

T.C

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KAYISIDA BAZI İÇSEL KALİTE KRİTERLERİNİN
FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ-YAKIN KIZIL ÖTESİ (FT-
NIR) SPEKTROSKOPİ KULLANARAK
BELİRLENMESİ**

MEHMET BURAK BÜYÜKCAN

Danışman :

Doç. Dr. İsmail KAVDIR

Ağustos, 2008

ÇANAKKALE



**KAYISIDA BAZI İÇSEL KALİTE KRİTERLERİNİN
FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ-YAKIN KIZIL ÖTESİ
(FT-NIR) SPEKTROSKOPİ KULLANARAK
BELİRLENMESİ**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

Mehmet Burak BÜYÜKCAN

**Danışman :
Doç. Dr. İsmail KAVDIR**

**Ağustos, 2008
ÇANAKKALE**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET BURAK BÜYÜKCAN, tarafından DOÇ. DR. İSMAİL KAVDIR yönetiminde hazırlanan “KAYSIDA BAZI İÇSEL KALİTE KRİTERLERİNİN FOURIER DÖNÜŞÜMLÜ-YAKIN KIZIL ÖTESİ (FT-NIR) SPEKTROSKOPİ KULLANARAK BELİRLENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kenan KAYNAŞ

Yönetici

Doç. Dr. İsmail KAVIDR

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:...../...../.....

Prof.Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

“Kayısında Bazı İçsel Kalite Kriterlerinin Fourier Dönüşümlü-Yakın Kızıl Ötesi (FT-NIR) Spektroskopi Kullanılarak Belirlenmesi” konulu yüksek lisans tezinin her aşamasında yakın ilgi ve önerilerinin yanısıra mesleki birikimi ve desteğiyle beni yönlendiren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. İsmail KAVDIR’a, Tarım Makinaları Bölümü Öğretim Üyeleri Sayın Doç. Dr. Sakine ÖZPINAR, Yrd. Doç. Dr. Habib KOCABIYIK, Yrd. Doç. Dr. Sarp Korkut SÜMER ve Arş. Gör. Arda AYDIN’a sağladıkları yardım ve katkıları için teşekkür ederim.

Çalışmanın başlangıcından son aşamasına kadar manevi desteğini esirgemeyerek her zaman yanımda olan çok değerli nişanlım Burcu ŞAHİN’e, aileme ve dostlarıma, bana göstermiş oldukları sonsuz özveri ve sabır için de teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Burak BÜYÜKCAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

- FT-NIR** : Fourier Dönüşümlü- Yakın Kızıl Ötesi (Fourier Transform-Near InfraRed)
- VIS/NIR** : Görülebilir Yakın Kızıl Ötesi (Visible Near InfraRed)
- PLS** : Kısmi En Küçük Kareler Regrasyonu (Partial Least Square)
- PCR** : Temel Bileşenler Regrasyonu (Principle Component Regression)
- RMSEE** : Tahminin Hata Kareler ortalaması (Root Mean Square Error of Estimation)
- RMSECV** : Çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması (Root Mean Square Error Of Cross-Validation)
- S.Ç.K.M.** : Çözünebilir Kuru Madde Oranı
- COE** : Sabit Farklılıkların Eliminasyonu
- MMN** : Minimum-Maksimum Normalizasyonu
- VN** : Vektör Normalizasyonu
- SLS** : Düz Doğru Çıkarımı
- FD** : Birinci Türev
- SD** : İkinci Türev
- MSC** : Artan Dağılım Düzeltmesi

KAYISIDA BAZI İÇSEL KALİTE KRİTERLERİNİN FOURİER DÖNÜŞÜMLÜ-YAKIN KIZIL ÖTESİ (FT-NIR) SPEKTROSKOPİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada hedeflenen Tokaloğlu kayısı çeşidinin (*Prunus armeniaca L*) FT-NIR spektrometre kullanarak kalite içeriklerinin (sertlik, suda çözülebilir kuru madde içeriği, renk değerleri) hasarsız bir şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ağaçtan belli aralıklarla yaklaşık 20 gün boyunca toplanan ve bir kez toplandıktan sonra soğuk hava deposunda (0-0,5 °C, % 90-95 nem) yaklaşık 20 gün bekletilen kayısılar üzerinde hedeflenen ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kayısların yansıma ölçümleri FT-NIR spektrometrenin fiber optik algılayıcısı ile 780-2500 nm aralıklarında gerçekleştirilmiştir. Sertlik ve suda çözülebilir kuru madde içeriği spektral ölçümlerden sonra meyvelere hasar vererek standart yöntemlerle yapılmıştır. Standart yöntemlerle ölçülen fiziksel özellikler ile spektral değerler arasındaki korelasyon ilişkileri, Kısmi En Küçük Kareler Regrasyonu' na (PLS) göre yapılmıştır. Kayısların Magness-Taylor (MT) maksimum kuvvet değerleri ağaç uygulamaları için kalibrasyon aşaması için $R^2=0,82$ (RMSEE=4,45) ve test aşaması için $R^2=0,80$ (RMSECV=4,68) gibi iyi korelasyon değerleri ile tahmin edilmiştir. Depo uygulamalarında ise, MT maksimum kuvvet, kalibrasyon için $R^2=0,47$ (RMSEE=4,65) ve test aşaması için $R^2=0,41$ (RMSEE=5,51) gibi düşük korelasyon değerleri ile tahmin edilmiştir. MT eğim değerleri ağaç uygulamasında kalibrasyon için $R^2=0,79$ (RMSEE=0,83) ve test aşaması için $R^2=0,77$ (RMSECV=0,88) gibi yüksek tahmin sonuçlarına ulaşılırken depo için kalibrasyonda elde edilen korelasyon katsayısı (R^2) 0,56 (RMSEE=0,69) ve test aşamasında ise $R^2=0,47$ (RMSECV=0,80) gibi düşük sonuçlara ulaşılmıştır. MT alan için $R^2=0,75$ (RMSEE=20,1) ve test aşaması için $R^2=0,71$ (RMSECV=21) olmaktadır.

FT-NIR spektroskopisi kullanarak suda çözülebilir kuru madde içeriği tahmininde, her iki uygulama (ağaç, depo) için de yüksek ve birbirine yakın korelasyon değerleri elde edilmiştir. Ağaç uygulamasında kalibrasyon ve test

aşamalarında elde edilen R^2 değerleri 0,77 ile 0,75 (RMSEE=1,45; RMSECV=1,51) arasında yer alırken, depo uygulamasında R^2 değerleri sırasıyla, 0,76 ile 0,74 (RMSEE=1,31; RMSECV=1,36) arasında olmuştur. Bununla birlikte, renk değerlerinin (kroma, hue) tahmin edilmesinde, düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Ağaç uygulaması için test aşamasında kromanın tahmin edilmesinde elde edilen R^2 değeri 0,55 (RMSECV=3,38) olurken, hue'nun tahmininde bu değer 0,16 (RMSECV=0,49) olmuştur. Renk değerlerinin tahmininde depo için daha düşük değerler gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, NIR spektroskopinin ürünlerin içsel ve kısmende olsa yüzeysel kalite özelliklerinin hasarsız tespiti açısından iyi bir potansiyel olduğunu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: FT-NIR spektroskopi, kayısı, sertlik, kuru madde içeriği, renk.

*Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi BAP tarafından 2007-31 nolu proje ile desteklenmiştir.

DETERMINATION OF SOME INTERNAL QUALITY PARAMETERS OF APRICOT USING FOURIER TRANSFORM-NIR SPECTROSCOPY

ABSTRACT

The aim of this study was to predict the characteristics of internal quality attributes (firmness, soluble solids content and color values) of the Tokaloğlu apricot cultivar (*Prunus armeniaca L*) by nondestructive measurements using FT-NIR spectrometer. The experiments were conducted on two different apricot groups, one collected from a the tree with short intervals during a period of about 20 days and the other once all collected stored in cold storage (0-0,5 °C, 90-95 % humidity) for about 20 days. Reflectance measurements of apricots were performed using bifurcated fiber optic probe between 780 and 2500 nm. After spectral measurements, firmness and soluble solids content were measured using standard methods which damaged the apricots. Calibration methods were developed between the physical parameters, which were measured using standard methods, and the spectral measurements using Partial Least Squares method (PLS). Good correlations were obtained in calibration and validation for Magness-Taylor (MT) maximum force, with a coefficient of determination (R^2) of 0,82 (RMSEE=4,45) in calibration and 0,80 (RMSECV=4,68) in validation for tree application. However, coefficient of determination for the cold storage apricots was low compared to tree application with 0,47 (RMSEE=4,65) in calibration and 0,41 (RMSEE=5,51) in validation. For MT slope , with a coefficient of determination (R^2) of 0,79 (RMSEE=0,83) in calibration and 0,77 (RMSECV=0,88) in validation for tree application. And for the cold storage apricots the coefficient of determination was (R^2) 0,56 (RMSEE=0,69) in calibration and 0,47 (RMSECV=0,80) for validation. Good correlations obtained for MT area which coefficient of determination (R^2) 0,75 (RMSEE=20,1) in calibration and $R^2=0,71$ (RMSECV=21) in validation for tree application.

Good prediction values were obtained for soluble solids content for both applications (tree and cold storage) using FT-NIR spectroscopy. The best coefficient of determination was obtained for tree application with 0,77 (RMSEE=1,45) in

calibration and 0,75 (RMSECV=1,51) in validation. Similar results were obtained for soluble solids content prediction for cold storage apricots. Correlation values for prediction of chroma and hue were low for tree application, with $R^2= 0,55$ (RMSECV= 3,38) for chroma and with $R^2=0,16$ (RMSECV= 0,49) for hue. The results showed that NIR spectroscopy has a good potential to predict internal quality assessments of apricots and partly surface quality features non-destructively.

Keywords: FT-NIR spectroscopy, apricot, firmness, SSC, color

*The present M.Sc thesis was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University Scientific Research Commission (BAP) under the project no of 2007-31.

İÇERİK

Sayfa

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Denemede Kullanılan Meyve ve Özellikleri.....	12
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Alet ve Cihazlar	12
3.1.3. FT-NIR Spektrometre ve Yansıma Modu Ölçümleri	16
3.1.4. Yansıma ve İletim Modlarındaki Spektral Ölçümler Hakkında Genel Bilgiler.....	15
3.2. Yöntem	17
3.2.1 Meyve Hasat ve Ölçüm Planı	17
3.2.2. Spektroskopik Ölçümler	18
3.2.3 Fiziksel Ölçümler.....	18
3.2.3.1. Renk Ölçümleri	20
3.2.3.2. Sertlik Ölçümleri	21
3.2.3.3. Suda Çözülebilir Kuru Madde Oranı Ölçümleri	24
3.2.4. Spektral Analizler	24
BÖLÜM 4 – BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Kayısı örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	27
4.2. Sertliğin Tahmin Edilmesi.....	32

4.3. Suda Çözülebilir Kuru Madde Oranının Tahmin Edilmesi	40
4.4. Renk Değerlerinin İrdelenmesi	43
4.5. Kayıslara Ait Yansıma Spektrumları	48
BÖLÜM 5 – SONUÇ	50
KAYNAKLAR	52
Tablolar	I
Şekiller	II
Yaşam Öyküsü	IV

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Diğer birçok alanda olduğu gibi, otomasyon tarımda da giderek artan oranda kullanılmaktadır. Ancak, otomasyonun tarımda kullanılması endüstri alanında olduğu gibi kolay bir şekilde olamamaktadır. Bunda en büyük etken ise tarımsal ürünlerin sanayi ürünleri gibi standart ve birbirinin aynısı olma gibi bir özelliğe sahip olmamalarıdır. Tam tersi, aynı ağaçtan, aynı daldan ya da bitkiden hasat edilen ürünlerde bile hem içsel hem de dışsal özellikleri bakımından önemli farklılıklar olduğu bilinmektedir. Bu farklılık tarımsal ürünlerin değişken ve birbirine benzemeyen yapılarından dolayı hasat sonrası ürün sınıflama ya da kalite algılamada zorluk olarak ön plana çıkmaktadır. Dolayısı ile endüstri alanında kullanılan otomasyon uygulamalarını tarımsal ürünlere uygulamak tam anlamı ile mümkün olmamakta, ürünlere özel teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Tarımsal ürünlerin değerlendirilmesi yapılırken işlemlerin hızlı ve daha az maliyetli olması istenmektedir. Ürünlerin insan tarafından işlenmesi veya sınıflandırılması maliyetli, zaman alıcı ve kaliteleri açısından olumsuz sonuçlar verebilmektedir. Hasarsız ölçüm yapmaya yönelik olarak geliştirilen ve geliştirilmekte olan teknolojiler, yukarıda saydığımız istenmeyen koşulları ortadan kaldırmaya yöneliktir ve ürün değerlendirmelerini hızlı, daha az maliyetli ve etkili bir şekilde belirleyebilmektedir. X-ışınları, NIR (Near Infrared), NMR (Nükleer Manyetik Rezonans), optik cihazlar v.b. son 40 yılda kullanılan ve hala geliştirilmekte olan uygulamalardır. NIR uygulamaları günlük yaşamda kullanması kolay olduğu için ve ürünlere hasar vermediği için daha çok tercih edilmektedir.

Üreticiler, ürünlerini yalnızca dış görünüşleri ya da görünen ve hissedilen fiziksel özellikleri ile pazara sunmak durumundadırlar. Ancak, giderek bilinçlenen ve beklentisi artan tüketici karşısında tarımsal ürünlerin içsel özelliklerinin de kullanılması hem ürünlerin optimum bir şekilde değerlendirilmesi hem de tüketici taleplerindeki çeşitliliğe daha uyumlu olunması bakımından oldukça önemli ve yeni bir konudur. Diğer taraftan, meyve ve sebzelerin hasat sonrası dış görünüm kalitesi

bakımından olan ömürlerinin, ürünlerin iyi tadının muhafazasına dayalı hasat sonrası ömürlerine göre genellikle daha uzun olduğu bildirilmektedir (Kader, 1992). Ayrıca, aynı kaynak tarafından, meyve ve sebzelerde iyi ve çekici bir dış görünümün, söz konusu ürünün her zaman iyi tat ve besin değerine sahip olduğu anlamına gelmediği de bildirilmektedir. Buradan da anlaşılmaktadır ki, tarımsal ürünlerin iç kalitesi en az dış kalitesi kadar önemlidir ve ürünlerin içsel kalitelerine ait bilgiler, pazarlamada kullanıldığında hem tüketici hem de üretici (ya da ürünü değerlendirecek ara kuruluşlar) bakımından oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır.

Meyveler şekillerine, renklerine veya yüzey deformasyonlarına göre elle ya da otomatik olarak sınıflandırılmaktadır. Buna rağmen, meyvelerin kuru madde içeriği, toplam çözülebilir kuru madde içeriği, meyve suyu asitliği ve sertlik gibi önemli içsel kalite özellikleri bulunmaktadır (Lammertyn ve diğ., 1998). Ürünlerin içsel kalitelerinin sınıflama hatlarında otomatik olarak algılanmasına henüz geçilmemiş olup, bu konu halen araştırma aşamasındadır.

Kayısı (*Prunus armeniaca L*), yetiştirilme potansiyeli ile ülkemiz için oldukça önemli bir üründür. Hatta dünya kayısı üretiminde ilk sıralardadır. F.A.O'ya göre ülkemizde 2004 yılında 350,000 ton yaş kayısı üretimi yapılmıştır (Anonim, 2008a). 2001 yılı itibarıyla 85,670 ton kayısı ihracatımız olmuştur. Bu ihracatlar genelde gelişmiş ülkelere (A.B.D., İngiltere, Almanya...) yapılmaktadır. Bu tip ülkeler ihraç ettikleri malların kalite ve kontrollerini yaparak uygun standartlardaki ürünleri tercih etmektedirler. Uygun olmayan ürünler ise geri çevrilmektedir. Ülkemizde ise hasat sırasında, ambalajlamada ve sınıflandırma sırasında yaşanan sorunlar halen devam etmektedir. Ülkemizde sınıflandırma insan gücüyle ve duyularıyla yapılmaktadır. Örneğin, sınıflandırma sırasında kayısı tanelerinin büyüklüklerine göre dizilmemesi, aynı ambalajda farklı renkte ürünlerin olması v.b. gibi sorunlar ülkemizde yaşanan sınıflandırma sorunlarından bazılarıdır (Sobutay, 2003). Belirtildiği üzere yaşanan sorunlar, daha çok kayısının dış özellikleri ile ilgilidir. Ülkemiz için son derece önemli bir ürün olan kayısının sınıflandırılmasında dış özelliklerin yanında iç özellikleri de dikkate alarak yapılacak hasarsız ve otomasyona dayalı bir sınıflandırma, kayısı üretimi ve ticaretinde ülkemize son derece önemli avantajlar sağlayacaktır.

