

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE KURUTULAN PEKTİNLERİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JEL PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Tuğçe ATBAKAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE KURUTULAN PEKTİNLERİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JEL PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Tuğçe ATBAKAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2018-3710 nolu proje numarası ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE KURUTULAN PEKTİNLERİN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JEL PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

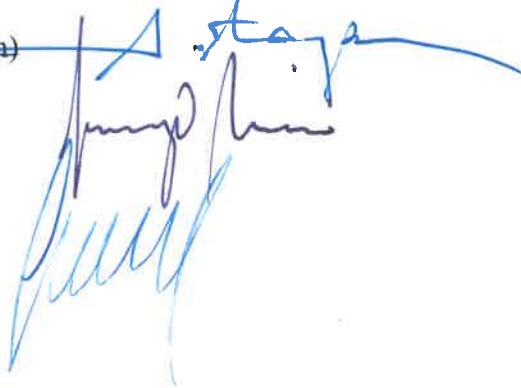
Tuğçe ATBAKAN
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 11/07/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ (Danışman)

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Fikret PAZIR



ÖZET

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE KURUTULAN PEKTİNLERİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JEL PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Tuğçe ATBAKAN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Temmuz 2019; 70 sayfa

Pektin reçel, marmelat, jöle, çeşitli soslar ve süt ürünleri gibi birçok gıdada kıvam arttırıcı, jelleştirici ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Pektin daha çok meyve suyu sanayisinin atığı olan turuncgil kabuklarından ve elma posasından üretilmektedir. Ayrıca ayçiçeği tablası ve şeker pancarından da pektin elde edilmektedir. Üretilen pektinin bazı ticari kalite kriterleri bulunmakta olup bu kalite kriterleri gerek hammadde gerekse üretim koşullarına göre farklılık göstermektedir.

Bu çalışmada pektin üretim basamaklarından biri olan kurutma işlemi için ürünün kalite özelliklerini destekleyen uygun kurutma yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen portakal pektinlerinin bazı kalite özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle portakal kabuklarından pektin ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstrakt sırasıyla ayırma, çöktürme ve alkol ile yıkama işlemleriyle saf pektin peltesi üretilmiştir. Üretilen pektin peltesi püskürterek, vakum, kırımım pencere, sıcak hava ve dondurarak kurutma uygulamaları olmak üzere 5 farklı kurutma yöntemine tabi tutularak kurutulmuştur.

Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; portakal kabuğu pektinlerinin kurutma uygulamalarına bağlı olarak esterleşme dereceleri % 79.30 ile 84.84 değerleri arasında değiştiği ve esterleşme derecesi en yüksek pektinin kırımım pencere, kurutma sistemi ile üretilen pektin örnekleri olduğu belirlenmiştir. Elde edilen pektinlerin viskozite, jel gücü ve jel dereceleri kırımım pencere ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerde diğer kurutma yöntemlerine tabi tutulan pektinlere göre yüksek bulunmuştur. Galakturonik asit ve kül miktarları üzerine kurutma yöntemlerinin bir etkisi olmadığı görülmüştür. Dondurarak ve püskürterek kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinler en yüksek çözünürlüğe sahip olmuştur. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde kırımım pencere, kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen pektinler benzer özellikler göstermiştir. Bu tespitler doğrultusunda kırımım pencere, kurutma yönteminin pektin üretimi için daha uygun bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Pektin, Portakal, Fizikokimyasal özellikler, Jel özellikleri, Kurutma

JÜRİ: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Fikret PAZIR

ABSTRACT

COMPARISON OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND GEL PERFORMANCE OF PECTINS DRIED BY DIFFERENT DRYING METHODS

Tuğçe ATBAKAN

MSc Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

July 2019; 70 pages

Pectin is used as a thickener, gelling agent and stabilizer in many foods such as jam, marmalade, jelly, various sauces and dairy products. Pectin is mostly produced from fruit wastes of fruit juice industry such as citrus peels and apple pomace. In addition, pectin is obtained from the sunflower tray and sugar beet. The pectins have some commercial quality criteria. This criteria can vary according to raw material and production conditions.

In this study, it is aimed to determine the appropriate drying methods providing desired quality characteristics. Some quality properties of the orange pectins obtained by different drying methods were compared. For this purpose, firstly, pectin was extracted from orange peels. The pectin was mainly purified by extraction, precipitation and washing with alcohol, respectively. Then the obtained mush was dried by different drying treatments such as spray drying, vacuum drying, refractance window drying, hot air drying and freeze drying.

When the obtained results were evaluated; the degree of esterification of the pectins was observed between 79.30% and 84.84%, the highest degree of esterification was determined which were dried by refractance windows drying system. The viscosity, gel strength and gel grades of the obtained pectins were found to be higher in refractance windows and freeze-dried pectins. It was determined that drying methods had no effect on the amount of galacturonic acid and ash. The pectins obtained by freeze drying and spray drying showed the best solubility. The pectins obtained by refractance window drying and freeze drying showed similar properties. Considering the results, it was concluded that refractance window drying method is more suitable for pectin production.

KEYWORDS: Pectin, Orange, Physicochemical properties, Gel properties, Drying

COMMITTEE: Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Fikret PAZIR

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile farklı kurutma teknikleri kullanılarak üretilen pektinlerin bazı fizikokimyasal özellikleri ile jel özellikleri incelenmiş, bu özellikler üzerinden pektin üretimi için en uygun kurutma tekniği belirlenmiştir. Ayrıca pektin kurutmada ilk kez kırım pencereci kurutma yönteminin uygulanabilirliği test edilmiştir.

Bu çalışmayı tez konum olarak öneren, yüksek lisansa başladığım ilk günden itibaren engin fikirleri ve deneyimleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a, ortaya çıkan sorunlarda çözüm yolu bulmada yardım eden Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TORUN'a, uzakta da olsa bilgilerini eksik etmeyen Dr. Öğr. Üyesi İsmail TONTUL'a (Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), tez çalışmamın başlangıcından bitimine kadarki süreçte daima yanımda olan yardımlarını benden esirgemeyen çok değerli ekip arkadaşım Gıda Mühendisi Serenay AŞIK'a, tezimin çeşitli aşamalarında benden yardımlarını esirgemeyen Gıda Yüksek Mühendisi Emrah EROĞLU'na, Dr. Zehra GÜNEL'e, Gıda Mühendisi Melis YILDIZ'a, Gıda Yüksek Mühendisi Ferhan BALCI TORUN'a, Gıda Yüksek Mühendisi Handan BAŞÜNAL GÜLMEZ'e ve diğer ekip arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tarafıma verdikleri burs desteği (2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yüksek Lisans Burs Programı) nedeniyle Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu'na (TÜBİTAK) ve yetkililerine,

Tez çalışmalarının gerçekleşmesinde laboratuvar imkanlarından yararlandığım Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na, Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Beni bu yaşıma kadar emekle büyüten, gerek maddi gerekse manevi olarak desteklerini esirgemeyen en büyük destekçilerim annem Sezer ATBAKAN'a, babam Muhammet ATBAKAN'a, verdiği moral ve motivasyonla hep yanımda olan ablam Merve ATBAKAN'a ve bu süreçte tüm samimiyeti ile yanımda olan desteğini esirgemeyen müstakbel eşim Mahir KALKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Pektinlerin Fizikokimyasal Özellikleri ve Jel Performanslarının Karşılaştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

11/07/2019

Tuğçe ATBAKAN



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Pektin.....	3
2.1.1. Pektin yapısı.....	3
2.1.2. Pektin çeşitleri ve jelleşme.....	4
2.1.3. Pektin kaynakları	6
2.1.4. Pektinin fiziksel özellikleri	7
2.1.5. Pektinin gıdalarda kullanımı	7
2.1.6. Pektin Üretimi.....	8
2.2. Portakal.....	10
2.3. Kurutma.....	11
2.3.1. Sıcak hava akımında kurutma.....	11
2.3.2. Dondurarak kurutma	12
2.3.3. Vakum kurutma	12
2.3.4. Püskürterek kurutma	12
2.3.5. Kırınım pencereleli kurutma.....	13
3. MATERYAL VE METOT.....	20
3.1. Materyal	20
3.2. Metot	20
3.2.1. Portakal kabuğundan pektin üretimi.....	20
3.2.2. Farklı kurutma teknikleri ile pektin peltelerinin kurutulması	22
3.2.2.1. Püskürterek kurutma.....	22
3.2.2.2. Vakum ile kurutma	22
3.2.2.3. Kırınım pencereleli kurutma	23
3.2.2.4. Sıcak hava akımında kurutma	24

3.2.2.5. Dondurarak kurutma	25
3.2.3. Analizler	26
3.2.3.1. Nem oranı ve su aktivitesi	26
3.2.3.2. Kül içeriği	26
3.2.3.3. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik	26
3.2.3.4. Partikül boyutu	27
3.2.3.5. Çözünürlük	27
3.2.3.6. Renk	27
3.2.3.7. Jel derecesi	28
3.2.3.8. Jel gücü	29
3.2.3.9. Esterleşme derecesi	29
3.2.3.10. Galakturonik asit miktarı	29
3.2.3.11. Termal analizler	29
3.2.3.12. Viskozite	30
3.2.3.13. Kurutma uygulamalarının verimi	30
3.2.3.14. Partikül morfolojisi (SEM)	30
3.2.4. Model gıda denemeleri	30
3.2.4.1. Çilek reçeli yapımı	30
3.2.4.2. Çilek reçellerinin viskozite ölçümü	31
3.2.4.3. Çilek reçellerinin yapısal (tekstürel) özelliklerinin belirlenmesi	31
3.2.5. İstatistiksel Analiz	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1. Farklı Kurutma Yöntemleri ile Üretilen Pektinlerin Karakterizasyonu	32
4.1.1. Nem oranı ve su aktivitesi	32
4.1.2. Kül içeriği	33
4.1.3. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik	34
4.1.4. Partikül boyutu	36
4.1.5. Çözünürlük	38
4.1.6. Renk	39
4.1.7. SAG değeri ve jel derecesi	41
4.1.8. Jel gücü	44
4.1.9. Esterleşme derecesi	45
4.1.10. Galakturonik asit miktarı	47
4.1.11. Termal analizler	48

4.1.12. Viskozite	50
4.1.13. Kurutma uygulamalarının verimi.....	52
4.1.14. Pektin tozlarının partikül morfolojisi görüntüleri	54
4.2. Model Gıda Denemesi.....	55
4.2.1. Çilek reçellerinin viskozitesi.....	55
4.2.2. Çilek reçellerinin yapısal (tekstürel) özellikleri.....	57
5. SONUÇLAR	59
6. KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\leq$	: Küçük veya eşit
$\geq$	: Büyük veya eşit
%	: Yüzde
ΔH_m	: Erime entalpisi
ΔH_b	: Bozunma entalpisi
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
a_w	: Su aktivitesi
a/h	: Ağırlık/hacim
cm	: Santimetre
cP	: Santipoise
$D_{[4,3]}$	: Hacim ağırlıklı ortalama yarıçap (μm)
d_{10}	: Partiküllerin %10'unun belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d_{50}	: Partiküllerin %50'sinin belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d_{90}	: Partiküllerin %90'ının belirtilen değerden küçük olduğunu gösterir
d/dk	: Devir/dakika
dk	:Dakika
g	: Gram
J	: Joule
Kg	: Kilogram
KW	: Kilowatt
L	: Litre
m	: Metre

mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
n_i	: d_i çapına sahip partiküllerin sayısı
N	: Normalite
N	: Newton
nm	: Nanometre
p	: Önemlilik derecesi
Pa	: Pascal
ρ_b	: Yığın yoğunluğu (kg/m^3)
ρ_t	: Sıkıştırılmış yoğunluk (kg/m^3)
s	: Saniye
sa	: Saat
T_b	: Bozunma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_m	: Erime sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Kısaltmalar

CI	: Carr Indeks
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
DM	: Düşük metoksilli
KO	: Kareler ortalaması
LLD	: Lazer ışık kırınım
SD	: Serbestlik derecesi
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
VK	: Varyasyon kaynağı
YM	: Yüksek metoksilli

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Pektin yapısının kimyasal formülü	3
Şekil 2.2. YM pektinin jel oluşturma mekanizması.....	4
Şekil 2.3. DM pektinin kalsiyum iyonu ile jelleşme modeli.....	5
Şekil 2.4. Pektin üretim akış şeması	10
Şekil 2.5. Kırınım pencereli kurutma sisteminin ısı aktarım prensibi	14
Şekil 3.1. Çift cidarlı ısıtmalı reaktörde pektin ekstraksiyonu	20
Şekil 3.2. Kurutma işlemi öncesi pektin üretim aşamaları (pektin üretimi için kullanılacak portakal kabukları (a), portakal kabuklarının öğütücüde parçalanması (b), çift cidarlı ısıtmalı cam reaktörde ekstraksiyon aşaması (c), süzme işlemi ile kabukların uzaklaştırılması (d), 4°C’de 2 saat sonunda çöken pektin (e), çöken pektinin ayrılması (f), pektinin yıkanma işlemi (g), yıkanan pektin peltesinin süzme işlemi ile ayrılması (h), kurutulacak pektin peltesi (ı)).....	21
Şekil 3.3. Püskürterek kurutma ünitesi (a) ve püskürterek kurutulmuş toz pektin (b)	22
Şekil 3.4. Vakum kurutma öncesi pektin peltesi (a), vakum kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (b)	23
Şekil 3.5. Kırınım pencereli kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutulması (kurutma öncesi serilen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c)).....	24
Şekil 3.6. Sıcak hava kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutulması (kurutma öncesi camlara serilen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c)).....	24
Şekil 3.7. Dondurarak kurutma ile pektin eldesi (dondurarak kurutma öncesi tepsiye dökülen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c))	25
Şekil 3.8. Ridgelimetre cihazında SAG değeri ölçümü	28
Şekil 4.1 Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen pektinlerin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri	34
Şekil 4.2. Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin çözünürlük değerleri	38
Şekil 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan pektinlerden hazırlanan jellerin SAG değerleri.....	42
Şekil 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan pektinlerin jel dereceleri.....	42
Şekil 4.5. Farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerleri.....	44
Şekil 4.6. Farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin esterleşme dereceleri	45
Şekil 4.7. Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin viskozite değerleri	50

Şekil 4.8. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin tozlarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 1000$) (a), püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 3000$) (b), vakum kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 300$) (c), vakum kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 1500$) (d), kırınım pencereli kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (e), kırınım pencereli kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (f), sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (g), sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (h), dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (i), dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (j)).....54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Önemli pektin kaynakları ve pektin içerikleri (Cemeroğlu 2013).....	6
Çizelge 2.2. Portakalın yaş ağırlık üzerinden pektin içeriği (%)	11
Çizelge 4.1. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin nem oranı (%) ve su aktivitesi değerleri	32
Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin nem oranı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	32
Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin kül içeriği (g /100 g KM)	33
Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin kül içeriklerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	33
Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerleri	34
Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	35
Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin parçacık büyüklükleri (μm)	36
Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin partikül boyutlarının ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin $D_{[4,3]}$ ve açıklık değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	37
Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin çözünürlük (%) değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	39
Çizelge 4.13. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin renk değerleri.....	40
Çizelge 4.14. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin renk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	40
Çizelge 4.16. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinden hazırlanan pektin jellerinin SAG ve jel derecesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	42

Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin SAG ve jel derecesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	43
Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	44
Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	44
Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin esterleşme derecelerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin esterleşme derecelerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	46
Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin galakturonik asit miktarları	47
Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin galakturonik asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları	47
Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin termal analiz (DSC) sonuçları	48
Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin termal analizlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	48
Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin erime entalpilerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	49
Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	50
Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	50
Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerleri.....	52
Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları.....	52
Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	52
Çizelge 4.32. Reçellerin viskozite değerleri	56
Çizelge 4.33. Çilek reçellerinin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.34. Çilek reçellerinin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mPa.s)	56
Çizelge 4.35. Çilek reçellerinin yapısal özellikleri	57
Çizelge 4.36. Çilek reçellerinin yapısal özelliklerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	57

Çizelge 4.37. Çilek reçellerinin yapısal özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	57
---	-----------

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzelerde farklı miktar ve nitelikte bulunan pektin farklı oranlarda esterleşme derecesine sahip, farklı nötralizasyon derecesinde suda çözünen ve uygun koşullar altında şeker ve asitle jel oluşturan bir hidrokolloiddir. Gıda endüstrisi atığı olan elma posası, ayçiçeği tablası, şeker pancarı küspesi ve turunçgil kabukları önemli derecede pektin içermektedir (Arslan 1994; Manrique ve Lajolo 2002).

Türkiye’de 2017 yılı verilerine göre yaklaşık 4.8 milyon ton turunçgil üretimi yapmakta olup bu üretimin %41’ini portakal oluşturmaktadır. Türkiye’de turunçgil üretiminin %82’si Akdeniz Bölgesi’nden sağlanmaktadır ve 2017 yılında 1,95 milyon ton portakal üretimi gerçekleştirilmiş, Antalya %28 üretim payı ile Türkiye’deki en önemli portakal üreticisi olmuştur (Tebge 2018). Meyve suyu sektöründe kullanılan turunçgillerden önemli miktarda atık meydana gelmekte ve bunun ancak %50’si atık olarak değerlendirilmektedir ve turunçgil kabukları önemli ölçüde pektik madde içermektedir.

Pektin Türk Gıda Kodeksinde gıdalarda kullanımı yasal olarak belirtilen ve yine kodekste E 440 kodu ile yer alan bir gıda katkı maddesidir. Pektin gıda endüstrisinde stabilizatör ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Pektinin en çok kullanıldığı alan reçel, marmelat ve jöle endüstrisidir. Şekerleme endüstrisinde yavaş jelleşen pektinlerin kullanımı yaygınken, reçel endüstrisinde hızlı jelleşen pektinler kullanılmaktadır (Gürbüz ve Tekinşen 1993).

Ülkemiz meyve sebze açısından oldukça zengindir ancak gıda sanayisi için önemli bir yere sahip olan pektinin büyük kısmı yurt dışından ithal edilmektedir. Meyve ve sebzelerin çeşitli ürünlere işlenmesi sırasında birçok artık ortaya çıkmakta ve dolayısıyla bu artıkların geri kazanımı ülkemiz ekonomisi açısından oldukça önemli bir yere sahip olmaktadır.

Çeşitli meyve ve sebzelerden üretilen pektinin özellikleri, üretim süresindeki aşamalarına bağlıdır. Ekstraksiyon, çöktürme, saflaştırma ve kurutma işlemleri pektin üretimi için önemli işlem basamaklarıdır. Pektin üretiminde, ekstraksiyon aşamasında kullanılan yöntem pektin kalitesi için oldukça önemlidir. Pektin ekstraksiyonunda süre, sıcaklık, kullanılan asit cinsi, hammaddenin partikül büyüklüğü, hammadde/çözücü oranı gibi faktörlerin pektin verimi üzerine etkisi bulunmaktadır (Atalay vd. 2018; Marić vd. 2018).

Pektin meyve sebzelerden ekstrakte edildikten sonra sıvı olarak ya da toz formda satışa sunulmaktadır. Ekstrakte edilen pektin filtrasyon işlemi ile berraklaştırılır ve %4 pektin içeriğine kadar evapore edilerek sıvı pektin preparatı olarak satışa sunulmaktadır. Toz pektin üretimi için konsantre edilen pektin alkol ile çöktürülmekte, çöken pektin şeker ve alkolde çözünen maddeleri uzaklaştırmak için alkol ile yıkanarak preslenmektedir. Oluşan pektin peltesi kurutularak toz pektin elde edilmektedir. (Cemeroğlu 2013).

Pektinin doğrudan taze hammaddeden ekstraksiyonu yapılabileceği gibi kurutulmuş hammaddeden de pektin ekstrakte edilebilir. Pektin, meyve ve sebzelerin doğal yapısında bulunan pektolitik enzimler tarafından parçalanmaktadır. Bu nedenle

pektin taze hammaddeden doğrudan üretilmeyecekse, hammadde kurutulmalıdır. Ancak pektin yapısı yüksek sıcaklıkta zarar görebileceği için uygun sıcaklıklar seçilmektedir. Farklı sıcaklık uygulamalarının pektinin esterleşme derecesi, molekül ağırlığı ve reolojik özellikleri üzerine etkisi bulunmaktadır (Constenla vd. 2002; Amid ve Mirhosseini 2012)

Kırınım pencereli kurutma sistemi meyve sebze pürelerini, dilimlerini ve ısıya hassas ürünleri toz forma getirmek için uygulanan yeni bir teknolojidir. Bu kurutma yöntemi ile ürünün lezzet, renk, vitamin ve aroma gibi kalite özellikleri korunmaktadır (Jimena Ortiz-Jerez vd. 2015). Kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutulacak ürün plastik membran üzerine yerleştirilmekte, alttan ısınan suyun termal enerjisi kurutulacak olan ürüne aktararak kurutma sağlanmaktadır. Kullanılan plastik membran kırıcı özelliğe sahiptir ve bu membran sayesinde ısıtılan su membran yüzeyini kapladığında ısı kaybı engellenmektedir. Bu kurutma sisteminde bant altında bulunan belli bir sıcaklıktaki sudan plastik membrana ısı tranferi konveksiyon yoluyla, membran üzerinde kurutulacak nemli materyale ısı transferi ise kondüksiyon yolu ile gerçekleşir. Ayrıca sistemde bant altında bulunan suyun termal enerjisi gıdaya radyasyon yolu ile aktarılır Bant üzerine nemli bir ürün serilerek sıcak sudan bant boyunca geçen kızılötesi radyasyonun gıdaya ulaşmasına izin veren bir "pencere" oluşturduğu ileri sürülür. Ürün aldığı enerji ile buharlaşmaya başlayıp nemini kaybederken, "pencere" yavaş yavaş kapanır gıda içerisindeki su uzaklaştırılıp toz veya kuru ürün elde edilir (Nindo ve Tang 2007).

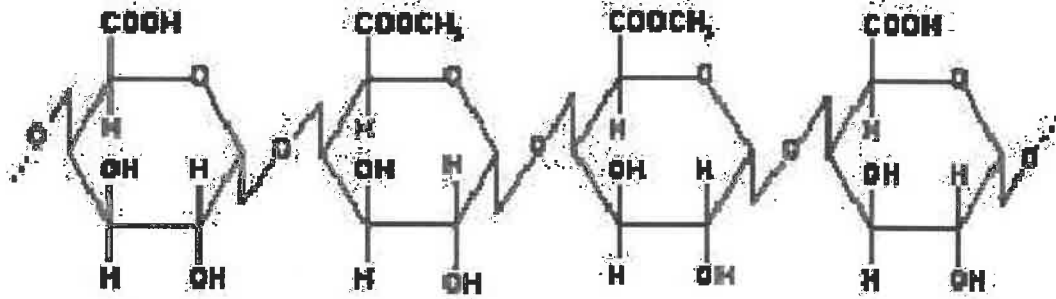
Pektin üretimi ile ilgili yapılmış birçok bilimsel çalışma mevcut olsa da yapılan bu çalışmalarda genellikle pektin üretimi üzerinde durulduğu, ancak pektin üretiminde farklı kurutma tekniklerinin karşılaştırıldığı ve bu kurutma tekniklerinin pektin özellikleri üzerine etkisinin kıyaslandığı çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu çalışmada, farklı kurutma yöntemleri (sıcak hava kurutma, vakum altında kurutma, püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve kırınım pencereli kurutma) ile portakal kabuğu pektini kurutulmuş ve kullanılan her bir kurutma tekniğinin pektinin renk, jelleşme ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmada pektin kurutulmasında kırınım pencereli kurutma sistemi ilk kez denenmiş olup mevcut kurutma yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Pektin

2.1.1. Pektin yapısı

Pektik bileşikler meyve ve sebzelerin hücre duvarlarının yapısında hücreleri bağlayan D-galakturonik asit ünitelerinin α -1,4 bağları ile oluşturdukları polisakkaritlerdir. Pektik maddelerden biri olan pektin yapısında galakturonik asit zincirindeki karboksil gruplarının bir kısmı metil alkole esterleşmiştir (Şekil 2.1). Yapısında aynı zamanda D-galaktoz, L-arabinoz ve L-rammoz gibi şekerler de bulunmaktadır. Pektin suda çözünabilen, uygun koşullarda şeker ve asitlerle jel yapabilen pektinik asittir. Pektik asitin ise yapısında bulunan karboksil grupları metil alkolle esterleşmemiştir ve suda çözünmez. Diğer bir adıyla poligalakturonik asit olarak bilinen pektik asit aslında pektinik asitin pektinmetilesteraz enzimi yardımıyla hidrolize olması sonucu oluşmaktadır (Arslan 1994; Cemeroğlu 2013).



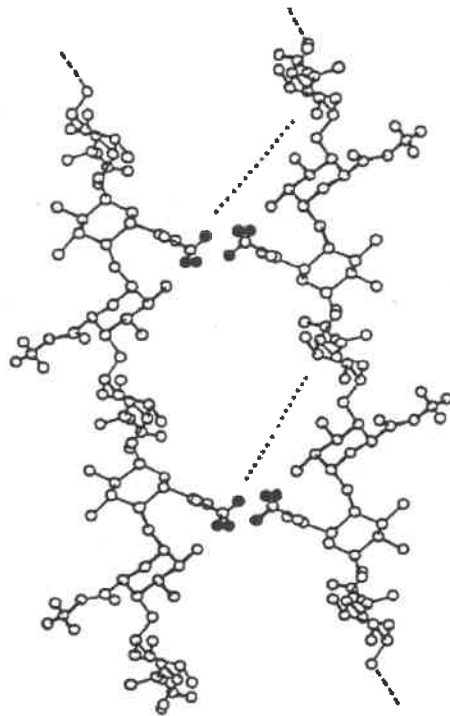
Şekil 2.1. Pektin yapısının kimyasal formülü (Cemeroğlu 2013)

Pektin hücre duvarının yapısında dokuları birbirine bağlar ve hücreye sertlik verir. Bitki hücresinde su tutulmasına ve iyonları taşımaya yardımcı olan pektinler hücre duvarının gözenek büyüklüklerini belirler. Pektinin yapısı meyvelerin olgunlaşma ve depolanma süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Olgunlaşmamış ham meyve ve sebzelerin hücre duvarlarında oldukça fazla miktarda bulunan, suda çözünmez formda olan protopektinler, olgunlaşma sırasında pektin ve hemiselüloza parçalanır. Protopektinlerin çözünür forma geçmesi ile meyve ve sebzelerin dokusu yumuşar. Bu doku yumuşaması, meyve ve sebzelerdeki pektin miktarları etkilemektedir. Portakal, limon ve ayvada pektin fazla miktarda bulunurken armut, vişne, şeftali, kirazda oldukça az miktarda pektin bulunmaktadır (Cemeroğlu 2013).

2.1.2. Pektin çeşitleri ve jelleşme

Pektik bileşiklerde galakturonik asit ünitelerinin esterleşmiş olanların sayısı esterleşme derecesini vermektedir. Pektin, esterleşme derecesine göre yüksek metoksilli (YM) ve düşük metoksilli (DM) olarak sınıflandırılmaktadır. Yüksek metoksilli pektinin (YM) esterleşme derecesi %50'den daha fazla, düşük metoksilli pektinin (DM) esterleşme derecesi %50'den daha azdır (May 1990). Yüksek metoksilli pektinlerin kısmi hidrolizi ile düşük metoksilli pektinler elde edilir. %50-70 arasında esterleşme derecesi olan yüksek metoksilli pektinler yavaş jelleşir. %70 ve üstü esterleşme derecesi olan pektinler ise hızlı jelleşir (Arslan 1994).

