

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI SEBZELERDE DONDURMA VE
DONMUŞ MUHAFAZA SÜRECİNDE ASKORBİK ASİT,
β-KAROTEN VE TEKSTÜREL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ceylan SÜREL**

Anabilim Dalı : Gıda Mühendisliği

Programı : Gıda Teknolojisi

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yahya TÜLEK

ARALIK, 2012

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 091161015 nolu öğrencisi Ceylan SÜREL tarafından hazırlanan “BAZI SEBZELERDE DONDURMA VE DONMUŞ MUHAFAZA SÜRECİNDE ASKORBİK ASİT, B-KAROTEN VE TEKSTÜREL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yahya TÜLEK (PAÜ)

(Jüri Başkanı)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ayhan TOPUZ (AÜ)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL (PAÜ)

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12/01/2013 tarih ve 02/16..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İmza

: 

Öğrenci Adı Soyadı : Ceylan SÜREL

ÖNSÖZ

“Bazı Sebzelerde Dondurma ve Donmuş Muhafaza Sürecinde Askorbik Asit, β -Karoten ve Tekstürel Değişimlerin İncelenmesi” konulu tez çalışmam boyunca yanında çalışmaktan onur duyduğum, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve ilgi ve desteği ile her zaman yanımda olduğumu hissettiğim çok değerli hocam Doç. Dr. Sayın Yahya TÜLEK’e, tez çalışmamın her aşamasında bana büyük bir özveriyle yardımcı olan sevgili hocam Arş. Gör. Engin DEMİRAY’a, çalışmalarım sırasında değerli görüş ve önerilerini benimle paylaşan sayın hocam Doç. Dr. Yusuf YILMAZ’a, çalışmalarım sırasında yardımlarından dolayı bölüm başkanımız sayın hocam Prof. Dr. Sebahattin NAS’a, tez çalışmam sırasındaki öneri ve katkılarından dolayı sayın hocam Prof. Dr. Aydın YAPAR’a ve bölümümüzün tüm öğretim üyelerine, bu çalışma projesini maddi olarak destekleyen “Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne”, bugünlere gelmemde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyip beni hep destekleyen, bana inanan ve güvenen sevgili aileme,

Ve emeği geçen herkese,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2012

Ceylan SÜREL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Meyve ve Sebze Dondurma Teknolojisi	3
2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLGİSİ	13
2.1. Gıdaların Dondurulmasının Tarihçesi.....	13
2.2. Dondurmanın Prensibi	14
2.3. Gıdaların Dondurulmasındaki Temel Aşamalar	15
2.3.1. Ön işlemler.....	15
2.3.2. Şoklama	15
2.4. Donma Süresine Etki Eden Faktörler	16
2.4.1. Gıdanın ısı iletkenlik katsayısı.....	16
2.4.2. Isı transferinin gerçekleştiği yüzey alanı	16
2.4.3. Gıdanın kalınlığı.....	16
2.4.4. Ambalaj.....	17
2.4.5. Gıdanın ve dondurucu ortamın sıcaklık farkı	17
2.4.6. Yüzey filmi	17
2.5. Gıdaların Dondurulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler	17
2.5.1. Hacim değişimi	17
2.5.2. Hücre öz suyunun kaybı	17
2.5.3. Yapıdaki değişim.....	18
2.5.4. Su (nem) kaybı	18
2.6. Gıdaların Dondurulmasıyla İlgili Çalışmalar	18
2.7. Antioksidanlar	23
2.7.1. Askorbik asit (C vitamini)	25
2.7.2. A vitamini provitamini ve antioksidan karotenoidler.....	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.1.1. Kullanılan kimyasallar.....	29
3.1.2. Kullanılan cihazlar	29
3.2. Yöntem.....	33
3.2.1. Dondurma denemeleri	33
3.2.2. Dondurarak depolama	36
3.2.3. Renk değişimlerinin incelenmesi	36

3.2.4. Yapısal değişimlerin incelenmesi.....	37
3.2.5. Kuru madde analizleri	37
3.2.6. Toplam asitlik değerlerinin incelenmesi.....	37
3.2.7. β -karotenin HPLC ile belirlenmesi	38
3.2.8. Askorbik asit (C Vitamini) değişimlerinin belirlenmesi	39
3.3. Hesaplamalar	40
3.3.1. Kuru maddenin hesaplanması	40
3.3.2. Toplam asitlik değerinin hesaplanması	41
3.3.3. Renk değişiminin incelenmesi için yapılan hesaplamalar	41
3.3.4. Kalibrasyon eğrilerinin tanımlanması	41
3.3.5. İstatistiksel analizler	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	43
4.1. Örneklerdeki Kuru Madde Değişimi	43
4.2. Örneklerdeki Toplam Asitlik Değişimi	44
4.3. Örneklerdeki Renk Değişimi.....	45
4.4. Örneklerdeki Sertlik Değişimi.....	48
4.5. Dondurma İşleminin Askorbik Asit Üzerine Etkisi.....	51
4.5.1. Kırmızıbiberdeki askorbik asit değişimi.....	52
4.5.2. Havuçtaki askorbik asit değişimi	55
4.6. Dondurma İşleminin β -Karoten Üzerine Etkisi.....	56
4.6.1. Kırmızıbiberdeki β -karoten değişimi	57
4.6.2. Havuçta β -karoten değişimi	59
4.7. Depolama İşleminin Askorbik Asit Üzerine Etkisi	62
4.7.1. Kırmızıbiberdeki askorbik asit değişimi.....	62
4.8. Depolama İşleminin β -karoten Üzerine Etkisi	64
4.8.1. Kırmızıbiberdeki β -karoten değişimi	64
4.8.2. Havuçtaki β -karoten değişimi	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR.....	72

TABLO LİSTESİ

Tablolar

1.1 : Türkiye’de yıllara göre havuç üretim miktarları	4
1.2 : Taze havucun besin değerleri.	5
1.3 : Türkiye’de yıllara göre kırmızıbiber üretim miktarları.....	6
1.4 : Taze kırmızıbiberin besin değerleri.	7
1.5 : Dondurulmuş gıda sanayi kapasite kullanım oranları.	8
1.6 : Türkiye’nin dondurulmuş meyve sebze üretimi.	9
1.7 : Türkiye’nin diğer ülkelere dondurulmuş meyve sebze ihracatı	11
1.8 : Kişi başına dondurulmuş gıda tüketimi.	12
2.1 : Taze ve dondurulmuş olarak depolanan bazı sebzelerde oluşan askorbik asit kayıpları.....	26
3.1 : Derin dondurucunun teknik özellikleri.	30
3.2 : Data logger kayıt sisteminin teknik özellikleri.	31
3.3 : Hunter Lab renk skalasında kullanılan indislerin anlamları.....	32
4.1 : Kırmızıbiber örneklerindeki kuru madde değişimi.	43
4.2 : Havuç örneklerindeki kuru madde değişimi.	43
4.3 : Kırmızıbiber örneklerindeki toplam asitlik değerleri.....	44
4.4 : Havuç örneklerindeki toplam asitlik değerleri	44
4.5 : Kırmızıbiber örneklerinin dondurma sıcaklığına göre renk değerleri.	45
4.6 : Havuç örneklerinin dondurma sıcaklığına göre renk değerleri.	45
4.7 : Kırmızıbiber örneklerinin dondurularak depolanması sürecindeki renk değerleri.....	46
4.8 : Havuç örneklerinin dondurularak depolanması sürecindeki renk değerleri.....	47
4.9 : Taze ve farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C’de farklı süreler depolanan kırmızıbiber örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (g-kuvvet) ile varyans analiz sonuçları	48
4.10 : Taze ve farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C’de farklı süreler depolanan havuç örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (g-kuvvet) ile varyans analiz sonuçları	50
4.11 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki askorbik asit değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları	54
4.12 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki β -karoten değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları	58

