

**ELMANIN ISI VE ELEKTRİKSEL  
İLETKENLİĞİNİN, BAZI PARAMETRELERE  
BAĞLI OLARAK, DEĞİŞİMİN SAPTANMASI  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Nida GÖKSU**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tarım Makineleri Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU**

**2012**

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELMANIN ISI VE ELEKTRİKSEL İLETKENLİĞİNİN, BAZI PARAMETRELERE BAĞLI  
OLARAK, DEĞİŞİMİN SAPTANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Nida GÖKSU

TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU danıŐmanlıĐında, Nida GÖKSU tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makineleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri BaŐkanı : Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU(Danışman)

*İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Serap KAYIŞOĞLU

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELMANIN ISI VE ELEKTRİKSEL İLETKENLİĞİNİN, BAZI PARAMETRELERE BAĞLI OLARAK, DEĞİŞİMİN SAPTANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Nida GÖKSU

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

Bu çalışmada *Starking Delicius* cinsi elmanın hasat edildikten sonra oda koşullarında saklanması esnasında şeker oranı, pH, suda çözünen katı madde ve penetrasyon kuvveti değişimi ile elektriksel iletkenlik ve ısı iletkenliğindeki değişimleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmanın amacı elektriksel iletkenlik ve ısı iletkenliği gibi fiziksel özelliklerin ürünün belirlenen fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkilerin en uygun modelini saptamak ve bu fiziksel büyüklükler yardımıyla doğru tahminler yapmaktır.

Araştırma sonucunda, oda koşullarında saklama süresince elmanın nem içeriğinde ve ısı iletkenliğinde önemli bir değişim olmamıştır. Bu nedenle diğer parametrelerle ısı iletkenliği arasında uygun model geliştirilememiştir. Ancak, elektriksel iletkenlik ile nem oranı dışında ölçülen tüm parametreler arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Saklama süresi boyunca elektriksel iletkenlik artmıştır. Şeker oranı, pH ve suda çözünen katı madde değeri artarken, penetrasyon kuvveti azalmıştır. Penetrasyon kuvveti ile elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki varken, diğer parametreler arasında pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Elektriksel iletkenlikle bu parametreler arasında geliştirilen modeller, elmanın şeker oranı, pH, ve suda çözünen katı madde miktarı ve penetrasyon kuvvetinin tahmininde güvenle kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler :** Elektriksel iletkenlik, Isı iletkenliği, Elmanın Fiziko-mekanik özellikleri

2012, 22 Sayfa

## ABSTRACT

MSc. Thesis

A RESEARCH ON DETERMINATION OF CHANGE OF ELECTRICAL AND THERMAL  
CONDUCTIVITIES DEPENDING ON SOME PARAMETERS OF APPLE

Nida GÖKSU

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of farm Machinery

Supervisor : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

In this study, the relations between some physico-mechanical properties (sugar rate, pH, amount of dissolved solids in water, penetration force) with electrical and thermal conductivity were investigated during storage in the room conditions of apple (*Starking delicious*). The aim of the study, between electrical and thermal conductivities with these physico-mechanical properties were to determine the best-fit models and to make accurate predictions with the help these physical quantities.

As a result, during storage in the room conditions in the moisture content and thermal conductivity of apples has not been a significant change. For this reason, the appropriate model among the thermal conductivity and other parameters have not been developed. However, between electrical conductivity and all measured parameters except moisture content were found significant relationships. Electrical conductivity increased during the period of storage. Sugar content, pH value and amount of dissolved solids in water increased while decreasing penetration force. There was a negative relationship between Penetration force and electrical conductivity, but between electrical conductivity and other parameters were found a positive relationship. Electrical conductivity models developed in these parameters, can be used safely to estimate the sugar content, pH, and amount of dissolved solids in water increased content and penetration force of apple.

**Keywords :** Electrical conductivity, thermal conductivity, physico-mechanical properties of apple

2012, 22 Pages

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın yűrűtűlmesi sırasında, bűyűk desteklerini gűrdűđűm danıőman hocam Prof. Dr. Birol KAYIŐOđLU'na, baőta Biyosistem Műhendisliđi Bűlűm Baőkanı Prof. Dr. Poyraz ŪLGER olmak űzere, bűlűműműzdeki tűm űđretim űye ve yardımcılarına iten teőekkűrlerimi sunarım.

Laboratuvar koőullarında analizlerin yapılmasını esnasında bűyűk desteđini gűrdűđűm Yrd. Doç. Dr. Serap KAYIŐOđLU'na ayrıca teőekkűr ederim.

Eđitim yaőamım ve yűksek lisans çalıőmam sırasında beni űzveriyle destekleyen aileme de teőekkűr ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	4
2.1. Isı iletkenliği .....	4
2.2. Elektriksel iletkenlik .....	5
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	8
3.1. Materyal .....	8
3.1.1. Denemelerde Kullanılan Elma .....	8
3.1.2. Elektriksel İletkenlik ve pH ölçüm cihazı .....	8
3.1.3. Isı iletkenliği ölçüm cihazı .....	9
3.1.4. Penetrasyon kuvveti ölçüm cihazı .....	9
3.1.5. Spektrofotometre .....	10
3.1.6. Ölçümlerde kullanılan diğer cihazlar .....	10
3.1.7. İstatistik analizler için kullanılan program .....	10
3.2. Yöntem .....	11
3.2.2. Isı iletkenliğinin saptanması .....	11
3.2.3. Penetrasyon kuvvetinin saptanması .....	11
3.2.4. İndirgen şeker miktarının belirlenmesi .....	11
3.2.5. Nem oranının saptanması .....	11
3.2.6. Sonuçların değerlendirilmesi .....	12
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	13
4.1. Isı iletkenliği ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler .....	13
4.2. Elektriksel iletkenlik ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler .....	15
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b> .....	19
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	21

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. MI806 model ölçüm cihaz.....	9
Şekil 3.2. KD2 Model ısı iletkenlik cihazı .....	9
Şekil 3.3. Meyve penetrasyon kuvveti ölçüm cihazı .....	10
Şekil 3.4. Spektrofotometre .....	10
Şekil 4.1. Elektriksel iletkenlikle şeker oranı ilişkisinin modeli .....	15
Şekil 4.2. Elektriksel iletkenlikle pH ilişkisinin modeli .....	16
Şekil 4.3. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde ilişkisinin modeli .....	17
Şekil 4.4. Elektriksel iletkenlikle penetrasyon kuvveti ilişkisinin modeli .....	18



