Bu değerler CIE XYZ renk uzayına bağımlı olarak hesaplanır. Bu hesaplama için gerekli ilişki, beyazın CIE XYZ uzayındaki değerleriyle sağlanır. Dolayısıyla bu değerlerin hesaplanması için yani X, Y ve Z değerlerinden L^* , a^* ve b^* değerlerinin hesaplanması için standart aydınlatmanın ve standart gözlemcinin ne olacağına karar verilmelidir. Dönüşümlerde aşağıdaki formüller kullanılmaktadır.

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_w} \right) - 16 \quad (3.1)$$

$$a^* = 500 \left[f \left(\frac{X}{X_w} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_w} \right) \right] \quad (3.2)$$

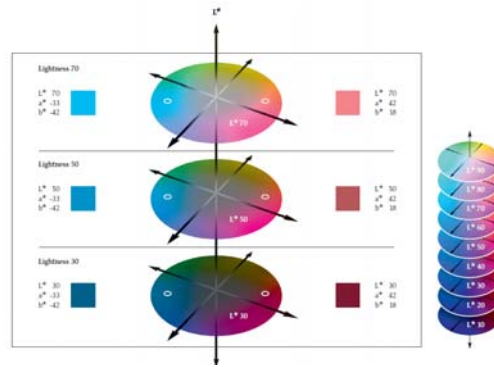
$$b^* = 200 \left[f \left(\frac{Y}{Y_w} \right) - f \left(\frac{Z}{Z_w} \right) \right] \quad (3.3)$$

$$f(a) = \begin{cases} a^{\frac{1}{3}} & a \geq 0.008856 \\ 7.787a + \frac{16}{116} & a < 0.008856 \end{cases} \quad (3.4)$$



Şekil 3.4 L*a*b* Renk Uzayında a* ve b* parametrelerinin renk oluşumuna etkisi

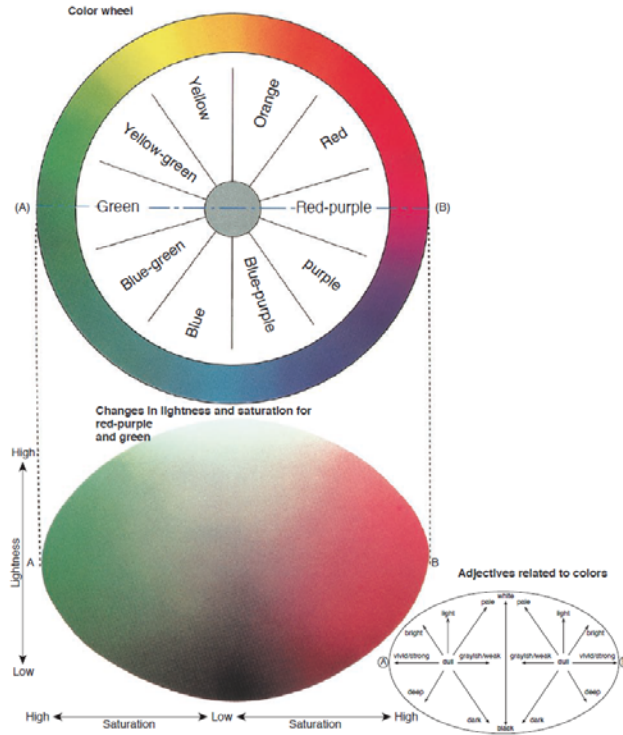
Şekil 3.4 'deki görselde a^* ve b^* parametrelerine göre hangi renklerin elde edildiği bilgisi vardır, burada L^* parametresi sabit alınarak bu görsel oluşturulmuştur. Renkteki L^* parametresinin etkisi ise Şekil 3.5' de görülmektedir, L^* parametresi yüksek değerler aldığı anda daha canlı renk oluştuğu ama çok yüksek olması durumunda beyaza yakın bir renge dönüştüğü, ancak L^* parametresinin daha düşük değerler alması durumunda ise rengin koyulaştığı ve değerin çok küçük olması durumunda rengin siyaha yakın bir renge dönüştüğü görülmektedir.



Şekil 3.5 L^* parametresinin rengin açıklığına ve koyuluğuna etkisi

3.3 HSV Renk Uzayı

HSV (Hue, Saturation, Value) renk uzayı, renkleri sırasıyla renk özü, doygunluk (rengin canlı yada soluk olması) ve parlaklık olarak tanımlar. HSV renk modunun kullanılma amacı RGB uzayına göre insan gözü düzeneğine daha yakın bir yapı oluşturmaktır. HSV, RGB renk uzayından doğrusal olmayan bir dönüşüm ile elde edilir.

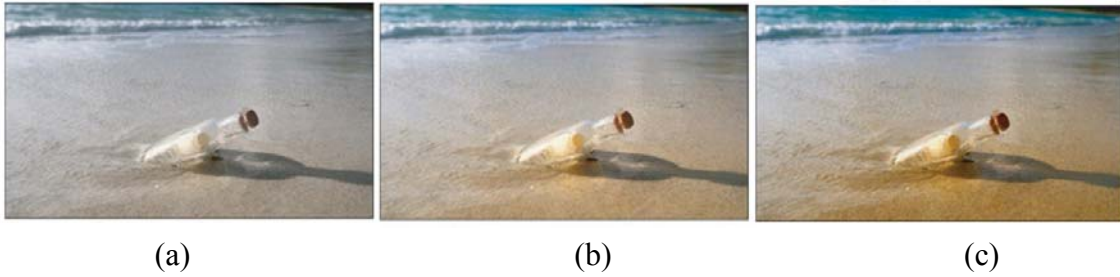


Şekil 3.6 HSV Renk Uzayı

HSV renk uzayında, Hue (Renk) bileşeni insan gözü tarafından görülen renk hakkında bilgi verir. Hue bileşeni Şekil 3.6 'da görüldüğü gibi kırmızı, sarı, yeşil ve mavi ana renklerden ve bu renkler arasındaki geçişte elde edilen renklerden oluşan bir çember şeklinde ifade edilir.

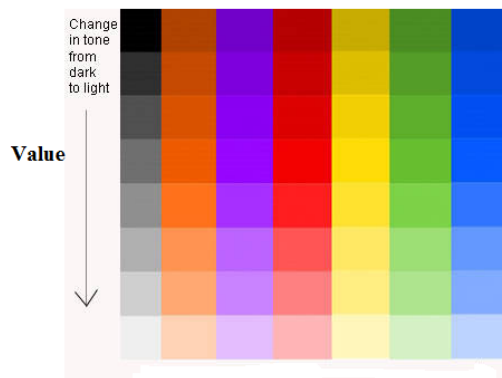
Saturation (Renk Doygunluğu) bileşeni rengin ne kadar canlı ya da soluk olduğunu gösterir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi kırmızı ve yeşil renkleri için bakıldığında merkezden uzaklaştıkça kırmızı ve yeşil rengin canlılığı artarken merkeze yaklaştıkça renk soluk hale gelmektedir. Diğer bir deyişle rengin içindeki beyaz renk oranı ne kadar fazla ise saturation o kadar düşük yani renk o kadar soluk, rengin içinde beyaz renk oranı ne kadar az ise saturation o kadar yüksek yani renk o kadar canlıdır. Şekil 3.7 'de görüldüğü gibi saturation bileşeninin değeri artırıldığında görüntü soluk halden daha canlı hale

gelmektedir. Örneğin renk değişimi takip edilen bir salatalığın saturation değerindeki düşüşler salatalığın renginin canlı yeşilden daha soluk bir yeşile gittiği hakkında bilgi verir.



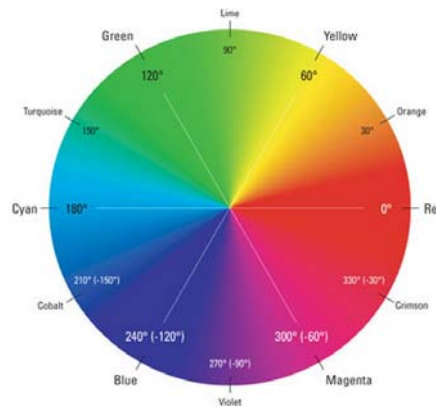
Şekil 3.7 Saturation (Renk Doygunluğu) Bileşeninin Görüntüye Etkisi a) Orijinal görüntü b) Saturation bileşeni % 50 oranında artırılmış görüntü c) Saturation bileşeni % 80 oranında artırılmış görüntü

Value (Parlaklık) bileşeni ise rengin ne kadar açık ya da koyu olduğunu söyler. Şekil-3.6 da dikey ekseninde gösterilen "Lightness" parametresindeki artış ya da azalışlar rengin beyaza yakın ya da siyaha yakın olmasına sebep olmaktadır. Şekil 3.8'deki görselde de görüldüğü gibi "Value" parametresinin artması ile renk beyaza yakın bir hale gelmiştir.



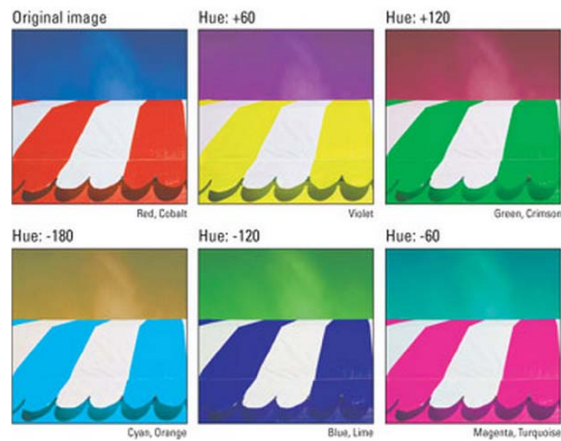
Şekil 3.8 Value Bileşenindeki Değer Değişiminin Görüntüye Etkisi

Hue bileşeni ayrıca Hue açısı olarak da hesaplanabilir, bu şekilde hesaplamak elde edilen Hue değerinin görsel olarak algılanmasını daha kolay bir hale getirir. Şekil 3.9'de görülen görselde Hue açısı 0-360° aralığında tanımlanmıştır.



Şekil 3.9 Hue Açısı

Hue açısının 60° aralıklar ile değiştirilmesi ile elde edilen renkler Şekil 3.10 de gösterilmektedir. Aşağıdaki görüntülerde Hue açısındaki 60° lik bir artış ya da azalışın görsel olarak nasıl algılanacağı açıkça gösterilmektedir.



Şekil 3.10 Hue açısının 60° Aralıklarla Değiştirilmesi Sonucu Elde Edilen Görüntüler

4. SAYISAL GÖRÜNTÜ ve GÖRÜNTÜ İŞLEME

Sayısal görüntü görsel bilginin ayrı bir formda görüntülenmesi için bitlerin sonsuz sayılar ile gösterildiği bir dizi gerçel ve karmaşık sayılardan ibarettir. Fiziksel görüntünün uygun sayısal forma dönüşümü, örnekleme ve orantılama işlemlerinin gerçekleştirildiği analog ve sayısal dönüştürücü kullanılarak yapılır. Bu nedenle görüntüler resimler olarak düşünülebilir fakat en geniş anlamda bir görüntü her çeşit iki boyutlu veriyi ifade eder.

