



**FARKLI DONDURMA VE ÇÖZÜNDÜRME
TEKNİKLERİNİN ÇİLEKLERİN KALİTE
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve ARISOY

Danışman

Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2023

Bu tez çalışması 21.FENBİL.12 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DONDURMA VE ÇÖZÜNDÜRME TEKNİKLERİNİN
ÇİLEKLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Merve ARISOY

Danışman

Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Merve ARISOY tarafından hazırlanan “Farklı Dondurma ve Çözündürme Tekniklerinin Çileklerin Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21 / 02 / 2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

Başkan : Doç. Dr. Hande DEMİR

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi **İmza**

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi **İmza**

Üye : Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi **İmza**

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... / / tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. İbrahim EROL

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21/02/2023

İmza

Merve ARISOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI DONDURMA VE ÇÖZÜNDÜRME TEKNİKLERİNİN ÇİLEKLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Merve ARISOY

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

Bu çalışmada; Fern ve Camarosa çeşidi çileklere ait meyvelerin IQF (bireysel hızlı dondurma) ve statik dondurma yöntemleri kullanılarak dondurulması ve üretilen donmuş çilek meyvelerinin farklı çözündürme teknikleri ile çözündürülmeleri sonucu oluşan kalite değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla her iki çeşide ait meyveler IQF ve statik dondurma yöntemleriyle dondurulmuştur. Daha sonra kalite değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla altı farklı yöntemle çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çözündürme yöntemleri; oda koşullarında çözündürme, buzdolabı koşullarında çözündürme ve üç farklı voltaj değerinde çalıştırılan (40V, 50V, 60V) ohmik sistem ile çözündürmedir. Elde edilen bulgulara göre, donma öncesi örneklerin mikrobiyolojik açıdan gıda mevzuatında belirlenen değerin altında yüke sahip oldukları tespit edilmiştir. En kısa çözünme süresi 60V ohmik uygulaması ile statik dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için 321 saniye olarak kaydedilmiştir. En uzun çözünme süresine sahip yöntem ise buzdolabı koşullarında çözündürme işlemi için ölçülmüş ve IQF tekniği ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için 27723 saniye olarak bulunmuştur. Çözündürme sonrası L^* , a^* , b^* değerlerinin değişimleri incelendiğinde bazı örnekler için statik dondurma ve oda sıcaklığında çözündürme işlemlerinin renk değerlerine etkili olabileceği tespit edilmiştir. Çözündürme sonucu en fazla ağırlık kaybı %19.16 ile statik olarak dondurulmuş Fern çeşidi çilek için oda koşullarında çözündürme işleminde ölçülmüştür.

özündürölmüş çileklerin yüksek antioksidan özelliğe sahip oldukları belirlenmiştir. Fern eşidi ilekler; tat ve aroma bakımından Camarosa çeşidine göre daha baskın tat ve aromaya sahip olmalarından dolayı duyuşal analizlerde daha yüksek skorlar almıştır. 60V ohmik ve buzdolabı koşullarında çözündürme işlemeine tabi tutulmuş örnekler duyuşal analizlerde genellikle daha yüksek skorlar alırken, en düşük skorlar oda koşullarında özündürölmüş örneklerde ölçölmüştür.

2023, viii + 70 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dondurma, özündürme, kalite, meyve, ilek

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**EFFECTS OF DIFFERENT FREEZING AND THAWING TECHNIQUES ON
QUALITY CHARACTERISTICS OF STRAWBERRIES**

Merve ARISOY

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK

In this study, it was aimed to freeze the Fern and Camarosa variety of strawberry fruits by IQF and statically freezing and to investigate the quality changes of fruits as a result of thawing with different thawing techniques. For this purpose, fruits were first frozen using IQF and static freezing methods. Then, in order to determine the quality changes, thawing process was carried out with six different methods. These thawing methods were; thawing at room conditions, thawing under refrigerator conditions and thawing with ohmic system operated at three different voltages (40V, 50V, 60V). According to the findings, it was determined that the samples before freezing had a microbiological load below the value determined in the food legislation. The shortest thawing time was recorded as 321 seconds for static frozen Camarosa strawberries with 60V ohmic application. The method with the longest thawing time was measured for thawing in refrigerator conditions and it was found to be 27723 seconds for Fern strawberries frozen with IQF technique. When the changes in L*, a*, b* values were examined after thawing, it was determined that static freezing and thawing at room temperature could affect the color values for some samples. The highest weight loss as a result of thawing was measured with 19.16% for statically frozen Fern variety in thawing at room conditions. It has been determined that thawed strawberries have high antioxidant properties. In terms of taste and aroma, Fern strawberries received higher scores in sensory analyzes because they have more dominant taste and aroma than Camarosa variety. Samples that were thawed at 60V ohmic and

refrigerator conditions generally received higher scores in sensory analysis, while the lowest scores were measured in samples thawed at room conditions.

2023, viii + 70 pages

Keywords: Freezing, thawing, quality, fruit, strawberry



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK' a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 21.FENBİL.12 kodlu proje ile desteklenmiştir. Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Merve ARISOY
Afyonkarahisar 2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Meyve ve Sebze.....	3
2.2 Dünyada Dondurulmuş Gıda Tarihçesi	4
2.3 Türkiye’ de Dondurulmuş Gıda Tarihçesi	4
2.4 Dondurma İşlemi	6
2.5 Dondurma Yöntemleri	8
2.5.1 Daldırarak Dondurma:.....	8
2.5.2 İndiretk Kontakt Motodu ile Dondurma:.....	9
2.5.3 Kriyojenik Sıvılarla Dondurma:	9
2.5.4 Soğuk Hava ile Dondurma:	9
2.5.5 IQF	10
2.6 Çözündürme	10
2.6.1 Yüksek Basınç ile Çözündürme.....	11
2.6.2 Mikrodalga ile Çözündürme	12
2.6.3 Radyo Frekansı ile Çözündürme.....	12
2.6.4 Ohmik Çözündürme	12
2.7 Çilek.....	14
2.8 Çilek Çeşitleri.....	16
2.8.1 Camarosa	16
2.8.2 Fern.....	16
2.8.3 Selva	16
2.8.4 Sweet Charlie	17
2.8.5 Aliso	17

2.9 Dondurulmuş Meyve Sebze Üretimi	17
2.10 Dondurulmuş ve Çözündürülmüş Gıdaların Kalitesi	20
2.10.1 Hacim Genişlemesi	20
2.10.2 Tat ve Aroma Değişimi	21
2.10.3 Renk Değişimi	21
2.10.4 Tekstürel Değişim	22
2.10.5 Enzimatik Esmerleşme	22
2.10.6 Antioksidan Aktivite	23
2.10.7 Çözündürme Yöntemlerinin Gıda Kalitesine Olan Etkisi	24
2.11 Dondurulmuş Gıdaların Çözündürülmesi ile İlgili Literatür Çalışmaları.....	25
3. MATERİYAL ve METOT	29
3.1 Çileklerin Temini ve Dondurulması	29
3.1.1 Dondurulmuş Örneklerin Çözündürülmesi	30
3.1.1.1 Oda Sıcaklığında (25 °C) Çözündürme	31
3.1.1.2 +4 °C Buzdolabında Çözündürme	31
3.1.1.3 Ohmik Çözündürme	31
3.2 Analizler.....	32
3.2.1 Briks Analizi	32
3.2.2 Sertlik Analizi	33
3.2.3 Renk Analizi	33
3.2.4 Ağırlık Kaybı	33
3.2.5 Antioksidan Aktivite Analizi	34
3.2.6 Mikrobiyolojik Analizler	34
3.2.7 Duyusal Analizler	34
3.2.8 İstatistiksel Analizler	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	36
4.1 Donma Öncesi Çileklerin Temel Kalite Kriterleri	36
4.3 Renk Analizi.....	43
4.3.1 L* (parlaklık) Değeri Değişimleri.....	43
4.3.2 a*(kırmızılık) Değeri Değişimi.....	45
4.3.3 b* (+ sarılık, - mavilik) Değeri Değişimi	47
4.4 Sertlik Analizi	48
4.5 Brix Değişimi	49
4.6 Ağırlık Kaybı.....	50
4.7 Antioksidan Aktivite Değerleri	52

4.8 Yüzey Doku Görüntüleri.....	54
4.9 Duyusal Değerlendirme	56
5. SONUÇ	60
6. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	69



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızılık Yeşillik
b*	Sarılık-Mavilik
C*	Renk (Chroma) değeri
h	Renk canlılığı
L*	Rengin parlaklığı
N	Newton
Na	Sodyum
V	Hacim
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
°Bx	Derece Brix

Kısaltmalar

Cm	Santimetre
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GHz	Gigahertz
Kg	Kilogram
KHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
M.S.	Milattan sonra
Mpa	Megapaskal
Sa	Saat
Yy	Yüzyıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Ohmik ısıtma sistemi.....	14
Şekil 2.2 IQF yöntemi ile dondurma prosesi.....	20
Şekil 3.1 IQF Yöntemi ile Dondurma Prosesi.....	29
Şekil 3.2 Statik Olarak Dondurma Prosesi.....	30
Şekil 4.1 Statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri.	38
Şekil 4.2 IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri.	39
Şekil 4.3 Statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri.	39
Şekil 4.4 IQF yöntemi ile dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri.	40
Şekil 4.5 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için 4 °C’de çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri (S:statik dondurma; I:İQF dondurma).	41
Şekil 4.6 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için 24 °C’de çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri (S:statik dondurma; I:İQF dondurma).	41
Şekil 4.7 Statik ve IQF dondurma yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen L* değerleri.	44
Şekil 4.8 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen L* değerleri.	45
Şekil 4.9 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen a* değerleri.	45
Şekil 4.10 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen a* değerleri.....	46
Şekil 4.11 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen b* değerleri.....	47
Şekil 4.12 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen b* değerleri.	48
Şekil 4.13 Fern çeşidi çilekler için 25°C de çözündürme yöntemi öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri (A: statik dondurma, B: statik dondurulan örneğin çözünmüş hali; C: IQF dondurma, D: IQF dondurulan örneğin çözünmüş hali).	55
Şekil 4.14 Kamaroza çeşidi çilekler için 25°C de çözündürme yöntemi öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri (A: IQF dondurma, B: IQF dondurulan örneğin çözünmüş hali; C: statik dondurma, D: statik dondurulan örneğin çözünmüş hali).	55
Şekil 4.15 Statik dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çileklere ait duyu analiz bulguları.	56

Şekil 4.16 İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.	57
Şekil 4.17 Statik dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.	58
Şekil 4.18 İQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.	58



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Türkiye’de dondurulmuş meyve ve sebze ihracatı yapılan ürünler.	5
Çizelge 4.1 Mikrobiyolojik Analiz Sonucu	36
Çizelge 4.2 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için çözünme süreleri (saniye).....	43
Çizelge 4.3 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen sertlik değerleri (Newton).....	48
Çizelge 4.4 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen briks değerleri ($^{\circ}Bx$).	50
Çizelge 4.5 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen briks değerleri (Bx°).	50
Çizelge 4.6 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ölçülen (%) ağırlık kaybı değerleri.	51
Çizelge 4.7 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ölçülen (%) ağırlık kaybı değerleri.	52
Çizelge 4.8 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonrası antioksidan aktiviteleri (% inhibisyon).....	53

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Çilek çeşitleri.....	17
Resim 3.1 Ohmik Çözündürme Cihazı.	32



1. GİRİŞ

İnsanlar gıdaları uzun süreli muhafaza etmek için birçok yöntem geliştirmiştir. Gıdalara yaygın olarak uygulanan muhafaza yöntemlerinden kurutma, tuz ve şeker konsantrasyonlarını arttırarak muhafaza, konserve yapımı, dondurma tekniği gibi birçok uygulama arasında en az kalite kaybı oluşması açısından dondurarak muhafaza yönteminin ayrı bir yeri vardır. Diğer muhafaza yöntemlerinde meydana gelen kayıplar, özellikle de vitamin kayıpları oldukça fazladır. Dondurarak muhafaza etme yönteminde ise bu tür kayıplar yaklaşık %1-3 gibi minimum düzeyde olabilmektedir (Karabağlı ve AlpKent 1998).

Gıda sektörünün ana görevi tarımsal ve hayvansal hammaddeyi işleyerek yüksek kalitede, sağlıklı gıda ve içecek ürünleri haline getirmektir. Bu süreç içinde en önemli bölüm ise üretim kısmıdır. Gıda maddelerinin; üretilmesinden tüketilmesine kadar geçen süre boyunca değişik aşamalarda belirli süre içinde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Düşük sıcaklık uygulaması olarak bilinen muhafaza yöntemi 'Dondurarak muhafaza' gıda sanayisinin bütün alanlarında kullanılan muhafaza yöntemlerinden biridir (Bozkır vd. 2014).

Gıda maddeleri dondurma yöntemi ile işlendiği zaman raf ömrü uzar, her mevsim tüketilme imkanı olur ve kolay hazırlanabilen ürünlere dönüşmektedir. Dondurulmuş gıdaların diğer saklama yöntemlerine göre bazı avantajları vardır. Örneğin; Katkı maddesi içermezler ve uygun ortamlarda uzun süre muhafaza edilebilirler. Çoğu meyve ve sebzeler yıkanmış, ayıklanmış ve tüketime hazır halde bulundukları için yaşamı kolaylaştıran gıda maddeleridir.

Dondurulmuş gıda sektörü; dondurulmaya uygun hammadde temini, bu hammaddenin uygun şartlarda fabrika ya da tesislere ulaşması, tesislerde gerekli ön işlemlerden geçirilmesi (yıkama, seçme, boyutlama vb.), dondurulması ve doğru şekilde

paketlenmesi, uygun şekilde depolanması, dağıtımının sağlanması gibi aşamaları kapsayan sanayi koludur.

Sebze ve meyveler, bünyesinde yüksek su içermelerinden dolayı (%85-90) hızlı bir şekilde bozulmaya başlamaktadır. Bu bozulmalara sebep olan biyokimyasal reaksiyonlar ve mikrobiyolojik aktiviteler sahip oldukları yüksek su aktivitesinden dolayı gerçekleşmektedir. Bunun önüne geçerek hızlı bir şekilde işlemeye alınması için dondurulmuş gıda üreten tesisler genel olarak sebze ve meyve üretiminin yapıldığı bölgelere kurulmaktadır. Sebze ve meyveler tesislere hemen ulaştırılmalı ve işlendikten sonra hızlı bir şekilde dondurularak tüketime hazır hale getirilmektedir.

Bu çalışmada; gıda sektöründe dondurulmuş çilek üretiminde kullanılan Fern ve Camarosa çeşidi olarak iki farklı çilek meyvelerin İQF (bireysel hızlı dondurma) ve statik dondurma yöntemleri kullanılarak dondurulması ve üretilen donmuş çilek meyvelerinin farklı çözündürme teknikleri ile çözümleri sonucu oluşan fiziksel kimyasal ve mikrobiyolojik kalite değişimlerinin incelenmesini amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Meyve ve Sebze

Türkiye, iklim ve toprak koşulları açısından tarıma elverişli bir pozisyonundadır. Dünyada ve ülkemizde tarıma elverişli alanların sınırlı olması sebebiyle, hızlı bir şekilde artmakta olan dünya nüfusu sağlıklı, yeterli ve dengeli beslenme sorunlarıyla karşı karşıyadır. Bu sorunun çözülmesi için ise meyve ve sebze üretiminin artırılması ve tüketiminin yaygınlaştırılması gerekmektedir (Akbay vd. 2005).

Meyve ve sebze tüketiminde sağlıklı, dengeli ve yeterli beslenme açısından birçok ülke kişi başına düşen meyve ve sebze tüketiminin artırılması adına birçok kampanya düzenlemiştir. Dünya üzerinde yapılmış kampanya ve çalışmaların sonucuna bakıldığında ise önemli pozitif etkiler yaratmışlardır. Örneğin, çiftçiler tarafından yapılmış olan kampanyalar sonucunda ABD’de brokoli üretimi 1992 - 1998 yıllarında yaklaşık değer olarak %16 artmıştır (Akbay 2000).

Meyve ve sebze üretimi, tarımsal alanda çok önemli bir yere sahiptir. 2000 yılında 26.4 milyon hektar tarım arazilerinin, 1.4 milyon hektarlık kısmı meyve üretimi için 793 bin hektarı ise sebze üretimine bırakılmıştır (Anonim 2000).

Meyveler % 3-18 karbonhidrat, % 0,1-0,3 yağ, % 80-85 su, % 0,3-0,8 mineral maddeler ve % 0,2-1 azotlu maddeler içermektedirler. Sebzelerde ise % 3-7 karbonhidrat, % 1-2 mineral madde, % 90-95 su, % 1’den az miktarda yağ ve % 1-3 azotlu maddeler içermektedir. Meyve ve sebze grupları insanların beslenmesinde bazı vitaminlerin ve mineral maddelerin alınmasında kullanılan bir kaynaktır (Cemeroğlu vd. 2009).

Dondurulmuş gıda sanayisi, meyve ve sebzelerin üretimden tüketime kadar geçen süreç boyunca, geçtiği farklı aşamalar, gördüğü işlemler ve depolama süreci sonunda tüketiciye en az kalite kaybı ile gıda maddelerinin ulaştırılmasını sağlamaktadır (Tülek vd. 1999).

2.2 Dünyada Dondurulmuş Gıda Tarihçesi

1920’li yıllarda dondurulmuş gıda sektörünün öncüsü ABD’de doğa bilimleri uzmanı olan Clarence Birdseye’dir. Taze balıkların kutup sıcaklıklarında kısa sürede dondurulup belirli bir zaman aralığından sonra çözündürülüp pişirildiği zaman dondurulmadan önceki tadını koruduğunu keşfetmiştir. 1930’lu yıllarda Birdseye’ Massachusetts’te dondurulmuş gıda üretim hattı kurmuş ve 26 çeşit dondurulmuş ürünün satmaya başlamıştır. General Foods, dondurulmuş gıda hattının patentini Birdseye’den satın almıştır. 1940’lı yıllarda ise pizza ve parmak patates üretimine geçilmiştir. 1960’lı yıllarda ise mikrodalgalar kullanılmaya başlamış ve Mc Donald’s’ta dondurulmuş ürünlere de yer verilmeye başlamıştır. 1980’li yıllarda dondurulmuş sebze ve meyvelerin besin değerlerinin taze ürünler ile aynı hatta üstün oldukları kanıtlanmıştır. 2000’li yıllar ve sonrasında ise dondurulmuş gıdaların her türünde daha iyiye gittiği görülmüştür ( nt.Kyn.1).

2.3 Türkiye’ de Dondurulmuş Gıda Tarihçesi

Türkiye’de 1970’li yıllarda gelişmeye başlayan dondurulmuş gıda pazarı, gıda sanayi içinde hızla büyümekte olan bir sektördür. Ülkemizde ilk meyve ve sebze işleme tesisi 1973 yılında Kayseri’de kurulmuştur. 80’li yıllara kadar ise meyve ve sebzeler diğer amaçlar için işlenmiştir (Erol 2006).

Kaliteli bir donmuş gıda üretmek için en önemli faktör hammaddedir ve ülkemizde sebze-meyve üretimi için tarımsal kaynaklar bakımından yeterli zenginliğe sahiptir. Sektörde işlenmeye uygun hammadde çeşitliliğinin sağlanması amacıyla ise sözleşmeli üretim yöntemine de başvurulmaktadır. Sözleşmeli tarım daha çok Marmara bölgesinde  ilek, ahududu, böğürtlen, brokoli, kırmızı biber gibi ürünlerde uygulanmaktadır. Dondurulmuş gıdanın uzun süre depolanabilmesi, kolay işlenebilir olması ve böylelikle mevsim kısıtlamalarının ortadan kalkması, pratik olması, besin değerlerinin oldukça iyi korunması dondurulmuş ürünlerin önemini arttıran özelliklerdendir. Sebze - meyveler için hasat zamanında olan tazeliğini ve doğallığını korumak için dondurulmuş sebze ve meyve üretiminde kullanılacak olan hammaddelerin mevsiminde üretilmiş olması tat ve

koku açısından doğallığını korumak ve belirli bir standardı yakalaması gerekmektedir (İnt.Kyn.4).

Tesislerde meyve ve sebzeler hava ile hızlı dondurma “sharp freezing” metodu ile ya da bireysel hızlı dondurma yöntemi ile işlenmektedir. Özellikle son yıllarda ön plana çıkmış ve en gelişmiş dondurma yöntemlerinden biri olarak bilinen IQF metodu kullanılmaktadır.

Sektördeki işletmelerin büyük bir kısmı dondurulmuş meyve ve sebze üretiminin yanı sıra dondurulmuş unlu mamuller ve dondurulmuş su ürünleri grubunda da faaliyet göstermektedir. Sadece meyve ve sebze işlemek üzere kurulan tesislerde kapasite kullanım oranı % 70-80 düzeyine çıkmaktadır. Türkiye’de dondurulmuş meyve ve sebze ihracatı ile ilgili veriler Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Dondurulmuş meyve ve sebze sanayisinde işlenen başlıca ürünler; mantar, mısır, patates, kırmızı ve yeşil biber, pırasa, domates, bezelye, fasulye, meyvelerden ise; vişne, kiraz, çilek, erik, kayısıdır.

Çizelge 2.1 Türkiye’de dondurulmuş meyve ve sebze ihracatı yapılan ürünler.

Lahana	Pırasa	Kiraz
Soğan	Biber	Vişne
Patates	Domates	Çilek
Bezelye	Mantar	Kayısı
Fasulye	Enginar	Şeftali
Mısır	Kuşkonmaz	Üzüm
Zeytin	Havuç	Böğürtlen

Çizelge 2.2 Türkiye'nin meyve ve sebze ihracatı (Aydın 2010).