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Ölçümler süresince elde edilen değerler .....	13
Çizelge 4.2. Isı iletkenliği ile şeker oranı ilişkisinin Varyans Analiz Tablosu .....	14
Çizelge 4.3. Isı iletkenliği ile penetrasyon kuvveti arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	14
Çizelge 4.4. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	14
Çizelge 4.5. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	14
Çizelge 4.6. Elektriksel iletkenlikle şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu	15
Çizelge 4.7. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	16
Çizelge 4.8. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	17
Çizelge 4.9. Elektriksel iletkenlikle Penetrasyon Kuvveti arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu .....	18

## 1. GİRİŞ

Biyolojik kökenli besin, sebze, meyve ve tahıl gibi ürünlerin mühendislik tasarımına yönelik özelliklerinin bilinmesi, bu ürünlerin işlenmesi ve fabrikasyonu aşamasında önemlidir. Bu özellikler ısısal (özgül ısı, ısı iletkenliği ve termal difüzyon), optik (renk, parlaklık,), elektriksel (iletkenlik, geçirgenlik), mekanik (yapısal, biçim ve gerilim) ve granül (birincil ve ikincil) olarak sınıflandırılabilir. Bu özellikler ürünün yapısına ve bileşimine göre moleküler ve makroskobik düzeyde farklılıklar göstermektedir. Geleneksel ve modern yöntemlerle ölçülebilen bu özellikler, işlenmiş ve taze üründe işlenme esnasında makro yapısal etkileri hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu mühendislik özelliklerin bir çoğu ürünlerin yapısal farklılıklarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Bundan dolayı özelliklerle ürünün sıcaklık, nem oranı, porozitesi ve kimyasal özellikleri gibi özellikleri arasında matematiksel modeller geliştirmek mümkündür. Gelecekte doğal malzemelerin benzeri sentetik malzemelerin yapılmasındaki yapısal özellik modelleme de, genetik ve biyoteknolojik çalışmalarda da bu özelliklerden yararlanılacaktır.

Bir çok işlenmiş ya da taze ürünün taşınması, depolanması, konserve edilmesi ya da işlenmesi sırasında soğutma veya ısıtma işlemini uygulanmaktadır. Bu ısı işlemlerde ısıya duyarlı olan biyolojik malzemelere özel bir duyarlılık gösterilmelidir. Bu ısı işlemlerin kontrolü malzemenin ısısal özellikleri ile yakından ilgilidir. Bu özellikleri termodinamik özellikler (Entalpi, entropi) ve ısı taşınım özellikleri (ısı iletkenliği, termal difüzyon) olarak tanımlamak mümkündür. Isı transferi ve termodinamik özelliklerin dışında, ısı transferinde donma ve kaynama noktası, kütle, yoğunluk, porozite ve viskozite gibi termofiziksel özellikler de rol oynamaktadır.

Isısal özellikler içerisinde en yaygın kullanılanı ısı iletkenliğidir. Bu parametre yardımıyla özellikle ürünün nem içeriği ile ilgili tahminler yapılabilmektedir. Ürünün içerisinde ısı kondüksiyon yardımıyla iletilmektedir. Isı iletim katsayısı yükseldikçe ürün içerisinde daha fazla ısı transferi gerçekleşmektedir.

$$Q = k \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L}$$

Q : Birim zamanda geçen ısı enerjisi (J/s=W),

k : Isı iletim katsayısı (W/m.K),

- A : Ürünün kesit alanı (m<sup>2</sup>),  
T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub> : Ürünün iki tarafındaki sıcaklıklar (K),

Biyolojik materyallerde elektriksel özellikler en fazla frekans, sıcaklık, kimyasal bileşim ve fiziksel yapıdan etkilenmektedir (Mudgett 1987). Özellikle ürünlerin kalite standartları ve olgunlaşma zamanlarının belirlenmesinde elektriksel özelliklerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca bu özelliklerden yararlanarak, tarımsal alanda aşağıdaki teknolojik işlemleri gerçekleştirmek mümkündür;

- Dielektrik ısıtma ve mikrodalga tekniği
- Dielektrik ve mikrodalga kurutma
- Tarımsal ürünlerin kalite kontrolü ve değerlendirilmeleri
- Yumurtalarda kalite değerlendirmesi ve sınıflandırma
- Balık ve benzeri deniz ürünlerinin tazelik kontrolü
- Tohum çimlendirme
- Elektrostatik ayırma işlemleri
- Tarımsal ürünlerin nem tayinleri
- Et ve et ürünleri kalite kontrolü

Bu özellikler içerisinde en kolay ölçülebileni ise elektriksel iletkenlik değeridir. Elektriksel iletkenlikten yararlanarak ürünlerin kimyasal bileşimleri ve yapısal özellikleri ile ilgili modeller geliştirmek mümkündür. Elektriksel iletkenlik elektriksel öz direncin tersi olarak ifade edilmektedir.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\Omega^{-1}\text{m}^{-1})$$

$\Omega^{-1}$ , mho ya da siemens (S) olarak bilinmektedir. Bu nedenle elektriksel iletkenlik  $\text{S.cm}^{-1}$  ya da  $\text{S.m}^{-1}$  birimleri ile de belirtilmektedir.

Bu çalışmada, elmanın hasat edildikten sonra oda koşullarında saklanması esnasında şeker oranı, pH ve penetrasyon kuvvetleri belirli aralıklarla ölçülmüş, bu değerlerin ısı ve elektriksel iletkenlikle ilişkileri araştırılmıştır. Çalışmada ısı ve elektriksel iletkenlikle ölçülen parametreler arasındaki ilişkinin en uygun modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen

modellerle elmanın oda koşullarında saklanması sırasında bu özelliklerinin tahmin edilmesi mümkün olacaktır.

Araştırma Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda Programı laboratuvarından yararlanarak yürütülmüştür. Tez, giriş, önceki çalışmalar, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma, sonuçlar ve kaynaklar bölümü olmak üzere 6 ana bölümden oluşmaktadır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Isı iletkenliği

Elmanın ısı iletkenliğini ve hacimsel ısı kapasitesini saptamak amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde elmanın küresel bir cisim olduğu varsayılmıştır. Bu yöntem iki ısısal özelliğin tahmin edilmesinde bir optimizasyon tekniğidir ve problemin analitik olarak çözümlmesine yardımcı olmaktadır (Stela ve ark. 2005).

