

**PATATESİN ISI VE ELEKTRİKSEL
İLETKENLİĞİNİN, BAZI
PARAMETRELERE BAĞLI OLARAK,
DEĞİŞİMİN SAPTANMASI ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**
Yasemin SEZER
Yüksek Lisans Tezi
Tarım Makineleri Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU
2012

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

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

Yasemin SEZER

TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

TEKİRDAĞ-2012

Her hakkı saklıdır.

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

Juri BaŐkanı : Prof.Dr.Birol KAYIŞOĞLU

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr.Serap AKDEMİR

İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr.Mehmet Recai DURGUT

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

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

Yasemin SEZER

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

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

Araştırma sonucunda, oda koşullarında 105 günlük saklama süresince patatesin ölçülen değerleri ile elektriksel ve ısı iletkenliği arasında önemli ilişkiler olduğu gözlenmiştir. Isı iletkenliği 0.41-0.62 W/m.°C arasında, Elektriksel iletkenlik 6.42-8.60 mS/cm arasında değişmiştir. Patatesin ısı iletkenliği azalırken elektriksel iletkenlik değeri artmıştır. Ayrıca, pH, asitlik oranı ve nem içeriği azalmış, suda çözünen kuru madde ve indirgenmiş şeker oranı artış göstermiştir. Isı iletkenliği ile pH, suda çözünen kuru madde miktarı ve indirgenmiş şeker miktarı arasındaki ilişki negatif olurken, ısı iletkenliği arttıkça asitlik ve nem oranının da arttığı görülmüştür. Elektriksel iletkenlik ile pH, suda çözünen kuru madde miktarı ve indirgenmiş şeker miktarı arasındaki ilişki pozitif olurken, elektriksel iletkenlik arttıkça asitlik ve nem oranında azalma görülmüştür. Elde edilen verilerle ısı ve elektriksel iletkenlik değerleriyle ölçülen parametreler arasındaki ilişkilerde güvenle kullanılacak modeller geliştirilmiştir.

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

ABSTRACT

MSc. Thesis

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

Yasemin SEZER

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 potato (*Adora variety*). 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 105 days storage in the room conditions thermal and electrical conductivities and all measured parameters of potato were found significant relationships. Thermal conductivity and electrical conductivity changed between 0.41 and 0.62 W/m.°C; 6.42 and 8.60 mS/cm, respectively. Thermal conductivity decreased but electrical conductivity increased during the period of storage. Sugar content, pH value and amount of dissolved solids in water increased while decreasing acidity and moisture content. There was a negative relationship between Sugar content; pH value and amount of dissolved solids in water and thermal conductivity, but between thermal conductivity and moisture content; acidity were found a positive relationship. Contrary, the relation was found in Electrical conductivity. Thermal and Electrical conductivity models developed in these parameters, can be used safely to estimate the all measured parameters of potato.

Keywords : Electrical conductivity, thermal conductivity, physico-mechanical properties of potato

2012, 32 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	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Depolama.....	4
2.2. Isı iletkenliği	4
2.3. Elektriksel iletkenlik.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Denemelerde kullanılan patates.....	9
3.1.2. Elektriksel iletkenlik ve pH ölçüm cihazı	9
3.1.3. Isı iletkenliği ölçüm cihazı	10
3.1.4. Spektrofotometre	10
3.1.5. Ölçümlerde kullanılan diğer cihazlar	11
3.1.6. İstatistik analizler için kullanılan program.....	11
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Elektriksel iletkenlik, pH ve suda çözünür katı madde miktarının saptanması	11
3.2.2. Isı iletkenliğinin saptanması.....	11
3.2.3. İndirgen şeker miktarının belirlenmesi	11
3.2.4. Nem oranının saptanması.....	12
3.2.5. Titrasyon asitliğinin saptanması	12
3.2.6. Sonuçların değerlendirilmesi.....	13
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	14

4.1. Isı iletkenliğinin değişimi	14
4.2. Elektriksel iletkenliğin değişimi.....	15
4.3. pH değişimi.....	15
4.4. Suda çözünür kuru madde miktarının değişimi.....	16
4.5. Asitlik oranı	16
4.6 İndirgenmiş şeker oranı	17
4.7. Nem oranı	18
4.8. Isı iletkenliği ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler	18
4.8.1. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişki	18
4.8.2. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişki	19
4.8.3. Isı iletkenliği asitlik oranı arasındaki ilişki	20
4.8.4. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişki.....	21
4.8.5. Isı iletkenliği ile nem oranı arasındaki ilişki	22
4.9. Elektriksel iletkenlik ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler	23
4.9.1 Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişki	23
4.9.2. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı arasındaki ilişki	24
4.9.3. Elektriksel iletkenlik ile asitlik değeri arasındaki ilişki	25
4.9.4. Elektriksel iletkenlik ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişki.....	26
4.9.5. Elektriksel iletkenlik ile nem oranı arasındaki ilişki.....	27
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	29
6. KAYNAKLAR	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. MI806 model ölçüm cihaz	10
Şekil 3.2. KD2 Model ısı iletkenlik cihazı	10
Şekil 3.3. Spektrofotometre.....	11
Şekil 4.1. Ölçümler süresince ısı iletkenliğinin değişimi	15
Şekil 4.2. Ölçümler süresince elektriksel iletkenliğin değişimi.....	15
Şekil 4.3. Ölçümler süresince pH değerinin değişimi.....	16
Şekil 4.4. Suda çözünür kuru madde miktarının ölçüm süresince değişimi	16
Şekil 4.5. Ölçümler süresince asitlik oranının değişimi	17
Şekil 4.6. Ölçümler süresince indirgenmiş şeker miktarının değişimi	17
Şekil 4.7. Ölçümler süresince nem oranının değişimi.....	18
Şekil 4.8. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin modeli	19
Şekil 4.9. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin modeli.....	20
Şekil 4.10. Isı iletkenliği ile asitlik oranı arasındaki ilişkinin modeli	21
Şekil 4.11. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin modeli.....	22
Şekil 4.12. Isı iletkenliğinin nem oranı arasındaki ilişkinin modeli.....	23
Şekil 4.13. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin modeli.....	24
Şekil 4.14. Elektriksel iletkenlik ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin modeli	25
Şekil 4. 15. Elektriksel iletkenlik ile asitlik değeri arasındaki ilişkinin modeli.....	26
Şekil 4.16. Elektriksel iletkenlik ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin modeli	27
Şekil 4.17. Elektriksel iletkenlik ile nem oranı arasındaki ilişkinin modeli	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. Ölçümler süresince elde edilen değerler	14
Çizelge 4.2. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu	19
Çizelge 4.3. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu	20
Çizelge 4.4. Isı iletkenliği ile asitlik oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu	21
Çizelge 4.5. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu.....	22
Çizelge 4.6. Isı iletkenliği ile nem oranı arasındaki ilişki modelinin Varyans Analiz Tablosu.....	23
Çizelge 4.7. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu	24
Çizelge 4.8. Elektriksel iletkenlikle suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu.....	25
Çizelge 4.9. Elektriksel iletkenlikle asitlik oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu.....	26
Çizelge 4.10. Elektriksel iletkenlikle indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu.....	27
Çizelge 4.11. Elektriksel iletkenlikle nem oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu.....	28