4.13 : Havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki β -karoten değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları	61
4.14 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama askorbik asit değerleri ve varyans analiz sonuçları	63
4.15 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama β -karoten değerleri ve varyans analiz sonuçları	64
4.16 : Havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama β -karoten değerleri ve varyans analiz sonuçları	66

ŞEKİL LİSTESİ

Şekiller

3.1 : Derin dondurucunun genel görünümü.	30
3.2 : Sıcaklık ölçüm ve kayıt sisteminin genel görünümü.	31
3.3 : Hunter Lab renk skalası.....	32
3.4 : HPLC cihazının genel görünümü.	33
3.5 : Örneklerin genel görünümü.	33
3.6 : Havuç örneklerinin dondurma işlemine hazırlanması.	34
3.7 : Kırmızıbiberlerin dondurma işlemine hazırlanması.	34
3.8 : Havuç ve kırmızıbiber örneklerinin tepsilere dizilip sıcaklık problarının bağlanması.	35
3.9a : Dondurucu içinin genel görünümü	36
3.9b : Kırmızıbiberlerin dondurucu içine yerleştirilmesi.....	36
3.9c : Havuçların dondurucu içine yerleştirilmesi.....	36
3.10 : β -karoten standart eğrisi.	41
3.11 : Askorbik asit standart eğrisi	42
4.1 : Farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C 'de depolanan kırmızıbiber örneklerinin depolama zamanına bağlı olarak sertlik değişimleri.	49
4.2 : Farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C 'de depolanan havuç örneklerinin depolama zamanına bağlı olarak sertlik değişimleri.....	50
4.3a : Askorbik Asit standart HPLC kromatogramı	52
4.3b : Askorbik Asit standart UV spektrumu.....	52
4.4 : Kırmızıbiber ekstraktındaki askorbik asit pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).	53
4.5 : Kırmızıbiber ekstraktındaki askorbik asit pikini gösteren kromatogram (-40°C 'de dondurma işleminden sonra).	53
4.6 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki askorbik asit değişimine ait grafik.	54
4.7a : β -karoten standart HPLC kromatogramı	56
4.7b : β -karoten standart UV spektrumu.....	56
4.8 : Kırmızıbiber ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).	57
4.9 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasında β -karoten değişimine ait grafik.....	59
4.10 : Havuç ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).	60
4.11 : Havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasında β -karoten değişimine ait grafik.....	61
4.12 : Farklı sıcaklıklarında dondurulan kırmızıbiberin depolama sürecindeki askorbik asit değişimi.....	63

4.13 : Farklı sıcaklıklarda dondurulan kırmızıbiberin depolama sürecindeki β -karoten değişimi.....	65
4.14 : Farklı sıcaklıklarda dondurulan havucun depolama sürecindeki β -karoten değişimi.....	66

ÖZET

BAZI SEBZELERDE DONDURMA VE DONMUŞ MUHAFAZA SÜRECİNDE ASKORBİK ASİT, β -KAROTEN VE TEKSTÜREL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

Bu tez çalışması ile Denizli ili ve civarında yetiştirilen kırmızıbiber ve havuç örneklerinin, farklı sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak gerçekleştirilen dondurma işleminde ve takibinde -20°C 'lik ortamda yapılan donmuş muhafaza sürecinde askorbik asit, β -karoten, renk ve tekstürel değişimleri belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekler -30°C , -35°C ve -40°C 'lik ortamda, 0,5 m/s hava hızı kullanılarak termal merkezde -20°C 'ye ulaşılacak şekilde dondurulmuştur. Kalite parametrelerindeki değişimlerin ortaya konulabilmesi için donma sürecinde, belirlenen sıcaklık aralıklarında örnekleme yapılarak, askorbik asit ve β -karoten değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, dondurulan ürünler 3 ay süreyle depolanmış ve her ay sonunda askorbik asit ve β -karoten miktarlarının yanı sıra renk ve sertlik değerleri de belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda; taze kırmızıbiberdeki askorbik asit miktarı 65,123 mg/100g kuru madde olarak belirlenirken, -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulan kırmızıbiber örneklerinde ise sırasıyla; 57,202, 61,305 ve 63,949 mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır. Havuç örneklerinde askorbik asit belirlenmemiştir. Kırmızıbiberdeki β -karotenin donma işlemine bağlı olarak değişiminin askorbik asit değişimine oldukça benzer olduğu görülmüştür. Nitekim taze kırmızıbiber örneğinde 31,092 mg/100g kuru madde seviyesinde olan β -karoten miktarının -30°C 'de 29,093, -35°C 'de 29,952 ve -40°C 'de ise 30,233 mg/100g kuru madde seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Dondurma ortam sıcaklığı düştükçe kırmızıbiberde hem askorbik asidin hem de β -karotenin daha iyi korunduğu görülmüştür. Diğer taraftan, havuç örneklerinde β -karotenin donma işleminde azalmadığı aksine az da olsa artma olduğu saptanmıştır. Taze havuçtaki β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde olarak belirlenirken, -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulan havuç örneklerinde ise sırasıyla; 37,402, 35,081, 36,807 mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır.

Depolama sürecinde ise kırmızıbiberde askorbik asit miktarının zamanla azaldığı, görülmüştür. β -karoten seviyelerinin dondurulmuş havuç örneklerinde depolama zamanına bağlı olarak azaldığı belirlenirken, kırmızıbiber örneklerinde ise değişimin artma yönünde olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, farklı dondurma sıcaklıklarının depolama sürecinde askorbik asit ve β -karoten seviyelerindeki değişimler üzerine herhangi bir etkisi saptanamamıştır.

Dondurma işleminin havuç ve kırmızıbiber örneklerinde önemli sertlik kayıplarına yol açtığı, buna karşılık örneklerin renk değerleri üzerindeki etkisinin önemsenmeyecek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızıbiber, Havuç, Dondurma, Askorbik Asit , β -Karoten, Tekstür, Renk.

SUMMARY

INVESTIGATION OF ASCORBIC ACID, β -CAROTENE AND TEXTURAL CHANGING IN SOME VEGETABLE DURING FREEZING AND FREEZING STORAGE

In this study, ascorbic acid, β -carotene, color and textural changes of red peppers and carrots grown in and around the city of Denizli were measured during the period of freezing with different temperature applications and the follow-up storage period at -20°C . For this purpose, samples were frozen at the environment temperatures of -30°C , -35°C and -40°C by using 0.5 m/s of air velocity until the temperature of -20°C was achieved in the thermal center. During the freezing process, ascorbic acid and β -carotene levels were determined in defined temperature ranges in order to specify the changes in quality. Then, the frozen products stored for 3 months and at the end of each month, the amount of ascorbic acid and β -carotene as well as color and texture values were determined. According to the study results, the amount of ascorbic acid of fresh red pepper was 65.123 mg/100g of dry matter, while they were determined as 57.202, 61.305, and 63.949 mg/100g dry matter at the frozen temperature range of -30°C , -35°C and -40°C in frozen red pepper samples, respectively. In carrot samples ascorbic acid could not be determined. The change in the amount of β -carotene showed a similar trend with that of the ascorbic acid of red pepper depending on the freezing process. Thus, β -carotene amount was 31.092 mg/100g dry matter in fresh red pepper, and it decreased to the levels of 29.093, 29.952 and 30.233 mg/100g dry matter at the temperatures of -30°C , -35°C and -40°C , respectively. Both ascorbic acid and β -carotene has been observed to be better preserved by lower ambient temperature of freezing in red pepper. On the other hand, in samples of carrot, β -carotene was observed not to decrease while, slight increase was observed during the freezing process. The amount of β -carotene of fresh carrot was 31.186 mg/100g of dry matter, while they were determined as 37.402, 35.081, and 36.807 mg/100g dry matter at the frozen temperature range of -30°C , -35°C and -40°C in frozen carrot samples, respectively.