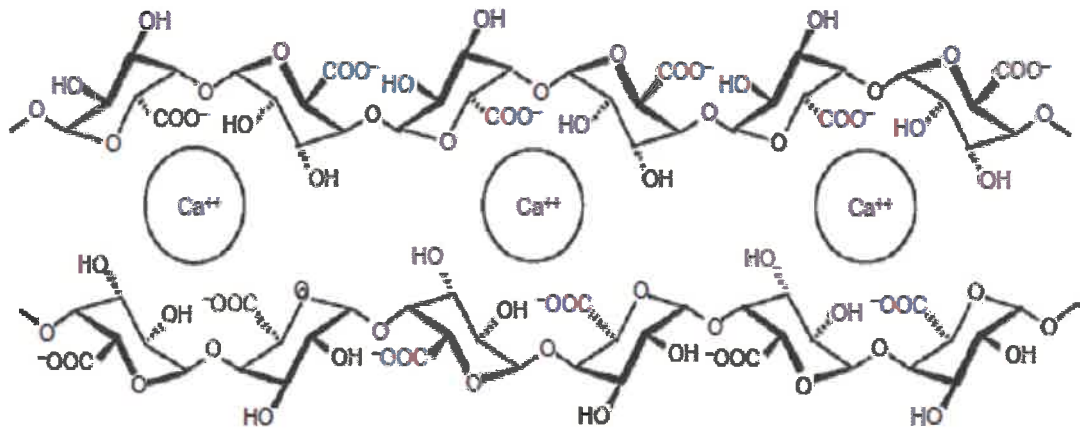
Pektinin jel yapma özelliği esterleşme derecesine göre farklılık göstermektedir. Yüksek metoksilli pektinin jel oluşturabilmesi için asidik bir ortam (pH 3.5 değerinin altında) gerekir ve ortamdaki şeker konsantrasyonu ağırlıkça en az %55 olmalıdır. Ortamdaki şeker konsantrasyonunun yüksek olması su aktivitesini düşürür ve pektinin metoksil grupları arasında hidrofobik etkileşim oluşur. Yüksek şeker konsantrasyonu pektin-çözücü etkileşimini azaltır ve hidrofobik etkileşimi destekler. Ortamın pH'sının düşük olmasıyla karboksil grupları arasındaki elektrostatik itme azalır ve karboksil gruplarının çoğu ayrışmaz, ikincil alkol grupları ile hidrojen bağı meydana gelir. Böylece YM pektin bu mekanizma ile jel oluşturabilir (Şekil 2.2). Depolama sıcaklığı, pektin konsantrasyonu, ortamın asitliği ve kullanılan şeker türü YM pektin jelinin sertliğini etkilemektedir. Nitekim fruktoz kullanılarak hazırlanan pektin jellerinin glikoz kullanılarak hazırlanan jellere göre sertliğinin az olduğu bildirilmiştir. (Thakur vd. 1997; Fraeye vd. 2010; Kastner vd. 2014).



Şekil 2.2. YM pektinin jel oluşturma mekanizması (Thakur vd. 1997)

Esterleşme derecesi pektinlerin jelleşme özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkilidir. Pektinin esterleşme derecesi arttıkça daha sıkı jeller oluşturulmaktadır. Yüksek esterleşme derecesine sahip pektinler ile hazırlanan jeller daha sıkı yapıya sahiptir. Ayrıca esterleşme derecesinin, jel oluşması için gereken süre üzerine de etkisi bulunmaktadır. YM pektinler jelin sertleşme süresine bağlı olarak 2 gruba ayrılır. %70 üstü esterleşme derecesine sahip olanlar hızlı jelleşirken, %50-%70 arası esterleşme derecesine sahip pektinler ise yavaş jelleşir. YM pektinlerde ortamın pH'sı arttıkça jel yapma gücü azalmaktadır. Çünkü ortamın asitliği azaldıkça galaktronik asit zincirindeki ayrılmamış karboksil grupları ayrılarak pektin molekülünün hidrofilik karakteri artmakta ve jelleşme azalmaktadır. Düşük pH'da hazırlanan jeller yüksek pH'da hazırlanan jellere göre daha sert yapıya sahiptir. YM pektinlerin jelleşmesi üzerine sıcaklığın da etkisi bulunmaktadır. YM pektinlerde daha fazla metoksil grubuna sahip olanların jelleşme sıcaklığı, daha düşük metoksil grubuna sahip olanlara göre daha yüksektir (Arslan 1994; Brejnholt 2010; Kastner vd. 2014).

Düşük metoksilli pektinin jel oluşturabilmesi için kalsiyum iyon varlığına ihtiyacı vardır. DM pektin, YM pektinin aksine ortamda iki değerlikli katyonların varlığında düşük şeker konsantrasyonlarında jel oluşturmaktadır. Düşük metoksilli pektinlerde iki farklı pektin zinciri iki değerlikli katyonların varlığında bir dizi elektronegatif boşluk oluşturmakta ve boşluklara iki değerlikli katyonlar yerleşmektedir. Pektin zincirindeki serbest halde bulunan karboksilik gruplar ile iki değerlikli katyonlar iyonik bağ meydana getirmekte ve böylece yumurta kutusu modeline benzetilen DM pektin jeli oluşmaktadır. Şekil 2.3'de DM pektin jelleşme modeli gösterilmiştir. DM pektinlerde metil grupları sayısı azaldıkça jelleşme yeteneği artmaktadır. Çünkü katyon iyonları esterleşmemiş galakturonik asit üniteleri ile daha kolay reaksiyona girmektedir. Genellikle iki değerlikli iyon olarak Ca^{+2} iyonu kullanılır. Ca^{+2} iyon varlığında DM pektinler, az miktarda şeker konsantrasyonunda (ağırlıkça %10-%20), yüksek sıcaklıkta ve geniş pH aralıklarında iyi bir jel oluşturmaktadır (May 1990; Thakur vd. 1997; Brejnholt 2010; Fraeye vd. 2010; Kastner vd. 2014).



Şekil 2.3. DM pektinin kalsiyum iyonu ile jelleşme modeli (Brejnholt 2010)

YM ve DM pektinlerin yanı sıra amidasyon derecesi %15-25 arası olan düşük metoksilli amide (DMA) pektin bulunmaktadır. Ticari olarak YM pektinlerin amonyak ile muamale edilmesi sonucunda DMA pektin oluşmaktadır. Amid grupları pektin molekülünün yapısına bağlanarak hidrofobik etkileşimi arttırmaktadır.

DMA pektinler, DM pektinlere göre daha düşük şeker konsantrasyonunda jelleşir ve jelleşmek için daha az Ca^{+2} iyonuna ihtiyaç duymaktadır. (Racape vd. 1989; Brejnholt 2010; Chan vd. 2017; Atalay vd. 2018).

2.1.3. Pektin kaynakları

Meyve ve sebzelerden elde edilen pektin miktarı ve bileşimi değişiklik göstermektedir. Bu farklılık bitkinin tür ve çeşidine, olgunluk derecesine ve ekstraksiyon şartlarına göre değişmektedir (Arslan 1994; Manrique ve Lajolo 2002).

Ticari olarak pektin genellikle turunçgil kabukları ve elma posasında elde edilmektedir (Liu vd. 2010). Elma posasında %15-20 arasında pektin bulunurken, turunçgil kabukları elma posasına göre daha fazla pektin içermektedir. Pektin üretiminde en büyük kaynak turunçgil kabuklarıdır (Rolin 1994). Turunçgil kabuklarında ekonomik değeri yüksek olan önemli miktarda pektin bulunmaktadır (Da Silva ve Rao 2006). Pektin üretimi için turunçgillerden en fazla limon ve portakal kabuğu kullanılmakta ve bu meyvelerin kabukları %20-35 oranında pektin içermektedir (Güzel ve Akpınar 2017). Pektin kalitesi bakımından limon kabuğu pektini daha iyidir (Cemeroğlu 2011). Ayrıca turunçgil kabukları ve elma posasının yanında ayçiçeği tablası ve şeker pancarı küspesi atıkları da pektin kaynağı olarak kullanılmaktadır (Çizelge 2.1). Kuru ayçiçeği tablası %3-3.5 oranında suda çözünür yüksek metoksilli pektin ve %11.8-14.3 oranında suda çözünmez düşük metoksilli pektin içermektedir (Sosulski vd 1978).

Çizelge 2.1. Önemli pektin kaynakları ve pektin içerikleri (Cemeroğlu 2013)

Hammadde	Pektin oranı (g/100 g Kuru Ağırlık)
Elma posası	10-15
Turunçgil kabukları	20-35
Ayçiçeği tablası	15-25
Pancar posası	10-15

Pektin üretimde kullanılan bilinen kaynaklarının yanı sıra pektin içeriği bakımında önemli birçok kaynak bulunmaktadır. Muz, havuç, karpuz, kavun, domates, enginar, balkabağı gibi meyve sebzelerde de pektin çalışmaları mevcuttur (Atalay vd. 2018). Farklı kaynaklardan elde edilen pektinlerin fizikokimyasal özellikleri ve pektin içerikleri farklılık göstermektedir (Chan vd. 2017).

Ayrıca hammadde uygulanan işleme göre pektin ekstraksiyon verimi değişmektedir. Nitekim meyve suyu fabrikalarının önemli bir atığını oluşturan elma posası kullanılarak

yapılan pektin ekstraksiyonunda elma posasının pektin içeriği %4.6 olarak bildirilmiştir (Min vd. 2011). Elma posasının kurutulmasıyla un haline gelen materyalden yapılan pektin ekstraksiyonunda verim yaklaşık %20 olup, kurutulmuş posadan elde edilen pektinin, doğrudan elma posasından elde edilen pektine göre veriminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. (Canteri-Schemin vd. 2005).

Şeker pancarı küspesinden pektin ekstraksiyonunda belirlenen optimum koşullarda (93.7°C'de, 1.21 pH değerinde, 3 saatte) yapılan ekstraksiyonda pektin veriminin %24 olduğu bildirilmiştir (Lv vd. 2013). Yapılan bir başka çalışmada şeker pancarı posasının tozundan pektin ekstraksiyonunda parçacık boyutunun küçülmesiyle pektin içeriğinin %15'den %20'ye çıktığı belirtilmiştir (Huang vd. 2018).

Ekşi portakal kabuğundan mikrodalga destekli ekstraksiyonla yapılan çalışmada pektin optimizasyonu yaparak pektin içeriğinin %29.1 olduğu tespit edilmiştir (Hosseini vd. 2016). Limon, portakal ve greyfurt kabuklarının pektin içerikleri sırasıyla %20.90-30.60, %10.90-24.80, %21.60-28 olduğu bildirilmiştir (Chan vd. 2017).

2.1.4. Pektinin fiziksel özellikleri

Pektinin ortalama molekül ağırlığı 30000-300000 dalton arasında değişmektedir. Molekül ağırlığı hammaddeye, üretim sırasında uygulanan koşullara ve ölçme yöntemine göre farklılık göstermektedir. Pektinin molekül ağırlığını tayin etmek için genellikle viskozite ölçümü yapılmaktadır. Molekül ağırlığının artması ile viskozite değeri de artmaktadır. Pektinin viskozitesi molekül ağırlığın yanı sıra esterleşme derecesi, sıcaklık, pH ve konsantrasyon gibi faktörlere de bağlıdır (Arslan 1994; Yıldırım 2013). Pektin konsantrasyonunun artması ile viskozite artmaktadır. Ayrıca kalsiyum gibi çok değerlikli iyonların varlığı da viskoziteyi arttırmaktadır. Pektin yüksek sıcaklıkta bozulmaya karşı duyarlıdır. Yüksek pH değerlerinde ve yüksek sıcaklıkta, zamanla pektinin moleküler ağırlığında düşüş olmaktadır ve pektin stabilitesi etkilenmektedir. Saf toz pektin açık renklidir. Pektin suda çözünür ancak alkol ve çoğu organik çözücünde çözünmez. Pektin doğrudan suya eklendiğinde kolayca topaklanır ve hidratlanması zorlaşır. Bu nedenle toz pektin bir miktar toz şeker ile karıştırarak suda çözündürülmekte ve bu sayede suda topaklanması engellenmektedir (Rolin 1993; Voragen vd. 1995; Brejnholt 2010).

2.1.5. Pektinin gıdalarda kullanımı

Pektin Türk Gıda Kodeksince gıdalarda kullanımı yasal olarak belirtilen ve yine kodekste E 440 kodu ile yer alan bir gıda katkı maddesidir. Pektin gıda endüstrisinde emülgatör, stabilizatör ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı kullanılmakta ve pektinin içerisinde reçel, marmelat, jöle, şekerleme, meyve suyu, meyve konsantresi, asitli süt ürünleri, et ve balık ürünleri, meyveli yoğurt, set ve süzme yoğurt, tatlı, fırıncılık ürünleri, sürülebilir kahvaltılık ürünler ve sosları da içeren geniş yelpazeli bir kullanım alanı bulunmaktadır (Tektaş-Taşan 2018).

Pektinin gıda endüstrisinde en çok kullanıldığı alan reçel, marmelat ve jöle endüstrisidir. Şekerleme endüstrisinde yavaş jelleşen pektinlerin kullanımı yaygınken, reçel endüstrisinde hızlı jelleşen pektinler kullanılmaktadır (Gürbüz ve Tekinşen 1993). Reçel, marmelat ve jöle endüstrisinde kullanılan pektin, düzgün ve pürüzsüz bir jel

oluşturması, üründe meydana gelebilecek su salınımını minimuma indirmesi, tüketici albenisini kazanabilecek parlak bir görüntü sağlaması, ürün içerisinde topaklanma yapmaması, üründe bulunan meyve parçacıklarının homojen dağılımını sağlaması ve üründen herhangi bir tat ve koku değişimine sebep olmaması gibi sebeplerden dolayı kullanılmaktadır (Anonim 1).

Pektin, şekerleme üretiminde ürüne elastik bir yapı kazandırmak, meyvenin var olan tadını belirginleştirmek, tekstürü iyileştirmek ve parlak bir görünüm sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Anonim 1; Kar ve Arslan 1999).

Süt ürünlerinde pektin kullanımı stabilizasyonu sağlamak amacıyla yapılmakta ve pektin stabilizatör görevi üstlenmektedir. Düşük pH değerine sahip süt ürünlerinde sütün yapısında bulunan kazein ile pektin kompleks oluşturmakta ve oluşan bu kompleks sayesinde süt ürününün yapısı düzelmekte, tekstürü iyileşmektedir (Tektaş-Taşan 2018).

Et ve balık ürünleri doğal hallerinde şeker içermedikleri için bu tür ürünlerde sekersiz ortamda dahi jel oluşturma özelliğine sahip düşük metoksilli pektin stabilizasyonu sağlamak ve tekstürü iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Yıldırım 2013).

Pektinin yukarıda belirtilen en çok kullanıldığı alanların yanı sıra gıda endüstrisinde farklı alanlarda da kullanımı mevcuttur. Ketçap ve mayonez gibi soslarda, sosa özel kıvamı sağlamak, ürünün su tutma kapasitesini geliştirmek ve tekstürü iyileştirmek amacıyla pektin kullanılmaktadır (Willats vd. 2006). Pektin fırıncılık ürünlerinde de bayatlamayı geciktirmek amacıyla kullanılmakta olup, fırıncılık ürünlerinin paketlenmesinde kullanılan paketleme materyalinde pektinat filmleri kullanılması ile uygulanmaktadır (Anonim 2). Bunun yanı sıra, bazı fırıncılık ürünlerinde kullanılacak olan meyve dolgularının hazırlanması esnasında da dolgu formülasyonuna pektin ilavesi yapılmaktadır. Bu amaçla yüksek metoksilli pektin kullanılmakta olup, yüksek metoksilli pektinin ısıl stabilitesinin yüksek olmasından dolayı hem dolgu materyalinin stabilizasyonu sağlanmakta hem de üründen dışarı sızması engellenmektedir (Anonim 1).

2.1.6. Pektin Üretimi

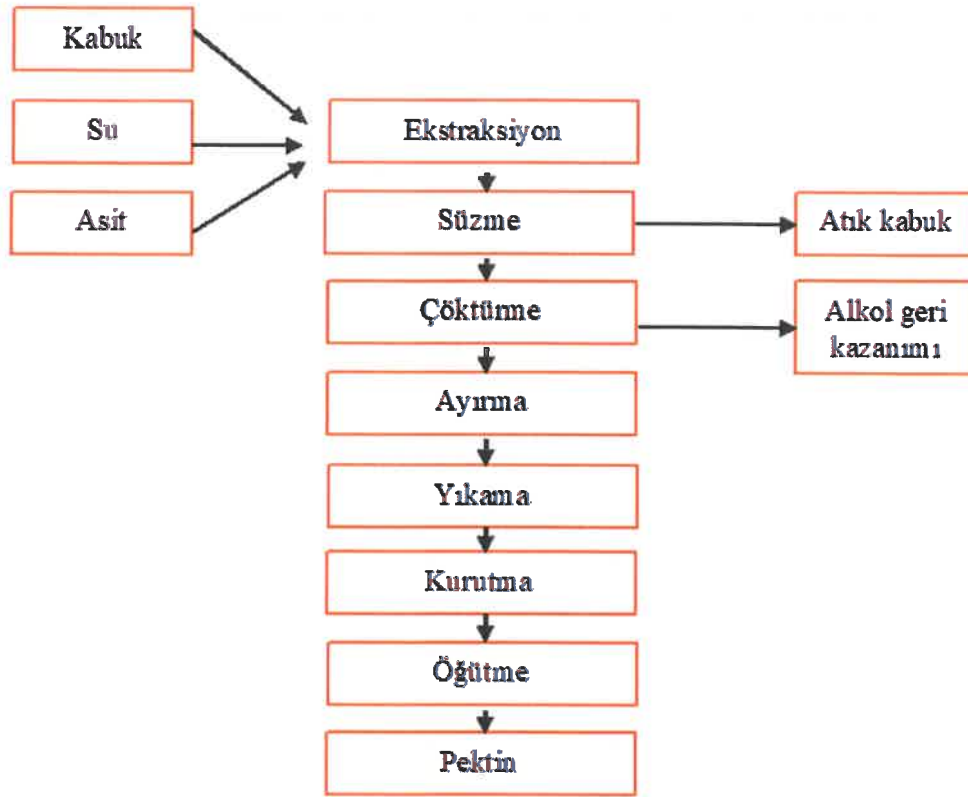
Çeşitli meyve ve sebzelerden üretilen pektinin özellikleri, üretim süresindeki aşamalarına bağlıdır. Ekstraksiyon, çöktürme, saflaştırma ve kurutma işlemleri pektin üretimi için önemli parametrelerdir. Pektin üretiminde, ekstraksiyon aşamasında kullanılan yöntem pektin kalitesi için oldukça önemlidir. Pektin ekstraksiyonunda süre, sıcaklık, kullanılan asit cinsi, hammaddenin partikül büyüklüğü, hammadde/çözücü oranı gibi faktörlerin pektin verimi üzerine etkisi bulunmaktadır (Atalay vd. 2018; Marić vd. 2018).

Pektinin doğrudan taze hammaddeden ekstraksiyonu yapılabileceği gibi kurutulmuş hammaddeden de pektin ekstrakte edilebilir. Pektin, meyve ve sebzelerin doğal yapısında bulunan pektolitik enzimler tarafından parçalanmaktadır. Bu nedenle pektin taze hammaddeden doğrudan üretilmeyecekse, hammadde kurutulmalıdır. Ayrıca şeker ve asit gibi suda çözünen maddeleri uzaklaştırmak için ılık su ile ön yıkama işlemi yapılmalıdır. Pektin ekstraksiyonunda geleneksel yöntemle yapılan asit ekstraksiyonu en yaygın kullanılan yöntemdir. Hidroklorik, sülfürik, nitrik asit gibi inorganik asitler ya da

tartarik ve sitrik asit gibi organik asitler ekstraksiyonda çözgen olarak kullanılmaktadır. Geleneksel asit ekstraksiyonu yöntemiyle 60-100°C arasında değişen sıcaklıklarda, pH'sı organik ya da inorganik asitler ile 1.5-3.0 değerleri arasında ayarlanmış su ile genellikler 1-3 saatte pektin ekstraksiyonu yapılmaktadır. Geleneksel yöntemle pektin ekstraksiyonu sıcaklık, süre, pH değeri, hammadde partikül büyüklüğü ve hammadde/çözgen oranına bağlıdır. Pektin ekstraksiyonu için gerekli koşullar hammaddenin cinsine göre değişmektedir (Atalay vd.2018; Canteri-Schemin vd. 2005; Cemeroğlu 2013; De Oliveira vd. 2015; Guo vd. 2014 Pasandide vd. 2017; Turakhovhaev ve Khodzhaev 1993). Pektin ekstraksiyonunda çözücü olarak kullanılan asitler arasında sitrik asitle yapılan ekstraksiyon daha yüksek pektin verimi gösterdiği belirtilmiştir (Yang vd. 2018).

Günümüzde geleneksel yöntemle yapılan pektin ekstraksiyonuna alternatif olarak mikrodalga destekli, ultrason destekli ve enzim destekli ekstraksiyon yöntemleri ile pektin ekstrakte edilmektedir (Prakash Maran vd. 2013; Dominiak vd. 2014a; Wang vd. 2015; Marić vd. 2018).

Geleneksel yöntemle pektin üretiminde sıcak asit çözeltisi uygulaması ile bitki hücresinin yapısında pektini tutan iyonik bağlar kırılarak pektin ekstrakte olmaktadır. Ekstraksiyon sonunda çözünür forma geçen pektin ve posa filtrasyon ya da santrifüjleme işlemi ile ayrılır ve ekstraktaki pektinin alkol ile çökmesi sağlanır bu işlemde kullanılacak alkol miktarını en aza indirmek için pektin ekstraktı evapore edilebilir. Çöktürme işleminde etil alkol ya da izopropil alkol kullanılmaktadır. Çöken pektin filtrasyon işlemi ile ayrılmakta, şeker ve alkolde çözünen maddeleri uzaklaştırmak için alkol ile yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama işlemi sonunda pektin peltesi kurutularak toz pektin elde edilmektedir (Şekil 2.4)(Dominiak vd. 2014).



Şekil 2.4. Pektin üretim akış şeması (Dixon 2008)

2.2. Portakal

Ticari pektin üretiminde en çok turunçgil kabukları kullanılmakta ve turunçgil kabukları % 30-35 civarında pektin içermektedir. Meyve suyu sektöründe kullanılan turunçgillerden önemli miktarda atık meydana gelmekte ve bunun yaklaşık %50'si atık olarak değerlendirilmektedir (Da Silva ve Rao 2006). Turunçgillerde pektin miktarı en fazla dilim zarında bulunmaktadır. Çizelge 2.2'de portakalın bölümlerine ait pektin miktarları verilmiştir.

Portakal (*Citrus Sinensis* Osbeck) meyvesi; çok yıllık, kökleri toprağın derinliklerine kadar inen, boyları yaklaşık 2-3 metre, yaprakları sert ve düz olan ağaçlarda yetişir (Anonim 3). 2018 TÜİK verilerine göre; Türkiye'de 2017 yılı verilerine göre yaklaşık 4.8 milyon ton turunçgil üretimi yapmakta olup bu üretimin %41'ini portakal oluşturmaktadır. Türkiye'de turunçgil üretiminin %82'si Akdeniz Bölgesi'nden sağlanmaktadır ve 2017 yılında 1,95 milyon ton portakal üretimi gerçekleştirilmiş, Antalya %28 üretim payı ile Türkiye'deki en önemli portakal üreticisi olmuştur (Tebge 2018).

Çizelge 2.2. Portakalın yaş ağırlık üzerinden pektin içeriği (%) (Cemeroğlu 2013)

Portakal ve bölümleri	Pektin miktarı (%) (susuz galakturonik asit olarak)
Soyulmuş meyve	0.57
Meyve suyu (elde sıkılmış)	0.08
Meyve suyu (endüstride sıkılmış)	0.18
Dilim zarı	4.0
Kabuk	3.7

2.3. Kurutma

Kurutma gıdalardaki serbest suyun uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma ile gıdalardaki mikroorganizmaların ve gıdaların yapısını bozan enzimlerin faaliyetleri sınırlandırılmaktadır. Bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma işlemi 18. yüzyıldan itibaren endüstriyel anlamda uygulanmaya başlamıştır. Gıdalardaki serbest suyu uzaklaştırmak için güneşte kurutma işlemi yapılmıştır. Ancak güneşte kurutma işlemi, kurutma süresinin uzun olması, hava koşullarına bağlı kalınması, ürün kalitesinde ortaya çıkan olumsuzluklar ve üründe küf veya böcek kirlilikleri bulunması gibi olumsuz etkilere sahiptir. Bu olumsuz etkiler nedeniyle günümüzde sıcak hava akımında kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma, püskürterek kurutma vb. yöntemler geliştirilmiştir (Hayashi 1989).

Gıdaların kurutulmasında kalite özellikleri bakımında gıdanın boyutu, rengi aroması, tadı ve yapısı etkilenmektedir. Bu kalite özellikleri tüketicinin satın alma davranışını etkilemektedir. Kurutulmuş gıdaların rengi uygulanan ısı işlem şiddetinin göstergesi olabilir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutmaya yüksek kurutma hızı sayesinde kurutma süresi kısalmaktadır. Ancak ürünlerin renk değişim oranı daha fazladır (Kovacı vd. 2018; Wang vd. 2018). Ayrıca günümüzde kurutma sistemleri tasarlanırken düşük enerji tüketimi ile en kısa sürede ürün kalitesine zarar vermeden kurutma yapmak amaçlanmıştır.

2.3.1. Sıcak hava akımında kurutma

Geleneksel olarak açık alanda rüzgar ve güneş ışığı gibi doğal enerjiler ile yapılan kurutmada, kurutma süresinin uzun olması, homojen bir kurutma sağlanmaması ve mikrobiyal açıdan bulaşma olması gibi olumsuzluklar nedeniyle sıcak hava akımında kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Sıcak hava akımında kurutmada kapalı bir ortamda gıdanın yüzeyinden ya da içinden kontrollü bir şekilde sıcak hava akımı geçirilir. Sıcak hava akımında kurutma geleneksel olarak açık alanda yapılan kurutmaya göre homojen bir kurutma sağlamakla beraber kurutma süresinin daha kısa olması ve ürünün daha hijyenik olması yönünden avantaj sağlamaktadır. Ancak üründe esmerleşme, büzüşme, besin ve aroma kaybı gibi etkilere neden olmaktadır (Tunde ve Afolabib 2005; Voda vd. 2012). Sıcak hava akımında kurutmada kurutma hızı ve ürün kalitesi üzerine hava sıcaklığının, hava akış hızının ve ürün kalınlığının etkisi bulunmaktadır (Doymaz 2004). Kabin tipi kurutucularda ürün dilimlenmiş yada püre halinde tepsilere serilerek kabin

içindeki raflar yerleştirilir. Kabin içerisine verilen sıcak ve kuru hava fan yardımı ile ürünün üzerinden geçirilir ve üründen nem uzaklaştırılır (Yağcıoğlu 1999).

2.3.2. Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma yönteminin ilkesi ilk aşamada ürün içerisinde bulunan suyun dondurulması ve sonrasında donmuş ürünlerdeki buzun süblimasyonu ile gaz haline geçerek uzaklaştırılması işlemidir. Buzun tamamının süblime olmasıyla kurutma işlemi sona erer. Dondurarak kurutma işleminde suyun, gıdanın yapısından gaz formunda uzaklaştırılması ile gıdanın yapısı zarar görmemekte ve gıdanın tekstürel özellikleri iyi bir şekilde korunmaktadır. Dondurarak kurutulmuş gıdaların aroması diğer kurutma yöntemlerine göre yüksektir. Bu kurutma ile kurutulmuş ürünün rehidrasyon yeteneği oldukça fazladır. Bunun nedeni kurutma işleminde buzun süblimasyonla uzaklaşarak gıdanın yapısında gözenek oluşturmastır. Bir diğer yandan kurulum maliyetinin yüksek oluşu, kurutma süresinin uzun olması nedeniyle tercih edilmeyen bir kurutma yöntemidir. (Ratti 2001, Cemeroğlu 2011).

2.3.3. Vakum kurutma

Vakum kurutma, yüksek sıcaklıklardan olumsuz etkilenen gıdaların düşük sıcaklıklarda hızlı şekilde kurummasını sağlayan kurutma yöntemidir. Vakum ile gıdada bulunan suyun daha kolay buharlaşması sağlanmaktadır. Vakum kurutmada katı, sıvı ve püre halindeki gıdalar kurutulabilir. Yüksek sıcaklıklarda kabuk bağlayarak iç kısımları kurumayan gıdalar için uygun bir yöntemdir. Vakum sayesinde düşük sıcaklıklarda kurutma yapılacağı için gıdaların yüzeyi kabuk bağlamaz ve bu sayede nem difüzyonu gıda tamamen kuruyana kadar devam eder. Özellikle yüksek şeker içeren gıdalarda yüksek sıcaklıklarda uzun süre kurutma ile gıdanın renk, aroma ve besin değeri olumsuz etkilenmektedir. Ancak vakum kurutucular düşük sıcaklıklarda daha kısa sürede kurutma yapabildiği için gıdalarda renk, aroma ve tekstür özellikleri daha iyi korunmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı 2004; Wu vd. 2007).