1. GİRİŞ

Tarımsal üretim sonucu elde edilen ürünlerin mühendislik tasarımına yönelik fiziko-mekanik özelliklerinin bilinmesi, bu ürünlerin işlenme ve fabrikasyonu aşamasında makinelerin tasarımı açısından büyük önem taşımaktadır. Ürünlerin fiziko-mekanik özellikleri, ısısız (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 üründen ürüne moleküler ve makroskobik düzeyde farklılıklar göstermektedir. Birçok farklı yöntemle ölçülebilen bu özellikler, işlenmiş ve taze üründe işlenme esnasında makro yapısal değişimleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu mühendislik özelliklerin bir çoğu ürünlerin yapısal farklılıklarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Bundan dolayı bu özelliklerle ürünün sıcaklık, nem oranı, porozitesi ve kimyasal özellikleri gibi özellikleri arasında matematiksel modeller geliştirmek mümkündür. Günümüzde henüz yeni olan doğal malzemelerin benzeri sentetik malzemelerin yapılmasındaki yapısal özellik modellemede, genetik ve biyoteknolojik çalışmalarda da gerçek ürünlerin bu özelliklerinden yararlanılacaktır.

İşlenmiş ya da taze ürünlerin çoğunun taşınması, depolanması, konserve edilmesi ya da işlenmesi sırasında soğutma veya ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Bu ısıl işlemlerde ısıya karşı duyarlı olan biyolojik malzemelere özel bir itina gösterilmelidir. Bu ısıl işlemlerin kontrolü malzemenin ısısız 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.

Isısız 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 (m²),
T₁,T₂ : 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.

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

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

Tez çalışmasının konusu olan patates insan beslenmesi açısından önemli yere sahiptir. Kabuğuyla birlikte haşlanmış 100 g patates, 93 kalori; 2,6 g protein; 21,2 g karbonhidrat: 0 kolesterol; 0,1 g yağ; 0,6 g lif; 65 mg fosfor; 9 mg kalsiyum; 0,7 mg demir; 4 mg sodyum;

503 mg potasyum; 23 mg magnezyum; eser miktarda A vitamini; 0,1 mg B1 vitamini; 0,04 mg B2 vitamini; 1.7 mg B3 vitamini ve 20 mg C vitamini içermektedir.

Toplam dünya üretimi 308 milyon ton, ortalama dekara verim ise 1600 Kg'dır Patates üretiminde Dünyada önde gelen ülkeler sırasıyla Çin, Rusya, Hindistan, Polonya, ABD ve Almanya olurken, hektara verimin en yüksek olduğu ülkeler sırasıyla ABD, Almanya, Türkiye, Hindistan, Polonya, Çin ve Rusya'dır.

Türkiye'de son yıllarda kaliteli tohumluk kullanımı ve üretim tekniklerinin iyileştirilmesi sonucunda artan verime bağlı olarak patates üretimi de gelişme göstermiştir.

Halen ortalama 200 bin hektar alanda patates tarımı yapılmakta olup, yıllık üretim miktarı 5 milyon ton civarındadır. Bir dekardan elde edilen ürün miktarı ortalama 2.500 Kg'dır

Bu çalışmada, patatesin hasat edildikten sonra oda koşullarında saklanması esnasında şeker oranı, pH ve asitlik, suda çözünür kuru madde miktarları ve nem içerikleri 105 gün boyunca 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 patatesin 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 bulguları, tartışma ve sonuç ile kaynaklar bölümü olmak üzere 6 ana bölümden oluşmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Depolama

Tokat bölgesinde yapılan bir araştırmada, bölgede yaygın olarak yetiştirilen ‘‘Marfona’’ çeşidi patates kullanılmıştır. 25 Temmuz’da hasadı yapılan Marfona çeşidi yumrular 15 °C’de ve %75-85 bağlı nemde on beş günlük dinlendirme surecinden geirilmiflerdir. Dinlendirme sürecinden geçirilen yumrular Şekil, büyüklük ve fiziksel durumlarına göre sınıflandırılmış, fiziksel hasarlı olmayanlar iki gruba ayrılmış, birinci grup kontrol amacı ile paketlenmeden, diğer grup ise kk tepsi seklindeki polistrenler üzerine konarak 30, 40 ve 60 mikron kalınlıklarında alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) filmler ile ya da 38 CPP polipropilen film içerisine konarak ısıl yapıştırma ile hava sızdırmaz bir Şekilde paketlenmiş ve 5°C de 8 ay sureyle depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Depolama suresince paket ici O₂ ve CO₂ konsantrasyonları ile renk, ağırlık kaybı gibi fiziksel kalite değerleri ile pH, titrasyon asitliği ve vitamin kaybı gibi kimyasal kalite değerlerinde oluşan değişmeler incelenmiştir. Modifiye atmosferde paketleme (MAP) uygulanan ‘‘Marfona’’ çeşidi patates örneklerinde 8 ay depolama süresi sonunda ağırlık kaybı %4’n altında gerçekleşirken açıkta depolanan örneklerde ise bu kayıp % 12’den daha fazla olmuştur. Titrasyon asitliği, pH, renk ve vitamin kaybı değerlerinde depolama suresince muameleler arasında farklılık belirlenmiştir. Depolanan patates yumrularının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında, yumruların polipropilen filme karşı göstermiş oldukları tepkinin polietilen filme karşı göstermiş oldukları tepkiden çok daha iyi olduğu belirlenmiştir. O₂ ve CO₂ içeriği acısından paket içi optimum denge gaz konsantrasyonunun %9-10 O₂ ve %7.5-8.0 CO₂ olabileceği ve bu koşullarda ‘‘Marfona’’ çeşidi patatesin 38 CPPP polipropilen paketler ile 5 °C de 8 ay süresince sorunsuz bir Şekilde depolanabileceği belirlenmiştir (Şen ve Batu 2007).

Toma ve ark (1979), %95 nem, 3 ve 7 °C sıcaklık Őartlarında 8 ay süreyle depolanan patateslerin kuru madde değerlerinin %17.4 ve %25.4 arasında değiştiğini ve depolama sresinin kuru madde içeriği üzerinde çok az etkili olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Isı iletkenliği

Patatesin ısı iletkenliğini ve hacimsel ısı kapasitesini saptamak amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde patatesin küresel bir cisim olduğu varsayılmıştır. Bu yöntem iki ısıl özelliğin tahmin edilmesinde bir optimizasyon tekniğidir ve problem analitik olarak üzülmesine 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 araştırmacı, 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).

Domates salçasının 27-44° Brix derecesi arasında termal difüzyon 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 1.42×10^{-7} m²/s olarak bulunmuştur (Drusas 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 ısıl 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 ısıl özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu işlemten 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 ısıl 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 °C 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.