Bilgisayarlı görüntüleme sistemi(BGS); bilgisayarın görsel sensörler yoluyla elde edilen veriyi anlayabilmesini amaçlayan araştırma alanıdır.(Bayraktar Sofu,2006: Baxes'den, 1994). Sayısal görüntü işleme bir görüntünün ve özelliklerinin değiştirilmesi için kullanılan çok çeşitli teknikler içerir. Farklı görüntü işleme algoritmaları geniş alt sınıflara ayrılarak incelenebilir.

4.1 Sayısal Görüntünün İfade Edilmesi

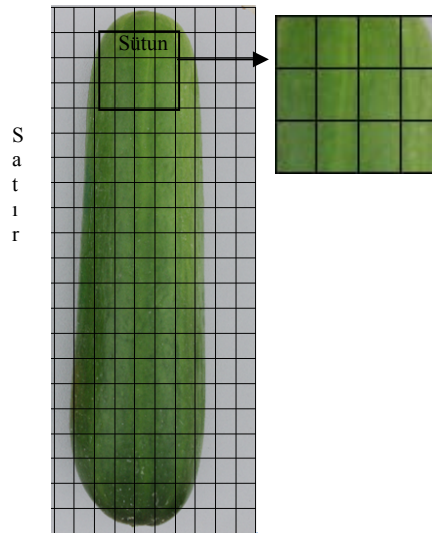
Sayısal görüntü, $f(x,y)$ şeklinde ifade edilen ve 2 boyutlu sürekli bir sinyalin sayısallaştırılarak $f[m,n]$ şeklinde gösterilen ve 2 boyutlu ayrık uzayda bulunan görüntüye çevrilmiş halidir (Young, et al., 1995). Görüntülerin sayısallaştırma işlemi örnekleme ve nicelikleştirme ile gerçekleştirilir. Koordinatların sayısallaştırılmasına örnekleme, genliğin sayısallaştırılmasına da nicelikleştirme denir. Örnekleme işlemi sonucu sayısal görüntünün çözünürlüğü belirlenmiş olur (örneğin:1024x768, 720x576, 640x480), nicelikleştirme sonucu ise resimdeki renk derinliği belirlenmiş olur (renk derinliği; 8 bit gri seviye için 256, 16 bit gri seviye için 65536). Örnekleme ve nicelikleştirmenin sonucunda gerçek sayılardan oluşan bir matris elde edilir. Bir sayısal $f(x,y)$ görüntüsü M satır ve N sütunlu

sayısal görüntü oluşturacak şekilde örneklendiğinde kordinatların değerleri (x,y) ayrık nicelikler halindedir. tüm MXN boyutlarındaki sayısal görüntüyü aşağıdaki matris formunda yazmayı sağlamaktadır.

Equation Section (Next)Equation Section (Next)Equation Section (Next)

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki denklemde eşitliğin sağ tarafı sayısal görüntünün tanımıdır. Matris dizisindeki her eleman görüntü elemanı, resim elemanı, piksel olarak adlandırılır. Sayısal görüntüler piksel adı verilen noktalardan oluşur.(Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Piksel Gösterimi

Pikseller görüntünün en küçük parçalarını oluşturup aynı zamanda renk bilgisi de taşır ve bir araya gelerek görüntüdeki renk ve şekilleri oluştururlar. Görüntünün kalitesi piksellerin sayısına ve dolayısıyla piksellerin sahip olduğu renk bilgilerine bağlıdır. Piksel sayısının artması görüntünün kalitesini artırır, piksel sayısının azalması ise görüntünün kalitesini düşürür. Piksel sayısına bağlı olarak görüntünün kapladığı yer de görüntünün kalitesi gibi doğru orantılı şekilde artar ve azalır. Piksel sayısı fazla olan görüntülerin kapladıkları yer yani dosya boyutu (file size) fazla, piksel sayısı az olan görüntülerin kapladıkları yer ise daha azdır.

4.2 Görüntü İşleme Sistemlerinin Gıda Sektöründe Uygulanması

Gıda endüstrisinde sebze ve meyvelerin zamana bağlı kalite kayıpları bir takım analiz yöntemleri ile takip edilebilmektedir, bu analizler, sertlik ölçümü, mikrobiyal yük, ağırlık kaybı, c vitamini ölçümü, nem tayini, ph ölçümü, renk ölçümü şeklinde sıralanabilir. Elde edilen analiz sonuçlarına yorum yapılarak salatalığın kalite düzeyi hakkında bilgi edilebilmektedir. Ancak bu yöntemlerde bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, analizi yapılan numune, bazı ölçümler esnasında birkaç işlemde geçirilip numune haline getirilmekte ve bu şekilde ölçüm yapılmaktadır. Bu durumda bir sonraki analizde aynı numunenin kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu durumda, deney süresi boyunca her bir analiz gününde farklı numune üzerinden ölçüm yapılması sonuçların tutarsız olma riskini artıracaktır. İkincisi ise, bazı analizlerde (sertlik ölçümü, renk ölçümü vb.) ölçümler numunenin belirli bir bölgesinden yapılmaktadır, bu durumda ölçüm yapılan nokta numunenin bütünü temsil edemeyeceği için sonuçlarda tutarsızlık olma riski bu durumdan dolayı da artış gösterecektir. Son olarak, kullanılan cihazlar maliyet açısından oldukça yüksek bütçeler gerektirmektedir. Cihazlara ek olarak analizler için gerekli olan sarf malzemeleri de ayrı bir bütçe tutarı gerektirmektedir. Tüm bu dezavantajlar değerlendirildiğinde gıda kalite analizinin görüntü işleme yöntemi kullanılarak tasarlanan sistemler ile yapılması bir çok açıdan avantaj sağlamaktadır.

Görüntü işleme yöntemi ile gıda kalite sınıflandırılması, kalite analizi gibi bir çok uygulama üzerine çalışılmış ve bir çoğunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Njoroge J.B. ve arkadaşlarının yaptığı, portakalın iç ve dış özelliklerine göre kalite sınıflandırması başlıklı çalışmanın görüntü işleme sistemi tarafında, portakalın büyüklük, renk, şekil ve yüzeydeki bere oluşumuna göre kalite sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.(Njoroge,et al, 2002.) Zhou, arkadaşları ile birlikte yaptığı çalışmada ise marulun görüntü işleme sistemi ile raf ömrünün ve kalite açısından kabuledilebilirlik sınırının tespit edilebildiğini belirtmiştir.(Zhou, et al, 2004) Limonun büyüklük ve renk özellikleri baz alınarak yapılan başka bir çalışmada test edilen limonlar büyüklük ve renk değerlerine göre üç sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada kurulan sistemin salatalık ve patlıcan gibi sebzeleri sınıflandırmada da kullanılabileceği belirtilmiştir. (Khojastehnazhand et al., 2010)

Du ve Sun görüntü işlemede kullanılan yapay sinir ağları, bulanık mantık, istatistiksel öğretilme gibi yapıları içeren sistemlerin gıdalar üzerindeki uygulamaları, yaptığı detaylı araştırmayla belirtmiştir.(Du and Sun, 2006) Aguirre ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada ise farklı sıcaklık ve nem değerlerine sahip ortamlarda bekletilen mantarlarda zamana bağlı olarak meydana gelen renk kararması ve kahverengi beneklenmenin, görüntü işleme sistemi ile tespit edilmesi üzerine çalışılmıştır. (Aguirre, et al., 2009).

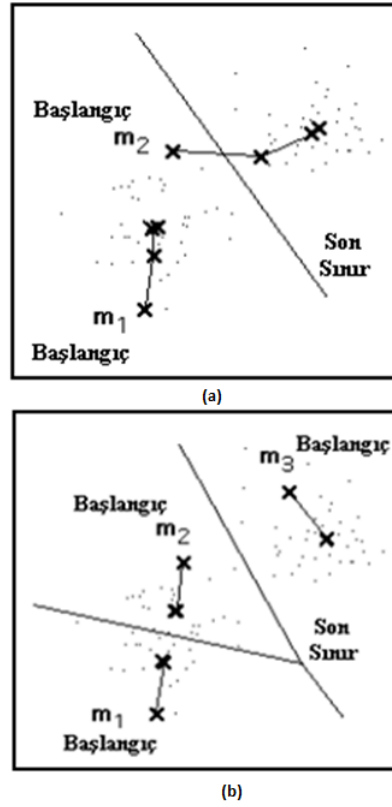
Tan'ın etin kalite derecesini görüntü işleme yöntemi ile tespit etmeyi amaçladığı çalışmasında elde ettiği sonuçlar, görüntü işleme yönteminin etin kalite derecesinin belirlenmesinde kullanışlı bir yöntem olduğunu göstermiştir. (Tan, 2004)

5. BÖLÜTLEME

Resim segmentasyon işlemi, görüntüdeki homojen bölgelerin tespit edilmesi ve bu bölgelerin sınıflandırılmasına dayanır. Resim segmentasyon teknikleri piksel, sınır, bölge, model veya renk odaklı şeklinde sıralanabilir. Renk segmentasyonu görüntü analizlerinde, bir çok görüntü işleme sistemlerinde, örüntü tanıma uygulamalarında ve medikal, kalite kontrol, endüstriyel otomasyon gibi bilimsel ve endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Renk segmentasyon işleminin performansı elde edilen sonucun kalitesini doğrudan etkileyecektir. Segmentasyon için genellikle kullanılan özellikler şekil, doku ve renktir. Elde edilen sonucun kaliteli olması için değerlendirilecek özelliğin doğru seçilmesi oldukça önemlidir.(Chitade and Katiyar, 2010)

5.1 K-Means Yöntemi ile Görüntü Kümeleme

Görüntüdeki bölgeleri kümeleme amaçlı geliştirilmiş bir çok yöntem vardır. En eski kümeleme algoritmalarından olan k-means 1967 yılında J.B. MacQueen tarafından geliştirilmiştir.(Yıldız,2010: Mucha 2009) K-means algoritmasının atama mekanizması her verinin sadece bir kümeye ait olabilmesine izin verir. K-means algoritması n tane nesneyi k tane kümeye böler. Öncelikle giriş parametresi olarak k değerinin verilmesi gerekmektedir. Küme içi benzerliğin yüksek fakat kümeler arası benzerliğin düşük olması amaçlanır. Küme benzerliği bir kümedeki nesnelerin ortalama değeri ile ölçülmektedir, bu da kümenin ağırlık merkezidir. K-means algoritmasının çalışma mekanizmasına göre öncelikle her biri bir kümenin merkezini veya ortalamasını temsil etmek üzere k tane nesne seçilir. Kalan diğer nesneler, kümelerin ortalama değerlerine olan uzaklıkları dikkate alınarak en benzer oldukları kümelere dahil edilir. Daha sonra her bir kümenin ortalama değeri hesaplanarak yeni küme merkezleri belirlenir ve tekrar nesne –merkez uzaklıkları incelenir. Şekil 5.1 'de görüldüğü gibi kümelere herhangi bir değişim olmayıncaya kadar algoritma devam eder.