In the storage period, the amount of ascorbic acid in red pepper was observed to decrease in time. β -carotene levels decreased in carrot samples depending on the time of frozen storage, while the change was found to be in the direction of rise in the red pepper samples; though, there were not determined any effects of different freezing temperatures on the levels of ascorbic acid and β -carotene during storage.

Freezing was determined to cause significant loss of texture in carrots and red pepper samples, whereas its effects on the color values of the samples were insignificant.

Key Words: Red Pepper, Carrot, Freezing, Ascorbic acid (Vitamin C), β -Carotene, Texture, Color.

1. GİRİŞ

Gıda maddelerinin üretiminden tüketimine kadar geçen süreç içerisinde, değişik aşamalarında, belirli süreler muhafaza edilmesi zorunludur. Gıda muhafaza işlemi; gerek üretimi bol olan veya gerekse üretimi sınırlı olan gıda maddelerinin tüketiciye, miktar ve kalitede oluşacak en az kayıplarla ulaştırılmasına imkan vermektedir (Tülek ve diğ., 1999).

Dünyada, bugünün teknolojisinde, gıdaların muhafazasında kullanılan temel yöntemler; yüksek ve düşük sıcaklık uygulamaları, kurutma, çeşitli mekanik işlem uygulamaları, kimyasal madde ilavesi, fermentasyon, ışınlama vb. şeklinde sıralanabilir. Sıralanan bu yöntemlerden, her birinin etkin ve yaygın olarak kullanılabildiği gıda sanayi sektörleri vardır. Düşük sıcaklık uygulaması içine giren dondurarak muhafaza, gıda sanayinin üretim, depolama, pazarlama ve tüketim gibi birçok aşamasında kullanılan en etkin ve yaygın muhafaza yöntemlerinden birisidir. Özellikle son 50 yıl içerisinde, bu yöntemin önemi ve uygulanma alanı önemli artış göstermiştir (Demiray ve Tülek, 2010; Tülek ve diğ., 1999).

Ekonomik ve teknolojik gelişmelerle birlikte insanların beslenme ve tüketim alışkanlıkları da zamanla değişmektedir. Günümüzde kolay ve değişik şekillerde hazırlanabilen, mevsim dışı olmasına karşın doğal özelliklerini tazesine en yakın şekilde koruyan dondurulmuş gıdaların tüketimi artmaktadır. Dondurulmuş gıdalara talebin artmasında kadınların çalışma hayatına katılımı ve buna bağlı olarak yaşam tarzında ortaya çıkan değişiklikler de önemlidir (Keskin, 2002).

Son yıllarda gıdaların dondurularak işlenmesi önemli saklama yöntemlerinden birisi olmuştur. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde; hızlı dondurulmuş (quick-frozen) veya derin dondurulmuş (deep-frozen) gıdaların tüketimi giderek artmaktadır. Dondurulmuş gıdalar, temiz, ayıklanmış ve kesilmiş, tüketime hazır şekilde olmaları, tüm hazırlama işçiliğinin yapılmış olması nedeniyle ikinci bir mutfak işçiliğine gerek duyulmaması, fiyatının temizleme ve diğer firelerinin dikkate alındığında, çarşıdan alınan taze gıdaya veya konserveye göre daha ekonomik olması, gerektiği miktarda

kullanılabilme özelliğine sahip olmaları nedenleri ile büyük avantajlara sahiptir (Duman ve Evliya, 2002).

Dondurma; gıda içerisindeki suyu buz kristalleri haline getirerek, gıdanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden bozulmalarını önleyip, gıdanın uzun süre dayanıklı ve kaliteli olarak kalmasını sağlayan önemli bir gıda muhafaza yöntemidir (Demiray ve Tülek, 2010; Bulduk, 2006). Bu yöntemin ilkesi, düşük sıcaklık derecelerinde gıdalarda bulunan mikroorganizmaların çoğalma ve faaliyetlerinin kesin olarak durdurulması, biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonların olabildiğince yavaşlatılması esasına dayanmaktadır (Cemeroğlu ve diğ., 1986). Bu yöntemde, gıda maddeleri -18°C 'nin altında dondurularak muhafaza edilir. Yöntem, soğukta muhafazaya nazaran daha uzun süreli koruma sağlar. Dondurulmuş gıdalar -20°C dolaylarında depolanmaktadır. Tüketime kadar da taşınmaları soğuk zincir denen kesiksiz işleme yapılmalıdır.

Dondurma işleminin en önemli amacı, gıdaların doğal yapısının mümkün olduğu oranda korunmasıdır. Bu nedenle, dondurma işlemi için kullanılan hammaddelerin gerekli tazeliğe sahip olması ve ürünün doğal yapısını bozabilecek kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik aktivitenin önlenmesi için de gerekli teknik ekipmanın kullanımı önemlidir. Dondurulmuş gıda sektörü, dondurmaya uygun hammaddenin temini ile başlayan ve hammaddenin uygun koşullarda taşınması, seçme, yıkama, boyutlama, ürüne özel tekniklerle işleme, derin dondurma, ürünün uygun şekillerde paketlenerek tekniğe uygun depolanması, yükleme, taşıma, dağıtım ve tüketici taleplerinin izlenmesine kadar faaliyet gösteren bir gıda sanayi dalıdır (Keskin, 2002).

Kaliteli, güvenilir dondurulmuş meyve ve sebze üretimi için taze, kaliteli meyve ve sebze kullanılmalıdır. Bunu sağlamak için derin dondurma yapan gıda işletmeleri genel olarak sebze ve meyve üretiminin yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Sebze ve meyveler tarla ve bahçelerden toplanıp en geç sekiz saat içerisinde fabrikaya ulaştırılmalı ve işlendikten sonra dondurularak tüketime hazır hale getirilmelidir (Pekizoğlu ve Yavuz, 1999). Bunun yanında, ürünün tür ve çeşidi, olgunluk durumu, uygulanan bazı ön işlemler, ambalaj tipi ve dondurma derecesi de kaliteli ürün elde edilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlardır. Dondurma işlemi sonunda meyve ve sebzelerin sıcaklığı, donmuş ürünlerin depolama sıcaklığına

(-18°C) indirilmektedir. Bu sıcaklıkta donmuş ürünler uzun süre dayanıklı kalmaktadır (Demiray ve Tülek, 2010).

Türkiye’de dondurulmuş gıdalar içinde meyve-sebzeler önemli bir yer tutmakla birlikte sektördeki işletmelerin büyük bir kısmı; dondurulmuş meyve ve sebze üretiminin yanı sıra dondurulmuş su ürünleri, dondurulmuş unlu mamuller, konserve meyve ve sebze, meyve suyu, reçel, marmelat, kurutulmuş sebze üretimi gibi farklı ürün gruplarında da faaliyet vermektedir.

Bu nedenle, sektörde ortalama kapasite kullanım oranı %40-50 seviyelerinde kalmaktadır. Ancak, sadece dondurulmuş meyve ve sebze üretmek amacıyla planlanıp kurulan tesislerde kapasite kullanım oranı %70-90 düzeyine çıkmaktadır (Anonim, 2007).