Patates granülleri ve mısır irmiğinin ısı iletkenliklerinin saptanması için yapılan çalışmada, patatesin 30-120 °C sıcaklıklarda, %10-60 nem aralıklarında ısı iletkenlikleri ölçülmüştür. Isı iletkenliği sıcaklık ve nem oranı ile birlikte önemli ölçüde artmış ve 0.1-0.6 W/mK arasında değişmiştir. Araştırmacılar ayrıca, fizikokimyasal özellikler ve porositedeki değişimin ısı iletkenliği üzerinde önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir (Hallday ve ark. 1995).

Arpa, buğday, mısır ve ayçiçeğinin granül halde ısı iletkenliklerini ölçmek için yapılan çalışmada, %9-31.6 nem aralıklarında oda koşullarında ölçümler yapılmıştır. Isı iletkenlikleri arpada 0.1010-0.2560 W/mK, buğdayda 0.1643-0.2105 W/mK, mısırdaki 0.1643-0.2105 W/mK ve ayçiçeğinde 0.1390-0.1781 W/mK aralıklarında değişmiştir. Araştırmacılar ısı iletkenliği ile nem oranı arasında önemli ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Kayışoğlu ve ark. 2004).

2.3. 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 (İçier ve Ilıcalı 2005).

Castro ve ark. (2004), alan şiddeti ve ısıl 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. 1994¹).

Montoya ve ark. (1994²) yaptıkları çalışmada, 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 saptanmışlardır.

Montoya ve ark. (1994³), 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 (Tevsay 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 ısısı 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 değerlendirilmesinde 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 madde 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 patates

Denemelerde Adora çeşidi patates kullanılmıştır. Hollanda orijinli olup, 1989'da tescil edilmiştir. Ortalama yumru ağırlığı 89.9 g, açık sarı renkte ve oval biçimdedir. Ortalama nişasta oranı %12, kuru madde oranı %18.3 olan bu ürün genellikle turfanda olarak tüketilmektedir. Ortalama tarla verimi 3106 kg/da civarındadır.

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



Şekil 3.1. MI806 model ölüm cihaz

3.1.3. Isı iletkenliği ölüm cihazı

Isı iletkenliği DECACON Marka KD2 Model ısı iletkenlik cihazı ile llmüşür. 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. 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 ölüm yapabilmektedir.



Şekil 3.3.Spektrofotometre

3.1.5. Ölçümlerde kullanılan diğer cihazlar

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

3.1.6. 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 patatesler oda koşullarında saklanarak ilk günden itibaren 15'er gün arayla 3 tekrarlı olarak ölçümler yapılmıştır. Toplam 8 ölçümden sonra ölçülen parametreler arasında ilişki araştırılmıştır.

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

Püre haline getirilmiş patates 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 patates örneğinin ısı iletkenlik katsayısı KD2 ölçüm cihazıyla saptanmıştır. Her patates üzerinde de 3 ölçüm yapılmıştır. Ölçüm cihazının probu patatesin et kısmına batırılarak ısı iletkenlikleri ölçülmüştür.

3.2.3. 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 ZnSO₄ 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).

3.2.4. 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 soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra kabın darası alınmış (G), püre haline getirilmiş patatesten 5-10 g alınarak kaptaki deniz kumu ile iyice karıştırılıp tartılmıştır (G₁). 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 (G₂) ve aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılmıştır (Dokuzlu 2000).

$$\text{Nem oranı (\%)} = \frac{(G_2 - G)}{(G_1 - G)} \times 100$$

3.2.5. Titrasyon asitliğinin saptanması

Titrasyon asitliği, belli miktardaki örneğin, belli konsantrasyondaki bir baz çözeltisiyle titrasyonu yoluyla saptanmıştır (Yetim ve Kesmen, 2009).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{V \cdot F \cdot E}{M} \times 100$$

Burada;

V : Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml

F : Titrasyonda kullanılan bazın normalitesi tam 0.1 değilse, çözelti faktörü

E : 1 ml 0.1 N NaOH'ın eşdeğer asit miktarı (Malik asit cinsinden, E = 0.067)

M : Titre edilen örneğin gerçek miktarı, ml veya g.

3.2.6. Sonuçların değerlendirilmesi

Başlangıçtan itibaren yapılan 8 ölçüm 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 çözüner katı madde ve nem oranıyla ilişkileri en uygun modellerle açıklanmaya çalışılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

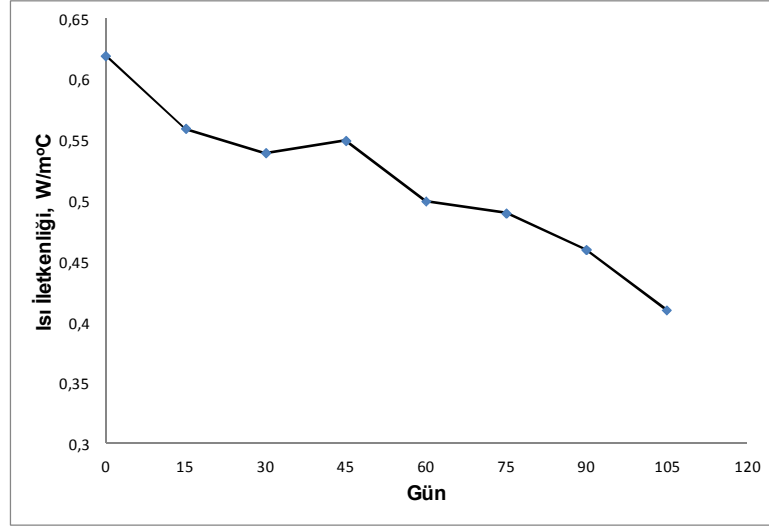
15'er gün arayla toplam 105 günlük süreçte yapılan ölçümlerde elde edilen değerler Çizelge-4.1'de verilmiştir. Ölçümler süresince en az değişim nem oranında olurken en fazla değişim ısı iletkenliğinde gözlenmiştir. pH değeri de çok fazla artmamıştır.

Çizelge 4.1. Ölçümler süresince elde edilen değerler

Ölçüm No	Isı İltkenliği W/m.°C	Elektriksel İletkenlik mS/cm	pH	Suda Çözünür Kuru M. ppt	Asitlik %	İnd. Şeker Oranı %	Nem Oranı %
1	0,62	6,42	5,26	3,21	1,91	11,2	81,0
2	0,56	7,01	5,54	3,58	1,84	11,3	80,7
3	0,54	7,14	5,60	3,63	1,72	11,5	80,4
4	0,55	7,34	5,63	3,70	1,62	12,2	79,5
5	0,50	7,53	5,72	3,79	1,59	12,3	79,3
6	0,49	7,83	5,75	3,89	1,57	12,4	79,1
7	0,46	7,98	5,78	4,07	1,55	13,0	77,0
8	0,41	8,60	5,82	4,30	1,52	13,2	76,1
Ort.	0,52	7,48	5,64	3,77	1,67	12,14	79,14
SD	0,07	0,67	0,18	0,33	0,14	0,75	1,75
Değişim, %	34	34	11	34	20	18	6
VK, %	12,64	8,91	3,19	8,74	8,63	6,20	2,21