Şekil 5.1 K-means Algoritmasının Ötelişi

a) $k=2$ için b) $k=3$ için

K-means kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde en yaygın olarak karasel hata kriteri (SSE) kullanılır. Kümeleme sonucunda SSE değerinin düşük olması istenen bir durumdur. Nesnelerin buldukları demetin merkez noktalarına olan uzaklıklarının kareleri toplamı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.(Yıldız,2010: Lee, 1997 and Pang-Ning Tan, 2005)

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist^2(m_i, x)$$

x : C_i kümesinde bulunan bir nesne

m_i : C_i kümesinin merkez noktası

(3.1)

Bu kriterleme sonucu k tane kümenin olabildiğince yoğun ve birbirinden ayrı sonuçlanması hedeflenmeye çalışılır. Algoritma, karesel hata fonksiyonunu azaltacak k parçayı belirlemeye gayret eder.(Yıldız,2010: Han,2001)

Bu algoritmanın avantajları uygulanabilirliğinin kolay olması ve büyük veri kümelerinde hızlı çalışabilmesidir. Büyük veri setlerini işlerken nispeten ölçeklenebilir ve verimlidir. Çünkü, algoritmanın işlemsel karmaşıklığı $O(nkt)$ 'dir.(Yıldız,2010:Han, 2001a). n , nesne sayısı, k küme sayısı ve t de öteleme sayısıdır. Genelde $k \ll n$ ve $t \ll n$ olur. K-means algoritması, kümeler birbirinden iyi derecede ayrılmış yoğun noktalardan oluşuyorsa daha doğru sonuçlar üretir.

5.1.1. K-means Algoritması ile Renk Tabanlı Görüntü Segmentasyonu

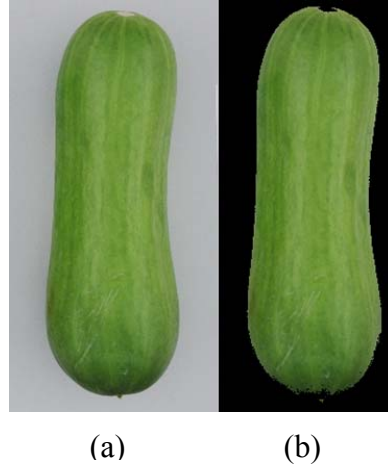
K-Means kümeleme yöntemi renk segmentasyonu için sık kullanılan bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında CIE L^*a^*b renk uzayı ve K-means algoritması kullanılarak renk segmentasyonu yapılmıştır. Segmentasyon işlemi için uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir.

1.) Görüntü okuma

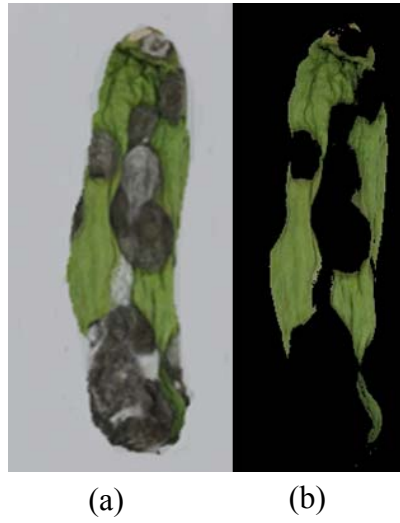
TIFF formatındaki görüntü, Matlab programında bulunduğu klasör tanımlanarak okunur.

- 2.) Renklerin sınıflandırılması için görüntüye “ Decorrelation Stretching” işleminin uygulanır.
- 3.) RGB formatında olan görüntü CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayı formatına dönüştürülür. Elde edilen yeni $L^*a^*b^*$ görüntüden, L^* parametresi çıkarıldığında geriye sadece renk bilgisi kalacaktır. Bu şekilde renklerin birbirinden ayırt edilmesi daha kolaylaşır. CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayında a^* ve b^* parametreleri renk bilgisini verdiği için bu şekilde renkleri ayırt etmek daha kolaydır.
- 4.) Renklerin K-means Kümeleme Algoritması ile Sınıflandırılması
Sınıflandırma gruplanmış objeleri belirli özelliklerine göre birbirinden ayırmaktır. K-means algoritmasına göre görüntüdeki her pikselin (ya da objenin) bir lokasyonu vardır. Yakın olan objeleri olabildiğince aynı kümeye uzak olan objeleri ise olabildiğince farklı kümelere atamaya çalışır. K-means kümeleme algoritması kullanıcıdan görüntünün kaç tane kümeye ayrılacağına dair bilgisini ve nesnelerin arasındaki uzaklığın belirlenmesi için uzaklık birimini ilgili kodda girmesini ister. a^* ve b^* parametrelerine göre yapılan sınıflandırılmada görüntüdeki her piksel a^* ve b^* değerlerine göre kümeler ayrılır.
- 5.) K-means kümeleme algoritması sonucu oluşan kümelere göre piksellerin etiketlenmesi
Görüntüdeki her piksel K-means algoritması sonucu kümelendiği sınıfa dahil edilir. Örneğin eğer görüntü 3 ayrı renge sınıflandırılmak istenmiş ise sonuç olarak üç etiket ortaya çıkacaktır.
- 6.) Segmentasyon sonucu oluşan kümelerden görüntü oluşturma
Piksel etiketlerini kullanarak birbirinden ayrılan kümelerin ayrı ayrı görüntüleri oluşturulur.

K-means algoritmasında $k=2$ ile yapılan kümeleme işlemi sonucu elde edilen görseller Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Deneylerde Çekilmiş Olan Salatalık 1.Gün Görüntüsü a) Orijinal resim b) K-means algoritması $k=2$ ile segmente edilmiş resim



Şekil 5.3 Deneylerde Çekilmiş Olan Salatalık 26.Gün Görüntüsü a)Orijinal görüntü b) K-means algoritması $k=2$ ile segmente edilmiş görüntü

5.2 Morfolojik İşlemler ile Nesne Segmentasyonu

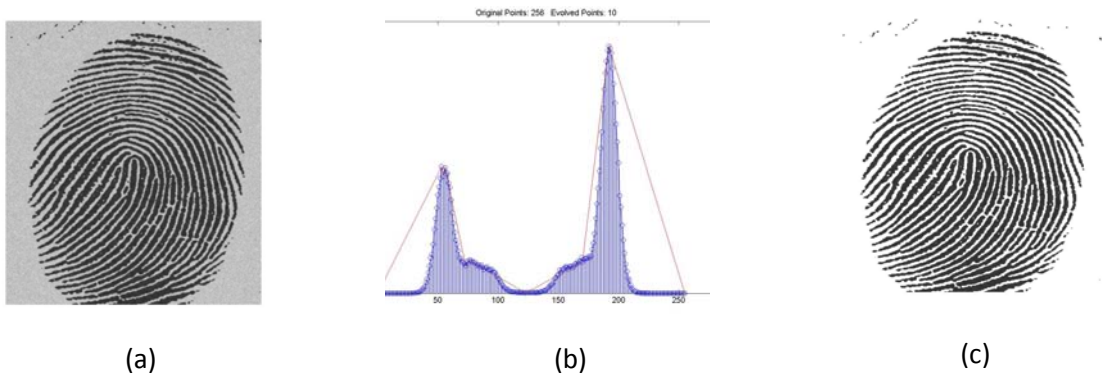
5.2.1. Threshold İşlemi

Koyu renk bir gri plan üzerinde açık renk bir $f(x, y)$ görüntüsünün histogramı baskın moddadır. Nesneyi geri plandan ayırmanın en bariz yolu bu iki modu birbirinden ayıracak bir T eşik değeri seçmektir. Aşağıdaki eşitliklere göre $f[m, n]$ görüntüdeki nesne ve zemin sınıflandırılması yapılır.

$$\begin{aligned} \text{If } a[m, n] \geq T & \quad a[m, n] = \text{object} = 1 \\ \text{Else} & \quad a[m, n] = \text{background} = 0 \end{aligned}$$

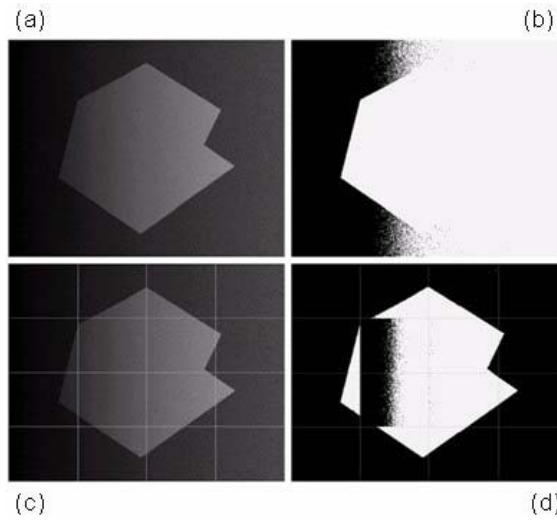
(3.2)

Şekil 5.4' de koyu renk nesne ve açık renk zemine sahip görüntüye threshold işleminin uygulanması sonucu elde edilen yeni görüntü gösterilmektedir.



Şekil 5.4 Eşikleme(Threshold) İşlemi a) Orijinal görüntü b) Histogram c) Segmente edilmiş görüntü

Histogramda 3 baskın modun olduğu durumlarda (2 farklı tip nesne vb.) ise çoklu seviye eşikleme kullanılarak $T_1 \leq (x,y) \leq T_2$ bir nesneyi, $f(x,y) > T_2$ diğer nesneyi ve $f(x,y) < T_1$ ise geri planı sınıflandırmak için kullanılabilir. Aydınlatması düzgün olmayan görüntülerde de tek bir T genel eşik değeri ile histogram düzgün ve etkili bir şekilde bölümlenemez. Bunun gibi durumlarda kullanılacak yaklaşım, orijinal resmi alt resimlere bölmek ve sonra her alt resmi bölümlendirmek için farklı eşik değerleri kullanmaktır. Bu yaklaşımdaki temel sorunlar resmin nasıl alt resimlere bölüneceği ve ortaya çıkan her bir alt resmin eşiklerinin nasıl hesaplanacağıdır. Alt resimlere her piksel için pikselin konumuna göre eşik değeri uygulanmasına “uyarlanabilir eşikleme” denir. Şekil 5.5 (a)’daki resim için tek bir eşik değeri verilirse Şekil 5.5 (b)’deki sonuç elde edilir. Eğer resim Şekil 5.5 (c)’deki gibi alt bölümlere bölünüp (16 alt parça) hepsi için eşikleme yapıldığında Şekil 5.5 (d) ‘deki sonuç elde edilir. İki uygulama arasındaki fark net bir şekilde görülmektedir.

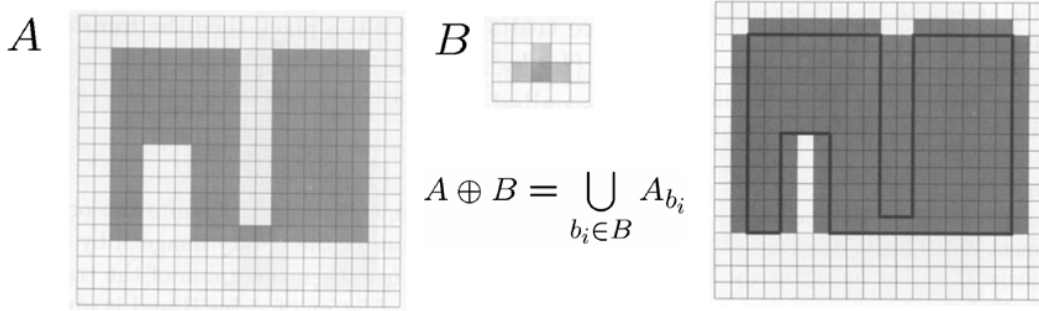


Şekil 5.5 Aydınlatması Homojen Olmayan Resmin Bölümlendirilmesi

5.2.2. Dilation(Genişleme) İşlemi

Morfolojik işlemlerde kullanılan en temel operatörlerden birisi Dilation(genişleme) operatörüdür. Genişleme işlemi genellikle ikili(binary) resimlere uygulanan bir operatör

olmakla birlikte gri seviye resimlere de uygulanabilir. Bu operatör ile uygulandığı resimde nesneyi tanımlayan piksel sınırlarının genişletilmesi amaçlanır.(Şekil 5.6) Genişleme operatörünün kullandığı iki tane giriş verisi vardır. Bunlardan birincisi işlem görecektir olan resim, ikincisi ise genişleme işleminin şeklini belirleyen yapısal eleman olarak adlandırılan matristir. Bu yapısal elemanın şekli ve büyüklüğü işlem sonucunun ne şekilde ve büyüklükte olacağı bilgisini verir. Yapısal eleman, baklava dilimi, disk, çizgi, kare, dikdörtgen gibi şekillerde tanımlanabilir veya istenilen özel bir şekle sahip olabilir.