Ürün	2007 Miktar (Ton)	2008 Miktar(Ton)	2009 Miktar (Ton)
Patates	12.411	1.085	1.328
Bezelye	599	854	374
Mısır	16	85	70
Zeytin	17	200	158
Fasulye	155	292	173
Soğan	21.153	2.908	2.814
Lahana	25	9	35
Tatlı Biber	38.797	34.259	31.405
Mantar	423	1.191	1.572
Domates	8.459	5.829	5.634
Enginar	1	1	5
Kuşkonmaz	0	0	4
Havuç	24	46	58
Pırasa	4.346	1.653	1.886
Diğer Sebzeler	1.558	2.942	1.800
Çilekler	9.337	5.510	6.002
Vişne	1.302	1.089	1.267
Kiraz	4.522	3.863	3.455
Kayısı	1.807	1.659	1.615
Şeftali	88	30	69
Üzüm	33	104	77

2.4 Dondurma İşlemi

Dondurma İşlemi: Gıda maddelerinin yapısındaki ısı enerjisini soğutucuya aktararak gıda maddesinden uzaklaştırılması ile suyun faz değiştirerek sıvı halinden buz haline geçmesi olarak tanımlanmaktadır.

Dondurma işlemi gıdalardaki bulunan su içeriklerinin düşürülmesi ve sıcaklığın 0 °C'nin altına indirilmesiyle kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların, dokulardaki bozulmaların daha aza indirgenmesini sağlamaktadır. Böylelikle sebze ve meyvelerin uzun süre muhafaza işleminde kullanılan en iyi uygulamalardan birisidir (Kiani ve Sun 2011).

Dondurma işleminde uygulanan sıcaklık derecesi çok önemlidir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklı hücreleri sitoplazma, çekirdek ve hücre zarı oluşturduğu için hücre özsuyunun

dışarı çıkmasına izin vermeden ve hücre zarı çatlatılmadan, hücre yapısı bozulmadan olabildiğince hızlı bir şekilde dondurma işleminin yapılmış olması gerekmektedir. Böylelikle karbonhidrat, protein, yağ ve aromatik maddelerde kayıp olmadan muhafaza edilebilmektedir (Çetin vd. 2003). Böylelikle dondurma işlemi gıda maddelerinin kalite, koku, tat ve besin değerlerinin çok iyi korunduğu bir saklama yöntemi olarak da bilinmektedir.

Sebze ve meyvelerin hızlı bir şekilde bozulmalarının nedeni %80-98 oranında su içermeleridir. Mikroorganizmalar sebze ve meyvelerde faydalanılabilir nitelikte bulunan suyu bulabilmektedirler. Suyun sıvı fazda bulunması mikroorganizmalar için kullanılabilir durumda olması demektir ve bu yüzden su sıvı faz yerine donmuş şekilde bulunmalıdır ve donmuş sudan mikroorganizmalar yararlanamamaktadır. Soğuk zincirin etkisi ise, belirli bir sıcaklığın altında mikroorganizma faaliyetlerinin tamamen durmasına dayanmaktadır.

Taze meyve ve sebzelerde *Salmonella*, *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* gibi patojen mikroorganizmalar bulunmaktadır ve bunlar sağlık bakımından büyük tehdit oluşturmaktadır (Görgüç vd. 2019).

Psikrofilik mikroorganizmaların ve gıda zehirlenmesine neden olan mikroorganizmaların -10 °C 'nin altında faaliyetleri kesinlikle durdurulmaktadır. Dondurularak muhafaza yönteminde mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesi için uygulanabilecek en iyi sıcaklık derecesi -10 °C'dir. Dondurulmuş gıdalar için soğuk zincir önemli bir yere sahiptir. Gıdalar -40 °C'de dondurulduktan sonra tüketime kadar olan süreçte -18 °C'ye (ki bu sıcaklık ürün çeşitlerine göre değişiklik göstermektedir) indirilmiş ortamlarda depolanmadır ve ardından taşıma işlemi de aynı şartlar altında yapılmalıdır. Bu zincir halkalarından herhangi birinin kopması ürünün niteliğini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Dondurma işlemi ile gıda maddelerini içerdikleri su, buz kristallerine dönüşerek gıdaların bozulmasına neden olan mikroorganizmaların yaşamasını engellemekte, kimyasal değişimleri en az düzeye indirerek gıda maddelerinin en doğal hali ile korunmasını sağlamaktadır (Çurkan vd. 2012).

Dondurulmuş sebze ve meyvelerde kalite açısından daha iyi ürün elde etmek ya da depolama sırasında oluşabilecek olumsuzlukları engellemek için bazı ön işlemler uygulanabilmektedir. Bunlar; yenilebilir film ile kaplamak, haşlama, çözeltiye daldırma gibi bazı işlemlerden en önemlisi şeker çözeltisine daldırma işlemidir. Ürünün şeker çözeltisine daldırılmasıyla meyve ve oksijen arasındaki temasın kısıtlanması böylelikle kalite açısından önemli bir yere sahip olan renk ve görüntünün korunmasını sağlamak aynı zamanda ürüne katı kazanımı yaparak tat ve dokusuna katkı sağlamaktadır. Başka bir ön işlemler organik asitli çözeltiye daldırma işlemidir. Bu işlemdeki amaç ise ortamdaki pH seviyesini düşürerek ürünün okside olmasını ve renkte oluşan kararmayı engellemektir. Abd-Elhady (2014) yaptığı bir çalışmada, dondurma işlemi ile renk ve dokusunda kayıplar olan çilek örneklerini sitrik asit çözeltisine daldırarak antosiyanin ve askorbik asit miktarındaki kayıpların en aza indirildiğini gözlemlemiştir (Koç vd. 2018).

2.5 Dondurma Yöntemleri

2.5.1 Daldırarak Dondurma:

Daldırarak dondurma yönteminde dondurulacak olan ürün, ambalajlanmamış ya da ambalajlanmış olarak sıcaklık derecesi düşürülerek soğutulmuş olan bir sıvıya daldırılarak veya soğutulmuş olan sıvının dondurulacak olan ürün üzerine püskürtülmesi ile yapılmaktadır.

Dondurulacak olan ürünün ambalajlı olması halinde soğutulan ile soğutucu arasında bir engel olduğundan dolayı bu tip yöntemlerde bazı araştırmacılar indirekt kontakt metodu olarak kabul etmektedirler.

2.5.2 İndiretk Kontakt Motodu ile Dondurma:

Dondurulacak olan ürünlerin soğutucu yüzey ile birebir temas ederek dondurulmaları sağlanmaktadır. Plakalı dondurucular olarak da bilinen bu yöntem, sürekli ve kesikli olarak uygulanabildiği gibi plakaların yeri değiştiği yöne göre dikey plakalı ve yatay plakalı olarak da isimlendirilebilmektedir.

2.5.3 Kriyojenik Sıvılarla Dondurma:

Bu yöntemde kaynama noktası düşük olan sıvılaştırılmış gaz kriyojenik sıvı olarak adlandırılmaktadır. Dondurulacak olan gıdalar üzerinde en çok kullanılan sıvılar; sıvı karbondioksit ve sıvı azottur. Bazı üzüksü meyveler, çilek, mantar ve dilimlenmiş domates gibi gıdalarda kalite açısından kusursuz ve etkin bir dondurma işlemi sağlanmaktadır.

Bu yöntem esas olarak yukarda bahsedilen duyarlı ürünler için geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra az yer kaplaması, basit ve ucuz olması gibi bazı avantajları da bulunmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.5.4 Soğuk Hava ile Dondurma:

Bu yöntem hava dolaşımı donduruculardır ve ısı transferi kompresördeki buharlaştırıcı ile dondurulacak olan gıda arasında havayı dolaştırarak sağlamaktadır.

Sebze ve meyveler tepsilerde blok şeklinde dondurulabildiği gibi IQF olarak da bilinen akışkan yatak dondurucularda bireysel olarak da dondurulabilmektedir. Hangi dondurma yöntemi kullanılırsa kullanılsın ürünlerin korunması açısından donduruldukları andan itibaren tüketiciye ulaşana kadar geçen süre boyunca sıcaklığın sabit kalması ürün ve tüketici sağlığı açısından önem arz etmektedir.

2.5.5 IQF

Bireysel hızlı dondurma (IQF) gerekli ön işlemlerden geçen sebze ya da meyvelerin düşük sıcaklıklarda (-10 ile -30) hava püskürtmeli akışkan yataklı dondurucularda dondurulması işlemidir. Diğer dondurma işlemlerine kıyasla kısa sürede dondurma işlemi gerçekleşmektedir. Dondurma işlemi, hava güçlü fanlar ile dondurulacak olan meyve ya da sebzeler ile evaporatörler arasında sürekli hareket ederek kısa süre içerisinde dondurulmasını sağlamaktadır (Kamiloğlu 2019).

Bu tip dondurucularda dondurulacak olan sebze ya da meyveler taneler halinde her bir parçası ayrı ayrı donmaktadır. Dondurulacak olan ürünlerin blok halinde değil de taneler halinde dondurulması için ürünlerin küçük parça ve taneler halinde bulunması gerekmektedir. (Şengül 2014).

IQF ile dondurma işlemi yapılan meyve ve sebzeler tane tane donarken, geleneksel dondurma yöntemi ile dondurulan meyve ve sebzeler bloklar halinde donmaktadır. Geleneksel yöntemle dondurulmuş ürünlerin bloklaşarak hasattan sonra oluşan şekil bozukluklarına göre daha çok olduğu görülmüştür. IQF ile dondurulmuş meyve ya da sebzelerin paketi açıldığı zaman tüketici bu ürünün hepsini bir kerede tüketmek zorunda da kalmamaktadır. (Çaylı 2015).

2.6 Çözündürme

Dondurulmuş olan gıdaların işlenmeye ve tüketilmeye uygun hale gelmesi için öncelikle çözündürülmesi gerekmektedir. Çözündürme işlemi, dondurma işleminin tam tersi bir süreçtir ve ürünlerin dondurulma sırasında ne kadar hasar gördüğü önemlidir. Dondurma işleminin yavaş olması durumu dondurulacak olan ürünün içerisinde buz kristallerinin oluşmasına neden olarak ürünün yapısına zarar vermektedir (Altın 2017).

Bu sebeple çözündürme işlemi çözündürülecek olan gıdanın mikrobiyal kalitesinin ve yapısının korunması gibi faktörlerde önemli bir basamaktır. Geleneksel çözündürme yöntemlerinden (+4) buzdolabında çözündürme işlemi ile dondurulmuş gıdanın yüzeyinden içe doğru çözünme işlemi gerçekleşmektedir. Çözündürme sırasında oluşan sıcaklık farkı ile çözünme süresi artmakta ve merkez noktaları çözünmemiş halde kalabilmektedir. Bu durum ise mikrobiyal aktiviteyi arttırarak bozulmalara sebep olmaktadır. Geleneksel çözündürme işlemi ile oluşan sızıntı kayıpları ve doku bozulmaları, işlemin uzun sürmesinden kaynaklanan hava ile uzun süre temas eden gıdada oluşan renk değişimleri bu yöntemin dezavantajlarındandır (Çokgezme ve İçier 2016).

Bu gibi olumsuzlukları ortadan kaldırmak için birçok araştırmacı yeni çözündürme yöntemleri için araştırmalar yapmıştır. Bunlar;

2.6.1 Yüksek Basınç ile Çözündürme

50-1000 MPa arasında uygulanan yüksek basınç gıdalarda raf ömrünün uzamasında, enzim ve proteinlerin denatürasyonu, sterilizasyonda kullanılmaktadır. Ayrıca doku, renk ve besinsel kayıpların en az düzeyde değişiklik göstermesini sağlamaktadır. Yüksek basınç ile çözündürme işleminde iki farklı uygulama bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi faz değişiminin sabit basınçta ısıtılarak yapılması ile basınç destekli çözündürme, bir diğeri ise faz değişiminin sabit basınç altında yapılan basınç etkili çözündürmedir.

Yapılan araştırmalar doğrultusunda yüksek basınç ile çözündürme yönteminde kovalent bağlı moleküllerin genel olarak etkilenmediği ve böylelikle büyük protein moleküllerinde denatürasyon görülürken besinsel kayıplar ve renkteki kayıpların minimum düzeyde olduğu bildirilmektedir. Başka bir avantajı ise uygulanan ürünlerin her yerinde homojen olarak ürünlerin boyut, doku ve şekillerine zarar vermemektedir (Bozkır 2014).

2.6.2 Mikrodalga ile Çözündürme

Mikrodalga enerjisi, 300 MHz – 300 GHz aralıklarında frekansa sahip olan iyonize olmamış elektromanyetik bir ışıdır. Bu yöntem ile uygulanacak olan maddenin ısıtılması, o maddenin yüzeyine gelen mikrodalga bölgedeki ışımları absorbe ederek bünyesinde topladığı elektromanyetik enerjinin etkisi ile polar moleküller arası meydana gelen sürtünmeler ve titreşimler sonucu sıcaklığın artması prensibi ile çalışmaktadır. Gıda endüstrisinde mikrodalga ile ısıtma; pişirme, haşlama, enzimlerin inaktivasyonu, pastörizasyon kurutma ve çözündürme de kullanılmaktadır. Bu yöntem ile çözündürme işlemi kısa bir süre içerisinde gerçekleştirilebilmektedir (Bozkır 2014).

2.6.3 Radyo Frekansı ile Çözündürme

Elektromanyetik spektrumda 1-300 MHz arasında farklı frekansta bulunan radyo frekans, ürünlerde çözündürme amacıyla kullanılabilir. Bu yöntemin prensibi, uygulanacak olan ürünün iki elektrot arasında elektromanyetik enerjinin geçirilmesi ile uygulanmaktadır. Isıtma mekanizması ise elektrik ısıtma ve dielektrik ısıtma kombinasyonundan meydana gelmektedir.

Gıda endüstrisinde kullanım alanları ise; sebzelerde haşlama, enzimlerin inaktif edilmesi, kurutma, sterilizasyon, pastörizasyon ve çözündürme işlemlerinde kullanılmaktadır (Bozkır 2014).

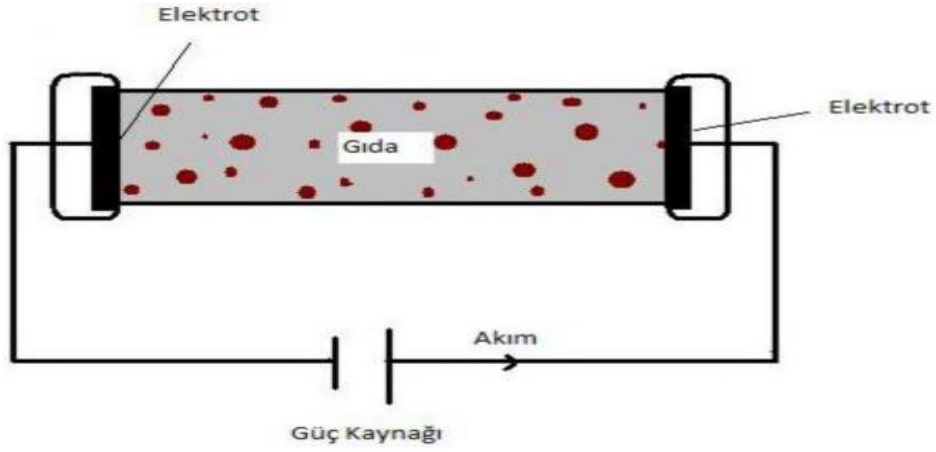
2.6.4 Ohmik Çözündürme

Ohmik çözündürme yönteminin prensibi, uygulanacak olan ürünün içerisinde geçirilmesi ve bu üründe bulunan elektriksel iletkenlik değerlerine bağlı olarak ürünün içerisindeki ısı yayılmasının gerçekleşmesine dayanmaktadır. Yapılan araştırmalara göre ise ısınmanın hızlı ve tek düze bir şekilde olması raporlanmıştır. Ohmik ısıtma, dondurulmuş gıdaların çözündürülmesi işleminde kullanılmaktadır. Ohmik çözündürme

işleminde elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü %90'nın üzerinde olmasından dolayı ohmik ısıtma diğer çözündürme yöntemlerinden ayrılmaktadır.

Ohmik çözündürme ünitesi genel olarak güç kaynağı, mikroişlemci, ısıtma hücresi, elektrotlardan oluşmaktadır (Gavahian ve Farahnaky 2018). Şekil 2.1'de temel bir ohmik ısıtma sistemi gösterilmiştir. Ohmik ısıtma sistemi güç kaynağı, yapılan işlem sırasında gerilimin ayarlanmasında kullanılmaktadır. Güç ünitesinin kapasitesi ve uygulanacak olan voltaj değişiklik göstermektedir. Güvenli bir şekilde ölçüm yapabilmek için ölçüm yapılacak maddenin bulunduğu ısıtma bölümü yalıtkan bir maddeden yapılmış olmalıdır. Elektrotlar ise uygulanacak olan maddede kalıntı bırakmayacak materyalden yapılmış ve yüksek iletkenliğe sahip olmalıdır. Sistemden alınacak gerilim, akım ve sıcaklık verileri mikroişlemcide işlenerek bilgisayara aktarılmaktadır (Gavahian ve Farahnaky 2018).

Dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesinde çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Genel olarak bakıldığı zaman daha çok dondurulmuş su ürünlerinde yapılan çalışmalara rastlanmaktadır ve meyve-sebze üzerinde çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Dondurulmuş su ürünleri üzerinde yapılan çalışmalarda duyusal, fiziksel, dokusal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir ve çıkan sonuçlar geleneksel çözündürme yöntemi ile karşılaştırıldığında daha hızlı çözünme sağladığı ve kalite açısından daha iyi ürünlerin elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Böyle bir sonuca ulaşmak için ise ısınmanın homojen bir şekilde gerçekleşmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bunu sağlamak amacıyla da bazı çalışmalarda elektrotların su ya da tuzlu su çözeltisine daldırılması yöntemi kullanılmıştır. Dondurulmuş et örneklerinin ohmik çözündürme ile çözündürülmesi sonrasında frekans değişimlerinin çözünme süresi için önemli bir etkisinin olmadığını ancak voltaj artışı ile su tutma kapasitesinde azalma ve çözünme kaybında artış gözlemlendiğini belirtmişlerdir (Çokgezme ve İçier 2016).



Şekil 2.1 Ohmik ısıtma sistemi.

2.7 Çilek

Çilek, dünyanın farklı ekolojilerinde geniş bir yetiştirme alanına sahip olan *Rosaceae* familyasından *Fragaria* çeşidine ait üzüksü meyve gruplarından. Ülkemizde ise çilek yetiştiriciliği 1970’li yıllarda başlamıştır. Diğer ürünlerde de olduğu gibi üretim şekli, amaca uygunluğu ve iyi bir kazanç sağlamasından dolayı çilek yetiştiriciliği yapılmaktadır (Gündüz ve Özdemir 2012).

Parlak kırmızı rengi ile görünümü ve kendine has aroması da tercih nedenlerindendir. Neredeyse Türkiye’nin her bölgesinde çilek yetiştirildiği için çileğin uzun süre piyasada bulunabilmesini sağlamaktadır. Çilek yetiştiriciliğinde üretime göre bu sırayı 188.267 tonla Mersin, Aydın, Konya ve Antalya takip etmektedir. Çizelge 2.3’de Türkiye’de çilek üretimi yapılan iller verilmiştir. Ayrıca Türkiye çilek üretiminde her geçen yıl artan bir eğilim göstermektedir (Görgüç vd. 2019).

Çizelge 2.3 Türkiye’de çilek üretiminin yapıldığı iller (TUİK 2021).

İller	Üretim Miktarı (ton)	Üretim Alanı
Mersin	204.400	48.180
Aydın	70.502	16.899
Konya	50.827	19.596
Antalya	50.280	12.584
Bursa	49.734	30.203

Avrupa’da M.S. 1300’lü yıllarda çilek kültürü yayılmaya başlamıştır. 13. Yüzyılda ise çilek yunan doktorlar tarafından tedavilerde kullanmaya başlamıştır. 14. Yüzyılda soylular arasında çilek yetiştirmeye ilgi artmış ve çilek meyvesinden çok çiçekleri kullanılmıştır. 1500’lü yıllara geçildiği zaman ise botanikçiler çilek meyvelerini inceleyip sınıflandırmaya başlamıştır. 1600’lü yıllara bakıldığında zaman Kuzey Amerika’dan Avrupa’ya gelen *Fragaria virginia* ve Güney Amerika’dan gelen *Fragaria chiloensis* türleri çilek meyvelerinin melezlenmesi ile 18. Yüzyılın ortalarında çilek kökenini (*Fragaria x ananassa* Duch.) oluşturmuştur (Darrow 1966).

Dünyada ise çilek üretiminde ilk sıralarda Asya, Amerika kıtası, Avrupa ve Afrika kıtası gelmektedir. Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) verilerine istinaden, dünyada yaklaşık 396 bin hektar alandan hasat edilmiş olan ve yıllık 8,9 milyon ton çilek üretimi yapılmaktadır (FAO, 2019). Türkiye ise çilek üretiminde her geçen yıl artan bir eğilim göstermektedir (Özkaya 2022).

Besin değerlerine göre çilek çok sağlıklı bir üründür. Fruktoz içeriği ve diyet lifi içeriği ile kan şekeri seviyesinin düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. İçerdiği lifler sayesinde de doyurucu etkisi bulunmaktadır. Ayrıca yüksek derecede C vitamini, fenolik bileşikler ve folat içererek önemli bir biyoaktif bileşen kaynağıdır (Karaca 2022).

2.8 Çilek Çeşitleri

Ülkemizde yetiştirilen çilek çeşitlerine Rubygem, Florida Fortuna, Chandler, Selva, Sweet Charlie, Sabrina, Rapella, Camarosa, Yalova ve Fern örnek olarak verilebilmektedir (Görgüç vd. 2019). Resim 2.1’de bu çalışmada kullanılan iki çilek çeşidine ait resimler verilmiştir.