1.1. Meyve ve Sebze Dondurma Teknolojisi

Meyve ve sebzelerin dondurularak muhafaza edilmesi taze, niteliklerine en yakın olarak korunabildiği bir yöntemdir. Başka bir ifadeyle dondurulmuş meyve ve sebzelerin daha iyisi ya tazesi ya da uygun şekilde soğukta saklanmış olanıdır. Tüm sektörlerde olduğu gibi, kaliteli bir dondurulmuş ürün için de üretimde kaliteli ham madde kullanılması önemli bir faktördür. Gıda işleme sanayinde, kullanılan teknoloji yanında kaliteli hammadde de kaliteli ürün elde etmenin temel koşuludur. Çünkü kaliteli hammadde kullanılmadığında teknoloji ne kadar iyi olursa olsun iyi ürün elde etmek mümkün olamamaktadır. Sektörde amaç, meyve ve sebzelerin hasat anındaki tazeliğini ve doğallığını korumak olduğundan, dondurulmuş sebze ve meyve üretiminde kullanılacak meyve ve sebzelerin mevsiminde üretilmiş olması, koku ve tat olarak doğallığını koruması ve belli bir standartta olması gerekmektedir (Anonim, 2009).

Ülkemizde özellikle son yıllarda dondurma teknolojisi, gıda muhafazasında sıkça kullanılan bir yöntem olmuştur. Dondurma teknolojisinin kullanıldığı gıda sektörleri incelendiğinde, et ve et ürünleri sanayi, tahıl endüstrisi ve meyve sebze sanayi gibi sektörler karşımıza çıkmaktadır. Bu sektörler arasında meyve sebze sanayinin yeri gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Çilek, böğürtlen, vişne, frambuaz, kayısı, şeftali, incir gibi meyveler ve bezelye, havuç, taze fasulye, brokoli, soğan, patates, biber, kabak, patlıcan, enginar gibi sebzeler dondurularak tüketiciye en az kalite

kayıplarıyla ulaştırılmaktadır. Dondurulan bu sebzeler arasında havuç ve kırmızıbiber de önemli bir yere sahiptir.

Yapılan bu çalışmada havuç ve kırmızıbiberin, donma sürecinde ve donma sonrası depolanması sırasında kalite ve besin öğelerindeki değişimlerin incelenmesi hedeflenmiştir.

Havuç, *Daucus carota* L. cins ve türüne ait bir sebzedir. Akdeniz ülkelerinde, Afrika'da, Avustralya'da, Yeni Zelanda'da ve Amerika'da üretim ve tüketimi çok yaygındır.

Havuç üretiminin gelişimine bakıldığında en büyük gelişimin Avrupa ülkelerinde olduğu görülmektedir. Ülkemizde havuç kışlık bir sebze olarak algılanıp üretilirken Dünya ülkelerinde havuç her mevsimde tüketilen bir sebzedir. Ayrıca havuç Avrupa ülkelerinde konserve edilmiş olarak büyük miktarlarda tüketilir (WEB_1).

Havucun ülkemizde de önemli bir yeri vardır. Türkiye'de 2011 yılında havuç üretim miktarı 602.078 ton olmuştur. Bu üretimin %67,1'i Konya, %17,1'i Ankara, %8,2'si Hatay'da gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2010). 2004-2011 yılları arasında Türkiye'nin havuç üretimi Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 : Türkiye'de yıllara göre havuç üretim miktarları (Anonim, 2011a).

Yıl	Üretim Miktarı (Ton)	Yıl	Üretim Miktarı (Ton)
2011	602.078	2007	641.953
2010	533.253	2006	391.725
2009	593.628	2005	388.000
2008	591.538	2004	438.000

Tablo 1.1'de de görüldüğü gibi 2004'ten bu yana ülkemizde havuç üretimi giderek artış göstermektedir. Ayrıca havucun; turuncu, kırmızı, sarı, beyaz, mor ve siyah gibi farklı renklerde birçok çeşidi vardır. Ülkemizde genelde turuncu renkli havuç daha yaygın üretilmekte olup, diğer renkteki havuçlar da yetiştirilebilmektedir.

Günümüzde havuç tüketimi taze, dondurulmuş, soyularak dilimlenmiş ve doğranmış, havuç suyu ve konsantresi halinde, pişirilmiş veya konserve edilmiş fabrikasyon ürünler ve cezerye tatlısı şeklinde yapılmaktadır (Anonim, 2010).

Havuç beslenme yönünden insan sağlığına çok faydalı bir besindir. Bol miktarda provitamin A içeren havuç B, C, D ve E vitaminleri açısından da oldukça zengindir. Ayrıca karoten, şeker ve fosfor ihtiva eder. Karoten içermesi sebebiyle iyi bir antioksidan olan havuç, kalbi korur ve kalp rahatsızlıklarını önler. Ayrıca içerdiği β -karoten sayesinde havucun birçok faydasının yanında gözlerin sağlığını koruduğu da belirtilmelidir (WEB_2). Taze havuç için besin içeriği Tablo 1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 1.2 : Taze havucun besin değerleri (WEB_3).

Besin Ögesi	100 g Havuç	Besin Ögesi	100 g Havuç
Enerji (Kcal)	30–42	Demir	0,7 mg
Protein	1,1 g	Sodyum	47 mg
Karbonhidrat	9,7 g	Potasyum	341 mg
Kolesterol	0	Magnezyum	23 mg
Yağ	0,2 g	Provitamin A	8000 IU
Lif	1 g	B1 Vitamini	0,06 mg
Fosfor	36 mg	B2 Vitamini	0,05 mg
Kalsiyum	37 mg	C Vitamini	8-10 mg

*IU= International Unit

*1 IU= 6 μ g β -karoten

Tablo 1.2’de havuçta A vitaminin diğer vitaminlere göre fazla olduğu ve havucun potasyum açısından oldukça zengin olduğu görülmektedir.

Biber ise, domates ve patlıcan gibi *Solanaceae* familyasından ve *Capsicum* cinsine ait *Capsicum annum* L. türüdür. Kırmızıbiber dünyada en yaygın tüketilen ve ticari önemi olan sebzelerden biridir. Askorbik asit ve karotenoid içeriği yönünden zengin olan kırmızıbiber beslenmemiz açısından çok değerli bir gıda maddesidir. Kırmızıbiber, taze ve kurutulmuş olarak tüketilse de gıda sanayinde konserve, salça, biber suyu, turşu, dondurulmuş ürünler, kızartma, sos, ilaç yapımında antibiyotik

hammaddesi, yem maddesi ve boya yapımında da kullanılmaktadır. Ayrıca baharat karışımlarında, alkol­süz içeceklerde, dondurma ve çiklet üretiminde de kullanılır. (WEB_4).

Türkiye önemli kırmızıbiber üreticisi ülkeler arasında yer almakta olup, kırmızıbiber verimi dünya ortalamasının üzerindedir. Türkiye’de Güneydoğu, Akdeniz ve Ege bölgeleri başlıca kırmızıbiber tarımı yapılan bölgelerdir. Tablo 1.3’te Türkiye’de 2004-2011 yılları arasında yapılan kırmızıbiber üretim miktarları verilmiştir.

Tablo 1.3 : Türkiye’de yıllara göre kırmızıbiber üretim miktarları
(Anonim, 2011b).

Yıl	Üretim Miktarı (Ton)	Yıl	Üretim Miktarı (Ton)
2011	162.125	2007	67.213
2010	186.272	2006	45.861
2009	196.900	2005	45.000
2008	60.000	2004	30.000

Tablo 1.3’te de görüldüğü gibi 2004-2009 yılları arasında kırmızıbiber üretiminde bir artış olmuş ve 2009’dan sonra da üretimde az da olsa bir azalma meydana gelmiştir.