2.3.4. Püskürterek kurutma

Püskürtmeli kurutma işlemi sıvıların çok kısa sürede içindeki su uzaklaştırılarak toz ürüne dönüştürme işlemidir. Bu yöntem ile gıdaların su miktarı ve aktivitesini azaltarak mikrobiyolojik stabilitelerinin sağlanması, depolama/taşıma maliyetlerinin azaltılması, ürünlerin spesifik özellikleri korunması amacıyla gıda endüstrisinde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Avantajlarının yanında gıda tozlarının eldesinde püskürterek kurutma sisteminin, yüksek sıcaklıkta partiküllerin yapışmaları, oksidasyon, renk ve aroma değişimi gibi dezavantajları da vardır. Depolama ve son ürün stabilitesini su aktivitesi, camsı geçiş sıcaklığı, taşıyıcı maddenin kimyasal özellikleri, kurutma sıcaklığı, emülsiyon ve partikül büyüklüğü gibi işlem parametreleri etkilemektedir (Kargel 2000).

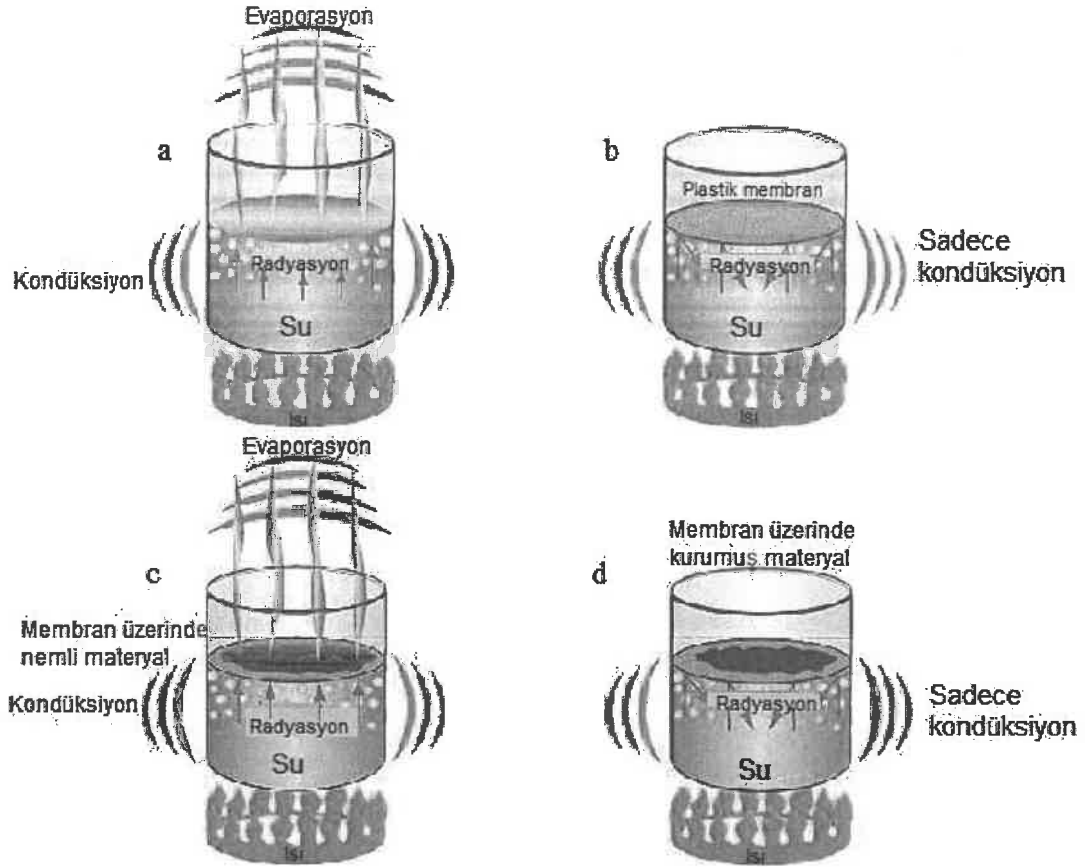
Bu yöntemi diğer kurutma yöntemlerinden ayıran temel özellikler; kurutma işleminin hızlı, ürünün kurutma esnasında sıcak hava ile temasının çok kısa ve elde edilen kuru toz ürünün paketlemeye hazır halde olmasıdır. Bu yöntemde dikkat çeken diğer üstün özellikler ise ürünün toplam kurutma süresinin 3-10 s arasında olması ve ürün partiküllerinin hiçbir zaman kurutmada kullanılan havanın yaş termometre sıcaklığından daha yüksek değerlere çıkmamasıdır. Bu özellik sayesinde kurutucu bölmesi girişinde,

ürüne hiçbir zarar vermeden, oldukça yüksek sıcaklıkların kullanılabilmesi mümkün olmaktadır (Marshall 1954).

2.3.5. Kırınım pencereci kurutma

Kırınım pencereci kurutma sistemi meyve sebze pürelerini ve dilimlerini kurutmak için uygulanan yeni bir teknolojidir. Bu kurutma yöntemi ile ürünün lezzet, renk, vitamin ve aroma gibi kalite özellikleri korunmaktadır (Jimena Ortiz-Jerez vd. 2015). Kırınım pencereci kurutma sisteminde kurutulacak ürün plastik membran üzerine yerleştirilmekte, alttan ısıtılan suyun termal enerjisi kurutulacak olan ürüne aktararak kurutma sağlanmaktadır. Kullanılan plastik membran, kırıcı özelliğe sahiptir ve bu membran sayesinde ısıtılan su membran yüzeyini kapladığında ısı kaybı engellenmektedir. Bu kurutma sisteminde sudan plastik mebrana ısı transferi konveksiyon ile gerçekleşir. Sudan kurutulan materyale ısı tranferi ise kondüksiyon ile gerçekleşerek kızıl ötesi enerji suya yansıtılmaktadır. Ancak bant üzerine nemli bir ürün serilerek sıcak sudan bant boyunca geçen kızılötesi radyasyonun gıdaya ulaşmasına izin veren bir "pencere" oluşturduğu ileri sürülür. Ürün aldığı enerji ile buharlaşmaya başlayıp nemini kaybederken, "pencere" yavaş yavaş kapanır gıda içerisindeki su uzaklaştırılıp toz veya kuru ürün elde edilir (Nindo ve Tang 2007). Şekil 2.5’de kırınım pencereci kurutma sistemine ait ısı aktarım prensibi gösterilmiştir.

Kırınım pencereci kurutma sisteminde birçok meyve sebze dilim halinde ve püre halinde kurutulabilmektedir (Bernaert vd. 2018). Bu kurutma sisteminde kurutma süresinin kısa olması en büyük avantajdır. Kısa kurutma süresi sayesinde kurutulan materyalde ısıya hassas bileşenlerin kaybı düşük seviyelerde olmaktadır. Ayrıca son ürün renginin taze ürüne oldukça yakın olması, çapraz kontaminasyon riskinin minimum olması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması da kırınım pencereci kurutma sisteminin avantajları olarak sayılabilmektedir (Nindo ve Tang 2007).



Şekil 2.5. Kırınım pencereli kurutma sisteminin ısı aktarım prensibi (Tontul 2017)

Kırınım pencereli kurutma sisteminin kurulumu, gıda kurutmak için önemli bir kurutma yöntemi olan dondurarak kurutma prosesine göre %50-70 daha az oranda yatırım maliyeti gerektirmektedir. Ayrıca kurutma uygulamasının dondurarak kurutma uygulamasına göre %50 daha az enerji gereksinimi bulunmaktadır (Nindo ve Tang 2007).

Kırınım pencereli kurutma nispeten yeni bir teknoloji olduğundan, mevcut çalışmaların çoğu, kırınım pencereli kurutma uygulaması ile elde edilen ürünlerin geleneksel proseslerle üretilenlerle fizikokimyasal kalitelerinin karşılaştırılması ile ilgili olup bazı çalışmalar aşağıda özetlemiştir.

Meyve sebze tozlarının üretiminde kırınım pencereli kurutma uygulaması ile ürünlerin yapısında bulunan doğal bileşiklerin daha iyi korunduğu belirtilmiş olup literatürde özellikle püre formda kurutulan meyve sebzeleri ile ilgili çalışmalara yönelmiştir (Clarke 2004). Nitekim kırınım pencereli kurutma sistemi ile domates püresinden toz ürün eldesinde, domates püresi farklı sıcaklıklarda (65,75,85 ve 95°C), 2 ve 3mm serme kalınlıklarında serilerek kurutulmuştur. Uygulanan koşullar arasında en kısa süre 95°C’de 2 mm serme kalınlığında bulunmuş olup 17 dakika olarak belirtilmiştir. Elde edilen domates tozlarının renk özellikleri incelenmiş ve kurutma sıcaklığının azalmasına bağlı olarak toz ürünlerin renk değişim oranlarının azaldığı bildirilmiştir (Castoldi vd. 2015).

Tontul ve Topuz (2017) nar pestili üretiminde çeşitli formülasyonların ve farklı kurutma yöntemlerinin (50, 60 ve 70 ° C'de sıcak havayla kurutma; 90 ve 180 W'da 50, 60 ve 70 ° C'de mikrodalga destekli sıcak havada kurutma ve 90, 95 ve 98 °C'de kırımın pencereleli kurutma) ürünlerin önemli fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Mikrodalga destekli kurutma ile üretilen pestillerin daha yüksek fenolik içeriğe sahipken, kırımın penceresi kurutma ile üretilen pestillerin ise daha yüksek askorbik asit ve antosiyanin içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ısıya maruz kalan ürünlerde meydana gelen ve istenmeyen bir bileşik olan 5-hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin kırımın pencereleli kurutma uygulanarak üretilen nar pestillerinde diğer uygulamalar ile üretilenlere göre daha düşük olduğu rapor etmişlerdir. Sonuç olarak hidrokolloid formülasyonu uygulanarak ve kırımın pencereleli kurutma ile biyolojik olarak aktif bileşenlerce zengin yüksek kaliteli pestil üretimi yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada kırmızı meyveler (kızılcık, yaban mersini, vişne, çilek) püre halinde farklı kurutucularda (akışkan yataklı kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava kurutma ve kırımın pencereleli kurutma) kurutulmuştur. Üretilen toz ürünlerin önemli fizikokimyasal özellikleri kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam fenolik madde, antosiyanin ve flavonoid içeriğinin dondurarak kurutma ile üretilen tozlarda yüksek olduğu belirtilirken askorbik asit içeriğinin ise kırımın pencereleli kurutma ile üretilen tozlarda yüksek olduğu rapor edilmiştir. Bunlara ilaveten kalite özellikleri bakımında dondurarak kurutucuya en yakın ürünlerin kırımın pencereleli kurutma ile üretilen tozlar olduğu belirtilmiştir (Nemzer vd. 2018).

Tontul vd. (2018) yaptıkları bir başka çalışmada farklı kurutma koşullarında kızılcık püresini kırımın pencereleli (90, 95 ve 98 °C sıcaklık, 1 mm serme kalınlığı) ve sıcak hava (50, 60 ve 70°C sıcaklık 1,2 ve 3 m/s hava hızı) kurutma uygulamaları ile kurutmuş ve son ürünün önemli fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kırımın pencereleli kurutma sistemi ile kurutulan kızılcık tozlarının askorbik asit, toplam monomerik antosiyanin ve antioksidan aktivite içerikleri sıcak havada kurutulan örneklerle göre daha yüksek bulunduğu rapor etmişlerdir. Ayrıca en düşük HMF miktarının da kırımın pencereleli kurutma uygulaması ile üretilen tozlarda olduğu bildirilmiştir.

Caparino vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada kırımın pencereleli kurutma sisteminin toz ürün üzerinde etkisini incelemek için mango püreleri kırımın, tamburlu, dondurarak ve püskürtmeli kurutma olmak üzere 4 farklı kurutucuda kurutulmuş ve üretilen mango tozlarının fiziksel özellikleri ve mikro yapıları kıyaslanmıştır. Kırımın pencereleli kurutma sistemi ile elde edilen mango tozlarının yapısının düzgün ve pürüzlü yapıda olduğu belirtilmiştir. Renk açısından püreye en yakın örnek kırımın pencereleli kurutma ile üretilmiş örnek olarak belirlenmiş, bunu sırasıyla donuk kurutma, püskürtmek kurutma ve tambur kurutma izlemiştir. Kırımın pencereleli ve donuk kurutma yöntemleri ile üretilen tozlar benzer higroskopisiteye sahip olmuştur. Sonuç olarak kırımın pencereleli kurutma Kırımın pencereleli kurutma uygulaması ile üretilen mango tozlarının dondurarak kurutma ile üretilen tozlarla benzer kalitede olduğu, tambur ve püskürtmek kurutulmuş tozlara göre daha iyi bir mango tozu üretildiği bildirilmiştir.

Püre haline getirilen gıdaların kurutulması üzerine yapılan bir başka çalışmada; kırımın pencereleli kurutma sistemi ile elma ve havuç püreleri kurutulmuş olup üretilen toz ürünlerin kalite özellikleri dondurarak, tambur ve püskürtmeli kurutucuda üretilen

tozlarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada toplam karoten, α -karoten ve β -karoten içeriği açısından kırımım pencereleli kurutma ve donuk kurutma yöntemlerinde kayıplar benzer ve %10'un altında belirlenmiştir. Askorbik asit kaybı da benzer şekilde her iki yöntemde de %6 olarak belirlenmiştir (Abonyi vd. 2002).

Topuz vd. (2011) yaptıkları bir çalışmada dondurarak kurutma, sıcak hava kurutma, doğal konveksiyonla kurutma ve kırımım pencereleli kurutma yöntemleri ile kırmızıbiber püresi kurutmuşlardır. Kurutulan pürelerin karotenoid ve kapsaisinoid içeriği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre karotenoid içeriği (mutatoksantin hariç) ve A vitamini aktivitesi doğal konveksiyonla kurutulan püreler haricinde tüm kurutmalarda benzer oranda azalmıştır. Doğal konveksiyonla kurutulan kırmızıbiber pürelerinin devam eden sentez nedeniyle karotenoid, kapsaisinoid içeriklerinin püreden bile daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir.

Wang vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada kırımım pencereleli kurutma sisteminde 1-3 mm kalınlıkları arasında tarçın püreleri serilmiştir ve serme kalınlığının artması ile tarçın pürelerinin kuruma hızının azaldığı rapor edilmiştir.

Kırımım pencereleli kurutma ile meyve dilimlerinin kurutulması üzerine yapılan çalışmalar da mevcuttur. Nitekim mango dilimlerinin kırımım pencereleli kurutma sisteminde 1 ve 2 mm kalınlığında kurutulması ile ilgili yapılan kurutma kinetiği çalışmasında kurutma sıcaklığı 62°C derece olarak belirlenmiştir. Çalışmada kırımım pencereleli kurutma sistemi ve sıcak hava kurutma sistemi kıyaslanmıştır. Mango dilimlerinin kuruma süresi kırımım pencereleli kurutma sistemi için 1 saat, sıcak hava kurutma sistemi için 4 saat olarak belirlenmiştir. Isıya daha az maruz kaldığı için kırımım pencereleli kurutma sisteminde örneklerin biyoaktif bileşenlerinin sıcaklıktan daha az etkilendiği belirtilmiş ve örneklerin renk değişimlerinin ise her iki kurutma sistemi için de benzer bulunduğu rapor edilmiştir (Ochoa-Martinez vd. 2012).

Sıcak hava akımında kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yataklı kurutma, mikrodalga destekli akışkan yataklı kurutma ve kırımım pencereleli kurutma sistemlerinde kurutulan kuşkonmaz dilimlerinin, ürün rengi ve fenolik madde içerikleri kurutucu bazında incelenmiştir. Kurutma süresi donuk kurutucuda 18-24 saat, tepsili kurutma 2.5-5.5 sa, akışkan yatak kurutma 1.2-2.3 sa, mikrodalga destekli akışkan yatak kurutma 0.5-1.6 sa ve kırımım pencereleli kurutma sisteminde 0.074 sa sürdüğü bildirilmiştir. Donuk kurutucuda renk değişiminin en az olduğu belirtilmiş, toplam antioksidan aktivite donuk kurutucu ve kırımım pencereleli kurutma sisteminde kurutulan ürünlerde birbirine benzer olarak ve diğer ürünlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Kırımım pencereleli kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin askorbik asit içeriğinin ise diğer kurutucularda kurutulan ürünlere göre en yüksek olduğu rapor edilmiştir (Nindo vd. 2003b).

Topuz vd. (2009) kırımım pencereleli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kırmızıbiber kurutmuşlar ve kurutma yöntemlerin biberlerin rengi üzerine etkisini incelemişlerdir. Kırımım pencereleli kurutma yöntemi ile kurutulan biberlerin oksijene maruz kalma süresinin daha kısa olması nedeniyle dondurarak kurutulan örneklerle göre renk kayıplarının daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı kalınlıktaki (0.8, 1.6, 2.4 mm) kivi dilimlerinin farklı sıcaklıklarda (80, 90, 100°C) kırımım pencereleli kurutma ve konvektif kurutma sistemlerinde kurutulması ile

ilgili yapılan çalışmada kurutucu çeşitlerinin ürünlerin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Her kurutma sisteminde ürünlerin kalınlığı arttıkça kuruma süresinin arttığı ve kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan kivi dilimlerinin tekstürel özelliklerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir (Jafari vd. 2016).

Yapılan bir başka çalışma da sıcak hava akımında, doğal konveksiyonla, kurutma fırınında ve kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan keçiyoynuzu dilimlerinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Kırımım pencereli kurutma sisteminde üretilen ürünlerin hem fizikokimyasal hem de duyuşal özellikleri açısından daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (El-Safy 2014).

Dilim halinde meyve sebze kurutulması ile ilgili yapılan bir başka çalışmada farklı kalınlıklardaki (2 ve 4 mm) havuç dilimlerinin kırımım pencereli kurutma ve konvektif kurutma sistemlerinde 74 ve 94°C’de kurutulmuş ve ürünün kuruma karakteristiği ve fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Kırımım pencereli kurutma yöntemi konvektif kurutma yöntemine kıyasla kurutma süresini %26-51 oranları arasında kısalttığı rapor edilmiş olup kırımım pencereli kurutma sisteminde kurutulan ürünlerin toplam fenolik madde, renk ve antioksidan aktivite açısından taze ürüne en yakın ürünler olduğu bildirilmiştir. (Hernández-Santos vd. 2016).

Pavan vd (2012) açai suyunun kırımım pencereli, donuk ve sıcak hava kurutma sistemlerinde kurutulması ve 3 ay boyunca depolanması ile örneklerin sorpsiyon izotermelerini belirlemişlerdir. Tüm kurutuculardan elde edilen örneklerin nem içeriğinin tek tabaka su içeriğinin altında olduğu rapor edilmiştir. Açai tozlarının sorpsiyon izotermelerini Brunauer-Emmett-Teller (BET) and Guggenheim-Anderson- Boer (GAB) modelleri ile uyumlu olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada dondurarak, tambur ve kırımım pencereli kurutma uygulamalarının sarı, kırmızı ve mor patateslerin biyoaktif bileşenlerinin degradasyonu üzerine etkilerini karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre, ürünlerin toplam fenolik madde miktarı kurutma yöntemi ve patates rengine göre farklılık göstermemiştir. Ancak kırmızı ve mor patateslerde en yüksek toplam antosiyanin miktarı kayıpları tambur kurutucuda tespit edilmiştir ve kurutma maliyetleri dikkate alınarak kırımım pencereli kurutmanın uygulanması önerilmiştir (Kaspar vd. 2012).

Kırımım pencereli kurutma sisteminde meyve sebze kurutma uygulamalarının yanı sıra mikroorganizmalarının etkinliği üzerine de çalışmalar mevcuttur. Nitekim Tontul vd. (2018) dondurarak kurutma ve kırımım pencereli kurutma (50, 60,70 °C sıcaklık) sistemlerinde yoğurt kurutmuşlar ve üretilen yoğurt tozlarının bazı fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Kırımım pencereli kurutma uygulaması ile üretilen yoğurt tozların renk özellikleri hariç diğer fiziksel özelliklerinin dondurarak kurutulan tozlara göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca üretilen tozlar 90 gün boyunca 4°C’de depolanmış olup 50 °C’de kurutulan tozlarda yoğurt bakterilerinin daha fazla miktarda bulunduğu belirtilmiştir.

Rostami vd. (2018) kırımım pencereli kurutma sisteminde 2,3 mm kalınlıklardaki et dilimlerini 80 ve 100°C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Kurutulmuş et tozlarının fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre en iyi renk özelliklerinin 80°C sıcaklıkta, 2 mm kalınlıkta kurutulan örneklere ait olduğu

belirtilmiştir. Duyusal özellikler bakımından 100°C'de 2 mm kalınlıkta kurutulan örneklerin en iyi beğeniye sahip olduğu belirtilirken mikrobiyolojik açıdan en düşük aerobik bakteri sayısının da 100°C'de 2 mm kalınlıkta kurutulan et örneklerine ait olduğu rapor edilmiştir.

Tontul vd. (2018)'in yaptığı çalışmada kırımım pencereli kurutma sisteminde nohut protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve farklı pH seviyelerinde dondurularak kurutmayla karşılaştırılmıştır. Dondurularak kurutulmuş protein izolatlarının çözünürlük, yağ tutma kapasitesi ve köpük stabilitesi, kırımım pencereli kurutma ile kurutulmuş numunelerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan kırımım pencereli kurutma ile kurutulmuş numunelerin, dondurarak kurutulmuş protein izolatlarına kıyasla daha iyi su tutma kapasitesine ve emülsiyon stabilitesine sahip olduğu rapor edilmiştir.

Literatürde pektin kurutulması ile ilgili çok az çalışma mevcut olup kırımım pencereli kurutma sisteminde pektin kurutulması üzerine yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Nitekim pektin dışında kıvam verici maddelerin doğrudan kurutulması üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada elma posası farklı kurutma sıcaklıklarında (60, 70, 80 ve 105 °C) döner tipi kurutucuda kurutulmuş ve kurutmanın elma pektini üzerine etkisi araştırılmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş elma posalarından elde edilen pektinlerin galaktronik asit içeriği üzerine kurutmanın etkisi olmadığı belirtilmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ile pektin molekül ağırlığının düştüğü ve 80°C de kurutulan örneklerden elde edilen pektinin daha açık renkte olduğu tespit edilmiştir. Metilasyon derecesi 80 ve 105°C kurutulmuş örneklerden elde edilen pektinlerde aynı değeri göstermiş ve diğer kurutmalara göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca hammaddenin kurutma sıcaklığının pektinin jelleşme sıcaklığı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirtilmiştir (Constenla vd. 2002).

Amid ve Mirhosseini (2012)'ın yaptığı bir çalışmada farklı saflaştırma ve kurutma yöntemlerinin durian tohum zambının viskoelastik davranışları ve reolojik özellikleri üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Saflaştırılmış tohum zambısı sıcak hava, vakum, dondurarak ve püskürterek olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre 105°C hava akımında kurutulan zamb düşük viskoz davranış gösterirken, dondurarak kurutulmuş zambın yüksek viskoz davranış gösterdiği belirtilmiştir.

Wang vd. (2010) kurutma yöntemlerinin keten tohumu zambının fonksiyonel özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Kurutma sıcak havada 80 ve 105°C'de sırasıyla 24 ve 8 saatte, püskürterek kurutucuda giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 200 ve 105°C'de 4 mL/dk besleme hızında, vakum kurutucuda 60 Pa basınçta 60°C'de 24 saatte ve dondurarak kurutucuda 24 saatte gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre 105°C hava akımında kurutmanın toz örneğin köpük kapasitesini arttırdığı ve diğer kurutmaların köpük kapasitesini azalttığı ifade edilmiştir. 80°C hava akımında kurutulmuş tozların tüm kurutulmuş numuneler arasında en yüksek jel kuvvetini gösterdiği bildirilmiştir. Ancak tüm kurutma yöntemleri ile kurutulmuş tozların kurutulmamış keten tohumu zambına göre

jel gücünün azaldığı tespit edilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen tozların düşük L değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca 105°C hava akımında kurutma ve püskürtmeyle kurutma yöntemi ile keten tohumu zamlarının köpük stabilitesinin arttığı belirtilmiştir.

Huang vd. (2017) farklı kurutma yöntemlerinin şeker pancarı küspesinden elde edilen pektinin karakterizasyonu üzerine etkisi incelemişlerdir. Çalışmada sıcak hava ile kurutma (40, 50, 60°C), vakumla kurutma (40, 50, 60°C), dondurarak kurutma ve püskürterek kurutma (giriş sıcaklığı 160, 190, 220°C) ile pektin peltesi kurutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre farklı kurutulmuş pektin örnekleri arasında büyük yapısal farklılıkların olmadığı belirtilmiştir. Ancak 40°C hava akımında kurutulan pektin örneğinin en yüksek esterleşme değerini gösterdiği ve 190°C'de püskürterek kurutulan pektin örneğinin de en yüksek görünür viskozite değerini gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kurutma koşullarının zeta potansiyeli ve iletkenlik üzerine önemli etkilerinin bulunduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada kurutma yöntemlerinin soya kabuğu pektinin fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Pektin peltesi kurutmak için üç farklı kurutma yöntemi (püskürterek kurutma, vakumda kurutma ve dondurarak kurutma) kullanılmıştır. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında soya kabuğu pektinin çözünürlük ve akış davranışları üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı rapor edilmiştir. Ancak kurutma yöntemlerinin soya kabuğu pektinin fiziksel görünümüne önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir (Monsoor 2005).

Salehi ve Kashaninejad (2014) yaptıkları bir çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin Balangu tohum zamlarının reolojik ve dokusal özellikleri ile renk değişimleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla Balangu tohum zamlarını jeli sıcak havada (40-80°C), dondurarak (-40 °C) ve vakum (50 °C -100 mbar) altında kurutulmuştur. Sonuçlar en yüksek viskozite ve sertlik değerlerinin dondurarak kurutulan örneklerde olduğunu göstermiştir. Dondurarak ve vakum altında kurutulan örneklerle kıyasla sıcak havada kurutulanların renklerinin daha koyu (daha düşük L değeri) olduğu belirtilmiştir.

Sundaram ve Durance (2008) keçiyoynuzu zamlarını-pektin-nişasta jelini sıcak hava, vakum, dondurarak ve mikrodalga-vakum olmak üzere dört farklı yöntemle kurutarak jelin su sorpsiyon özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Dondurarak kurutulmuş jelin en çok, sıcak havada kurutulmuş jelin ise en az gözenekliliğe sahip olduğu bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada Antalya’da yerel bir üreticiden ticari olgunlukta hasat edilmiş Washington çeşiti portakal temin edilmiştir. Pektin üretimi için doğrudan taze portakal kabukları kullanılmış olup alınan portakallar, pektin ekstraksiyon sürecine kadar (2-3 gün) buzdolabında +4°C’de muhafaza edilmiştir. Çalışma kapsamında farklı zamanlarda aynı bahçeden ve aynı olgunluk düzeyinde hasat edilmiş yaklaşık 150 kg portakal temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich (Darmstadt, Almanya) ve Merck (Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir. Çöktürme ve yıkama işlemlerinde kullanılan alkol teknik saflıkta (%96’lık) olup Konya Şeker A.Ş.’den temin edilmiştir.