2.8.1 Camarosa

1993 yılında Voth ve Inventor tarafından piyasaya sunulmuştur. Bu türün verimliliği orta yüksek olarak tanımlanmakta ve kısa gün çeşidi olarak bilinmektedir. Erken ve geç sezonlar için ise üretime elverişlidir. Yaprakları açık yeşil renkte ve yuvarlaktır. Bu çeşidin meyveleri orta ve büyük olup silindirik şekildedir. Ayrıca tatlı ve aromaya sahip meyvelerdir ve ülkemizde yetiştiriciliği en fazla olan çilek türüdür (Türemiş ve Rehber 2011).

2.8.2 Fern

1983 yılında California üniversitesi araştırmacısı olan Voth tarafından piyasaya çıkartılmıştır. Nötr gün çeşidi olarak bilinen ve yayla bölgelerinde daha iyi sonuç veren bu tür verimli, aroması oldukça iyi ve her zaman meyve verme özelliğine sahiptir. Meyve eti sert olduğu için kaliteli ve taşımaya elverişlidir (Aydın 2012).

2.8.3 Selva

Bu türün meyveleri konik şekle sahiptir. Orta aromaya sahip ve meyve etleri sert olmaktadır. Sofralık ve yüksek verime sahip olan bu tür Marmara, Akdeniz, Ege ve Karadeniz Bölgelerinde bulunmaktadır.

2.8.4 Sweet Charlie

Kısa gün çeşitlerinden olan bu tür orta-yüksek verimliliktedir ve meyveleri konik veya silindirik şekillerdedir. Meyvelerin dış rengi koyu kırmızı iç rengi ise kırmızıdır. Meyveler orta aromaya sahip olmakla birlikte küçük karın boşluklarına sahip ve çok yumuşaktırlar.

2.8.5 Aliso

Bu çilek türünün meyveleri iri yapılı, etli kısımları sert ve tat derecesi orta kalitelidir. Serada yetiştirmek için uygun bir çilek türüdür. Meyvelerin uç kısımlarında şekil bozukluklarına rastlandığı için daha çok meyve suyu, reçel ve marmelat yapımına uygundurlar.



Fern Çilek Fidesi



Camarosa Çilek Fidesi

Resim 2.1 Çilek çeşitleri (Saraç 2009).

2.9 Dondurulmuş Meyve Sebze Üretimi

Meyve ve sebzelerin dondurulmasında ki ilk işlem, hammadde seçimidir. Bazı meyve ve sebzelerin yapıları dondurulmaya uygun olmadığı için ilk önce dondurulmak için seçilen ürünün bu işlem için uygun olması gerekmektedir. Meyve ve sebzelerin yetiştirilmesi,

uygun koşullarda hasat edilerek olabildiğince hızlı ve uygun bir biçimde fabrikaya nakli gerçekleştirilmelidir.

Hasat edilen meyve ve sebzelerin %80'lik kısmı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleşmektedir. Dondurulacak olan meyve ve sebzeler sofr olgunluğuna geldiğ zaman hasat edilmelidir. Ham ya da aşırı olgunlaşmış olan sebze ve meyveler birbirinden ayrılmadığı zaman ise taşıma sırasında zedelenmeler meydana gelecektir. Ayrıca aroma ve renk açısından da olgunlaşmayan sebze ve meyveler dondurulduktan sonra tüketilmek üzere çözündürüldüğü zaman kalite kaybına uğrarlar (Demiray ve Tülek 2010).

Tesisler ise genel olarak hammaddeye yakın yerlerde kurulmaktadır. Çünkü meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra en geç 8 saat içerisinde niteliklerini kaybetmeden fabrikaya ulaşmalı ve dondurulma işlemine başlanmalıdır. Dondurulmaya uygun bazı meyveler; çilek, kiraz, kayısı, böğürtlen, ahududu, vişne, şeftali, frenk üzümü, yaban mersini, elma gibi meyvelerdir. Sebzelerde ise; patates, mantar, havuç, kanabakar, biber, domates, lahana, pırasa, fasulye, bezelye, ıspanak, mısır ve enginar örnek olarak verilebilmektedir (Yönlü 2004).

Sektörde dondurulmuş meyve ve sebze üretimi yanı sıra dondurulmuş su ürünleri, marmelat, reçel, konserve meyve ve sebze, unlu mamuller ve meyve suyu üretimi de yapılmaktadır (Demiray ve Tülek 2010).

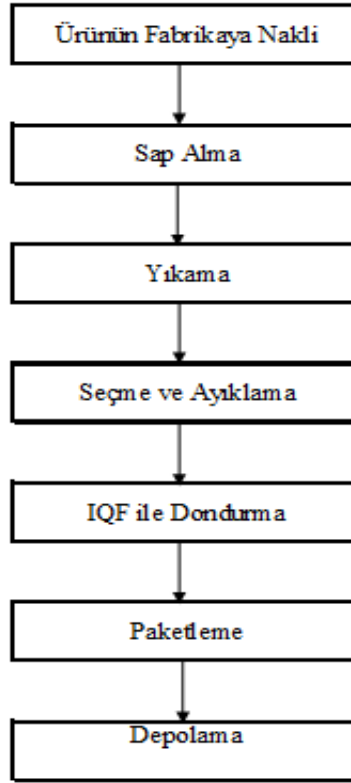
Hammaddenin fabrikaya gelmesinden sonraki ilk işlem basamağı ise gerekli ön işlemlerden geçmesidir. Sap alma, kabuk soyma, çekirdek çıkarma gibi bazı işlemlerden geçerek yıkama işlemi için hazırlanmaktadır. Yıkama işleminde ise, Tarımsal ilaç kalıntıları, çamur, toprak ve mikroorganizma yükünden büyük oranda arındırılmaktadır. Meyve ve sebzelerde bulunan başlıca psikrofil mikroorganizmalar arasında *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobakterium*, *Streptococcus*, *Mikrococcus* örnek olarak verilebilmektedir (Abaylu ve Başoğlu 1992).

Bu yıkama işlemi sırasında bazı meyve ve sebzeler için klorlu su kullanılmaktadır (Jose ve Vanetti 2015). Fazla miktarda kullanılan klorlu su ile kloramin, haloasetik asit, trihalometan gibi karsinojen özellikteki bileşiklerin oluştuğu bildirilmektedir. Bu nedenle yıkama işlemi sırasında klor kullanımı İsveç, Hollanda, Almanya gibi bazı Avrupa Birliği ülkelerinde yasaklanmıştır. Yıkama suyunda kullanılacak olan maddenin genel olarak toksik madde oluşturmaması, düşük maliyetli olması ya da kalıntı bırakmaması beklenmektedir. Yıkama suyunda kimyasal kullanımı yanı sıra yüksek basınç, ultrases gibi teknolojik yöntemlerde kullanılmaktadır (Görgüç vd. 2019).

Temizlenen meyve sebzeler dondurulmadan önce bazı kesme, haşlama, koruyu madde kullanımı gibi ön işlemlerden geçmektedir. Sebzelerde genel olarak haşlama işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem ile mikroorganizma yükü azaltılır, renk korunur ve sebzelerin ham tadı giderilir. Meyvelerde ise haşlama işlemi yerine daha çok koruyu madde kullanılabilir. Aromanın korunması ve renkte oluşabilecek kararmaların engellenmesi için kullanılan koruyuculardan en yaygın kullanıma sahip şeker ve şeker şurupları sayılabilmektedir (Yönlü 2004).

Gerekli bütün işlemlerden geçmiş olan meyve ve sebzeler kullanılacak olan dondurma yöntemlerinden daldırarak dondurma, indirekt kontakt motodu ile dondurma, kriyojenik sıvılarla dondurma, soğuk hava ile dondurma gibi yöntemlerden herhangi biri ile dondurulmaktadır. Ürünün merkez sıcaklığı -18°C 'ye düşmesi ile ürünün dondurulma işlemi tamamlanmış olmaktadır (Pala ve Üstünes 1983). Şekil 2.2'de IQF ile dondurma proses akış şeması verilmiştir.

Dondurulmuş olan ürünler bazen dondurulmadan önce bazen de dondurulduktan sonra paketlenerek üretim yerinde bulunan depolara iletilmektedir. Birçok ürün için -18°C mikroorganizmaları durduran bir sıcaklıktır. Bu yüzden uluslararası standartlarda belirlenen sıcaklık değeri de -18°C ve daha düşük sıcaklıklardır (Yönlü 2004).



Şekil 2.2 IQF yöntemi ile dondurma prosesi.

2.10 Dondurulmuş ve Çözündürülmüş Gıdaların Kalitesi

Dondurulmuş gıdalarda iyi kalitede ürün elde etmek için, iyi kalitede hammaddeye ulaşılması ve uygun koşullar altında dondurulması gerekmektedir. Kullanılan hammadde doğru seçilmemişse hiçbir dondurma yöntemi mevcut olan kaliteyi değiştirememektedir. Dondurma sırasında ya da depolama süresince de bazı fiziksel ve biyokimyasal değişimler meydana gelmektedir ancak doğru bir dondurma yöntemi seçimi ve saklama koşullarının uygun olması ile bu olumsuz değişikliklerden en az şekilde etkilenmektedir (Ricman 2007).

2.10.1 Hacim Genişlemesi

Dondurulacak olan gıdalarda görülen ilk değişimlerden birisi gıdanın hacminde meydana gelmektedir. Gıda içerisinde bulunan saf su (0°C’de) buz halini almaya başlar ve

hacminde ise yaklaşık değer olarak %9 oranında bir artış gerçekleşmektedir. Bitkisel dokular içerisinde bulunan hücresel boşluklar vardır ve bunlar buzdaki hacim artışında dengeleme sağlamaktadır. Fakat bu hacim artışı ile dondurulmuş olan gıdalar çözündüğü zaman başlangıçta sahip olduğu hacmi kaybetmektedir (Demiray 2010).

Yüksek basınçlı dondurma yöntemi ile dondurulmuş olan ürünlerde ise buz kristalleri su yoğunluğundan yüksek olması doku hasarlarını ve hacimdeki artışı azaltmaktadır (Kalichevsky vd. 1995).

2.10.2 Tat ve Aroma Değişimi

Keton, ester, terpen, alkol ve aldehit gibi bileşikler sebze ve meyvelerde bulunan kendine has aroma ve tat oluşmasında etkilidir. Sebze ve meyvelerde bu durum hasat zamanından, işlenme ve depolama sürecine göre bütün aşamalar sırasında etkilenmektedir. Dondurma işlemleri ile de bu tat ve aromalar genel olarak korunmaktadır. Ancak daha iyi bir korunma sağlanması için bazı ön işlemlerden geçmesi ve renk, tat, aroma gibi değişimlere neden olan enzimleri inaktif hale getirmek gerekmektedir. Meyveler için bu yöntem pek uygulanmamaktadır ancak sebzelerde dondurma işleminden önce yapılan haşlama ile enzimler inaktif hale getirilerek değişimler en alt seviyede tutulmaktadır (Sanchez-Moreno 2006).

2.10.3 Renk Değişimi

Sebze ve meyveler için renk önemli bir kalite kriteridir. Bir ürün alınmadan önce tüketicilerin ilk olarak baktığı özellikler arasında renk bulunmaktadır. Sebze ve meyvelerin dondurulma işleminde meydana gelen bazı fiziksel ve biyokimyasal olaylar ile renk üzerinde değişimler meydana gelmektedir. Gıdalara rengini veren bazı pigmentlerin (klorofil, antosiyanin vb.) enzimatik reaksiyonlar ile değişiminden kaynaklanan birkaç olaydan birisidir (Sanchez-Moreno 2006).

2.10.4 Tekstürel Değişim

Dondurulmuş gıdalarda oluşan biyokimyasal reaksiyonlardan dolayı tekstürel değişimler meydana gelmektedir. Biyokimyasal reaksiyonlar ise bitki hücrelerinin duvarların yapısında var olan selüloz, pektin gibi maddelerin parçalanmasına neden olmaktadır. Dondurma işlemi sırasında oluşan buz kristalleri ise hücre duvarlarında hasara neden olmaktadır (Demiray 2010).

Dondurma sırasında oluşan hasarlardan sonra çözündürme işlemi sırasında da gıda içerisinde bulunan sıvılar hücreden dışarıya suyun sızmasına neden olmaktadır (Sirijariyawat ve Charoenrein 2012).

Geleneksel çözündürme işleminde çözünme sürecinin uzun sürmesi, sızıntı kaybının fazla olması, mikroorganizma gelişebilme durumu, renkte meydana gelen değişimler gibi olumsuzluklar oluşmaktadır. Ancak yenilikçi çözündürme tekniklerinde çözündürme süresinin kısılması ve dolayısıyla sızıntı kaybının azalması gibi minimum değişiklik olduğu belirtilmiştir (Bozkır 2014).

2.10.5 Enzimatik Esmerleşme

Sebze ve meyvelerde hasat edilme aşamasından bütün işleme ve depolama süresi boyunca enzimatik esmerleşme devam etmektedir. Bu reaksiyonlar ise oksidaz enziminin oksidasyonu ile oluşmaktadır. Bu esmerleşme bazı ön işlemler ile engellenebilmektedir. Sitrik asit, sülfite ya da askorbik asit ilavesi ile bu esmerleşmeler engellenebilmektedir. Holzwarth ve ark. (2012) yaptığı bir çalışmada çilek örneklerinin bulunduğu ortamda bulunan oksijen varlığı ile enzimatik veya enzimatik olmayan kararmalara neden olduğunu bildirmiştir (Şengül 2014).

2.10.6 Antioksidan Aktivite

Canlılar tüm yaşamsal faaliyetleri devam ettirebilmek için enerjiye gereksinim duymaktadır. Oksijen tüketen organizmaların tümünde; lipit, protein ve DNA gibi biyolojik moleküllerin oksidasyonunu önleyen enzimatik veya enzimatik olmayan çeşitli antioksidan bileşikler bulunmaktadır. Süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSHPx) ve katalaz en önemli antioksidan enzimlerdir. Enzimatik olmayan antioksidan bileşikler ise; başta askorbik asit, E vitamini, karotenoidler, polifenoller olmak üzere, indirgenmiş glutatyon, albumin, seruloplazmin ve ferritinden oluşmaktadır (Guo vd. 2003).

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi amacıyla birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bir bölümü hidrojen atomu transferi (HAT) reaksiyonuna dayanmakta, diğer bir bölümü ise elektron transferi (ET) yöntemine dayanmaktadır (Huang vd. 2005). HAT'ne dayalı antoksidan aktivite ölçüm yöntemlerinde; antioksidan (AH) ve substrat, yani lipit (LH), azo bileşiklerinin parçalanması ile oluşan peroksi radikalleri için yarışmaktadır.

Çilek meyvesinin kırmızı rengi pelargonidin 3-glukosit ve siyanidin 3-glukozit'ten kaynaklanmaktadır. Son yıllarda ise antosiyanin içeriği yüksek olan meyvelerin sağlık üzerine olumlu etkilerinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmalar artmıştır. Çilekte antosiyanin içeren meyve grubundan olup, çilek ve benzer meyvelerde bulunan antosiyaninlerin insan plazmasındaki antioksidan kapasitesinin artması üzerine etkilerinin, düşük yoğunluklu lipoproteinler üzerindeki antioksidan aktivite üzerinde de çalışmalar yapılmıştır (Heinonen 1998, Rice-Evans 1996). Çileklerde yüksek miktarda askorbik asit bulunması nedeniyle çilek meyvesi reaktif oksijen radikalleri üzerinde koruyucu özellik göstermektedir. Ancak soğuk depolamada toplam fenolik madde içeriği depolama sıcaklığından önemli düzeyde etkilenmektedir (Shin 2007).

FRAP yöntemiyle yapılan bir çalışmada; çileğin antioksidan aktivitesinin 7.3–10.4 mmol/100 g arasında değiştiği saptanmıştır (Guo vd. 1997) yapılan çalışmada; çileğin portakala göre 1.3, kırmızı üzüme göre 2, elma ve muza göre 5 ve tatlı kavuna göre 13 kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir.

2.10.7 Çözündürme Yöntemlerinin Gıda Kalitesine Olan Etkisi

Yapılan birçok çalışmada araştırmacılar yenilikçi çözündürme yöntemlerden birisi olan ohmik çözündürme yöntemi üzerinde çalışmalar yaparak dokusal, mikrobiyolojik, fiziksel ve duyuşsal özellikleri üzerinde incelemeler yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda ise ohmik çözündürme yönteminin geleneksel çözündürme yöntemine kıyasla daha hızlı, sızıntı kaybı daha az ve dokusal-renk-aroma gibi parametreleri de daha olumlu sonuçlar verdiğinden dolayı uygulanabilir bir çözündürme yöntemi olduğu belirtilmiştir (İçier 2016).

Dondurulmuş gıdaları çözdürmek amaçlı genellikle buzdolabında çözündürme veya mikrodalga ile çözündürme yöntemi kullanılmaktadır. Buzdolabında çözündürme işleminde dondurulmuş olan gıdanın +4 derecede çözünme işlemi tamamlanana kadar bekletilmesi ile yapılmaktadır ve bu işlemin uzun sürmesinden dolayı çözündürülecek olan gıdalarda mikrobiyal yük gelişimi gözlemlenmektedir. Ayrıca dokuda bozulma, renkte değişme ve sızıntı kaybı gibi kalite üzerinde olumsuz etkileri oluşmaktadır (Bozkır vd. 2014).

Mikrodalga ile çözündürme yönteminde çözündürme süresinin kısılmasından dolayı mikrobiyal yük oluşmasını, sızıntı kaybı ve yapısal bozulmalar ile kalite değişimlerinin daha az olduğu bir çözündürme yöntemidir (Oszmianski vd. 2009, Baysal vd. 2011).

2.11 Dondurulmuş Gıdaların Çözündürülmesi ile İlgili Literatür Çalışmaları

Çözündürme işlemi, bazı farklılıklar ile dondurma işleminin tersi bir işlem olarak varsayılmaktadır. Çözündürme işlemi genel olarak fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal olarak ürün içerisinde hasarlara neden olduğu için yavaş olmalıdır. Çözündürme sırasında suyun eski haline geçişi ile sıvı kaybının az olması içinde yeterli yavaşlıkta ancak aşırı dehidrasyondan kaçınmak içinse düşük ısıda hızlı bir şekilde çözündürülme işlemine tabii tutulmalıdır. Böylelikle kalite daha iyi bir şekilde korunmuş olmaktadır. Uzun süreli çözündürme işlemlerinde ise (oda sıcaklığında) gıda kalitesinde istenmeyen renk değişimi, besin kayıpları vb. değişimler görülmektedir (Li ve Sun 2002).

Dondurulmuş gıdaları, ılık su altında, oda sıcaklığında ve buzdolabında çözündürme gibi geleneksel yöntemler kullanılarak çözündürmenin yanı sıra yenilikçi çözündürme yöntemleri de (mikrodalga, ohmik çözündürme vb.) kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan geleneksel çözündürme yöntemi ise buzdolabında çözündürme yöntemidir ve bu uygulama çok uzun zaman almaktadır (Atasever 2000).

Durgun havada çözündürme işlemi, dondurulmuş olan ürünün bir yerde ısınmaya bırakılarak çözünmesinin beklenmesidir. Isınma işlemi ürünün yüzeyi ile hava arasında çok yavaş gerçekleştiği içinde donmuş olan ürünün çözünme süreci yavaş olmaktadır.

Ilık su ile çözündürme işleminde ise, donmuş olan ürünün suya daldırılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu çözündürme işlemi sırasında ısıtmak amacıyla su kullanıldığı için ısı transfer kat sayısı durgun havada kullanılan havaya göre daha yüksektir. Böylelikle çözündürme süresi durgun havada çözündürmeye göre daha kısa olmaktadır (Atasever 2000).

Uzun süreli çözündürme yöntemleri ile çözündürülmüş olan (durgun havada olan oda sıcaklığında) dondurulmuş ürünlerde kalite kayıpları meydana gelmektedir. Bunlara doku

ve renkte meydana gelen değişimler, besin değeri kayıpları örnek olarak verilebilmektedir.

Bu konuyla ilgili olarak literatür çalışmalarına göz atıldığında, Miao ve ark. deniz ürünü yemeği olarak bilinen dondurulmuş tuzlu surimi küplerini ohmik çözündürme yöntemiyle çözündürerek surimi jel kuvvetiyle birlikte çözündürme hızlarını geleneksel çözündürme yöntemi ile kıyaslamıştır. Ohmik çözündürme sisteminde elektrot ve elektrot solüsyonu içeren bir sistemde ohmik sistem ısıtılarak 0°C sıcaklıkta sabit tutularak yapılmıştır. Elektrot solüsyonlarının konsantrasyonları %4 ve ohmik çözündürme 20 V, 60 Hz olan koşullar altında üründe homojen sıcaklık dağılımında olduğu belirtilmiştir. Ohmik çözündürmenin konvansiyonel çözündürmeden daha yüksek çözünme hızı ve jel kuvveti gösterdiği ifade edilmiştir. Ohmik ve konvansiyonel çözündürme zamanları ise sırasıyla 59 dakika ve 580 dakika olarak bulunmuştur (Miao vd. 2003).

Diğer bir çalışmada, sığır etinin (2.5x2.5x5 cm) ohmik çözündürme ve geleneksel çözündürme yöntemi ile çözündürülmesinin tekstürel ve doku özelliklerine olan etkisi kıyaslanmıştır. Sığır etlerine ohmik çözündürmede -18 ile 10 °C sıcaklıkları arasında farklı voltajlar (10, 20, 30 V/cm) uygulanmıştır. Çözündür süreleri ise sırasıyla 828, 703 ve 586 saniye olarak, geleneksel çözündürme yönteminde ise inkübatörde sabit sıcaklıkta (25°C) 927 saniye olduğu bulunmuştur. Geleneksel çözündürme ve ohmik çözündürme yönteminde sığır eti üzerinde yapılan çalışma sonrası tekstürel ve doku üzerinde çok az değişiklik olduğu ifade edilmiştir (İçier vd. 2010).