4.1. Isı iletkenliğinin değişimi

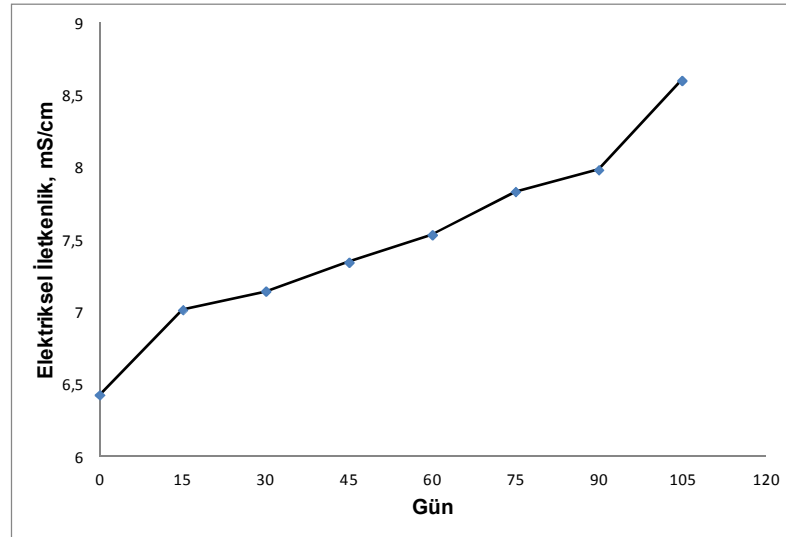
Isı iletkenliği ölçüm süresi boyunca başlangıç değerine göre %34 oranında azalmıştır. Bu anlamda en fazla değişim ısı iletkenliğinde olmuştur. Diğer ölçülen değerlere göre ısı iletkenliğinin varyasyon katsayısının yüksek olması da bunun göstergesidir (Çizelge 4.1). Isı iletkenliğinin ölçüm süresince değişiminin grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ölçümler süresince ısı iletkenliğinin değişimi

4.2. Elektriksel iletkenliğin değişimi

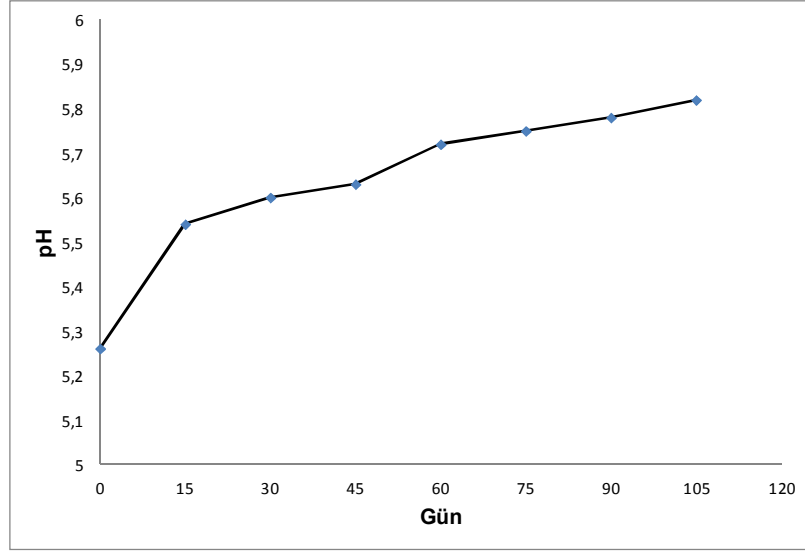
Isı iletkenliği %34 oranında azalırken elektriksel iletkenlik aynı oranda artış göstermiştir. Ölçüm süresince elektriksel iletkenliğin değişiminin grafiği Şekil 4.2’ de verilmiştir.



Şekil 4.2. Ölçümler süresince elektriksel iletkenliğin değişimi

4.3. pH değişimi

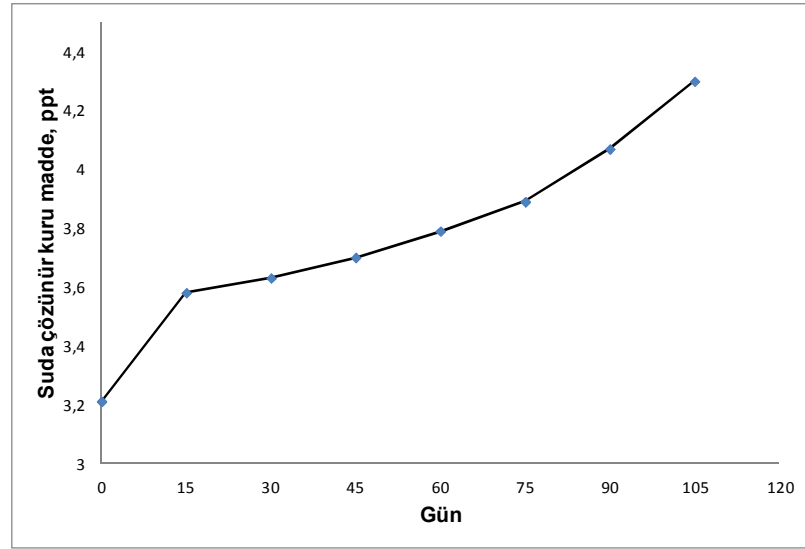
pH değeri başlangıçtan itibaren ölçüm süresi boyunca %11 oranında artmıştır. pH değerinin değişiminin grafiği Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3. Ölçümler süresince pH değerinin değişimi

4.4. Suda çözünür kuru madde miktarının değişimi

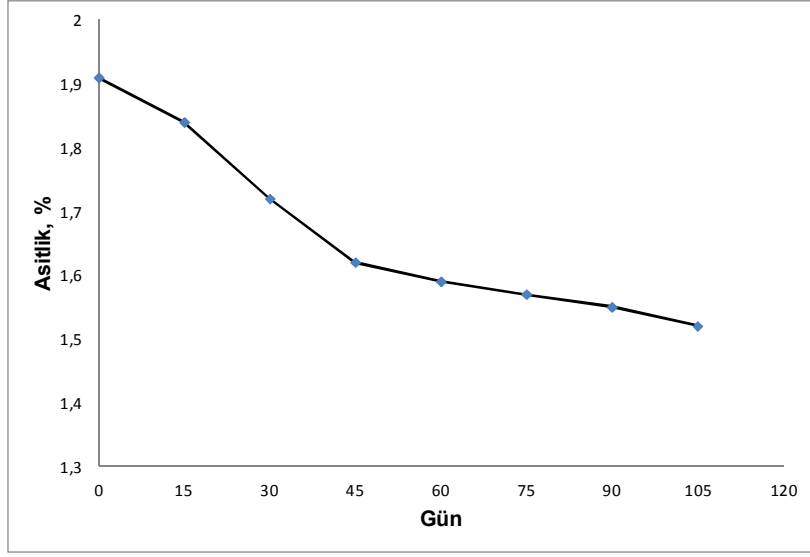
Başlangıçtan itibaren ölçümler süresince suda çözünür kuru madde miktarı %34 oranında artış göstermiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Suda çözünür kuru madde miktarının ölçüm süresince değişimi