Şekil 5.6 Dilation(Genişleme) İşlemi

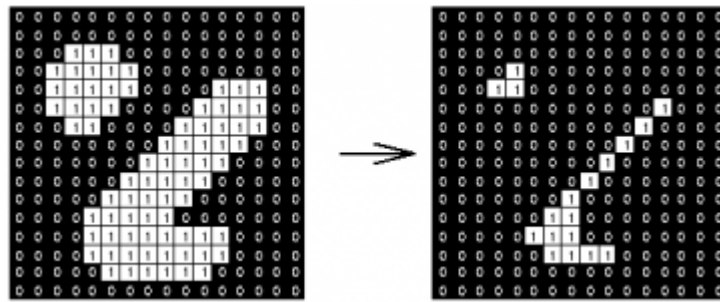
5.2.3. Erosion (Aşınma) İşlemi

Biçimsel görüntü işleme, bir takım filtreler kullanarak nesnelere ayırt etmeyi sağlar. Böylece görüntüye ait bilgilerin (nokta, kenar, sınır) açığa çıkarılması sağlanır. Bu bilgiler kullanılarak görüntü içerisinde hangi nesnelere yer aldığı tespit edebilir. Filtre daire, düz çizgi, elmas, dikdörtgen veya kare şeklinde olabilir. Görüntü içerisinde aranan şekle göre filtre tipi seçmek daha iyi sonuç verebilir. 20 x 20 lik ikili (binary) resim üzerinde ve 5 x 5 lik bir disk şeklinde filtre(Şekil 5.7) ile aşındırma (erosion) işlemi yapılmak istendiğinde, filtre ikili resmi gezerek sırasıyla çakışan bütün bitleri mantıksal VE(AND) işlemine sokar,

çıkan 25 tane sonucu da, sonucu çemberin merkezine yazar. Şekil 5.8 'de 20X20 lik ikili (binary) resim üzerinde 5X5 lik filtre ile yapılan aşınma işlemi sonucu görülmektedir.

0	0	1	0	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	0	0

Şekil 5.7 5X5 lik Daire Yarıçap Filtresi

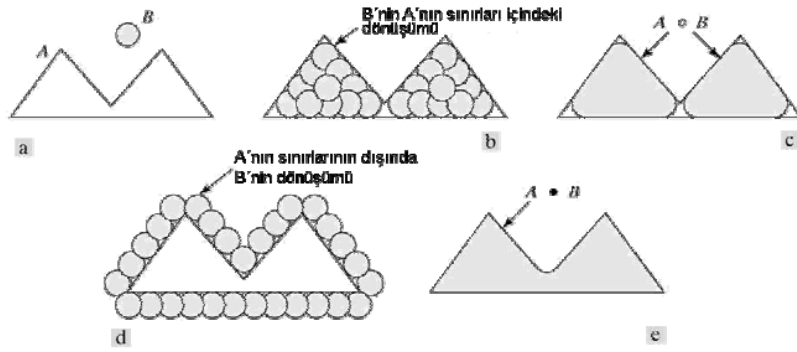


Şekil 5.8 20X20 lik İkili Resim Üzerinde 5X5 lik Filtre ile Erosion İşlemi

5.2.4. Açma ve Kapama İşlemleri (Opening and Closing)

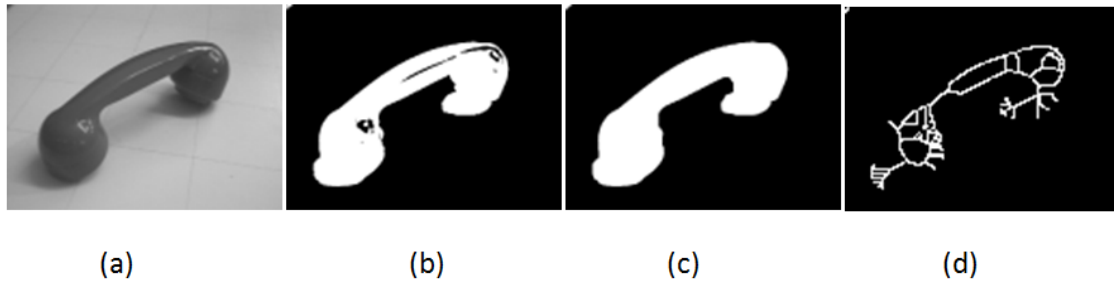
Pratikte genişleme ve aşınma işlemleri çoğunlukta beraber, değişik kombinasyonlarla kullanılırlar. Yani görüntü farklı veya aynı yapısal maske elemanlarıyla bir dizi genişleme ve/veya aşınma işlemlerine tabii tutulabilir. Açma işlemi kendisini genişlemenin takip ettiği basit bir aşınma işlemidir. Şekil 5.9'da açma ve kapama işlemleri görülmektedir. Şekil 5.9 (a)'da A nesneyi, B de yapısal elemanı göstermektedir. Şekil 5.9 (b)'de açma işleminin uygulanışı, Şekil 5.9 (c)'de ise sonucu görülmektedir. Açma işlemi

uygulandıktan sonra beyaz kalan kısımlar artık nesnenin dışındadır. Genişleme ve aşınma işleminde olduğu gibi sonucu maske elemanı belirler. Maskenin örtüştüğü nesne bölümleri düzelirken, maskenin yapısını karşılamayan yerler silinir. Şekil 5.9 (c)'de üçgenler içindeki boyalı olmayan kısımlara disk şeklindeki yapısal eleman örtüşmediğinden bu kısımlar silinmiştir. Böylece nesne hatları yumuşar, ince bağlantılar kopar ve ince çıkıntılar temizlenir. Kapama işlemi ise açmanın tersine kendisini aşınmanın takip ettiği bir genişleme işlemidir. Şekil 5.9 (d)'de görüldüğü gibi uygulanır ve sonucu Şekil 5.9 (e)'de gösterilmektedir. Kapama işlemi de açmaya benzer olarak nesne sınırlarını yumuşatır. Açmadan farkı ise yapısal elemandan küçük olan girinti kırık ve delikler kapatılır.



Şekil 5.9 Açma(Opening) ve Kapama(Closing) İşlemi

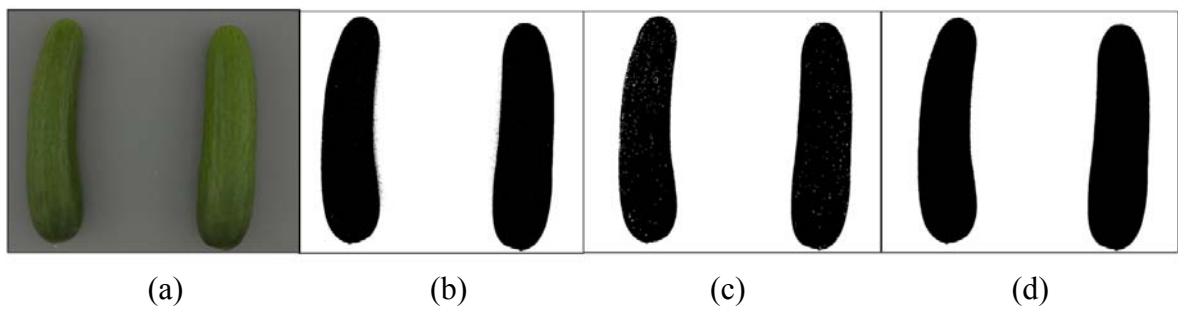
Bu iki operatörden Kapama (Closing) işlemi için örnek verilecek olursa;



Şekil 5.10 Closing(Kapama) İşlemi Örneği

Şekil 5.10 (a)'daki gri seviye resim threshold işlemi ile ikili (binary) resme çevrilmiştir. Şekil 5.10 (b) 'de görülen ikili(binary) resimde nesne üzerindeki bazı noktalar zemin olarak algılanmıştır. Bu yüzden bu eksikliklerin tamamlanması için resim üzerine filtre ile kapama işlemi uygulandığında Şekil 5.10 (c) deki resim elde edilir.

Bu tez çalışmasında salatalığın muhafaza süresince belirli gün aralıklarla çekilen fotoğraflarda yapılan morfolojik işlemlerin sonuçları ise Şekil 5.11 'de gösterilmektedir.



Şekil 5.11 Ardarda uygulanan morfojojik işlemler ile elde edilmiş görüntüler a) Orijinal görüntü b) Double formatına çevrilmiş Rgb görüntüye threshold işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü c) Genişleme(Dilation) işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü d) Aşınma(Erosion) işlemi uygulanması ile elde edilen görüntü

6. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, tez kapsamında yapılan tasarımlar, analizler ve sonuçları anlatılmıştır. Yapılan çalışma aşağıda detayları verilen işlemleri içermektedir.

- 1.) Buzdolabında saklanan salatalıkların özel tasarım ile geliştirilen kabin içersinde görüntülerinin alınması.
- 2.) Alınan görüntülerin arşivlenmesi.
- 3.) Salatalıkların buzdolabında saklanması süresince kalite değişiminin elde edilen görsellerden kesintisiz bir biçimde takip edilmesi.
- 4.) Gözlemlenen kalite değişimlerinin Matlab programında hazırlanan yazılımlarla analiz edilerek sayısal hale getirilmesi. Yapılan analizlerdeki işlemler aşağıda açıklanmıştır.
 - a) **Nem Kaybı:** Görüntü üzerinden renk segmentasyonu yapılarak gıdanın resimde kaç piksel kare yer kapladığının sayısal hesabı ile analiz edilmiştir.
 - b) **Küf&Bere Gelişimi:** Görüntü üzerinden renk segmentasyonu ile küflü ve bereli kısımların ayrıştırılması ve bu kısımların kaç piksel kareye denk olduğunun hesaplanması ile analiz edilmiştir.
 - c) **Yüzey Renk Değişimi:** Görüntüdeki gıdanın küflü ve bereli kısımlarının(oluşmuşsa) ayrıştırılması ile geriye kalan sağlam kısım üzerinden ortalama renk değerinin tek tek her piksel üzerinden CIE L*a*b* ve HSV renk uzaylarını kullanarak hesaplanması ile analiz edilmiştir.