Bozkurt ve İçier, farklı boyutlarda kesilmiş sığır etlerinin (2.5x2.5x2.5 cm ve 2.5x5x5x cm) ohmik çözündürmeye etkisi araştırılmıştır. Örneklerin merkez sıcaklıkları çözündürme sırasında 10-18 °C aralığındadır. Konvansiyonel çözündürme kontrollü şartlar altında, ohmik çözündürme ise (10, 20, 30 V/cm) voltajlar arasında yapılmıştır. Çözündürme yöntemlerine bağlı olarak çözündürme kaybı ve çözündürme zamanlarında önemli farklar olduğu ifade edilmiştir. Voltaj artışı ile çözündürme zamanlarında azalma olduğu ancak çözündürme kayıplarında değişiklik olmadığı ifade edilmiştir (İçier ve Bozkurt 2012).

Hong ve ark. domuz etindeki fizikokimyasal özellikler üzerine düşük voltajlarda ohmik çözündürmenin elektrot ile temas tipi ve tuzlu salamuranın etkisini araştırmıştır ve sonuç olarak elektrot temas tipi ohmik çözündürmenin salamura ohmik çözündürmeden daha hızlı çözündürme etkisine sahip olduğu ifade edilmiştir. Elektrot temas ile çözündürme işleminde düşük voltajlar tercih edilirken salamura çözündürme yönteminde ise yüksek voltajlar tercih edilmiştir. Domuz etinin renk farkları değerlendirildiği zaman ise, salamura çözündürme yönteminde elektrot çözündürme metodunda çözündürmeye göre daha yüksek bulunmuştur (Hong vd. 2007).

Başka bir çalışmada, dondurulmuş köfte ve kıyma örneklerinin ohmik çözündürülme sonrasında inceleme yapılmıştır ve uygulanan voltajın artmasına bağlı olarak sürenini kıaldığı ortaya koyulmuştur. Köfte örneklerinde voltaj artışına bağlı olarak su tutma kapasitesi üzerinde bir etkisinin olmadığı ancak yağ oksidasyonunda artış olduğu belirlenmiştir. Kıyma örneklerinde ise voltaj artışı renk değerlerinde de artışa neden olmuştur. Ancak su tutma kapasitesi üzerinde pek bir etkisinin olmadığı da ifade edilmiştir (Yun vd. 1998).

Seyhun ve ark. toz olarak satılan patates püresine %1, 0.75 ve 0.5'lik oranlarda NaCl ve %85 oranında su ile karıştırılarak örnekler dondurulmuştur. Daha sonra (10, 20 ve 30 kHz) frekanslarda çözündürülmüştür. Konsantrasyondaki ve frekanstaki artış ile elektriksel iletkenlik artarak çözünme süresinde kısalma belirlenmiştir (Seyhun vd. 2012).

Gürbüz ve Balpetek (2015), yaptıkları bir çalışmada donmuş olan eti ohmik ısıtma ile çözündürerek geleneksel çözündürme yöntemi ile kıyaslamışlardır. Geleneksel çözündürme yöntemine göre daha az ağırlık kaybı ve daha kısa süre içerisinde çözündürme işleminin gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir (Çokgezme ve İçier 2016, İçier vd. 2016, Liu vd. 2017).

Parniakov ve ark. (2015) ise, elma diskleri ile önce dondurma daha sonra çözündürme işlemi uygulamıştır. Çözündürme işleminde ise ohmik ısıtma ile çözündürme yöntemini

kullanmıştır. Sonuç olarak ise endüstriyel anlamda verimli olduğunu ifade etmiştir (Kırmızııkaya vd. 2015).

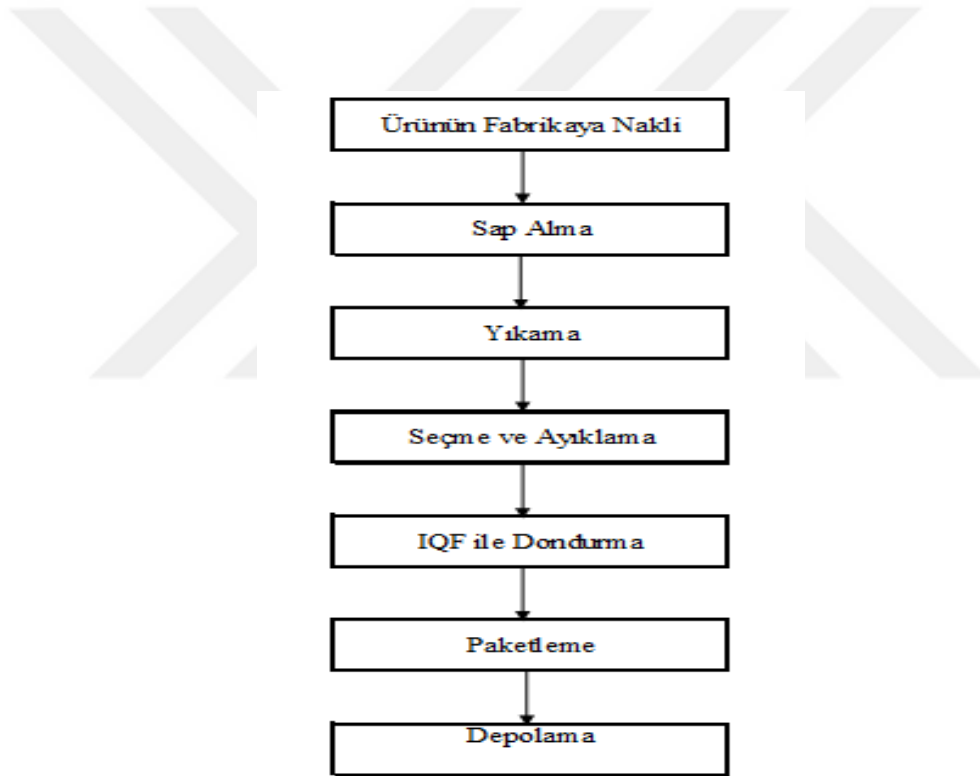
İçier ve Çelebi (2014), yaptıkları bir ohmik çözündürme çalışmasında farklı voltaj gradyanları (20, 15, 10 V/cm) uyguladıkları kıyma örneklerinde çözünme sürelerinin voltajdaki artmaya bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Yine bu çalışmada, ohmik çözündürmenin geleneksel çözündürme işlemine göre % 90-95 oranında çözündürme süresinde kısalma olduğunu rapor etmişlerdir.

İçier ve ark. (2017), farklı çözündürme yöntemleri ile (ohmik çözündürme, mikrodalga çözündürme, geleneksel çözündürme ve karbonfiber destekli kabin ısıtıcıda çözündürme) küp kesilmiş patates örneklerinde çözündürmenin etkileri üzerine çalışma yapmıştır. Sonuç olarak ise elektriksel çözündürmenin çözünme süresinde kısalma yaptığı ve bazı kalite özellikleri üzerinde de daha iyi sonuç verdiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Çileklerin Temini ve Dondurulması

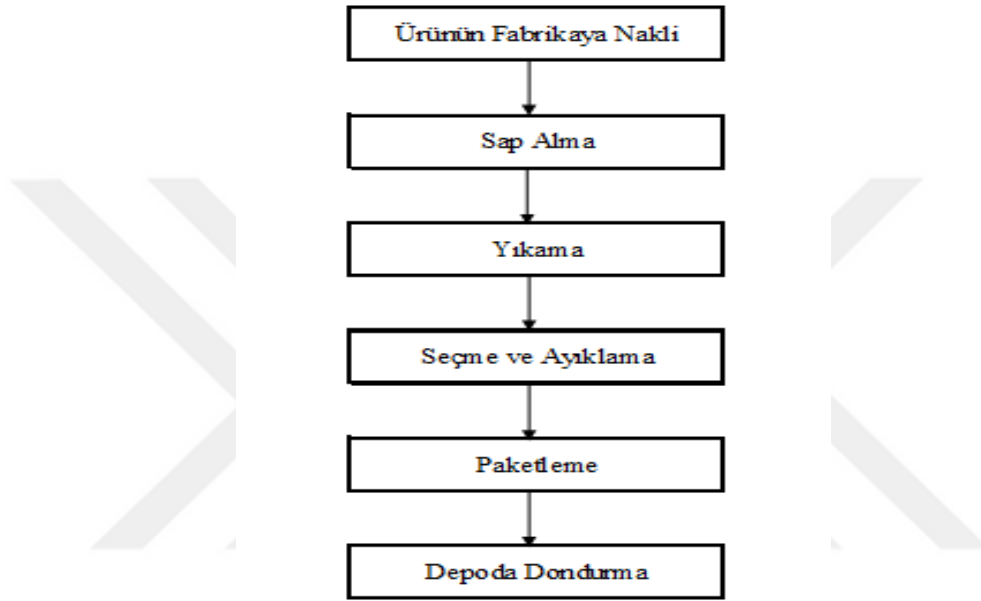
Bu araştırmada, Mersin bölgesinde Mayıs 2022 tarihlerinde hasat edilen Camarosa ve Fern çeşidi çilekler kullanılmıştır. Bu çilekler iki farklı yöntem ile dondurulmuştur. Bu yöntemlerden birisi IQF (Bireysel hızlı dondurma) diğeri ise statik olarak depoda bekletilerek dondurmadır. Bu prosesler için Konya/Akşehir’de bulunan Akfood firmasının imkanlarından yararlanılmıştır. Dondurma işlemlerine ait proses akış şemaları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 IQF Yöntemi ile Dondurma Prosesi.

Briks vb. analizleri yapılan çilekler ilk olarak saplarından ayrılmıştır. Sap alma işlemi bittikten sonra yıkama havuzlarına gönderilerek etkin bir yıkama sağlanmıştır. Yıkama işlemi bittikten sonra seçme ve ayıklama bandına gelerek el ile manuel olarak seçme işlemi uygulanmıştır. Seçme işlemi sırasında yaprak, sap, çürük ve yabancı maddeler ayrılmıştır. Elavator yardımıyla yıkanmış, seçme ve ayıklama işlemlerinden geçmiş çilekler dondurulmak üzere uygun bölmelere alınmıştır.

IQF ile dondurma işlemi 1300 Kg/sa kapasiteli evaporatör sıcaklığı -40 °C, iç sıcaklığı -20 °C, dış sıcaklığı -18 °C olan IQF cihazında, 1. bant ve 2. bantta kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Statik dondurma işlemi ise fabrika içerisinde bulunan -18 °C' lik depolarda 1 gün bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Dondurma işlemi bitmiş Fern ve Camarosa çeşidi çileklere ait 2 kg'lık ambalajlarda (her statik ve IQF dondurma ve çilek çeşidine göre iki adet 2'şer kg'lık paketler halinde) -18 C' lik depolarda saklanmıştır.



Şekil 3.2 Statik Olarak Dondurma Prosesi.

3.1.1 Dondurulmuş Örneklerin Çözündürülmesi

Çözündürme işleminde IQF ve statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş olan Fern ve Camarosa çeşidi çileklere ait merkez nokta sıcaklığının 4 °C'ye ulaşması hedeflenmiştir. Örneklerin bu hedeflenen sıcaklığa ulaşması için gerekli toplam süre çözme süresi olarak tanımlanmıştır. Çözündürme işlemi için benzer şekil ve eşit eksenel çapa (~2 cm) sahip çilekler seçilmiştir. Çözündürme işlemi için üç ana yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

3.1.1.1 Oda Sıcaklığında (25 °C) Çözündürme

IQF ve statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş olan Fern ve Camarosa çeşidi çileklere ait örnekler oda sıcaklığında çözündürme işleminde merkez sıcaklığı 4 °C'ye ulaşana kadar çözündürülmüştür. Çözündürme işlemi sırasında örneklerin merkez sıcaklıkları ısıl çiftlerle (termokupl) ve bu ısılçiftlere entegre olarak mikroişlemci (Defne Lab, Afyonkarahisar OSB) yardımıyla zamana bağlı olarak kaydedilmiştir. Veri alma aralığı 5 saniye olacak şekilde mikroişlemci ayarlanmıştır.

3.1.1.2 +4 °C Buzdolabında Çözündürme

IQF ve statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş olan Fern ve Camarosa çeşidi çileklere ait örnekler buzdolabında merkez sıcaklığı 4 °C'ye ulaşana kadar çözündürülmüştür. Çözündürme işlemi sırasında örneklerin merkez sıcaklıkları ısıl çiftlerle (termokupl) ve bu ısıl çiftlere entegre olarak mikroişlemci (Defne Lab, Afyonkarahisar OSB) yardımıyla zamana bağlı olarak kaydedilmiştir. Veri alma aralığı 5 saniye olacak şekilde mikroişlemci ayarlanmıştır.

3.1.1.3 Ohmik Çözündürme

Kullanılan ohmik sistem Resim 3.1'de şematik olarak gösterilen laboratuvar ölçekli ohmik ısıtma ünitesidir. Bu sistem 21.FENBİL.12 numaralı BAP projesi kapsamında, proje çalışanları tarafından tasarlanarak Defne Lab. AŞ'ye imal ettirilmiştir. Sistemin ana parçaları; izole trafo, varyak, mikroişlemci, örnek bölümü, termokupl ve bilgisayar bağlantısından oluşmaktadır.

Ohmik sistemde çözme işlemi için işlem süresinin tahmini veya tespiti ile temel bir süre kriterine literatürde ulaşılamamıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda verilerin kaydedilerek işlenebilmesi ve çözünme olayının gözlemlenebilmesi için Variac cihazında

40, 50, 60 V kullanılmasına karar verilmiştir. Çözündürme işlemi için benzer şekil ve eksenel çapa (~ 2 cm) sahip çilekler seçilmiştir. Ohmic yöntemle 40V, 50v ve 60V’da çözme işlemi süresince zamana bağlı sıcaklık değişimini belirlemek amacıyla örneklerin merkez noktasına Polytetrafluoroethylene (Teflon®) kaplı ısı çiftler (termokupl)(Defne Lab, Afyonharahisar OSB) yerleştirilmiştir. Zamana bağlı değişen merkez noktası sıcaklık verileri mikro işlemci yardımıyla kaydedilmiştir. Veri alma aralığı 5 saniye olacak şekilde mikro işlemci ayarlanmıştır.



Resim 3.1 Ohmik Çözündürme Cihazı.

3.2 Analizler

3.2.1 Briks Analizi

Dondurma işlemi öncesi ve çözündürme işlemi sonrasında çileklerin suda çözünür kuru madde analizi refraktometre cihazı ile yapılmıştır (Atago Co, Japonya), sonuçlar ise °Bx olarak verilmiştir.

3.2.2 Sertlik Analizi

Çilekler için sertlik analizi Penetrometre (PCE-PTR 200) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. İki noktadan ölçüm alınarak, çözündürme başlangıcında ($t=0$) ve çözündürme tamamlandığında ($t=t_{\text{son}}$) o ölçülen sertlik değerleri (Newton) çeşidinden kaydedilmiştir.

3.2.3 Renk Analizi

Dondurulmuş olan çilekler ve sonrasında çözündürme tamamlandığında renkleri belirlemek için Chroma Meter CR-400 (Minolta, Japonya) kolorimetre cihazı kullanılmıştır. Örneklerin 2 farklı noktasından 3 çakma ile 5 ölçüm yapılarak L^* , a^* , b^* değerleri belirlenmiştir.

L^* : Renk parlaklığı (0-100 arasındadır. Değer 100' e yaklaştığı zaman renk siyahtan beyaza geçiş yapar.)

a^* : Kırmızılık - Yeşillik (-60'tan +60' a yeşilden kırmızıya doğru)

b^* : Sarılık - Mavilik (-60'tan +60' a maviden sarıya)

h : Renk canlılığını gösterir ve birimi derece ($^\circ$)' dir.

C^* : Renk (Chroma) değeri (0-60 renk değeri artışını göstermektedir.)

3.2.4 Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybı, dondurulmuş olan çileklerin dondurucudan çıkartıldıktan hemen sonraki ağırlıkları ile çözündürüldükten hemen sonraki ağırlıkları arasındaki farkı, başlangıçta olan ağırlığına oranlanması ile aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Ağırlık Kaybı (%) = (Çözme sonucu ağırlıktaki azalma / çözme öncesi tartım) x 100

3.2.5 Antioksidan Aktivite Analizi

Örneklerin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla 1995 yılında William ve arkadaşları tarafından tanımlanan spektrofotometrik analiz yöntemi olan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) yönteminden yararlanılmıştır (Brand-Williams vd. 1995). Analizler spektrofotometrik olarak (Shimadzu UV-1800) 517 nm’de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar DPPH radikali için her örneğin serbest radikali sönmeme etkisini ifade eden % inhibisyon olarak verilmiştir.

$$\% \text{ İnhibisyon } = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

(A₀: DPPH içeren kör çözeltinin absorbans değeri; A₁: DPPH ve örnek içeren çözeltinin absorbans değeri)

3.2.6 Mikrobiyolojik Analizler

Dondurulacak çilekler için önemli bir kalite kriteri olan başlangıç mikrobiyal yükünün tespit edilmesi amacıyla mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çilek numunelerinden 25g örnek alınarak dökme plaka tekniği ile *E.coli* yükü analizi (ISO 166-49-2), aerobik koloni yükü analizi (ISO 4833-1), pozitif Stafilokok tayini analizi (ISO 6888-1), koliform bakteri tayini analizi (ISO 4832), küf tayini analizi (ISO 21527-2), maya tayini analizi (ISO 21527-2), *Salmonella* spp. tayini analizi (ISO 6579-1) gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar g numune başına koloni oluşturan birim (kob/g) olarak verilmiştir.

3.2.7 Duyusal Analizler

Dondurulmuş ve çözündürülmüş olan çileklerin duyusal özelliklerinin belirlemek amacı ile Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi ve Gıda Mühendisliği Bölümündeki akademik personel ve lisans öğrencilerinden oluşan 15 kişilik panel grubu ile hedonik puanlama testi uygulaması ile duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz beyaz flüoresan ışık altında ve örnekler beyaz tabakta servis edilerek gerçekleştirilmiştir. Skorlar; en beğenilmeyen (1 puan) ve en beğenilen (5 puan) örneği

ifade edecek şekilde 1-5 arasındadır. Panelistlere, duyuşal değerlendirme öncesi çilek örnekleri ve panel işleyişı hakkında ön eğitim uygulanmıştır.

3.2.8 İstatistiksel Analizler

Çalışmada istatistiksel analiz için verilere varyans analizi uygulanmış ve bu amaçla IBM SPSS Statistic sürüm 23 (SPSS Inc. Chicago, IL, ABD) kullanılmıştır. Varyans analizi sonucuna göre, gerekli olduğu durumda çözündürme yöntemleri arasında örneklere ait verilerin ortalamaları arasındaki farkların önemli ($p<0.05$) olup olmadığın tespiti için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Donma Öncesi Çileklerin Temel Kalite Kriterleri

Dondurulacak olan çilekler için bir diğer kalite kriteri ise mikrobiyal yüküdür. Sebze ve meyvelerde bulunan su miktarının tamamının donması -18 derecede gerçekleşmektedir. Bu koşulların altında faaliyetlerine hala devam edebilen, gıda zehirlenmelerine neden olan mikroorganizmalar bir diğer adıyla psikrofil mikroorganizmalardır. Sıcaklık -10 derecenin altına düştüğü zaman faaliyetleri durmaktadır (Peterson ve Gunderson 1981).

Dondurulmak üzere seçilen ve olgunluk zamanında hasat edilen çileklerin mikrobiyal yükünde gıda mevzuatında belirlenen limitlerin üzerinde olmaması gerekmektedir. *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Aerobic Colony*, *Koagülaz Pozitif Stafilokok* (*Staphylococcus aureus* ve diğerleri), *Koliform Bakteri*, *Maya-Küf*, *Salmonella spp.* gibi bazı mikroorganizmalar için taze çilek örneklerinden alınan numune üzerinde yapılan analiz sonucu aşağıdaki çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Mikrobiyolojik Analiz Sonucu.

Mikroorganizma	Mikrobiyel Yük (kob/g)
<i>Escherichia coli</i>	<10 kob/g
Aerobic Koloni	910 kob/g
Koagülaz Pozitif <i>Stafilokok</i> (<i>Staphylococcus aureus</i> ve diğerleri)	<10 kob/g
<i>Koliform Bakteri</i>	<10 kob/g
Maya	<10 kob/g
Küf	<10 kob/g
<i>Salmonella spp.</i>	Tespit edilememiştir / 25g

Taze çilekler iki yıkamalı bir işlemden geçtikten sonra alınan numunelerin mikrobiyolojik analiz sonucu verileri incelendiğinde sonuçların gıda mevzuatında (Türk Gıda Kodeksi,

2005) belirlenen değerin altında olduğu ve yıkama işleminin ise etkin bir şekilde yapıldığı gözlemlenmiştir.

Literatürde dondurulmuş gıdalar ile yapılan çalışmalarda da örneklerde donma sonrası mikrobiyal yükün bulunduğu ve depolama sürecinde birtakım değişiklikler olduğuna dair çalışmalar mevcuttur. Abaylu (1992) dondurarak muhafaza etme yöntemi ile bazı meyve ve sebzelerin depolama sürecinde yapılan mikrobiyolojik değişimler araştırmasında 9 aylık bir depolama süresince toplam mezofilik - aerobik bakteri sayılarında azalma olduğunu tespitini yapmıştır.

Duman ve Evliya (2002) yapılan bir çalışmada dondurulmuş ürünlerin toplam mezofilik - aerobik bakteri sayımı yaparak farklı 10 fasulye örneğinde yapılan analizde $0.8 \times 10^3 - 2.9 \times 10^3$ kob/g aralığında bulunmuştur. Örneğin toplam mezofilik- aerobik bakteri sayısında ortalama ise 2.1×10^3 kob/g olarak bulunmuştur.