Tarımsal bir ürünün bütününe ele alarak sınıflama yapmak, ancak söz konusu ürünün iç kalitesini de ölçmekle mümkündür. Dış görünümünden ürün kalitesini değerlendirmek bazen yanıltıcı olabilmektedir. Birçok meyvede olduğu gibi sertlik, suda çözülebilir kuru madde oranı ve titre edilebilir asitlik oranı kayısı için tüketici memnuniyetini direkt olarak etkileyen kalite kriterleridir. Ancak, bu değerler kayısının iç özellikleri ile ilgili oldukları için uygulamada olan sınıflama sistemlerince kullanılmamakta ve sonuçta, ürünler sadece dış görünümüne göre sınıflandırılmaktadır. Ürünlerin iç kalite özelliklerinin hasarsız olarak ölçülüp ürün sınıflandırma sistemlerinde kullanılması, tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında son derece önemli avantajlar sağlayacaktır.

Bu uygulama, tüketici memnuniyeti yanında, ürünlerin kalitelerine göre değerlendirilmesi bakımından da büyük avantaj sağlamaktadır. Örneğin, gerek dışsal gerekse içsel kalitesi gereği sofralık tüketim için uygun olmayan bir ürün (kayısı, portakal, elma vs.) meyve suyu, reçel vb. gibi ürünlere dönüştürülerek daha geniş bir üretim yelpazesine yayılarak optimum olarak değerlendirilebilmektedir. Bunun için gerekli olan araç, etkili bir ölçme ve sınıflandırma sistemidir. Bu gibi ölçümleri ürünlerin içsel kalite özelliklerini tahmin etmede kullanmak, ancak hasarsız ölçüm yöntemleri ile mümkündür.

NIR spektroskopi ile ilgili 19.yy da birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle 1881 yılında Abney ve Festing 700 ile 1200 nm arasında ki NIR bölgesini resimsel olarak ölçmüştür. Ayrıca, Alexander G. Bell 1881 yılında NIR kullanarak boş bir hücrenin içini ısıtmıştır (Newgard, 2004).

Newgard'ın yapmış olduğu çalışmada belirtildiği üzere, 1974'te Karl Norris alan-kırılma deneylerini gıdalarda NIR kullanarak gerçekleştirmiştir. Karl Norris bu deneylerle yumurtada ki kanı, karpuzun olgunluğunu, buğdayda ki nem ve protein miktarını bulmuştur. 1977'de NIR spektroskopi bilgisayar sistemleriyle birlikte kullanılarak istenen kalitede, doğru ve hızlı analiz yapılmasına olanak sağlamıştır. NIR spektrometreler, 1978 yılında mobil olarak üreilmeye başlanmıştır. Böylece tarlalara veya marketlere gidilerek ölçüm yapılması sağlanmıştır (Newgard, 2004).

Bugün NIR spektroskopinin ziraat endüstrisi içinde birçok kullanımı bulunmaktadır. Örneğin yemek endüstrisinde çığ maddelerin protein içeriği, nemi, parçacık şekli, nişasta hasarı ve renk bakımından NIR kullanılmaktadır. Ayrıca, NIR mandıralarda da kullanılmaktadır. Sütün yağ oranında, protein miktarında, laktoz oranında ve sütün standardizasyonuna bakılmasında kullanılmaktadır (Newgard, 2004).

NIR spektroskopi içecek sanayinde de alkollü içeceklerin ve alkolsüz içeceklerin içeriklerine bakılmasında kullanılmaktadır. Henüz deneme aşamasında olmakla birlikte, hasat sonrası ürün işlemede, ürünlerin içeriklerinin belirlenmesinde ve sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, tekstil sanayinde yün kalitelerinin ortaya çıkarılmasında, kaliteli ve kalitesiz ürünün ayırt edilmesinde, doğal ve sentetik liflerin kalite kontrollerini yapılmasında kullanılmaktadır. NIR spektroskopi kullanılarak yapılan ölçümlerde, en dikkat çekici unsur, ölçümü yapılan üründe genelde herhangi bir hasar olmamasıdır. Bazı durumlarda, özellikle gıda ya da tarım ürünlerinin analizlerinde spektral ölçümlerden önce ürün bir ön işlemeye alınabilir; örneğin buğdayın öğütülmesi gibi. Bununla birlikte NIR spektroskopinin ürünlerin hasarsız kalite algılamasında kullanılması son derece ümit vericidir (Newgard, 2004).

Bu çalışma, kayısıda iç kalite değerlerinin hasarsız olarak tahmin edilmesine yönelik bir yöntem geliştirme üzerinedir. Buna göre, farklı olgunluk aşamalarında belli aralıklarla hasat edilen ve ayrıca, hasat dönemi başlangıcında hasat edilen ve farklı depolama koşullarında muhafaza edilen ayrı bir grup kayısının kalite kriterleri standart yöntemler ile ve Fourier Dönüştümlü (FT)-NIR spektrometre yardımı ile 780–2500 nm arasında ölçülen spektral yansıma değerleri ile belirlenmiş ve daha sonra standart yöntemlerle elde edilen veriler ile spektral veriler arasında en küçük kareler yöntemi (PLS) kullanarak kalite tahminine yönelik modeller geliştirilmiştir. Optik ölçümlerin ardından, sertlik, suda çözülebilir kuru madde oranı gibi içsel kalite kriterleri hasarlı olarak standart yöntemler ile ölçülmüş ve önceden elde edilen NIR ışımsal yansıma değerleri ile geleneksel yöntemlerle elde edilen kalite kriterleri arasındaki korelasyon ilişkileri araştırılmıştır. Ayrıca, farklı muamele uygulanan kayısıların meyve kabuğu renk değerleri ölçülerek, spektral ölçümler ile renk

değerleri arasında ki korelasyon ilişkileri araştırılmıştır. Bu çalışma, kayısının hem iç hem de dış kalite kriterlerini kullanan tam otomatik sınıflandırma makinalarının (makinalı ya da bilgisayarlı görüntüleme tekniklerinden yararlanan) geliştirilmesi için önemli bulgular içermektedir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünyada ve ülkemizde tarımsal ürünlerin dışsal ve içsel kaliteleri dikkate alınarak sınıflandırılmasında, insan iş gücü kullanımının sınırlandırılarak, giderek artan oranda otomasyon sistemlerine bir geçilmektedir. NIR spektroskopi, sınıflandırmada kullanılan otomasyon sistemlerinde önemli avantajlar sağlayarak, özellikle tarımsal ürünlerin kalite özelliklerinin hasarsız bir şekilde belirlenmesi konusunda büyük öneme sahip olup, dünya çapında bu konuda birçok araştırma yapılmıştır ve halen de yapılmaktadır.

McGlone ve Kawano (1998) 'ya göre Cho ve diğ. (1992) yaptıkları çalışmada NIR ile elmaların sertliğini ölçülebildiklerini belirtmişler ve kısmen de 1900 nm civarında pektin ve su absorbansında değişimlerinin olduğunu saptamışlardır.

Lu ve Ariana (2002)'ya göre Bellon ve diğ. (1993) meyvelerdeki şeker içeriğini 800 ile 1050 nm arasında NIR sistemi ile hızlı bir şekilde ölçümünü gerçekleştirmiştir.

Ürünlerin kalite kriterlerini belirlemede, klasik kimyasal ve fiziksel analiz metotlarıyla karşılaştırıldığında NIR spektroskopi tekniklerinin birçok avantajları bulunmaktadır. NIR spektroskopi ile uygulanan kısa ölçüm zamanı (spektrum başına 25 sn), sınırlı örnek hazırlığı, kimyasal maddelerin kullanılmaması ve sınıflandırma sistemlerinde kullanılması gibi uygulamalar, NIR sistemleri için önemli avantajlardandır (Lammertyn ve diğ., 1998).

Liu ve diğ. (2008) 75 adet armut örneğinde sertlik ölçüm değerlerinin 2,9 N ile 13,7 N (SD= 2,19) arasında olduğunu saptamışlardır. Kuru madde içeriklerinin 8,4 ile 14,1 % (SD= 1,49) değerleri arasında değiştiği ve ortalama kuru madde içeriğinin 11,04 %, ortalama sertliğin de 7,66 N olduğu bulunmuştur. Geleneksel yolla elde edilen ölçüm sonuçları ile değerler arasında kurulan korelasyon ilişkileri sonucunda geliştirilen modellerin kullanılması ile elde edilen tahmin sonuçlarına

bakıldığında, VIS-NIR spektrometre ile zarar görmemiş armutların içsel kalite indislerinin ölçülmesinde hasarsız tekniklerin geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Slaughter (1995) NIR spektroskopi kullanarak şeftalide suda çözünebilir kuru madde oranı, şeker oranı, sorbitol içeriği ve klorofil a içeriği gibi iç kalite özelliklerinin hasarsız, önemli derecede doğru oranda ve hızlı olarak tespit edilebileceğini göstermiştir. Aynı çalışmada, sertlik ve meyve asitliğinin de önemli parametreler olduğunu ve bu parametrelerin de hasarsız olarak belirlenebilmesi üzerine çalışmalar yürütülmesi gerektiği belirtilmiştir.

Liu ve Ying (2005) FT-NIR spektroskopi kullanarak “Fuji” elma çeşidinde içsel kaliteyi hasarsız olarak ölçmeye yönelik olarak yaptıkları bir çalışmada, çözünebilir suda çözünebilir kuru madde oranı, titre edilebilir asitlik ve mevcut asitlik oranlarını sırasıyla 0.968, 0.728 ve 0.831 gibi yüksek korelasyon katsayıları ile tahmin edebilmişlerdir.

Kivide sertlik, kuru madde oranı ve çözülebilir katı madde oranı gibi içsel kalite değerlerinin hasat sonrası NIR spektroskopi kullanarak hasarsız olarak tespit edilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, suda çözünebilir kuru madde oranı ve kuru madde içeriği oldukça başarılı ($R^2=0.90$) bir şekilde tahmin edilirken, sertlik için elde edilen tahmin değeri, diğer iki kalite değerine göre daha düşük olmuştur ($R^2=0,66$) (McGlone ve Kawano., 1998).

Peirs ve diğ., (2002) elmada içsel kalite kriterlerinin tespitinde FT (Fast Fourier Transform) - NIR ve Dispers NIR spektroskopi kullanmışlar ve her iki cihazın da söz konusu kalite kriterlerinin hasarsız tahmininde önemli avantajlar sağladığını belirtmişlerdir.

Gomez ve diğ., (2006) sağlam Satsuma Mandarin (*C. Reticuleta*) “Zaojin Jiaogan” (*C.reticulata*) çeşidinin kalite kriterlerini standart yöntemler kullanarak ve VIS/NIR spektroskopi kullanarak ölçmüşlerdir. Ele alınan kalite kriterleri sertlik, suda çözülebilir kuru madde içeriği ve asitlik olmuştur. Standart ölçümler ile spektral ölçümler arasında korelasyon modellerinin geliştirilmesinde PLS (Partial Least

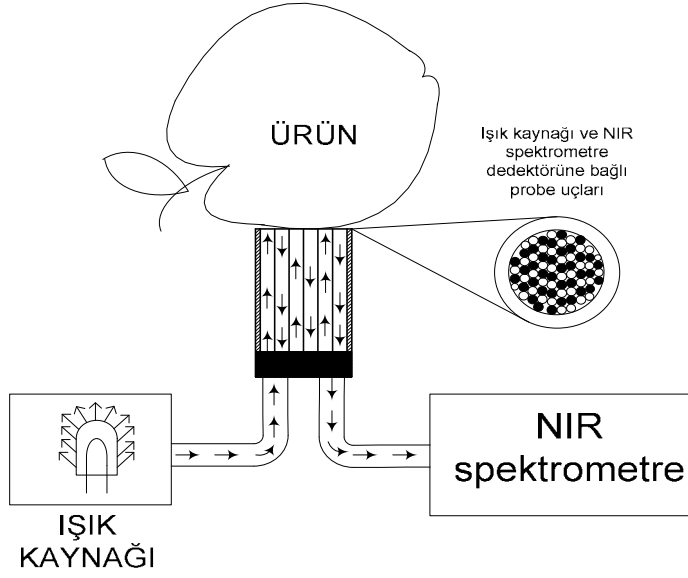
Square) ve PCR (Principle Component Regression) istatistik yöntemleri kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre en başarılı olarak tahmin edilen suda çözülebilir kuru madde oranı $RMSEP=0,33\%$ ve $R^2=0,94$ değerleri ile en başarılı olarak tahmin edilirken, ph değerleri ile için $RMSEP=0,18$ ve $R^2=0,80$ olarak bulunmuştur. Sonuç olarak VIS/NIR spektroskopi mandarinlerde kalite karakteristiklerini algılamadaki başarısının son derece yüksek olduğu kanısına varılmıştır.

Kavdır ve diğ. (2007) turşuluk hıyarda “visible” ve “near-infrared” (VIS/NIR) spektroskopi kullanarak sertlik, et ve kabuk rengi ve kuru madde içeriğinin algılanması için modeller geliştirmişlerdir. ”Journey” ve “Vlaspik” turşuluk hıyar çeşitlerini hasat ettikten sonra $10^{\circ}C$ ve % 95 nemde, yaklaşık 18 gün depolamışlar ve aynı periyotta hedeflenen fiziksel ve spektral ölçümleri belli aralıklarla gerçekleştirmişlerdir. Spektroskopik ölçümleri “interactance” yöntem geliştirme aralıkları 550–110 nm arasında ve düşük yoğunluklu CCD bir dedektöre sahip VIS/NIR spektrometre ve 800-1650 nm aralıklı InGaAs dedektöre sahip NIR spektrometre ile ölçmüşlerdir. Ölçümlerin sonuçlarına bakıldığında, NIR ölçümlerinin sertlik ölçümleri ile olan ilişkisi kalibrasyon için (R^2) 0,70-0,73, test için 0,67-0,70, kabuğun kroma ($R^2=0,89$ kalibrasyon ve $R^2=0,83$ test) ve hue değerleri (kalibrasyon ve test için ($R^2=0,76$) iyi derecede korelasyon göstermiş olup “Journey” çeşidinden hıyarlar için kuru madde içeriği ise $R^2=0,65$ değeri ile saptanmıştır. Bu bulgular çerçevesinde, VIS ve NIR spektroskopinin ürünlerin sınıflandırılmasında kullanışlı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Huishan ve diğ. (2006) turunçgil meyvesinde suda çözünebilir kuru madde oranını (SSC) FT-NIR yansıma (reflectance) modunda fiber optik kullanarak ölçmüşlerdir. Ayrıca suda çözünebilir kuru madde oranı ile NIR spektrumu arasındaki model ilişkisini de değerlendirmişlerdir. Turunçgillerde ki suda çözünebilir kuru madde oranı ve NIR arasında ki ilişkilerinin analizlerinde Kısmi En Küçük Kareler Regrasyonu (Partial Least Squares) ve Temel Bileşenler Regrasyonu (Principle Component Regression) kullanmışlardır. Suda çözünebilir kuru madde oranı ve NIR spektrumlarının karşılaştırdıkları PLS modelinde $R^2=0,87$ ve $RMSECV=0,45\%$ olduğu sonuçlarına varılmıştır.