6.1 Sistem Tasarımı

Bu tezde geliştirilen gıda görüntü işleme sistemi, profesyonel fotoğraf makinesi, ideal aydınlatma sağlayan led paneller, özel tasarım fotoğraf çekim kabini ve yazılımların oluşturulacağı bilgisayar ve Matlab(Licensed R2011) programında geliştirilen yazılımlardan oluşmaktadır

6.1.1. Numune Seçimi ve Hazırlanması

Analiz edilecek salatalıklar, tekrarlanan deneylerde salatalık cinsi çeşitliliği dolayısı ile oluşabilecek çeşitliliğin ortadan kaldırılması için hep aynı yerden temin edilmiştir. Salatalıklar Eskişehir Kapalı Kent Pazarı'ndan satın alınmıştır. Salatalıkların taze, sert ve üzerinde bere ve hasarlanmaların olmamasına, renklerinin canlı yeşil olmasına, birbirine yakın renk ve boyutlarda olmasına dikkat edilmiştir. Numune hazırlanma sürecinin başında, salatalıklar numune tablalarına sabitlenmeden önce yüzeylerinde olan toprak kalıntılarının temizlenmesi için kağıt havlu ile silinmiştir. Her tablada 2 adet salatalık olacak şekilde numune tablaları hazırlanmıştır. Test edilecek buzdolabı sayısı ve modeline göre her buzdolabında eşit sayıda olacak şekilde numune tablaları hazırlanmış ve buzdolabı model ve isimlerine göre numune tablaları kodlanmıştır.

6.1.2. Kabin Tasarımı ve Kabin İçi Aydınlatma

Analiz edilecek görüntülerin, sonuçların doğru çıkması için ideal aydınlatma düzeyine ve ışığın homojen dağılmasını sağlayan özel bir ortamda çekilmiş olması oldukça önemlidir. Bu yüzden bu koşulları sağlayacak bir fotoğraf çekim kabini tasarlanmıştır.(Şekil 6.1(a)) Tasarımda, kabin içersinde ışığın homojen dağılmasına, aydınlatma düzeyinin hep aynı düzeyde ve görüntünün net algılanması için ideal düzeyde olmasına ve kabinden ışık sızmasının olmamasına dikkat edilmiştir. Şekil 6.1(a)'da görülen kabinin içersinde görülen beyaz renk çadır (Cubelite, Lasolite, USA) içerdeki

ışığın homojen dağılması için kullanılmıştır. Ayrıca, kabinin iç kısmı da dışarıdan gelen ışığın etkisini azaltmak için beyaz renk olarak seçilmiştir. Kabinin iç aydınlatması yine özel olarak tasarlanan led paneller ile sağlanmıştır. Şekil 6.1(b) 'de görüldüğü gibi üst, sağ ve sol tarafta olmak üzere üç adet led panel kullanılmıştır.

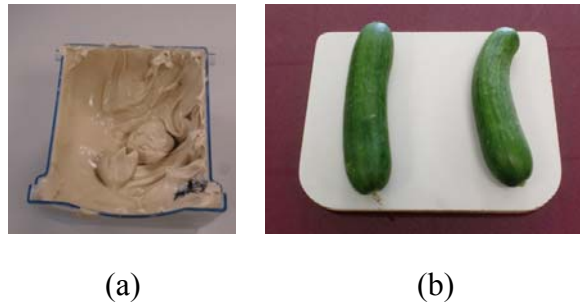


Şekil 6.1 Fotoğraf Çekim Kabini a) Kabin Genel Görünüm b) İç aydınlatma (Led Paneller)

6.1.3. Numune Tablası Tasarımı ve Yerleşimi

Salatalık kalite değişiminin kesintisiz ve net bir biçimde gözlemlenebilmesi için fotoğrafı çekilecek numunenin hep aynı konumdan görüntülenmesi gerekmektedir. Çekilen fotoğraflar ardı ardına görüntülenmek istendiğinde zamanla meydana gelen kalite değişimlerinin net bir biçimde gözlemlenebilmesi yapılan analizlerin doğruluğunun yüksek olması açısından oldukça önemlidir. Numune tablası ve numune yerleşim yeri sabitlenmezse istenilen sonucun elde edilmesi imkansızdır, çünkü kalite değişiminin kesintisiz ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için bütün görüntülerde numune pozisyonunun aynı olması gerekmektedir. Şekil 6.2 'de numunenin sabitlendiği tabla ve numune sabitlenmesinde kullanılan permagum adında malzeme gösterilmektedir. Analiz edilecek numunenin tabla üzerine sabitlenmesi tarafında, öncelikle tabla üzerine sabitlenmiş plastik

çivilere salatalığın geçirilmesi düşünülmüş ancak salatalığın delinmesinin her salatalıkta farklı mikrobiyal gelişime sebep olma riski dolayısı ile kalite değişiminin analiz edilmesinde doğru sonuca ulaşmada zorluk çıkaracağı düşünülmüş ve bu şekilde sabitlemeden vazgeçilmiştir, bu yöntemin uygun olmaması sebebi ile başka bir yöntem düşünülmüş ve tabla üzerine, salatalığın şekline uygun platform (Her biri 3 cm yükseklikte iki şerit) yapılması denenmiş ancak her salatalığın farklı şekle sahip olması sebebi ile bu şekilde de numune sabitleme işlemi başarısız sonuçlanmıştır. Son olarak salatalığın şeklinden bağımsız olacak ve salatalığa zarar vermeyecek bir çözüm aranmış ve içeriğinde toprak olan permagum malzemesi (Şekil 6.2 (b)) kullanılmaya karar verilmiştir. Permagum malzemesi genellikle izolasyon için kullanılan esnek, sabitlendiği yerde zemine yapışabilen, kokusuz ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmeyen bir malzemedir, bu yüzden salatalıkların tablaya sabitlenmesinde iyi bir tercih olmuştur. Her salatalığın enine ve boyuna göre belirli bir miktarda permagum salatalığın tablaya gelecek yüzüne yapıştırılmış ve salatalık fotoğraf çekiminde belirlenen pozisyonda tablaya sabitlenmiştir. Permagum malzemesinin salatalığa zarar verip vermediği, sıcaklık değişimlerinde konum değiştirip değiştirmediği çeşitli deneylerle gözlemlenmiş ve herhangi olumsuz bir sonuçla karşılaşılmamıştır.



Şekil 6.2 Numune Sabitleme Formatı a) Numune Tablası b) Permagum

Numune tablasının tasarımında ise tablanın platforma yerleştirilmesinden sonra hiç kımıldamaması amaçlanmıştır. Bu amaçla Şekil 6.3 'de görülen düzenek hazırlanmıştır. Bu düzenek, numuneleri üzerine sabitlenmiş tablanın çekim sırasında kımıldamamasını, bir

sonraki çekimde de aynı konumda ve hep aynı şekilde(2 numaralı aparat ile tablanın ters yerleştirilmesi engellenir) yerleştirilmesini sağlar.



Şekil 6.3 Numune Tablası Düzenegi a) Fotoğraf makinesi(1) b) Numune tablası yerleştirme platformu(2) c) Numune tablasının hareket etmesini önleyen kol(3) d) Çekime hazır yerleştirilmiş numune tablası(4)

6.1.4. Görüntü Alma Düzenegi

Fotoğraflama işlemi için Canon EOS 500D fotoğraf makinesi 18-55 mm lik lens ile birlikte kullanılmıştır. Numune tablasının sabitlenmesi kadar fotoğraf makinesinin de sabitlenmesi oldukça önemlidir. Bu yüzden makro kolu kullanılarak Şekil 6.4 'de görüldüğü gibi fotoğraf makinesi kabinin arka tarafından sabitlenmiştir. Fotoğraf makinesinin konumlandırılması, numune tablasını fotoğraf karesine tamamen alacak şekilde ayarlanmaya çalışılmıştır, netlik açısından en iyi görüntü elde edilmesi ve numune

tablasının değiştirilmesi sırasında makineye zarar vermemesi için fotoğraf makinesi, çekim kabininin tabanından 30 cm yukseklikte kabine sabitlenmiştir.



şekil 6.4 Fotoğraf Makinesinin Sabitlenmesi

6.1.5. Görüntü Alma ve Görüntü zellikleri

Analiz edilecek görüntülerin yüksek znrlkte, aynı özelliklerde olması analiz sonuçlarının doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Fotoğraf çekimleri manuel ayarlarda yapılmıştır, otomatik ayarlarda da denemeler yapılmış ancak fotoğrafların aydınlık düzeyi yeterli bulunmamış ve manuel ayarlarda ideal olan ayarlar yapılması tercih edilmiştir. Manuel ayarlarda Exposure Time(1/25), Diyafram Açıklığı(F11), ISO(200) parametrelerinde fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Bu ayarlardan Exposure Time parametresinin değişmesi fotoğrafın aydınlık düzeyinin değişmesine, diyafram açıklığının değişmesi fotoğrafın netlik ayarının değişmesine, ISO değerinin ideal olandan uzaklaşması ise fotoğrafta gürültü oluşmasına sebep olur.

Görüntüler 4752x3168 piksel boyutlarında ve CR2 formatında çekilmiştir. Analiz edilecek fotoğrafların TIFF (Togged Image File Format) olması istendiği için fotoğraflar CR2 formatında çekilmiştir. Matlab programı tarafından CR2 formatındaki dosyalar okunamadığı için fotoğraflar Digital Photo Professional programı kullanılarak TIFF (Togged Image File Format) e dönüştürülerek belirlenen adreslere kaydedilmiştir.

6.2 Görüntü İşleme Analizleri

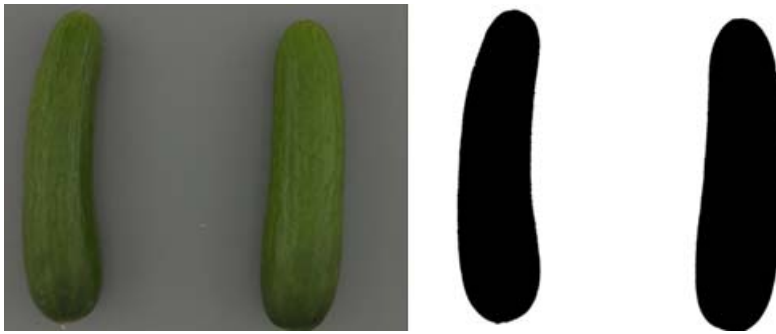
Aynı sıcaklık fakat farklı nem değerlerine sahip buzdolaplarında bekletilen salatalıkların, belirlenen deney süresince gösterdikleri yüzey alanı küçülmesi, küf ve bere oluşumu ve yüzey rengi değişimi gibi kalite değişimleri belirlenen zaman aralıklarında fotoğraflanmış ve oluşturulan algoritmalar ile analiz edilmiştir.

6.2.1. Yüzey Alanı Analizi

Salatalığın, 1.Bölüm’de detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi zamanla kalite kriterlerini zamanla kaybetmesi kaçınılmazdır. Bu kalite kriterlerinden biri de salatalığın buruşmamış olmasıdır. Salatalığın bekletildiği ortamın sıcaklık ve nem oranı değerlerine göre belirli bir zaman sonra su kaybı sebebi ile yüzeyinde buruşukluklar oluşmaya başlar ve salatalık ağırlık kaybeder. Ortamın daha az sıcak ve nem oranının daha yüksek olması salatalığın daha az su kaybetmesine diğer bir deyişle daha az buruşmasını sağlar.