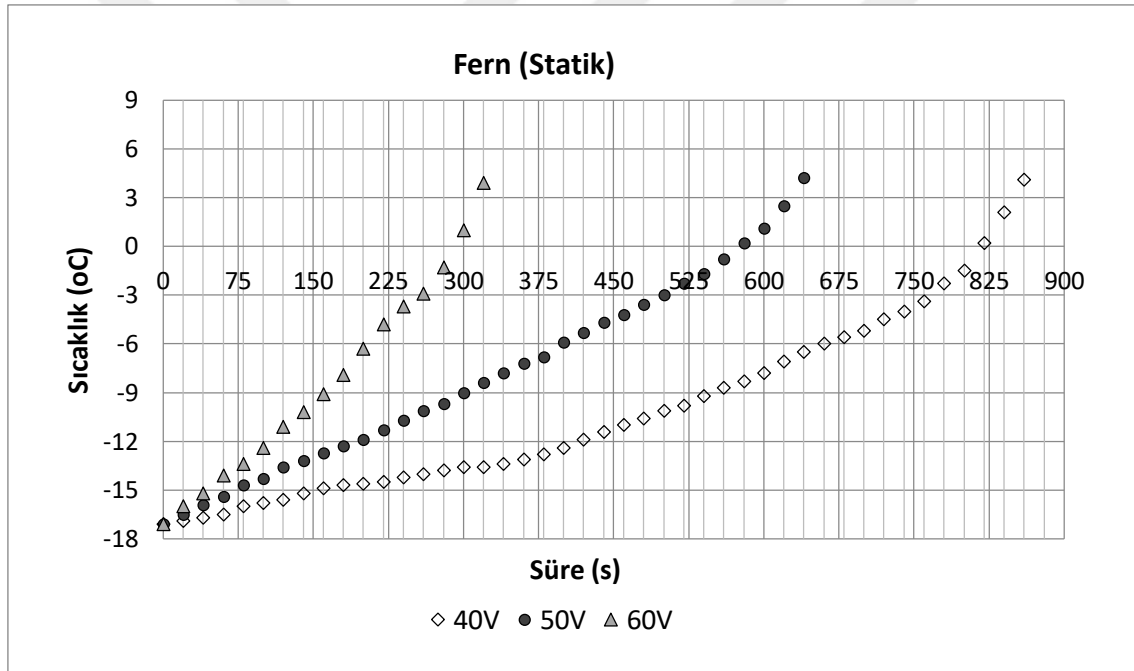
Acar (1981)'ın tespitine göre dondurulmuş ürünlerde bulunan mikroorganizmalar vejetatif hücreleri ve spor sayılarında başlangıç sayısına göre %90-99 oranla azalma görülmekte ve aynı zamanda etkin bir sterilizasyon sağlanmamıştır. Bu nedenle de dondurulmuş ürünler çözündürülme işleminden sonra hemen tüketilmesi sağlanmalıdır.

Peterson ve Gunderson (1981)'a göre Larkin ve ark. (1954) dondurulmuş sebzede yapmış oldukları çalışmada toplam bakteri sayısını 3000-900.000 adet/g aralığında bulmuşlardır. Dondurulmuş olan sebzelerde ise bu aralığın 80.000 adet/g altında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu aralık patojen mikroorganizma varlığının olmaması durumunda kabul edilmektedir.

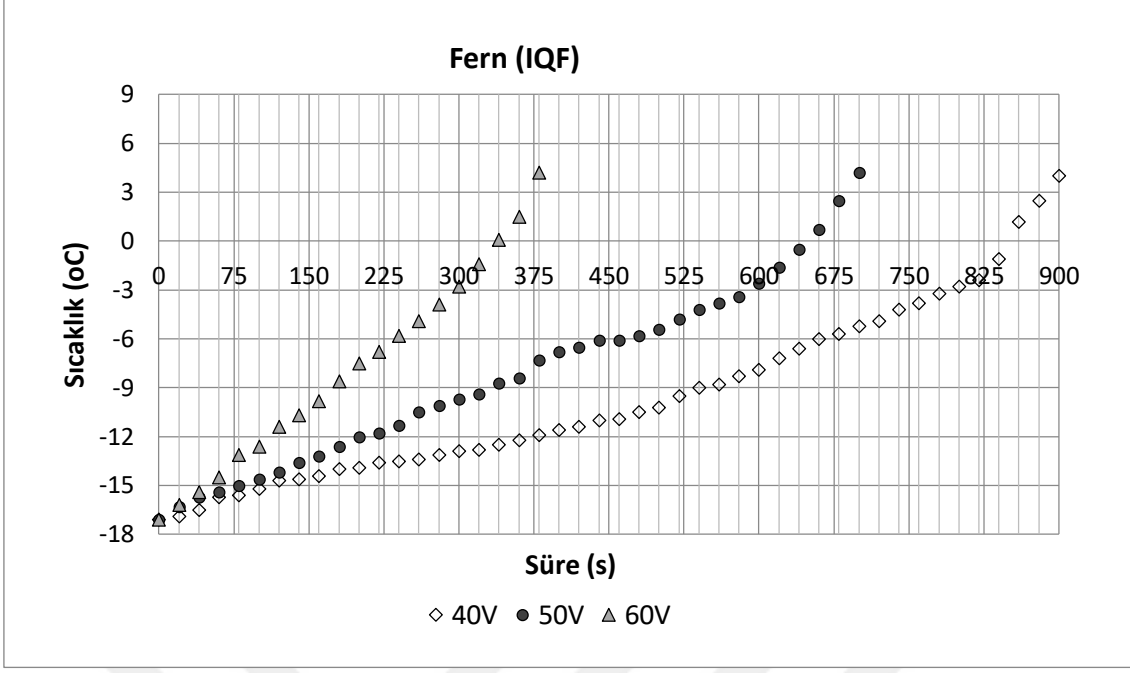
Çevik ve ark. (1987) yapılan bir çalışmada dondurularak muhafaza edilmiş örneklerde mikroorganizma yükünde azalma ve ön işlem olarak haşlanan sebzelerde ise maya ve küfe rastlanmadığını bildirmişlerdir.

4.2 Çözündürme Prosesleri Sırasında Sıcaklık Değişimleri

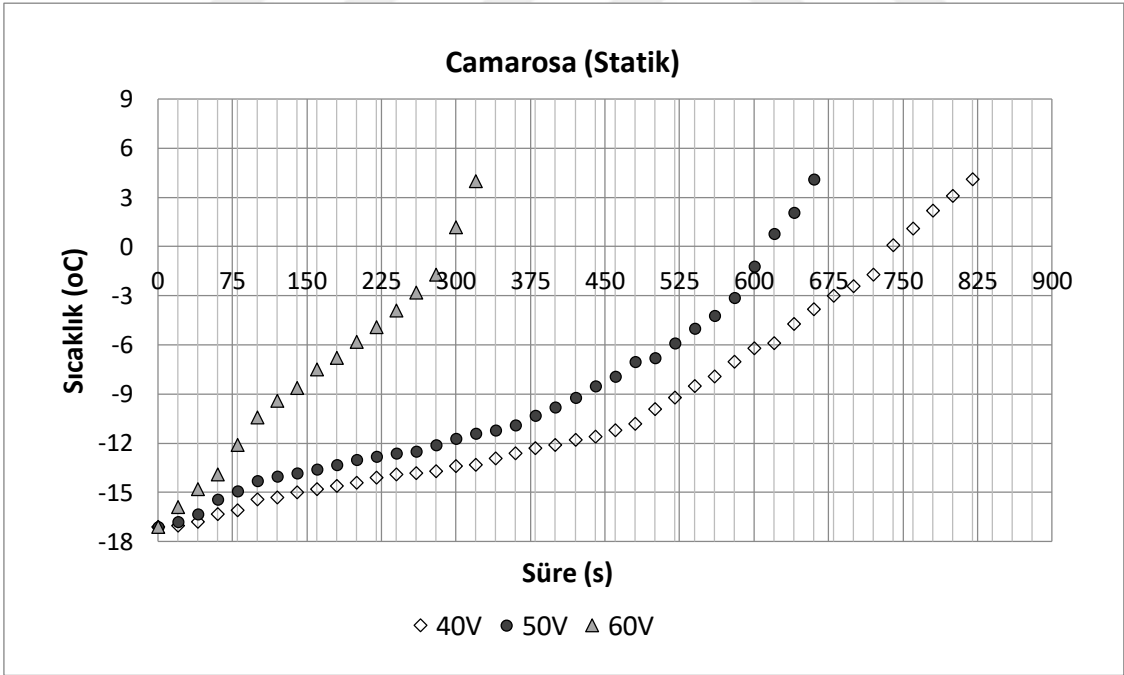
Çözündürme prosesleri iki ana grup olarak değerlendirilmiştir. İlk grup olarak ohmik çözündürme daha spesifik bir çözündürme şekli olup ilk defa dondurulmuş çileklerin çözündürülmesi amacıyla bu çalışmada uygulanmıştır. Dolayısıyla literatürde bu konuyla yakın ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4’de çözündürme işlemi sırasında çileklerin orta nokta sıcaklıklarının değişimleri verilmiştir. Diğer grup olarak oda koşullarında ve buzdolabı koşullarında uygulanan çözündürme işlemleri ise daha klasik uygulamalar olup birçok dondurulmuş gıda için yaygın kullanım alanı bulmaktadırlar. Şekil 4.5 ve 4.6’de bu iki uygulamaya ait veriler verilmiştir.



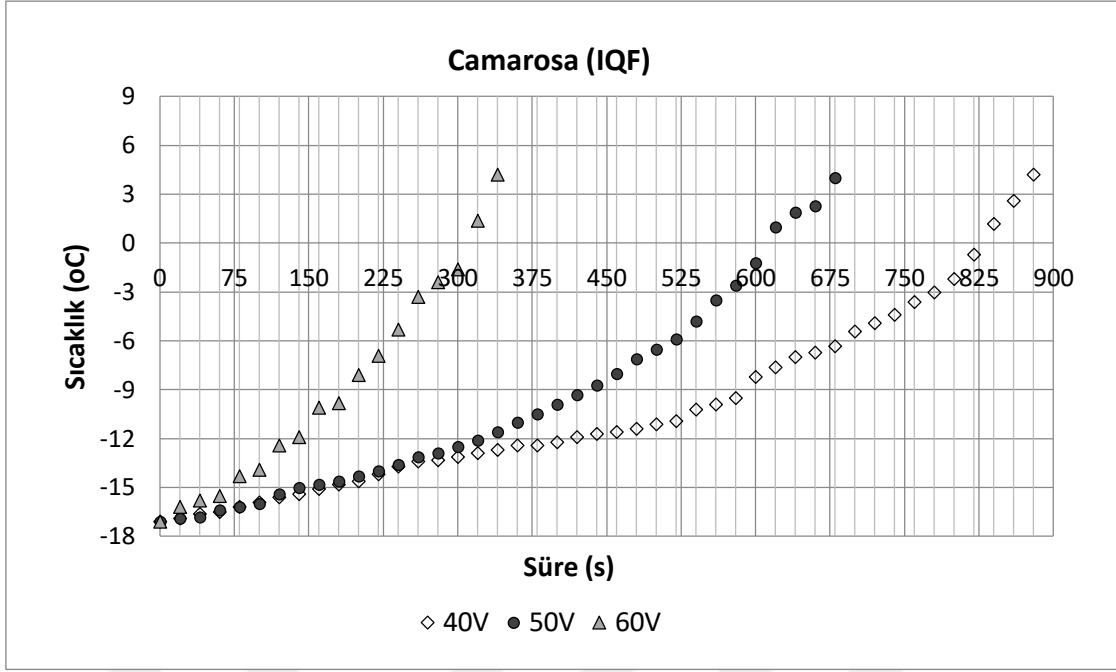
Şekil 4.1 Statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasında zaman bağlı sıcaklık değişimleri.



Şekil 4.2 IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasında zaman bağlı sıcaklık değişimleri.



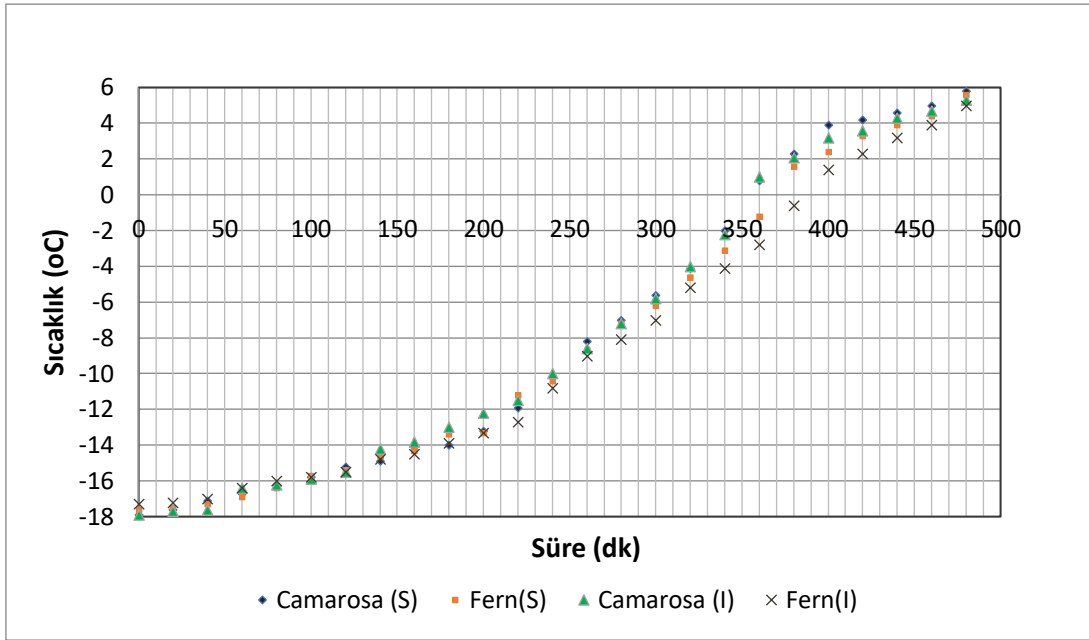
Şekil 4.3 Statik dondurma yöntemi ile dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasında zaman bağlı sıcaklık değişimleri.



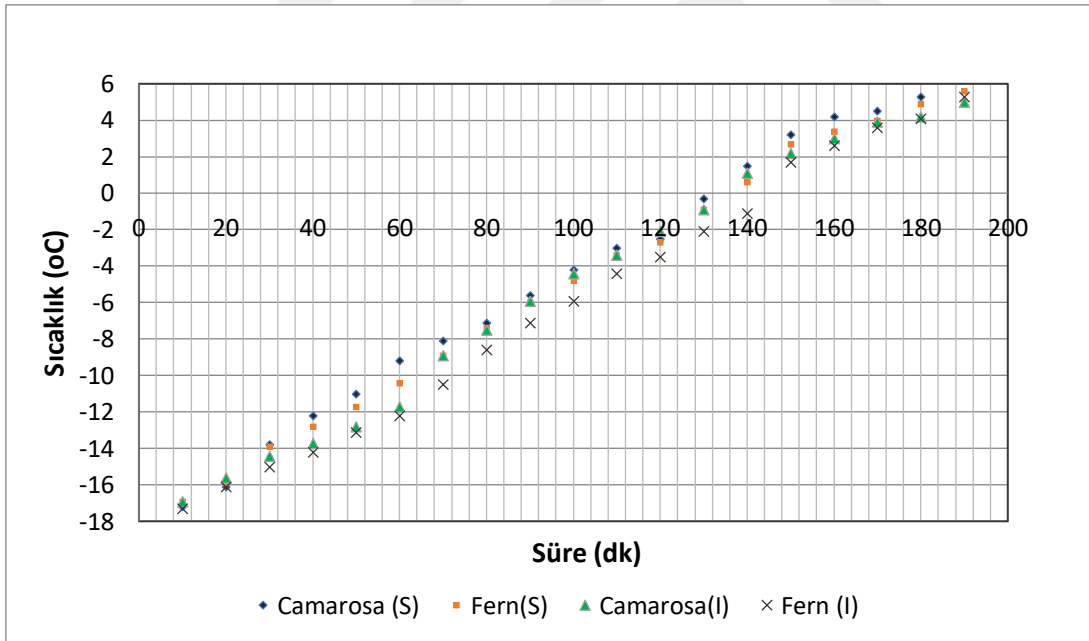
Şekil 4.4 IQF yöntemi ile dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için ohmik çözünme sırasındaki zaman bağlı sıcaklık değişimleri.

Buzdolabı ve oda koşullarında çözündürme işleminde süreç daha yavaş seyrettiği için sıcaklık zaman grafiklerinde daha yatay bir seyir gözlemlenmektedir. Nitekim konsantre vişne suları ile yapılan bir çalışmada örneklerin çözündürülmesi sırasında ohmik yöntemle geleneksel çözündürme (+4 °C) çözündürmeyi kıyaslanmış ve benzer şekilde geleneksel çözündürmedeki daha yatay seyirdeki değişimi gıdanın çözünmesi sırasında uzun bir çözünme platosu olarak ifade etmektedir (Çokgezme 2016).

Diğer grupta yani üç farklı voltajda gerçekleştirilen ohmik çözündürmede ise süreç çok hızlı seyretmiştir. Dolayısıyla çözünme aşamasındaki daha yatay seyir bu aşamada gözlemlenmemiştir. Yine Min vd. (2016)'nin yaptığı bir çalışmada da ohmik çözündürme ve geleneksel çözündürme kıyaslanmış ve benzer şekilde çözündürme sırasında çözündürme platosunun gerçekleşmediği belirtilmiştir. Yukarıdaki Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de görüldüğü üzere daha yüksek voltaj değerleri uygulandığında çözündürme süresi kısalmaktadır. Literatürde yapılan farklı çalışmalarda ohmik çözündürme işleminde voltaj gradyanının artması ile çözünme süresinin kısaldığını rapor edilmiştir (Sastry ve Li 1996, Bozkurt ve İçier 2012).



Şekil 4.5 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekleri için 4 °C'de çözünme sırasında zaman bağlı sıcaklık değişimleri (S:statik dondurma; I:İQF dondurma).



Şekil 4.6 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekleri için 24 °C'de çözünme sırasında zaman bağlı sıcaklık değişimleri (S:statik dondurma; I:İQF dondurma).

Her iki uygulamada da orta nokta sıcaklıklarının zamanla değişimleri kaydedilmiş ve sıcaklıklar +4 °C'ye ulaştığında bu süre çözündürme süresi olarak tanımlanmıştır. Tüm örnek gruplarına ait çözündürme süreleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Tablodaki satırlara

ait olarak veriler değerlendirildiğinde, çalışmada kullanılan Fern ve Camarosa çeşidi çilekler IQF ve statik yöntemle dondurulmuş örneklerin çözünme süreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Sadece Camarosa (IQF) ile Fern (IQF) arasında çözündürme sürelerinde farklı bulunmuştur. Dolayısıyla tabloda sadece sütunlardaki anlamlı farklar belirtilmiştir.

İki çilek çeşidi açısından Fern çeşidi çilekler, Camarosa çeşidine göre tabiatta daha küçük meyve boyutuna sahip olmalarına karşın çalışma kıyaslanabilir olması açısından benzer geometrilerde yapılmıştır. Dolayısıyla çözünme sürelerinde bu kitle etkisi gözlemlenmemiştir. Donma süresiyle ilgili diğer bir etken çileklerin suda çözünür kuru madde (SÇKM) içerikleri olmaktadır. Literatürde farklı suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeren vişne suyu konsantrelerinin çözündürülmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada SÇKM'nin gıdaların çözünme süresinde etkili olduğu ve SÇKM içerikleri arttıkça çözünme sürelerinin azaldığı belirtilmiştir (Çokgezme 2016). Bu çalışmada bu etkenin varlığından dolayı Fern ve Camarosa çeşidi çileklerin dondurma işlemi öncesi briks değerleri ölçülmüş ve fern için 8.1 ± 0.2 ; camarosa için 8.3 ± 0.2 °Bx olarak tespit edilmiştir. İki değer arasındaki farkın büyük olmaması SÇKM'nin çözünme süreleri üzerine etki etmeyeceği düşünülmüş nitekim de cinsler arası yukarıda da belirtildiği üzere çözünme sürelerinde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Farklı çözündürme tekniklerinin çözünme sürelerine etkisi tablodaki sütunlar üzerinden incelendiğinde en hızlı çözünmenin ohmik sistemle çözündürme olduğu görülmektedir. Literatürde de donmuş et parçaları ile yapılan bir çalışmada, etlerin ohmik sistem ile çözündürülmesinin geleneksel çözündürme yöntemine göre daha hızlı gerçekleştiği rapor edilmiştir (Bozkurt ve İçier 2012). Ayrıca aşağıdaki verilere göre uygulanan voltajın artması ile birlikte çözünme süresinde istatistiksel olarak anlamlı bir süre azalışı meydana gelmiştir ($p<0.05$). En kısa çözünme süresi 60V ile statik dondurulmuş Camarosa çeşidi çilekler için 321 saniye olarak kaydedilmiştir. En uzun çözünme süresi ise buzdolabı koşullarında çözündürme işlemi olup IQF tekniği ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için 27723 saniye olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için çözünme süreleri (saniye).

Çözündürme Yöntemi	Camarosa (Statik)	Camarosa (IQF)	Fern (Statik)	Fern (IQF)
24oC	9481±321b*	10682±97b	10195±542b	10740±56b
+4oC	24841±966a	26398±434a	26098±353a	27723±143a
Ohmic Sistem:				
(40V)	818±16c	876±20c	853±22c	900±26c
(50)	656±21d	683±13d	642±12d	681±20d
(60V)	320±18e	333±13e	326±14e	373±19e

(*) Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p < 0.05$).