Rahman (1992) yaptığı çalışmada, elma, patates ve armut meyvelerinin nem, porozite ve ısı iletkenliği değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bu amaçla daha önce yapılan 122 çalışmayı inceleyen araştırıcı, belirlediği meyvelerde kendi regresyon modelini oluşturmuştur.

Patatesin ısı iletkenliğini saptamak için bir prob (line-sorce probu) geliştirilmiştir. Bu cihazla farklı nem içeriklerinde 40-70 °C sıcaklık değerleri arasında ölçümler yapılmıştır. Isı iletkenliği nem içeriği azaldıkça azalmıştır. Yarı-logaritmik eşitlikte en yüksek korelasyon olduğu gözlenmiştir. Isı iletkenliği üzerinde sıcaklığın etkisi az olmuştur (Wang ve Brennan 1992).

Dometes salçasının 27-44° Brix derecesi arasında termal diffüviziviti ve ısı iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Isı iletkenliği 0.460-0.660 W/m.K arasında değişmiştir. Katı madde miktarı arttıkça ısı iletkenliği azalmıştır. Buna karşılık sıcaklıkla birlikte (30-50 °C arasında) ısı iletkenliğinde de artış olmuştur. 20 °C sıcaklıkta ve 35° Brix derecesinde, termal difüzyon değeri  $1.42 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  olarak bulunmuştur (Durasas ve Saravacos 1985).

Patates ve elmanın ısı iletkenlik değerleri Fitcs yöntemi ile ölçülmüştür. 30 °C sıcaklıkta farklı nem içeriklerinde yapılan ölçümlerde, ısı iletkenliği nem oranı azaldıkça azalma göstermiştir. Taze pateteste ortalama ısı iletkenliği 0.52 W/m.°C, elmada ise 0.43 W/m.°C olarak bulunmuştur (Donsi ve ark. 1996).

Shrivastava ve Danta (1999), %10.2 ile %89.7 nem içerikleri ve 40-70 °C ortam sıcaklıkları arasında mantarın özgül ısı ve ısı iletkenlik değerlerini saptamışlardır. Her iki ısısal özellik de nem içeriği ve sıcaklık değerleriyle birlikte önemli ölçüde artış göstermiştir. Ayrıca, mantarın yoğunluğu da ısı iletkenliğini önemli ölçüde etkilemiştir.

Vakum emprenyesi işleminin elmanın ısısal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu işlemden sonra termal difüzyondaki değişim çok az olmuştur, ancak ısı iletkenliği, özgül ısı değerleri önemli değişiklik göstermiştir. Bu değerlerden yararlanarak tahmin modeli geliştirilmiştir (Martinez-Monzo ve ark. 2000).

Sablani ve Rahman (2003), porozite, sıcaklık ve nem içeriğinin fonksiyonu olarak yapay sinir ağı modeliyle besinlerin ısı iletkenliklerini belirlemek için yöntem geliştirmişlerdir. Bu model, %12.6 ortalama bağıl hata ve 0.081 W/m.K ortalama mutlak hata ile ısı iletkenliğini ölçebilmektedir. Model, ısı iletkenliğine bağlı olarak nem, sıcaklık ve porozite değişimlerinin olduğu ısı işlemlerde, ısı transferi hesaplamalarında rahatlıkla kullanılabilir.

Manyok (cassava), yam ve platin (büyük hint muz) bitkilerinin ısı iletkenliği, termal difüzyon ve özgül ısı kapasitesi saptanmıştır. Isı iletkenliği değerleri bu üç bitkide 30 oC ortam sıcaklığında sırasıyla 0.16-0.57 W/m.K, 0.16-0.60 W/mK ve 0.13-0.45 W/m.K arasında değişmiştir. Özgül ısı kapasitesi sıcaklık ve nemle artış göstermiş, 1.636 ve 3.26 kJ/kg.K arasında değişmiştir. Araştırmacılar elde edilen değerlerin literatürde saptanan değerlere yakınlık gösterdiğini belirtmişlerdir (Njie ve ark. 1998).

Ziaifar ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada kızartılmış patatesin iç ve dış bölgelerinde ısı iletkenliğinin değişimi ile ilgili bir model geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, ısı iletkenliğinin kızartma zamanına bağlı olarak arttığını, 3 dakika kızartma zamanında 0.6 W/m.k değeri ile maksimum değere ulaştığını, kızartma işleminin sonunda ise 0.4 W/m.K değerine düştüğünü belirtmektedirler. Ancak, dış yüzeylerde nem kaybına bağlı olarak ısı iletkenliği kızartma süresi boyunca azalmıştır.

## **2.2. Elektriksel iletkenlik**

Sarang ve ark. (2008), efektif bir direnç tipi elektriksel ölçüm cihazı dizaynı amacıyla 6 meyve türü (kırmızı elma, golden elma, şeftali, armut, ananas ve çilek), üç farklı et (tavuk, domuz ve sığır eti) üzerinde elektriksel iletkenlik ölçümü yapmışlardır. Genel olarak meyvelerin elektriksel iletkenliklerinin etlere göre daha az olduğunu, ayrıca meyveler içinde elma, armut ve ananasın elektriksel iletkenliklerinin diğer meyvelere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Şeftali ve kayısı pürelerinde farklı elektriksel alanlar uygulanarak (20-70 V/cm arasında) yapılan çalışmada, her iki pürede de elektriksel direnç ısıtma oranları ile elektriksel alan değişimi arasında önemli ilişki saptanmıştır. Araştırmacılar, ısıtma ile elektriksel iletkenlik arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (İçer ve Ilıcalı 2005).

Castro ve ark. (2004), alan şiddeti ve ısısal uygulamaların çileğin elektriksel iletkenliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elektriksel iletkenlik sıcaklıkla birlikte artmıştır ve

aralarında önemli bir doğrusal ilişki bulunmuştur. Ayrıca, elektriksel alan şiddetinin artmasıyla elektriksel iletkenlik değeri artmıştır.