3.2. Metot

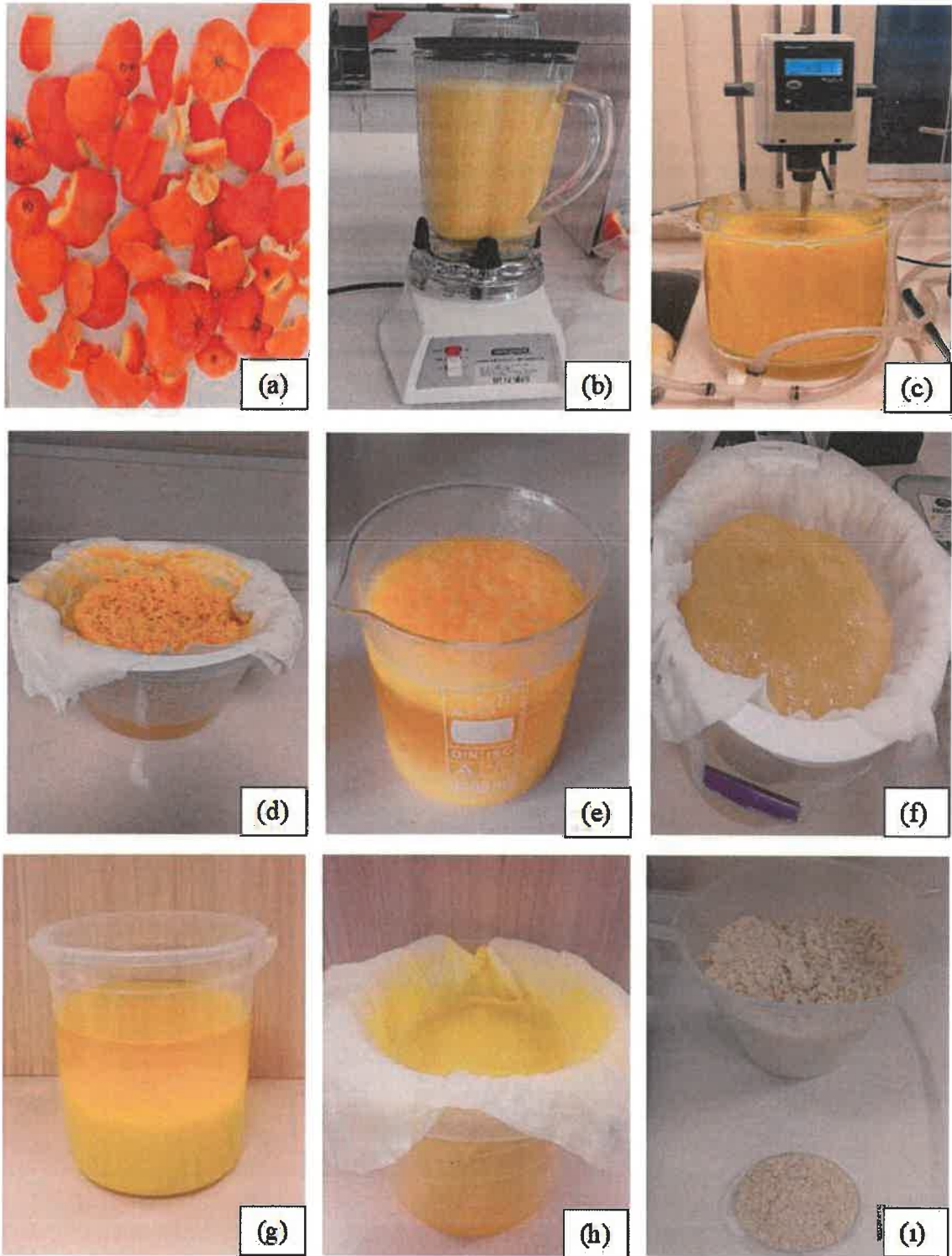
3.2.1. Portakal kabuğundan pektin üretimi

Tez kapsamında portakal kabuğundan pektin ekstraksiyonu, Kratchanova vd. (2004)’ın tarafından uygulanan geleneksel asit ekstraksiyonu yöntemine göre kullanılan asit ve alkol oranları modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Kullanılan portakallar pektin ekstraksiyonu öncesi kaba kirlerinden arındırmak için oda sıcaklığındaki su ile yıkanmıştır. Daha sonra bu portakallar meyve suyu sıkma aparatı ile sıkılmış ve kabukları ayrılmıştır. Ayrılan kabukların içinde kalan portakal posası ve dilim zarları bıçak yardımı ile alınmıştır. Kabuklar laboratuvar tipi öğütücüde (Waring) homojen pulp elde edilecek şekilde parçalanmıştır. Elde edilen pulp, 5 L’lik çift cidarlı ısıtmalı cam reaktör kullanılarak sitrik asit ile pH değeri 1.5’e ayarlanan saf su içinde 82°C sabit sıcaklıkta pervaneli karıştırıcı ile homojen bir karıştırma (500 d/dk) sağlanarak 1 saat boyunca ekstrakte edilmiştir (Şekil 3.1). Ekstraksiyon işlemi 1:25 kuru kabuk(g) /çözgen(mL) oranında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çift cidarlı ısıtmalı reaktörde pektin ekstraksiyonu

Ekstraksiyon sonunda pektin çözeltisi-portakal kabuğu karışımı 4 katlı tülbentten süzülmüştür. Kabuklar uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen pektin çözeltisinin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Soğuyan pektin çözeltisi eşit hacimde %96’lık etanol ile +4 °C’de 2 saat boyunca çöktürmeye bırakılmıştır. Çöken pektin peltesi 4 katlı tülbent kullanılarak ayrılmış ve bu pelte önce %70’lik, daha sonra da %96’lık etanol kullanılarak yıkanmıştır. Şekil 3.2’de kurutma işlemi öncesi pektin üretim aşamaları gösterilmiştir.

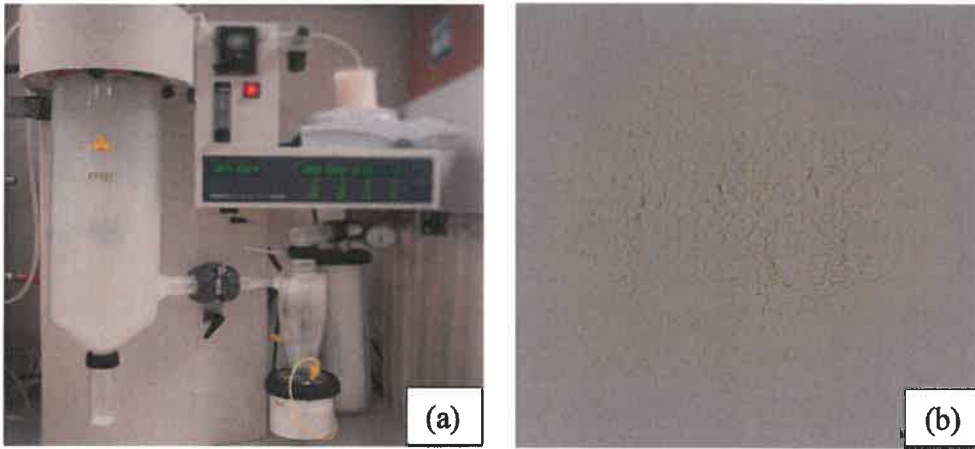


Şekil 3.2. Kurutma işlemi öncesi pektin üretim aşamaları (pektin üretimi için kullanılacak portakal kabukları (a), portakal kabuklarının öğütücüde parçalanması (b), çift cidarlı ısıtmalı cam reaktörde ekstraksiyon aşaması (c), süzme işlemi ile kabukların uzaklaştırılması (d), 4°C’de 2 saat sonunda çöken pektin (e), çöken pektinin ayrılması (f), pektinin yıkanma işlemi (g), yıkanan pektin peltesinin süzme işlemi ile ayrılması (h), kurutulacak pektin peltesi (i))

3.2.2. Farklı kurutma teknikleri ile pektin peltelerinin kurutulması

3.2.2.1. Püskürterek kurutma

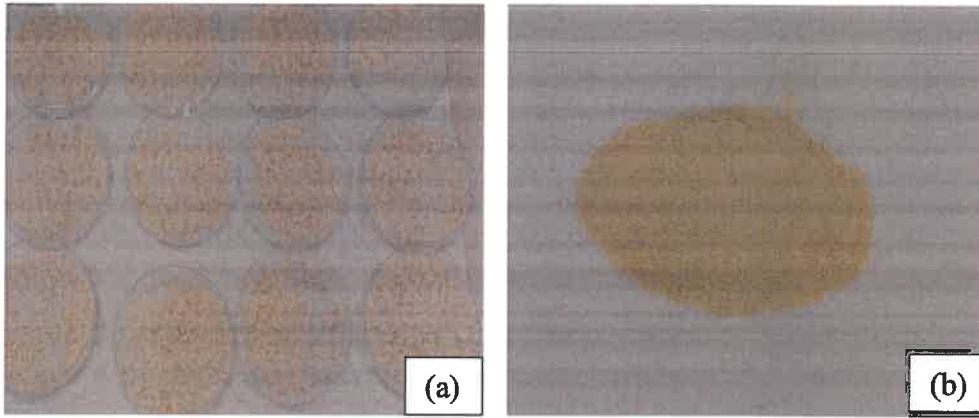
Süzme sonucu elde edilen kıvamlı pektin peltelerinin püskürterek kurutucunun atomizerine beslenememesi nedeniyle, pelte 1/7 (100 g pelte/700 mL su) oranında su ile seyreltilmiş ve karışım oda sıcaklığında 15000 d/dk hızda 5 dakika homojenize (Ultraturrax T25 Basic) edilerek püskürterek kurutma ünitesinde (Büchi Mini Spray Dryer B-290) kurutulmuştur. Püskürterek kurutma işlemi 185-190°C giriş sıcaklığı, 85-90°C çıkış sıcaklığında gerçekleştirilmiştir (Huang vd. 2017). Kurutucu %95 hava aspirasyon gücünde çalıştırılmış, kurutulacak pektin çözeltisi manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak peristaltik pompa yardımı ile atomizere beslenmiştir. Püskürterek kurutucuya beslenen pektin çözeltisi 5 barlık sabit basınçta (yaklaşık 500 L/saat hava hızı) döndürülen atomizer yardımı ile kurutma odasına püskürtülerek kurutulmuş ve kuruyan pektin siklon seperatörde ayrıldıktan sonra ürün toplama kabına toplanmıştır. Kurutma sonrası elde edilen toz pektin sızdırmaz cam kavanozlarda oda sıcaklığında saklanmıştır. Şekil 3.3’de püskürterek kurutma ünitesi ve püskürterek kurutulmuş toz pektin görünümü verilmiştir.



Şekil 3.3. Püskürterek kurutma ünitesi (a) ve püskürterek kurutulmuş toz pektin (b)

3.2.2.2. Vakum ile kurutma

Pektin peltesi doğrudan petrilere serilerek vakum kurutucuda 60°C sıcaklıkta, 0,1 MPa vakumda, pektin nem oranı %5’in altında olacak şekilde 7 saatte kurutulmuştur. Kurutulan pektinler 35 mesh (500 µm) elekten geçecek iriliğe kadar öğütülmüş ve analiz sürecine kadar sızdırmaz cam kavanozlarda oda sıcaklığında saklanmıştır. Şekil 3.4’de vakum kurutma öncesi pektin peltesi ve kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin görünümü verilmiştir.

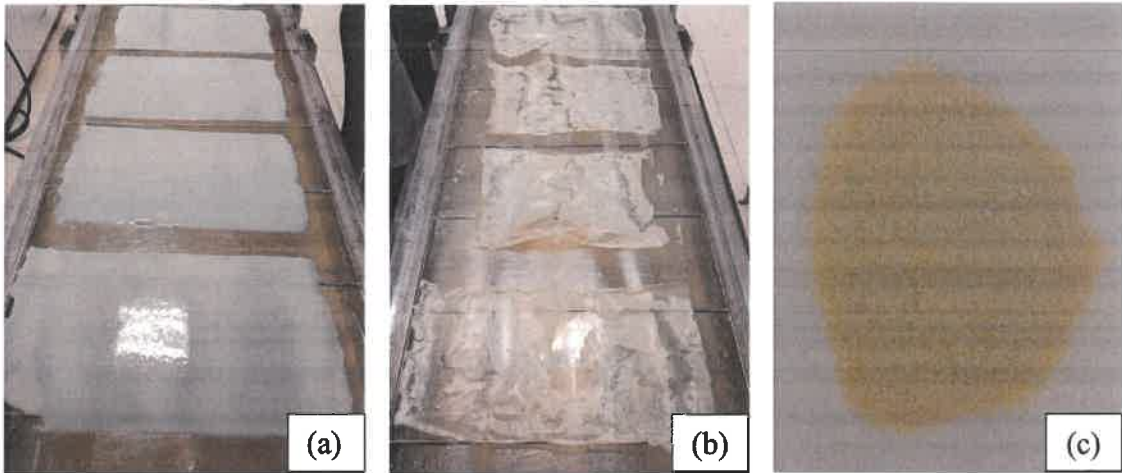


Şekil 3.4. Vakum kurutma öncesi pektin peltesi (a), vakum kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (b)

3.2.2.3. Kırınım pencereli kurutma

Literatürde kırınım pencereleri kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutulması ile ilgili herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle kırınım pencereli kurutma sisteminde kurutma koşulları 70,80 ve 90°C sıcaklıklarda, 3 mm serme kalınlığında yapılmıştır. Pektinlerin kurutma işlemi sırasıyla 70, 80 ve 90°C sıcaklıklarda, 15, 55 ve 95 dakika sürelerde gerçekleştirilmiştir. Bu koşullarda kurutulmuş pektinlerin jel gücü değerleri kıyaslanmış, en iyi jel özelliğini gösteren ve en kısa sürede kuruma sağlayan 90 °C sıcaklık ve 3 mm serme kalınlığında kurutma yapılmıştır.

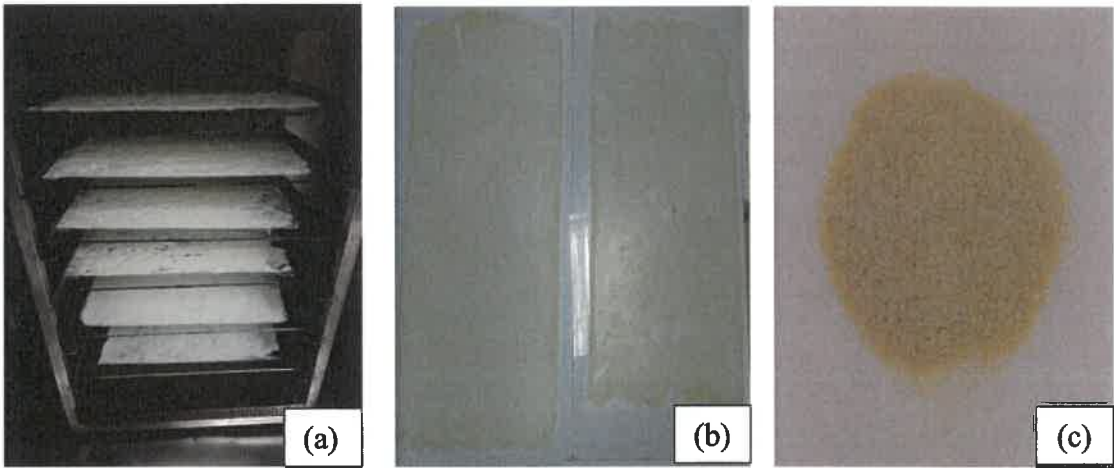
Püskürterek kurutma yönteminde yaşanan besleme problemine benzer şekilde kırınım pencereli kurutma sisteminde de pektinin homojen bir şekilde serilebilmesi için pektin peltesi, 100 g pelte 500 ml saf su ile seyreltilmiş, karışım oda sıcaklığında homojenizatör (Ultraturrax) ile 15000 d/dk hızda 5 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilen bu karışım Mylar film üzerine, yükseklik ayarlamalı serme aparatı ile 30×30 cm boyutlarında 3 mm kalınlığında serilmiş ve serildikten sonra kurutma 90°C sıcaklıkta akan su ile 15 dk'da gerçekleşmiştir. Kurutulan pektin spatula yardımı ile alınmış ve 35 mesh elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Elde edilen toz pektin, analiz sürecine kadar sızdırmaz cam kavanozlarda oda sıcaklığında saklanmıştır. Şekil 3.5'de kırınım pencereli kurutma sisteminde pektin kurutulmasına ait görünümeler verilmiştir.



Şekil 3.5. Kırınım pencereleli kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutulması (kurutma öncesi serilen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c))

3.2.2.4. Sıcak hava akımında kurutma

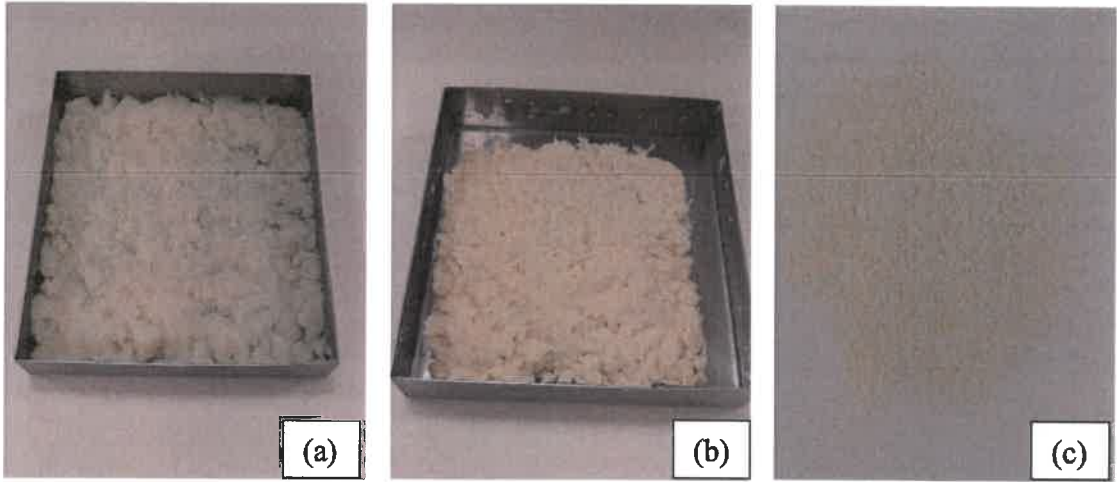
Pektin peltesi, 1/5 oranında (100 g pelte/500 mL su) su ile seyreltilerek homojenizatörde (Ultraturrax T25 Basic) 15000 d/dk hızda 5 dakika homojenize edilmiştir. Sıcak hava ile kurutulacak pektin peltesi camlara yükseklik ayarlamalı serme aparatı ile 30×30 cm boyutlarında 3 mm kalınlıkta serilmiştir. Kurutma işlemi 60°C sıcaklıkta, 2 m/s hava hızında ürünün nemi oranı %5'in altında olacak şekilde 150 dk'da gerçekleşmiştir. Kuruma işleminden sonra camlardan pektin spatula yardımı ile alınmış, 35 mesh elekten geçecek iriliğe kadar öğütülmüş ve analiz sürecine kadar sızdırmaz cam kavanozlarda oda sıcaklığında saklanmıştır. Şekil 3.6'da sıcak hava kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutma öncesi ve sonrası görüntüleri verilmiştir



Şekil 3.6. Sıcak hava kurutma sisteminde pektin peltesinin kurutulması (kurutma öncesi camlara serilen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c))

3.2.2.5. Dondurarak kurutma

Elde edilen pektin peltesi, 1/5 oranında (100 g pelte/ 500 mL su) su ile seyreltilerek dondurarak kurutucun (Operon FDU-7003, Güney Kore) tepsilerine serilmiştir. Tepsiler – 80 °C’lik derin dondurucuda 2 saat dondurulmuş ve daha sonra dondurarak kurutucuya alınmıştır. Kurutma 0.09-0.12 mmHg aralığındaki mutlak basınçta ve -70 °C serpantin sıcaklığında, suyun pektinden süblimasyonu ve serpantinde dondurulmasıyla gerçekleşmiştir. Bu kurutma işlemi, pektinin nem oranı %5’in altında olacak şekilde yaklaşık olarak 70 saat sürmüştür. Kurutulan pektin 35 mesh elekten geçecek iriliğe kadar öğütülmüş ve analiz sürecine kadar sızdırmaz cam kavanozlarda oda sıcaklığında saklanmıştır. Şekil 3.7’de dondurarak kurutma sisteminin tepsilerinde pektin peltesinin kurutma öncesi ve sonrası görünüşleri verilmiştir.



Şekil 3.7. Dondurarak kurutma ile pektin eldesi (dondurarak kurutma öncesi tepsiye dökülen pektin peltesi (a), kurutma sonrası pektin görünümü (b), kurutma sonrası öğütülmüş toz pektin (c))

3.2.3. Analizler

3.2.3.1. Nem oranı ve su aktivitesi

Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen pektinlerin nem oranları gravimetrik yöntemle belirlenmiş olup, bu yöntemle göre; önceden darası alınmış petri kutuları içerisine 0.5 g toz örnek tartılmış, sabit tartıma gelene kadar etüvde 70°C sıcaklıkta bekletilmiştir. Son tartımlar üzerinden kuru madde miktarı Eşitlik 3.1'deki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2013).

$$Nem\ oranı\ (\%) = \frac{ST-D}{BT} \times 100 \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte ST; etüvden alınan petri ağırlığı+kuru örnek ağırlığını (g), D; petri darasını (g) ve BT; başlangıçta tartılan örnek miktarını (g) ifade etmektedir.

Toz pektinlerin su aktivitesi değerleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (AquaLab 4TE, USA) ile 25°C'de ölçülmüştür.

3.2.3.2. Kül içeriği

Pektin tozlarının kül içerikleri için önceden darası alınmış krozelere 0,5 g toz örnek tartılmış ve kül fırınında 600 °C'de 6 saat yakılmıştır. Son tartımlar üzerinden Eşitlik 3.2'deki bağıntı kullanılarak örneklerin kül miktarı hesaplanmıştır.

$$Kül\ oranı\ (\%) = \frac{ST-D}{BT} \times 100 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte ST; kül fırınından alınan kroze ağırlığı+kül ağırlığını (g), D; kroze darasını (g) ve BT; başlangıçta tartılan örnek miktarını (g) ifade etmektedir.

3.2.3.3. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik

Toz pektin örneklerinin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri Beristain vd (2001)'e göre belirlenmiştir. 25 mL hacme sahip ölçülü silindire yaklaşık 1 g örnek hava boşluğu kalmayacak biçimde tartılmış ve herhangi bir kuvvet uygulamaksızın kütle/hacim oranının belirlenmesi ile yığın yoğunluk hesaplanmış ve sonuçlar kg/m³ olarak ifade edilmiştir.

Pektin tozlarının sıkıştırılmış yoğunlukları ise 1 g örneğin 25 mL hacme sahip ölçülü silindir içine doldurulup sıkıştırılması ile belirlenmiştir. Örneklerin sıkıştırılmış yoğunlukları kg/m³ olarak verilmiştir.

Akabilirlik değeri yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri üzerinden hesaplanan boyutsuz bir değer olup, Carr indeks (CI) olarak ifade edilmiştir (Carr 1965). Örneklerin akabilirlik değerlerini Eşitlik 3.3'de belirtilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$CI = ((pt - pb) / pt) \times 100 \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte pb; örneklerin yığın yoğunluk değerlerini (kg/m³), pt; sıkıştırılmış yoğunluk değerlerini (kg/m³) belirtmektedir.

3.2.3.4. Partikül boyutu

Pektinlerin partikül boyut dağılımı lazer ışığı kırınımlı (LLD) partikül boyut cihazı (Malvern, Mastersizer 2000SR, İngiltere) ve bu cihaza bağlanan toz modülü (Malvern Hydro 2000S, İngiltere) kullanılarak Fuchs vd (2006)'a göre yapılmıştır. Pektin tozlarının $D_{[4,3]}$ (μm) ve açıklık değerleri belirlenmiş olup, analizler 25°C 'de gerçekleştirilmiştir. Analizlerde çözgen olarak propanol kullanılmıştır. Örneklerin partikül boyutları hacim ağırlıklı ortalama yarıçap ($D_{[4,3]}$) olarak ifade edilmiş olup, bu değerler Eşitlik 3.4'de verilen bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$D_{[4,3]} = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad (3.4)$$

Eşitlikte yer alan n_i , d_i çapına sahip partiküllerin sayısını belirtmektedir.

Açıklık değeri, belirli bir yığın içerisinde bulunan partiküllerin dağılımını ifade eden bir değer olup, Eşitlik 3.5'te gösterilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Açıklık} = \frac{d_{90} - d_{10}}{d_{50}} \quad (3.5)$$

Bağıntıda gösterilen d_{90} , %90 kümülatif hacme sahip eşdeğer hacimsel çapı, d_{50} , %50 kümülatif hacme sahip eşdeğer hacimsel çapı ve d_{10} %10 hacme sahip eşdeğer hacimsel çapı ifade etmektedir.

3.2.3.5. Çözünürlük

Toz pektin örneklerinin suda çözünürlüğü Cano-Chauca vd (2005) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.1 gram toz örnek oda sıcaklığındaki 50 ml saf su içerisinde manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer, ABD) 600 d/dk'da 5 dk karıştırılarak çözündürülmüştür. Elde edilen çözeltiye 3000 g'de 5 dakika boyunca santrifüj uygulandıktan sonra üstte kalan sıvı kısımdan 20 mL örnek alınarak önceden darası alınmış cam petrilere aktarılmış ve 70°C 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Ağırlık farkından % çözünürlük değeri hesaplanmıştır.

3.2.3.6. Renk

Pektin örneklerinin rengi, doğrudan toz örneklerde ve bu örnekler ile hazırlanmış pektin jellerinde Hunter L.a.b. renk ölçme cihazı (Conica-Minolta, CR 400, Sensing, Inc, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler öncesinde cihaz magnezyum oksit beyaz plaka kullanılarak ($L = 95.24$, $a = -0.32$, $b = 3.01$) kalibre edilmiştir. Örneklerin rengi L (koyuluk-açıklık), a (yeşillik-kırmızılık), b (mavilik-sarılık) olarak kaydedilmiştir. (Caner ve Aday 2009). Bu değerlerden ton açısı (Eşitlik 3.6) ve doygunluk (Eşitlik 3.7) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Ton açısı} = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b}{a} \quad (3.6)$$

$$\text{Doygunluk} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.7)$$

3.2.3.7. Jel derecesi

Örneklerin jel derecesi IFT (Gıda Teknolojileri Enstitüsü) Komitesi (1959) tarafından bildirilen SAG metoduna göre belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle yüksek metoksilli pektinler için bildirilen standart jel aşağıda açıklandığı gibi hazırlanmıştır (Güzel ve Akpınar 2017).

4.33 g pektin (nemsiz ve külsüz ağırlık üzerinden), 40 g sakkaroz ile iyice karıştırılmıştır. Bu karışım 405 mL ısıtılmış distile su ile sabit karıştırma hızında ısıtılmıştır ve karışımın iyice çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra karışıma 606 g sakkaroz azar azar eklenmiştir. Bu çözelti, net ağırlığı yaklaşık 1015 g olana kadar kaynatılmıştır. (toplam kaynama süresi yaklaşık 5-8 dk). 2 adet ridgelimetre haznesi 12-14 mm üstüne kadar bantla sarılmış ve her birine 2 mL tartarik asit çözeltisi (%48.8 a/h) eklendikten sonra jel oluşturmak için hazırlanan çözeltinin sıcaklığı 95°C'ye soğutulunca yavaş bir şekilde tartarik asit ile karıştırılarak dökülmüştür. Oda sıcaklığında 2 saat ve 4°C'de 20-22 saat bekletilerek jelin stabil hale gelmesi sağlanmıştır. Ayrıca jeller %64.8-65.2 oranında katı içeriğine ve 2.2-2.4 pH aralığında olacak şekilde hazırlanmıştır.

IFT Komitesi (1959) tarafından bildirilen metoda göre ridgelimetre cihazının özel cam kaplarında hazırlanan jellerin SAG (Sugar Acid Gel) ölçümü şekil 3.8'de gösterildiği gibi ridgelimetre cihazında yapılmıştır.

Hazırlanan jeller, ridgelimetre cihazının cam kabının ters çevrilmesiyle hassas bir şekilde cam plaka üzerine alınmış ve 2 dakika sonraki jel yüksekliği cihazdan okunarak % SAG değeri belirlenmiştir. (%SAG değeri jellerin çökme oranını temsil etmektedir).



Şekil 3.8. Ridgelimetre cihazında SAG değeri ölçümü

Ridgelimetri cihazı ile %SAG ölçümü yapılan jellerin jel dereceleri Eşitlik 3.8'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Jel derecesi} = (650/A) \times (2 - \%SAG/23.5) \quad (3.8)$$

Bu eşitlikte A; jel yapımında kullanılan pektin miktarını, %SAG; jellerin çökme oranını belirtmektedir.

3.2.3.8. Jel gücü

Pektin jellerinin jel gücü tekstür analiz cihazı (TA.XT2 Plus, Stable Micro Systems, Surrey, Birleşik Krallık) kullanılarak belirlenmiştir. Pektin jelleri, jel derecesi analizinde olduğu gibi IFT Komitesi (1959) tarafından bildirilen metoda göre 50 mL’lik cam beherlerde hazırlanmış ve +4°C buzdolabında 24 saat bekletilmiştir. Süre sonunda beherlerden spatula yardımı ile alınan 35×35×45 cm boyutlarındaki jellerde jel gücü, cihaza bağlanan 10 mm çapındaki silindirik probun (SMSP/10) 5 mm derinliğe kadar 1 mm/s hızla saplanması ve 10 mm/s hızla çıkarılması ile oda sıcaklığında ölçülmüştür. Tetikleme gücü 5 g olarak ayarlanmıştır. Cihaza ait özel yazılım (Texture Exponent 32, Stable Micro Systems, Surrey, Birleşik Krallık) kullanılarak jellerin jel gücü değerleri hesaplanmıştır.