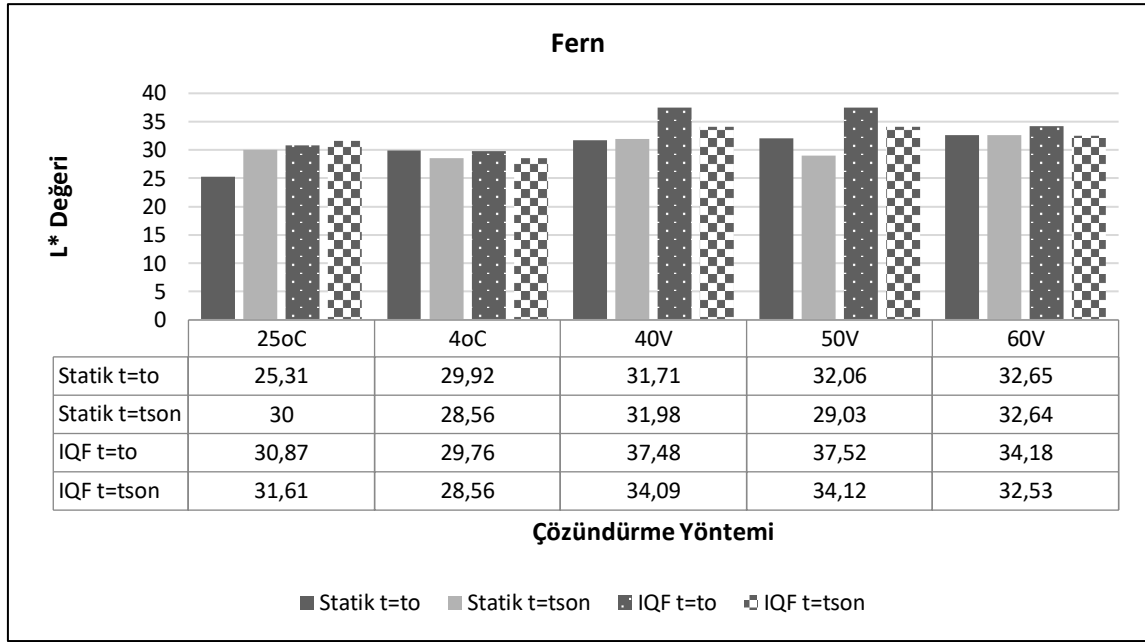
4.3 Renk Analizi

Renk, taze sebze ve meyvelerde olduğu kadar dondurulmuş ve çözündürülmüş ürünlerde de önemli bir kalite kriterlerindendir. Dondurma ve çözündürme sonrasında bazı fiziksel ve biyokimyasal olaylar ile renk üzerinde değişimler meydana gelmektedir. Gıdalara rengini veren bazı pigmentlerin (klorofil, antosiyanin vb.) örneğin enzimatik reaksiyonlar ile değişiminden kaynaklanan birkaç olaydan birisidir (Sanchez-Moreno 2006).

Farklı cins çilek örneklerine uygulanan farklı dondurma ve çözündürme işlemleri sonrasında örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri aşağıda verilmiştir.

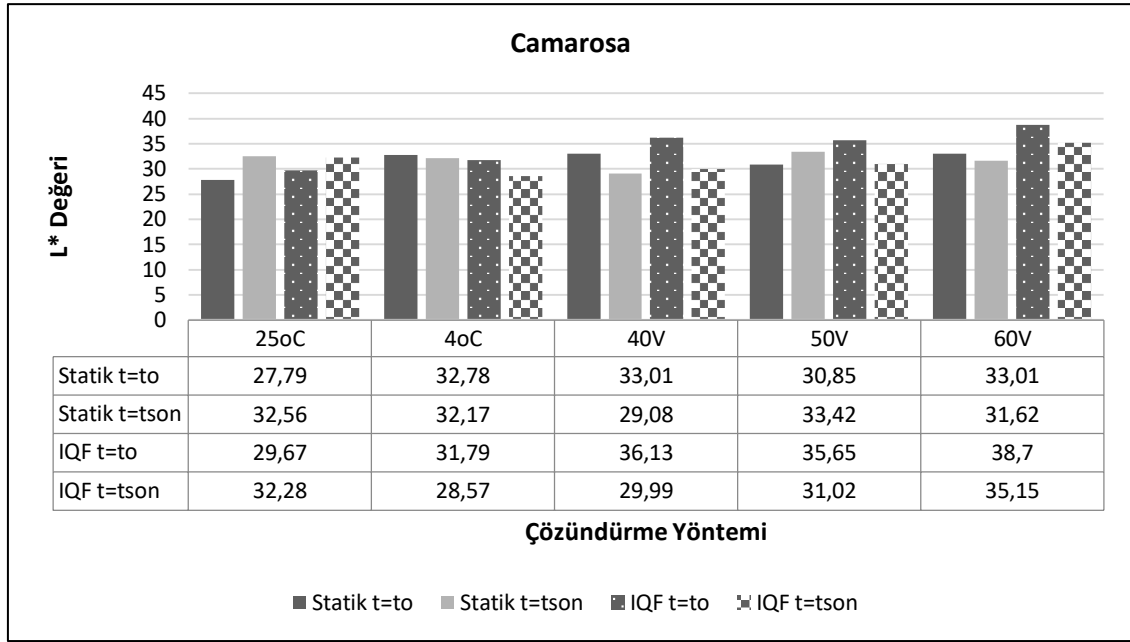
4.3.1 L^* (parlaklık) Değeri Değişimleri

Farklı dondurma yöntemleri ile dondurulmuş ve farklı çözündürme teknikleri ile çözündürülmüş olan çilek örneklerinin dondurulmuş ve çözündürülmüş haldeki L^* değeri ölçümlerinin ortalama olan değerleri şekil 4.7 ve 4.8’ de verilmiştir.



Şekil 4.7 Statik ve IQF dondurma yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen L* değerleri.

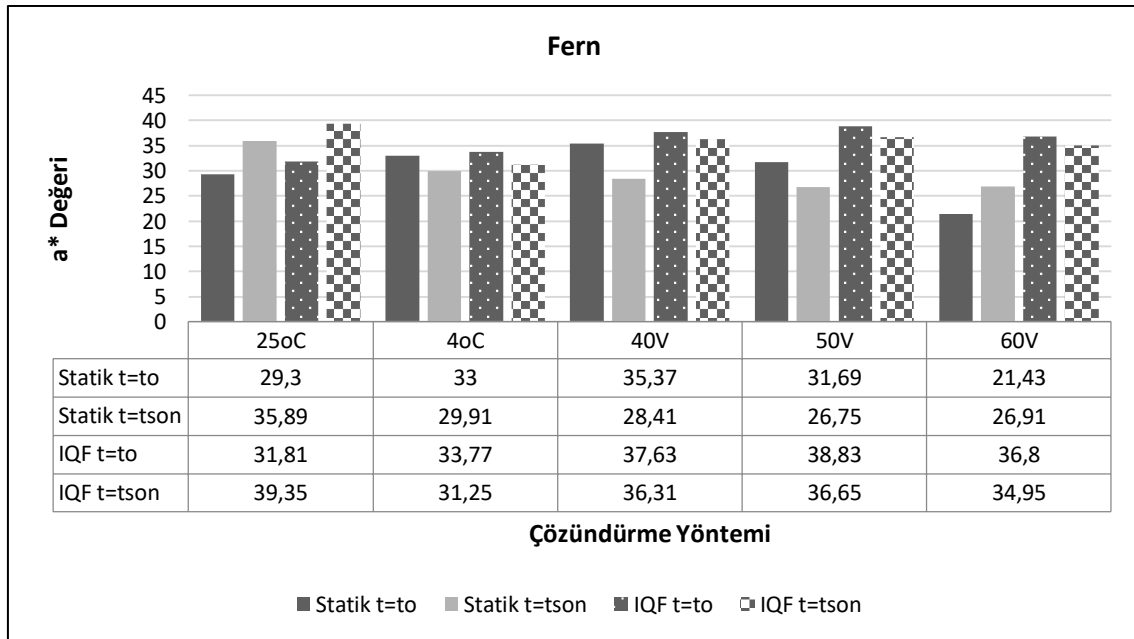
Renk ölçümü sonuçlarına göre statik ve IQF ile dondurulmuş iki çilek örneği için başlangıç ve çözme sonucundaki L* değerleri arasındaki değişimler analizlenmiştir. Renk ölçümü sonuçlarına göre statik fern çeşidi çilek için örneklerin başlangıç ve son ölçüm değerleri arasındaki analizde sadece IQF ile dondurulmuş ve 40V kullanılarak çözülmüş örneğin değerlerindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır ($p>0.05$). Bu örnek için değer 37,48'den 34,09'a düşerek örneklerde kararmanın olduğunu ifade etmektedir. Fakat genel olarak tüm örnekler bakıldığında çözme sırasında kararmanın olduğu söylenememektedir. Benzer durum Camarosa çeşidi çilekler için de geçerlidir. IQF ile dondurulmuş Camarosa çeşidi sadece IQF ile dondurulmuş ve 40V kullanılarak çözülmüş örneğin değerlerindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır ($p>0.05$). Bu örnek için değer 36,13'den 29,99'a düşerek örneklerde kararmanın olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 4.8 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen L* değerleri.

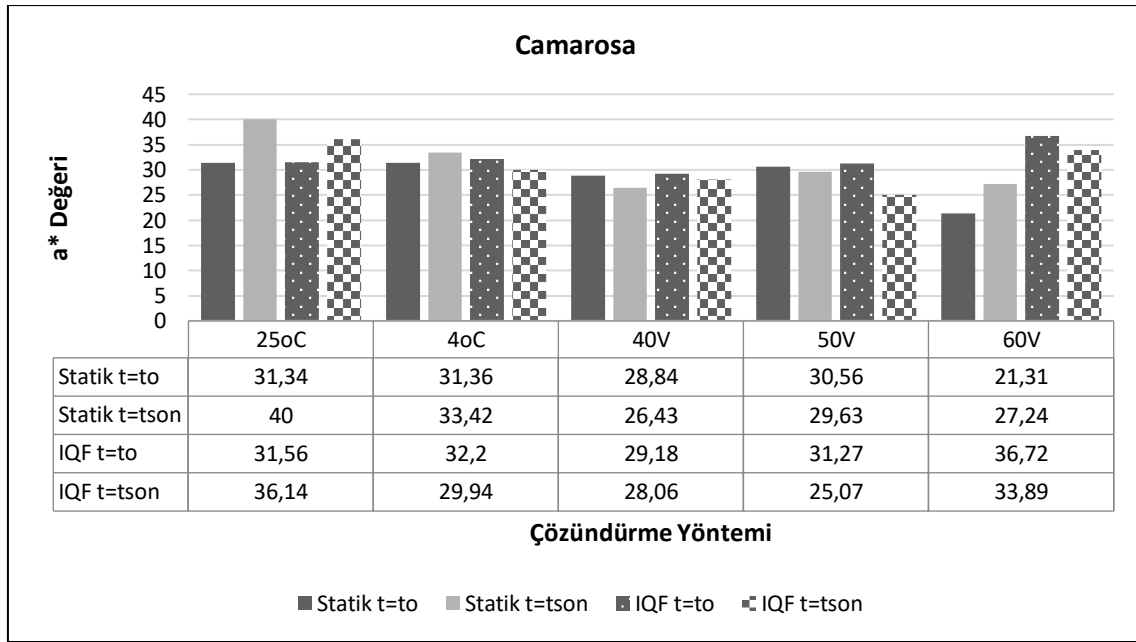
4.3.2 a*(kırmızılık) Değeri Değişimi

Farklı dondurma yöntemleri dondurulmuş ve farklı çözündürme teknikleri ile çözündürülmüş olan çilek örneklerinin dondurulmuş ve çözündürülmüş haldeki a* (kırmızılık) değeri ölçümlerinin ortalama olan değerleri şekil 4.9 ve 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen a* değerleri.

Renk ölçümü sonuçlarına göre statik ve IQF ile dondurulmuş iki çilek örneği için başlangıç ve çözme sonucundaki a^* değerleri arasındaki değişimler analizlenmiştir. Renk ölçümü sonuçlarına göre hem statik hem de IQF ile dondurulmuş fern çeşidi çilek örneklerinde oda sıcaklığında (25 °C) çözündürme işleminde a^* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Statik dondurulmuş örneklerde a^* değerleri 25 °C’de çözündürmede 31.34’den 40’a, IQF ile dondurulmuş örneklerde ise 31.56’den 36.14’e yükselmiştir. Diğer işlemlerdeki a^* değerlerinde bir değişim bulunmamıştır.

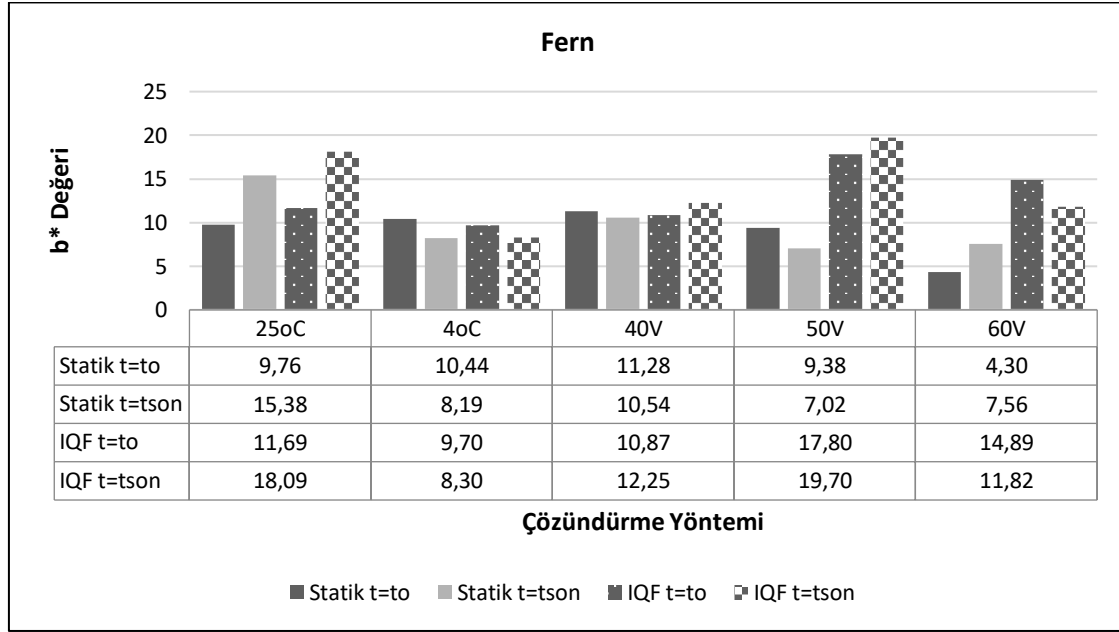


Şekil 4.10 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamarosa çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen a^* değerleri.

Benzer şekilde Camarosa çeşidi çilekler için de sadece statik dondurulmuş örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir (Şekil 4.10). Statik olarak dondurulan bu örneklerdeki a^* değerleri 31.56’den 36.14’e yükselmiştir. Dolayısıyla her iki cins çilek için 25 °C’de gerçekleştirilen bu artışın çileklerin a^* değerlerinde etkili olduğu, diğer çözme yöntemlerinin ise a^* değerlerinde anlamlı bir değişim oluşturmadıkları söylenebilir. 25 °C’deki çözme işlemi hem gerçekleştiği ortam sıcaklığı açısından, hem de süre açısından sıcaklık-süre ikilisinin etkisiyle çileklerin yapısındaki bir takım biyokimyasal değişimlerin gerçekleşmesine olanak veren koşulları sağlamış olabilir. Dolayısıyla bu koşulların diğer çözme işlemlerinden farklı olarak kırmızılık renginde artış meydana getirdiği düşünülmektedir.

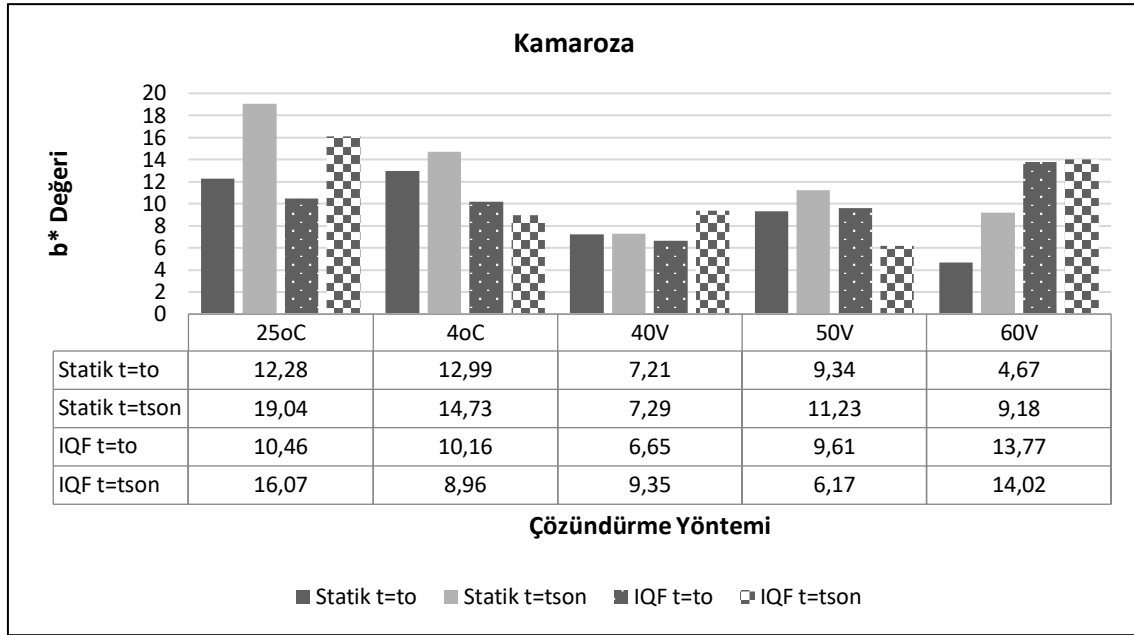
4.3.3 b* (+ sarılık, - mavilik) Değeri Değişimi

Farklı dondurma yöntemleri dondurulmuş ve farklı çözündürme teknikleri ile çözündürülmüş olan çilek örneklerinin dondurulmuş ve çözündürülmüş haldeki b* (+ sarılık, - mavilik) değeri ölçümlerinin ortalama olan değerleri şekil 4.11 ve 4.12’de belirtilmiştir.



Şekil 4.11 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen b* değerleri.

Renk ölçümü sonuçlarına göre statik ve IQF ile dondurulmuş iki çilek örneği için başlangıç ve çözme sonucundaki b* değerleri arasındaki değişimler analizlenmiştir. Benzer şekilde hem Fern, hem de Camarosa çeşidi çilekler için de sadece statik dondurulmuş örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiştir (Şekil 4.11 ve 12). Dolayısıyla her iki cins çilek için 25 °C’de gerçekleştirilen bu artışın çileklerin b* değerlerinde etkili olduğu, diğer çözme yöntemlerinin ise b* değerlerinde anlamlı bir değişim oluşturmadıkları söylenebilir. Benzer durum a* değerlerinde de gözlemlenmiştir. 25 °C’ deki çözme işlemi hem gerçekleştiği ortam sıcaklığı açısından, hem de süre açısından sıcaklık-süre ikilisinin etkisiyle çileklerin yapısındaki bir takım biyokimyasal değişimlerin gerçekleşmesine dolayısıyla diğer çözme işlemlerinden farklı olarak b* renginde artış meydana getirdiği düşünülmektedir.



Şekil 4.12 Statik ve IQF dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonucu ölçülen b* değerleri.

4.4 Sertlik Analizi

Çilek örnekleri üzerinde, dokuda oluşan değişim önemli bir kalite özelliğidir. Doğruer ve Ertaş (2010)'a göre ürüne uygulanmış herhangi bir etkiye karşı, karşı koyma gücü olarak ifade etmişlerdir. Yapılan sertlik analizi sonucu elde edilen veriler çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen sertlik değerleri (Newton).

Çözündürme Yöntemi	Statik		İQF	
	Fern	Camarosa	Fern	Camarosa
25oC	11,3±3,1b	11,3±3,1c	11,4±3,03a	15,6±3,5d
+4oC	19,05±2,8d	24,9±3,6b	13,4±3,4a	24,2±3,9c
Ohmic Sistem:	5,7±0,7c	9,8±3,6ac	8,8±1,04a	12,1±0,5b
(40V)				
(50)	11,3±0,6b	8,1±1,1ac	10,8±1,9a	12,4±0,7ab
(60V)	7,1±0,4a	7,8±0,6a	10,4±0,2a	10,4±1,4a

(*) Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.05$).

Çilek örneklerinde, çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde en yüksek sertlik değerlerinin tüm örnekler için buzdolabı koşullarında çözmede elde edildiği görülmektedir. Bu koşullar için değerler 13.4 ile 24.9 arasında değişmektedir ve özellikle Camarosa çeşidi çilekler daha yüksek sertlik değerlerine sahiptirler. Buzdolabı koşulları olan $+4^{\circ}\text{C}$; muhtemelen yumuşamaya neden olabilecek biyokimyasal değişimlerin üzerine etkili olmakta, dolayısıyla çözme sonrasında bile örnekler yüksek sertlik değeri alabilmektedirler. Diğer bir önemli husus ise en düşük sertlik değerlerinin statik olarak dondurulmuş 60V'da çözündürülmüş çileklerin almasıdır. Bu örneklerin sertlik değerleri 7,1 ve 7.8 N civarında ölçülmüştür. Bu sonucun, statik dondurmanın IQF'e nazaran dokuların üstüne olumsuz etkisi olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu etki yanında ani hızlı bir çözündürme etkisi yaratan 60V'luk ohmik ısı uygulaması, dokulara veya yumuşama üzerine etkili çileğin kendi enzimlerinin aktivitelerinde değişiklikler oluşturabilir ve muhtemel yumuşamalara sebebiyet verebilir. Çizelge 4.3'de Farklı çözme tekniklerinin etkisi incelendiğinde ise; çözündürme işlemlerinin sertlik üzerine etkili olduğu söylenebilmektedir. Sadece fern çeşidi IQF ile dondurulmuş örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

4.5 Brix Değişimi

Gıdalarda, kuru madde miktarı o gıdanın kalitesi, bileşimi ve besinsel değerleri için önemli bir kriterdir. Suda çözünür kuru madde analizi, meyvelerin olgunluk düzeyi hakkında da bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Gıdalar farklı olgunluk düzeylerinde hasat edilmesi, farklı çeşitlerde ve yapıda olması, yapılarında ise şekerin kullanılması, muhafaza edilmesi ve depolama sırasında ürünün suda çözünebilir kuru madde miktarına etki etmektedir (Koyuncu vd. 2005).