Kırmızıbiber antioksidan açısından çok zengindir ve kalp rahatsızlığı riskini azalttığı belirtilmiştir. Aynı zamanda kanserle savaşta en büyük yardımcılarımızdan biridir. Kırmızıbiber içerisinde bulunan provitamin A gözler ve bağışıklık sistemi için çok faydalıdır (WEB_5). Taze kırmızıbiberin besin içeriği Tablo 1.4’te verilmiştir. Tablo 1.4’te de gösterildiği gibi 100 g taze kırmızıbiber, C vitamini içeriği bakımından diğer vitaminlere kıyasla daha yüksek oranda olup ayrıca iyi bir potasyum kaynağıdır.

Gıdaları oluşturan yapının temelini hücreler oluşturmaktadır. Gerek bitkisel, gerekse hayvansal kaynaklı hücreleri, hücre zarı, sitoplazma ve çekirdek oluşturduğu için, hücre zarının çatlatılmadan ve sitoplazma içeriğinin yani hücre özsuyunun dışarı çıkmasına izin vermeden, hücre yapısını bozmadan hızlı bir şekilde dondurmak gerekmektedir. Böylece vitamin, yağ, karbonhidrat, protein, mineral ve aromatik maddeler kayba uğramadan muhafaza edilebilmektedir. Bu işlem meyve ve sebzeleri tek tek donduran IQF (Individual Quick Freezing) denilen yöntemle akışkan yatak dondurucularda yapılabilir. Bu yöntem yurdumuzda 25 yıldan beri

kullanılmaktadır. Ülkemizdeki tesislerde kullanılan dondurulmuş gıda üretim teknolojisi, batı ülkelerindeki ile aynı paralelliktedir. Tesislerimiz; Avrupa ülkelerindeki benzerlerinden daha sonra ve daha yeni kurulduğu için, teknoloji yönünden geri olmadığı gibi, daha modern ve yeni model makinelere sahiptirler. Birçok sektör için gerekli olan modernizasyon konusu; ortalama yaşı 15 olan bu sektör için henüz sorun oluşturmamaktadır. Ancak, burada şunu belirtmek gerekir ki; sektörde çalışan soğutma sistemleri, kullanılan makine ve ekipmanlar, ısı farklılıkları nedeniyle, donma, çözülme sıklıkları yüzünden malzemelerin yorulması ve çok hızlı eskimesi, bir başka anlatımla yaşlanması nedeniyle başka sektörlerle kıyaslandığında daha kısa ömürlüdür (Anonim, 2001).

Tablo 1.4 : Taze kırmızıbiberin besin değerleri. (WEB_5)

Besin Ögesi	100 g Kırmızıbiber	Besin Ögesi	100 g Kırmızıbiber
Enerji (Kcal)	22	Sodyum	13 mg
Protein	1,2 g	Potasyum	213 mg
Karbonhidrat	4,8 g	Provitamin A	420 IU
Kolesterol	0	B1 Vitamini	0,08 mg
Yağ	0,2 g	B2 Vitamini	0,08 mg
Lif	1,4 g	B3 Vitamini	0,5 mg
Fosfor	22 mg	B6 Vitamini	0,26 mg
Kalsiyum	9 mg	C Vitamini	140 mg
Demir	0,7 mg	E Vitamini	0,7 mg

*IU= International Unit

*1 IU= 6 µg β-karoten

Dünya'da dondurulmuş meyve üretimi Kuzey Amerika ve Avrupa'da, dondurulmuş sebze üretimi ise daha çok Amerika'da yaygındır. Dünya'da dondurulmuş sebze üretimi dondurulmuş meyve üretiminin yaklaşık yedi katıdır. Üretilen sebzelerin %8,3'ü, meyvelerin ise yaklaşık %6,3'ü dondurulmaktadır. AB ülkelerinde ise üretilen sebzelerin %4,4'ü, meyvelerin ise %1,4'ü dondurulmuş gıda sanayinde işlenmektedir. Almanya, Fransa, İspanya, İtalya ve İngiltere AB'deki önemli

dondurulmuş gıda üreticisi ülkelerdir (Keskin, 2002). Tablo 1.5'te dondurulmuş gıda sanayinde kapasite kullanım oranları verilmiştir.

Tablo 1.5 : Dondurulmuş gıda sanayi kapasite kullanım oranları
(Keskin, 2002).

Ürünler	1990				2000			
	İşyeri sayısı	Kurulu kapasite (Ton/yıl)	Üretim Miktarı (Ton)	KKO (%)	İşyeri sayısı	Kurulu kapasite (Ton/yıl)	Üretim Miktarı (Ton)	KKO (%)
Dondurulmuş et	2	-	1.253	-	13	66.259	23.438	35,37
Dondurulmuş Meyve- Sebze	3	22.000	10.324	46,9	13	134.928	256.278	189,93
Dondurulmuş Su Ürünleri	7	27.442	1.064	3,9	27	157.358	39.739	25,25
Dondurulmuş Unlu Mamüller	-	-	-	-	2	2.550	1.299	50,94
TOPLAM	12	29.442	12.641	25,56	55	361.095	320.754	88,83

*KKO: Kapasite kullanım oranı

Tablo 1.5'te de görüldüğü gibi 10 yıl içerisinde dondurulmuş gıda sanayinin oldukça geliştiği ve buna bağlı olarak da iş yeri sayısının, kurulu kapasitenin ve üretim miktarının önemli seviyede arttığı belirtilmiştir.

Dondurulmuş meyve ve sebze üretimi ülkemizde 1970'li yılların başında başlamış ve bu sektör geçen 30 yıllık süre içerisinde, hızlı bir gelişim göstermiştir. Ülkemizdeki ilk dondurulmuş meyve sebze işleme tesisi Kayseri'de kurulmuş olmakla birlikte genel olarak, 80'li yıllara kadar, meyve ve sebzeler, diğer amaçlarla kurulmuş fabrikalarda işlenmiştir (Anonim, 2005). 2001-2008 yılları arasında Türkiye'nin toplam dondurulmuş meyve sebze üretim miktarları Tablo 1.6'da gösterilmiştir.

Türkiye'de dondurulmuş meyve ve sebze üretiminde kullanılan ham ve yardımcı maddelerin tamamı yurt içinden karşılanmaktadır. Ancak söz konusu sektör, zaman zaman bazı meyve ve sebze çeşitlerinde üretiminin yetersiz olduğu durumlarda ithalata yönelmektedir. Dondurulmuş meyve ve sebze sanayinde işlenen başlıca ürünler; sebzelerden patates, yeşil ve kırmızıbiber, domates, pırasa, bezelye ve fasulye, meyvelerden ise; çilek, vişne, kiraz, erik ve kayısıdır. Sektörde işlenmeye

uygun hammadde çeşitlerinin sağlanması amacıyla sözleşmeli üretim yöntemine de başvurulmaktadır. Genel olarak kullanılan hammaddenin %30-40'ı sözleşmeli üretim ile karşılanmakta, geri kalanı ise küçük üretici ve yerel toptancılardan sağlanmaktadır (Anonim, 2005).

Tablo 1.6 : Türkiye'nin dondurulmuş meyve sebze üretimi
(Anonim, 2007; Anonim, 2011c).

Yıl	Miktar (1000 ton)
2001	98
2002	105
2003	125
2004	170
2005*	150
2006	202
2007	187
2008	171

*= Tahmini gerçekleşme

Yıllar itibariyle dondurulmuş meyve sebze üretiminde önemli bir artış olduğu Tablo 1.6'da da görülmektedir. Bu artış özellikle son yıllarda artan bir ivme ile devam etmekte olup, sektörün önemi daha da belirgin hale gelmektedir.