Salatalıkta meydana gelen buruşma miktarı, salatalık fotoğraflandığında yüzey alanında küçülme ile kendini gösterir. Bu çalışmada Şekil 6.5 ‘de görüldüğü gibi salatalığın üst yüzeyini tamamen gösterecek açıda fotoğrafları çekilmiş ve bu görüntüler, Matlab programında hazırlanan ve çeşitli bölütleme algoritmaları içeren yazılımla analiz edilmiştir. Geliştirilen yazılımın mantığı şu şekildedir: Görüntüde yer alan salatalığın her detayı bir piksel tarafından temsil etmektedir ve bu piksellerin toplamı salatalığın üst

tarafından bakıldığı durumdaki yüzey alanını verecektir. Salatalığın görüntü içerisinde kaç piksele karşılık geldiği bilgisi, salatalığın çeşitli morfolojik işlemlerle görüntüdeki diğer detaylardan ayırarak şekilde segmente edilmesi ile görüntünün binary (ikili) görüntü haline dönüştürülmesi ve salatalığı temsil eden siyah piksellerin toplamının hesaplanmasıyla elde edilir.(Şekil 6.5)



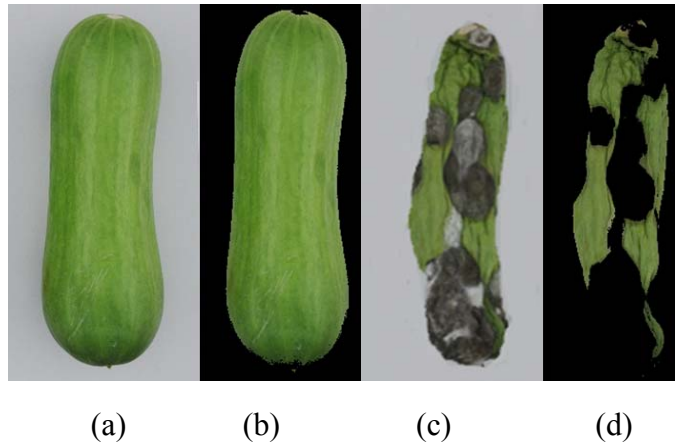
Şekil 6.5 Yüzey Alanı Hesaplanması a) Orijinal görüntü b) Segmente edilmiş görüntü

6.2.2. Küf ve Bere Oluşumu Analizi

Her sebze ve meyvede olduğu gibi salatalıkta da ortamın nem ve sıcaklık değerine bağlı olarak yüzeyinde küf ve bere gelişimi olabilir. Nemin yüksek olması küf gelişimini hızlandırırken düşük olması salatalığın buruşmasına sebep olacaktır.

Bu çalışmada salatalığın üst yüzeyini tamamen gösterecek şekilde çekilmiş fotoğraflar üzerinden yüzeydeki küf ve bere oluşumu analizi yapılmıştır. Matlab programında k-means kümeleme yöntemi kullanılarak oluşturulan algoritmalar ile salatalığın yeşil ve bereli&küflü tarafları birbirinden ayrılmış ve yeşil kısımları üzerinde analiz yapılmıştır.

Yeşil olan kısım bere&küflü kısımdan ayrıldıktan sonra siyah zemin üzerinde elde edilen segmente edilmiş görüntü üzerinde alan analizinde olduğu gibi yeşil olan piksellerin toplamı hesaplanmıştır. Yüzey alanı analizi sonucu elde edilen ve salatalığı temsil eden piksellerin toplamı ve kümeleme sonucu elde edilen yeşil piksellerin toplamı oranlanarak yüzeydeki küf&bere oranı belirlenebilmiştir. Her analiz gününde elde edilen bu oranlara göre gün geçtikçe yüzeydeki bere&küf oranı yüzde cinsinden hesaplanmış ve deney sona erdiğinde küf &bere gelişiminin nasıl bir gelişim izlediği görülmüştür.



Şekil 6.6 K-means Algoritması k=2 ile Elde Edilen Görüntüler a) 1.gün orijinal görüntü b) 1.gün segmente edilmiş görüntü c) 26.gün orijinal görüntü d) 26.gün segmente edilmiş görüntü

6.2.3. Yüzey Rengi Analizi

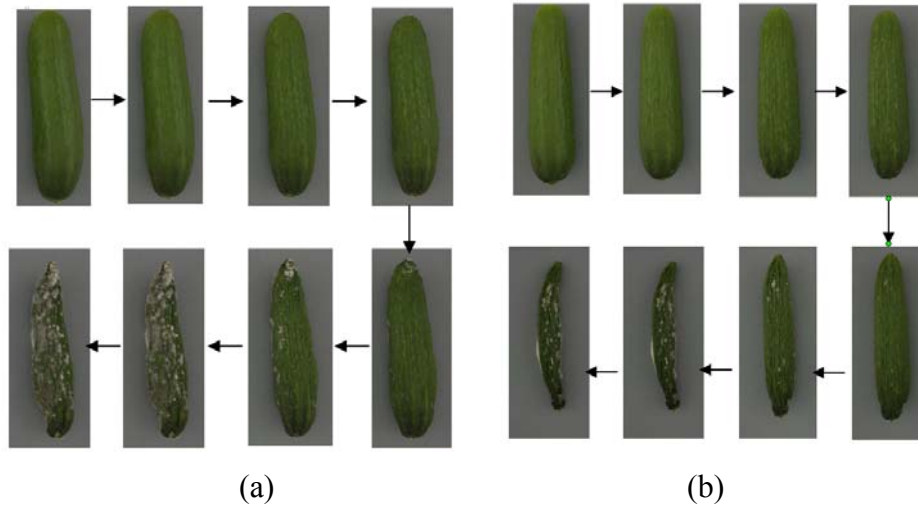
Gıdalardaki yüzey rengi değişimi kalite kaybı açısından belirleyici bir etmendir. Bu yüzden bu tez çalışmasında yüzey rengi analizi de yapılarak gıdanın tazelik düzeyi konusunda sayısal veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Analizler CIE L*a*b* ve HSV renk uzayları kullanılarak yapılmış ve CIE L*a*b* renk uzayında anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Renk analizleri de küf&bere analizleri gibi k-means yöntemi ile elde edilen

salatalığın yeşil kısmı üzerinde yapılmıştır. Renk analizi yapılan bölgeler Şekil 6.6 (b) ve Şekil 6.6(d)'deki görsellerde görülmektedir. HSV ve CIE L*a*b* formatına dönüştürülen resimlerde segmente edilmiş olan salatalığın yeşil kısımlarının renk değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Deney başlangıcından sonuna kadar belirli zaman aralıklarında fotoğrafları çekilen salatalıkların segmentasyonu sonucu elde edilen ortalama renk değerleri grafik haline dönüştürülerek rengin nasıl bir değişim gösterdiği yorumlanmıştır.

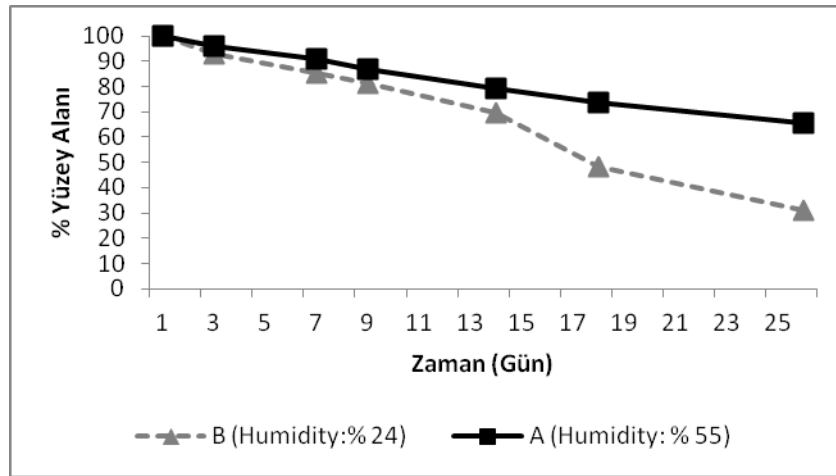
6.3 Analiz Sonuçları

6.3.1. Alan Kaybı Analizleri

A(% 55 Nem Oranı) ve B (% 24 Nem Oranı) buzdolaplarında bekletilen tüm salatalıklarda nem kaybına bağlı olarak zamanla küçülmeler görülmüştür. Her iki ortamdaki salatalıklarda meydana gelen buruşmaların analizi sonucu elde edilen alan kaybı grafiği analiz edildiğinde her iki ortamın da linear değişim gösterdiği görülmüştür. (R^2 0.98 ve 0.99 arasında). Yüzey alanındaki düşüş B buzdolabında çok daha hızlı gerçekleşmiştir. Deney sonunda ise, A buzdolabında bekletilen salatalıkların B buzdolabında bekletilen salatalıklara göre iki kat daha fazla yüzey alanına sahip olduğu görülmüştür. Aradaki bu iki kat fark A ve B buzdolaplarının nem oranlarının arasındaki oranın iki civarında olması ile ilişkilendirilebilir. Yüzey alanındaki değişim görsel olarak da Şekil 6.7' de görülmektedir.



Şekil 6.7 26 Günlük Bir Deneyde Salatalıkların Her İki Ortamdaki Kalite Değişimi a) A buzdolabı b) B buzdolabı

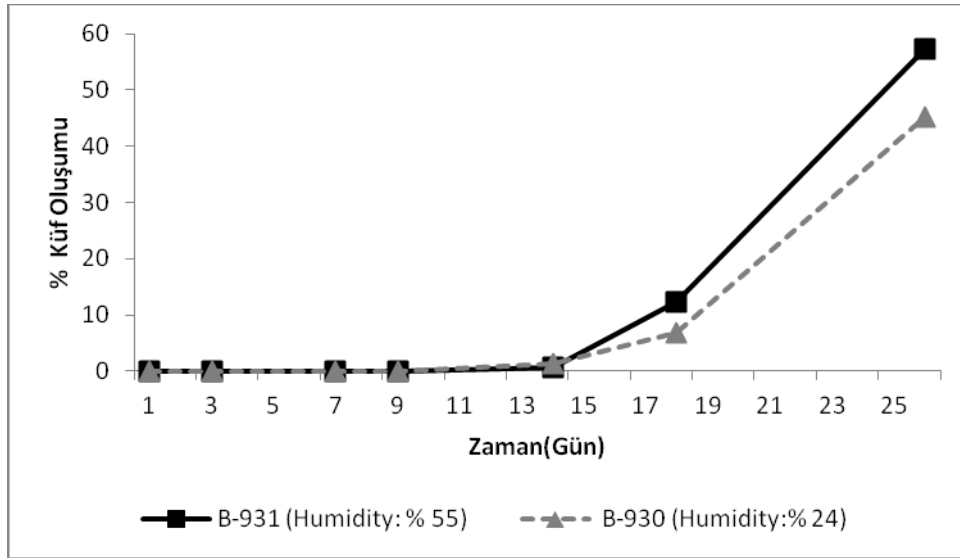


Şekil 6.8 Salatalıklarda Zamana Bağlı Olarak Meydana Gelen Alan Kaybı^(a) (% 55 Nem Oranı) B^(b) (% 24 Nem Oranı)

* Farklı harflendirmeler her iki buzdolabı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu göstermektedir.