Avokado meyvesinin farklı koşullarda depolanması esnasında elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, avokadonun olgunlaşma zamanını tahmin etmek amacıyla, elektriksel parametreler, meyve sıklığı, solunum hızı ve etilen üretimi de saptanmıştır. Hasattan sonraki 5 gün esnasında elektriksel iletkenlikte hafif bir artış görülmüştür. Ancak, 7. günde elektriksel iletkenlik en üst değerine ulaşmıştır. Meyvelerin olgunlaştığı 10. günde elektriksel iletkenlikte düşüş başlamıştır. Elektriksel iletkenlikteki hızlı artış ürünün yumuşama sürecinde başlamış ve bu olgunlaşma işleminin başlamasını yansıtmıştır. Elektriksel iletkenlik değerlerinin ürün hasat edildikten sonra farklı süreçlerde farklı değerler göstermesinden faydalanarak, ürünün olgunlaşma sürecini daha hızlı ve kolay takip edebilmek için, bir olgunlaşma indeksi geliştirilmiştir. (Montoya ve ark. 1994<sup>1</sup>).

Montoya ve ark. (1994<sup>2</sup>), avokado ürününün markete transferi için kritik elektriksel iletkenlik değerinin saptanması ile ilgili yaptıkları çalışmada, 20 °C sıcaklıkta elde edilen eğrinin maksimum değere ulaştığını ve bu noktada elektriksel iletkenlik değerini 0.24 S/m olarak saptamışlardır.

Montoya ve ark (1994<sup>3</sup>), sağlam meyvelerin elektriksel iletkenliklerini hassas bir şekilde ölçmek amacıyla bir yöntem geliştirmişlerdir. Avokado ve armut meyvelerinde frekans ve sıcaklıkla elektriksel iletkenlik değişimi ilişkisi ile yapılan çalışmada, elektriksel iletkenliğin elektrolit doğasını onaylayan sonuçlar elde etmişlerdir.

Avokado meyvesinin hasat sonrası kalitesini arttıran unsurlardan avokadodaki fenollerin miktarı üzerinde silikon etkinliğinin önemini araştırmak amacıyla elektriksel iletkenlik değerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, silikon uygulamalarının serbest fenollerini arttırdığı ve böylece meyve kalitesinin olumlu yönde geliştiği saptanmıştır (Tesvey ve ark. 2011).

Mercali ve ark. (2011), Barbados kirazı (acerola) ve yaban mersininin bazı fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, acerola ve yaban mersininde elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla, 1.69-8.48 mS/cm ve 0.79-3.86 mS/cm arasında değişmiştir. Yaklaşık 303 K sıcaklıkta, acerolanın özgül ısı 4172.49 J/kg.K, termal difyuzu  $1.53 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}$ , termal iletkenliği 0.65 W/m.K olmuştur. Bu değerler yaban mersininde 4050.39 J/kg.K,  $1.51 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}$  ve 0.64 W/m.K olarak bulunmuştur.

Son yıllarda meyve ve sebzelerin kalitelerinin değerlendirilmelerinde tahribatsız fiziksel testler daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu amaçla hasat sonrası değişimler hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla elektriksel dirençteki değişimlerin

belirlenmesi için yeni bir cihaz geliştirilmiştir. 20 °C sıcaklıkta ve %80-84 bağıl nem ortamında depolanan patlıcanın 96 saat boyunca yüzey elektriksel direnci, yüzey parlaklığı ve ağırlığı ölçülmüş ve bu parametreler arasındaki ilişki saptanmıştır. Depolama süresince yüzey elektriksel direnci quadratic olarak artmıştır. Ancak, ağırlık ve yüzey parlaklık indeksinde azalma olmuştur (Jha ve Matsuoka 2004).

Sıvı-katı karışımlarının davranışı ve kalitesinin tanımlanması ve tahmin edilebilmesi için besin özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla pişmiş barbunyanın elektriksel iletkenliği sıcaklık ve katı yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak saptanmıştır. Elektriksel iletkenlik bu iki parametreden önemli ölçüde etkilenmiştir (Legrand ve ark 2007).

Elmanın dış yüzeyinin dielektrik özelliklerini saptamak amacıyla, hasat öncesi son 2 ay süresince 24 °C sıcaklıkta 10-4500 MHz dalga boyları arasında ölçümler yapılmıştır. Ayrıca, meyve sıklığı, çözülebilir katı içeriği, pH, nem içeriği elektriksel iletkenlik değerlerinin elmanın kalitesiyle olan ilişkisi de araştırılmıştır. Elektriksel iletkenlik ve geçirgenlik değerleri ağaç olgunlaşma döneminde belirgin bir şekilde değişmemiştir. Ancak, meyve sıklığı azalmış ve pH değerleri artmıştır. Ph, geçirgenlik, nem içeriği ve meyve sıklığı arasında belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Meyvenin çözülebilir katı madde içeriği ile dielektrik sabiti arasındaki ilişki önemli olmuştur. Araştırmacılar, elmanın olgunlaşma duyarlılığı ve kalitesinin saptanması amacıyla dielektrik özelliklerin kullanılması yönünde daha fazla çalışma yapılması gerektiğini bildirmişlerdir (Guo ve ark. 2011).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Denemelerde Kullanılan Elma

Denemelerde Starking Delicious çeşidi elma kullanılmıştır. ABD orijinli olup, Delicious türünün bir tomurcuk versiyonu olarak 1915’de bulunmuştur. Meyvesi iri koyu kırmızı renktedir. İri ve kalitelidir. Eylülün ikinci haftasından itibaren toplanmaktadır. Soğuk hava deposunda Nisan ayının sonuna kadar depolanabilmektedir.

##### 3.1.2. Elektriksel İletkenlik ve pH ölçüm cihazı

Elektriksel iletkenlik, pH ve suda çözünen katı madde değerleri aynı cihazla ölçülmüştür. Cihaz Martini marka MI806 modeldir. Cihaza ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. MI806 model ölçüm cihazının teknik özellikleri

PARAMETRE	ÖZELLİK
<b>pH</b>	
Ölçüm aralığı	0.00 - 14.00 pH
Çözünürlük	0.01
Duyarlılık	±0.01
<b>ELEKTRİKSEL İLETKENLİK</b>	
Ölçüm aralığı	0 - 20.00 mS/cm
Çözünürlük	0.1mS
Duyarlılık	±2%
<b>TOPLAM ÇÖZÜNEN KATI MADDE (TDS)</b>	
Ölçüm aralığı	0 - 10,000 ppt
Çözünürlük	0.01 ppt
Duyarlılık	±2%
<b>ÖLÇÜLER</b>	
Boyutlar	200 x 85 x 50mm (L x W x H)
Ağırlık	260g



Şekil 3.1. MI806 model ölçüm cihaz

### 3.1.3. Isı iletkenliği ölçüm cihazı

Isı iletkenliği DECACON Marka KD2 Model ısı iletkenlik cihazı ile ölçülmüştür. Cihaz 0.02 ile 4.00 W/m.K aralıklarında %1 duyarlılıkla ısı iletkenliğini ölçmektedir.