Meyvelerde bulunan suda çözünür kuru maddeleri genellikle şekerler oluşturur. Çilek örneklerinde ise suda çözünür kuru madde içerikleri taze Camarosa çeşidinde 8,3 taze Fern çeşidi çilek örneklerinde ise 8,1 olarak bulunmuştur. Farklı dondurma ve farklı çözündürme işlemleri sonrasında çilek örneklerinin briks dereceleri Çizelge 4.4 ve 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen briks değerleri ($^{\circ}Bx$).

Çözündürme Yöntemi	Statik	İQF
25oC	7,1±0,2a*	6,5±0,3b
+4oC	7,8±0,5a	7,8±0,3a
Ohmic Sistem:		
(40V)	7,4±0,5a	9±0,1c
(50)	8,4±0,3b	9,4±0,5c
(60V)	10,4±0,7c	8,6±0,3c

(*)Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.05$).

Çizelge 4.4 incelendiğinde, statik olarak dondurulmuş fern çeşidi çilek örnekleri ohmik yöntem ile (60 V) çözündürülmesi sonucunda en yüksek briks değeri almışlardır ve bu değer 10,4 olarak bulunmuştur. En düşük briks değeri ise oda sıcaklığında çözündürme yöntemi ile çözündürülmüş IQF ile dondurulmuş fern çeşidi çilek örneklerinde 6,5 olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.5 incelendiğinde ise, en düşük briks derecesi yine oda sıcaklığında çözündürme yöntemi ile çözündürülmüş IQF ile dondurulmuş fern çeşidi çilek örneklerinde 6,2 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.5 Statik dondurma yöntemi ve İQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ($t=t_{son}$) ölçülen briks değerleri (Bx°).

Çözündürme Yöntemi	Statik	İQF
25oC	6,7±0,5a*	6,2±0,1b
+4oC	6,3±0,3a	7,2±0,7a
Ohmic Sistem: (40V)	9,4±0,7b	7,9±0,2a
(50)	6,8±0,1a	9,5±0,3c
(60V)	7,5±0,1c	8,5±0,3d

(*)Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.05$).

4.6 Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybı farklı cins çileklerin farklı dondurma yöntemleri ile dondurulması ve farklı yöntemler ile oda sıcaklığında (25 $^{\circ}C$), buzdolabında (+4 $^{\circ}C$) ve ohmik ısıtma ile çözündürülme işlemi sonrasında ortaya çıkan ağırlık kaybı sonuçları çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ölçülen (%) ağırlık kaybı değerleri.

Çözündürme Yöntemi	Statik	IQF
25oC	19,16±0,12b*	12,9±0,07b
+4oC	8,72±0,23a	6,9±0,19a
Ohmic Sistem:		
(40V)	8,63±0,3a	6,71±0,18a
(50)	8,03±0,11a	7,24±0,24a
(60V)	7,73±0,42a	6,49±0,34c

(*) Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Çilek örnekleri kendi aralarında kıyaslandığı zaman farklı dondurma ve çözündürme yöntemlerine bağlı olarak ağırlık kaybı değerlerinde anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir (p<0.05). Yapılan ağırlık kaybı analizi sonucunda IQF ile dondurulmuş çilek örneklerinin, statik olarak dondurulmuş örneklerle göre su salması ve ağırlık kaybının daha az olması analiz sonucundaki verilerde de görülmektedir. Ayrıca IQF ile dondurulmuş örnekler üzerinde en iyi çözme şekli +4 derece buzdolabında çözündürme yöntemi olmuştur. Çözündürme işlemi ohmik çözündürme yöntemine göre daha uzun sürmektedir ancak su salması ve ağırlığında oluşan kayıp en az gerçekleşmiştir. Su salma olayının, işlenmiş çileğin kalitesinde önemli olduğu ve ağırlık kaybının da ayrıca ekonomik bir boyutunun da olması açısından en az ağırlık kaybı bu tarz proseslerde istenen bir durum olmaktadır. Çizelge 4.6'ya göre ohmik çözündürme işlemi de kendi aralarında kıyaslandığı zaman (40-50-60 V) birbirine benzer ve buzdolabında çözündürme işlemindeki verilerle istatistiksel olarak farklı olmayan sonuçlar bulunmuştur (p>0.05). Camarosa çeşidi çilekler için ise her bir çözme işleminin farklı ağırlık kayıplarına neden olduğu görülmektedir.

Statik olarak dondurulan çilek örneklerinde yavaş bir dondurma işlemi hakim olduğu için ve donma işlemi sonrasında ise ürünün hücre dışında büyük buz kristalleri oluşmaktadır. IQF (bireysel hızlı dondurma) ile dondurma yönteminde oluşan buz kristalleri ise hücrenin içinde ve daha küçük boyuttadır. Bu buz kristalleri ise hücre içinde bulunan hücre duvarına daha az hasar vermektedir. IQF ile dondurma yöntemi uygulanan bütün örneklerde daha az ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca, çözündürme işlemi boyunca hücrede su tutma kapasitesi azaldığı için ürünün yapısında çökmeler

oluşabilmektedir. Çözündürme işleminde, üründe oluşabilecek bu değişiklikler ağırlık kaybı miktarını da etkilemektedir (Holzwarth vd. 2012, Chassagne-Berces vd. 2009).

Çizelge 4.7 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çilekler için çözündürme tamamlandığında ölçülen (%) ağırlık kaybı değerleri.

Çözündürme Yöntemi	Statik	İQF
25oC	21,07±0,22*	12,2±0,12b
+4oC	8,03±0,32a	6,02±0,09a
Ohmic Sistem:		
(40V)	9,41±0,17c	8,93±0,34c
(50)	9,73±0,09d	8,53±0,12c
(60V)	8,93±0,31e	7,49±0,16d

(*) Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Benzer bazı sonuçlar farklı birkaç çeşit meyvede (ananas, elma, kavun, mango) yapılan bir incelemede görülmüştür. Meyveler, farklı hızda dondurulmuş ve -18°C’ de belirli bir süre depolanmıştır. Çözündürme işleminden sonra ürünlerde belirlenen ağırlık kaybı miktarı dondurma hızı ve ürünlerin çeşitlerine göre farklılıklar göstermiştir (Sirijariyawat ve Charoenrein 2012).

Yine literatürde, IQF yöntemi ile dondurulan çilek örnekleri buzdolabında 4°C’de, oda sıcaklığında 20°C, 37°C ve mikrodalga uygulamalarıyla çözündürülmüştür. IQF ile dondurulmuş örneklerde 37°C ve oda sıcaklığı 20°C’ de çözündürme işlemi yapılan örneklerde yüksek ağırlık kaybı bulunmuş, mikrodalga ile çözündürülen örneklerde ise daha düşük ağırlık kaybı belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan örneklerde, dokusal özelliklerin çok daha iyi korunduğu belirtilmiştir (Holzwarth vd. 2012).

4.7 Antioksidan Aktivite Değerleri

Çilekler içerdikleri c vitamini, flavanol ve fenolik maddelerin yanında, antosiyaninlerce zengin olmalarından dolayı yüksek antioksidan aktiviteye sahiptirler. Çileklerin farklı dondurma yöntemleri ile dondurulması ve farklı yöntemler ile oda sıcaklığında (25 °C),

buzdolabında (+4 °C) ve ohmik ısıtma ile çözündürülme işlemi sonrasında ortaya çıkan antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Statik dondurma yöntemi ve IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern ve Camarosa çeşidi çilekler için farklı çözündürme yöntemleri sonrası antioksidan aktiviteleri (% inhibisyon).

Çözündürme Yöntemi	Camarosa (Statik)	Camarosa (IQF)	Fern (Statik)	Fern (IQF)
24oC	39,67±2,08a*	40,33±2,08a	42,67±3,06ab	44±1,0b
+4oC	42±1,73a	44,67±3,06a	47,33±3,06a	48,67±1,53a
Ohmic Sistem:				
(40V)	40,67±2,31a	42±3a	44,67±1,15a	46,67±2,52b
(50)	39,67±2,52a	40,67±2,52a	41±2,65b	43,33±1,53b
(60V)	40,33±1,15a	41±2,0a	42,33±1,53b	43±2,65b

(*) Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Yapılan analiz sonucunda elde edilen verilere göre çileklerin yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları görülmüştür. Radikal inhibisyon kapasitesi % 39.67- 48.67 arasında değişmektedir. Literatürde DPPH yöntemiyle Maletto çeşidi çilekler üzerinde yapılan bir araştırmaya göre taze çileklerin %60-79 DPPH inhibisyonu gösterdikleri tespit edilmiştir (Panico vd 2009). . Camarosa ve Fern için bu çalışmaya oranla düşük sonuçların çıkmasının sebebi cinsle alakalı olmaktan çok muhtemel dondurma ve çözündürme işlemleriyle ilgili olarak geçen süreçten kaynaklanabilir. Nitekim bir çilek suyu konsantreleri ile ilgili yapılan bir çalışmada; toplam polifenol miktarı, askorbik asit miktarı ve antioksidan aktivite değerleri üzerine farklı sıcaklıklarda depolamanın önemli düzeyde etkisinin olduğu saptanmış ve 4°C’de 275 gün boyunca depolanan çilek suyu konsantrelerinin toplam polifenol miktarında % 13.5, askorbik asit miktarında % 33 ve antioksidan aktivitede % 18 oranında azalma görülmüştür. (Menevşeoğlu 2012).

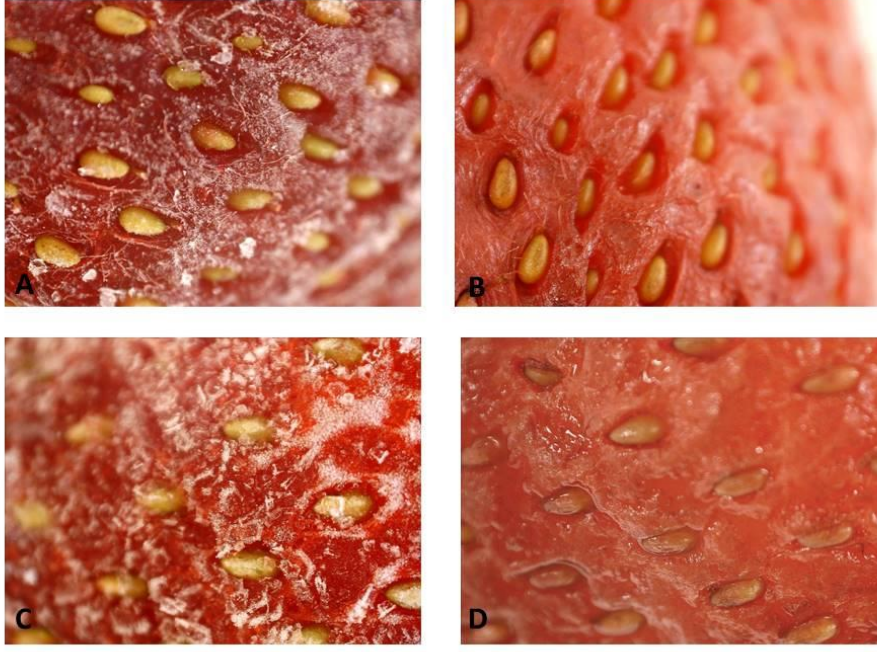
Camarosa ve Fern çeşidi çilek türlerinde IQF ile dondurma yöntemi, statik olarak dondurma yöntemine göre kıyaslandığı zaman antioksidan aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise kaliteli bir dondurma işlemi uygulanması ile ilgili olabilmektedir. Ayrıca Fern çeşidi çilek türlerinde antioksidan aktivite Camarosa çeşidi çilek türlerine göre daha baskın geldiği görülmüştür. Bunun nedeninin ise Fern çeşidi çileğin daha koyu renkli dolayısıyla daha zengin antosiyanin içermesinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneysel sonuçlara göre ohmik ısıtma ile diğer yöntemler arasında önemli bir fark tespit edilememiştir.

Elde edilen yüksek antioksidan içerikleri literatürle de uyumludur. Yapılan bir çalışmada, Polonya’da yetiştirilen 6 farklı çilek çeşidinin antioksidan değerleri DPPH metodu ile belirlenmiş ve çileklerin 0.0380.047 mg DPPH antioksidan kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Skupien ve Oszmianski 2004). Yine başka bir çalışmada, Tulipani vd. (2008) ise 9 farklı çilek çeşidinin antioksidan aktivitelerini TEAC ve FRAP yöntemi ile karşılaştırmış ve TEAC yönteminde çileklerin 1119 mmol TE/g örnek arasında, FRAP yönteminde ise 714 mmol TE/g örnek arasında antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda meyvelerin soğuk depolamada toplam fenolik madde kompozisyonlarının depolama sıcaklığından önemli düzeyde etkilendiği rapor edilmektedir (Shin 2007). Dolayısıyla yüksek miktarda askorbik asit bulunması nedeniyle çilek meyvesi reaktif oksijen radikalleri üzerinde koruyucu özellik göstermekte, fakat bu etki sıcaklık değişimleriyle etkilenebilmektedir. Ayrıca, bir çok gıdanın antioksidan aktivite değerleri hammaddenin çeşidi, hasat edilme zamanı, işlenme şekli ve depolama koşulları ile değişiklik göstermektedir (Arena vd. 2001, Del Caro vd. 2004, Naithani vd. 2006, Klimczak vd. 2007).

4.8 Yüzey Doku Görüntüleri

Farklı cins çilek örneklerinin iki farklı dondurma yöntemi ile dondurulması ve farklı çözündürme yöntemleri (oda sıcaklığında, +4 °C buzdolabında ve ohmik çözündürme) ile çözündürülmesi sonrasında en belirgin kalite değişiminin gözlemlendiği 25 °C’de çözündürülmüş çilek örneklerinin yüzey doku görüntüleri şekil 4.13 ve 4.14’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4.13 Fern çeşidi çilekler için 25°C de çözündürme yöntemi öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri (A: statik dondurma, B: statik dondurulan örneğin çözünmüş hali; C: IQF dondurma, D: IQF dondurulan örneğin çözünmüş hali).

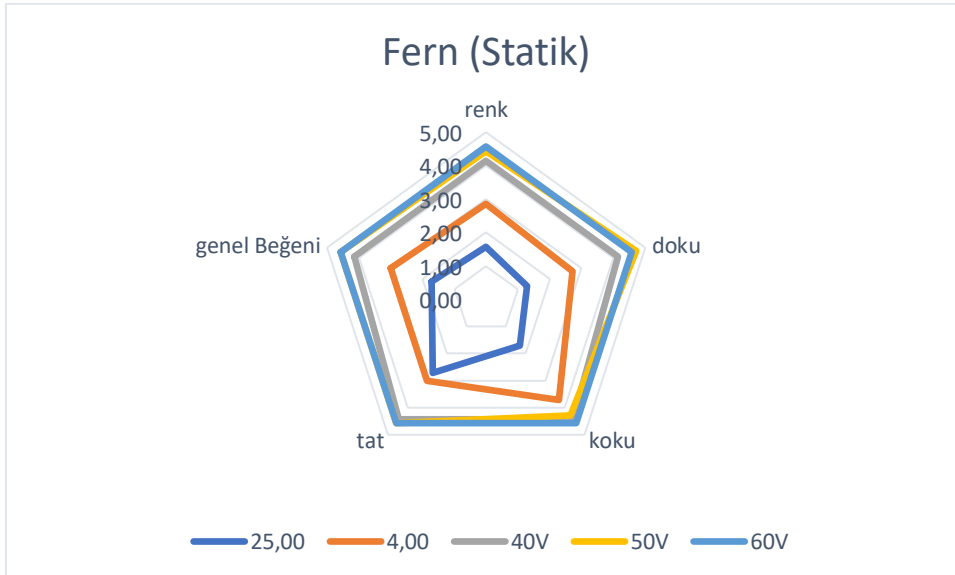


Şekil 4.14 Kamaroza çeşidi çilekler için 25°C de çözündürme yöntemi öncesi ve sonrası yüzey görüntüleri (A: IQF dondurma, B: IQF dondurulan örneğin çözünmüş hali; C: statik dondurma, D: statik dondurulan örneğin çözünmüş hali).

Fern çeşidi çilek örnekleri Camarosa çeşidi çilek örneklerine göre daha pembe bir renge sahiptir. Şekil olarak ise Camarosa çilek örnekleri yassı, oval ve içi boşluklu bir yapıya sahipken fern çeşidi çilek örnekleri ince, uzun bir şekle sahip ve Camarosa çilek örneklerine göre daha sert bir dokusu vardır. Ayrıca statik ve IQF yöntemi ile dondurulmuş olan çilek örneklerinde ise statik olarak dondurulmuş çilek örnekleri üzerinde oluşan buz kristalleri daha belirgin görülürken IQF ile dondurulmuş olan çilek örneklerinde daha az görülmektedir. IQF ile dondurulmuş olan çilek örnekleri birbirine yapışmadan tane tane dondurulurken şeklinde herhangi bir değişiklik meydana gelmeden yapısını ve şeklini koruyarak dondurulmuştur. Statik olarak dondurulmuş çilek örneklerinde ise durgun havada dondurma işlemi sonrasında çilek örneklerinde birbirine yapışmalar ve bu yapışmaları ayırmaya çalışma sırasında şeklinde hasarlar oluşmaktadır.

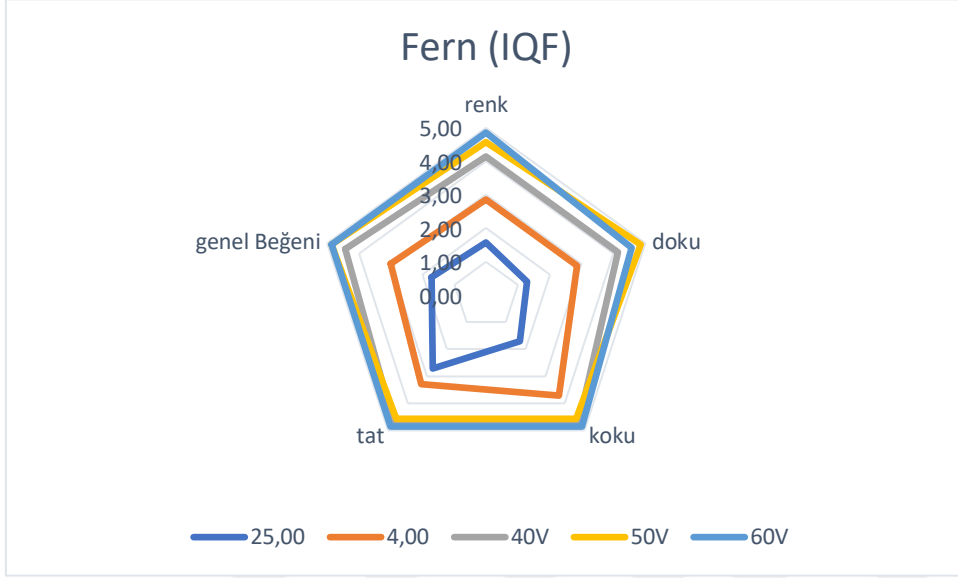
4.9 Duyusal Değerlendirme

Farklı dondurma yöntemleri ile dondurulmuş ve farklı çözündürme teknikleri ile çözündürülmüş olan çilek örneklerinin, çözündürme işleminden sonra alınan örnekler üzerinde yapılan duyu analizi sonuçları şekil 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.



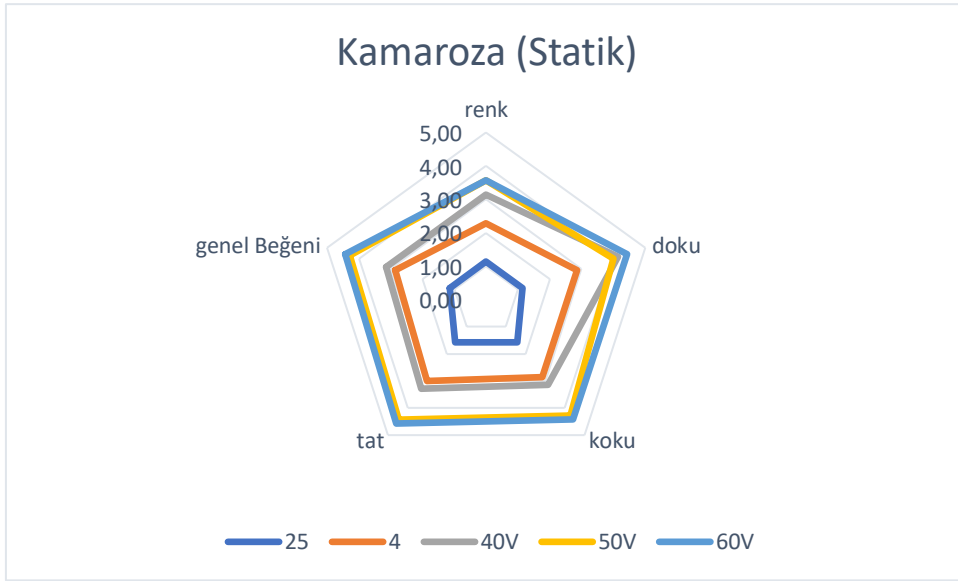
Şekil 4.15 Statik dondurma yöntemi dondurulmuş Fern çeşidi çileklere ait duyu analizi bulguları.

Statik olarak dondurulmuş Fern çeşidi örneklerde renk, tat, aroma gibi genel beğeni açısından en iyi sonuç ohmik çözündürme yöntemi ile (40-50 V) çözündürülmüş olan örneklerdir. Oda sıcaklığında çözündürme işleminde ise dokusuna bakıldığı zaman genel beğenisi en az olan örnek olmuştur.