3.2.3.9. Esterleşme derecesi

Pektinlerin esterleşme derecesi Shamsara vd. (2017) tarafından belirtilen titrimetrik yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g toz pektin örneği 250 mL erlene aktarılıp 5 mL %96’lık etanol ile ıslatılmış ve üzerine 1 gr sodyum klorür eklenmiştir. Daha sonra ultrasonik banyoda 15 dk boyunca degaze edilen 100 mL saf su ilave edilerek manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer, ABD) karıştırılarak pektin çözündürülmüştür. Pektin tamamen çözündürüldükten sonra karışıma 6 damla fenol kırmızısı eklenip 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Sarfiyat hacmi (V_1 , mL) kaydedilmiştir. Daha sonra karışıma 25 ml 0.25 N NaOH katılmış ve karışım iyice çalkalanıp ağzı kapalı şekilde 30 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda 25 mL 0.25 N HCl eklenmiştir. 0.1 N NaOH ile titrasyon yapılarak bu sarfiyat hacmi (V_2 , mL) kaydedilmiştir. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektinlerin esterleşme dereceleri Eşitlik 3.9 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Esterleşme derecesi (\%)} = \frac{V_2}{(V_1+V_2)} \times 100 \quad (3.9)$$

3.2.3.10. Galakturonik asit miktarı

Pektinlerin galakturonik asit miktarı (mg olarak) FAO/WHO (2007)’de belirtilen Eşitlik 3.10’da verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Galakturonik asit miktarı (mg)} = (V_1 + V_2) \times 19.41 \quad (3.10)$$

Bu eşitlikte V_1 ; esterleşme derecesi analizinde 0.1 N NaOH ile yapılan ilk titrasyondaki sarfiyatı (mL), V_2 ; esterleşme derecesi analizinde 0.1 N NaOH ile yapılan ikinci titrasyondaki sarfiyatı (mL) ifade etmektedir.

3.2.3.11. Termal analizler

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin termal erime ve bozunma davranışları diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) (Perkin Elmer DSC 6000) kullanılarak Einhorn-Stoll vd. (2014) tarafından uygulanan methoda göre Akdeniz Üniversitesi Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezinden hizmet alımıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla 20 mg örnek sızdırmaz alüminyum kaplar içinde tartılmış ve kapakları hava almayacak şekilde kapatılmıştır. DSC fırını azot gazı ile dakikada 25 ml'lik bir akışla şartlandırılmıştır. Pektin örnekleri 20°C ilk sıcaklıktan dakikada 10°C'lik artışla 450°C son sıcaklığa ulaştırılmıştır. Örneklerin erime ve bozunma davranışlarının değerlendirileceği termogramlar cihaz yazılımı (Pyris Series 9.0.2) ile elde edilmiş ve bu termogramlar üzerinden erime sıcaklıkları (T_m), erime entalpileri (ΔH_m) ve bozunma sıcaklıkları (T_b), bozunma entalpileri (ΔH_b) hesaplanmış, sonuçlar bilgisayar ekranından kaydedilmiştir.

3.2.3.12. Viskozite

Pektin örneklerinin viskozitelerini ölçmek için %1'lik (a/h) sulu çözeltileri hazırlanmıştır. 100 mL hazırlanan çözeltilerin viskozitesi, viskozimetre (Brookfield DV3T, USA) kullanılarak 25°C'de, 250 devir/dakika hızda, sağlayan H03 prob ile ölçülmüştür. Sonuçlar mPa.s olarak kaydedilmiştir.

3.2.3.13. Kurutma uygulamalarının verimi

Üretilen pektin peltelerinin püskürterek, vakum, kırımım pencere, sıcak hava ve dondurarak olmak üzere beş farklı kurutucuda kurutulması ile elde edilen toz pektin verimi Eşitlik 3.11'de verilen bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\%Verim = \frac{\text{toz pektin (g)}}{\text{pektin peltesi (g)} \times \text{pektin peltesi kuru maddesi}} \times 100 \quad (3.11)$$

3.2.3.14. Partikül morfolojisi (SEM)

Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen pektin tozlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile SEM görüntüleri alınmıştır. Bu analizler Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektron Mikroskop Görüntü Analiz Ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, 10 nm Au/Pd tabakasıyla kaplandıktan sonra Zeiss LEO 1430 model SEM (Almanya) cihazında görüntülenmiştir.

3.2.4. Model gıda denemeleri

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örnekleri çilek reçeli yapımında kullanılmıştır. Çilek reçellerinin viskozite ve tekstürel özellikleri kıyaslanmıştır.

3.2.4.1. Çilek reçeli yapımı

Farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen pektinlerin gıdalardaki etkisini belirleyebilmek için bu pektinler ile çilek reçeli yapılmıştır. Çilek reçeli yapımı Reçel, Jöle, Marmelat ve Tatlandırılmış Kestane Püresi Tebliği'ne uygun olarak hazırlanmıştır (Cemeroğlu 2013).

Çilek reçeli yapımı için reçellerin meyve-şeker oranı 2/3 olacak şekilde belirlenmiş, 81.6 g meyveye (kuru maddesi %10) 121.84 g şeker ve 50 ml su ilave edilerek kaynamaya başlayana kadar ısıtılmıştır. Kaynama başladıktan sonra refraktometre kullanılarak briks değeri ölçülmüş ve 60 briks derecesine ulaşan çilek reçellerinin pH değeri %50'lik (a/h) sitrik asit çözeltisi ile 3.1'e ayarlanmıştır. Asitliği ayarlanan çilek reçellerine daha sonra

%4'lük pektin çözeltisi ilave edilmiş ve kaynatılmıştır. Reçellerin son briks değeri 67-68 olunca kavanozlara dolum yapılmıştır. (Pektin çözeltisi için pektinler ile karıştırılacak şeker pektinlerin jel dereceleri dikkate alınarak hesaplanmış ve başlangıçta reçel reçetesi için gerekli olan şekerden ilave edilmiştir).

3.2.4.2. Çilek reçellerinin viskozite ölçümü

Reçelerde viskozite ölçümü şurupta yapılmış olup, şuruplarının viskoziteleri, viskozimetre (Brookfield DV3T, USA) kullanılarak 25°C'de, 250 d/dk hızda, H05 prob kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.4.3. Çilek reçellerinin yapısal (tekstürel) özelliklerinin belirlenmesi

Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerle hazırlanan çilek reçellerinin yapısal özellikleri tekstür analiz cihazı (TA.XT2 Plus, Stable Micro Systems, Surrey, Birleşik Krallık) kullanılarak geri ekstrüzyon testi ile sıkıştırma sağlanarak belirlenmiştir. Pektin örnekleri ile hazırlanan çilek reçelleri 80×50×50 mm boyutlarındaki silindirik ölçüm kabına, yüksekliği 5 cm olacak şekilde dökülmüştür. 40 mm çapında silindir prob kullanılarak 1.00 mm/s test hızında ve sıkıştırma oranı %50 olacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Tetikleme gücü 10 g olarak ayarlanmıştır. Uygulanan sıkıştırma işlemi sonucunda probun reçellere daldırılması ile pozitif alan ve reçelden çıkması ile negatif alan grafikleri elde edilmiştir.

Geri ekstrüzyon işlemi sırasında probun reçel içine daldırılırken meydana gelen sertlik (N) maksimum pozitif kuvvet ve kıvam (N.s) pozitif bölgenin alanı olarak, prob reçelin içinden çıkarken iç yapının göstermiş olduğu maksimum negatif kuvvet olan iç yapışkanlık (N) ve negatif bölgenin alanı olan viskozite indeksi (N.s) cihaza ait özel yazılım (Texture Exponent 32, Stable Micro Systems, Surrey, Birleşik Krallık) programı ile hesaplanmış sonuçlar bilgisayar ekranından kaydedilmiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analiz

Araştırmada pektin tozları beş farklı kurutma yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Tez kapsamında kurutma uygulamaları iki tekerrürlü ve elde edilen pektinlerin analizleri iki paralelli olarak yapılmıştır. Analiz sonuçların ortalamaları varyans analizine tabi tutularak, önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya koyulmuştur. Varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi SAS Institute (Cary, NC, ABD) tarafından hazırlanan "The SAS system for Windows V7" isimli istatistiksel yazılım programı kullanılarak yapılmıştır.

Analiz sonuçları $\pm$ standart hata olarak verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Kurutma Yöntemleri ile Üretilen Pektinlerin Karakterizasyonu

4.1.1. Nem oranı ve su aktivitesi

Pektin pelteleri farklı kurutma yöntemleri ile son nem oranı %5'in altına su aktivitesi 0,3'ün altına düşene kadar kurutulmuş, elde edilen pektinlerin son nem düzeylerinin hedef nem düzeyini sağladığı doğrulanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin nem oranı (%) ve su aktivitesi değerleri

Uygulama	Nem oranı (%)	Su aktivitesi
Püskürterek kurutma	4.51±0.15	0.2165±0.01
Vakum kurutma	3.02±0.62	0.1836±0.00
Kırınım pencereli kurutma	2.35±0.42	0.1806±0.00
Sıcak hava ile kurutma	5.40±0.12	0.2335±0,01
Dondurarak kurutma	2.19±0.41	0.1950±0.01

Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin nem oranı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Nem oranı (%)		aw	
		KO	F	KO	F
Uygulama	4	3.96	6.45*	0.00	4.88
Hata	5	0.61		0.00	

(*) $p < 0.05$ farklılık ifade eder.

Uygulanan kurutma yöntemleriyle mümkün olduğunca eşdeğer ve hedef nem düzeyinde pektin üretilmesi yönünde gerekli özen gösterilmiş olmakla birlikte, ürünün kurutucudan alınana kadar geçen sürede sıcaklık farklılıklarının ve çevresel koşulların etkisi ile son nem düzeyinde kaçınılmaz farklılıklar meydana gelmiştir. Bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Ancak, bu nem farklılıklarının su aktivitesinde önemli bir değişime ($p > 0.05$) sebep olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.2).

Literatürde farklı kurutma yöntemleri ile farklı toz ürünlerin üretilildiği benzer çalışmalarda ürün karakteristikliğine bağlı olarak farklı nem düzeylerine kadar kurutma hedeflenmiş, ancak ürünlerin nihai nemlerinde varyasyonlar oluşmuştur. Hsu vd. (2003) yaptıkları bir çalışmada dondurarak kurutma, sıcak hava kurutma ve tamburlu kurutma uygulamalarıyla kurutmuşlar ve farklı nem içeriğinde (%0.60-7.33) ürünler elde etmişlerdir. Benzer şekilde yaban mersini meyvesinin kurutulmasında da 4 farklı kurutma (sıcak hava kurutma, vakum kurutma, mikrodalga destekli konvektif kurutma ve dondurarak kurutma) yöntemi uygulanmış olup nihai nem içerikleri farklılık göstermiştir (Yang ve Atallah 1985).

4.1.2. Kül içeriği

Kül miktarı pektin kalitesi bakımından önemli bir parametre olup pektinin saflığı ve kalitesi hakkında bilgi vermektedir (Miyamoto ve Chang 1992). Farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen toz pektin örneklerinin kül miktarlarına ait değerler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Örneklerin kül miktarları kurutma yöntemlerinin farklılıklarına bağlı olarak 2.00 ile 2.09 g /100 g KM değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin kül içeriği (g /100 g KM)

Uygulama	Kül içeriği (g /100 g KM)
Püskürterek kurutma	2.04±0.01
Vakum kurutma	2.02±0.03
Kırınım pencereli kurutma	2.00±0.02
Sıcak hava ile kurutma	2.09±0.02
Dondurarak kurutma	2.09±0.01

Farklı kurutma uygulamalarına tabi tutulan pektin örneklerinin kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kurutma uygulamalarının örneklerin kül içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli ($p>0.05$) bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin kül içeriklerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	0.00	2.02
Hata	5	0.00	

Pektinin kül içeriği, üretilen pektinin kaynağına ve üretim aşamasındaki saflaştırma etkinliğine göre değişiklik göstermektedir. Nitekim limon, portakal, mandalina ve greyfurt olmak üzere farklı turuncgil kabuklarından elde edilen pektinlerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, pektinlerin kül içerikleri %1.7-1.9 arasında bulunmuştur (Güzel ve Akpınar 2017). Pourbafrani vd. (2010) turuncgil atıklarından elde edilen pektinlerin kül içeriklerini %4.23 bulurken, Wang vd. (2014) turuncgil kabuğu pektinlerinin kül içeriklerini uygulanan farklı ekstraksiyon sıcaklıklarına göre %3.49 ile %4.30 değerleri arasında bulmuştur. Ayrıca JECFA (Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi) tarafından toz formdaki standart pektinlerin kül içeriklerinin %12'den düşük olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen pektinler ticari pektin kriterini karşılamaktadır.

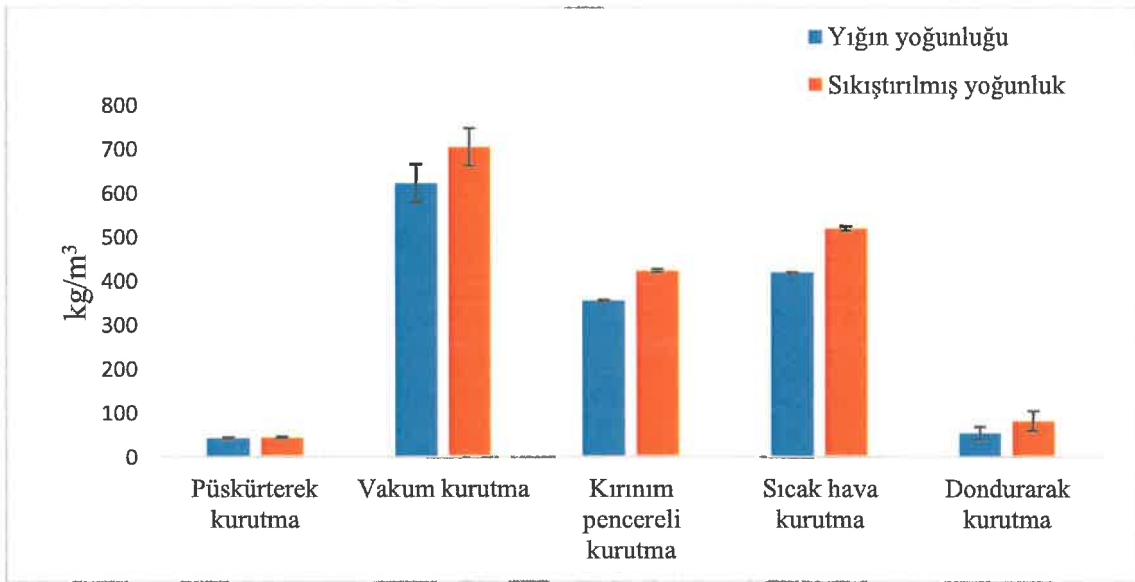
4.1.3. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik

Yığın yoğunluğu toz gıdalar için önemli bir parametredir. Yığın yoğunluğu değeri, toz ürünlerin depolama şeklini, stabilitesini ve akış davranışlarını etkileyen önemli bir özelliktir. Yığın yoğunluğu değerinin düşük olması ürünleri paketlemede kullanılacak paket hacmini arttırdığı için istenmeyen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır (Walton 2000).

Farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen toz pektinlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve bu iki değerden hesaplanan akabilirlik değerleri Çizelge 4.5’de verilmiş ve yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Pektin tozlarının yığın yoğunluğu değerlerinin 42.01-623.34 kg/m³, sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin 48.88-705.75 kg/m³ ve akabilirlik değerlerinin de 11.79 ile 34.01 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerleri

Uygulama	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	Sıkıştırılmış yoğunluk (kg/m ³)	Akabilirlik
Püskürterek kurutma	42.01±2.17	48.88±2.13	14.11±0.70
Vakum kurutma	623.34±44.08	705.75±42.85	11.79±0.89
Kırınım pencereleli kurutma	355.38±2.36	423.78±3.73	16.12±1.30
Sıcak hava kurutma	419.85±1.37	520.15±5.19	19.27±0.54
Dondurarak kurutma	53.65±14.61	81.72±22.73	34.01±0.45



Şekil 4.1 Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen pektinlerin yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri

Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)		Sıkıştırılmış yoğunluk (kg/m ³)		Akabilirlik	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	4	124609.88	71.81**	161708.70	84.27**	156.11	56.54**
Hata	5	1735.18		1918.86		2.76	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.6’da farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre pektin tozlarının yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerleri üzerine kurutma uygulamalarının önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkisinin olduğu görülmüştür.

Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; yığın yoğunluğu değerleri püskürterek ve dondurarak kurutma uygulaması ile üretilen toz pektinlerde farklı olmaksızın diğer kurutma uygulamalarından elde edilen pektinlerin yığın yoğunluğu değerlerinden düşük bulunmuştur. En yüksek yığın yoğunluğu değerleri ise vakum kurutmaya tabi tutulan pektin örneklerinde görülmektedir.

Sıkıştırılmış yoğunluk değeri, yığın yoğunluğu değeri ile doğrudan ilişkili bir değer olup, uygulanan kurutma yöntemlerine bağlı olarak istatistiki açıdan yığın yoğunluğu değeri ile paralel Duncan Testi sonuçlarını vermiştir.

Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve akabilirlik değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Vakum kurutma	Sıcak hava kurutma	Kırınım pencereci kurutma	Dondurarak kurutma	Püskürterek kurutma
Yığın yoğunluğu	623.34a±62.34	419.85 ^b ±1.93	355.38 ^b ±3.33	53.65 ^c ±20.67	42.01 ^c ±3.07
Sıkıştırılmış yoğunluk	705.75 ^a ±60.60	520.15 ^b ±7.35	423.78 ^b ±5.28	81.72 ^c ±32.15	48.88 ^c ±3.01
Akabilirlik	11.79 ^c ±1.26	19.27 ^b ±0.77	16.12 ^{bc} ±1.83	35.01 ^a ±0.64	14.11 ^c ±0.98

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b, c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Carr (1965) yaptığı çalışmada, yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri üzerinden hesaplanan akabilirlik (Carr Index (CI)) değerlerini, 15’ten küçük olması durumunda çok iyi, 15-20 arasında ise iyi, 20-35 arasında ise zayıf, 35-45 arasında ise kötü ve 45’ten büyük ise çok kötü olarak tanımlamıştır. Carr (1965)’ın yaptığı bu sınıflandırmaya göre, farklı kurutma yöntemleri uygulanarak kurutulan pektinlerin akış özelliklerine bakıldığında; püskürterek ve vakum kurutma yöntemi uygulanarak üretilen

pektinlerin birbirinden farklı olmaksızın diğer uygulamalara göre çok iyi bir akış özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Dondurarak kurutma uygulamasından elde edilen pektinin akış özelliğinin kötü olduğu ve bu özelliğin geliştirilmesi gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Toz ürünlerde yığın yoğunluğu değerleri uygulanan kurutma yöntemine göre farklılık göstermektedir. Mango püresinin püskürterek, dondurarak, kırımım pencereli ve tamburlu kurutma yöntemleri ile kurutulduğu bir çalışmada yığın yoğunluğu analizi yapılmış, dondurarak ve püskürterek kurutulan mango tozlarının diğer uygulamalara göre düşük yığın yoğunluğuna sahip olduğu belirtilmiştir (Caparino vd. 2012). Nitekim dondurarak kurutma yönteminde kurutma süblimasyonla sağlanmakta olup ürünün yapısında boşluklar meydana gelmektedir. Bu bağlamda dondurarak kurutulmuş toz ürünlerin yığın yoğunluğunun düşük olduğu belirtilmiştir (Koç vd. 2008). Püskürterek kurutma sistemi ile kurutulan pektin tozlarının yığın yoğunluk değerlerinin ise, kurutucun nozul çapının küçük olmasına ve hava akış hızının yüksekliğine bağlı olarak düşük olduğu düşünülmektedir.

Akabilirlik değeri üzerine parçacıkların şeklinin önemli bir etkisi vardır. Parçacık şekli ne kadar küresel olursa toz örneklerin akış özelliğinin de o kadar iyi olacağı bildirilmiştir (Fu vd. 201). Bu bilgiler doğrultusunda püskürterek ve vakum kurutma uygulanarak kurutulan pektin örneklerinin küresel benzeri şekli dikkate alındığında akış özelliklerinin daha iyi olması beklenen bir sonuçtur (Bkz. Şekil 4.8).

4.1.4. Partikül boyutu

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş olan pektin örneklerinin partikül çapları (hacim ağırlıklı ortalama yarıçap (HAO)- $D_{[4,3]}$) ve açıklık değerleri lazer ışığı kırınımlı (LLD) partikül boyut cihazı yardımıyla belirlenmiş olup, elde edilen veriler, Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektin tozlarının partikül boyutları 24.24 μm ile 629.14 μm arasında değişirken, açıklık değerleri, 1.56 ile 3.32 arasında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin parçacık büyüklükleri (μm)

Uygulama	$D_{[4,3]}$	Açıklık
Püskürterek kurutma	24.24±1.55	1.56±0.09
Vakum kurutma	293.24±6.90	3.32±0.08
Kırımım pencereli kurutma	629.14±4.60	2.35±0.05
Sıcak hava kurutma	599.34±12.26	1.67±0.01
Dondurarak kurutma	454.63±26.85	2.17±0.04

$D_{[4,3]}$: hacim ağırlıklı ortalama yarıçap

Pektin örneklerinin partikül çapı ve açıklık değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’da ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin partikül boyutlarının ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	D _[4,3]		Açıklık	
		KO	F	KO	F
Uygulama	4	123908.20	164.38**	0.98	67.49**
Hata	5	753.81		0.02	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analiz sonuçlarına göre, farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen pektin örneklerinin parçacık büyüklüğü ve açıklık değerleri üzerine kurutma yöntemlerinin önemli düzeyde ($p < 0.01$) etkisi olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin D_[4,3] ve açıklık değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Kırınım pencereli kurutma	Sıcak hava kurutma	Dondurarak kurutma
D _[4,3]	24.24 ^d ±2.20	293.24 ^c ±9.76	629.14 ^a ±6.51	599.34 ^a ±17.34	454.63 ^b ±37.97
Açıklık	1.56 ^c ±0.12	3.32 ^a ±0.11	2.35 ^b ±0.08	1.67 ^c ±0.01	2.17 ^b ±0.06

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b, c, d) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; D_[4,3] değerleri püskürterek kurutma uygulaması ile üretilen toz pektinlerde diğer kurutma uygulamalarına göre oldukça düşüktür. Kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma uygulaması ile üretilen pektin örneklerinde HAO (D_[4,3]) değerlerinin birbirinden farklı olmaksızın diğer kurutma uygulamalarına göre yüksek olduğu görülmektedir.

Belirli bir yığın içerisinde bulunan partiküllerin dağılımını ifade eden açıklık değerleri ise vakum kurutma uygulamasına tabi tutulan pektin örneklerinde en yüksek hesaplanmıştır. Sıcak hava ve püskürterek kurutma uygulaması kullanılarak üretilen pektin örneklerinde farklı olmaksızın en düşük açıklık değerleri tespit edilmiştir.

Toz ürünlerde partikül boyutu kurutma yöntemine ve uygulanan işlem koşullarına göre farklılık göstermektedir. Nitekim domates salçası püskürterek ve valsli kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve üretilen domates tozların fiziksel özellikleri üzerine kurutma yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Uygulanan işlem koşullarına göre püskürterek kurutulan tozların partikül boyutları 11 ile 45 µm arasında değişirken, valsli kurutucuda kurutulan domates tozlarının 381 ile 616 µm değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir (Eser 2014).

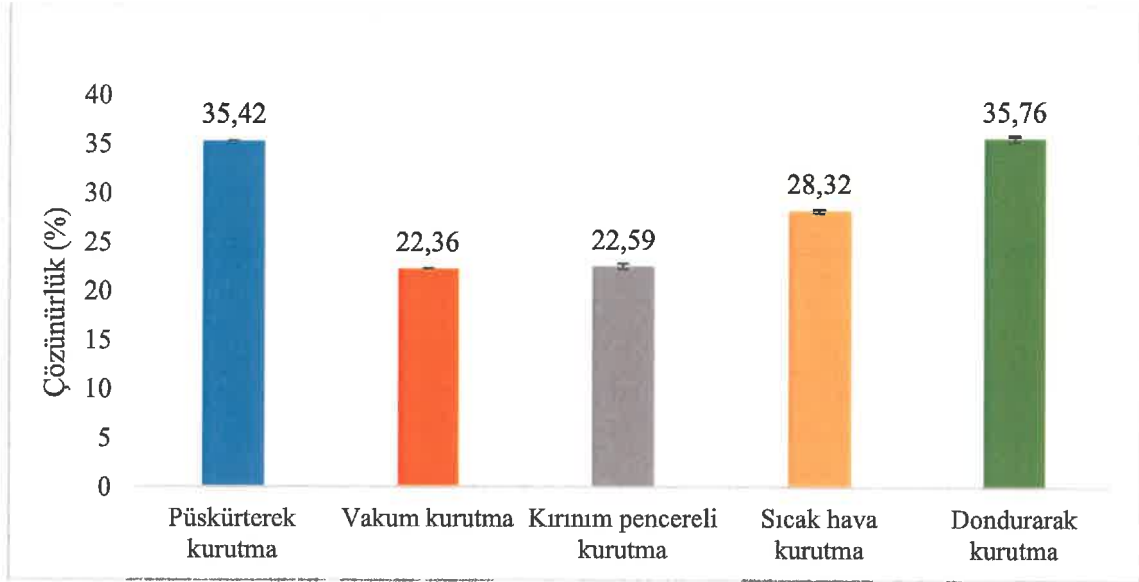
Püskürterek kurutma işleminde atomizasyon işlemine bağlı olarak küçük partiküller oluşurken dondurarak kurutmada süblimasyon ile kurutma sağlandığından ürünün yapısında boşluklar oluşmakta ve daha büyük partiküller meydana gelmektedir (Koç vd. 2008; Eser 2014)

Kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma işleminde ise püre halinde serilen pektinler kuruyunca spatula yardımıyla alınmış ve öğütülmüştür. Öğütmeler mümkün olduğunca

eşdeğer yapılmıştır. Elde toz ürünler aynı sürede ve aynı tekrarlı olarak öğütülmüş ancak belli bir tekrardan sonra partikül boyutu küçültülemediği için ürünlerin partikül boyutlarında farklılık gözlemlenmiştir. Bu nedenle öğütmeye bağlı olarak daha büyük partiküller oluştuğu düşünülmektedir.

4.1.5. Çözünürlük

Şekil 4.2’de farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin çözünürlük değerleri gösterilmiştir. Farklı kurutma yöntemlerine bağlı olarak örneklerin çözünürlük değerlerinin % 22.36 ile 35.76 arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.2. Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin çözünürlük değerleri

Farklı kurutma uygulamalarına tabi tutulan pektin örneklerinin çözünürlük değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kurutma uygulamalarının örneklerin çözünürlükleri üzerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde ($p < 0.01$) bir etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	86.25	403.49**
Hata	5	0.21	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.12’deki farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen pektin örneklerinin çözünürlük değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi incelendiğinde püskürterek ve dondurarak kurutma işlemi uygulanan örneklerin çözünürlük değerleri birbirinden istatistiksel farkı olmaksızın, en yüksek bulunmuştur. Vakum ve kırınım pencereli kurutma işlemi uygulanan örnekler ise en düşük çözünürlük değerlerine sahip olmuştur.

Çizelge 4.12. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin çözünürlük (%) değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Püskürterek kurutma	Dondurarak kurutma	Sıcak hava kurutma	Kırınım pencereci kurutma	Vakum kurutma
	35.42 ^a ±0.03	35.76 ^a ±0.54	28.32 ^b ±0.26	22.59 ^c ±0.41	22.36 ^c ±0.02

Farklı harfler (a, b, c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı kurutma yöntemleri (püskürterek, dondurarak ve vakum kurutma) uygulanarak üretilen soya kabuğu pektinlerinin farklı pH değerlerinde çözünürlük değerleri karşılaştırılmıştır. pH değerlerine göre çözünürlük önemsiz olup çözünürlük değerleri % 1.4 ile 2 arasında değişmiş ve en düşük çözünürlük değerini vakum kurutma yapılan örnekler gösterirken, püskürterek ve dondurarak kurutma uygulanan örneklerin çözünürlük değerleri birbirine yakın ve vakum kurutma yöntemiyle elde edilen pektinlere göre yüksek çıkmıştır (Monsoor 2005).