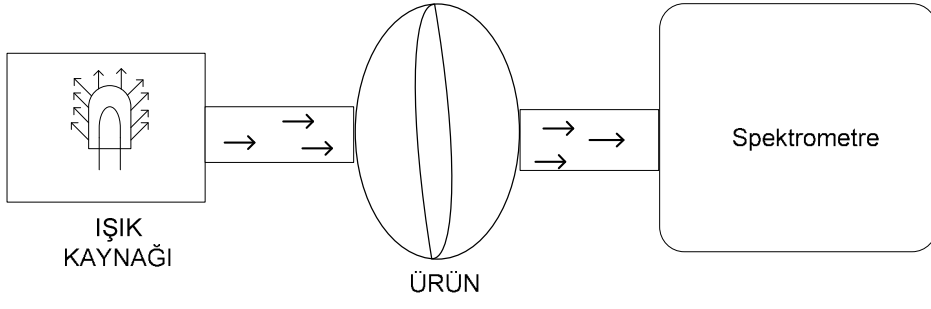
Park ve diğ. (2002) elmada standart yöntemler ile ölçtükleri suda çözünebilir kuru madde oranı ve Magness-Taylor sertlik değerleri ile VIS/NIR spektral değerleri arasındaki ilişkilere bakmışlardır. Bu çalışmada iki çeşit elma (Pennsylvania Gala ve Washington Delicious) kullanmışlardır. Suda Çözünebilir kuru madde oranının tahmin edilmesinde çıkan sonuçlara göre, NIR spektral değerler ve standart ölçümlerin kullanılması ile geliştirilen modellerde, Temel Bileşenler Regrasyonu (PCR) ve Mahalanobis Mesafe istatistik yöntemi (MD) kullanılmıştır. Bulunan sonuçlara göre, 800–1100 nm arasında Gala elmalarının suda çözünebilir kuru madde oranı için $R^2=0,934$ (RMSECV=0,279); Delicious çeşidi elmaların kuru maddesi için $R^2 =0,966$ (RMSECV=0,341). 400 - 1800 nm dalga boyları arasında sertlik tahmini için PCR modelinin kullanımı ile bulunan sonuçlarda ise Gala çeşidi için $R^2=0,218$ (RMSECV=4,91) ve Delicious çeşidi için ise $R^2=0,786$ (RMSECV=7,02) olurken, 800–1100 nm dalga boyları arasında Gala çeşidi için $R^2=0,291$ (RMSECV=4,92; 12 faktör) ve Delicious için $R^2= 0,657$ (RMSECV=7,33; 24 faktör) olarak bulunmuştur. Mahalanobis yöntemi elmaların sertliğine göre sınıflandırılmasında daha başarılı bir yöntem olarak ön plana çıkmıştır. Gala çeşidinde 400–1800 nm arasında, % 82,5 sınıflandırma başarısı elde edilirken, 800–1100 nm arasında % 80 başarı sağlanmıştır. Ayrıca, Delicious cinsinde 400–1800 nm arasında % 83,8 başarı sağlanırken, 800–1100 nm arasında % 75,3 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Sonuç olarak, spektral ölçümlerin kullanılması ile elmaların sınıflandırılmasında % 82 oranında başarı sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan spektroskopi ölçümleri çalışmalarında yansıma ve iletim spektrum ölçüm yöntemi en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Bu iki yöntem geliştirme açıklamak gerekirse; yansıma yönteminde ışık kaynağı ve dedektör ürünün aynı tarafına yerleştirilmektedir. Ürün ışık kaynağı ile aydınlatıldığında üründen yansıyan ışık dedektör tarafından algılanmaktadır (Şekil 3.7). Dedektörde ki algılayıcılar gelen ışığın her dalga boyundaki yoğunluğunu ölçmektedir. Bu da ürünün içeriğinin hesaplanmasında yardımcı olmaktadır. Bu sistemde ışığın dedektöre kolayca ulaştığı, yani ince kabuklu ürünlerin kullanılması uygun olmaktadır. Kalın kabuklu ürünlerde kabuk, ışınımın ürünün diğer tarafına yani dedektöre gelmesini engellediği için faydalı bir sonuç vermemektedir (Choi ve diğ., 2005).



Şekil 2.1. Yansıma yönteminde NIR spektrometre ile ölçüm

İletim spektral ölçüm yönteminde spektral ölçümler, tarımsal ürünlerin kalite kriterlerinin belirlenmesinde kullanılan NIR uygulamalarında olanaklar el verdiğiğinde, en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu yöntemde ürünün bir tarafından gönderilen ışık ürünün diğer tarafındaki NIR spektrometre dedektörü tarafından algılanmaktadır. İletim yönteminin en önemli avantajı, ürünü tamamen kat eden ışınlarla dayalı olarak spektrum elde edilmesidir; bu süreçte, ürün hakkında maksimum bilgi, ışınların neredeyse ürünün tamamına yakın bir bölgeyi kat etmesi ile sağlanmaktadır. Sistemin önemli bir dezavantajı da, mevcut teknikler ile bu ölçüm sisteminin her ürüne (hasarsız olarak bütün haldeki ürünler) uygulanamıyor olmasıdır; bunun nedeni olarak, ışığın bir çok ürünü (ürünün bütün olarak ele alınması durumunda) baştan sona kat edecek düzeyde olamaması ya da spektrometre dedektörlerinin ürünlerin içinden bir taraftan diğer tarafa geçen zayıf ışığı algılayamaması gösterilebilir. Ayrıca, ürünlerin iç yoğunlukları da bu yöntemde dikkate alınması gereken özelliklerdendir. Gönderilen ışınlar ürünün yoğunluğundan dolayı kayba neden olmakta ve dedektöre istenilen oranda ışın gelmemektedir. Bu nedenlerden dolayı, iletim yöntemi daha çok ışığı geçirmeye meyilli küçük yapılı ürünlere uygulanabilmektedir. Sonuç olarak bu yöntem her şartta kullanılmamaktadır. Fakat uygun ürünler üzerinde kullanıldığında iyi sonuçlar alınmaktadır (Şekil 3.8) (Chen ve Nattuvetty, 1980).



Şekil 2.2. İletim yönteminde NIR spektrometre ile ölçüm

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemede Kullanılan Meyve ve Özellikleri

Araştırmada Tokaloğlu sofralık kayısı (*Prunus armeniaca L*), çeşidi deneme materyali olarak kullanılmıştır. Kayısı örnekleri Çanakkale'nin Kepez Beldesinde bulunan ticari amaçla üretim yapan bir kayısı bahçesinden temin edilmiştir. Tokaloğlu çeşidi, dik-yayvan şekilli, ağaçları kuvvetli şekilde gelişen ve ağaç verimliliği yüksek bir çeşit olarak belirtilmektedir. Meyveleri yuvarlak şekilli ve 35-50 g ağırlığında olan Tokaloğlu çeşidi kayısılarında, meyve kabuk ($L=59.78$ $a^*=10.92$ $b^*=44.54$) ve et rengi sarı olarak tarif edilmektedir (Anonim, 2008b). Bu çeşide ait meyvelerde dikiş yeri belirgin ve simetrik iki parçadan oluşmakta olup, meyvelerin yanak oluşturma eğilimi zayıf olarak belirtilmektedir. Bu çeşide ait meyveler, tatlı, yumuşak dokulu olup, çözülebilir kuru madde içeriği % 15-18, pH değeri 3.4-3.9 arasında ve toplam asitliği % 0.9-1.4 arasında değişmektedir. Meyvelerin çekirdekleri yuvarlak şekilli, acı ve meyve etine yapışık olmayıp, ağırlıkları 2,2-2,7 g arasında değişmektedir (Anonim, 2008b).

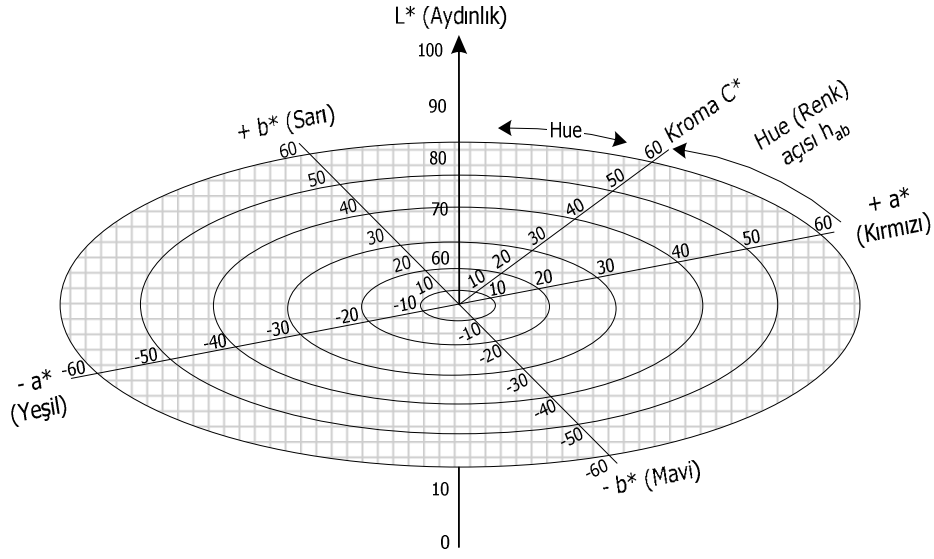
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Alet ve Cihazlar

Kayısı örneklerinin renk ölçümlerinde Minolta CR-200 model (Minolta-Konica Sensing Inc., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1).



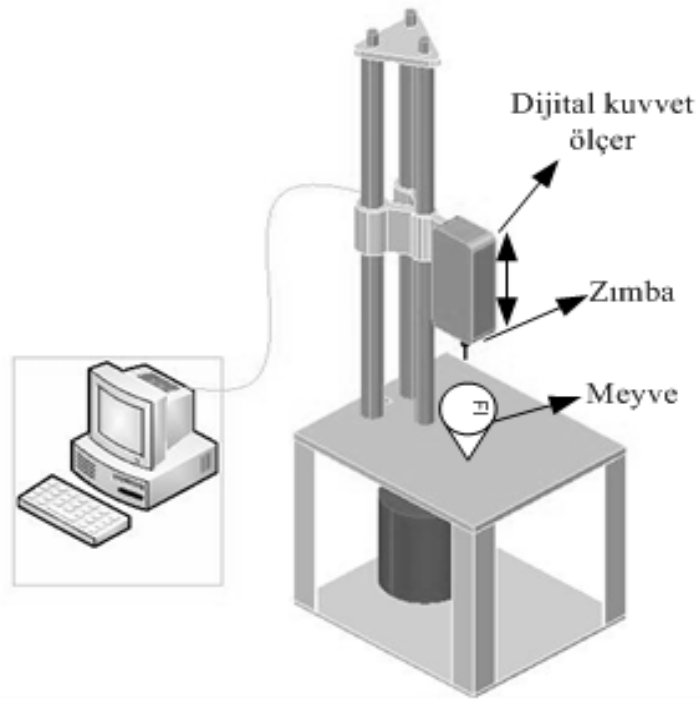
Şekil 3.1 Renk ölçüm cihazı

Renk ölçümleri CIE XYZ modunda yapılmıştır. Daha sonra CIE $L^*a^*b^*$ renk skalasına dönüştürülmüştür. İnsanın rengi algılamasına en yakın sonucu vermesinden dolayı CIE $L^*a^*b^*$ renk skalası en çok kullanılan renk skalasıdır. CIE $L^*a^*b^*$ renk skalası küre (ya da küp) formatında tasarlanmıştır. L^* eksenini yukarıdan aşağıya doğru konumlandırılmıştır. L^* 'nin maksimum olan 100 değeri beyazı temsil ederken minimum olan 0 (sıfır) değeri siyahı temsil etmektedir; a^* 'nin pozitif değeri kırmızıyı, negatif değeri ise yeşili temsil etmektedir; b^* 'nin pozitif değeri sarı rengi temsil ederken negatif b^* maviyi temsil etmektedir (Şekil 3.2) (Anonim, 1996).



Şekil 3.2 Kroma, renk (hue) ve aydınlık diagramı (1976 CIE Lab)

Kayıslı örneklerinin sertlik ölçümlerinde, meyvelerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek için daha önceden geliştirilmiş olan çeki-bası deneme düzeneği kullanılmıştır (Şekil 3.3). Bu düzeneğe taşıyıcı platform, kuvvet ölçüm cihazı ve ölçülen verilerin bilgisayar ortamına alınmasında ve kuvvet ölçüm cihazına komuta edilmesini sağlayan yazılım olmak üzere üç üiteden oluşmaktadır. Kuvvet ölçümünde Chatillon DFS-500 model dijital kuvvet ölçer (John Chatillon Sons, Inc. New York, N.Y., USA) ve yazılım olarak NEXYGEN (8600 Somerset Drive Largo, Florida 33773 U.S.A) kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Çeki-baskı deneme düzeneği



Şekil 3.4. Dijital Kuvvet Ölçüm Cihazı

Kayısı örneklerinin suda çözülebilir kuru madde oranı değerlerinin ölçülmesinde %0,2 çözünürlüğe ve 0-%32 ölçme aralığına sahip ATAGO RF-104 BP model (32-10 Honcho, Itabashi-ku, Tokyo, Japonya) refraktometre kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Refraktometre

3.1.3. FT-NIR Spektrometre ve Yansıma Yöntemi Ölçümleri

Kayısı örneklerinin spektral ölçümlerinde Bruker marka MPA (Multi-Purpose Analyzer) model FT-NIR spektrometre (Bruker Optik, GmbH, Ettlingen, Almanya) cihazı ile buna bağlı InGaAs ışık dedektörü ve yüksek yoğunluklu tungsten-halogen NIR ışık kaynağı (20 watts) kullanılmıştır. Bu spektrometre ile spektral ölçümde katılar için reflectance (yansıma) ve transmission (iletim) ayrıca sıvılar için transmission (iletim) olmak üzere üç ölçüm sistemi kullanılmaktadır. Cihazla birlikte ölçüm için fiber optik algılayıcı (prob) kullanılmıştır; bu çalışmada, kayısı örneklerinin yansıma değerleri FT-NIR spektrometrenin yansıma yönteminde, fiber optik algılayıcı yardımı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).

Yansıma spektrumu her bir örnek için hem referanstan (Spectralan[®]) ve ardından da kayısı örneğinden olmak üzere iki ölçümle gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında fiber optik algılayıcı, kayısı örneklerinin, daha sonra fiziksel ölçümlerin (renk, sertlik, suda çözülebilir katı madde oranı) de gerçekleştirildiği kısmın ortasına temas ettirilmiştir. Fiber optik algılayıcının ucunda, ışık kaynağından gelen ve dedektöre giden fiberler bir karışım halinde bulunmaktadır. Ölçüm sırasında fiber optik algılayıcının ölçümü gerçekleştiren ucunda kaynak ve dedektör fiberler rastgele

bir karışım halinde bulunarak yaklaşık 11,7 mm²'lik bir ölçüm alanı oluşturmaktadır (Şekil 3.6 ve 3.7).



Şekil 3.6. FT-NIR spektrometre ve fiber optik algılayıcı

Spektrometrenin kontrolü ve spektrum analizleri OPUS yazılımının (Bruker Optik, GmbH, Ettlingen, Almanya) kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Spektral ölçümlerde, Blackman-Harris-3-Termopodization fonksiyonu, 64 cm⁻¹'lik adım çözünürlüğü, üslü bir spektrum adım düzeltme yöntemi ve 2 değerine sahip “zero filling” faktörü kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1 Meyve Hasat ve Ölçüm Planı

Kayısı örnekleri üzerinde yapılan spektral ve fiziksel ölçümler, 8-28 Haziran 2007 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Kayısı örnekleri, Çanakkale ili Kepez Beldesinde bir üreticiye ait olan meyve bahçesinde aynı ağaçtan temin edilmiştir. Depolama için 400 adet kayısı 11 Haziran 2007 tarihinde hasat edilerek Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan soğuk hava depolarında $\pm 0,5$ °C'de ve % 90-95 oransal nem içeriğinde 11-28 Haziran 2007 tarihleri arasında depolanmıştır. Aynı zamanda 8-25 Haziran 2007 tarihleri arasında 2 gün aralıkla aynı ağaçtan periyodik hasat yapılmış ve her seferinde 50 adet kayısı örneği toplanarak (toplam 440 kayısı) aynı gün içerisinde spektroskopik ve fiziksel ölçümleri yapılmıştır (Tablo 3.1). Diğer bir deyişle, spektroskopik ve fiziksel ölçümler, yaklaşık 20 gün boyunca her 2 günde bir periyodik hasat ve depolamada

kullanılmak üzere tüm hasat yapılmış ve yaklaşık 20 günlük bir depolama periyodu boyunca iki ayrı grup üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu iki gruba ait ölçüm planı Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kayısı materyallerinin periyodik hasat ve tüm hasat için ölçüm tarihleri

Kayısı Materyallerinin Ölçüm Tarihleri																
	08	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	28
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06
Periyodik hasat	X	X	X	X		X		X		X		X		X		
Tüm hasat			X		X		X		X		X		X		X	X

Periyodik hasat için hasat tarihi: 08-06-2007; Tüm hasat için hasat tarihi: 11-06-2007

Ele alınan tüm parametrelerin (sertlik, suda çözülebilir kuru madde oranı, renk) zamanla değişimi hem belli aralıklarla, belirlenen periyot boyunca periyodik hasat örnekleri ile, hem de toplu olarak hasat edilip tüm hasatta belli bir süre bekletilen ve belli aralıklarla ölçümü yapılan örneklerde bakılmıştır.

3.2.2. Spektroskopik Ölçümler

Periyodik hasattan toplanan kayısıların ölçümleri toplandıkları gün içerisinde yapılmıştır. Soğuk hava deposunda bekletilen kayısılar ise sıcaklıklarının oda şartlarına (20-25 °C) gelmesi için yaklaşık 14 saat öncesinden depodan çıkartılarak laboratuarda bekletilmişlerdir. Spektral ölçümler FT-NIR spektrometrenin fiber optik algılayıcı ile yansıma (reflectance) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için karanlık bir ortam tercih edilmiştir. Fiber optik algılayıcı örneğe 90 °lik açıyla temas ettirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Fiber optik (IN-261) algılayıcı ile taranan dalga boyu aralığı 780-2500 nm arasında değişmiştir. Yansıma yönteminde yapılan spektral ölçümlerde örnek başına her bir spektrum için yaklaşık 15,32 sn’ lik bir zaman diliminde gerçekleşen 32

tarama gerçekleştirilmiştir. Çözünürlük 8 cm^{-1} olarak alınmıştır. Toplamda, tüm hasat ve periyodik hasat ölçümleri olmak üzere 791 ölçüm alınmıştır.

3.2.3. Fiziksel Ölçümler

Denemelerde kullanılan kayısı örneklerin fiziksel ölçüm değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Kullanılan örneklerin ağırlık ortalamaları 30,02 g ile 34,08 g arasında, suda çözünebilir kuru madde oranı ortalamaları 14,62-12,12,08 %, ve çekirdek ağırlıklarına ait ortalamalar 1,88-2,16 g arasında olup Tokaloğlu kayısı çeşidinin özelliklerini yansıtan bir görüntü çizmektedir.