6.3.2. Kf&Bere Oluşumu Analizleri

A(% 55 Nem Oranı) ve B (% 24 Nem Oranı) buzdolaplarında bekletilen tüm salatalıklarda deneyin 14.gününden sonra küflenme görülmüştür. 14.günde, yüzeydeki kf&bere miktarının artışı Şekil 6.9'daki grafikte açıkca görülmektedir. Kflenmenin 14.günden sonraki artışı yüksek nem oranına bağlı olarak A (% 55 Nem Oranı) buzdolabında daha fazla görülmüştür. Teorik olarak beklenen bu durum deneyler ile de doğrulanmıştır. Deneyin süresinin sonunda bir çok salatalığın yüzeyinin çoğunluğu kfle kaplanırken, her iki buzdolabındaki kf&bere oluşumu karşılaştırıldığında A buzdolabında bekletilen salatalıklarda % 12 oranında daha fazla küflenme görülmüştür.(Şekil 6.7).



Şekil 6.9 Zamana Bağlı Olarak Salatalıklarda Meydana Gelen Kf Gelişimi

A^(a) (% 55 Nem Oranı) B^(b) (% 24 Nem Oranı)

* Farklı harflendirmeler her iki buzdolabı arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu göstermektedir.

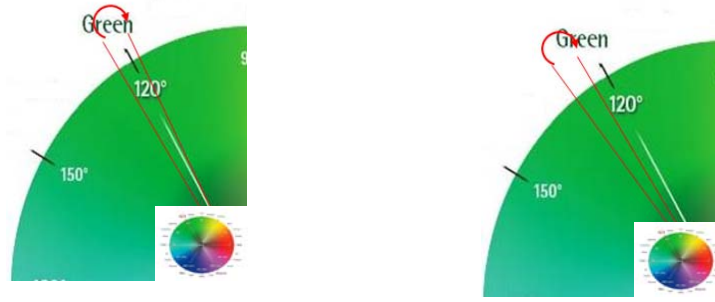
6.3.3. Yüzey Rengi Değişimi Analizleri

Sebze ve meyvelerin muhafaza süresince yüzey renginin değişmesi kaçınılmazdır. Bu değişim bazı sebzelerde rengin solması, bazılarında ise rengin kararması şeklinde kendini gösterir.

Bu tez çalışmasında salatalıkların yüzey rengi değişimi HSV ve CIE L*a*b* renk uzayları kullanılarak analiz edilmeye çalışılmıştır. İlk olarak HSV(Hue(Renk), Saturation(Renk Canlılığı), Value(Parlaklık)) renk uzayı ile çalışılmış ancak anlamlı sonuçlar elde edilememiştir.

CIE L*a*b* renk uzayı ile yapılan analizlerde ise anlamlı çıktılar elde edilmiştir. Yapılan analizlerde her iki buzdolabı modelinde bekletilen salatalıklarda L*, a* ve b* parametrelerinde önemli değişimler görülmüştür. Tüm salatalıklarda yüzeyin matlaşması ve rengin koyulaşmasından dolayı L* değerinde azalma görülmüştür. Her iki ortam karşılaştırıldığında ise A buzdolabında bekletilen salatalıklarda L* değerinin daha fazla düşüş gösterdiği analizler sonucu elde edilmiştir. Parlaklığın yanı sıra yeşil pigmentlerin kalite kaybına bağlı olarak azalmasından dolayı b* parametresinde de önemli derecede azalma görülmüş ve bu düşüş kendini B buzdolabında muhafaza edilen salatalıklarda A buzdolabında muhafaza edilen salatalıklara göre daha fazla göstermiştir.

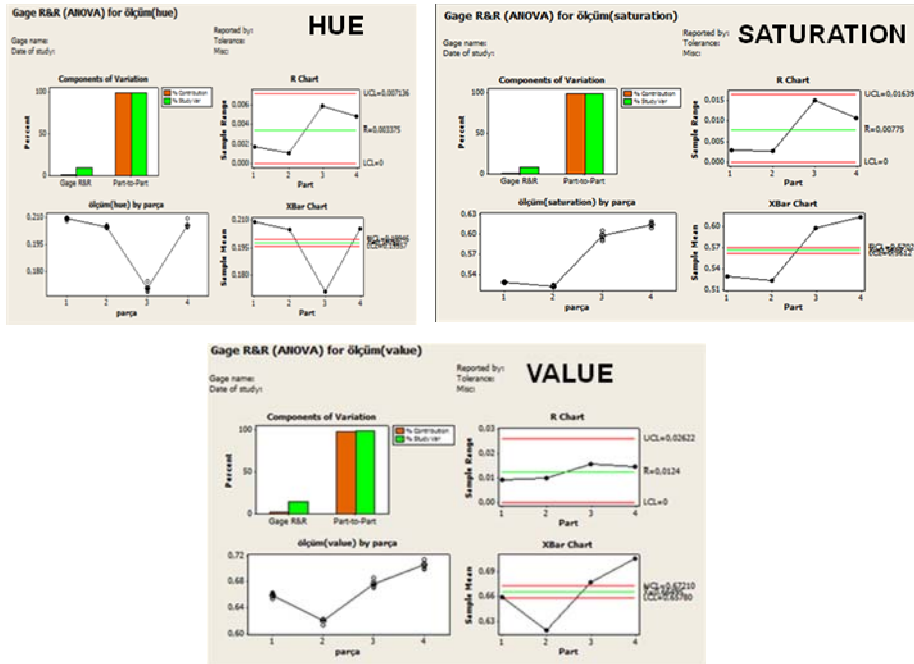
Ayrıca, a* ve b* parametrelerini kullanarak Hue açısı hesaplanmıştır. Hue açısı da salatalıkların yüzey rengi değişim hakkında önemli bilgiler vermiştir. Hue açısının her iki ortamdaki değişimi Şekil 6.10 ' da gösterilmektedir.



Şekil 6.10 Hue Açısı Değişimi a) B Buzdolabı b) A Buzdolabı

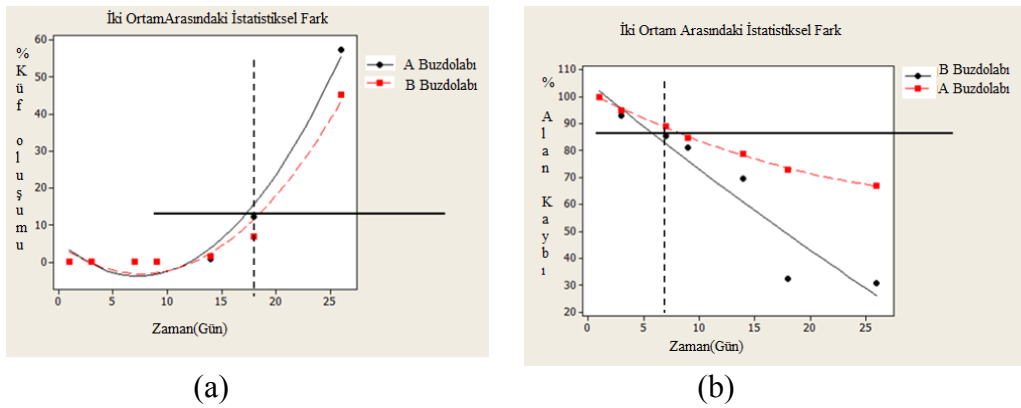
6.3.4. İstatistiksel Analizler

Yapılan fotoğraf çekim kabini, numune tablası, led panel tasarımlarının ve seçilen fotoğraf makinesi çekim modunun her fotoğraf çekiminde elde edilen görüntünün aynı özelliklerde olmasını sağlaması bu çalışmada kesintisiz ve doğru görüntü analizinin yapılabilmesi için oldukça önem arz etmektedir. Bu yüzden tasarımlar tamamlandıktan sonra sistemin her çekimde aynı özelliklerde görüntü almaya yeterli olup olmadığını görmek adına Minitab programı kullanılarak GageR&R testi yapılmıştır. Testin amacı, tasarlanan sistemin amaca uygun olarak çalışıp çalışmadığının tespit edilmesidir. Bu yüzden numune tablası üzerine permagum malzemesi ile sabitlenen salatalık numunesi beş defa fotoğraf çekim işlemi için gereken adımlar(numune tablasının platforma yerleştirilmesi, sabitleme kolunun aktif hale getirilmesi, fotoğraf çekim kabinin kapağının sıkı kapanması vb.) tekrarlanmış ve her tekrar için bir görüntü olacak şekilde toplam beş adet görüntü alınmıştır. Alınan bu görüntüler üzerinde Gage R&R testi yapılmış ve test sonucunda tasarlanan sistemin her seferinde aynı özelliklerde görüntü almada başarılı olduğu görülmüştür.(Şekil 6.11)



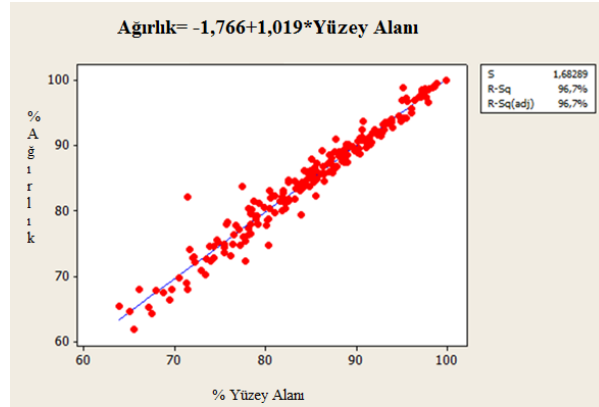
Şekil 6.11 Gage R&R Test Sonuçları (Minitab)

Sistemin doğru çalışmasının istatistiksel analizler ile doğrulanmasından sonra nem değerleri farklı olan buzdolaplarında beklenen salatalıkların görüntü işleme analizleri ile elde edilen sonuçlarında farklılık olduğu gözlemlenmiştir ve bu sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının tespit edilmesi için Minitab programında Basic Statistic bölümü altında yer alan Paired T Test yapılmıştır ve sonuç olarak iki ortam arasında anlamlı farkların olduğu görülmüştür. (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 İki Ortam Arasındaki İstatistiksel Fark a) % Küf Oluşumu Analizi b) % Alan Kaybı Analizi

Ayrıca, deney süresince salatalık numunelerinin görüntü alma işlemi ile eş zamanlı olarak hassas terazi ile de ağırlıkları ölçülmüş ve arşivlenmiştir. Deney sonunda görüntü analizi ile elde edilen ve salatalığın ağırlık kaybı hakkında sayısal veri sağlayan % alan kaybı analiz sonuçları B ortamında bekletilen salatalıkların daha fazla ağırlık kaybettiğini göstermiştir. Hassas terazi ile yapılan ölçümlerde de B ortamında bekletilen salatalıklarda daha fazla ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. Bu ölçüm sonuçlarının paralel olmasından yola çıkarak görüntü işleme yöntemi ile salatalığın ağırlık kaybı doğru bir şekilde analiz edilebilmektedir yorumu yapılmıştır ancak bu iki farklı ölçüm yönteminden elde edilen sonuçların birebir örtüşüp örtüşmediğinin tespit edilmesi görüntü işleme yönteminin ne derece doğru çalıştığını gösterecektir. Bu yüzden Minitab programında Stat/Regression bölümünde yer alan Regresyon testi yapılmış ve görüntü işleme yöntemi ile hesaplanan salatalık yüzey alanı kaybının hassas terazi ile ölçülen salatalık ağırlık kaybı ile korelasyonu analiz edilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde hassas terazi ile ölçülen ağırlık kaybı verisi ile görüntü işleme yöntemi ile hesaplanan yüzey alan kaybı arasında birebir korelasyon olduğu görülmüştür. (Şekil 6.13)



Şekil 6.13 Ağırlık ve Yüzey Alanı kaybı arasındaki korelasyon

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknikleri kullanılarak salatalıkta zamanla meydana gelen kalite değişimleri sayısal olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında salatalıkta kalite kaybına ilişkin belirtilerin neler olduğuna dair literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda salatalıkta zamanla ağırlık kaybına bağlı olarak yüzeyde buruşma, bekletildiği ortamın nem oranına göre yüzeyde küflenme ve berelenme ve de zamanla renk pigmentlerinin kaybolması ile yüzey rengi değişimleri gerçekleştiği bilgisi elde edilmiştir.