Şekil 3. 2. KD2 Model ısı iletkenlik cihazı

### 3.1.4. Penetrasyon kuvveti ölçüm cihazı

Elmanın penetrasyon kuvvetini saptamak amacıyla FT327 Model basınç test cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz maksimum 13 kg penetrasyon kuvveti ölçebilmektedir ve 100 g ağırlığındadır.



Şekil 3. 3. Meyve penetrasyon kuvveti ölçüm cihazı

### 3.1.5. Spektrofotometre

Üründeki şeker oranını saptamak amacıyla, Hitachi U2000 UV/Vis marka 121-002 Model spektrofotometre kullanılmıştır. Cihaz 190 ile 1100 nm dalga boylarında 0.4 nm duyarlılıkta ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3. 4. Spektrofotometre

### 3.1.6. Ölçümlerde kullanılan diğer cihazlar

Laboratuar koşullarında ölçümlerin yapılması sırasında Stuart marka etüv, 0.001 g duyarlılıkta hassas terazi, blender ve desikatör kullanılmıştır.

### 3.1.7. İstatistik analizler için kullanılan program

Elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve modellerin belirlenmesi amacıyla SPSS Versiyon 18 istatistik paket programı kullanılmıştır.

### **3.2. Yöntem**

Hasat edilen elmalar oda koşullarında saklanarak ilk günden itibaren 3'er gün arayla 3 tekrarlı olarak ölçümler yapılmıştır. Toplam 7 ölçümden sonra ölçülen parametreler arasında ilişki araştırılmıştır.

#### **3.2.1. Elektriksel iletkenlik, pH ve suda çözünür katı madde miktarının saptanması**

Püre haline getirilmiş elma örnekleri üzerinde MI806 model ölçüm cihazıyla elektriksel iletkenlik, pH ve suda çözünen katı madde miktarları doğrudan ölçülmüştür. Ölçümler her analiz döneminde 3 kez tekrarlanarak yapılmıştır.

#### **3.2.2. Isı iletkenliğinin saptanması**

Bu amaçla her ölçüm periyodunda alınan 3 elma örneğinin ısı iletkenlik katsayısı KD2 ölçüm cihazıyla saptanmıştır. Her elma üzerinde de 3 ölçüm yapılmıştır. Ölçüm cihazının probu elmanın et kısmına batırılarak ısı iletkenlikleri ölçülmüştür.

#### **3.2.3. Penetrasyon kuvvetinin saptanması**

Penetrasyon kuvveti ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Isı iletkenliğinde olduğu gibi 3 elma örneğinde 3 kez tekrarlanarak penetrasyon kuvvetleri saptanmıştır.

#### **3.2.4. İndirgen şeker miktarının belirlenmesi**

Konsantrasyona bağlı olarak indirgen şekerlerle dinitrophenolun oluşturduğu kırmızı kahverengi çözeltinin 600 nm dalga boyunda absorbans değerinin saptanmasıdır.

Bu amaçla bulanıklık veren unsurlar K-ferrosiyanit ve  $ZnSO_4$  gibi durultucular ile giderildikten sonra, 2,4- Dinitrofenol kullanılarak, Hitachi marka spektrofotometre (U 2000 UV/Vis Spectrophotometer, Model 121-002) ile 600 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır (Ross 1959).

#### **3.2.5. Nem oranının saptanması**

Bu amaçla, bir porselen krozeve bir miktar deniz kumu ve bir cam baget konmuş ve 105 °C'de yaklaşık 30 dakika kurutulmuştur. Kurutma dolabından alınan kap desikatöre konularak ve burada soğuması beklenmiştir. Daha sonra kabın arası alınmış (G), püre haline getirilmiş elmadan 5-10 g alınmış ve kaptaki deniz kumu ile iyice karıştırılıp tartılmıştır( $G_1$ ), karışım tekrar kurutma dolabına konarak 105 °C'de 4-5 saat süreyle sabit ağırlık oluşuncaya kadar kurutulmuştur. Dolaptan alınan kap desikatöre konup, soğutulduktan sonrada maşa ile

tutularak tekrar tartılmış (G<sub>2</sub>) ve aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılmıştır (Dokuzlu 2000).

---

### **3.2.6. Sonuçların değerlendirilmesi**

Başlangıçtan itibaren yapılan 7 ölüm periyodu sonunda elde edilen değerlerin elektriksel iletkenlik ve ısı iletkenliği ile ilişkileri SPSS paket programı kullanılarak saptanmaya çalışılmıştır. Bu iki parametrenin, şeker oranı, pH, suda çözünür katı madde ve nem oranıyla ilişkileri en uygun modellerle açıklanmaya çalışılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

3'er gün arayla yapılan ölçümlerde elde edilen değerler Çizelge-4.1'de verilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı 18 günlük süre içerisinde Nem oranı ve ısı iletkenliğindeki değişimin çok az olduğu, bu iki ölçümün varyasyon katsayılarından anlaşılmaktadır. Ancak özellikle elektriksel iletkenlik, şeker oranı ve PPH değerlerindeki değişim oldukça fazla olmuştur. Elektriksel iletkenlik, şeker oranı, PPH ve PH değerleri artarken, penetrasyon kuvvetinde azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçümler süresince elde edilen değerler

Ölçüm No	Nem Oranı %	Isı İltkenliği W/m.°C	Elektriksel İletkenlik m/s	Şeker Oranı %	Penet. Kuvveti kg	Suda Çözünen Katı Madde ppt	PH
1	82,00	0,43	1,44	8,03	6,90	0,72	3,00
2	82,00	0,38	1,60	10,43	6,80	0,80	3,09
3	83,00	0,41	1,80	11,41	6,70	0,85	3,12
4	82,00	0,41	2,00	11,80	6,35	1,00	3,32
5	82,00	0,46	2,12	12,30	6,00	1,20	3,45
6	82,00	0,41	2,23	12,50	5,70	1,40	3,64
7	82,00	0,41	2,93	12,80	5,60	1,60	3,75
Ort.	82,14	0,42	2,02	11,32	6,29	1,08	3,34
SD	0,38	0,02	0,49	1,65	0,53	0,33	0,29
VK, %	0,5	5,9	24,3	14,6	8,5	30,5	8,6

##### 4.1. Isı iletkenliği ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler

Ölçümler boyunca ısı iletkenliği ve nem oranındaki değişim fazla olmamıştır. Daha önceki çalışmalardan da bilindiği gibi ısı iletkenliği ile üründeki nem oranı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Kayısoğlu ve ark., 2004; Kocabıyık ve Tezer, 2007). Bu nedenle oda koşullarında depolama süresince nem oranı önemli ölçüde değişmediğinden ısı iletkenliği değerlerinde fazla bir değişim olmamıştır. Aşağıdaki çizelgelerde ısı iletkenliği ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkinin varyans analiz tabloları verilmiştir.