4.5. Asitlik oranı

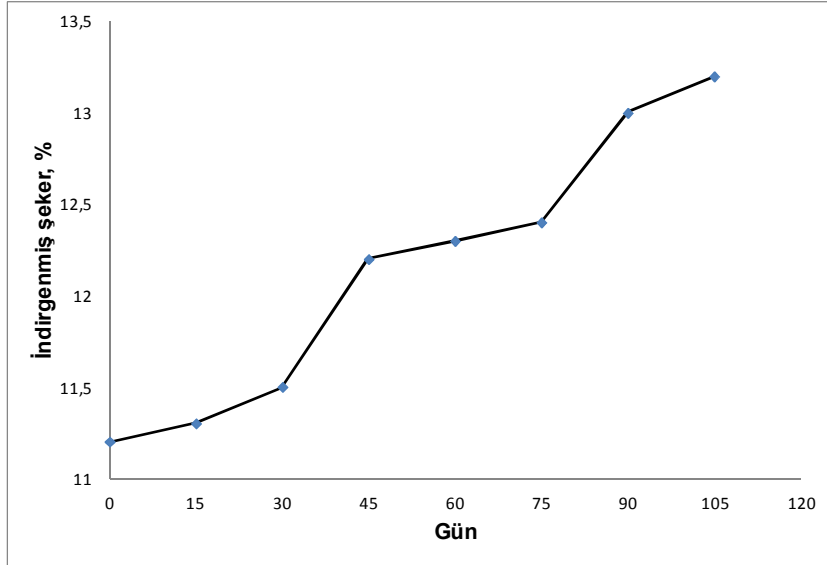
Asitlik oranı başlangıç değerine göre %20 oranında azalmıştır. Değişim oranının grafiği Şekil 4.5' te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Ölçümler süresince asitlik oranının değişimi

4.6 İndirgenmiş şeker oranı

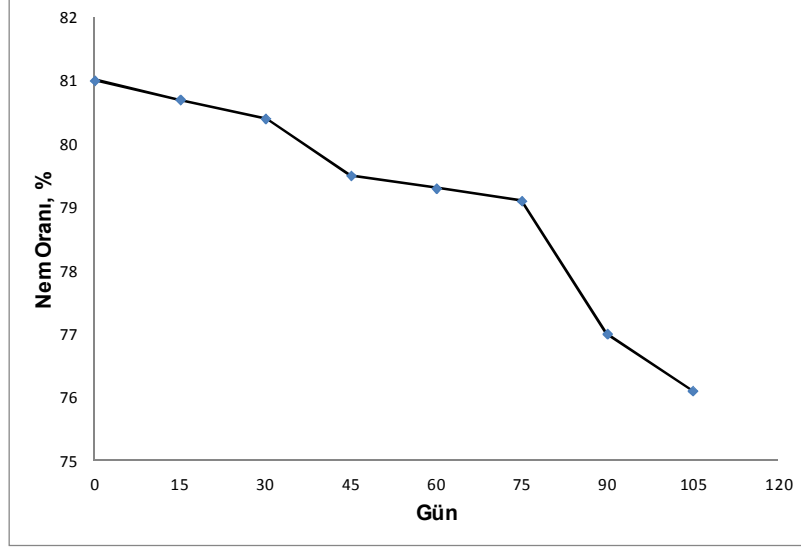
İndirgenmiş şeker oranı ölçümler süresince %18 oranında artış göstermiştir. İndirgenmiş şeker oranının ölçüm süresince göstermiş olduğu değişimin grafiği Şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6. Ölçümler süresince indirgenmiş şeker miktarının değişimi

4.7. Nem oranı

Başlangıçtan itibaren yapılan ölçümlerde nem oranında %6'lık bir azalma görülmüştür. Saptanan bu değişiklik Şekil 4.7' deki grafikte gösterilmiştir.



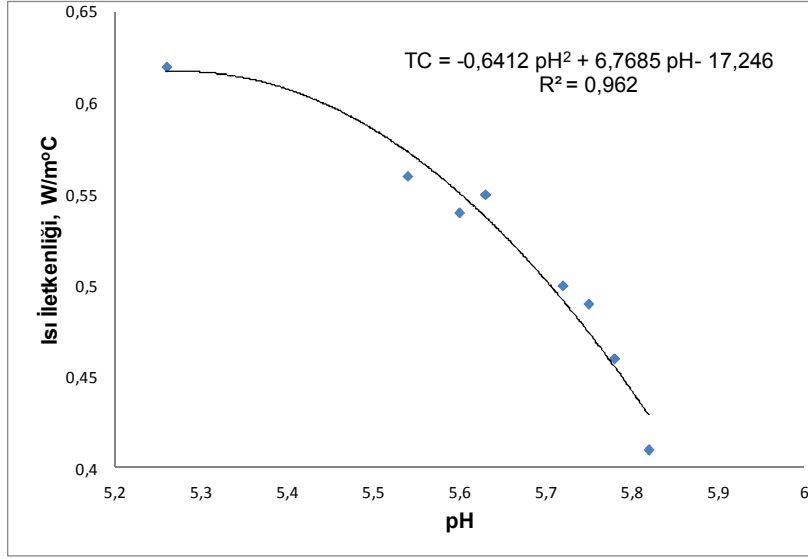
Şekil 4.7. Ölçümler süresince nem oranının değişimi

Daha önce yapılan çalışmalarda nem oranının depolama süresi boyunca çok fazla değişim göstermediği belirtilmiştir (Toma ve ark, 1979)

4.8. Isı iletkenliği ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler

4.8.1. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişki

Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin en uygun modeli Quadratic Model (İkinci dereceden polinom) olmuştur. En yüksek regresyon katsayısı bu modelde bulunmuştur ($R^2=0.962$). Isı iletkenliği azalırken pH artmıştır (Şekil 4.8). Yapılan Varyans Analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2).



Şekil 4.8. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin modeli

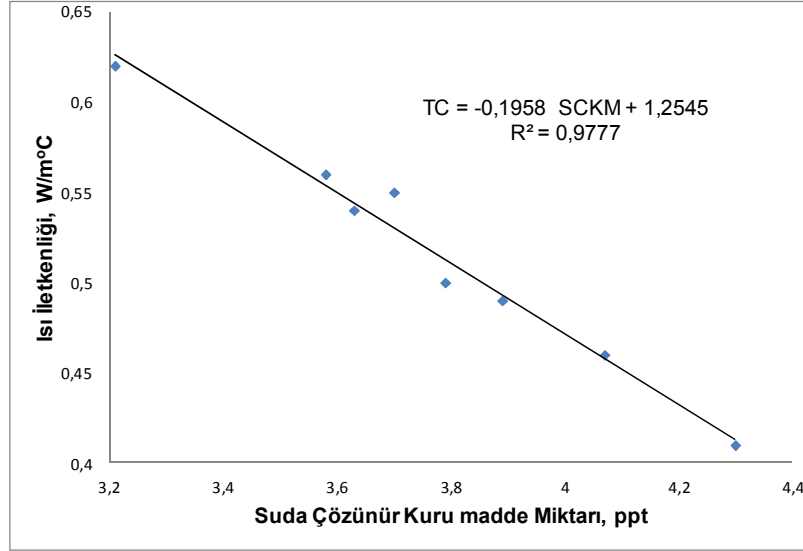
Çizelge 4.2. Isı iletkenliği ile pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,029	2	,014	63,297	,000
Residual	,001	5	,000		
Toplam	,030	7			

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

4.8.2. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişki

Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin en uygun modeli doğrusal model olmuştur. Bu modelde en yüksek regrasyon katsayısı sağlanmıştır. ($R^2=0.977$). Isı iletkenliği azalırken suda çözünür kuru madde miktarı artmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin modeli

Yapılan Varyans Analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3).