Tablo 3.2. Denemede kullanılan örneklerinin fiziksel özellikleri

Ölçülen Özellikler	Uygulamalar	Ort.	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Ağırlık (g)	Periyodik hasat	34,08	22,31	50,88	5,06
	Tüm hasat	30,02	17,86	50,55	4,87
Çap (mm)	Periyodik hasat	38,37	32,77	45,20	1,97
	Tüm hasat	37,28	28,52	43,61	2,21
Boy (mm)	Periyodik hasat	38,60	32,74	47,54	2,09
	Tüm hasat	35,92	31,39	44,35	2,41
S.Ç.K.M.(%)	Periyodik hasat	14,62	8,00	25,00	2,92
	Tüm hasat	12,08	7,00	19,00	2,29
Meyve Eti	Periyodik hasat	15,24	3,08	31,92	9,80
Sertliği (N)	Tüm hasat	13,93	4,96	50,55	6,29
Chroma	Periyodik hasat	44,65	24,24	67,37	4,43
	Tüm hasat	41,79	29,73	50,64	3,43
Hue	Periyodik hasat	1,10	-1,57	1,57	0,49
	Tüm hasat	1,10	0,62	1,56	0,17
Çekirdek	Periyodik hasat	1,88	1,25	2,89	1,88
Ağırlığı (g)	Tüm hasat	2,16	1,29	3,02	0,29
Çekirdek Eni (mm)	Periyodik hasat	17,34	12,27	19,63	1,70
	Tüm hasat	18,86	12,27	24,10	2,56
Çekirdek Boyu (mm)	Periyodik hasat	22,15	19,27	24,22	1,06
	Tüm hasat	23,15	17,45	25,99	1,38

3.2.3.1. Renk Ölçümleri

Kayısı örneklerine ait renk ölçümleri spektral ölçümlerden sonra gerçekleştirilmiştir. Minolta CR-200 model kolorimetre ile beyaz zemin üzerinden referans alınmıştır. Daha sonra kayısı materyallerinin ekvatorial düzlemlerinden karşılıklı olarak iki ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.9). Renk okumaları CIE XYZ uzayında yapılmış ve daha sonra XYZ formatında ki değerler Lab (CIE $L^*a^*b^*$) renk uzayındaki değerlere dönüştürülmüştür. Chroma ve hue değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Chroma = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$Hue\ angle = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2)$$



Şekil 3.7. Tokaloğlu Kayısı örneklerinin renk ölçümü

3.2.3.2. Sertlik Ölçümleri

Kayısıların sertlik ölçümleri için 6 mm çapında paslanmaz çelikten yapılmış zımba seçilmiş ve zımba dijital kuvvetölçere bağlanarak 0.075 cm/s ilerleme hızında örneklere kuvvet uygulayarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri kayısıların spektral ölçümlerinin gerçekleştirildiği yüzde ekvator ekseninde ve karşı yüzde olmak üzere iki taraftan yapılmıştır. Sertlik ölçümlerinde, ölçümün yapıldığı bölgede herhangi bir kabuk uzaklaştırması yapılmamıştır. Her bir kayısı örneğinde ölçümler zımbanın kayısı içerisinde 6-8 mm derinliğe ulaşıncaya kadar sürdürülmüştür (Şekil 3.10). Elde edilen kuvvet değerlerinden Magness-Taylor maksimum kuvvet değeri tespit edilmiştir. Meyve sertliği aşağıdaki eşitlik aracılığıyla belirlenmiştir.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (3)$$

Burada;

σ = Gerilim (N/mm²)

F_{max} = Maksimum Kuvvet (N)

A = Zımbanın alanı (mm²)

Ancak tüm ölçümlerde aynı zımba kullanılmasından dolayı, sertliğin ifadesi olarak gerilim yerine Magness-Taylor (MT) maksimum kuvvet kullanılmıştır. Sertlik MT maksimum kuvvet dışında iki farklı şekilde de ifade edilerek kullanılmıştır. Bu ölçümler sonucunda elde ettiğimiz kuvvet-deformasyon eğrisinden elde edilen maksimum kuvvet (N) değerinin yanında, yine aynı eğriden hesaplama yolu ile elde edilen MT eğim (N/mm) ve MT alan (Nmm) sertliği ifade etmede kullanılan diğer iki değer olmuştur. MT-alan analizlerimiz (5) numaralı formül kullanılarak yapılmıştır. Ancak (6) numaralı formülde MT-alan hesaplamaları için kullanılabilir. Bu ifadeler aşağıdaki formüllerin kullanımı ile hesaplanmıştır:

$$Eğim = \frac{Kuvvet (N)}{Deformasyon (mm)} \quad (N/mm) \quad (4)$$

$$\text{Alan (enerji)} = \int_{\text{Deformasyon1}}^{\text{Deformasyon2}} f(x)dx \quad (5)$$

ya da

$$\text{Alan (Enerji)} = \frac{a \times b}{2} (\text{Nmm}) \quad (6)$$

Burada,

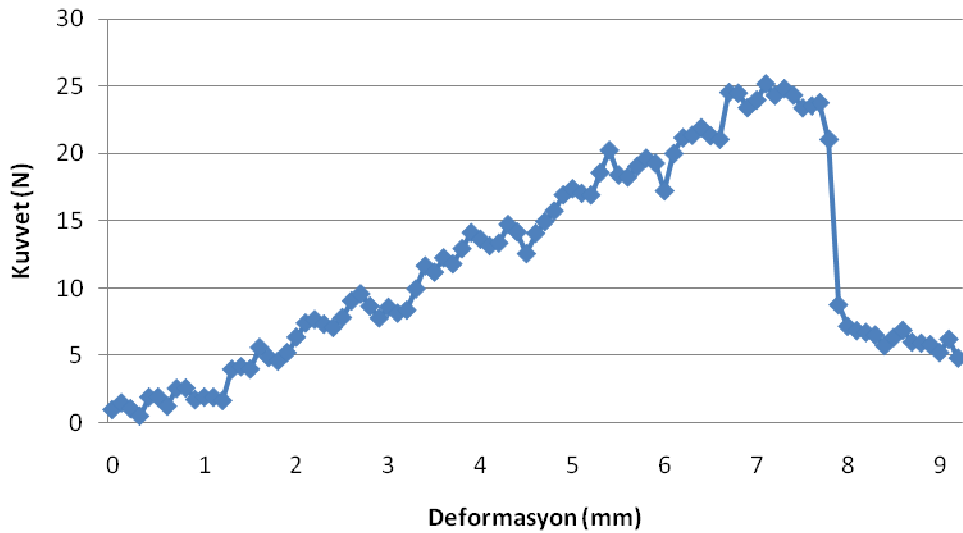
Kuvvet (N) Şekil 3.10 'daki eğrideki kuvveti,

Deformasyon (mm) aynı eğrideki yolu,

$f(x)$ yine aynı eğrinin fonksiyonunu,

a maksimum kuvvet ve deformasyonun oluşturduğu dik üçgenin taban uzunluğunu (deformasyon),

b ise dik üçgenin yüksekliğini (kuvvet), ifade etmektedir.



Şekil 3.8. Kayıslarda kuvvet-deformasyon ilişkisini gösteren grafik

3.2.3.3 Suda Çözülebilir Kuru Madde Oranı Ölçümleri

Kayısı örnekleri sertlik ölçümlerinden sonra boğum kısmından ikiye bölünmüş ve çekirdekleri çıkartılmıştır. Çıkarılan çekirdeklerin en-boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. İkiye bölünen kayısıların bir kısmı el ile sıkılarak meyve suyunun çıkması sağlanmıştır (Şekil 3.11). Çıkan meyve suyu refraktometreye damlatılarak ışıklı bir ortamda ölçümü yapılmıştır. Çıkan değerler (%) cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.9. Kayısı örneklerinin çözülebilir kuru madde içeriğinin ölçülmesi

3.2.4. Spektral Analizler

Örneklerin bağıl spektrumu örnek alımında kullanılan yazılım aracılığı ile aşağıdaki eşitliğin kullanılması sonucu elde edilmiştir.

$$\text{Bağıl Spektrum} = \frac{\text{Örneğin Spektrumu}}{\text{Standardın Spektrumu}} \quad (7)$$

780–2500 nm arasındaki dalga boyu, fiziksel kalite parametreleri ile spektral ölçümler arasındaki en iyi korelasyonları verecek optimum alt dalga boyu aralıklarını bulmak için analiz edilmiştir. Sertlik, suda çözülebilir kuru madde oranı, kroma ve

hue gibi kayısı fiziksel parametrelerinin tahmin edilmesi için “birini-dışarıda-bırak (leave-one-out)” çapraz test yöntemi aracılığı ile En Küçük Kareler (PLS) yöntemini kullanarak kalibrasyon ve test modelleri geliştirilmiştir. “Birini-dışarıda-bırak (leave-one-out)” çapraz test yönteminde, kalibrasyon bir örneğin dışarıda bırakılması ile yapılmış ve daha sonra dışarıda bırakılan örnek test aşamasında kullanılmıştır. Bu süreç, tüm örnekler test sürecinde bir kez kullanılabilece kadar devam etmiştir. Kalibrasyon modelinin performansı ayrı ayrı tekrar kalibrasyon ve test süreçlerinin ortalamalarına bağlı olarak belirlenir.

PLS (En Küçük Kareler) analizlerinde, kalibrasyon modellerinin performanslarında bir iyileşme yaratıp yaratmayacağını ortaya çıkarmak için kayısı spektrumlarına farklı işleme teknikleri uygulanmıştır. Bu amaçla, kalibrasyon modellerinin oluşturulmasında, Tokaloğlu kayısı örneklerine ait spektrumların işlenmesi için üç farklı süreç izlenmiştir. İlk olarak, düzleştirme (smoothing) dışında her hangi bir ön işleme yapılmaksızın bağımlı spektrumlar PLS analizlerinde kullanılmışlardır. İkinci olarak, aşağıda verilen spektrum işleme teknikleri sırasıyla spektrumlara uygulanmıştır: ”constant offset elimination (sabit farklılıkların eliminasyonu) , min-max normalization (minimum-maksimum normalizasyonu), vector normalization (vektör normalizasyonu), straight line subtraction (düz doğru çıkarımı), first derivative (birinci türev), second derivative (ikinci türev)” ve “multiplicative scattering correction (artan dağılım düzeltmesi)”. Son olarak, iki işleme tekniği birbiri ardına olmak üzere kayısı spektrumlarına uygulanmıştır: “first derivative” ve “straight line subtraction”, “first derivative” ve “vector normalization” ve son olarak “first derivative” ve “multiplicative scattering correction.” “Mean centering (Ortalama merkezleme)” PLS analizlerinde kullanılan (işlenen-işlenmeyen) tüm spektrumlara uygulanmıştır.

PLS analizlerinde kalibrasyon modellerinin ve test modellerinin oluşturulmasında OPUS (Bruker Optik, GmbH, Ettlingen, Almanya) yazılımı kullanılmıştır. Kararlılık katsayısı (R^2) kalibrasyon aşamasında değerlendirilen tahminin hata kareler ortalaması (RMSEE) ve çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması (RMSECV) parametreleri geliştirilen kalibrasyon modellerinin performanslarını sınamak için kullanılmıştır.

$$RMSEE = \sqrt{\frac{1}{N_c - R - 1} \sum_{i=1}^{N_c} (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (8)$$

$$RMSECV = \sqrt{\frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (9)$$

Burada; RMSEE : Tahminin hata kareler ortalaması,

RMSECV: Çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması,

N_c : Kalibrasyonda kullanılan örnek sayısı,

N_p : Test aşamasında kullanılan örnek sayısı,

R : Rank (Faktör sayısı),

i : Örnek indisi,

\hat{y}_i : Tahmin edilen değer

y : Ölçülen değer

BÖLÜM.4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Kayısı Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

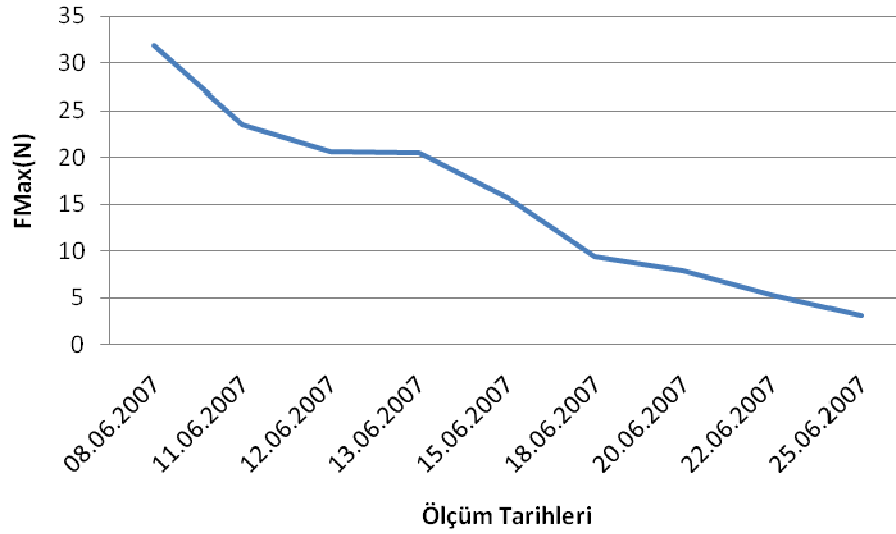
Tokaloğlu kayısı örneklerinin (periyodik hasattan ve tüm hasattan) suda çözülebilir kuru madde oranı ve Magness-Taylor (MT) sertlik ölçümlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1.'de bulunmaktadır. MT maksimum kuvvet değerlerine göre tüm hasat koşullarında ortalama değer 13,93 N (S.S=6,29) gibi düşük bir değer çıkarken periyodik hasattan toplanan meyvelerin MT maksimum kuvvet değerleri 15,24 N (S.S=9,80) olarak bulunmuştur. MT eğim değerlerine bakıldığında periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları arasında ortalama ve standart sapmalar açısından pek fazla fark olmadığı görülmektedir. MT Eğim için periyodik hasat ortalaması 2,50 N/mm (S.S=1,72) olurken, tüm hasat için olan ortalama 2,10 N/mm (S.S=1,03) olarak bulunmuştur. MT alan değerlerinde ki ortalamalar ise periyodik hasat için 46,02 Nmm (S.S=35,07) ve tüm hasat için ise 42,64 Nmm (S.S=22,02) olarak belirlenmiştir. İki uygulama için suda çözülebilir kuru madde oranına (%) bakıldığında, tüm hasat koşullarında bu değer 12,08 % (S.S=2,29) olurken, periyodik hasattan alınan örneklerde bu değer, 14,62 % (S.S=2,92) olarak belirlenmiştir. Tablo 4.1'den de görüleceği üzere, ortalama sertlik değerleri (MT maksimum kuvvet, MT eğim, MT alan) ve standart sapma değerleri periyodik hasat için tüm hasatta olan örneklere göre daha yüksektir.