Çözünürlük toz ürünler için önemli bir kalite unsurudur. Gıda sanayisinde iyi bir pektinin özelliği suda çözünür nitelikte olmasıdır. Ancak pektin suya doğrudan ilave edildiğinde topaklanmakta ve hidratlanması zorlaşmaktadır. Bu da çözünürlüğünü etkilemektedir. Toz pektinin suda kolay çözünmesi için bir miktar şeker ile (yaklaşık 4 katı) karıştırılması gerekmektedir (Brejnholt 2010). Bu tez kapsamında kurutmalar arası farkı görebilmek adına doğrudan toz pektinin suda çözünürlüğüne bakılmış ve literatürdeki çalışmalara göre çalışma kapsamında üretilen pektinlerin çözünürlükleri yüksek bulunmuştur (Monsoor 2005, Jiang ve Du 2017).

Farklı kurutma uygulamaları ile elde edilen toz ürünlerin çözünürlükleri arasındaki fark toz örneklerin homojen parçacık dağılımı ve yığın yoğunluğu ile açıklanabilir (Mirhosseini ve Amid 2013). Yığın yoğunluğunun yüksekliğinin çözünürlüğü azalttığı bildirilmiştir. (Michalska vd. 2016). Bu bağlamda dondurarak ve püskürterek kurutma uygulamalarından elde edilen pektin tozlarının yığın yoğunlukları düşük olduğu için su ile etkileşim yüzeyleri artarak çözünürlüğü arttırdığı düşünülmektedir.

4.1.6. Renk

Renk, gıdaların kalitesini ve niteliğini belirleyen önemli özellikler arasında yer almaktadır. Gıda sanayisinde kullanılan pektinlerin açık renkli olması istenen bir özelliktir. Portakal kabuğundan pektin eldesinde 5 farklı kurutma yöntemi uygulanarak üretilen pektin tozlarının renk değerlerine ait veriler Çizelge 4.13’de verilmiştir. Kurutma uygulamalarına bağlı olarak örneklerin L değerleri 77.25 ile 93.23 arasında değişmiştir. Renk niteliğinin bir göstergesi olan ton açısı ile a ve b değerlerinden hesaplanan, renk yoğunluğunu ifade eden doygunluk değerleri ise sırasıyla 91.13-96.89 ve 8.17-19.38 aralıklarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin renk değerleri

Uygulama	<i>L</i>	Ton açısı	Doygunluk
Püskürterek kurutma	93.23±0.04	97.52±0.15	8.17±0.03
Vakum kurutma	85.30±0.32	93.50±0.02	15.23±0.17
Kırınım pencereli kurutma	78.25±0.18	91.13±0.11	19.05±0.08
Sıcak hava kurutma	77.39±0.03	92.94±0.34	19.38±0.01
Dondurarak kurutma	85.03±0.11	96.89±0.03	14.84±0.41

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre; pektin tozlarının *L*, ton açısı ve doygunluk değerleri üzerine uygulanan kurutma yöntemlerinin önemli düzeyde ($p<0.01$) etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin renk değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	<i>L</i>		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	4	82.30	681.28**	17.77	122.26**	40.83	251.12**
Hata	5	0.12		0.12		0.16	

(**) $p<0.01$ farklılık ifade eder.

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre *L* (parlaklık) değerleri incelendiğinde püskürterek kurutma uygulamasına tabi tutulan pektinlerin *L* değerleri en yüksektir. Vakum ve dondurarak kurutma yöntemleri uygulanan örnekler istatistiki açıdan farklı olmamakla beraber, bu örneklerin *L* değerleri kırınım ve sıcak hava kurutma uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur

Çizelge 4.15. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Kırınım pencereli kurutma	Sıcak hava kurutma	Dondurarak kurutma
<i>L</i>	93.23 ^a ±0.06	85.30 ^b ±0.45	78.24 ^c ±0.26	77.39 ^c ±0.04	85.03 ^b ±0.16
Ton açısı	97.52 ^a ±0.21	93.50 ^b ±0.03	91.13 ^c ±0.16	92.94 ^b ±0.48	96.89 ^a ±0.05
Doygunluk	8.17 ^c ±0.04	15.23 ^b ±0.25	19.05 ^a ±0.12	19.38 ^a ±0.02	14.84 ^b ±0.58

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b, c) ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

En yüksek ton açısı değerleri püskürterek ve dondurarak kurutma ile üretilen pektinlere ait olup bu iki kurutma arasında ton açısı değerleri açısından istatistiki olarak fark bulunmamaktadır. En düşük ton açısı değerleri ise kırınım pencereli kurutma uygulaması yapılan pektin örneklerine aittir. Renk yoğunluğunu ifade eden doygunluk değerlerinin ise kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma uygulamaları ile üretilen

örneklerde daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük doygunluk değerleri ise püskürterek kurutma uygulanan pektin örneklerine aittir.

Renk, gıdaların kalitesini ve niteliğini belirleyen önemli özellikler arasında yer almaktadır. Gıda sanayisinde kullanılan pektinlerin açık renkli olması istenen bir özelliktir. Ekstraksiyon koşullarının renk üzerine etkisinin incelendiği çalışmalar literatürde mevcut olup Wang vd. (2015) greyfurt kabuğundan klasik ekstraksiyon ve ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi ile pektin ekstrakte etmiş ve ultrases destekli ekstraksiyon uygulanarak üretilen pektinlerin daha iyi renk özelliği gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca ekstraksiyon koşullarının şeker pancarı küspesi pektininin renk özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve en iyi renk özelliklerinin yüksek sıcaklıkta, düşük sürede ve düşük pH'da elde edilen ekstraksiyon ile sağlandığı bildirilmiştir (Lv vd. 2013).

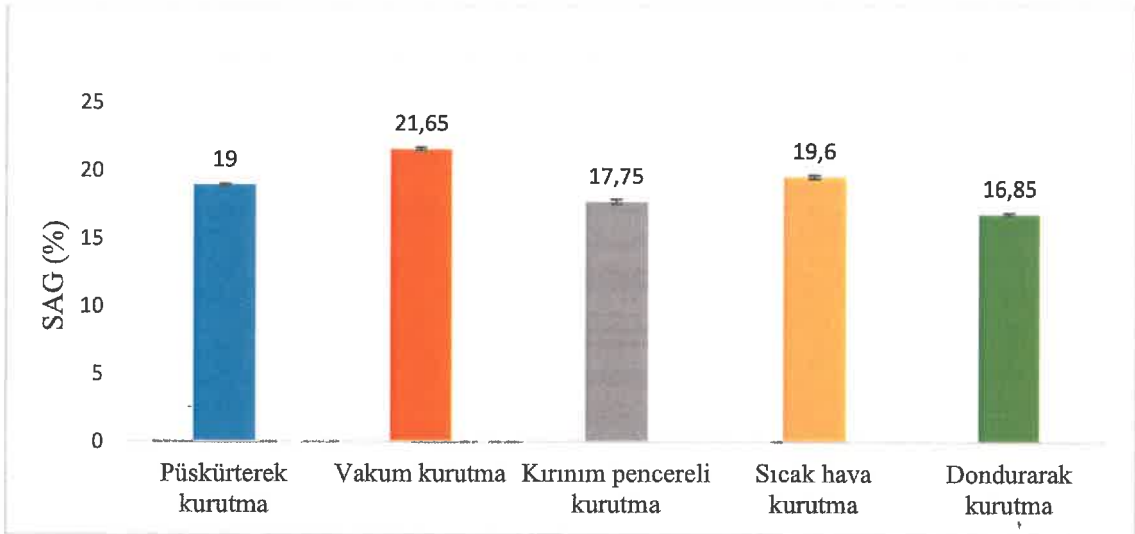
Şeker pancarı ve turuncgil kabuğu pektinlerinin kıyaslandığı başka bir çalışmada da şeker pancarı pektini *L* değeri 78.8, turuncgil kabuğu pektini *L* değeri ise 82.8 olarak belirtilmiştir (Mesbahi vd. 2005). Greyfurt kabuğu pektinin farklı ekstraksiyon yöntemlerine bağlı olarak *L* değerlerinin 53.03 ve 76.74 bulunduğu bildirilmiştir.

Pektin rengi üretim parametrelerinden (ekstraksiyon koşulları, hammadde, ön yıkama, alkol ile yıkama) etkilenmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamına farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan portakal kabukları pektinlerinin kurutma işlemine kadar ki tüm üretim süreci aynı tutulmuş ve renk özellikleri kurutma yöntemlerine bağlı olarak önemli değişim göstermiştir. Benzer şekilde soya pektininin farklı kurutma yöntemleri (püskürterek kurutma, dondurarak kurutma ve sıcak hava kurutma) ile kurutulduğu bir çalışmada en yüksek *L* değerini püskürterek kurutulan örnekler gösterirken en düşük *L* değerini ise sıcak hava kurutma ile üretilen soya pektinlerinin gösterdiği bildirilmiştir.

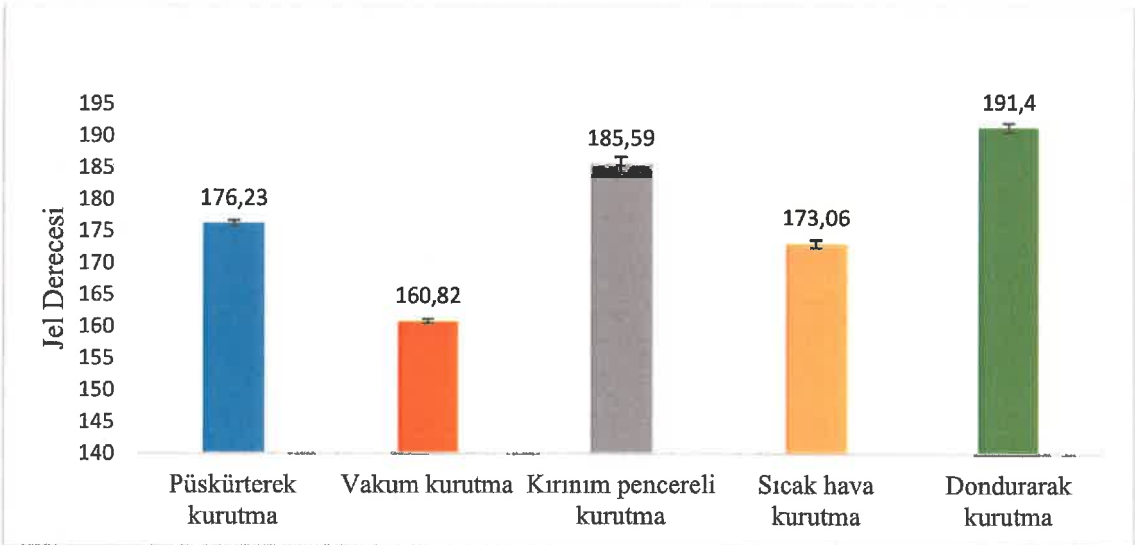
Portakal kabuklarından pektin ekstraksiyonu sırasında pektin peltesinde portakal kabuğundan gelen karotenoidler bulunabileceğinden kurutma sırasında oksijene maruz kalan kırınım pencereli kurutma ve sıcak hava kurutma ile elde edilen pektinlerin *b* değerleri diğer kurutma uygulamaları ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. *a* ve *b* değerlerinden hesaplan doygunluk değeri de *b* değerinin artmasına bağlı olarak artmıştır. Karotenoidler yapılarında bulunan çift bağlardan dolayı kolaylıkla okside olabilmektedir. (Akdoğan ve Özdemir 2006).

4.1.7. SAG değeri ve jel derecesi

Üretilen pektinlerden standart jeller hazırlanıp, bu jellerin SAG (Çökme oranı) değerleri ölçülmüş ve bu değerden jel dereceleri hesaplanmıştır. Pektin jellerinin SAG ve jel derecesi değerleri sonuçları Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.16'da, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.17'de verilmiştir. Pektin jellerinin SAG değerleri %16.85 ile %21.65 arasında değişmekte olup jel dereceleri ise 160.82 ile 191.40 değerleri arasında hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan pektinlerden hazırlanan jellerin SAG değerleri



Şekil 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan pektinlerin jel dereceleri

Çizelge 4.16. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinden hazırlanan pektin jellerinin SAG ve jel derecesi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	SAG (%)		Jel gücü	
		KO	F	KO	F
Uygulama	4	6.78	107.64**	281.61	128.91**
Hata	5	0.06		2.19	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde farklı kurutma uygulamalarının pektin jellerinin SAG ve jel gücü değerleri üzerine istatistiki açıdan önemli düzeyde ($p<0.01$) bir etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin SAG ve jel derecesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Dondurarak kurutma	Kırınım pencereleli kurutma	Püskürterek kurutma	Sıcak hava kurutma	Vakum kurutma
SAG	16.85 ^d ±0.15	17.75 ^c ±0.25	19.00 ^b ±0.10	19.60 ^b ±0.20	21.65 ^a ±0.15
Jel derecesi	191.40 ^a ±1.03	185.89 ^b ±1.72	176.23 ^c ±0.66	173.06 ^c ±0.88	160.82 ^d ±0.52

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b, c, d) ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.17’de verilen Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde pektin jellerinin SAG değerleri arasında farklılıklar bulunmuştur ve en yüksek SAG değeri vakum kurutmaya tabi tutulan örneklerden hazırlanan jellere aittir. Dondurarak ve kırınım pencereleli kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerden hazırlanan jellerin SAG değerleri sırasıyla %16.85±0.15 ve 17.75±0.25 olup bu örnekler düşük SAG değerleri göstermektedir.

SAG değeri jellerin çökme oranını temsil etmekte olup SAG değeri düşük olan jeller daha sıkı yapıda bir jel özelliği göstermektedir.

Jel derecesi, SAG değerinden hesaplanan bir değer olup uygulanan kurutma yöntemlerine bağlı olarak en iyi jel dereceleri sırasıyla dondurarak kurutma, kırınım pencereleli kurutma sistemine tabi tutulan pektinlerden hesaplanmıştır. En düşük jel derecesi değerleri ise vakum kurutma yöntemi ile üretilen pektinlerden hazırlanan jellere aittir.

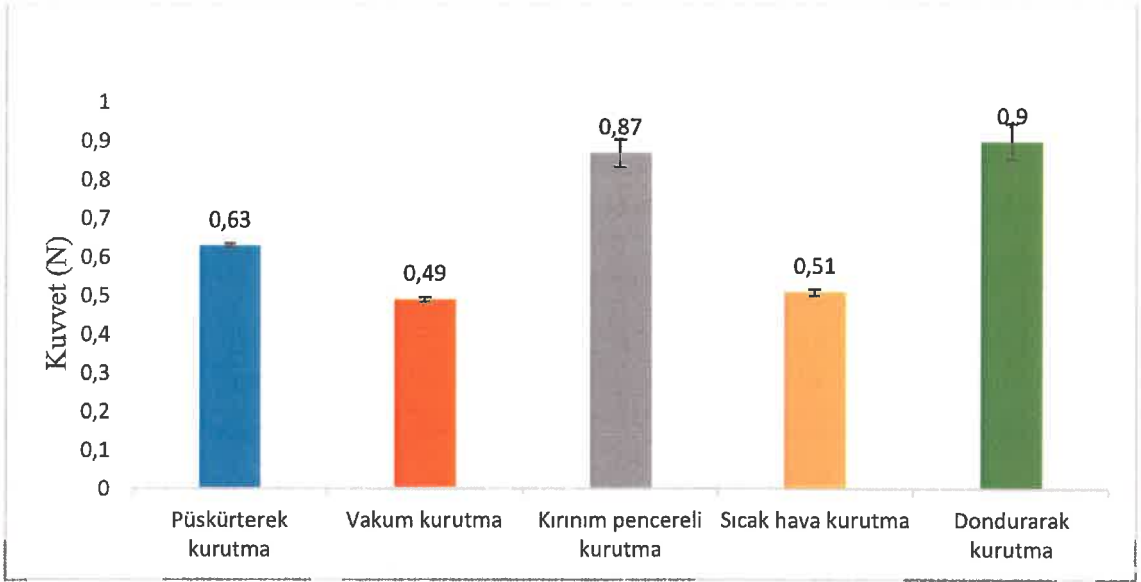
Jel derecesi pektinin jel yapma gücü ile ilgili bir terimdir. SAG değerinden hesaplanan jel derecesi, %65 şeker içeren bir pektin jelinin hazırlanmasında 1 g pektin için ne kadar şekere ihtiyaç olduğunun bir göstergesidir. Örneğin 150 jel dereceleri yüksek metoksilli bir pektinin jel oluşturması için 1 g pektine 150 g şeker ilave edilmelidir (Cemeroğlu 2013).

Pektin kalitesini belirleyen en önemli özellik jel derecesi olup yapılan benzer çalışmalarda Açıkgöz ve Poyraz (2006) ayva posasından elde ettikleri yüksek metoksilli pektinin jel derecelerini 165.40 bulurken, Güzel ve Akpınar (2017) portakal kabuğu pektininin % SAG değerini 16.39 bulmuş ve bu değerden hesaplanan jel derecesini 111.55 olarak rapor etmişlerdir.

Pektinin jelleşme performansı, molekül ağırlığına ile ilişkili olan viskozite değerine bağlıdır. (Kar ve Arslan 1999). Çalışmada kırınım pencereleli ve dondurarak kurutulmuş pektin örneklerinin viskoziteleri yüksek bulunmuş (Bkz. Şekil 4.7) bu nedenle bu kurutma yöntemleri ile üretilen pektinlerin jel derecelerinin yüksek olması viskoziteleri ile ilişkilendirilmektedir.

4.1.8. Jel gücü

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerden hazırlanan jellerin jel gücü değerleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Kurutma uygulamalarına bağlı olarak pektinlerin jel güçleri 0.49 ile 0.90 N arasında değişmektedir.



Şekil 4.5. Farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerleri

Çizelge 4.18. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	0.08	26.50**
Hata	5	0.00	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.18’de verilen varyans analizi sonuçları incelendiğinde kurutma yöntemlerinin jel gücü değerleri üzerinde önemli etkisi ($p < 0.01$) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.19. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Dondurarak kurutma	Kırınım pencereli kurutma	Püskürterek kurutma	Sıcak hava kurutma	Vakum kurutma
Uygulama	0.90 ^a ±0.07	0.86 ^a ±0.05	0.63 ^b ±0.01	0.51 ^c ±0.01	0.49 ^c ±0.01

Farklı harfler (a, b,c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.19’da verilen Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları; Kırınım pencereli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin jel gücü değerleri birbirine benzer sonuçlar göstermiş ve bu jel gücü değerleri diğer kurutma

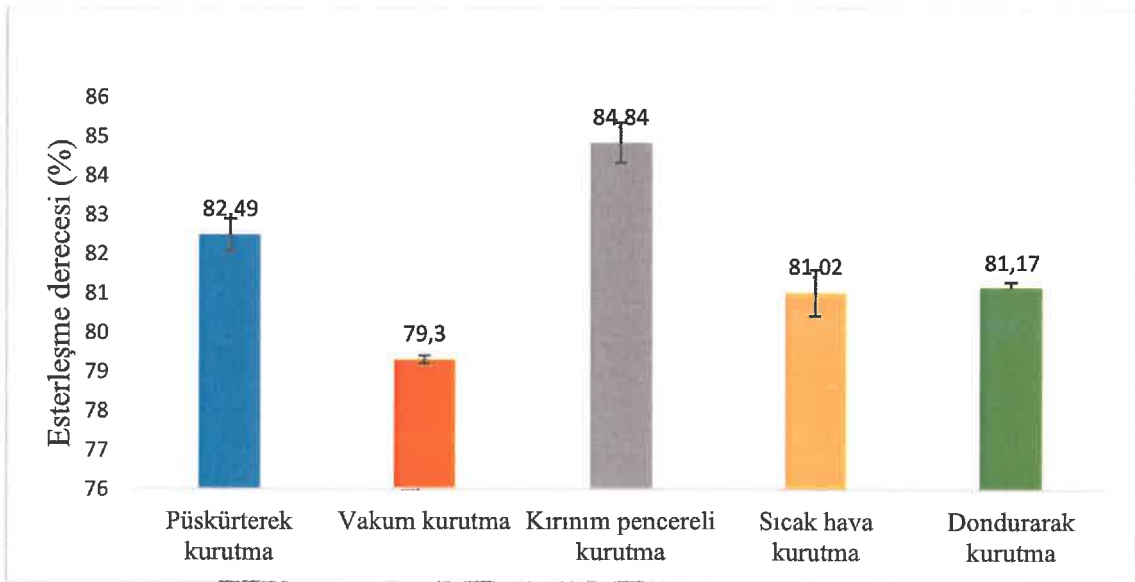
yöntemleri ile kurutulan pektinlerden yüksek bulunmuştur. En düşük jel gücü değerleri sıcak hava kurutma ve vakum kurutma ile üretilen pektin örneklerinde belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada farklı sıcaklıklarda (130, 150 ve 170°C) ekstrakte edilen elma posası pektinleri ile hazırlanan jellerin jel gücü değerlerinin 53.94 ile 100.34 g.s arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu değerler 0.53 ile 0.98 N değerine karşılık gelmekte olup tez kapsamında bulunan jel gücü değerleri ile uyumludur.

Pektinin jel oluşturma mekanizmasında etkili olan hidrojen bağı oluşumu ve hidrofobik etkileşimler, galakturonik asit, esterleşme derecesi ve molekül ağırlığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Esterleşme derecesinin artması ile daha sıkı jellerin oluştuğu belirtilmiş olup aynı zamanda jel gücünün molekül ağırlığı ve pektinin konformasyon yapısına bağlı olarak da farklılık gösterebileceği bildirilmiştir (Fraeye vd. 2010; Wang vd.2014). Bu bilgiler doğrultusunda kırımım pencereleli kurutma sistemi ve dondurarak kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin tez kapsamında viskozite değerlerinin de yüksek olduğu göz önüne alınarak kurutma yöntemlerine bağlı olarak pektinlerin molekül ağırlıklarında farklılıklar oluşmuş olabileceği değerlendirilmiştir. Bu husus dikkate alındığında, jel gücü yüksek bulunan kırımım pencereleli ve dondurarak kurutma uygulamaları ile elde edilen pektinlerin molekül ağırlığının daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

4.1.9. Esterleşme derecesi

Farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilmiş pektinlerin esterleşme dereceleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Kurutma uygulamalarına bağlı olarak pektinlerin esterleşme dereceleri % 79.30 ile 84.84 değerleri arasında bulunmuştur.



Şekil 4.6. Farklı kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin esterleşme dereceleri

Çizelge 4.20. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin esterleşme derecelerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	8.48	13.32**
Hata	5	0.64	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Farklı kurutma uygulamalarına tabi tutulan pektinlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre pektinlerin esterleşme derecesi üzerine uygulanan kurutma yöntemlerinin istatistiki olarak önemli düzeyde ($p < 0.01$) etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin esterleşme derecelerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Kırınım pencereli kurutma	Püskürterek kurutma	Dondurarak kurutma	Sıcak hava kurutma	Vakum kurutma
Uygulama	84.84 ^a ±0.72	82.49 ^b ±0.59	81.17 ^{bc} ±0.18	81.02 ^{bc} ±0.82	79.30 ^c ±0.13

Farklı harfler (a, b, c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.21’de verilen Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre kırınım pencereli kurutma uygulanarak üretilen pektinler en yüksek esterleşme derecesine sahip olduğu görülmektedir. En düşük esterleşme derecesi ise vakum kurutma uygulanan pektin örneklerine aittir. Sıcak hava ve dondurarak kurutma uygulanarak üretilen pektin örnekleri arasında istatistiksel olarak fark olmamakla beraber, bu örnekler püskürterek kurutma yöntemi uygulanan pektinlere göre daha düşük esterleşme derecesine sahiptir.

Pektik bileşiklerde galakturonik asit ünitelerinin esterleşmiş olanların sayısı esterleşme derecesini verir. Esterleşme derecesi kullanılan ham maddeye ve bitkinin olgunluk seviyesine göre farklılık göstermektedir. Turunçgil kabuklarından elde edilen pektinler yüksek esterleşme derecesine sahiptir. Yapılan çalışmalarda turunçgil kabuklarından elde edilen pektinlerin esterleşme dereceleri %69.67 ve 85.24 değerleri arasında bulunmuştur (Kratchanova vd. 2004; Grassino vd. 2016; Güzel ve Akpınar 2017; Pasandide vd. 2017). Bu tez kapsamında portakal kabuğundan üretilen pektinlerin esterleşme dereceleri literatür ile örtüşmektedir.

Literatürde yapılmış benzer bir çalışmada kurutma yöntemlerinin (sıcak hava, vakum, püskürterek ve dondurarak kurutma) şeker pancarı posasından elde edilen pektinlerin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve örneklerin esterleşme derecelerinin kurutma yöntemlerine göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Sıcak havada 60 °C’de kurutma uygulanarak üretilen örnekler ile dondurarak kurutulmuş pektin örnekleri istatistiksel açıdan aynı esterleşme derecelerine sahip olduğu ve püskürterek kurutulmuş örneklerle kıyasla daha düşük esterleşme derecesi gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada sıcak hava kurutmada sıcaklığın artması ile şeker pancarı posası pektinlerinin esterleşme derecelerinin azaldığı belirtilmiştir (Huang vd. 2017).

Literatürde kırımın pencereli kurutma siseminde pektin kurutulmasına ilişkin çalışmalar mevcut değildir. Kırımın pencereli kurutma sisteminde 90 °C’de 15 dk sürede pektin peltesi kurutulmuştur. Bu yöntemde uygulanan sıcaklık, sıcak hava ve vakum kurutmaya göre yüksek gözükmekle birlikte kırımın pencereli kurutma sisteminde su buharlaşması hızlı olduğu için ürün sıcaklığı düşük kalmaktadır. Ayrıca uygulanan sürenin kısa olması ile galaktronik asit zincirine bağlanan metoksil gruplarının zarar görmemesini sağladığı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda kırımın pencereli kurutma sistemi kullanılarak üretilen pektinlerin esterleşme derecesi diğer kurutma yöntemleri uygulanan pektinlere göre yüksek bulunmuştur.

4.1.10. Galakturonik asit miktarı

Farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen pektin örneklerin galakturonik asit miktarları (mg/g toz pektin) Çizelge 4.22’de verilmiştir. Galakturonik asit miktarları uygulanan kurutma yöntemlerinin farklılıklarına bağlı olarak 520.19-535.72 mg/g toz pektin değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 4.22. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin galakturonik asit miktarları

Uygulama	Galakturonik asit (mg/g toz pektin)
Püskürterek kurutma	533.78±4.12
Vakum kurutma	535.72±8.24
Kırımın pencereli kurutma	527.95±2.75
Sıcak hava ile kurutma	520.19±5.49
Dondurarak kurutma	524.07±2.75

Pektin örneklerinin galakturonik asit miktarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23’te verilmiştir. Sonuçlara göre; uygulanan kurutma yöntemleri, pektinlerin galakturonik asit miktarlarını istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($p>0.05$) değiştirmemiştir.

Çizelge 4.23. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin galakturonik asit miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	84.41	0.81
Hata	5	103.99	

Muslu (2016) yapmış olduğu çalışmada portakal posasından elde ettiği pektinlerin galakturonik asit içeriğini 406.4407 mg/g toz pektin bulmuştur.

Monsoor (2005) püskürterek, dondurarak ve vakum kurutma işlemleri uygulayarak soya kabuğundan pektin üretmiştir. Bu 3 farklı kurutma yöntemi ile kurutarak elde ettiği pektinlerin galaktronik asit değerleri arasında fark olmadığı belirtmiştir. Yapılan bir başka çalışmada elma posası, pektin üretimine geçilmeden önce farklı sıcaklıklarda (60,

70, 80 ve 105° C) kurutulmuştur ve kuru posalardan pektin elde edilmiştir. Üretilen pektinlerin galakturonik asit miktarları arasında yine önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir (Constenla vd. 2002). Tez çalışması kapsamında elde edilen galakturonik asit değerleri literatürle uyumlu olup uygulanan kurutma yöntemlerinin galakturonik asit miktarını etkilememesi de literatürle örtüşmektedir.