Çizelge 4.2. Isı iletkenliği ile Şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,000	1	,000	,008	,932
Residual	,004	5	,001		
Total	,004	6			

P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki yoktur.

Çizelge 4.3. Isı iletkenliği ile penetrasyon kuvveti arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,000	1	,000	,270	,625
Residual	,003	5	,001		
Total	,004	6			

P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki yoktur.

Çizelge 4. 4. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,000	1	,000	,113	,751
Residual	,003	5	,001		
Total	,004	6			

P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki yoktur.

Çizelge 4.5. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,000	1	,000	,112	,752
Residual	,003	5	,001		
Total	,004	6			

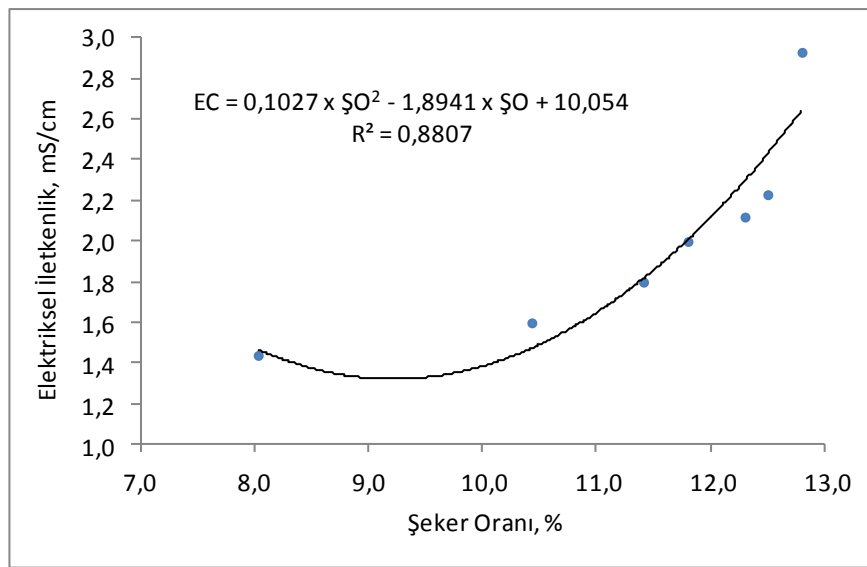
P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki yoktur.

Çizelgelerden de anlaŐıldıđı gibi, ısı iletkenliği elmanın Şeker oranı, penetrasyon direnci, pH ve Suda çözünen katı madde miktarı parametrelerinin deđiŐiminden, istatistiki olarak önemli ölçüde etkilenmemiŐtir.

## 4.2. Elektriksel iletkenlik ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler

### 4.2.1. Elektriksel iletkenlikle şeker oranı arasındaki ilişki

Çizelge 4.6’da elektriksel iletkenlik ile elmanın şeker oranındaki değişimin varyans analiz tablosu verilmiştir. Bu iki parametre arasında önemli bir ilişki vardır ( $P=0.27<0.05$ ). Şeker oranı arttıkça elektriksel iletkenlik de artmıştır. En güçlü ilişki modeli ikinci dereceden denklem (Quadratic Model) ile saptanmıştır (Şekil 4.1). Elektriksel iletkenlik değeri şeker oranının %10 geçmesinden sonra daha hızlı bir artış göstermiştir.



Şekil 4. 1. Elektriksel iletkenlikle şeker oranı ilişkisinin modeli

Çizelge 4.6. Elektriksel iletkenlikle şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

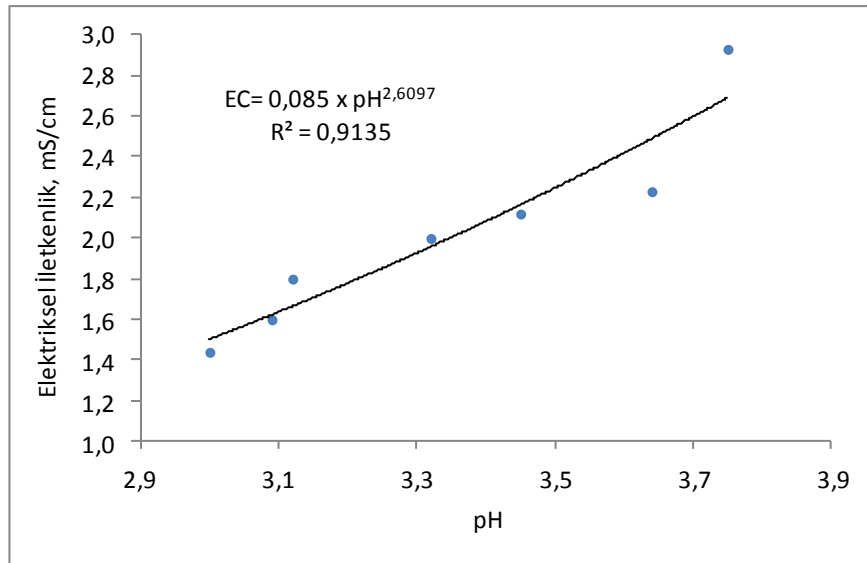
Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	1,272	2	,636	14,764	,014
Residual	,172	4	,043		
Toplam	1,444	6			

\*  $P<0.05$  önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki vardır.



#### 4.2.2. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişki

Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin modeli Şekil 4.2’de verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi üssel modelde en kuvvetli ilişki olduğu saptanmıştır. Bu iki parametre arasında önemli bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.7). pH değeri arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmıştır. Dolayısıyla elmanın asitlik değeri azaldıkça elektriksel iletkenlik artmaktadır.