Periyodik hasat ölçümleri için MT maksimum kuvvet değişim grafiğinden (Şekil 4.1) de anlaşılacağı gibi 8 Haziran 2007 tarihinden tam olgun olmadan toplanan örneklerin zaman ilerledikçe olgunlaştığı ve bu sayede MT maksimum kuvvet değerlerinde zamanla doğrusala yakın bir düşüş yaşandığı görülmektedir (Şekil 4.1). Ayrıca eğim-zaman grafiğinden de anlaşılacağı gibi (Şekil 4.2) zaman ilerledikçe örneklerin olgunlaşmaya başlamasıyla birlikte, eğim değerlerinde MT maksimum kuvvette olduğu gibi doğrusala yakın bir şekilde düşüş olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

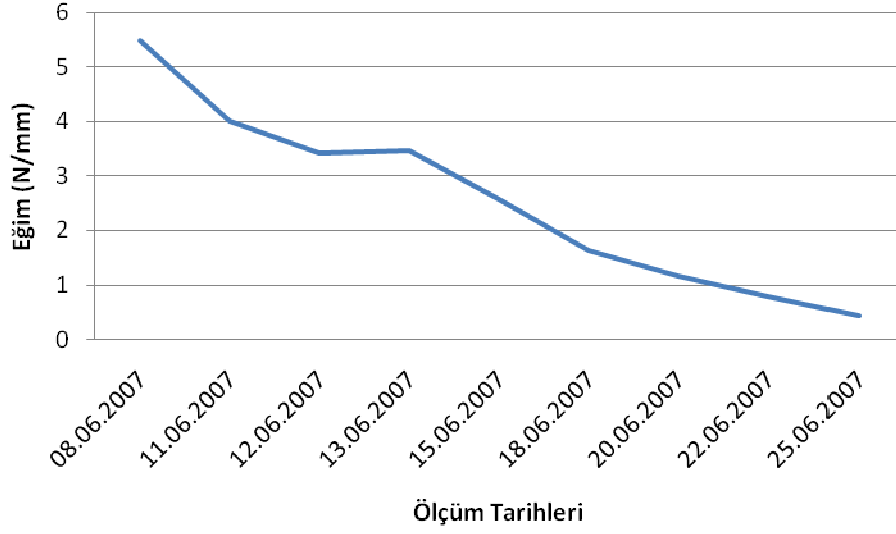
Tablo 4.1. Kayısıda iki farklı uygulama için suda çözülebilir kuru madde içeriği, MT maksimum kuvvet, eğim, alan, kroma ve hue değerlerinin ortalama ve standart sapmaları

Uyg.	Adet	Kroma		Hue		Suda Çözülebilir Kuru Madde Oranı (%)		MT Maksimum Kuvvet (N)		MT Eğim (N/mm)		MT Alan (Nmm)	
		Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.
		Tüm hasat	400	41,79	3,42	1,10	0,17	12,08	2,29	13,93	6,29	2,10	1,03
Periyodik hasat	441	44,65	4,42	1,10	0,49	14,62	2,92	15,24	9,80	2,50	1,72	46,02	35,07

S.S: Standart Sapma

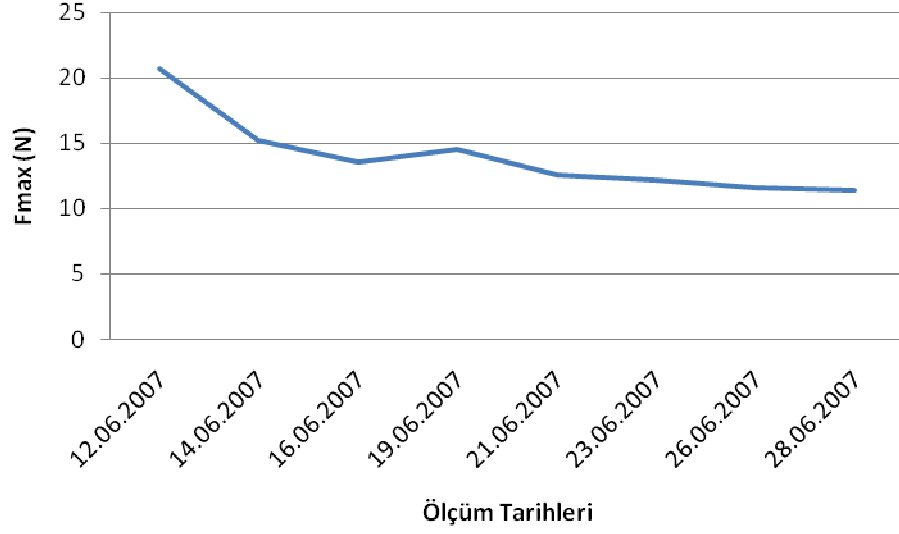


Şekil 4.1.Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin MT maksimum kuvvet-ölçüm zamanı değişim grafiği

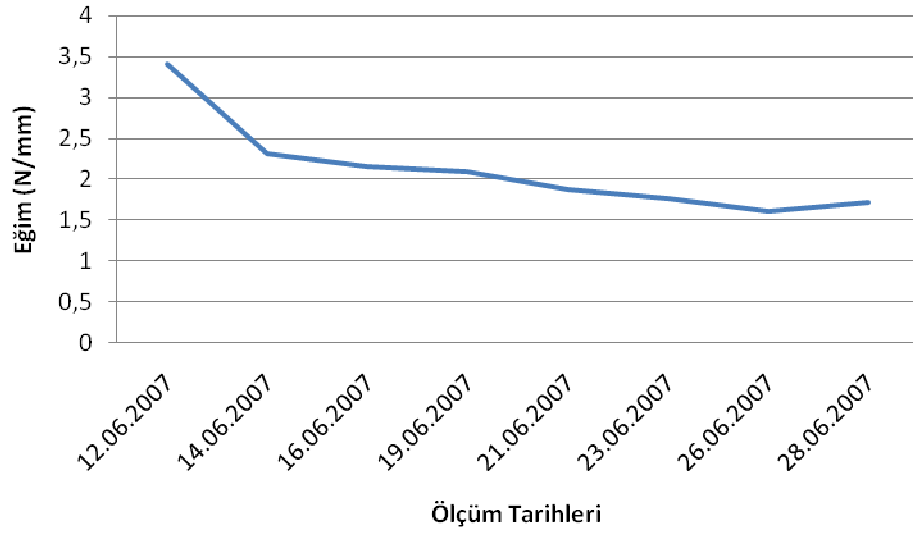


Şekil 4.2.Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin MT eğim-ölçüm zamanı değişim grafiği

Tüm hasat koşullarında beklenen örneklerin MT maksimum kuvvet değişim grafiğine bakıldığında, ilk ölçümün yapıldığı günden son ölçümün yapıldığı güne kadar olan sürede maksimum kuvvet değerlerinde yaklaşık olarak %50 oranında bir düşüş olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Fakat bu düşüşün belli bir süre sonra hızını kaybederek ilerlediği grafikte belirtilmiştir. MT eğim grafiği içinde hemen hemen aynı yargıya varılabilir (Şekil 4.4). Tüm hasat koşullarındaki kayısı örneklerinin tüm hasatta belli şartlar altında (% 90-95 oransal nem içeriği ve $\pm 0,5$ °C) bekletilmesiyle olgunlaşmalarının bir sonucu olarak belli bir süre sertliklerinde bir azalma görüldüğü, ilerleyen zamanda ise sertlikteki azalmanın yavaşladığı görülmüştür (Şekil 4.4).



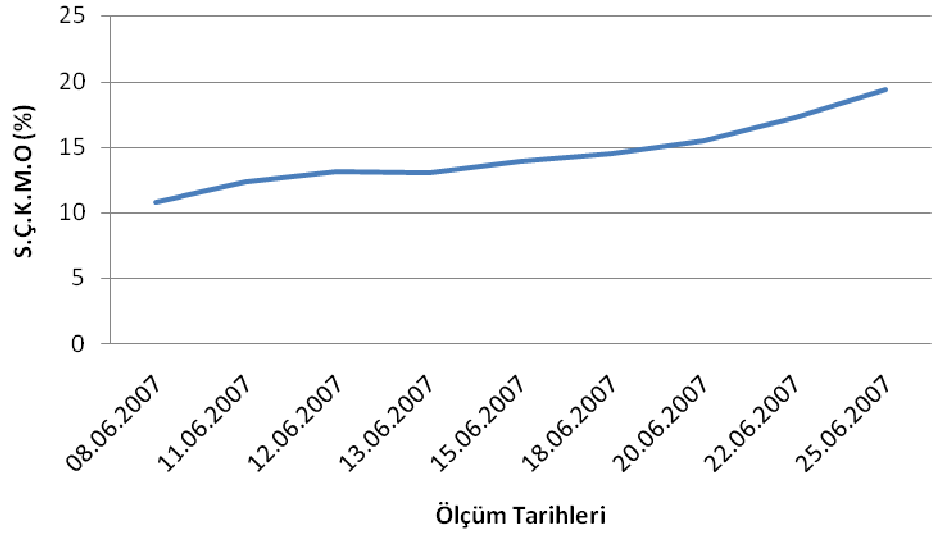
Şekil 4.3. Tüm hasatta bekletilen örneklerin MT maksimum kuvvet-ölçüm zamanı değişim grafiği



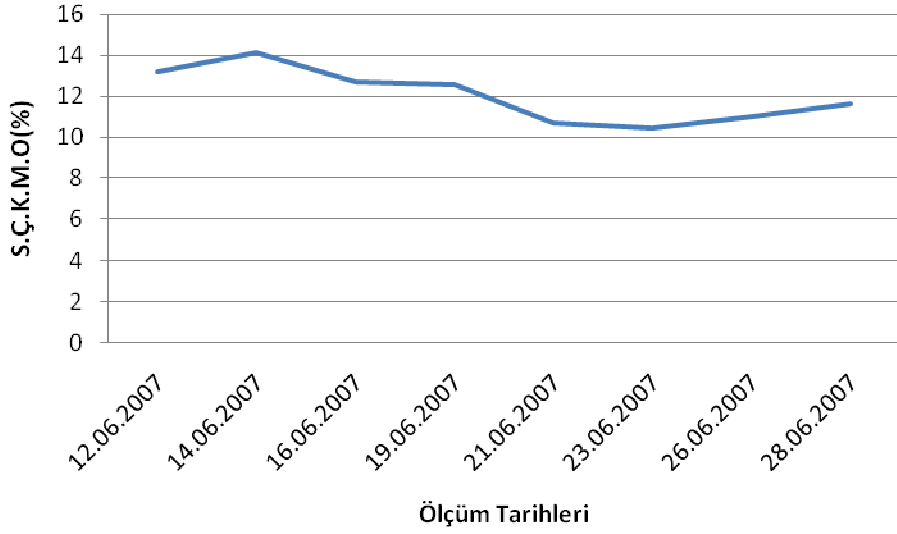
Şekil 4.4. Tüm hasatta bekletilen örneklerin MT eğim-ölçüm zamanı değişim grafiği

Tüm hasat koşullarında bekletilen kayısı örneklerinin kroma değerlerinin ortalamasının 41,79 (S.S=3,42) ve hue değerlerinin ortalamasının ise 1,10 (S.S=0,17) olduğu bulunmuştur. Periyodik hasattan alınan örneklerin ortalamaları ise kroma değerleri için 44,65 (S.S=4,42) olurken ve hue değerlerinin ortalamaları 1,10 (S.S=0,49) olarak belirlenmiştir. Tablo 4.1'den de görüleceği üzere kroma değerlerinde ağacın ortalamaları ve standart sapmaların tüm hasattan alınan örneklere göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Periyodik olarak hasat edilen örneklerin aynı gün yapılan ölçümlerinde zamanla suda çözülebilir kuru madde oranının örneklerin olgunlaşmanın etkisi ile artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.5). Bununla birlikte, tüm hasat ortamında bekletilen örneklerde ilk tüm hasat tarihinden itibaren suda çözülebilir kuru madde oranında belli bir artış olduğu ancak zamanla bu değerde düşüş olduğu görülmektedir. Tüm hasat süresinin sonuna doğru suda çözülebilir kuru madde oranında tekrar artışın başladığı görülmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin suda çözülebilir kuru madde içeriği-ölçüm zamanı değişim grafiği



Şekil 4.6. Tüm hasatta bekletilen örneklerin suda çözülebilir kuru madde içeriği-ölçüm zamanı değişim grafiği

4.2. Sertliğin Tahmin Edilmesi

Tüm hasat ve periyodik hasattan toplanan örneklerin sertlik değerleri (standart ve spektral ölçüm değerlerinin kullanılması ile) PLS metoduna göre değerlendirilip Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. En iyi sertlik tahmini periyodik hasat koşullarında ki kayıslar için elde edilirken, tüm hasatta bekletilen kayıslar için yapılan tahmin değerleri düşük olmuştur. Periyodik hasattan hasat edilen kayıslar için MT maksimum kuvvetin kullanılması ve test aşaması için PLS analizleri sonucun da elde edilen kararlılık katsayısı (R^2) 0,80 (RMSECV=4,68) (Şekil 4.7), tüm hasatta bekletilen kayıslar için $R^2=0,41$ ve RMSECV=5,11 (Şekil 4.8) olarak elde edilmiştir. Kalibrasyon sürecinde ise, MT maksimum kuvvetin kullanılması ile elde edilen kararlılık katsayısı ve kök ortalama kare hataları periyodik hasat koşullarında ki kayıslar için sırasıyla $R^2=0,82$ ve RMSEE=4,45 olurken tüm hasat koşullarında ki kayıslar için $R^2=0,47$ ve RMSEE=4,65 olmuştur. Tüm hasattaki ürünler için elde edilen sonuçlar yeteri kadar iyi olmazken, periyodik hasattan alınan örnekler için elde edilen değerler son derece iyi olmuştur. Periyodik hasattan alınan örnekler için test aşamasında elde edilen yüksek kalibrasyon ($R^2=0,80$) değerleri, meyve sertliğinin (MT maksimum kuvvet) FT-NIR spektroskopi yardımı ile hasarsız olarak tahmin edilebileceğini söylenebilir. Bununla birlikte, tüm hasat koşullarındaki

örnekler için elde edilen kalibrasyon değerleri düşük olmuştur. Daha önceki bir çalışmada, Lu ve diğ. (2000) farklı elma çeşitlerinde sertliğin NIR spektroskopi kullanarak tahmin edilmesine yönelik yürüttükleri çalışmalarında, MT maksimum kuvvetin NIR yansıma spektrumlarının kullanılması ile tahmin edilmesinde elde ettikleri kararlılık katsayısı $R^2=0,58$ olarak bulmuştur.

Tüm hasatta beklenen kayıslar için elde edilen düşük sertlik tahmin başarısı, bu örnek grubu için sertliğin yeteri kadar değişken olmamasından kaynaklanabilir. Periyodik hasattaki örnekler için ise, ürünlerde olgunlaşma devam ettiği için, sertlik değerlerinde ki varyasyon daha fazladır. Bu durum tablo 4.2'den de görülebilir. İyi modellerin kurulması için çalışılacak örnek grubunda yeterince varyasyon olması istenmektedir.

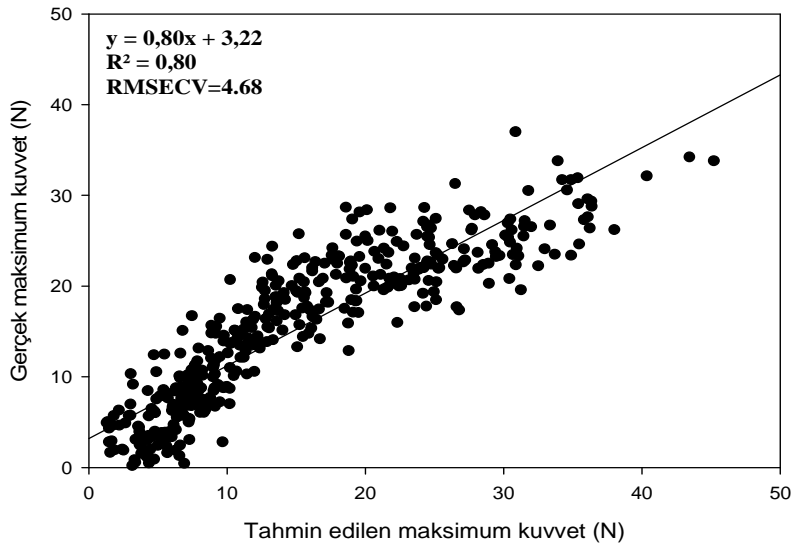
Tablo 4.2. Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için sertlik ölçümlerinin kalibrasyon ve test değerleri

Uygulama Modelleri	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Kalibrasyon		Test	
				R^2	RMSEE	R^2	RMSECV
MT-Maks. Kuv.	Periyodik hasat	MMN	10	0,82	4,45	0,80	4,68
	Tüm hasat	VN	11	0,47	4,65	0,41	5,11
MT-Eğim	Periyodik hasat	MMN	10	0,79	0,83	0,77	0,88
	Tüm hasat	COE	12	0,56	0,69	0,47	0,80
MT-Alan	Periyodik hasat	COE	10	0,75	20,10	0,71	21,00
	Tüm hasat	SLS	11	0,44	16,60	0,36	18,20

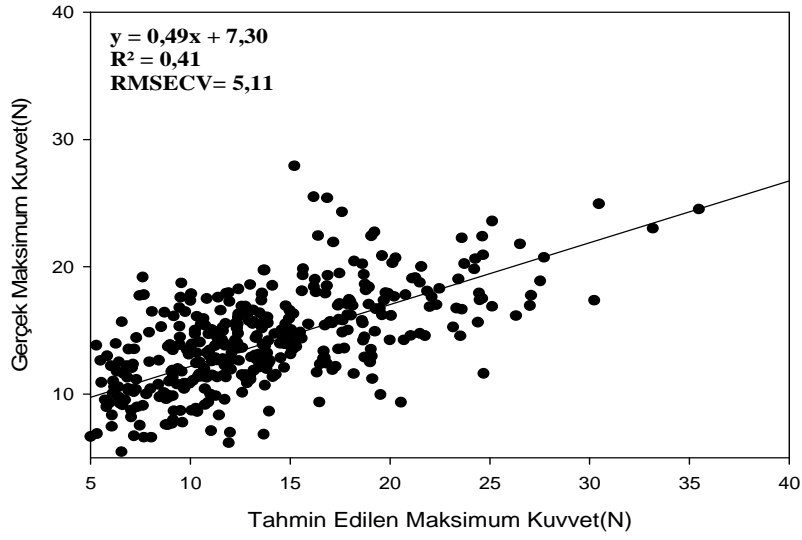
R^2 : Kararlılık katsayısı; RMSEE: Tahminin hata kareler ortalaması; RMSECV: Çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması; COE: Sabit farklılıkların eliminasyonu. MMN: Minimum-Maksimum normalizasyonu, VN: Vektör normalizasyonu SLS: Düz doğru çıkarımı.