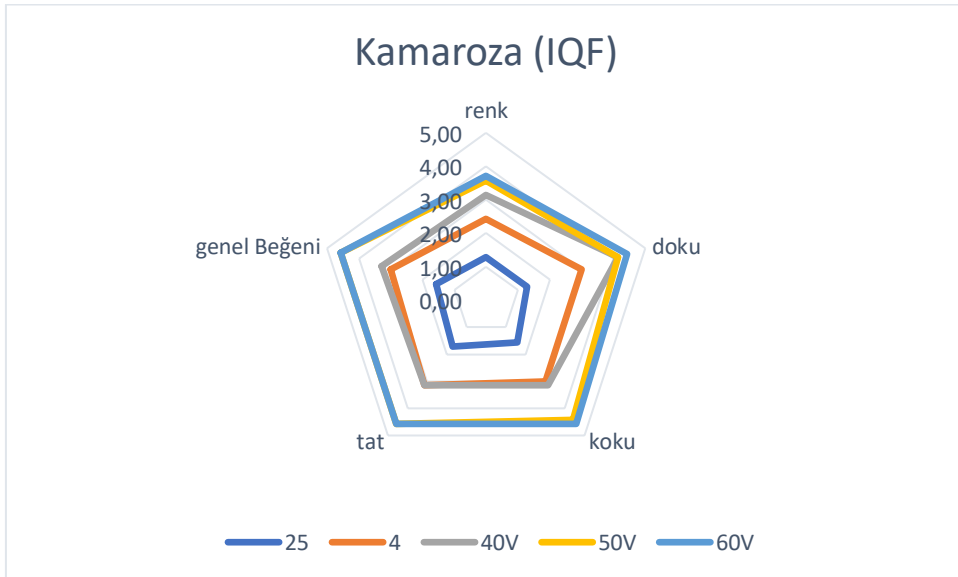
Şekil 4.16 IQF yöntemi ile dondurulmuş Fern çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.

IQF yöntemiyle dondurulmuş Fern örneklerinde ise; statik dondurulmuş örneklerde olduğu gibi tat, koku, aroma gibi genel beğeni için en yüksek skorları ohmik çözündürme (50-60 V) ile çözündürülmüş örneklerde almıştır. Statik ya da IQF ile dondurulmuş ve sonrasında üç farklı yöntem ve üç farklı voltajda çözündürülmüş Fern çeşidi çilekler tat ve aroma bakımından Camarosa çeşidi örneklerle karşılaştırıldığında baskın tat ve aromasından dolayı daha çok beğeni almıştır.



Şekil 4.17 Statik dondurma yöntemi dondurulmuş Kamaroza çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.

Statik olarak dondurulmuş Camarosa örneklerinde renk, tat, doku ve genel beğeni açısından en iyi sonuç hızlı bir çözündürme işlemi sağlayarak dokusunda daha az hasar vermesi, suyunu daha az salmasından ve renginde çok fazla değişme olmamasından dolayı ohmik çözündürme (60 V) ile çözündürülmüş olan çilek örneklerine aittir. Renk ve dokusuna bakıldığı zaman ise oda sıcaklığında çözündürülmüş olan çilek örnekleri genel olarak en az beğenilen çilek örnekleri olmuştur.



Şekil 4.18 IQF yöntemi ile dondurulmuş Kamaroza çeşidi çileklere ait duyusal analiz bulguları.

IQF ile dondurulmuş Camarosa örneklerinde ise genel beğeni en çok ohmik çözündürme ile (50-60 V) çözündürülmüş olan çilek örneklerine aittir. En az beğeniye alan çilek örnekleri oda sıcaklığında çözündürülmüş örneklerdir. Bu çözündürme işleminde oda sıcaklığında uzun süre beklemesine bağlı olarak örneklerin dokusu yumuşayarak çökmüş ve suyunu salmış ve kısmen renginde değişimler meydana gelmiştir. Buna bağlı olarak en az beğeniye alan oda sıcaklığında çözündürülmüş olan çilek örnekleri olmuştur.

Dondurma ve çözündürme yöntemleri ve çilek cinsleri kendi aralarında duyuşal skorlar açısından genel olarak kıyaslandığında, dondurma yöntemlerinden IQF ile dondurma yönteminin statik olarak durgun havada dondurma yöntemine göre üzerinde oluşan buz kristalleri ya da birbirine yapışmama durumuna göre daha iyi bir yöntem olduğu gözlemlenmiştir. Dondurulmuş olan iki farklı cins çilek örneklerinden Fern çeşidinin Camarosa çeşidine göre tat, aroma ve görüntü açısından daha çok beğeni aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca çözündürme yöntemlerinden de oda sıcaklığında çözündürmenin doku, renk gibi kalite kriterlerinde daha kötü duyuşal sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. En iyi sonuçların ise +4 derece buzdolabında çözündürme ve ohmik yöntem ile çözündürmede olduğu, ohmik çözündürme işleminde ise en iyi duyuşal skorların 60 V’da çözündürülmüş örneklerin aldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Dondurulmuş gıdaların tüketime veya işlemeye hazır hale gelmesi için uygun olarak seçilecek bir yöntem ile çözündürülmesi gerekmektedir. Gıdaya uygun olarak seçilecek bir çözündürme yöntemi, dondurulmuş gıdaların kalitesinin korunması açısından da büyük öneme sahiptir. Çünkü dondurma işleminin uygun olarak uygulanması kadar, nihai ürünün kalitesinde hatalı uygulanan çözündürme işlemleri gıdaların kalitesini etkileyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu değişimleri en az düzeye düşürecek ve o gıdanın fizikokimyasal özelliklerine uygun uygulamalar seçilmelidir. Bu çalışmada, dondurulmuş çilek sektöründe yaygın olarak kullanılan iki farklı çilek türü (Fern, Camarosa) ile çalışılmıştır. Meyveler IQF (bireysel hızlı dondurma) ve statik dondurma yöntemleri kullanılarak önce dondurulmuş, daha sonra kalite kayıplarının belirlenebilmesi amacıyla farklı altı farklı çözündürülme tekniği uygulanarak çözündürülmüştür. Elde edilen bulgulara Fern ve Camarosa çeşidi çilekler açısından renk ve tat gibi (cinse özel) duyuşal özellikler dışında çözündürmenin kaliteye etkisi açısından belirgin bir fark tespit edilememiştir. Genel olarak en iyi dondurma yönteminin IQF yöntemiyle dondurulmuş örneklere ait olduğu gözlemlenmiştir. Örneklere uygulanan çözündürme yöntemlerinden oda sıcaklığında çözündürme işleminin doku, renk gibi çileklerin kalite kriterlerinde en kötü sonucu verdiği, en iyi sonuçların ise birbirlerine yakın değerlerde +4 derece buzdolabında çözündürme ve ohmik yöntem (40-50-60 V) ile çözündürme işlemi olduğu sonucuna varılmıştır. Ohmik yöntemlerde ise 60 V ile çözme işlemi; uygulanan deneysel koşullarda özellikle çözme süresini oldukça azaltması ve gerçekleştirilen temel analizler açısından kabul edilebilir kalite özelliklerine sahip olmasından dolayı her iki çilek çeşidi için de uygun bir çözme tekniği olmuştur.

6. KAYNAKLAR

- Abaylu N, Başoğlu F, 1992, Dondurarak Muhafaza Edilen Bazı Meyve ve Sebzelerin Mikrobiyolojisi ve Depolama Sürecindeki Değişimleri Üzerine Araştırmalar, Gıda, 17, 5-10.
- Acar J, 1981, Bitkisel Besinlerin Dondurularak Saklanması, Gıda, 6, 19-21.
- Akbay C, 2000, Food Consumption Patterns of Socioeconomic Groups: An Application of Almost Ideal Demand System. Doktora Tezi, Ohio State University, USA, 321s.
- Akbay C, Candemir S, Orhan E, 2005, Türkiye’ de Yaş Meyve ve Sebze Ürünleri Üretim ve Pazarlaması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8, 96-107.
- Atasever M, 2000, Besin İşyerlerinde: Hijyen, Besinlerin Hazırlanması ve Muhafazası, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi 11, 117-122.
- Aydın G, 2012, Fern Çilek Çeşidine Hasat Öncesi Uygulanan Benzyladenine-Gibberellik Asit ve Alar’ın Soğuk Hava Depolarında Muhafaza Ömrü Üzerine Etkileri, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 143s, Erzurum.
- Baysal T, İçier F, Baysal A.H, (2011). Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri, Sidas Yayınları, İzmir.
- Bozkır H, Baysal T, Rayman E, 2014, Gıda Endüstrisinde Uygulanan Yeni Çözündürme Teknikleri, Akademik Gıda, 12, 38-44.
- Bozkurt H, İçier F, 2012, Ohmic Thawing of Frozen Beef Cuts, Journal of Food Process Engineering, 35, 16–36.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C, 1995, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, LWT-Food Science and Technology 28, 25- 30.
- Chassagne-Berces S, Poirier C, Devaux F, Fonseca F, Lahaye M, Pigorini G, Girault C, Marin M, Guillon F, 2009, Changes in Texture, Cellular Structure and Cell Wall

Composition in Apple Tissue as a Result of Freezing, Food Research International 42, 788-797.

Chevalier D, Le Bail A, Ghoul M, 2000, Freezing and Ice Crystals Formed in a Cylindrical Food Model: Part II. Comparison Between Freezing at Atmospheric Pressure and Pressure-shift Freezing, Journal of Food Engineering, 46, 287- 293.

Cemeroğlu A, Acar J, 1986, Meyve Sebze İşleme Teknolojisi, Başkent Klişe Matbaacılık, 328s, Ankara.

Cemeroğlu B, Yemenicioğlu A, Özkan M, 2009, Meyve ve Sebzelerin Bileşimi, In: Cemeroğlu, B, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 1, 215-217.

Çaylı G, 2015, Iqf (Bireysel Hızlı Dondurulmuş) Ve Ev Tipi Derin Dondurulmuş (-18 °C) Üç Farklı Taze Yeşil Fasulye Çeşidinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 50s, Afyon.

Çetin B, Tipi B, Turhan Ş, Akbudak N, 2003, Türkiye’de Dondurulmuş Sebze-Meyve Sanayiinin Ekonomik Yapısı ve Pazarlama Sorunları, TZOB Yayınları, 248s, Ankara.

Çokgezme Ö.F, 2016, Dondurulmuş Meyve Suyu Konsantresine Ohmik Çözündürme Uygulamasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Sunum Tarihi: 22.08.2016, İzmir.

Çokgezme Ö.F, İçier F, 2016, Dondurulmuş Gıdaların Çözündürülmesinde Alternatif Bir Yöntem: Ohmik Çözündürme, Akademik Gıda, 14, 166-171.

Çurkan A, Tamer C. E, Çopur Ö. U, 2012, Dondurulmuş Meyve-sebze İhracatının Analizi, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 26, 73-82.

Darrow G. M, 1966, The Strawberry, Hold, Rinehart and Winston, 447s, New York.

- Demiray E, Tülek Y, 2010, Donmuş Muhafaza Sırasında Meyve ve Sebzelerde Oluşan Kalite Değişimleri, Akademik Gıda, 8, 36-44.
- Duman A, Evliya B, 2002, Bazı Dondurulmuş Sebzelerin Mikrobiyal Florasının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 153-159
- Erol R, 2006, Gıda Ürünlerinin Dış Ticaret Yapısının İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 151s, Tekirdağ.
- Gavahian M, Farahnaky A, 2018, Ohmic-assisted Hydrodistillation Technology: A Review, Trends in Food Science and Technology, 72, 153-161.
- Görgüç A, Gençdağ E, Tecimen S, Anakız S, Köse Ö, Bıyık H, Yılmaz M, 2019, Ultrason Yıkama İşleminin Soğuk Depolama Sırasında Taze Çileğin Kalite Parametrelerine Etkisi, Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, 7, 1457-1464.
- Gündüz K, Özdemir E, 2012, Çileklerde Meyve Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkiler, Journal of the Institute of Science and Technology, 2, 9-14.
- Gündüz K, Özdemir E, 2012, Farklı Yetiştirme Yerlerinin Bazı Çilek Genotiplerinin Erkencilik İndeksi, Verim ve Meyve Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkileri, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 49, 27-36.
- Heinonen M, Meyer S, Frankel N, 1998, Antioxidant Activity of Berry Phenolics on Human Low-Density Lipoprotein and Liposome Oxidation, J.Agriculture, Food Chemistry 46, 4107–4112.
- Holzwarth M, Korhummel S, Carle R, Kammerer R, 2012, Evaluation of the Effects of Different Freezing and Thawing Methods on Color, Polyphenol and Ascorbic Acid Retention in Strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch.), Food Research International 48, 241-248.

- Hong P, Min G, Ko S, Shim K, Seo E, Choi M, 2007, Effects of brine Immersion and Electrode Contact Type Low Voltage Ohmic Thawing on the Physico-chemical Properties of Pork Meat Journal of Food Process Engineering, 27, 416-423.
- İçier F, Turgay İzzetoğlu G, Bozkurt H, Ober A, 2010, Effects of Ohmic Thawing on Histological and Textural Properties of Beef Cuts, Journal of Food Engineering 99, 360-365.
- İçier F, Bozkır H, 2012, Ohmic Thawing of Frozen Beef Cuts, Journal of Food Process Engineering 35, 16-35.
- İçier F, Çokgezme Ö.F, Sabancı S, 2016, Alternative Thawing Methods for Blanched Potato Cubes: Microwave, Ohmic and Carbon Fiber Plate Assited Cabin Thawing Journal of food Process Engineering, 40, 24-03.
- ISO 16649-2, 2001: Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Beta-glucuronidase-positive Escherichia coli-Part 2: Colony-count Technique at 44 Degrees C using 5-broma-4chloro-indoly Beta-D-glucuronide.
- ISO 4832, 2006: Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Coliforms.
- ISO 2157-2, 2008: Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method for the Enumeration of Yeasts and Moulds- Part 2: Colony Count Technique in Products With Water Activity Less than or Equal to 0,95.
- ISO 4833-1, 2013: Microbiology of the Food Chain - Horizontal Method for the Enumeration of Microorganisms - Part 1: Colony Count at 30 Degrees C by the Pour Plate Technique.
- ISO 6579-1, 2017: Microbiology of the Food Chain - Horizontal Method for the Detection, Enumeration and Serotyping of Salmonella - Part 1: Detection of Salmonella spp.
- ISO 6888-1, 2021: Microbiology of the Food Chain - Horizontal Method for the Detection, Enumeration of Coagulase-positive Staphylococci (Staphylococcus aureus and other species)-Part 1: Method Using Baird-Parker Agar Medium.

- Jose B, Vanetti D, 2015, Application of Ultrasound and Chemical Sanitizers to Watercress, Parsley and Strawberry: Microbiological and Physicochemical Quality, Food Science and Technology, 63, 946-952.
- Kalichevsky M, Knorr D, Lillford P, 1995, Potential Food Applications of High-pressure Effects on Ice-water Transitions, Trends in Food Science - Technology, 6, 253-259.
- Kamiloğlu S, 2019, Bireysel Hızlı Dondurma İşlemi Basamaklarının Granny Smith Elmaların Polifenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesine Etkileri, Akademik Gıda, 17, 38-46.
- Karabağlı A, AlpKent N, 1998, Türkiye ve AB’de Dondurulmuş Gıda Sanayinin Durumu ve Dış Ticaretinde Gelişmeler, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Karaca F, 2022, Bazı Çilek Çeşitlerinin (Fragaria x ananassa Duch.) Ereğli-Konya Ekolojik Şartlarında Verim ve Kalite Özellikleri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 58s, Konya.
- Kiani H, Sun W, 2011, Water Crystallization and its Importance to Freezing of Foods: A Review, Trends in Food Science-Technology 22, 407– 426.
- Koç M, Devseren E, Yılmaz T, Petmez B, Okut D, Ertekin F, 2018, Farklı Dondurma ve Çözündürme Yöntemleri ile Ön İşlem Uygulamalarının Mandalina ve Çilekte Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri, Gıda, 43, 370-383.
- Koyuncu A, Savran E, Dilmaçunal T, Kepenek K, Cangi R, Çağatay Ö, 2005, Bazı Trabzon Hurması Çeşitlerinin Soğukta Depolanması, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 18, 15-23.
- Li B, Sun D, 2002, Novel Methods for Rapid Freezing and Thawing of Foods, Journal of Food Engineering, 54, 175-182
- Liu L, Llave Y, Zheng D, Fukuoka M, Sakai N, 2017, Electrical Conductivity and Ohmic Thawing of Frozen Tuna at High Frequencies, Journal of Food Engineering, 197, 68-77.

- Menevşeoğlu A, 2012, Çilek Suyu Konsantresi Üretim Aşamalarında ve Depolama Sürecinde Polifenoller, Askorbik Asit ve Antioksidan Aktivitedeki Değişimler, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Ankara.
- Miao Y, Kawai M, Horibe K, Noguchi A, 2003, Ohmic Thawing of frozen Food, Proceedings of the 4 th Annual Meeting of Japan Society for Food Engineering, Otsu-city, 30s, Japan.
- Min G, Hong P, Chun J, Park S, 2015, Pressure Ohmic Thawing: a Feasible Approach for the Rapid Thawing of Frozen Meat and Its Effects on Quality Attributes, Food Bioprocess Technology, 1-12.
- Oszmianski J, Wojdy A, Kolniak J, 2009, Effect of L-ascorbic Acid, Sugar, Peçtin and Freeze-thaw Treatment on Polyphenol Content of Frozen Strawberries, Food Science Technology, 42, 581-586.
- Özkaya A, 2022, Farklı Çilek Çeşitlerinde Verim ve Kalite Üzerine Yapraktan Bor ve Giberellik Asit (GA3) Uygulamalarının Rolü, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Uşak.
- Pala M, Üstünes H, 1983, Değişik Soğuk Zincir Sistemlerinde Kalite Kayıplarının Karşılaştırılması, Gıda, 8, 1-5.
- Panico A.M, Garufi F, Nitto S, Di Mauro R, Longhitano R.C, Magri G, Catalfo A, Serrentino E, De Guidi G, 2009, Antioxidant Activity and Phenolic Content of Strawberry Genotypes From *Fragaria x Ananassa*, Pharmaceutical Biology, 47, 203-208.
- Peterson A.C, and Gunderson M.F, 1981, The Freezing Preservation of Foods, Tressler K, Van Anadel W, Compley M, Third Printing, The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, 397s.
- Rice-Evans A, Miller J, 1996, Antioxidant Activities of Flavonoids as Bioactive Components of Food, Biochemical Society Transactions, 24, 790–795.

- Rickman C, Barrett D, Bruhn M, 2007, Nutritional Comparison of Fresh, Frozen and Canned Fruits and Vegetables. Part 1, Vitamins C and B and Phenolic Compounds, *Journal of Science of Food and Agriculture* 87, 930-944.
- Sanchez-Moreno C, De Ancos B, De Pascual Teresa S, Cano M, 2006, Fruit freezing principles, In *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, Edited by Hui H, Blackwell Publishing, 2121 State Avenue, Ames Iowa, 4, 59-79.
- Sastry S, Li Q, 1996, Modeling the Ohmic Heating of Foods, *Food Technology*, 50, 246-248.
- Sethun N, Ramaswamy H, Zhu S, Sumnu G, Sahin S, 2012, Ohmic Tempering of Frozen Potato Puree Food and Bioprocess Tehcnology, 6, 3200-3205.
- Shin Y, Liu H, Nockc F, Holliday D, Watkins B, 2007, Temperature and Relative Humidity Effects on Quality, Total Ascorbic Acid, Phenolics and Flavonoid Concentrations, and Antioxidant Activity of Strawberry, *Postharvest Biology and Technology*, 45, 349–357
- Sirijariyawat A, Charoenrein S, 2012, Freezing Characteristics and Texture Variation After Freezing and Thawing of Four Fruit Types, *Songklanakarin J, Scient Technology*, 34, 517-523.
- Şengül Y, 2014, Farklı Dondurma ve Çözündürme Metotlarının Nar Tanelerinin Fiziksel Ve Antioksidan Özellikleri Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, İstanbul.
- Tülek Y, Gökalp H, Özkal S, 1999, Gıdaların Donma ve Çözülme Zamanlarının Belirlenmesinde Kullanılan Tahmin Metotları I. Basit Eşitlikler. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5, 943-950.
- Türemiş N, Rehber Y, 2011, Çilek Yetiştiriciliği, Bazı yeni çilek çeşitlerinin Kıbrıs koşullarına adaptasyonları, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 52s, Adana.
- Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği, 2005, Resmi Gazete, 29 Aralık 2011, 28157.

- Van Buggenhout S, Messagie I, Maes V, Duvetter T, Van Loey A, Hendrickx M, 2006, Minimizing Texture Loss of Frozen Strawberries: Effect of Infusion With Pectinmethylesterase and Calcium Combined With Different Freezing Conditions and Effect of Subsequent Storage/Thawing Conditions, Food Technology, 223, 395-404.
- Yönlü T, 2004, Türkiye'de Dondurulmuş Gıda Sektörü: Yapı, Davranış, Performans Analizi, Akdeniz Üniversitesi, İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 137s, Antalya.
- Yun C, Lee D, Park J, 1998, Ohmic Thawing of a Frozen Meat Chunk. Korean Journal of Food Science and Technology, 30, 842-847.

İnternet Kaynakları

- 1) https://www.samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Tarimsal_strateji/Gida_Dondurulmus_Gida_Sektor_potansiyeli.pdf (Erişim tarihi: 16.10.2022)
- 2) <https://www.TÜİK.>, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (Erişim tarihi: 21.11.2021).
- 3) <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 22.11.2022).
- 4) <https://www.TÜİK>, 2021, <https://www.tuik.gov.tr/>: (Erişim tarihi: 22.11.2022).
- 5) http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf (Erişim Tarihi:30.12.2022)
- 6) <https://www.acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=47575> (Erişim Tarihi:30.12.2022)