Son yıllarda tüketiciler tarafından giderek daha fazla tercih edilmeye başlanan dondurulmuş meyve ve sebzelere olan talebin; sanayileşme süreci ve ülkemizdeki meyve ve sebzelerin çeşit ve miktar yönünden zenginliği dikkate alındığında hammaddenin bolluğu bir avantaj olarak düşünülmektedir. Ayrıca, dünyada ve ülkemizde kadınların iş dünyasının aktif birer üyesi olmaya başlamaları ile yalnız yaşayan bireylerin sayısındaki artış bu ürünlere olan talebi daha da artıracak diğer unsurlardır. Bu eğilimler sektördeki yatırımların artmasına yol açmıştır. Bugün için ülkemizde 27 tesis dondurulmuş meyve ve sebze sektöründe faaliyet göstermekte olup, bunlardan bir bölümü yabancı ortaklıdır. 2004 yılında 170.000 ton üretimin yapıldığı tahmin edilmekte olup, bir önceki yıla göre %27 oranında bir artış olmuştur. 2005 yılında ise üretimin 150.000 ton olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Anonim, 2007).

Türkiye’de önceki yıllarda dondurulmuş meyve ve sebze üretiminin yaklaşık %70’i ihraç edilmekte iken; 2002 yılı itibariyle oranda düşüş yaşanmıştır ve bu ürünlerin ihracatı 2002 yılında %76, 2003 yılında %74, 2004 yılında %61 oranında gerçekleşmiş olup, 2005 yılında da %57 oranında gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Başlıca ihraç pazarımız Avrupa Birliği ülkeleridir. ABD, Japonya ve Orta Doğu ülkeleri ise diğer önemli alıcılarımız arasında yer almaktadırlar. 2005 yılı ihracat ve üretim verilerini karşılaştırdığımızda üretimin %57’sinin dış pazarlara yöneldiği görülmektedir.

Merkezi ve Doğu Avrupa ülkelerine, Balkanlara, Türki Cumhuriyetlere ve Uzak Doğu ülkelerine de son yıllarda ihracat yapılmaya başlanılmıştır. Öte yandan dünyanın önde gelen tüketicileri arasında yer alan Japonya ve ABD diğer önemli pazarlarımız arasındadır. Önümüzdeki yıllarda bu ülkelerin mevcut pazar potansiyelini ülkemizce ileriki yıllarda daha iyi değerlendirebileceği düşünülmektedir (Anonim, 2007). Tablo 1.7’de Türkiye’nin 2009-2010 yıllarında diğer ülkelere dondurulmuş meyve sebze ihracat miktarları verilmiştir.

Dünyada dondurulmuş sebze ve meyve tüketiminin yapısı incelendiğinde en fazla tüketen ülkelerin ABD, Kanada, Batı Avrupa ülkeleri ve Japonya olduğu dikkati çekmektedir. Bunun en büyük nedeni iklim özellikleridir. Hava koşullarının uygun olmaması nedeniyle her tür sebze ve meyve üretiminin mümkün olmadığı bu ülkeler dondurulmuş olarak bu ürünleri tüketirken Türkiye’nin de içinde bulunduğu Güney Avrupa ülkelerinde sebze ve meyvelerin taze olarak tüketildiği görülmektedir (Anonim, 2003).

Tablo 1.7’den de görüldüğü gibi 2009-2010 yıllarında en çok Almanya’ya ihracat yapılmış ve toplam ihracatta da bir yıl içerisinde artış meydana gelmiştir.

Gerek dünyada gerekse ülkemizde tüketicinin dondurulmuş gıda konusunda bilinçlenmesi, derin dondurucu kullanımının yaygınlaşması, büyük marketlerin sayılarının artması dondurulmuş gıda tüketimini artıran etmenler olmuştur. Türkiye’de dondurulmuş gıda tüketiminin başta İstanbul olmak üzere Ankara, İzmir ve Bursa gibi büyük kentlerde ve batı bölgelerinde yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Türkiye’de dondurulmuş meyve sebze tüketimi ABD ve AB ülkelerindeki tüketim miktarlarından çok düşük bir düzeyde olup, yıllık ortalama kişi başına tüketim 0,5-1 kg civarındadır (Anonim, 2003).

Tablo 1.7 : Türkiye'nin diğer ülkelere dondurulmuş meyve sebze ihracatı (Anonim, 2011c).

Ülke Adı	2009		2010	
	Miktar (Ton)	Değer (1000 \$)	Miktar (Ton)	Değer (1000 \$)
İngiltere	10.559	11.720	11.664	13.301
Almanya	13.856	19.105	17.298	22.581
Belçika	8.130	8.494	8.520	8.487
Fransa	11.733	15.231	10.165	12.357
Hollanda	3.193	4.878	3.764	5.943
İtalya	2.437	8.494	2.049	5.006
ABD	691	1.042	1.352	2.388
Yunanistan	3.642	3.818	3.327	3.436
İsveç	1.395	1.646	1.612	1.887
İrlanda	2.065	1.499	963	860
Avusturya	988	1.490	975	1.473
İsviçre	819	1.657	834	1.561
Danimarka	780	977	226	430
Finlandiya	611	776	1.122	1.511
Norveç	635	884	787	1.070
Kuzey Kıbrıs T.C.	300	477	258	549
Irak	1.585	1.839	1.864	2.068
Polonya	539	827	626	1.029
Avustralya	363	1.255	256	753
Japonya	436	643	388	543
Genel Toplam	64.757	86.752	68.050	87.233

Türkiye’de ve bazı ülkelerde kişi başına dondurulmuş gıda tüketimi Tablo 1.8.’de verildiği gibidir.

Tablo 1.8 : Kişi başına dondurulmuş gıda tüketimi (Gündüz ve Emir, 2010).

Ülke	Tüketim
ABD	50 kg
Danimarka	45 kg
İsveç	45 kg
Norveç	43 kg
Almanya	31 kg
İspanya	29 kg
Yunanistan	15 kg
İtalya	14 kg
Türkiye	0,5-1 kg

Planlanan bu araştırmada, -20°C merkez sıcaklığına ulaşacak şekilde farklı sıcaklığa sahip ortamlarda, hava akımı altında dondurulan ve -20°C sıcaklıkta farklı sürelerde depolanan havuç ve kırmızıbiber örneklerinde askorbik asit (C vitamini), β -karoten, renk ve tekstürel değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, elde edilmiş olan değerler kullanılarak bu değişimlere ait kinetik modellerin tanımlanması hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1. Gıdaların Dondurulmasının Tarihçesi

Tarihte gıdaların kar ve buz içinde saklanması M.Ö. 1000 yılına kadar gitmektedir. Endüstriyel olarak gıdaların dondurulması ise 19. yüzyılda başlamıştır. Ticari olarak büyük gelişme ise 20. yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşmiştir. Gıdaların dondurularak saklanması ilk kez 1875 yılında ABD'nin soğuk bölgelerinde, balıkların doğal olarak su içinde dondurulması şeklinde uygulanmıştır (Bulduk, 2006). 1905 yılında meyvelerin ilk kez ticari olarak dondurulması yine ABD'de gerçekleşmiştir. İkinci Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda yaşanan ekonomik patlama, gıda dondurma sanayisine hız vermiş ve 1960-70'li yıllarda tüketicilerin, kullanımı son derece rahat olan dondurulmuş ürünlere olan talebini artırmıştır. Dondurulmuş gıdalar, Avrupa'da ise ilk kez İngiltere'de 1948 yılında perakende olarak piyasaya sürülmüşlerdir (Ayyıldız ve Keskin, 2010).