Tablo 4.2'den de anlaşılacağı gibi MT eğim değerlerinin her iki hasat için MT maksimum kuvvet değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Periyodik hasat'tan hasat edilen kayısı örneklerinin test aşaması için PLS analizleri sonucunda elde edilen kararlılık sayısı (R^2) 0,77 (RMSECV=0,88) (Şekil 4.9), tüm hasatta bekletilen kayısılar için (R^2) 0,47 ve RMSECV=0,80 (Şekil 4.10) olarak değerlendirilmiştir. Kalibrasyon aşamasında, PLS analiz yöntemine göre belirlenen kararlılık katsayısı periyodik hasattan toplanan kayısı örnekleri için (R^2) 0,79 (RMSEE=0,83) ve tüm hasat koşullarında bekletilen kayısılar için (R^2) 0,56 ve RMSEE=0,69 olarak bulunmuştur.

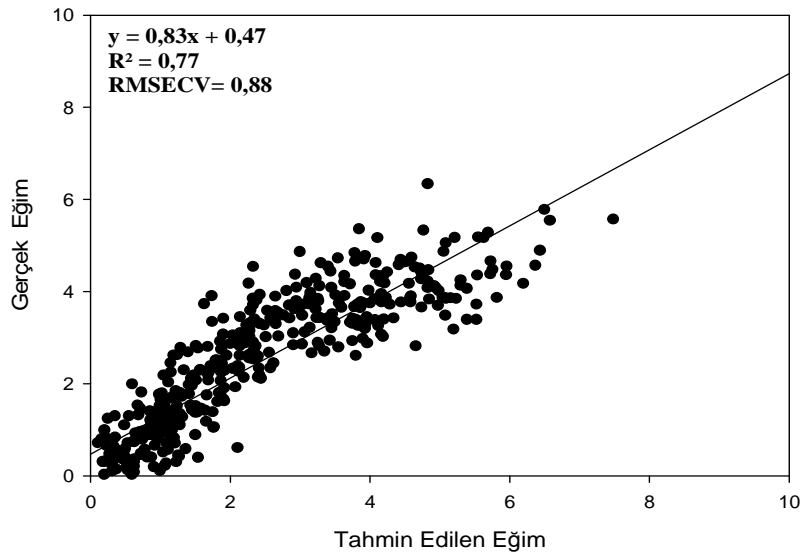
MT-alan sonuçlarına bakıldığında, periyodik hasat için elde edilen tahmin değerlerinin diğer sertlik değerlendirmelerinde olduğu gibi (MT maksimum kuvvet ve eğim), tüm hasat için olanlara göre yüksek olduğu görülmektedir. Periyodik hasattan alınan örneklerin test aşaması için kararlılık değerleri (R^2) 0,71 (RMSECV=21) (Şekil 4.11); tüm hasat için (R^2) 0,36 (RMSECV=18,2) (Şekil 4.12) olmaktadır. Kalibrasyon aşamasında ise, PLS yöntemine göre çıkan analiz sonuçlarına göre periyodik hasat için kararlılık katsayısı (R^2) 0,75 (RMSEE=20,1) tüm hasat için (R^2) 0,44 (RMSECV=16,6) olarak bulunmuştur.



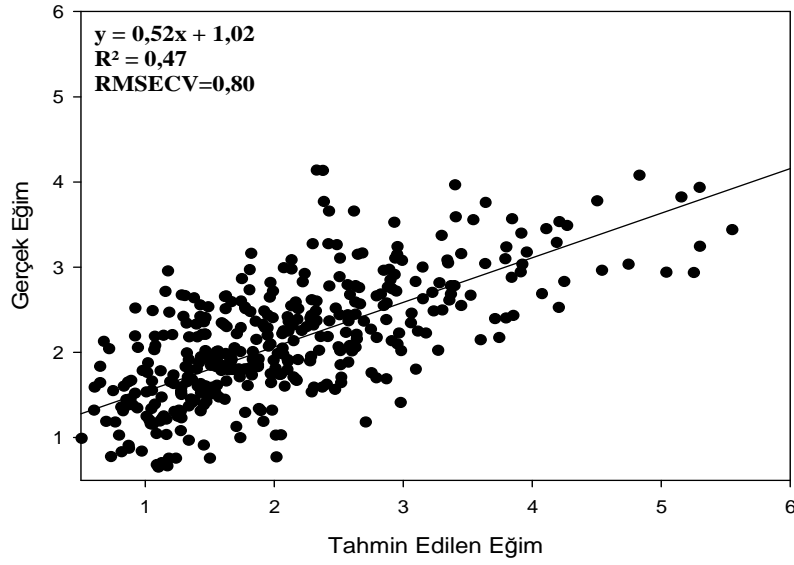
Şekil 4.7. MT-maksimum kuvvetin periyodik hasattan periyodik olarak toplanan kayısılar için tahmin edilmesi



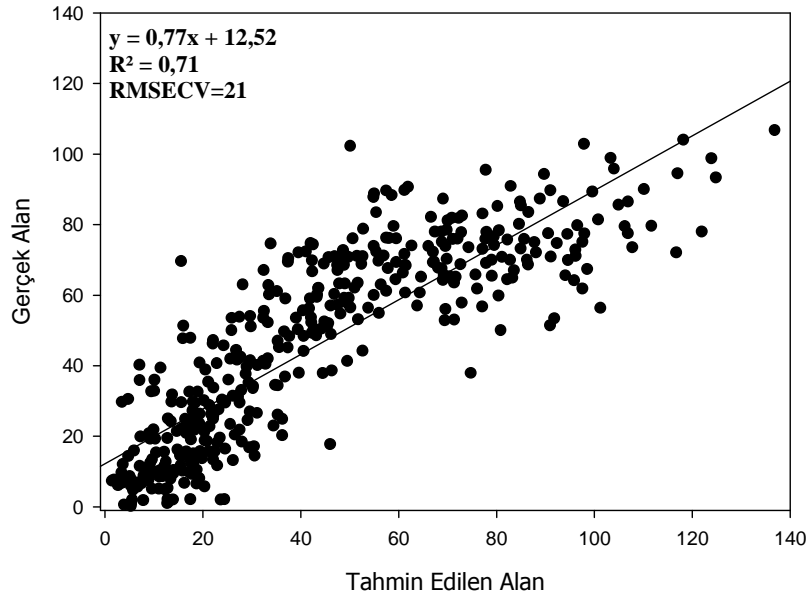
Şekil 4.8 MT-maksimum kuvvetin tüm hasatta bekletilen kayıslar için tahmin edilmesi



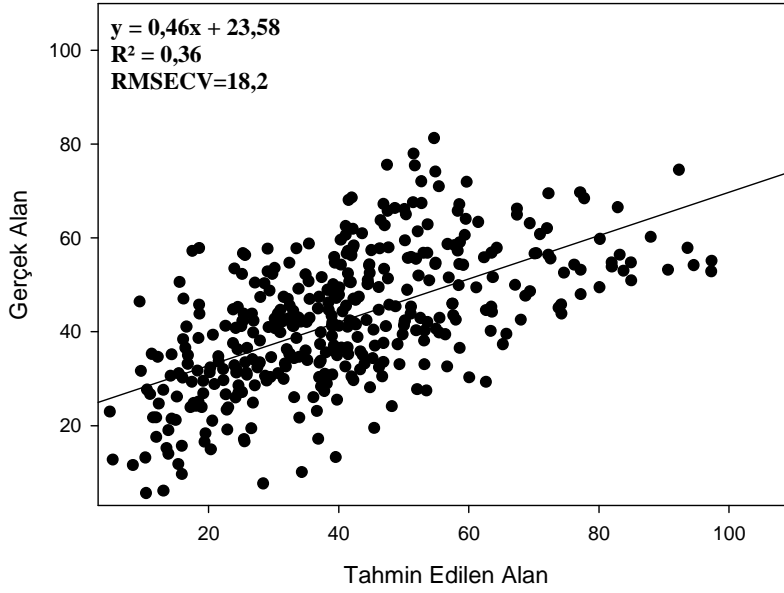
Şekil 4.9. Periyodik hasattan toplanan örnekler için tahmin edilen eğim ile gerçek eğim arasında ki ilişki



Şekil 4.10. Tüm hasat için tahmin edilen eğim ile gerçek eğim arasında ki ilişki



Şekil 4.11. Periyodik hasat için tahmin edilen MT-alan ile gerçek MT-alan arasında ki ilişki



Şekil 4.12. Tüm hasat için tahmin edilen MT-alan ile gerçek MT-alan arasında ki ilişki

MT maksimum kuvvet, eğim ve alanın FT-NIR spektroskopisi kullanılarak tahmin edilmesinde, belirlenen etkili dalga boyu ve etkili pikler tablo 4.3'te verilmiştir. MT maksimum kuvvetin periyodik hasat için etkili dalga boyu aralıkları 800-1836, 2173-2355, 800-2355 nm aralıklarında olup, etkili pikleri 2380, 2370, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nm piklerdir. tüm hasat'ın en etkili dalga boyu aralığı ise 800-2355 nm'ler arasında olmuştur. Bu aralıklar içinde 2429, 2370, 2315, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 976 nm 'deki pikler belirgin olanlarıdır. MT eğim için etkili dalga boylarına bakıldığında ise MT maksimum kuvvet ile birbirine yakın etkili dalga boylarına ve piklere sahip olduğunu görebilmekteyiz.

MT eğimin tahmin edilmesinde, periyodik hasat için belirlenen etkili dalga boyları ve pikler MT maksimum kuvvetin içerdiği aralıklarla ve piklerle aynı olmaktadır. MT eğimin tahmin edilmesinde, tüm hasat için ise etkili dalga boyu aralıkları 800-2175 nm arasındadır. Etkili pikler ise 2414, 2380, 2370, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nm'deki pikler olmaktadır.

MT-alanın tahmin edilmesinde belirlenen etkili dalga boyları ve pikler ise, diğer iki analiz sonuçları gibi paralellik göstermektedir. Etkili pikler periyodik hasat için 2414, 2380, 1926, 1783, 1443, 1166, 975 nm'deki pikler olurken, tüm hasat için 2442, 2380, 2315, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nm'deki pikler en etkili pikler olarak değerlendirilmiştir. Etkili dalga boylarına baktığımızda periyodik hasat uygulamaları için 800-1836 ve 2174-2355 nm'deki aralıklar olduğu görülmektedir. Tüm hasat kayısları için 800-2175 dalga boyu aralığı en etkili aralıktır.

Genel olarak sonuçlara bakıldığında kayısıda sertlik özelliğinin FT-NIR spektroskopisi kullanarak tahmin edilmesi, periyodik hasat koşullarında ki kayıslar için, tüm hasatta bekletilen kayıslara oranla çok daha başarılı olarak gerçekleşmiştir. Bu durum periyodik hasattan belli aralıklarla hasat edilen kayıslarda tüm hasattakilere oranla sertlikteki yüksek varyasyon ile açıklanabilir. Periyodik hasattaki meyvelerin hasat periyodu boyunca olgunluklarına devam etmesi bu durum için bir etken olarak gösterilebilir. Diğer taraftan tüm hasattaki kayıslar hasat edildikten sonra olgunluk evreleri devam edebilmekte ve periyodik hasatta ki meyveler kadar olgunluklarını tam anlamıyla tamamlayamamaktadırlar.

Tablo 4.3.Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında maksimum kuvvet ve eğim için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler

Uygulama Modelleri	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Pikler(nm)	Etkili Dalga Boyu aralığı (nm)
MT-Maks. Kuvvet	Periyodik Hasat	MMN	10	2380, 2370, 1926, 1783, 1443, 1166, 975	800-1836 2173-2355 800-2355
	Tüm hasat	VN	11	2429, 2370, 2315, 1926, 1783, 1443, 1166, 976	800-2355
MT-Eğim	Periyodik Hasat	MN	10	2389, 2365, 1925, 1783, 1444, 1163, 976	800-1836 2173-2355 800-2175
	Tüm hasat	COE	12	2414, 2380, 2370, 1926, 1783, 1443, 1166,975	800-2175
MT-Alan	Periyodik Hasat	COE	10	2414, 2380, 1926, 1783, 1443, 1166, 975	800-1836 2174-2355
	Tüm hasat	SLS	11	2442, 2380, 2315, 1926, 1783, 1443, 1166, 975	800-2175

COE: Sabit farklılıkların eliminasyonu. MMN: Minimum-Maksimum normalizasyonu, VN: Vektör normalizasyonu., SLS: Düz doğru çıkarımı.

4.3. Suda Çözülebilir Kuru Madde Oranının Tahmin Edilmesi

Kayısı örneklerinin suda çözülebilir kuru madde oranı değerleri tablo 4.4'te verilmiştir. İki uygulamanın (periyodik hasat ve tüm hasat) koşulları PLS analiz yöntemine göre yapılan değerlendirmelerinde, iyi düzeyde sayılabilecek sonuçlar elde edilmiştir. Her iki uygulamada ki kayıslar için PLS analiz yöntemine göre elde edilen sonuçlar birbirine çok yakın olmaktadır. Test aşaması için periyodik hasattan alınan örnekler PLS analiz yöntemi ile yapılan analizlerde kararlılık katsayısı $R^2=0,75$ (RMSECV=1,51) (Şekil 4.13) ve tüm hasat koşullarındaki kayıslar için $R^2=0,74$ (RMSECV=1,36) olmuştur (Şekil 4.13). Kalibrasyon aşamasında ise suda çözülebilir kuru madde içeriği ile elde edilen kararlılık katsayısı ve kök ortalama kare hataları periyodik hasat koşullarında ki kayıslar için $R^2=0,77$ (RMSEE=1,45) olurken, tüm hasat koşulunda ki kayıslar için $R^2=0,76$ (RMSEE=1,31) olmuştur.

Tablo 4.4. Suda çözülebilir kuru madde içeriğinin tahmin edilmesinde periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için kalibrasyon ve test aşaması değerleri

Uygulama Modeli	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Kalibrasyon		Test	
				R^2	RMSEE	R^2	RMSECV
Kuru Madde İçeriği (%)	Periyodik hasat	VN	7	0,77	1,45	0,75	1,51
	Tüm hasat	MN	8	0,76	1,31	0,74	1,36

R^2 : Kararlılık katsayısı; RMSEE: Tahminin hata kareler ortalaması; RMSECV: Çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması, MMN: Minimum-Maksimum normalizasyonu, VN: Vektör normalizasyonu.

Tablo 4.5'te görüldüğü üzere suda çözülebilir kuru madde içeriğinin etkili olduğu dalga boylarına bakıldığında, periyodik hasat için 1333-1836 nm arasında olduğu görülürken en etkili piklerin 2471, 2380, 1926, 1783, 1844, 1166, 975 nm olduğu görülmektedir. Tüm hasat uygulamalarına bakıldığında etkili dalga boylarının 1333-1836 nm ve 2173-2300 nm arasındadır. Etkili piklerin ise 2486, 2312, 1926, 1783, 1443, 1166 nm'de olduğu görülmüştür. Liu ve Ying (2005) elmalarda suda çözünebilir kuru madde oranı için en iyi kolerasyon değerinin ($R^2=0,91$,

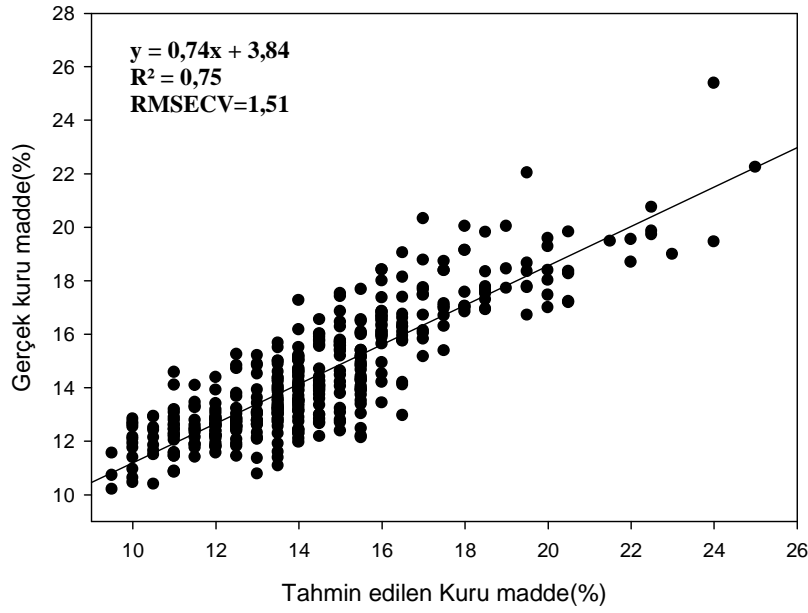
RMSECV=0,54) 812-2357 nm arasında ki dalga boyu aralıklarında olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4.5. Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında çözülebilir kuru madde içeriği için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler

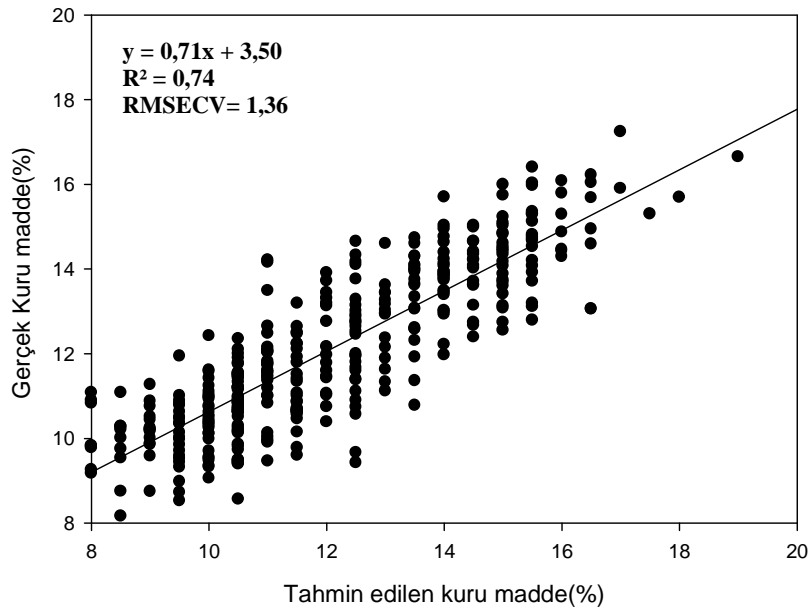
Uygulama Modelleri	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Pikler(nm)	Etkili Dalga Boyu aralığı
Kuru Madde İçeriği (%)	Periyodik Hasat	VN	7	2471,2380,1926 1783,1844,1166	1333-1836
			8	2486,2312,1926	1333-1836
	Tüm Hasat	MMN		1783,1443,1166	2173-2300

MMN: Min-max normalization, VN: Vector normalization.