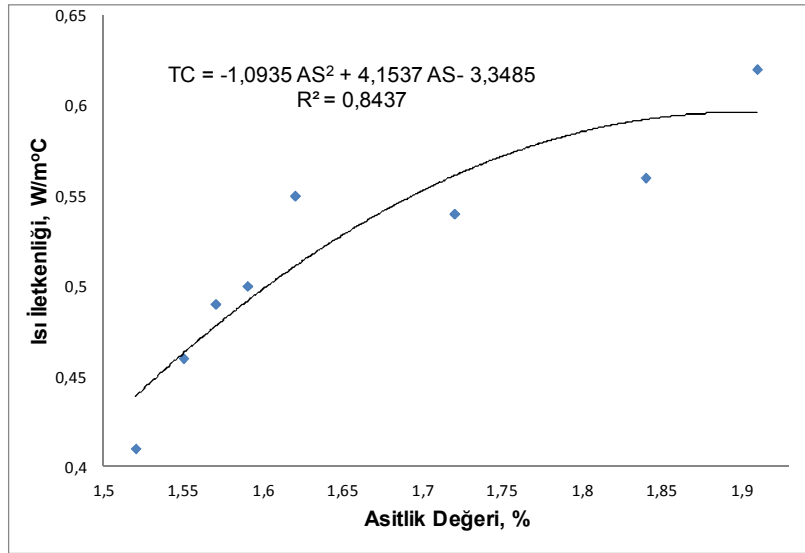
Çizelge 4.3. Isı iletkenliği ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,029	1	,029	263,0	,000
Residual	,001	6	,000		
Toplam	,030	7			

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

4.8.3. Isı iletkenliği asitlik oranı arasındaki ilişki

Isı iletkenliği ile asitlik oranı arasındaki ilişkinin en uygun modeli Quadratic Model (İkinci dereceden polinom) olmuştur. En yüksek regresyon katsayısı bu modelde bulunmuştur ($R^2=0.844$). Isı iletkenliği azalırken asitlik de azalmıştır (Şekil 4.10). Yapılan Varyans Analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.10. Isı iletkenliği ile asitlik oranı arasındaki ilişkinin modeli

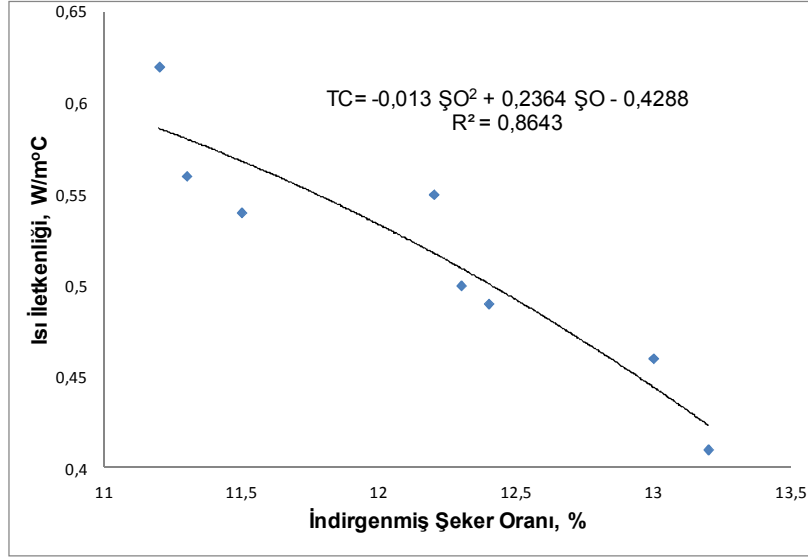
Çizelge 4.4. Isı iletkenliği ile asitlik oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,025	2	,013	13,492	,010
Residual	,005	5	,001		
Toplam	,030	7			

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

4.8.4. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişki

Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin en uygun modeli Quadratic Model (İkinci dereceden polinom) olmuştur. En yüksek regrasyon katsayısı bu modelde bulunmuştur (R²=0.864). Isı iletkenliği azalırken indirgenmiş şeker oranı da artmıştır (Şekil 4.11). Yapılan Varyans Analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5).



Şekil 4.11. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin modeli

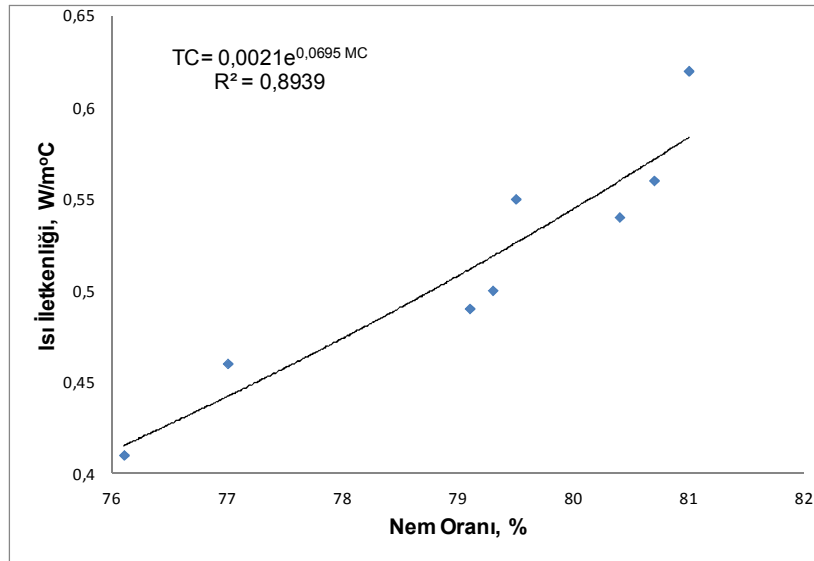
Çizelge 4.5. Isı iletkenliği ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,026	2	,013	15,916	,007
Residual	,004	5	,001		
Total	,030	7			

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

4.8.5. Isı iletkenliği ile nem oranı arasındaki ilişki

Isı iletkenliği ile nem oranı arasındaki ilişkinin en uygun modeli üstel ilişki modeli olmuştur. En yüksek regresyon katsayısı bu modelde bulunmuştur ($R^2=0,894$). Isı iletkenliği azalırken nem oranı da azalmıştır (Şekil 4.12). Yapılan Varyans Analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6). Kocabıyık ve ark. (2007), kolza ile yaptıkları çalışmada ısı iletkenliği ve nem oranı arasında benzer ilişki bulmuşlardır.