Dondurulmuş gıda sanayi, Türkiye'de 25-30 yıllık bir geçmişe sahiptir (Alkusal, 2006). Başlangıçta sadece ihracata çalışan sektör, 1989 yılından itibaren talebe paralel olarak, iç pazara da ürün vermeye başlamıştır (Anonim, 2001).

Meyve ve sebzelerin dondurulmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en bilineni soğuk havayla dondurma yöntemidir. Bu yöntemde durgun havada ve hava akımında dondurma gibi iki ayrı sistem vardır. Durgun havada dondurma yönteminde soğuk hava izole bir odada hareketsiz bir şekilde dururken, hava akımında dondurma yönteminde soğuk hava, evaporatör ile gıda maddesi arasında hareket etmektedir. Hava akımında dondurma yönteminde tünel tipi dondurucular ve akışkan yatak dondurucular sıkça kullanılmaktadır.

Akışkan yatak dondurucularda gıda maddelerinin her biri kaynamaya benzer bir hareketle hava içinde yükselir ve geri düşer. Böylece parçacıkların her birinin tüm yüzeyi soğuk hava ile temas eder ve hızla donar. Yüksek hızda dondurulan ürünler bir blok halinde değil daneler hâlinde donar. Bu şekilde her parçacığın ayrı ayrı donmasına bireysel hızlı dondurma (IQF-Individual Quick Frozen) denir.

İndirekt kontakt metoduyla dondurma yönteminde ise içten soğutulan iki plaka arasına yerleştirilen ambalajlı ürünler plaka ile temas ederek dondurulur. Bu yöntemle plakalar ve ambalajlı yüzey düzgün bir biçimde tam olarak temas etmelidir. Daldırarak dondurma yöntemi çoğunlukla ambalajsız dondurulacak ürünün düşük derecelere kadar soğutulmuş uygun bir sıvıya (frizant) daldırılması şeklinde uygulanır. Frizant ile gıda maddesi arasında kusursuz bir ısı iletimi sağlanarak hızlı bir donma sağlanmaktadır. Belirgin bir şekli olmayan ürünlerin başarılı şekilde dondurulmasını sağlar.

Kriyojenik sıvılarla dondurma yöntemi ise sıvı azot (LN_2) ve sıvı karbondioksit (LCO_2) kullanılarak soğutulan gıdalardan ısı absorbe ederek donmanın sağlandığı bir yöntemdir. Gıdalar doğrudan LN_2 veya LCO_2 veya bunların buharı ile karşılaştırılarak donma $-60^\circ C$ veya altındaki soğuk bir atmosferde gerçekleştirilir (Anonim, 2009).

2.2. Dondurmanın Prensibi

Sebze ve meyveler, hücrelerden oluşur. Bu hücreler arasında da az ya da çok boşluk bulunmaktadır. Büyük bir kısmı sitoplazma ve vakuolde bulunmakla birlikte hücre duvarı, hücreler arası boşluklar da dahil olmak üzere hücrenin her tarafında daima su bulunmaktadır. Bu durumda sebze ve meyvelerin dondurulmasında hücre içinde ve dışında buz kristalleri oluşabilir.

Sebze ve meyveler dondurulurken suyun kristalizasyonu, öncelikle hücreler arası boşluklarda gerçekleşir. Çünkü buradaki havada bulunan nemin, soğuması ile yoğunlaşması sonucu oluşan su, seyreltik bir çözelti özelliği gösterir ve bu çözeltinin konsantrasyonu, hücre içi sıvının konsantrasyonundan oldukça düşüktür. Bu durum, hücreler arasındaki suyun donma noktasının daha yüksek olmasını sağlar. Hücre zarının hücre içinde buz oluşumuna gösterdiği bir tür direnç de eklenince hücre içinde kristalizasyonun başlaması gecikir.

Donma hızı da buz kristallerinin oluşumunu doğrudan etkiler. Şayet bitkisel dokudan ısı yavaş uzaklaştırılırsa hücre dışında buz kristalleri oluşur ve bu kristaller büyür. Bu arada donmamış hücre dışı sıvısı ile hücre içi donmamış sıvı arasında ozmotik basınç farkı artar. Ozmotik basıncı dengeye ulaştırmak için hücre içinden hücre

dışına su buharı transferi gerçekleşir. Bu durum hücre dışındaki kristallerin daha da büyümesini sağlarken hücre içinde buz kristalleri oluşma şansı kaybolur.

Buna karşın hızlı dondurma ile buz kristalleri yine öncelikle hücre dışında oluşur. Ancak bu defa hücre içindeki su hücre dışına aynı hızda transfer olamadığı için hücre içinin de hızla donması sağlanır. Sebze ve meyveleri hızlı dondurarak (şoklayarak) buz kristallerinin hücre içinde ve dışında küçük ve homojen olması sağlanır (Anonim, 2009).

2.3. Gıdaların Dondurulmasındaki Temel Aşamalar

2.3.1. Ön işlemler

Dondurulmuş sebze ve meyvelerin kalitesi kullanılan ham maddeye bağlı olarak değiştiği gibi uygulanan ön işlemlere de bağlıdır. Dondurulacak sebze ve meyvelere uygulanacak ön işlemler, ürünleri tüketime hazır hale getiren işlemler zinciridir. Buna göre sebze ve meyveler ayıklanır, yıkanır, yenmeyen kısımları (sap, baş/uç, kabuk, çekirdek) ayrılır, doğranır.

2.3.2. Şoklama

Şoklama (dondurma) işlemi, gıda maddelerinin yapısında bulunan ısı enerjisinin bir soğutucuya hızlı bir şekilde aktarılarak uzaklaştırılmasıyla, hücre içi ve hücre dışındaki suyun faz değiştirerek sıvı hâlden buz hâline geçmesi olarak tanımlanmaktadır.

Şoklama işlemi;

- * Ürün sıcaklığının donma noktasına kadar soğutulması,
- * Ürünün donma noktasında buz kristalleri oluşturarak donması,
- * Donmuş ürün sıcaklığının donmuş yapıda istenen sıcaklığa kadar düşürülmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Gıdalar arasında en kolay ve hızlı bozulanlar, meyve ve sebzelerdir. Bunun nedeni diğer gıdalara oranla bünyelerinde %98'e varan miktarlarda su içermeleridir. Dondurma işlemi sayesinde gıdaların içerdikleri su, buz kristallerine dönüşünce bozulmaya yol açan mikroorganizmalar yaşayamamakta, kimyasal ve biyokimyasal değişimler asgariye indirilerek gıdaların en doğal hâliyle korunması sağlanmaktadır.

Bu özelliği ile şoklama işlemi gıdaların kalite, tat, koku ve besin değerinin en iyi korunduğu gıda saklama yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Dondurulmuş gıdaların diğer muhafaza yöntemlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Örneğin;

* Dondurulmuş gıdalar katkı maddesi kullanılmadan (%100 sebze veya meyve) ve dondurmak gibi doğal bir metot ile saklandığı için tazeye en yakın bazen aynı besin değerine sahip işlenmiş üründür.

* Uygun ortamlarda uzun süre saklanmaları mümkündür.

* Yıkınmış, ayıklanmış ve pişirmeye hazır hâlde tüketime sunulduklarından özellikle çağımızın hız gerektiren yaşamı için pratik bir gıda maddesidir (Cemeroğlu, 2004).