4.1.11. Termal analizler

Pektin örneklerinin termal erime ve termal bozunma davranışları diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile gerçekleştirilmiştir. DSC analizi ile pektinlerin erime sıcaklığı (T_m) (°C), erime entalpisi (ΔH_m) (J/g), bozunma sıcaklığı (T_b) (°C) ve bozunma entalpisi (ΔH_b) (J/g) değerleri belirlenmiştir. Çizelge 4.24'te yer alan sonuçlar incelendiği zaman, pektin tozlarının erime sıcaklıklarının 129.77°C ile 152.31°C, erime entalpilerinin 49.37 J/g ile 198.99 J/g, bozunma sıcaklıklarının 253.29°C ile 256.74°C ve bozunma entalpilerinin ise -70.54 ile -53.89 J/g değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.24. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektin örneklerinin termal analiz (DSC) sonuçları

Uygulama	(T_m) (°C)	(ΔH_m) (J/g)	(T_b) (°C)	(ΔH_b) (J/g)
Püskürterek kurutma	140.40±1.19	160.54±5.77	253.29±0.78	-53.89 ±5.75
Vakum kurutma	152.31±7.47	121.51±2.33	254.45±0.31	-66.83±0.38
Kırınım pencereci kurutma.	136.48±0.96	49.37±5.76	256.74±0.41	-68.80±8.60
Sıcak hava kurutma	149.32±9.25	198.99±5.73	254.70±0.71	-70.54±6.33
Dondurarak kurutma	129.77±0.79	59.51±7.37	254.09±0.72	-64.31±2.73

Çizelge 4.25. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin termal analizlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	(T _m) (°C)		(ΔH _m) (J/g)		(T _b) (°C)		(ΔH _b) (J/g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	4	170.86	1.48	8256.39	64.92**	3.30	2.18	86.16	0.70
Hata	5	115.51		127.19		1.51		123.69	

(*) $p < 0.05$, (**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Farklı kurutma uygulamalarına tabi tutulan pektin örneklerinin termal analizlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kurutma uygulamalarının örneklerin erime sıcaklığı, bozunma sıcaklığı ve bozunma entalpileri üzerinde istatistiki açıdan ($p > 0.05$) bir etkisi olmazken, erime entalpileri üzerine önemli seviyede ($p < 0.01$) etkisi bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.26. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin örneklerinin erime entalpilerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Sıcak hava kurutma	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Dondurarak kurutma	Kırınım pencereci kurutma
(ΔH_m) (J/g)	198.99 ^a ±8.10	160.54 ^b ±8.16	121.51 ^c ±3.29	59.52 ^d ±10.42	49.37 ^d ±8.15

Farklı harfler (a, b, c, d) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.26’da pektinlerin erime entalpilerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir. Erime entalpileri incelendiğinde sıcak hava kurutma ile üretilen pektin örnekleri en yüksek enerjiye ihtiyaç duyarken, kırınım pencereci ve dondurarak kurutma uygulaması ile üretilen örnekler arasında fark olmaksızın erime için gerekli enerji miktarları en düşüktür.

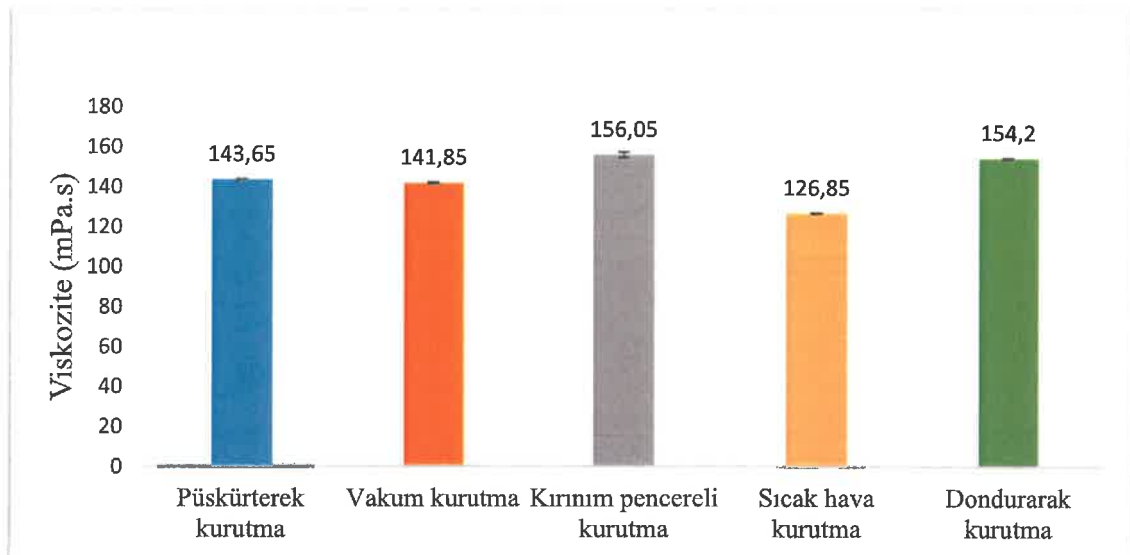
Iijima vd. (2001) yüksek metoksilli pektinleri amidasyon ve demetilasyon işlemlerine tabi tutmuş ve termal davranışlarını incelemiştir. Yüksel metoksilli pektinlerin termogramında 150°C’de endotermik tepe tespit edilmiş ve bu tepe faz geçişi olarak tanımlanmıştır. Amide ve demetilasyon uygulanmış pektinlerde erime noktası tespit edilemediği ve bunun uygulanan kimyasal reaksiyon ile oluşan tahripten kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada turuncgil kabuğu pektinlerin 100°C’de endotermik tepe noktası tespit edilmiştir. 180 ile 270°C aralığında ise ekzotermik tepe noktası tespit edilmiş olup bu nokta bozunma sıcaklığı olarak bildirilmiştir (Gloyna 2004). Farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında (100, 120 ve 140°C) elde edilen turuncgil kabuğu pektinlerinin erime sıcaklıkları 105 ve 137°C arasında, erime entalpileri 91.93 ile 115.7 J/g değerleri arasında bulunurken, bozunma sıcaklıkları 237.27 ile 243.39°C arasında, bozunma entalpileri ise 63.81 ile 78.79 J/g değerleri arasında değişmiştir. 120°C’de ekstraksiyona tabi tutulan örneklerin erime davranışlarının, esterleşme derecesi, galakturonik asit içeriği ve molekül ağırlıklarının yüksek olması nedeniyle yüksek bulunduğu belirtilmiştir (Wang vd. 2014).

Erime entalpisi materyal içinde bulunan su ile ilişkilendirilmiş olup materyal içindeki suyun artması ile erime için gerekli olan ısının arttığı bildirilmiştir (Einhorn-Stoll vd. 2007; Iijima vd. 2000). Bu çalışmada kırınım pencereci ve dondurarak kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin erime entalpilerinin diğer uygulamalarla üretilen pektinlere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun pektinlerin nem içeriklerinin düşük olması ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.

4.1.12. Viskozite

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin %1 lik sulu çözeltilerinin viskozite değerleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Pektinlerin viskozite değerlerinin 126.85 ile 156.05 mPa.s (cP) değerleri arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 4.7. Farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin viskozite değerleri

Çizelge 4.27’de farklı kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlerin viskozite değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre kurutma uygulamalarının pektin örneklerin viskozite değerleri üzerine $p < 0.01$ seviyesinde önemli etkisi olmuştur.

Çizelge 4.27. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	273.38	37.91**
Hata	5	7.21	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.28. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

	Kırınım pencereli kurutma	Dondurarak kurutma	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Sıcak hava kurutma
Uygulama	156.05 ^a ±3.95	154.20 ^a ±1.00	143.65 ^b ±0.45	141.85 ^b ±1.05	126.85 ^c ±0.35

Farklı harfler (a, b,c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektinlerin viskozite değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kırınım pencereli ve dondurarak kurutma işlemi uygulanarak kurutulan pektin

örneklerinin viskozite değerlerinin birbirinden farklı olmaksızın diğer kurutma uygulamaları ile üretilen pektinlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük viskozite değeri ise sıcak hava kurutma uygulamasına tabi tutulan pektin örneklerinde belirlenmiştir.

Besinlerin reolojik özellikleri; viskozite, kıvam ve dokusal özellikleri tarafından oluşturulmaktadır. Viskozite, akışkanların akışa karşı gösterdikleri direnç olup akışkan gıdaların reolojik özelliklerini viskoziteleri belirlemektedir. Pektin reçel, marmelat ve jöle yapımında jelleştirici etkisinin yanı sıra ketçap, mayonez gibi soslarda kıvam vermek için kullanılmaktadır. Pektin kalitesi için viskozite önemli bir etken olup pektinin jel yapma özelliğini etkilemektedir. İyi bir viskoz özelliğe sahip olan pektinler daha iyi jel performansı göstermektedir (Cemeroğlu 2013).

Phatak vd. (1988) tarafından yapılan bir çalışmada %1 a/h'lik turunçgil kabuğu pektin çözeltisinin viskozitesi 132.27 cP (mPa.s) bulunmuş ve 100°C'de 2 dk ısıtma ile viskozitenin 216.54 cP (mPa.s) değerine yükseldiği belirtilmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin (sıcak hava kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma ve püskürterek kurutma) şeker pancarı pektininin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada kurutmaya bağlı olarak viskozite değerleri farklılık göstermiştir. Sıcak hava kurutmada farklı sıcaklıklarda (40, 50, 60 °C) sekiz saatte kurutma yapılmış olup uygulanan sürenin ve oksijen oranının aynı olmasına bağlı olarak viskozitenin değişmediği bildirilirken, vakum kurutma uygulamasında sıcaklığın 40°C'den 60°C'ye yükseltilmesi ile viskozitenin düştüğü belirtilmiştir. Ancak sıcak hava kurutma ve vakum kurutma uygulanan pektinlerin viskoziteleri arasında fark bulunmadığı rapor edilmiştir. Uygulanan tüm kurutma yöntemleri kıyaslandığında ise en düşük viskoziteyi dondurarak kurutulan pektinler gösterirken, en yüksek viskozitenin ise 190°C giriş sıcaklığında püskürterek kurutulan pektin örneklerine ait olduğu belirtilmiştir (Huang vd. 2017).

Kayran (2009) yaptığı çalışmada %1'lik pektin çözeltisinin viskozitesini 20°C'de farklı pH değerlerine bağlı olarak 77.8 ile 90.4 cP (mPa.s) arasında bulmuş ve sıcaklığın 40 ve 60°C'ye yükseltilmesi ile çözelti viskozitesinin düştüğünü rapor etmiştir.

Esterleşme derecesi, molekül ağırlığı, elektrolit konsantrasyonu, pH ve çözücü konsantrasyonu pektin viskozitesini etkilemekte olup molekül ağırlığının artması ile pektin viskozitesi artmaktadır (Arslan 1994; Wang ve Cui 2005; Yıldırım 2013). Nitekim farklı sıcaklıklarının polisakkaritlerin molekül ağırlığı üzerine etkili olduğu ve bunun da hidrokoloid çözeltilerinin viskozitesini etkileyebileceği bildirilmiştir (Nep ve Conway 2011; Huang vd. 2017). Bu bilgiler doğrultusunda; bu tez kapsamında farklı kurutma yöntemlerin pektinin molekül ağırlığında değişiklik meydana getirmiş olabileceği ve buna bağlı olarak viskozite değerlerinde farklılıklar olduğu yorumlanmıştır. Kırınım pencereli kurutma sisteminde pektinler 90°C'de 15 dk kurumuştur. Bu sistemde suyun sıcaklığı 90°C olmasına rağmen aslında gıdaya geçen ısı, suyun üzerindeki banttan dolayı daha azdır ve sürenin çok kısa olması nedeniyle pektin molekülünün yapısının çok zarar görmediği düşünülmektedir. Dondurarak kurutma uygulamasında ise üretilen örnekler ısıya maruz kalmadıkları için pektin yapısının zarar görmediği, dolayısıyla molekül ağırlığının değişmediği ve jelleştirme performansının daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.13. Kurutma uygulamalarının verimi

Püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan pektin örnekleri yumuşak bir fırça yardımı ile cihazın toplama haznesinden toplanmış, kırınım pencereli ve sıcak hava kurutma yöntemleri kurutulan pektinler banttıncamdan spatula yardımı ile alınmıştır. Kurutma sonrası elde edilen kuru ürün miktarının başlangıçta kurutulan pektin peltelerinin kuru maddesine oranı % verim olarak hesaplanmıştır. Püskürterek kurutma hariç diğer kurutma yöntemleri ile üretilen pektinler mümkün olduğunca eşdeğer düzeyde öğütülerek toz haline getirilmiştir. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin kurutma yöntemine bağlı olan ürün verimleri Çizelge 4.29’da verilmiştir. Çizelge incelendiğinde kurutma yöntemlerine bağlı olarak ürün verimlerinin %43.06 ile 96.83 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.29. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerleri

Uygulama	Verim (%)
Püskürterek kurutma	43.06±1.80
Vakum kurutma	96.83±0.64
Kırınım pencereli kurutma	74.71±2.73
Sıcak hava ile kurutma	86.00±2.74
Dondurarak kurutma	93.18±0.32

Hesaplanan kurutma uygulamalarının verimlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30’da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Çizelge 4.30 incelendiğinde kurutma yöntemlerin ürün verimi üzerinde önemli düzeyde ($p<0.01$) etkili olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.30. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	938.66	62.88**
Hata	5	14.93	

Çizelge 4.31. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan örneklerin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Vakum kurutma	Dondurarak kurutma	Sıcak hava kurutma	Kırınım pencereli kurutma	Püskürterek kurutma
	96.83 ^a ±0.91	93.18 ^{ab} ±0.45	86.00 ^b ±3.87	74.71 ^c ±3.86	43.06 ^d ±2.54

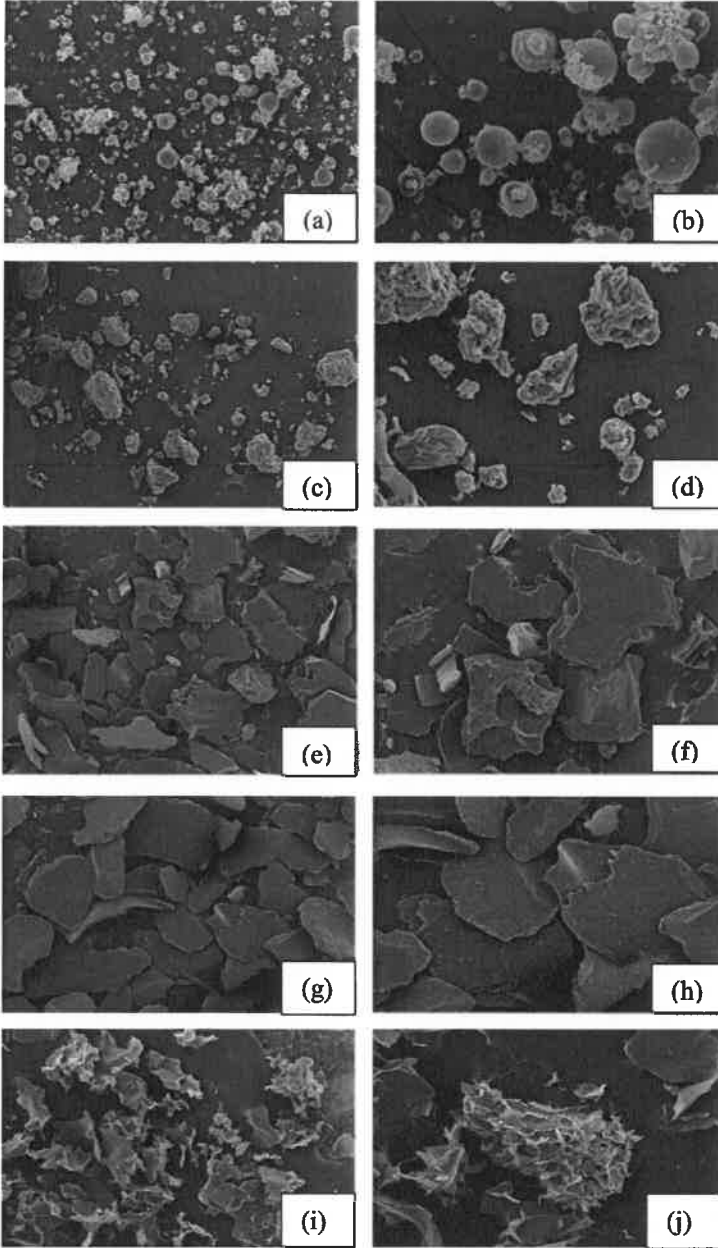
Farklı harfler (a, b,c,d) ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.32'dakki sonuçlara göre; en düşük kurutma verimi püskürterek kurutulan pektin örneklerinde hesaplanmış olup ve bunu sırasıyla kırınım pencereleli kurutma, sıcak hava kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutma uygulamaları izlemiştir.

Püskürterek kurutma işleminde uygulanan yüksek sıcaklıkta pektinin, kurutma silindirine yapışmasına bağlı olarak ürün verimi düşmektedir. Ancak büyük miktarlarda üretim yapılması durumunda ,siklon çapı artması ile yapışma azalmaktadır. Dondurarak ve vakum kurutmada durağan koşullarda kurutma işlemi yapılmasından dolayı ürün verimi oldukça yüksek bulunmaktadır (Koç ve Kaymak Ertekin 2016). Sıcak hava kurutma uygulamasında pektinler püre halinde cama serilerek kurutulmuş ve ürün oda sıcaklığına soğutulduktan sonra spatula ile alınmıştır. Bu sırada spatula yardımıyla alınamayıp yüzeyde kalan ürün kayıp olarak değerlendirilmiş ve verim düşük bulunmuştur. Benzer şekilde kırınım pencereleli kurutma sisteminde de banta serilen pektin püresinde yapışmadan dolayı spatula ile almak zorlaşmış ve verim düşük hesaplanmıştır.

4.1.14. Pektin tozlarının partikül morfolojisi görüntüleri

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin tozlarının morfolojik yapısını gösteren taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş pektin tozlarının taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri (püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 1000$) (a), püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 3000$) (b), vakum kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 300$) (c), vakum kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 1500$) (d), kırınım pencereli kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (e), kırınım pencereli kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (f), sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (g), sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (h), dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 100$) (i), dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan toz pektin ($\times 200$) (j))

Kurutma yöntemleri toz partiküllerin morfolojisini önemli ölçüde etkilemektedir. Görüntüler incelendiğinde, püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulan pektinlerin daha küçük yapılı, tekdüze ve küresel şekle sahip olduğu görülmekte ve kısmen kümeleşmiş olduğu dikkat çekmektedir. Püskürterek kurutma işleminde kurutulacak materyaller yüksek giriş sıcaklığına maruz bırakıldığında pürüzsüz, homojen ve küresel toz ürünler elde edilmektedir (Mahdavi vd. 2016). Bu durumun sebebinin ise yüksek kurutma sıcaklıklarında hızlı bir şekilde kuruyan ürünlerde kurutma esnasında büzüşmenin çok az olmasından dolayı daha düşük yüzey alanına sahip ürünlerin elde edilmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Pellicer vd. 2018).

Vakum kurutma uygulaması ile kurutulan pektin örneklerinin morfolojisine bakıldığında irili ufaklı, pürüzlü yüzeye sahip parçacıklar göze çarpmaktadır ve bazı parçacıkların küresel forma yakın olduğu görülmektedir.

Kırınım pencereless kurutma ve sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin şekilsiz, yassı ve pürüzsüz bir yapıya sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu kurutmalarda pektin peltesi su ile homojenize edilerek püre haline getirilmiş ve 3 mm kalınlığında serilerek kurutulmuştur. Elde edilen parçacıklar aynı kalınlıkta, yassı yapılı ve disk görüntüsüne sahiptir. Nitekim 2012 ve 2013 yıllarında yayınlanan mango tozları üzerine yapılan çalışmada da kurutulmuş ürün görüntülerinin çalışmamızda elde edilen görüntülerle benzer olduğu görülmektedir (Caparino vd. 2012; Caparino vd. 2013).

Dondurarak kurutulmuş pektin örneklerinin partikül morfolojisi incelendiğinde ise elde edilen pektinlerin oldukça gözenekli, şekilsiz ve kırılmış cam benzeri bir yapısı olduğu görülmektedir. Yapılan bilimsel çalışmalarda da dondurarak kurutma uygulaması ile partiküllerin yapısının düzensiz şekilli, gözenekli ve kırılmış cam gibi olduğu görülmektedir (Kuck ve Noreña 2016; Rocha-Parra vd. 2016; Yamashita vd. 2017). Ayrıca tez kapsamında dondurarak kurutma ile elde edilen pektinler kötü akış özelliği göstermiş olup Kaushik ve Roos (2007) bu bulguyu destekler nitelikte dondurarak kurutma ile parçacıkların yapısındaki çatlak ve çentiklerin toz akış kabiliyetini olumsuz etkilediği belirtmiştir.

4.2. Model Gıda Denemesi

4.2.1. Çilek reçellerinin viskozitesi

Meyvede bulunan pektin miktarının istenen jel yapısının oluşmasını sağlamada yeterli olmaması nedeniyle, reçel ve marmelat yapımında ürüne ek olarak pektin ilave edilmektedir. Böylece üründe istenen kıvam sağlanabilmektedir. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin model gıdada etkinliğini görebilmek için çilek reçelleri yapılmış ve reçel şuruplarının viskoziteleri ölçülmüştür (Çizelge 4.32). Çilek reçellerinin viskozite değerleri kurutma yöntemlerindeki farklılıklara bağlı olarak 1256.00 ile 2226.25 mPa.s değerleri arasında değişmiştir.

Çizelge 4.32. Reçellerin viskozite değerleri

Uygulama	Viskozite (mPa.s)
Püskürterek kurutma	1503.25
Vakum kurutma	1459.50
Kırınım pencereli kurutma	1674.00
Sıcak hava kurutma	1256.00
Dondurarak kurutma	2226.25

Çizelge 4.33'te farklı kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen portakal pektinlerinden hazırlanan çilek reçellerinin viskozite değerlerine ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre kurutma uygulamalarının hazırlanan reçellerin viskozite değerleri üzerine $p<0.01$ seviyesinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.33. Çilek reçellerinin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Uygulama	4	271134.84	142.20**
Hata	5	1906.65	

(**) $p<0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.34. Çilek reçellerinin viskozite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mPa.s)

Uygulama	Dondurarak kurutma	Kırınım pencereli kurutma	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Sıcak hava kurutma
	2226.25 ^a ±13.25	1674.00 ^b ±24.50	1503.25 ^c ±54.75	1459.50 ^c ±31.50	1256.00 ^d ±1.00

Farklı harfler (a, b,c,d) ortalamaların $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Çizelge 4.34'de verilen reçellerin viskozitelerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre en yüksek viskozite değerlerini sırası ile dondurarak kurutma ve kırınım pencereli kurutma yöntemleri ile üretilen örneklerden hazırlanan reçeller gösterirken, en düşük viskozite değerleri ise sıcak hava kurutma uygulaması ile üretilen pektinlerden hazırlanan reçellerde belirlenmiştir.

Mesbahi vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada şeker pancarı küspesinden ekstrakte edilen pektinin reçel ve marmaleet kullanımındaki uygulanabilirliğine bakmak için %68 sükröz çözeltisine pH 3-3.2 aralığında farklı oranlarda pektin çözeltileri ilave edilmiş ve 25°C'de viskoziteleri ölçülmüştür. Şeker pancarı pektinin %2'lik konsantrasyonunda viskoziteleri 1200 ve 1600 cP (mPa.s) değerleri arasında bulunmuş ve turuncgil pektinine göre düşük viskoziteye sahip olduğu bildirilmiştir.

Pektin viskozitesinin molekül ağırlığına bağlı olarak etkilenebileceği belirtilmiştir. (Nep ve Conway 2011; Huang vd. 2017). Bu tez kapsamında farklı kurutma

yöntemlerin pektinin molekül ağırlığında değişiklik oluşturabileceği ve buna bağlı olarak çilek reçellerinin viskozite değerlerinde farklılıklar oluşturduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Çilek reçellerinin yapısal (tekstürel) özellikleri

Çizelge 4.35 incelendiğinde kurutma yöntemlerinin farklılığına bağlı olarak reçelerin sertlik değerlerinin 0.27 ile 0.62 N arasında, kıvam değerlerinin 1.98 ile 4.33 N.s arasında olduğu, zıt yönlü kuvvet olan iç yapışkanlık ve viskozite değerlerinin ise sırasıyla 0.41 ile 1.07 N ve 0.32 ile 0.72 N.s değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.35. Çilek reçellerinin yapısal özellikleri

Uygulama	Sertlik (N)	Kıvam (N.s)	İç yapışkanlık (N)	Viskozite indeksi (N.s)
Püskürterek kurutma	0.39±0.01	3.09±0.15	0.82±0.03	0.67±0.04
Vakum kurutma	0.43±0.00	4.33±0.12	0.63±0.00	0.63±0.01
Kırınım pencereci kurutma	0.44±0.00	3.33±0.07	0.67±0.01	0.51±0.03
Sıcak hava kurutma	0.27±0.01	1.98±0.13	0.41±0.01	0.32±0.02
Dondurarak kurutma	0.62±0.03	4.03±0.12	1.07±0.03	0.72±0.00

Çizelge 4.36. Çilek reçellerinin yapısal özelliklerinin ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Sertlik(N)		Kıvam (N.s)		İç yapışkanlık (N)		Viskozite indeksi (N.s)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Uygulama	4	0.03	88.94**	1.69	29.47**	0.12	88.73**	0.05	25.79**
Hata	5	0.00		0.06		0.00		0.00	

(**) $p < 0.01$ farklılık ifade eder.

Çizelge 4.36’da reçelerin yapısal analizlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde; farklı kurutma yöntemlerinin çilek reçelerin yapısal özelliklerinin tüm parametreleri üzerine önemli düzeyde ($p < 0.01$) etkisi olduğu görülmüştür

Çizelge 4.37’de farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerden hazırlanan reçelerin yapısal özelliklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.37. Çilek reçellerinin yapısal özelliklerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Uygulama	Püskürterek kurutma	Vakum kurutma	Kırınım pencereci kurutma	Sıcak hava kurutma	Dondurarak kurutma
Sertlik	0.39 ^b ±0.01	0.43 ^b ±0.00	0.44 ^b ±0.00	0.27 ^c ±0.01	0.62 ^a ±0.03
Kıvam	3.09 ^b ±0.21	4.33 ^a ±0.17	3.33 ^b ±0.10	1.98 ^c ±0.19	4.03 ^a ±0.16
İç yapışkanlık	0.82 ^b ±0.04	0.63 ^c ±0.00	0.67 ^c ±0.01	0.41 ^d ±0.01	1.07 ^a ±0.04
Viskozite indeksi	0.67 ^a ±0.05	0.63 ^a ±0.02	0.51 ^b ±0.03	0.32 ^c ±0.03	0.72 ^a ±0.01

Farklı harfler (a, b,c) ortalamaların $p < 0.05$ düzeyinde farklı olduğunu gösterir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde; en yüksek ve en düşük sertlik değerleri sırasıyla dondurarak kurutma ve sıcak hava kurutma uygulamasıyla kurutulan pektinlerden elde edilen reçellerde ölçülmüştür. Kıvam değerlerine bakıldığında; dondurarak kurutma ve vakum kurutma uygulaması ile üretilen pektinlerle hazırlanan reçellerde en yüksek kıvam değeri belirlenirken sıcak hava kurutma uygulaması ile üretilen pektinlerden hazırlanan reçellerde en düşük kıvam değeri bulunmuştur. Sertlik değeri ile pozitif bir korelasyon gösteren iç yapışkanlık değeri ise dondurarak kurutma uygulaması ile üretilen pektinlerle hazırlanan reçellerde diğer uygulamalara göre yüksek olup en düşük değer ise sıcak hava uygulaması ile üretilen pektinlerden hazırlanan reçellere aittir. Aynı şekilde viskozite indeksi de en düşük sıcak havada kurutulan pektinlerden hazırlanan reçellerde bulunmuştur.

Sertlik belirli bir deformasyona ulaşmak için gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Abid vd. (2018) nar reçeli ile yaptıkları çalışmada pektin konsantrasyonuna bağlı olarak reçellerin sertlik değerlerinin 0.420 ile 1.922 N arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ayva reçellerin sertlik değerlerinin kullanılan hammadde cinsine bağlı olarak 1.13 ile 1.40 N arasında, iç yapışkanlık değerlerinin ise 0.51 ile 0.77 N arasında değiştiği bildirilmiştir (Besbes vd. 2009). Bu bilgiler doğrultusunda tez kapsamında reçellerin yapısal özellikleri literatür ile örtüşmektedir.