Şekil 4.12. Isı iletkenliğinin nem oranı arasındaki ilişkinin modeli

Çizelge 4.6. Isı iletkenliği ile nem oranı arasındaki ilişki modelinin Varyans Analiz Tablosu

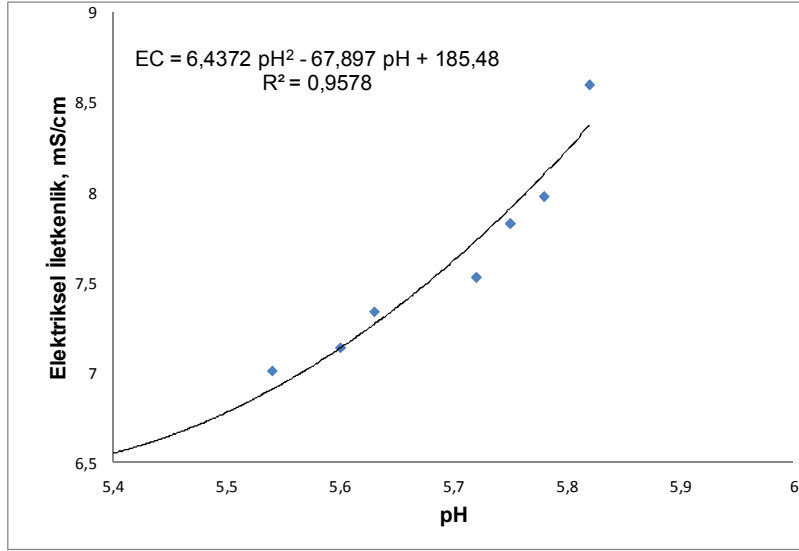
Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,104	1	,104	50,530	,000
Residual	,012	6	,002		
Total	,116	7			

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

4.9. Elektriksel iletkenlik ile ölçülen parametreler arasındaki ilişkiler

4.9.1 Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişki

Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin modeli Şekil 4.13'de verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi Quadratic Modelin (İkinci dereceden polinom) en kuvvetli ilişki olduğu saptanmıştır. Bu iki parametre arasında önemli bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.7). Patatesin pH değeri arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmıştır.



Şekil 4.13. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin modeli

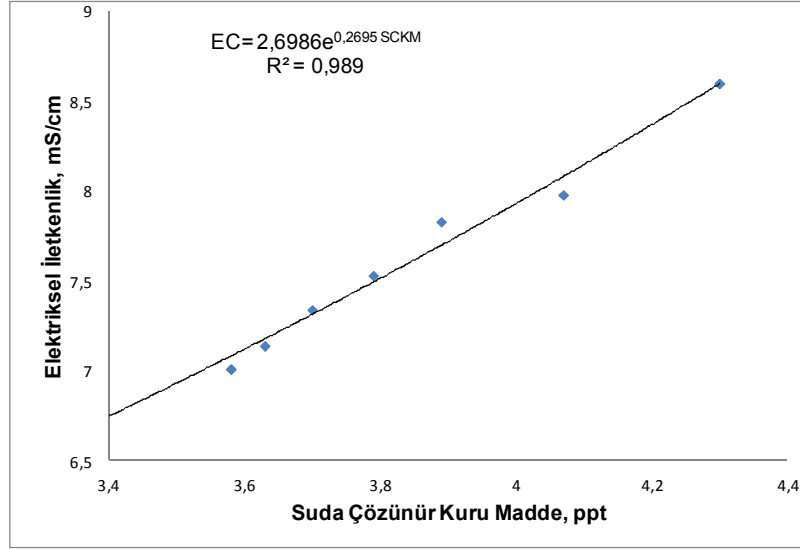
Çizelge 4.7. Elektriksel iletkenlikle pH arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	2,978	2	1,489	56,801	,000
Residual	,131	5	,026		
Total	3,109	7			

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

4.9.2. Elektriksel iletkenlikle suda çözünen katı madde miktarı arasındaki ilişki

Ölçümler sırasında depolama süresince suda çözünen katı madde miktarı artış göstermiştir. Elektriksel iletkenlik ve 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 4.14). Suda çözünen katı madde miktarı arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmıştır.



Şekil 4.14. Elektriksel iletkenlik ile suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin modeli

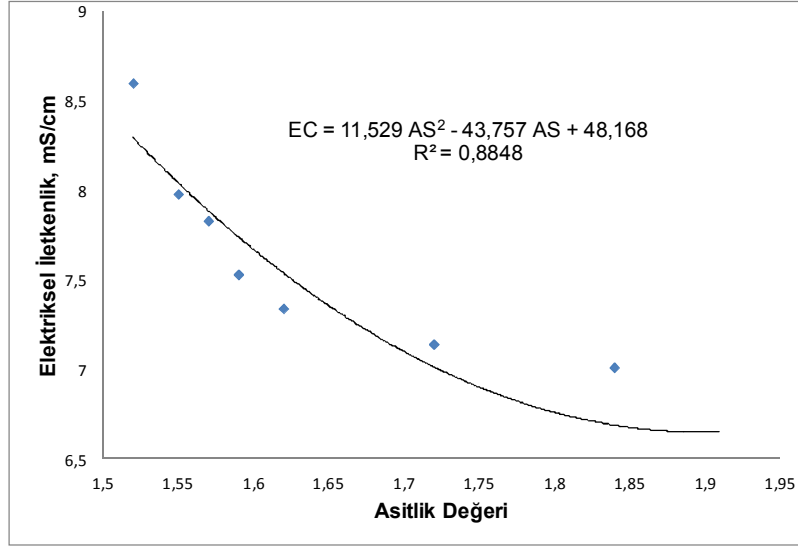
Çizelge 4.8. Elektriksel iletkenlikle suda çözünür kuru madde miktarı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	,055	1	,055	538,960	,000
Residual	,001	6	,000		
Total	,056	7			

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

4.9.3. Elektriksel iletkenlik ile asitlik değeri arasındaki ilişki

Ölçümler süresince elektriksel iletkenlik artarken asitlik değeri azalma göstermiştir. Elektriksel iletkenlik ve asitlik arasında önemli bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.9). Bu iki parametre arasında da en uygun model Quadratic Modelle (İkinci dereceden polinom) elde edilmiştir (Şekil 4.15). Elektriksel iletkenlik değeri artarken asitlik azalmıştır.