Şekil 4. 2. Elektriksel iletkenlikle pH ilişkisinin modeli

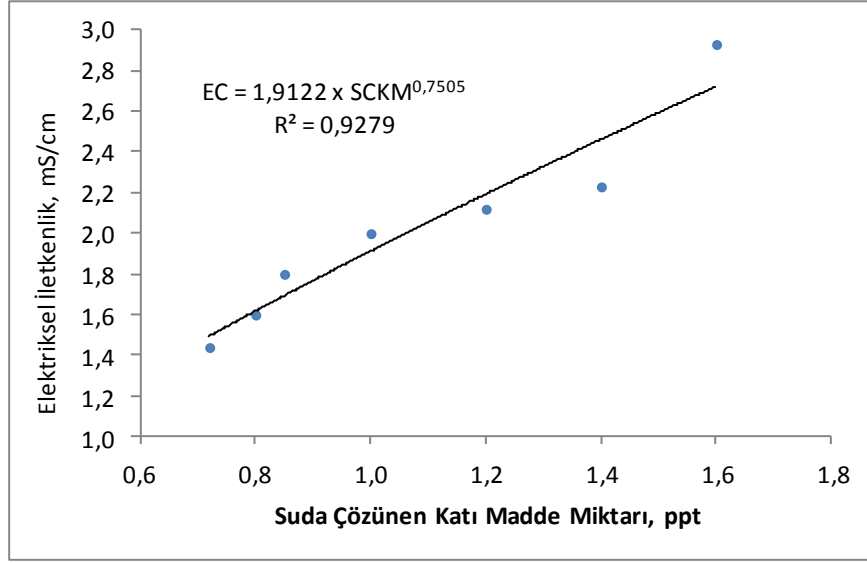
Çizelge 4. 7. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,300	1	,300	52,809	,001
Residual	,028	5	,006		
Total	,328	6			

\* P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki vardır.

#### 4.2.3. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı arasındaki ilişki

Ölçümler sırasında depolama süresince suda çözünen katı madde miktarı artış göstermiştir. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı değerleri arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.8). Bu iki parametre arasında da en uygun model üssel ilişkide elde edilmiştir (Şekil 4.3). Suda çözünen katı madde miktarı arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmıştır.



Şekil 4. 3. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarın ilişkisinin modeli

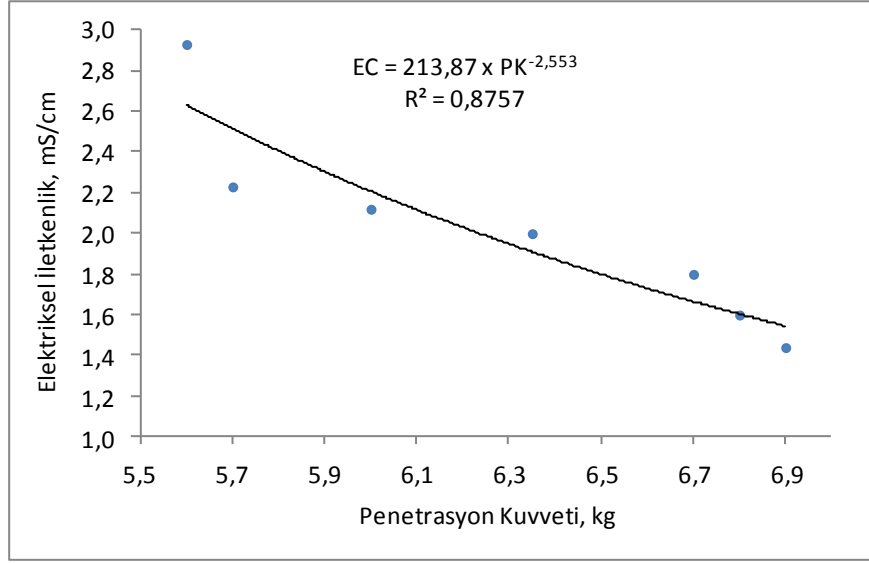
Çizelge 4. 8. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,305	1	,305	64,369	,000
Residual	,024	5	,005		
Total	,328	6			

\* P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki vardır.

#### 4.2.4. Elektriksel iletkenlikle penetrasyon kuvveti arasındaki ilişki

Elektriksel iletkenlikle penetrasyon kuvveti arasında önemli bir ilişki ( $P=0.002<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.9). En yüksek korelasyon katsayısı üssel ilişki de olmuştur (Şekil 4.4). Ölçümler boyunca penetrasyon kuvveti azalırken elektriksel iletkenlik değeri artış göstermiştir. Bu iki parametre arasında ters bir ilişki olduğu saptanmıştır.



Şekil 4. 4. Elektriksel iletkenlikle penetrasyon kuvveti ilişkisinin modeli

Çizelge 4. 9. Elektriksel iletkenlikle Penetrasyon Kuvveti arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,288	1	,288	35,387	,002
Residual	,041	5	,008		
Total	,328	6			

\* P<0.05 önem seviyesinde iki değişken arasında önemli ilişki vardır.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Starking Delicious cinsi elmayla yapılan bu araştırmada, meyvenin hasat edildikten sonra, oda koşullarında saklanması esnasında ısı ve elektriksel iletkenliği ile şeker oranı, pH, suda çözünen katı madde ve penetrasyon kuvveti ilişkileri araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür;

Toplam 18 günlük ölçüm periyodunda elmanın nem içeriği hemen hemen hiç değişmemiştir. Bu nedenle ısı iletkenliği de önemli bir değişiklik göstermemiştir. Nem içeriği ile ısı iletkenliği arasında önemli bir ilişki bulunduğu daha önce yapılan çalışmalarda da belirtilmektedir (Donsi ve ark. 1996; Shrivastava ve Danta , 1999; Kayışoğlu ve ark. 2004). Isı iletkenliği ölçümler süresince değişmediğinden, diğer parametreler arasında da bir ilişki bulunamamıştır. Bu süreçte elmanın nem dışındaki şeker oranı, pH, suda çözünen katı madde miktarı ve penetrasyon kuvveti değişimleri ısı iletkenliğini önemli ölçüde etkilememiştir.

Elektriksel iletkenlikle şeker oranı arasında önemli bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Quadratic ilişki modeliyle en uygun şekilde açıklanan bu ilişkide, elektriksel iletkenlik değeri şeker oranıyla birlikte artış göstermiştir.

Elektriksel iletkenlik değeri elmanın pH değerindeki artışla birlikte önemli ölçüde artmıştır. Asitlik değeri ile elektriksel iletkenlik değerleri arasında negatif bir ilişki olduğu söylenebilir.