Sertlik tekstürel açıdan belirli bir deformasyona ulaşmak için gereken kuvvet olarak tanımlanmakta olup duyusal açıdan gıdayı dişlerin ya da dil damak arasında sıkıştırılması ile belirli bir deformasyon sağlanması için gereken kuvvet olarak belirtilmiştir. Yüksek kıvam değeri yüksek yoğunluğa sahip kıvamlı bir ürünü ifade etmektedir. İç yapışkanlık değeri ise gıdanın ağızda kırılmadan önceki deforme edilme derecesi ya da gıdanın iç bağlarının gücü olarak tanımlanmaktadır. Güçlü bağ oluşumunun göstergesi olan iç yapışkanlık ürünün yapısal bir bütünlük göstermesini sağlamaktadır. İç yapışkanlığın yüksek olması daha güçlü jel yapısıyla ilişkilendirilmektedir. Ayrıca iç yapışkanlık değeri sertlik değeri ile pozitif bir ilişki göstermektedir (Özcan ve Yıldız 2016).

Bu bilgiler doğrultusunda çilek reçellerinin yapısal özelliklerinden sertlik, iç yapışkanlık, kıvam ve viskozite indeksinin dondurarak kurutma uygulaması ile elde edilen pektinlerde yüksek bulunması, pektinlerin viskozite, jel gücü, jel derecesi ve çözünürlükleri birlikte değerlendirildiğinde uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında püskürterek, vakum, kırımım pencereli, sıcak hava ve dondurarak olmak üzere 5 farklı kurutma yöntemi ile portakal kabuğundan pektin üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz pektinlerin fizikokimyasal özellikleri ve jel performansları karşılaştırılmış olup özellikle kırımım pencereli kurutma sisteminin pektin üretimde uygulanabilirliği test edilmiştir.

- Farklı kurutma uygulamalarına tabi tutularak üretilen pektin örneklerinin kül içerikleri beklendiği gibi kurutma yöntemlerinden etkilenmemiş olup kurutma uygulamalarına bağlı olarak kül içerikleri %2.00 ile 2.09 arasında bulunmuştur. Örneklerin kül değerleri ticari pektin kriterlerini çok iyi düzeyde karşılamaktadır.
- Üretilen pektinlerin çözünürlük değerleri bakımından dondurarak ve püskürterek kurutma yöntemi uygulanarak üretilen pektinler benzer bulunmuş olup, bu sonuçların diğer uygulamalara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük çözünürlük değerleri ise vakum ve kırımım pencereli kurutma uygulaması ile üretilen pektinlere ait olmuştur.
- Pektinlerin jel dereceleri sırasıyla dondurarak ve kırımım pencereli kurutma uygulanarak üretilen pektin örneklerinde en yüksek değerde bulunmuştur.
- Yine dondurarak kurutma ve kırımım pencereli kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin jel güçleri benzer sonuçlar vermiş ve diğer kurutma yöntemlerinden yüksek bulunmuştur.
- Kırımım pencereli kurutma yöntemiyle kurutulan pektinlerin esterleşme dereceleri diğer kurutma yöntemleriyle kurutulan örneklere göre yüksek bulunmuştur.
- Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin galakturonik asit miktarları 520.19-535.72 mg/g toz değerleri arasında belirlenmiş olup, uygulanan kurutma yöntemlerinin pektinlerin galakturonik asit değerlerini önemli düzeyde değiştirmediği görülmüştür.
- Pektinlerin erime sıcaklığı, bozunma sıcaklığı ve bozunma entalpisi üzerine kurutma yöntemlerinin etkisi bulunmamaktadır. Erime entalpilerinde ise kurutma yöntemlerine bağlı olarak farklılıklar görülmektedir. Kırımım pencereli kurutma ve dondurarak kurutma uygulaması ile üretilen örneklerin erime entalpileri diğer kurutma yöntemleri ile üretilen pektinlere göre oldukça düşük bulunmuştur.
- Portakal pektinlerinin %1'lik çözeltilerin viskoziteleri 126.85 ile 156.05 mPa.s değerleri arasında olup kırımım pencereli kurutma ve dondurarak kurutma uygulaması ile kurutulan portakal pektinlerin viskozite değerleri benzer sonuçlar göstermiş ve diğer kurutma uygulamaları ile kurutulan pektinlerin viskozitelerinden yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Kurutma yöntemlerine bağlı ürün verimi karşılaştırıldığında; vakum kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinde yapışmaya bağlı kayıplar düşük olduğundan

verim daha yüksek olmuştur. Püskürterek kurutma yönteminde ürün verimi yapışma problemleri nedeniyle oldukça düşük bulunmuştur.

- Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan portakal kabuğu pektinlerinden hazırlanan reçellerin yapısal özelliklerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.
- Tez kapsamında pektine özgü bazı fizikokimyasal özellikler birlikte kıyaslandığında; genel olarak dondurarak kurutma ve kırımım pencereli kurutma yöntemleri ile kurutulan pektinlerin benzer ve pektinden beklenen özellikler bakımından daha olumlu özellikler sağladığı sonucuna varılmıştır.
- Tez kapsamında kırımım pencereli kurutma yönteminin pektin kurutmada iyi bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak renk özelliklerinin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu değerlendirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Abıd, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H. and Ayadı, M.A. 2018. Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food chemistry*, 239 1047-1054
- Abonyı, B., Feng, H., Tang, J., Edwards, C., Chew, B., Mattinson, D. and Fellman, J. 2002. Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ system. *Journal of Food Science*, 67 (3): 1051-1056.
- Akdoğan, A. ve Özdemir, F. 2006. Gıdaların işlenmesi sırasında karotenoid bileşiklerde meydana gelen değişiklikler. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, ss. 351-354, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Amid, B.T. and Mirhosseini, H. 2012. Influence of different purification and drying methods on rheological properties and viscoelastic behaviour of durian seed gum. *Carbohydrate Polymers*, 90 (1): 452-461.
- Anonim 1: <http://www.herbstreith-fox.de/en/corporate-group.html>-[Son erişim tarihi : 05.06.2019]
- Anonim 2: <http://www.kimyasanal.com/konugoster.php?yazi=5xajqgpuzr>-[Son erişim tarihi : 05.06.2019]
- Anonim 3: <https://www.turkcebilgi.com/portakal> [Son erişim tarihi : 06.12.2018]
- Arslan, N. 1994. Pektinin fizikokimyasal özellikleri, üretimi ve gıdalarda kullanımı. *Gıda Dergisi*, 19 (3).
- Atalay, D., Türken, T. ve Erge, H.S. 2018. Pektin; kaynakları ve ekstraksiyon yöntemleri. *Gıda Dergisi*, 43 (6): 1002-1018.
- Beristain, C.I., Garcia, H.S. and Vernon-Carter, E.J. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 34(6): 398-401.
- Bernaert, N., Van Droogenbroeck, B., Van Pamel, E. and De Ruyck, H. 2018. Innovative refractance window drying technology to keep nutrient value during processing. *Trends in Food Science & Technology*.
- Brejn Holt, S.M. 2010. Pectin. In: Imeson, A. (Ed.), *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. FMC BioPolymer, UK, pp. 249-252.
- Caner, C. and Aday, M.S. 2009. Maintaining quality of fresh strawberries through various modified atmosphere packaging. *Packaging Technology and Science*, 22: 115-122.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P., Ramos, A. and Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6 (4): 420-428.
- Canteri-Schemin, M.H., Fertonani, H.C.R., Waszczynskyj, N. and Wosiacki, G. 2005. Extraction of pectin from apple pomace. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48 (2): 259-266.

- Caparino, O.A., Tang, J., Nindo, C.I., Sablani, S.S., Powers, J.R. and Fellman, J.K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111 (1): 135-148.
- Caparino, O., Sablani, S., Tang, J., Syamaladevi, R. and Nindo, C. 2013. Water sorption, glass transition, and microstructures of refractance window-and freeze-dried mango (Philippine "Carabao" Var.) powder. *Drying technology*, 31 (16): 1969-1978.
- Carr, R.L. 1965. Evaluating flow properties of solids. *Chem Engineer*, 72: 163-168.
- Cemeroğlu, B., 2013. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 682 s.
- Cemeroğlu, B., 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1. Cilt. Bizim Grup Basımevi: 725, Ders Kitabı, Ankara, 25-34 ss.
- Cemeroğlu, B., 2013. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt. Bizim Grup Basımevi: 636, Ders Kitabı, Ankara.
- Chan, S.Y., Choo, W.S., Young, D.J. And Loh, X.J. 2017. Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydrate Polymers*, 161: 118-139.
- Constenla, D., Ponce, A. and Lozano, J.E. 2002. Effect of pomace drying on apple pectin. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, 35 (3): 216-221.
- Da Silva, J.L. And Rao, M. 2006. 11 Pectins: Structure, Functionality, and Uses. *Food polysaccharides and their applications*, 353.
- De Oliveira, C.F., Giordani, D., Gurak, P.D., Cladera-Olivera, F. and Marczak, L.D.F. 2015. Extraction of pectin from passion fruit peel using moderate electric field and conventional heating extraction methods. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29 201-208.
- Dixon, D. W., 2008, Characterization of Commerical Pectin Preparations bySpectroscopic and Chromatographic Techniques Master Thesis, East TennesseeState University.
- El-Safy, F.S. 2014. Drying characteristics of loquat slices using different dehydration methods by comparative evaluation. *World J Dairy Food Sci*, 9(2): 272-284.
- Eser, M. 2014. Domates tozu üretiminde farklı yöntem ve işlem koşullarının toz ürün özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 119 s.
- Dominiak, M.M., Mikkelsen, J. and Søndergaard, M. 2014. A novel perspective on pectin extraction. *Technical University of Denmark, Department of Chemical and Biochemical Engineering*.
- Dominiak, M., Søndergaard, K.M., Wichmann, J., Vidal-melgosa, S., Willats, W.G.T., Meyer, A.S. Mikkelsen, J.D. (2014a). Application of enzymes for efficient extraction , modification, and development of functional properties of lime pectin. *Food Hydrocoll*, 40: 273-282, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.03.009.

- Doymaz, İ. 2004. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 61 (3): 359-364.
- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M.-E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. And Dumoulin, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75 (1): 27-35.
- Fu, X., Huck, D., Makein, L., Armstrong, B., Willen, U. and Freeman, T. 2012. Effect of particle shape and size on flow properties of lactose powders. *Particuology*, 10 (2): 203-208.
- Fraeye, I., Colle, I., Vandevenne, E., Duvetter, T., Van Buggenhout, S., Moldenaers, P., Van Loey, A. and Hendrickx, M. 2010. Influence of pectin structure on texture of pectin-calcium gels. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11 (2): 401-409.
- Fraeye, I., Duvetter, T., Doungla, E., Van Loey, A. and Hendrickx, M. 2010. Fine-tuning the properties of pectin-calcium gels by control of pectin fine structure, gel composition and environmental conditions. *Trends in Food Science & Technology*, 21 (5): 219-228.
- Grassino, A.N., Brnčić, M., Vikić-Topić, D., Roca, S., Dent, M. And Brnčić, S.R. 2016. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food chemistry*, 198 93-100.
- Guo, X., Zhao, W., Pang, X., Liao, X., Hu, X. And Wu, J. 2014. Emulsion stabilizing properties of pectins extracted by high hydrostatic pressure, high-speed shearing homogenization and traditional thermal methods: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 35 217-225.
- Gürbüz, Ü. ve Tekinşen O. C., 1993. Besin Endüstrisinde Kullanılan Stabilizörler ve Emülgatörler, *Türk Veteriner Hekimler Dergisi*, 5 (2), 39-43.
- Güzel, M. and Akpınar, Ö. 2017. Turunçgil Kabuklarından Elde Edilen Pektinlerin Karakterizasyonu ve Karşılaştırılması. *Akademik Gıda*, 15 (1): 17-28.
- Hayashi, H. 1989. Drying technologies of foods-their history and future. *Drying Technology*, 7 (2): 315-369.
- Hernández-Santos, B., Martínez-Sánchez, C.E., Torruco-Uco, J.G., Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I.I., Vajando-Anaya, E.S., Carmona-García, R. and Herman-Lara, E. 2016. Evaluation of physical and chemical properties of carrots dried by refractance window drying. *Drying Tech*, 10.1080/07373937.2015.1118705.
- Hosseini, S.S., Khodaiyan, F. and Yarmand, M.S. 2016. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 140 59-65.
- Hsu, C.-L., Chen, W., Weng, Y.-M. and Tseng, C.-Y. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food chemistry*, 83 (1): 85-92.
- Huang, X., Li, D. And Wang, L.-J. 2018. Effect of particle size of sugar beet pulp on the extraction and property of pectin. *Journal of Food Engineering*, 218 44-49.

- Huang, X., Li, D. and Wang, L.-J. 2017. Characterization of pectin extracted from sugar beet pulp under different drying conditions. *Journal of Food Engineering*, 211 1-6.
- IFT, 1959. Committee on Pectin Standardization. Final report of the IFT Committee. *Food Technol.* 13: 496 – 500.
- Iijima, M., Hatakeyama, T., Takahashi, M. and Hatakeyama, H. 2001. Thermomechanical analysis of polysaccharide hydrogels in water. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 64 (2): 617.
- Iijima, M., Nakamura, K., Hatakeyama, T. and Hatakeyama, H. 2000. Phase transition of pectin with sorbed water. *Carbohydrate Polymers*, 41 (1): 101-106.
- Jafari, S.-M., Azizi, D., Mirzaei, H. and Dehnad, D. 2016. Comparing quality characteristics of oven-dried and refractance window-dried kiwifruits. *J Food Process Preservation*, 40(3): 362-372.
- Jiang, Y. and Du, J. 2017. Properties of high-methoxyl pectin extracted from “Fuji” apple pomace in China. *Journal of Food Process Engineering*, 40 (3): e12497.
- Jimena Ortiz-Jerez, M., Gulati, T., Datta, A.K. and Isabel Ochoa-Martinez, C. 2015. Quantitative understanding of Refractance Window (TM) drying. *Food and Bioproducts Processing*, 95 237-253.
- Kang, J., Hua, X., Yang, R., Chen, Y., Yang, H. 2015. Characterization of natural low-methoxyl pectin from sunflower head extracted by sodium citrate and purified by ultrafiltration. *Food Chem*, 180 98-105.
- Kar, F., Arslan, N., 1999. Characterization of Orange Peel Pectin and Effect of Sugars, L-ascorbic acid, Ammonium Persulfate, Salts on Viscosity of Orange Peel Pectin Solutions. *Carbohydrate Polymers*, 40, 285-291.
- Kar, F. and Arslan, N. 1999. Effect of temperature and concentration on viscosity of orange peel pectin solutions and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. *Carbohydrate Polymers*, 40 (4): 277-284.
- Kargel, B.C.W. 2000. Effect of Polymeric Phase Transitionson The Controlled Release and Oxidative Stability of Flavour Model Systems Encapsulated in Traditional Carbonhydrate Carries. (PhD Thesis), Faculty of the Graduate Shcool of the University of Minnesota.
- Kaspar, K.L., Park, J.S., Mathison, B.D., Brown, C.R., Massimino, S. and Chew, B.P. 2012. Processing of pigmented-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.) on the retention of bioactive compounds. *Int J Food Sci Tech*, 47(2): 376-382.
- Kayran, S. 2009. Değişik kıvam verici maddelerin meyveli içeceklerin viskoziteleri üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 101 s
- Kastner, H., Kern, K., Wilde, R., Berthold, A., Einhorn-Stoll, U. and Drusch, S. 2014. Structure formation in sugar containing pectin gels–Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin. *Food Chemistry*, 144: 44-49.

- Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., Decker, E.A. and McClements, D.J. 2006. Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Research International*, 39 (4): 449-457.
- Koç, B., Eren, İ. and Kaymak Ertekin, F. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85 (3): 340-349.
- Koç, M. ve Kaymak Ertekin, F. 2016. Şeker içeriği yüksek gıdaların püskürtülerek kurutulması: ürün kazanımı ve toz ürün özelliklerinin geliştirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (5): 336-344.
- Kratchanova, M., Pavlova, E. and Panchev, I. 2004. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate Polymers*, 56 (2): 181-185
- Kaushik, V. and Roos, Y.H. 2007. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (8): 1381-1391.
- Kuck, L.S. and Noreña, C.P.Z. 2016. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food chemistry*, 194 569-576.
- Lee, S.C.-K. 1984. Modification of sunflower pectins with ammonium hydroxide. Masters thesis. MS, Food Science, University of Saskatchewan, Saskatoon. 141 s.
- Liu, L., Cao, J., Huang, J., Cai, Y. And Yao, J. 2010. Extraction of pectins with different degrees of esterification from mulberry branch bark. *Bioresource technology*, 101 (9): 3268-3273.
- Lv, C., Wang, Y., Wang, L.-J., Li, D. and Adhikari, B. 2013. Optimization of production yield and functional properties of pectin extracted from sugar beet pulp. *Carbohydrate Polymers*, 95 (1): 233-240.
- Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Assadpoor, E. and Dehnad, D. 2016. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85 379-385.
- Marić, M., Grassino, A.N., Zhu, Z., Barba, F.J., Brnčić, M. And Brnčić, S.R. 2018. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*.
- Marshall, W.R. 1954. Atomization and spray drying. American Institute of Chemical Engineers, New York. 122 s.
- May, C.D. 1990. Industrial pectins: sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers*, 12 (1): 79-99.
- Mesbahi, G., Jamalain, J. and Farahnaky, A. 2005. A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in food systems. *Food Hydrocolloids*, 19 (4): 731-738.

- Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G.P. and Figiel, A. 2016. Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food chemistry*, 207 223-232.
- Min, B., Lim, J., Ko, S., Lee, K.-G., Lee, S.H. and Lee, S. 2011. Environmentally friendly preparation of pectins from agricultural byproducts and their structural/rheological characterization. *Bioresource Technology*, 102 (4): 3855-3860.
- Mirhosseini, H. and Amid, B.T. 2013. Effect of different drying techniques on flowability characteristics and chemical properties of natural carbohydrate-protein Gum from durian fruit seed. *Chemistry Central Journal*, 7 (1): 1.
- Miyamoto, A. and Chang, K. 1992. Extraction and physicochemical characterization of pectin from sunflower head residues. *Journal of Food Science*, 57 (6): 1439-1443.
- Monsoor, M.A. 2005. Effect of drying methods on the functional properties of soy hull pectin. *Carbohydrate Polymers*, 61 (3): 362-367.
- Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M. and Feng, H. 2018. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food chemistry*, 262 242-250.
- Nep, E.I. and Conway, B.R. 2011. Physicochemical characterization of grewia polysaccharide gum: Effect of drying method. *Carbohydrate Polymers*, 84 (1): 446-453
- Nindo, C. And Tang, J. 2007. Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. *Drying Technology*, 25 (1): 37-48.
- Nindo, C., Feng, H., Shen, G., Tang, J. and Kang, D. 2003. Energy utilization and microbial reduction in a new film drying system. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27 (2): 117-136.
- Nindo, C.I., Sun, T., Wang, S.W., Tang, J. and Powers, J.R. 2003b. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Sci Tech*, 36(5): 507-516.
- Ochoa-Martinez, C.I., Quintero, P.T., Ayala, A.A. and Ortiz, M.J. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window (TM) technique. *J Food Eng*, 109 (1): 69-75.
- Oliveira, T.Í.S., Rosa, M.F., Cavalcante, F.L., Pereira, P.H.F., Moates, G.K., Wellner, N., Mazzetto, S.E., Waldron, K.W. and Azeredo, H.M. 2016. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food chemistry*, 198 113-118.
- Özcan, T. And Yıldız, E. 2016. Determination of Textural and Sensory Properties of Yogurt Produced with The Vegetable Puree. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (7): 579-587.
- Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z.E. and Hosseini, S.S. 2017. Optimization of aqueous pectin extraction from Citrus medica peel. *Carbohydrate Polymers*, 178 27-33.

- Pavan, M.A., Schmidt, S.J. and Feng, H. 2012. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried acai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT-Food Sci Tech*, 48(1): 75-81.
- Phatak, L., Chang, K. And Brown, G. 1988. Isolation and Characterization Of Pectin In Sugar-Beet Pulp. *Journal Of Food Science*, 53 (3): 830-833.
- Pellicer, J.A., Fortea, M.I., Trabal, J., Rodríguez-López, M.I., Carazo-Díaz, C., Gabaldón, J.A. and Núñez-Delicado, E. 2018. Optimization of the microencapsulation of synthetic strawberry flavour with different blends of encapsulating agents using spray drying. *Powder technology*, 338 591-598.
- Pourbafrani, M., Forgács, G., Horváth, I.S., Niklasson, C. and Taherzadeh, M.J. 2010. Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. *Bioresource Technology*, 101 (11): 4246-4250.
- Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydr Polym*, 97: 703– 709.
- Quek, S.Y., Chok, N.K. and Swedlund, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46 (5): 386-392.
- Racape, E., Thibault, J., Reitsma, J. and Pilnik, W. 1989. Properties of amidated pectins. II. Polyelectrolyte behavior and calcium binding of amidated pectins and amidated pectic acids. *Biopolymers: Original Research on Biomolecules*, 28 (8): 1435-1448.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49 (4): 311-319.
- Rocha-Parra, D.F., Lanari, M.C., Zamora, M.C. and Chirife, J. 2016. "Influence of storage conditions on phenolic compounds stability, antioxidant capacity and colour of freeze-dried encapsulated red wine". *LWT - Food Science and Technology*, 70 162-170.
- Rolin, C. (1993) Pectin. In: J. BeMiller and R. Whistler (eds), *Industrial Gums*. Academic Press, New York, pp. 257–293.
- Rostami, H., Dehnad, D., Jafari, S.M. and Tavakoli, H.R. 2018. Evaluation of physical, rheological, microbial, and organoleptic properties of meat powder produced by Refractance Window drying. *Drying technology*, 36 (9): 1076-1085.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E., *Gıda Endüstrisi Makineleri*, Ankara: Savaş Kitabevi, 318-330, (2004)
- Saldamli, İ. 2007. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara. 587 s.
- Shamsara, O., Jafari, S.M. and Muhidinov, Z.K. 2017. Development of double layered emulsion droplets with pectin/ β -lactoglobulin complex for bioactive delivery purposes. *Journal of Molecular Liquids*, 243 144-150.
- Shende, D. and Datta, A.K. 2018. Refractance window drying of fruits and vegetables: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

- Sosulski, F., Lin, M. and Humbert, E. 1978. Gelation characteristics of acid-precipitated pectin from sunflower heads. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 11 (3): 113-116.
- Sundaram, J. and Durance, T.D. 2008. Water sorption and physical properties of locust bean gum-pectin-starch composite gel dried using different drying methods. *Food Hydrocolloids*, 22 (7): 1352-1361.
- Thakur, B.R., Singh, R.K., Handa, A.K. and Rao, M. 1997. Chemistry and uses of pectin—a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 37 (1): 47-73.
- Tepge, portakal, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. Temmuz 2018
- Tektaş-Taşan, N. 2018. Greyfurt kabuğundan mikrodalga destekli pektin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 80 s.
- Tontul, İ. 2017. Kırınım pencere (refractance window) ve mikrodalga destekli sıcak hava kurutma teknikleri ile fonksiyonel bileşenlerce zengin nar pestili üretimi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 138 s
- Torun, M. 2015. Γ -ışınlama ve yenilebilir kaplamanın farklı koşullarda depolanan soyulmuş diş sarımsağın raf ömrü üzerine etkisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 146
- Tontul, İ. ve Topuz, A. 2013. Mixture design approach in wall material selection and evaluation of ultrasonic emulsification in flaxseed oil microencapsulation. *Drying Technology*, 31 (12): 1362-1373.
- Tontul, İ., Ergin, F., Eroğlu, E., Küçükçetin, A. and Topuz, A. 2018. Physical and microbiological properties of yoghurt powder produced by refractance window drying. *International Dairy Journal*, 85 169-176.
- Tontul, İ., Eroğlu, E. and Topuz, A. 2018. Convective And Refractance Window Drying Of Cornelian Cherry Pulp: Effect On Physicochemical properties. *Journal of Food Process Engineering*, 41 (8): e12917.
- Tontul, İ., Eroğlu, E. And Topuz, A. 2019. Kırınım Pencere Kurutma ve Sıcak Hava Akımında Kurutma İşlem Şartlarının Kuşburnu Tozlarının Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda*, 44 (1): 1-9.
- Tontul, İ., Kasimoglu, Z., Asik, S., Atbakan, T. and Topuz, A. 2018c. Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109 1253-1259.
- Tontul, İ. and Topuz, A. 2017. Effects Of Different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT*, 80 294-303.
- Topuz, A., Dincer, C., Özdemir, K.S., Feng, H. and Kushad, M. 2011. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv., Jalapeno). *Food chemistry*, 129 (3): 860-865
- Topuz, A., Feng, H. and Kushad, M. 2009. The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (10): 1667-1673.

- Tunde-Akintunde, T.Y., Afolabib, T.J. and Akintundec, B.O. 2005. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Engineering*, 68(4): 439-442.
- Turakhovhaev, M. and Khodzhaev, M. 1993. Plant pectin substances. Methods of isolating pectin substances. *Chemistry of Natural Compounds*, 29 (5): 558-565.
- Einhorn-Stoll, U., Kunzek, H. and Dongowski, G. 2007. Thermal analysis of chemically and mechanically modified pectins. *Food Hydrocolloids*, 21 (7): 1101-1112.
- Voda, A., Homan, N., Witek, M., Duijster, A., Dalen, G., Sman, R., Nijse, J., Vliet, L., As, H., V. and Duynhoven, J. 2012. The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. *Food Research International*, 49(2): 687-693.
- Voragen, A., Pilnik, W., Thibault, J., Axelos, M. and Renard, C. (1995) Pectins. In: A.M. Stephen (ed), *Food Polysaccharides and Their Applications*. Marcel Dekker, New York, pp. 287-339.
- Walton, D. 2000. The Morphology Of spray-dried particles a qualitative view. *Drying technology*, 18 (9): 1943-1986.
- Wang, D., Hu, Z., Yu, K., Cui, S. and Yu, X. 2009. Drying characteristics of ginger puree with refractance window drying method. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(10): 328-333.
- Wang, J., Law, C.-L., Nema, P. K., Zhao, J.-H., Liu, Z.-L., Deng, L.-Z., Gao, Z.-J. ve Xiao, H.-W. 2018. Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. *Journal of Food Engineering*, 224 (2018), 129-138.
- Wang, Q. and Cui, S.W. 2005. Understanding the physical properties of food polysaccharides. *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*, 162-214.
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X. and Liu, D. 2015. Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food chemistry*, 178 106-114.
- Wang, X., Chen, Q. and Lü, X. 2014. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Food Hydrocolloids*, 38 129-137.
- Wang, Y., Li, D., Wang, L.-J., Li, S.-J. and Adhikari, B. 2010. Effects of drying methods on the functional properties of flaxseed gum powders. *Carbohydrate Polymers*, 81 (1): 128-133.
- Willats, W. G. T., Knox, J. P. ve Mikkelsen, J. D., 2006. Pectin: New Insights Into an Old Polymer are Starting to Gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 97 104.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y. and Tagawa, A. 2007. Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83 (3): 422-429.
- Yağcıoğlu, A., *Tarım Ürünlerinde Kurutma Tekniği*, İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 536s, (1999).

- Yamashita, C., Chung, M.M.S., Dos Santos, C., Mayer, C.R.M., Moraes, I.C.F. and Branco, I.G. 2017. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT*, 84 256-262
- Yang, C. and Atallah, W. 1985. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. *Journal of Food Science*, 50 (5): 1233-1237.
- Yang, J.-S., Mu, T.-H. and Ma, M.-M. 2018. Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. *Food chemistry*, 244 197-205.
- Yıldırım, E., 2013. Pektin nedir, fizikokimyasal özellikleri nelerdir. *İnovatif kimya dergisi*, Sayı 3, 30-35.

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe ATBAKAN

tugceatbakan@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2016-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2012-2016	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makale

1. Tontul, I., Kasimoglu, Z., Asik S., **Atbakan T.** and Topuz, A. (2018). "Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying". *International Journal of Biological Macromolecules*, 109:1253-1259.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. **Atbakan T.**, Aşık S., Kasımoğlu Z. and Topuz A. (2017). Total phenolic content and sensory properties of mixed herbal tea produced from different aromatic plants. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya, Turkey, May 9-12. (Özet Bildiri)
2. Aşık S., **Atbakan T.**, Kasımoğlu Z. and Topuz A. (2017). Optimization of herbal tea formulation. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, Konya, Turkey, May 9-12. (Özet Bildiri)

3. **Atbakan, T., Asık, S. and Topuz, A. (2018).** Physicochemical properties some physicochemical properties of commercial protein isolates. XIIIth International Conference of Food Physicists, Antalya, Turkey, October 23-25. (Özet Bildiri)

Projeler

1. Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Pektinlerin Fizikokimyasal Özellikleri ve Jel Performanslarının Karşılaştırılması BAP Arastırma Projesi, FLY-2018-3710, **Yardımcı Araştırmacı**