Şekil 4. 15. Elektriksel iletkenlik ile asitlik değeri arasındaki ilişkinin modeli

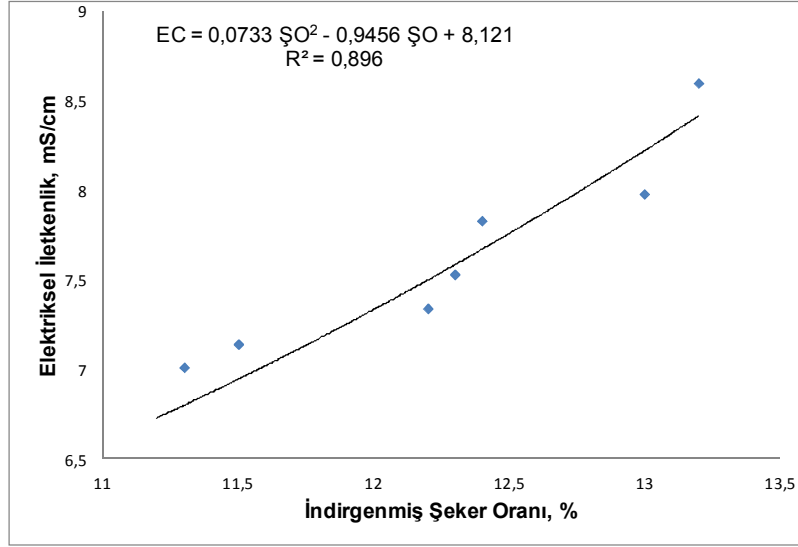
Çizelge 4.9. Elektriksel iletkenlikle asitlik oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	2,751	2	1,376	19,209	,005
Residual	,358	5	,072		
Total	3,109	7			

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

4.9.4. Elektriksel iletkenlik ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişki

Ölçümler süresince elektriksel iletkenlik ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu iki parametre arasında da en uygun model Quadratic Modelle (İkinci dereceden polinom) elde edilmiştir (Şekil 4.16). indirgenmiş şeker oranı arttıkça elektriksel iletkenlik değeri de artmıştır.



Şekil 4.16. Elektriksel iletkenlik ile indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin modeli

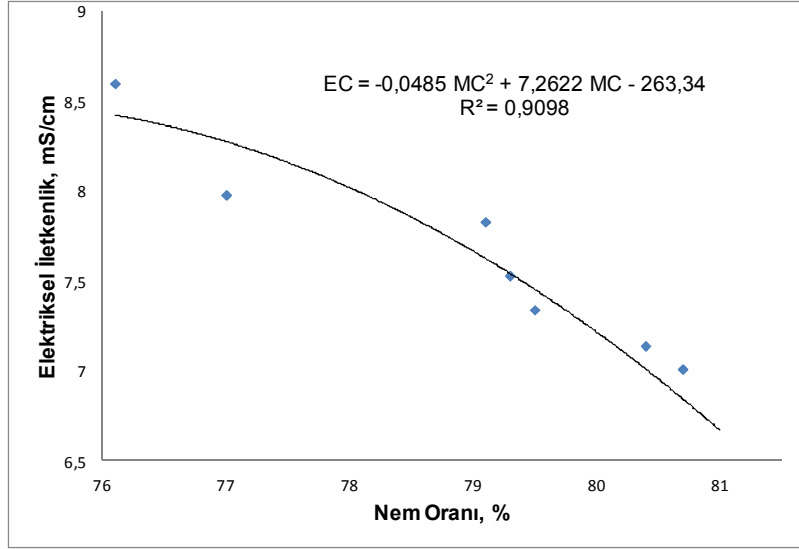
Çizelge 4.10. Elektriksel iletkenlikle indirgenmiş şeker oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	2,786	2	1,393	21,529	,003
Residual	,323	5	,065		
Total	3,109	7			

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

4.9.5. Elektriksel iletkenlik ile nem oranı arasındaki ilişki

Ölçümler süresince elektriksel iletkenlik ile nem oranı arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11). Bu iki parametre arasında da en uygun model Quadratic Modelle (İkinci dereceden polinom) elde edilmiştir (Şekil 4.17). Nem oranı azaldıkça elektriksel iletkenlik değeri artmıştır.



Şekil 4.17. Elektriksel iletkenlik ile nem oranı arasındaki ilişkinin modeli

Çizelge 4.11. Elektriksel iletkenlikle nem oranı arasındaki ilişkinin Varyans Analiz Tablosu

Model	KT	SD	KO	F	P
Regression	2,746	1	2,746	45,354	,001
Residual	,363	6	,061		
Total	3,109	7			

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

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Adora cinsi patatesle yapılan bu araştırmada, patatesin hasat edildikten sonra, oda koşullarında saklanması esnasında ısı ve elektriksel iletkenliği ile şeker oranı, pH, suda çözünen katı madde, asitlik ve nem oranı arasındaki ilişkileri araştırılmıştır. Araştırmanın sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür;

Depolama süresi boyunca, patatesin ısı iletkenliği % 34 oranında azalmış, elektriksel iletkenlik aynı oranda artış göstermiştir. İndirgenmiş şeker oranı %18, pH %11, suda çözünen kuru madde miktarı %34 oranında artarken, asitlik %20 ve nem içeriği %6 oranında azalmıştır. Depolama süresince patatesin nem içeriğindeki değişimin az olduğu daha önce yapılan çalışmalarda da bildirilmektedir (Toma ve ark, 1979).

Isı iletkenliği ile ölçülen tüm parametreler arasındaki ilişki önemli olmuştur. Asitlik, pH ve indirgenmiş şeker miktarı ile ısı iletkenliği arasında Quadratic (İkinci dereceden polinom), nem ile ısı iletkenliği arasında üstsel, suda çözünen kuru madde miktarı ile ısı iletkenliği arasında doğrusal modeller en uygun modeller olmuştur. Isı iletkenliği ile pH, suda çözünen kuru madde miktarı ve indirgenmiş şeker miktarı arasındaki ilişki negatif olurken, ısı iletkenliği azaldıkça asitlik ve nem oranının da azaldığı görölmüştür.

Elektriksel iletkenlik ile ölçülen tüm parametreler arasındaki ilişki de önemli olmuştur. Asitlik, pH, indirgenmiş şeker miktarı ve nem ile elektriksel iletkenlik arasında Quadratic (İkinci dereceden polinom), suda çözünen kuru madde miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında ise üstsel modeller en uygun modeller olmuştur. Elektriksel iletkenlik ile pH, suda çözünen kuru madde miktarı ve indirgenmiş şeker miktarı arasındaki ilişki pozitif olurken, elektriksel iletkenlik artıkça asitlik ve nem oranının da azalma görölmüştür.

Elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler sonucunda oda koşullarında 105 gün süreyle depolama süresince ısı ve elektriksel iletkenlikle ölçülen tüm parametreler arasındaki ilişkilerin önemli olması, güvenilir tahmin modelleri geliştirmeyi mümkün kılmıştır. Bu nedenle bu iki fiziksel özellik, 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
- Halliday P.J, Parker R, Smith A.C, Steer D.C (1995). The thermal conductivity of maize grits and potato granules, *Journal of Food Engineering*, Volume 26, Issue 3, Pages 273-288
- 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, Kocabiyyık H, Akdemir B (2004). The Effect of Moisture Content on Thermal Conductivities of Some Cereal Grains, *Journal of Cereal Science*, V 39: 147-150.
- Kocabiyyık 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
- Martínez-Monzó J, Barat J.M, González-Martínez C, 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 (1994¹). 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 (1994²). 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 (1994³). 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 platin, *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
- Şen L, Batu A (2007). Patetesin modifiye atmosferde paketlenerek depolanması, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2007(1), 7-15.
- 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
- Toma R.B, Augustin J, Smith R.N, True R.H, Hopan, J.M (1979). Proximate Composition of Freshly Harvested and Stored Potatoes (*Solanum tuberosum L.*), *Journal of Food Science* 43:1702- 1704

- 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
- Ziaifar 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