Suda çözünen katı madde miktarındaki değişim elektriksel iletkenlik değerini önemli ölçüde etkilemiştir. Değişim pozitif yönde olmuştur.

Saklama süresince penetrasyon kuvveti azalmıştır. Penetrasyon kuvveti ile elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki olmuştur.

Elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler sonucunda oda koşullarında kısa süreli depolama süresince ısı iletkenliğindeki değişimle meyvenin ölçülen parametreleri arasında bir tahmin modelinin geliştirilmesinin mümkün olamayacağı görölmüştür. Ancak, daha uzun süreli depolama sırasında ısı iletkenliği ile bu parametreler arasındaki değişimin tahminini yapmak mümkün olabilir. Bu nedenle bu yönde araştırma yapılmasına gerek vardır.

Elektriksel iletkenlik değeri meyvenin hasat edildikten sonra oda koşullarında kısa süreli saklanması esnasında, şeker oranı, pH, suda çözünen katı madde miktarı, penetrasyon

kuvveti ile ilişkilerinin önemli olması, güvenilir tahmin modelleri geliştirmeyi mümkün kılmıştır. Bu nedenle elektriksel iletkenlik özelliği bu amaçla rahatlıkla kullanılabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Castro I, Teixeira J.A, Salengke S, Sastry S.K, Vicente A.A (2004). Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 5, Issue 1 : 27-36
- Dokuzlu C (2000). Gıda Analizleri, Marmara Kitabevi Yayınları, Bursa  
Donsi G, Ferrari G, Nigro R (1996). Experimental determination of thermal conductivity of apple and potato at different moisture contents, *Journal of Food Engineering*, Volume 30, Issues 3-4: 263-268
- Drusas A.E, Saravacos G.D (1985). Thermal conductivity of tomato paste. *Journal of Food Engineering*, Volume 4, Issue 3 :157-168
- Guo W, Zhu X, Nelson S.O, Yue R, Liu H, Liu Y (2011). Maturity effects on dielectric properties of apples from 10 to 4500 MHz, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 44, Issue 1: 224-230
- İçier F, Ilıcalı C (2005). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating, *Food Research International*, Volume 38, Issue 10: 1135-1142
- Jha S.N, Matsuoka T (2004). Changes in Electrical Resistance of Eggplant with Gloss, Weight and Storage Period, *Biosystems Engineering*, Volume 87, Issue 1: 119-123
- Kayisoglu B, Kocabiyik H, Akdemir B (2004). The Effect of Moisture Content on Thermal Conductivities of Some Cereal Grains, *Journal of Cereal Science*, V 39: 147-150.
- Kocabiyik H, Tezer D (2007). Kolzanın ısısal özelliklerinin belirlenmesi, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4(1): 65-70.
- Legrand A, Leuliet J.C, Duquesne S, Kesteloot R, Winterton P, Fillaudeau L (2007). Physical, mechanical, thermal and electrical properties of cooked red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) for continuous ohmic heating process, *Journal of Food Engineering*, Volume 81, Issue 2: 447-458
- , Chiralt A, Fito P (2000). Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation, *Journal of Food Engineering*, Volume 43, Issue 4: 213-218
- Mercali G.D, Sarkis J.R, Jaeschke D, Tessaro I.C, Marczak L.D.F (2011). Physical properties of acerola and blueberry pulps, *Journal of Food Engineering*, Volume 106, Issue 4: 283-289
- Montoya M.M, Plaza J.L, López-Rodríguez V (1994<sup>1</sup>). An Improved Technique for Measuring the Electrical Conductivity of Intact Fruits, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 27, Issue 1: 29-33

- Montoya M.M, Plaza J.L, López-Rodríguez V (1994<sup>2</sup>). Electrical Conductivity of Avocado Fruits During Cold Storage and Ripening, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 27, Issue 1: 34-38
- Montoya M.M, Plaza J.L, López-Rodríguez V (1994<sup>3</sup>). Relationship Between Changes in Electrical Conductivity and Ethylene Production in Avocado Fruits, *LWT - Food Science and Technology*, Volume 27, Issue 5: 482-486
- Mudgett R.E, Jowitt R, Escher F, Kent M, McKenna B, Roques M (1987). Electrical properties of foods: a general review, *Physical properties of foods-2*, London: Elsevier Applied Science :159–170.
- Njie D.N, Rumsey T.R, Singh R.P (1998). Thermal properties of cassava, yam and platain, *Journal of Food Engineering*, Volume 37, Issue 1: 63-76
- Rahman M.S (1992). Thermal conductivity of four food materials as a single function of porosity and water content, *Journal of Food Engineering*, Volume 15, Issue 4: 261-268
- Ross F.A (1959). Dinitrofenol Method For Reducing Sugars In:Patato Processing Eds., W.F Talburt And O. Smithh The Avi Publishing Company, 469-470
- Sablani S.S, Rahman M.S (2003). Using neural networks to predict thermal conductivity of food as a function of moisture content, temperature and apparent porosity, *Food Research International*, Volume 36, Issue 6: 617-623
- Sarang S, Sastry S.K, Knipe L (2008). Electrical conductivity of fruits and meats during ohmic heating, *Journal of Food Engineering*, Volume 87, Issue 3: 351-356
- Shrivastava M, Datta A.K (1999). Determination of specific heat and thermal conductivity of mushrooms (*Pleurotus florida*), *Journal of Food Engineering*, Volume 39, Issue 3: 255-260
- Stela L.R.M, Filho C.R.B, Silva Z.E (2005). Transient conduction in spherical fruits: method to estimate the thermal conductivity and volumetric thermalcapacity, *Journal of Food Engineering*, Volume 67, Issue 3: 261-266
- Tesfay S.Z, Bertling I, Bower J.P (2011). Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality, *Postharvest Biology and Technology*, Volume 60, Issue 2: 92-99
- Wang N, Brennan J.G (1992). Thermal conductivity of potato as a function of moisture content, *Journal of Food Engineering*, Volume 17, Issue 2: 153-160
- Yetim H, Kesmen Z (2009). Gıda Analizleri, Erciyes Üniversitesi Yayınları No:163 Kayseri
- Ziaiiifar A.M, Heyd B, Courtois F (2009). Investigation of effective thermal conductivity kinetics of crust and core regions of potato during deep-fat frying using a modified Lees method, *Journal of Food Engineering*, Volume 95, Issue 3: 373-378