Çalışmanın görüntü işleme tarafında ise, görüntülerin her zaman aynı aydınlık düzeyinde (dışarıdaki ışık düzeyinin değişmesinden etkilenmeyecek şekilde) çekilmesini sağlayan fotoğraf çekim kabini, salatalığın hep aynı açıdan ve konumdan görüntüsünün alınabilmesi için salatalıkların sabitlendiği numune tablası, numune tablasının yerleştirildiği platform ve numune tablasının platforma sabitlendiği kol tasarımı yapılmıştır.

Fotoğraf çekimi için Canon EOS 500D fotoğraf makinesi manual moda kullanılmış ve çekilen görüntüler bilgisayarda tanımlanan adrese TIFF olarak kaydedilmiştir. Özel olarak tasarlanan fotoğraf çekim kabini içerisinde çekilen görüntülerin aynı özelliklerde olmasının istatistiksel analiz yöntemleri ile doğrulanmasından sonra deneyler başlatılmış ve 26 gün boyunca belirli aralıklarda fotoğraf çekimi yapılmıştır. Görüntü işleme algoritmaları kullanılarak Matlab programında oluşturulan kodlar ile salatalıkta meydana gelen yüzey alanı kaybı, küfve bere oluşumu ve de yüzey rengi değişimleri görüntüler üzerinden analiz edilmiştir.

Görüntü işleme yöntemi ile yapılan bu analizler gıda endüstrisinde kullanılan çeşitli analiz cihazlarıyla da yapılabilmektedir ancak bu tür yöntemlerin uzun zaman dilimi gerektirmesi, deney süresinde aynı gıdanın analiz edilememesi sebebi ile sonuçların doğruluk derecesinin daha düşük olması, aynı gıda üzerinden kesintisiz analiz yapamama

ve yapılan bazı analizlerin gıdanın tamamını temsil etmemesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışma ile bu tür dezavantajlar elenmiş ve salatalığın zamana bağlı kalite kaybı sonucu meydana gelen renk değişimleri, küf&bere gelişimleri ve nem kaybı sonucu oluşan yüzey alan değişimleri doğru bir şekilde görsel ve sayısal olarak hesaplanabilir, arşivlenebilir hale gelmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar, salatalığın zamanla meydana gelen kalite kaybının görüntü işleme yöntemi ile hesaplanmasının, deney süresince aynı gıda numunesinin analiz edilebilmesi dolayısı ile kesintisiz gözlem yapılabilmesi, numune çeşitliliğinin en aza indirgenmesi ile gıda endüstrisinde kullanılan analiz cihazlarına göre daha güvenilir, analiz süresinin kısa olması ve maliyet açısından daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Çalışmada karşılaşılan problemler ve çözümlerinden bahsetmek gerekirse, deney süresince aynı salatalığın kalite değişiminin gözlemlenmesi amaçlandığı için salatalığın görüntüsünün hep aynı aydınlık düzeyinde ve aynı yerden çekilmesi için bir çok yöntem denenmiştir. İdeal ve her görüntüde aynı aydınlık düzeyini sağlamak görüntü analizinde sonuçları doğrudan etkileyeceği için çok kritiktir, bu yüzden her çekim öncesinde kırmızı, yeşil ve mavi renklerden oluşan bir tabla ile kalibrasyon yapıldıktan sonra fotoğraf çekimi yapılmıştır. Salatalıkların her çekimde aynı konumda olmasını sağlamak için ise ilk olarak salatalığı delerek sabitleme, yapıştırıcı ile sabitleme gibi yöntemler denenmiş ancak salatalığa zarar verdiği için vazgeçilmiştir. Aydınlık düzeyinde olduğu gibi deney süresince numuneye dışarıdan bir etkinin olmaması da sonuçların doğru elde edilmesinde oldukça önemli bir noktadır. Bu çalışmada permagum malzemesi kullanılarak salatalıklar numune tablasına sabitlenerek istenilen sonuç elde edilmiştir. Permagum içeriğinde salatalığa zarar verecek madde bulundurmayan bir malzemedir, bu yüzden deneylerin sonuçlarında diğer yöntemler gibi olumsuz herhangi bir etkisi olmamıştır.

Bu çalışmada görüntüdeki salatalık kısmının zemin renginden kolay bir şekilde segmente edilebilmesi için zemin rengi gri renk seçilmiştir. Gri seçilmesinin sebebi salatalık üzerinde küf oluştuğunda zemin renginin ve küflerin birbirine yakın renkte olması dolayısı ile segmentasyon sırasında salatalık üzerinde bulunan küfler salatalığın sağlam kısmında kolayca ayırte diledilmiştir. Oluşturulan bu algoritma geliştirilerek zemin ve gıda

renginden bağımsız olarak görüntü üzerinde segmentasyon işlemi yapılabilir hale getirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Acklam, P.T., 2003, Matlab array manipulation tips and tricks

Aguirre, L., Frias, J.M., Barry-Ryan, C. and Grogan, H.,2009, Modelling browning and brown spotting of mushrooms (*Agaricus bisporus*) stored in controlled enviromental conditions using image analysis, *Journal of Food Engineering* 91(2009) 280-286

Akbudak, B. ve Özer, M.H., 2003, Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen turşuluk hıyarlarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1): 33-46

Albayrak, S.ve Karşılıgil, M.Y, Renkli görüntülerde ağırlıklı k-means yöntemi ile renk topaklama, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Bal, H., 2006, Kamera ile görüntü işleme teknikleriyle malzeme tane büyüklüğü analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 256 s.

Baxes, G.A., 1994, Digital image processing,principles and applications,John Wiley& Sons,Inc, USA, 452p

Cabrera, R.M and Salveit, M.E., 1994, Characterization of fruit exudate on the chilling injury of cucumber fruits. *Postharvest News and Information* 5(2):624

Cabrera, R.M., Salveit, M.E. and Owens K., 1994, Cucumber cultivars differ in their response to chilling temperatures. *Postharvest News and Information* 5(2):624

Chitade, A. Z, Dr. Katiyar, S.K., Color based image segmentation using K-Means Clustering”, *International Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 2(10), 2010, 5319-5325

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Dhall, R.K, Sharma, S.R., and Mahajan, B.V.C, 2011, Effect of shrink wrap packaging for maintaining quality of cucumber during storage, Association of Food Scientists& Technologists(India),5 p.
- Du C-J. and Sun D-W., 2006, Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review, Journal of Food Engineering 72 (2006) 39-55
- Edizer, E., 2006, Sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, 254 s
- Güçlü, T., 2010, Pozlandırılmış görüntüleri sınıflandırarak etiketleme, Yüksek Lisans Tezi,Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,42-48 s
- Halloran, N., Çağırın, R. ve Kasım, M.U., 1996, Sebzelerde hasat sonrası üşüme zararı, GIDA (1996) 21(5):359-366
- Han, J.and Kamber, M., 2001a, Data mining concepts and techniques, MorganKauffmann Publishers,
- Han, J., Kamber, M., Tung, A. K. H.,2001b, Spatial Clustering Methods in Data Mining: A Survey, H. Miller and J. Han (Eds.), Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Taylor and Francis.
- Jay, JM, Loessner, MJ and Golden, DA, 2005, Vegetables and fruits products. In: Jay JM, Loessner MJ and Golden DA, editors. Modern food microbiology. Florance, KY: Chapman and Hall. p125-48.
- Kaynaş, K. ve Özelkök, S., 1999, Effect of semperfresh on postharvest behaviour of cucumber (C.sativus) and summer squash(C.pepo L.) fruits, Postharvest News and Information 10 (6):2718

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

Khojastehnazhand, M., Omid, M. and Tabatabaeefar, A.,2010 Development of a lemon sorting system based on color and size, African Journal of Plant Science Vol. 4(4), p 122-127.

Konica Minolta,2007, Precise Color Communication

Lee, D.D. and Seung, H.S., 1997, Unsupervised learning by convex and conic coding. Proceedings of the Conference on Neural Information Processing Systems 9, 515–521.

Luijten, H.J.C., 2005, Basic of color based computer vision implemented in Matlab, Technische Universiteit Eindhoven Department Mechanical Engineering Dynamics and Control Technology Group,27 p

Mehyar, G.F., Al-Qadin, H.M., Abu-Blan, H. A. and Swanson, B.G, 2011, Antifungal effectiveness of potassium sorbate incorporated in edible coatings against spoilage molds of apples, cucumbers and tomatoes during refrigerated storage, Journal of Food Science

Mucha, J.M., Sofyan, H., 2009, Nonhierarchical clustering, <http://www.quantlet.com/mdstat/scripts/xag/html/xaghtmlframe149.htm>

Njoroge, J.B., Ninomiya, K., Kondo, N. and Toita, H., 2002, Automated fruit grading system using image processing, SICE 2002 Aug. 5-7,2002,Osaka

Pang-Ning Tan, P.N., Steinbach, M., Kumar, V.,2005, Introduction to Data Mining, Addison Wesley

Sofu, A. ve Ekinçi F.Y., 2007, Estimation of storage time of yogurt with artificial neural network modeling, American Dairy Science Association

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Sofu, A., 2006, Yoğurtların depolama esnasında mikrobiyal ve kimyasal değişimlerinin bilgisayarlı görüntüleme sistemiyle belirlenmesi ve elde edilen verilerin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
- Tan, J., Jin, D., and Wang, Q., 2011, Experimental study on the quality of dutch cucumber in storage, IFIP International Federation for Information Processing, 10 p
- Tan, J., 2004, Meat quality evaluation by computer vision Journal of Food Engineering, 61, 27–35
- Tatsumi, Y., Maeda, K. and Murata, T., 1990, Morphological changes in cucumber fruit associated with chilling injury. Hort. Abst. 60(1):280.
- Tonguç, G., 2007, Görüntü işleme teknikleri kullanılarak meyve tasnifi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 100 s.
- Yıldız, K., Çamurcu, Y. ve Doğan, B., 2010, Veri madenciliğinde temel bileşenler analizi ve negatifsiz matris çarpanlarına ayırma tekniklerinin karşılaştırılması analizi, Muğla Üniversitesi Akademik Bilişim 10
- Yılmaz, İ., 2002, Renk sistemleri, renk uzayları ve dönüşümler, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 11s.
- Young, I.T., Gerbrands, J.J and Van Vliet, L.J., 1995, Fundamentals of Image Processing, Delft University of Technology, 113p
- Zhou, T., Harrison, A.D, McKellar, R., Young, J.C., Odumeru, J., Piyasena, P., Lu, X., Mercer, D.G. and Karr, S., Determination of acceptability and shelf life of ready-to-use lettuce by digital image analysis, Food Research International

Gıdaların Soğukta Muhafazası

<http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu809/Sogukta%20Muhafaza.pdf>

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

CIE Lab Color Space

<http://cmykguide.com/contact.php>