Park ve diğ. (2002) Gala elmasında 400-1800 nm arasındaki dalga boylarında suda çözülebilir kuru madde oranının tahmin edilmesinde kararlılık katsayısını (R^2) 0,74 ve 800-1100 nm aralıklarında ise $R^2=0,93$ gibi olarak elde etmişlerdir. Gomez ve diğ. (2006) mandarina da yaptıkları çalışmada, suda çözünebilir kuru madde oranı tahmininde $R^2=0,96$ gibi yüksek ilişkili bir korelasyon değeri elde etmişlerdir. McGlone ve Kawano (1998) kivi için iyi bir tahmin değeri ($R^2=0,90$) elde etmişlerdir. Periyodik hasattan hasat edilen kayısı örneklerinin suda çözülebilir kuru madde içeriklerinin zamanla arttığı, tüm hasatta beklenen örneklerin ise suda çözülebilir kuru madde oranında önce bir artış daha sonra azalış ve tüm hasat süresinin sonuna doğru tekrar bir artış olduğu görülmüştür. Her iki uygulamada (tüm hasat, periyodik hasat) suda çözülebilir kuru madde oranlarının PLS analiz yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda iyi korelasyon ilişkilerini gösteren yüksek kararlılık değerlerine ulaşılmıştır. Bundan dolayı da suda çözülebilir kuru madde içerikleri tahmininin FT-NIR spektroskopisi kullanarak her iki uygulama (periyodik hasat-tüm hasat) için de başarılı bir şekilde yapılabilmektedir.



Şekil 4.13. Tahmin edilen suda çözülebilir kuru madde oranı ile gerçek suda çözülebilir kuru madde oranı arasında ki ilişki (Periyodik hasat)



4.14. Tüm hasat için tahmin edilen suda çözülebilir kuru madde oranı ile gerçek suda çözülebilir kuru madde içeriği arasında ki ilişki

4.4. Renk Değerlerinin İrdelenmesi

Renk değeri kroma ve hue'nun tahmin edilmesi ile ilgili sonuçlara bakıldığında, kayısı örneklerinin kabuk kroma ve hue değerlerinin tahminine yönelik korelasyon değerlerinin düşük olduğu görülmektedir (Tablo 4.6). Periyodik hasat uygulamalarında test aşaması için kararlılık katsayısı kroma için $R^2=0,55$ ve $RMSECV=3,38$ olurken (Şekil 4.15) hue değeri $R^2=0,16$ ve $RMSECV=0,49$ olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16). tüm hasat uygulamaları için ise kroma değerleri $R^2=0,40$ ve $RMSECV=2,73$ (Şekil 4.17); hue değerleri $R^2=0,26$ ve $RMSECV=0,14$ olduğu bulunmuştur (Şekil 4.18) (Tablo 4.6). Kalibrasyon aşaması test aşaması ile paralel sonuçlar göstermektedir. Kalibrasyonda aşamasında tüm hasat uygulamalarında kroma için kararlılık katsayısı (R^2) 0,44 ($RMSEE=2,69$) olurken, hue için R^2 değeri 0,28 ($RMSEE=0,14$) olmaktadır. Periyodik hasat uygulamasına bakıldığında kalibrasyon aşamasında kararlılık katsayısı (R^2) 0,63 ($RMSEE=3,15$) ve hue için R^2 0,17 ($RMSEE=0,48$) olmaktadır. Genel olarak renk değerlerine bakıldığında kromanın tahmin edilmesinde elde edilen korelasyon değerleri, hue değerlerine göre daha iyi olduğu görülmektedir. Renk değerlerinin tahmin sonuçları diğer yapılan çalışmalarla kıyaslandığında, düşük değerler elde edildiği görülmüştür. Noh ve ark. (2007) yaptıkları elma çalışmasında yansıma metodunda kararlılık katsayısı (R^2) değerlerinin kroma için 0,84-0,83 ve hue için kararlılık katsayısı (R^2) değerlerini 0,98-0,95 olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.6. Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için kroma ve hue değerlerinin kalibrasyon ve test aşaması değerleri

Uygulama Modelleri	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Kalibrasyon		Test	
				R ²	RMSEE	R ²	RMSECV
Kroma	Periyodik hasat	COE	10	0,63	3,15	0,55	3,38
	Tüm hasat	COE	8	0,44	2,69	0,40	2,73
Hue	Periyodik hasat	FD+MSC	1	0,17	0,48	0,16	0,49
	Tüm hasat	COE	9	0,28	0,14	0,26	0,14

R²: Kararlılık katsayısı; RMSEE: Tahminin hata kareler ortalaması, RMSECV: Çapraz sorgulamanın hata kareler ortalaması, COE: Sabit farklılıkların eliminasyonu, FD+MSC: İlk Türev + Artan dağılım düzeltmesi

Kroma ve hue için etkili dalga boyu aralıkları, etkili pikler ve veri işleme yöntemleri tablo 4,7’de verilmiştir. Kroma için etkili dalga boyu aralıkları periyodik hasat uygulamalarında 800–1836 nm ve 2174–2355 nm olduğu belirlenirken, tüm hasat uygulamalarında ise 1333–1639 nm ve 1835–2355 nm arasında olduğu görülmüştür. Her iki uygulama için de veri işleme yöntemi “constant offset elimination” olmuştur. Periyodik hasat uygulamasında kroma için etkili pikler 2399, 2380, 1926, 1783, 1443, 1166, 975 nm olarak belirlenirken, tüm hasat için etkili pikler 2324, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nmolarak belirlenmiştir.

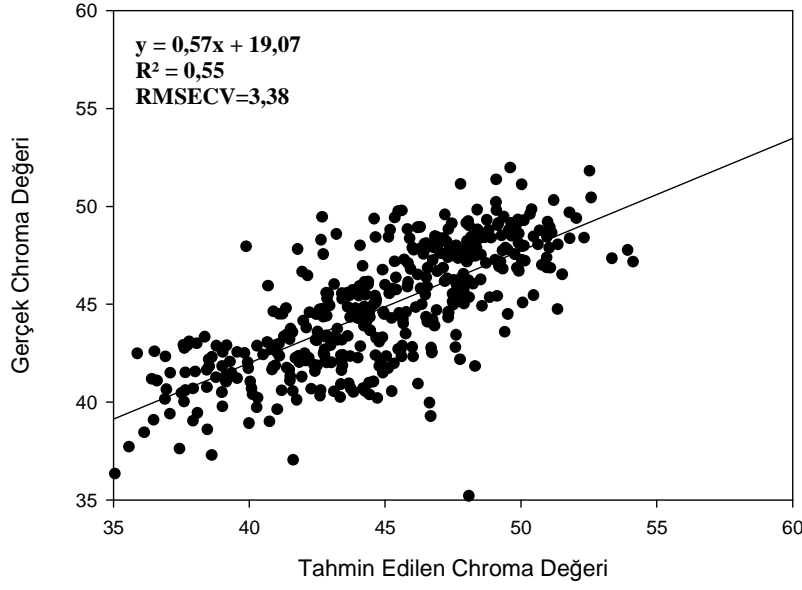
Hue için etkili dalga boyu aralıklarına bakıldığında periyodik hasat uygulamalarının 1333–2175 nm arasında olduğu ve tüm hasat için 800–1836 nm arasında oldukları belirlenmiştir. Periyodik hasat için etkili piklere bakıldığında bunların 2435, 2416, 2396, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nm olduğu görülmüştür. Tüm hasat için 2459, 2380, 2370, 2353, 1926, 1783, 1443, 1166 ve 975 nm’deki pikler hue değerleri için etkili pikler olarak belirlenmiştir.

FT-NIR spektroskopi kullanarak renk değerlerinin tahmini genelde düşük korelasyon değerleri ile gerçekleşirken, kroma için elde edilen değerler hue için elde edilenlere göre daha yüksek olmuştur (Tablo 4.6, Şekil 4.15–4.18).

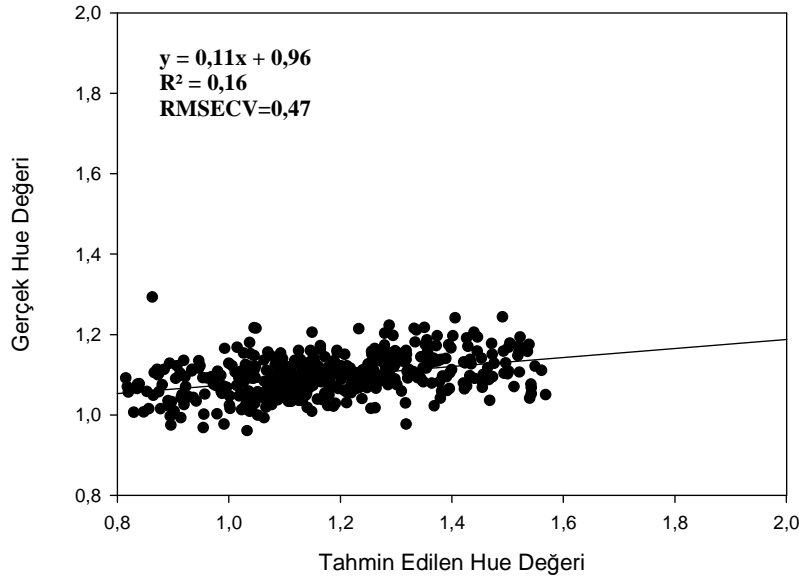
Tablo 4.7. Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında kroma ve hue renk değerleri için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler

Uygulama Modelleri	Uygulamalar	Veri İşleme	Faktörler	Etkili Dalga	
				Boyu aralığı (nm)	Pikler(nm)
Kroma	Periyodik hasat	COE	10	800-1836	2399, 2380, 1926
				2174-2355	1783, 1443, 1166 975
	Tüm hasat	COE	8	1333-1639	2324, 1926, 1783
				1835-2355	1443, 1166, 975
Hue	Periyodik hasat	FD+MSC	1	1333-2175	2435, 2416, 2396 1926, 1783, 1443 1166, 975
				Tüm hasat	COE

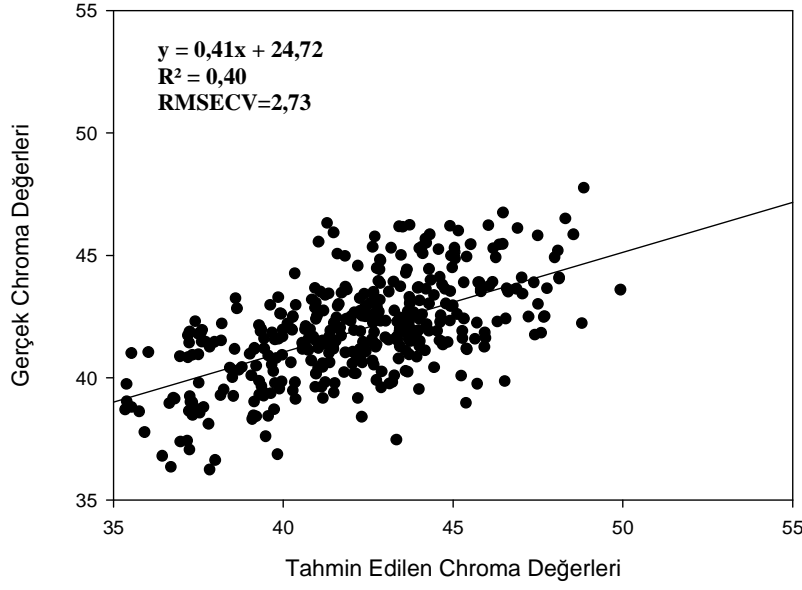
COE: Sabit farklılıkların eliminasyonu, FD+MSC: İlk Türev + Artan dağılım düzeltmesi



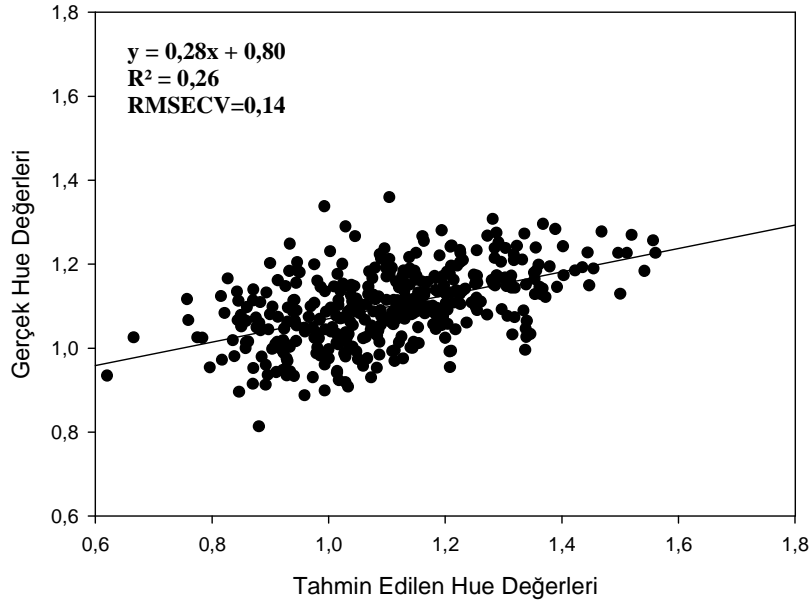
Şekil 4.15. Tahmin edilen kroma ile gerçek kroma değeri arasında ki ilişki (Periyodik hasat)



4.16 Tahmin edilen hue ile gerçek hue değeri arasında ki ilişki (Periyodik hasat)



Şekil 4.17. Tahmin edilen kroma ile gerçek kroma arasında ki ilişki (Tüm hasat)

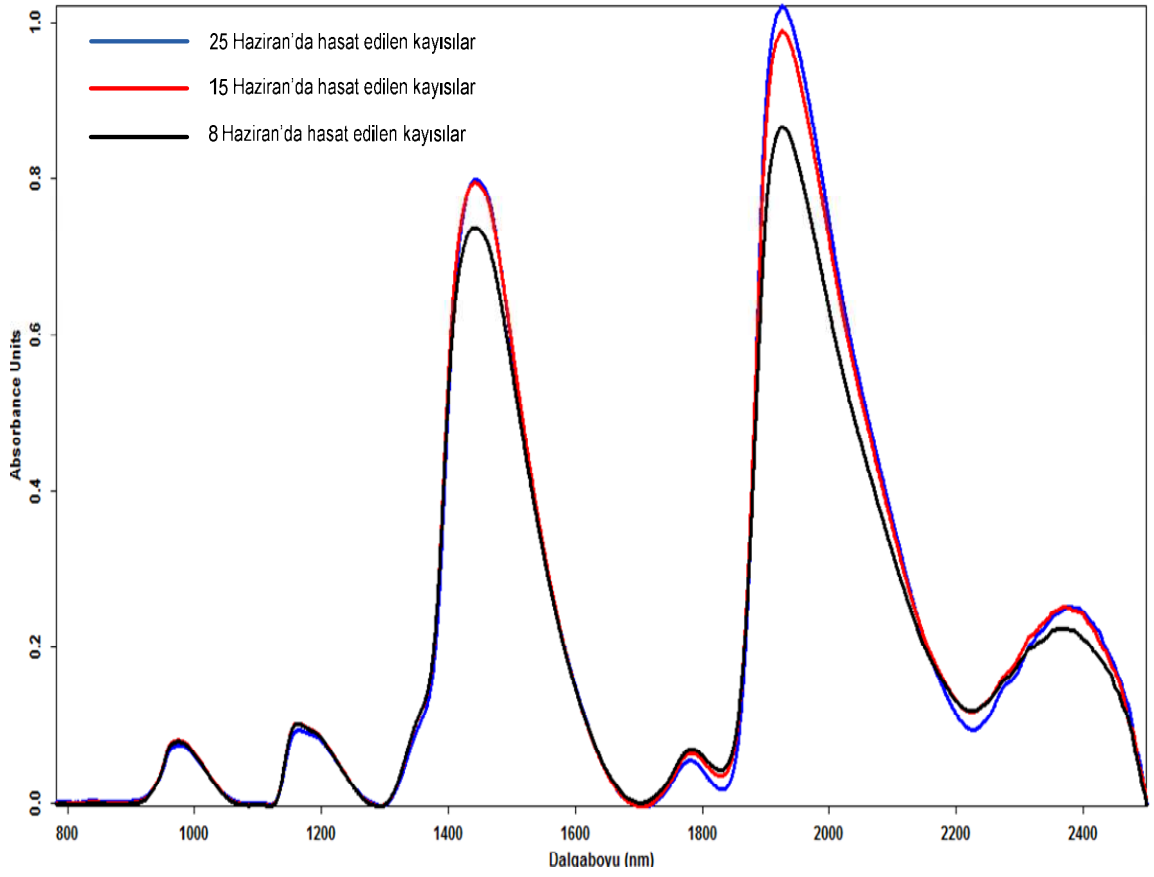


Şekil 4.18. Tahmin edilen hue ile gerçek hue arasında ki ilişki (Tüm hasat)

4.5. Kayıslara Ait Yansımaya Spektrumları

Hasat döneminin başında, ortasında ve sonunda elde edilen kayıslara ait yansımaya spektrumları arasında açık farklılığın olduğu görülmektedir (Şekil 4.19). Kayısların yansımaya spektrumlarında sırasıyla 975, 1166, 1443, 1783, 1926 ve 2370 nm de pikler mevcuttur. 1443, 1926 ve 2380 nm' de en son hasat edilen kayıslar için emme (absorbans) en fazla olurken, en erken hasat edilen kayıslar için bu değer en az olmuştur. Hasat periyodunun sonunda hasat edilen kayıslar için ise emme değerleri en erken ve en geç hasat edilenlerin ortasında yer almıştır. 975, 1166 ve 1783 nm'deki piklerde ise en erken hasat edilen kayıslar ve hasat dönemi ortasında hasat edilen kayıslar için emme (absorbans) en fazla olurken, hasat dönemi sonunda hasat edilen kayıslar için ise emme en az olmuştur. 1783 nm'deki pikte, en geç hasat edilen kayıslar en az emme değerine sahip iken, en erken hasat edilen kayıslar fazla emme değerine sahip olmuşlardır. Dönemin ortasında hasat edilen kayıslar için ise emme değerleri diğerlerinin ortasında yer almıştır.

Kayısların spektrumlarında mevcut olan piklerden 975, 1166 ve 1443 nm'deki pikler, meyvedeki suyun oluşturduğu emme piklerine (Brown ve diğ., 1974) oldukça yakındır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Hasat döneminin başında, ortasında ve sonunda elde edilen kayıslara ait ortalama nispi absorbans spektrumları.

BÖLÜM 5

SONUÇ

Bu çalışma FT-NIR kızıl ötesi spektrokopi cihazı kullanılarak ürünlerin içsel kalitelerinin hasarsız bir şekilde tespit edilip edilemeyeceğini saptamak amacıyla 2006-2008 yılları arasında gerçekleştirilmiştir ve FT-NIR spektroskopi cihazı ile ölçülen değerlerle meyvenin fiziksel özelliklerinin (sertlik, suda çözülebilir kuru madde içeriği) değerleri karşılaştırıldığında, denemeler sonucunda özet olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Periyodik hasattan toplanan kayısıların Magness-Taylor sertlik ölçümlerinden olan maksimum kuvvet değerlerinin sertliğin tahmininde kullanılması sonucu elde edilen korelasyon değerleri, 800-1836 nm ile 2173-2355 nm arasında ki spektral aralıklarda FT-NIR spektroskopi kullanarak başarılı olmuştur ($R^2=0,80$, $RMSECV=4,68$). Buna karşılık, tüm hasatta bekletilen kayısılar için 800–2355 nm aralıklarında periyodik hasattan elde edilen meyvelere göre daha düşük korelasyon sonuçları elde edilmiştir ($R^2=0,41$, $RMSECV=5,11$). Periyodik hasattan elde edilen ürünlerde Magness Taylor maksimum kuvvet için elde edilen sonuçlara benzer olarak, Magness-Taylor eğim ve alan sertlik değerleri içinde benzer tahmin başarıları elde edilmiştir. Ancak tüm hasatta bekletilen meyveler için elde edilen korelasyon değerleri düşük olmuştur.

Suda çözülebilir kuru madde içeriğinin standart ölçümler ve FT-NIR spektral ölçümleri arasında elde edilen korelasyon değerleri tahmin edilmesinde, yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. 1333-2174 nm spektral aralıklarında FT-NIR spektroskopi ile her iki veri grubu (periyodik hasat ve tüm hasat) için başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Periyodik hasat için test aşamasında elde edilen korelasyon değerleri ($R^2=0,75$, $RMSECV=1,51$ %) tüm hasat için elde edilen korelasyon değerlerine ($R^2=0,74$, $RMSECV=1,36$ %) oldukça yakın olmuştur.

Renk değerlerinden kroma ve hue'nun tahmin edilmesinde elde edilen korelasyon değerleri, kroma için hue değerlerine göre daha iyi olmuştur. Kroma için

test aşamasında elde edilen kararlılık katsayısı (R^2) periyodik hasat için 0,55 (RMSECV=3,38) ve tüm hasat için R^2 0,40 (RMSECV=2,73) değerlerinde olmuştur. Kroma değerlerine göre düşük korelasyon değerleri ile tahmin edilen hue için, periyodik hasat grubundan ürünler için test aşamasındaki kararlılık katsayısı (R^2) 0,16 ve tüm hasat grubundan ürünler için ise 0,26 olmuştur.

Genel olarak baktığımızda NIR spektroskopinin ürünlerin içsel ve yüzeysel kalite özelliklerinin hasarsız tespiti için iyi bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür ve kayısının kalite kriterlerinin hasarsız tahmininde iyi korelasyon sonuçları elde edilmiştir. Bu sonuçlar, ürünlerin hasarsız olarak sınıflandırılması için geliştirilen-geliştirilecek otomasyon uygulamalarında kullanılabilir. Ancak, bu konuda daha ileri düzeyde çalışmalar yürütülmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim,1996. Hunterlab Application Notes. http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf. (28 Mayıs 08).

Anonim 2008a. <http://faostat.fao.org/site/408/DesktopDefault.aspx?PageID=408>
(28 Mayıs 2008)

Anonim 2008b. <http://kaum.inonu.edu.tr/kayisicesitleri.htm> (01 Haziran 2008)

Bellon V., Vigneau J. L., Leclercq M, 1993. Feasibility And Performance Of A New, Multiplexed, Fast And Low-Cost Fiber-Optic NIR Spectrometer For The On-Line Measurement Of Sugar In Fruits. *Applied Spectroscopy* 47(7): 1079–1083.

Brown G.K., Segerlind L.J., Summit R., 1974. Near-Infrared Reflectance Of Bruised Apples. *Transactions of ASAE*, 17(1): 534-536.

Chen P., Nattuvetty N.R., 1980. Light Transmittance Through A Region Of An Intact Fruit. *Transactions of the ASAE*, 519-522.

Cho R.K., Lee K.H., Iwamoto M., 1992. Determination Of Firmness Of Intact Apple Fruits By Near Infrared Reflectance Spectroscopy. In: Talyor, R.A (Ed.), *Proc. 6th Int. Diffuse Reflect. Spectr. Conf. Counc. for Near IR Spectr., Chambersburg, PA.*, pp. 71–76.

Choi K., Lee K., Kim G., (1 Kasım 2005). Nondesructive Quality Evaluation Technology For Fruits and Vegetables Using Near-Infrared Spectroscopy. 1 Haziran 2008, <http://unapcaem.org/Activities%20Files/A02/Nondestructive%20Quality%20Evaluation%20paper%20at%207th%20IFVE.pdf>

Gomez A H., He Y., Pereira A.G., 2006. Non-Destructive Measurement of Acidity, Soluable Solids and firmness of Satsuma Mandarin Using Vis/NIR-Spektroscopy Techniques. *Journal of Food Engineering*. 77: 313-319.

- Huishan L., Yibin Y., Huanyu J., Yande L., Xiaping F., Wang J. 2006. Application Fourier transform near infrared spectrometer in rapid estimation of soluble solids content of intact citrus fruits. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B* ISSN 1673-1581
- Kader A., 1992. Quality And Safety Factors: Definition And Evaluation For Fresh Horticultural Crops. *Postharvest technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources*. Publication 3311: 185; 189p.
- Kavdir I., Lu R., Ariana D., Ngouajio M., 2007. Visible And Near-Infrared Spectroscopy For Nondestructive Quality Assessments Of Pickling Cucumbers. *Postharvest Biology and Technology*, 10:1016.
- Lammertyn J., Nicolai B., Ooms K., De Smedt V., DeBaerdemaeker J., 1998. Non-Destructive Measurement of Acidity, Soluble Solids, and Firmness of Jonagold Apples Using NIR-Spectroscopy. *Transaction of the ASAE*. 41(4): 1089-1094
- Liu Y., Ying Y., 2005. Use of FT-NIR Spectrometry In Non-Invasive Measurements Of Internal Quality Of Fuji Apples. *Postharvest Biology and Technology*, 37: 65-71.
- Liu Y., Chen X., Ouyang A., 2008. Nondestructive determination of pear internal quality indices by visible and near-infrared spectrometry. *LWT- Food Science and Technology*. 1-6.
- Lu R., Guyer D.E., Beaudry R.M., 2000. Determination of Firmness and Sugar Content of Apples Using Near-Infrared Diffuse Reflectance. *Journal of Texture Studies* 31: 615-630.
- McGlone V.A., Kawano S., 1998. Firmness, Dry-Matter and Soluble-Solids Assessment of Postharvest Kiwi Fruit by NIR Spectroscopy. *Postharvest and Technology*: 13: 131-141.

- Newgard E.C., 2004. Near-Infrared Spectroscopy for Analysis of Agricultural Material. <http://online.physics.uiuc.edu/courses/phys598OS/fall05/FinalReportFiles/EricNewgardTermPaper.pdf> (14 Aralık 2006).
- Noh H.K., Peng Y., Lu R., 2006. İntegration of Hyperspectral Reflectance and Laser Induced Fluorescence Imaging for Assessing Apple Maturity. *ASABE Annual International Meeting, Portland*. P.N: 065182
- Park B., Abbott J.A., Lee K., Choi C., Choi K. 2002. Near-infrared Spectroscopy to Predict Soluble Solids and Firmness in Apples. *ASAE/CIGR Annual International Meeting, Chicago*. P.N : 02-3066.
- Peirs A., Scheerlinck N., Kathleen T., Nicolai M., 2002. Comparison of Fourier Transform and Dispersive Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Apple Quality Measurements. *Biosystems Engineering*. 81(3): 305-311.
- Slaughter D.C., 1995. Nondestructive Determination of İnternal Quality in Peaches and Nectarines. *Transaction of ASAE*: Vol. 38 (2): 617-623.
- Sobutay T. 2003. Kayısı Sektör Araştırması. 20 Mayıs 2008 <http://www.ito.org.tr/ITOPortal/Dokuman/15.14.pdf>.

TABLULAR

Tablo 3.1.	Kayıslı materyallerinin periyodik hasat ve tüm hasat için ölçüm tarihleri.....	18
Tablo 3.2.	Denemede kullanılan örneklerinin fiziksel özellikleri.....	20
Tablo 4.1.	Kayıslı iki farklı uygulama için suda çözülebilir kuru madde içeriği, MT maksimum kuvvet, eğim, alan, kroma ve hue değerlerinin ortalama ve standart sapmaları.....	28
Tablo 4.2.	Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için sertlik ölçümlerinin kalibrasyon ve test değerleri.....	33
Tablo 4.3.	Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında maksimum kuvvet ve eğim için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler.....	39
Tablo 4.4.	Suda çözülebilir kuru madde içeriğinin tahmin edilmesinde periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için kalibrasyon ve test aşaması değerleri.....	40
Tablo 4.5.	Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında çözülebilir kuru madde içeriği için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler.....	41
Tablo 4.6.	Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamaları için kroma ve hue değerlerinin kalibrasyon ve test aşaması değerleri.....	44
Tablo 4.7.	Periyodik hasat ve tüm hasat uygulamalarında kroma ve hue renk değerleri için etkili dalga boyu aralıkları, veri işleme metotları ve önemli pikler.....	45

ŞEKİLLER

Şekil 2.1.	Yansıma modunda NIR spektrometre ile ölçüm.....	10
Şekil 2.2.	İletim Modunda NIR spektrometre ile ölçüm.....	11
Şekil 3.1.	Renk ölçüm cihazı.....	13
Şekil 3.2.	Kroma, renk (hue) ve aydınlık diyagramı.....	14
Şekil 3.3.	Çeki-baskı deneme düzeneği.....	15
Şekil 3.4.	Dijital kuvvet ölçüm cihazı.....	15
Şekil 3.5.	Refraktometre.....	16
Şekil 3.6.	FT-NIR spektrometre cihazı ve fiber optik algılayıcı.....	17
Şekil 3.7.	Tokaloğlu kayısı örneklerinin renk ölçümü.....	21
Şekil 3.8.	Kayısı materyalinin kuvvet-deformasyon ilişkisini gösteren grafik.....	23
Şekil 3.9.	Kayısı materyalinin çözülebilir kuru madde içeriğinin ölçülmesi...	24
Şekil 4.1.	Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin MT maksimum kuvvet-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	28
Şekil 4.2.	Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin MT eğim-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	29
Şekil 4.3.	Tüm hasatta bekletilen örneklerin MT maksimum kuvvet-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	30
Şekil 4.4.	Tüm hasatta bekletilen örneklerin MT eğim-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	30
Şekil 4.5.	Periyodik hasattan periyodik olarak alınan örneklerin suda çözülebilir kuru madde içeriği-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	31
Şekil 4.6.	Tüm hasatta bekletilen örneklerin suda çözülebilir kuru madde içeriği-ölçüm zamanı değişim grafiği.....	32
Şekil 4.7.	MT-maksimum kuvvetin periyodik hasattan periyodik olarak toplanan kayısılar için tahmin edilmesi.....	34
Şekil 4.8.	MT-maksimum kuvvetin tüm hasatta bekletilen kayısılar için tahmin edilmesi.....	35
Şekil 4.9.	Periyodik hasattan toplanan örnekler için tahmin edilen eğim ile gerçek eğim arasında ki ilişki.....	35

Şekil 4.10.	Tüm hasat için tahmin edilen eğim ile gerçek eğim arasında ki ilişki.....	36
Şekil 4.11.	Periyodik hasat için tahmin edilen MT-alan ile gerçek MT-alan arasındaki ilişki	36
Şekil 4.12.	Tüm hasat için tahmin edilen MT-alan ile gerçek MT-alan arasında ki ilişki.....	37
Şekil 4.13.	Tahmin edilen suda çözülebilir kuru madde oranı ile gerçek suda çözülebilir kuru madde oranı arasında ki ilişki (Periyodik hasat)...	42
Şekil 4.14.	Tüm hasat için tahmin edilen suda çözülebilir kuru madde oranı ile gerçek suda çözülebilir kuru madde içeriği arasında ki ilişki....	42
Şekil 4.15.	Tahmin edilen kroma ile gerçek kroma değeri arasında ki ilişki (Periyodik hasat).....	46
Şekil 4.16.	Tahmin edilen hue ile gerçek hue değeri arasında ki ilişki (Periyodik hasat).....	46
Şekil 4.17.	Tahmin edilen kroma ile gerçek kroma arasında ki ilişki (Tüm hasat).....	47
Şekil 4.18.	Tahmin edilen hue ile gerçek hue arasında ki ilişki (Tüm hasat)...	47
Şekil 4.19.	Hasat döneminin başında, ortasında ve sonunda elde edilen kayıslara ait ortalama nispi absorban spektrumları.....	49

YAŞAM ÖYKÜSÜ

1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul'u Bingöl'de, ortaokul ve liseyi Bursa'da tamamladı. 2001 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi Bölümü'nü kazandı ve 2005 yılında Tarım Makinaları Bölümü'nden mezun oldu. 2005 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Bölümü'nde Yüksek Lisansa başladı. Halen Tarım Makinaları Anabilim dalında, araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.