2.4. Donma Süresine Etki Eden Faktörler

Gıdaların donma süresine, gıdanın kendi özellikleri ve dondurucu ortamın özellikleri olmak üzere temelde iki faktör etki eder. Bu iki faktörü aşağıdaki şekilde açabiliriz:

2.4.1. Gıdanın ısı iletkenlik katsayısı

Donma süresine etki eden en önemli faktörlerden birisi gıdanın ısı iletkenlik katsayısıdır. Gıdanın ısıyı kondüksiyonla (iletim) yüzeye taşınır, dondurucu ortama ulaşarak uzaklaşır. Bu nedenle donma süresinin hesaplanmasında kullanılacak ısı iletkenlik katsayısı deneysel yolla saptanmış değer olmalıdır (Cemeroğlu ve diğ., 2003).

2.4.2. Isı transferinin gerçekleştiği yüzey alanı

Isı transferine elverişli yüzey alanı da donma süresini doğrudan etkiler. Bu alan gıdanın geometrik şekline ve büyüklüğüne bağlıdır.

2.4.3. Gıdanın kalınlığı

Gıdanın kalınlığı arttıkça donma süresi uzar. Gıdanın iç kısımlarındaki ısının yüzeye ulaşması için geçen süre donma süresini doğrudan etkiler. Donma süresi hesaplanırken gıda kalınlığı dikkate alınmalıdır.

2.4.4. Ambalaj

Sebze ve meyvelerin ambalajlanarak dondurulması donma süresini uzatır. Ambalaj materyalinin ısı iletkenlik katsayısı ve kalınlığı, ambalajın donma süresine etkisini belirler. Ambalaj materyalleri donma süresine olumsuz etki eder. Donma süresini kısaltmak için ambalajla gıda arasında boşluk kalmamalıdır.

2.4.5. Gıdanın ve dondurucu ortamın sıcaklık farkı

Gıdanın ve dondurucu ortamın sıcaklık farkı ısı transferinin itici gücüdür. Bu fark arttıkça ısı transferi hızlanır ve donma süresi kısalır.

2.4.6. Yüzey filmi

Soğuk hava akımında dondurmada gıdanın yüzeyinde ve ambalajlı ise ambalajın yüzeyinde adeta oraya yapışmış gibi hareketsiz duran ve ısı yalıtkanı olarak davranan yüzey filmleri ısı transferine karşı direnç gösterir. Yüzey filminin kalınlığı arttıkça ısı transferi güçleşir (Cemeroğlu ve diğ., 2003).

2.5. Gıdaların Dondurulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler

2.5.1. Hacim değişimi

Donma aşamasında gerçekleşen en belirgin değişim ham madde hacminde gözlenir. Saf su 0°C’de buz hâline dönüşürken hacmi ortalama %8,3 oranında artar. Sebze ve meyveler donarken bu oranda bir hacim artışı görülmez. Çünkü donma sonucu suyun hacmi artarken ortamdaki katı maddelerin hacmi azalır. Bitkisel dokularda hücreler arası boşluklar da hacim artışı sınırlandırıcı diğer bir etkidir. Bu boşluklar hacim artışı dengellemektedir (Anonim, 2009).

2.5.2. Hücre öz suyunun kaybı

Sebze ve meyve hücresinin hücre içi suyunu kaybetmesi donma aşamasında oluşan önemli değişikliklerin temel nedenidir. Özellikle yavaş dondurmada hücre kuruması sonucu hücre büzülür. Donma sonucu oluşan buz kristalleri mekanik hasarlara da neden olur. Dokuda oluşan bu hasarın nedeni buz kristallerinin sert oluşu ve hücre içi unsurların esnek yapısı nedeniyle buz kristallerinin olduğu noktalarda meydana gelen gerilimdir (Anonim, 2009).

2.5.3. Yapıdaki değişim

Donmada oluşan değişimlerden birisi de yapıda kendini gösterir. Özellikle taze meyvelerin sertlik kaybında turgor yani hücre içi basıncı önem taşır. Taze meyveler ağızda çiğnenirken meyve dokusunu oluşturan hücrelerin iç basıncı dışların basıncına bir direnç gösterir ve bu durum gevreklik denen özelliği oluşturur. Donma sırasında bu özellik kaybolur. Dondurulmuş ve tüketilmek üzere çözülen meyvelerde taze meyveler gibi direnç göstermez. Sebzelerde pişirme ile zaten turgor kaybı gerçekleşeceği için donma sırasındaki kayıp çok önemli değildir. Sebze ve meyvelerin dondurulması sırasında oluşacak yapısal hasar hızlı dondurma ile en düşük seviyede kalır. Ayrıca ham maddeye uygulanan haşlama gibi ön işlemler de yapı hasarlarını azaltıcı bir faktördür. Haşlama enzimlerin katalize ettiği biyokimyasal değişmeleri de önemli ölçüde azaltır (Anonim, 2009).

2.5.4. Su (nem) kaybı

Donma sırasında karşılaşılan diğer bir değişiklik ise hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın ambalajsız olarak dondurulan ürünlerin, buharlaşmayla az ya da çok su kaybetmesidir. Ürünün su kaybetmesi ağırlık kaybına neden olur. Ayrıca su kaybı yüzeyde oluşmuş buzun küçük bölgeler hâlinde süblimasyonu ile gerçekleştiği takdirde yüzeyde don yanığı denen hasar oluşabilir. Ürünün su kaybı, ham maddenin dondurucuya girdiği andaki sıcaklığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle dondurulacak sebze ve meyvelere soğuk hava ile ön soğutma uygulanarak su ve dolayısıyla ağırlık kaybı azaltılabilir. Su kaybını önlemenin diğer bir yolu da ambalajsız ürünün önce ıslatılıp sonra ön soğutma bölgesinde hafifçe dondurularak yüzeyde ince bir buz tabakası (glaze) oluşturulmasıdır. Glaze kaplanmış parçacıklar esas dondurma sırasında süblimasyonla bir miktar nemi sadece bu tabaka kaybeder ve nem kaybı önlenir (Anonim, 2009).

2.6. Gıdaların Dondurulmasıyla İlgili Çalışmalar

Olivera ve diğ. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, Brüksel lahanasına dondurma işleminden önce 3 farklı ısıl işlem uygulanmış ve bunun tekstür, renk, C vitamini ve toplam flavonoidlere etkisi araştırılmıştır. İşlem görmüş ve işlem görmemiş örnekler daha sonra -18°C'de depolanmıştır. Çalışma sonucunda Brüksel lahanasının sertliğinin haşlama işleminden oldukça etkilendiği ve dondurma işlemi

ile donmuş depolamanın da yapı sıklığında kayıplara neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bütün işlemlerin C vitamini ve flavonoid içeriğinde artmaya neden olduğu görülmüştür.

Martins ve Silva (2003), farklı depolama sıcaklıklarında (-7°C, -15°C ve -30°C) 250 gün boyunca depoladıkları dondurulmuş fasulyelerde tekstür, C vitamini ve nişasta yönünden oluşan kalite değişikliklerini araştırmışlardır. Depolama sürecinde dehidroaskorbik asitin sadece %8 oranında parçalandığını ve bu yüzden de donmuş depolamanın toplam C vitamini oranının korunmasını sağladığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca haşlama ve dondurma işlemi sırasında önemli bir C vitamini kaybının olmadığını görmüşlerdir. Bu çalışmanın sonucunda fasulyelerin donmuş depolama sırasında tekstür, şeker, nişasta ve C vitamini yönünden hassas olduğunu belirtmişlerdir.

Gebczynski ve Lisiewska (2006), dondurulmuş brokoli üretiminde dondurma işleminden önce hammaddenin pişirilmesinin veya haşlanmasının, daha sonra dondurulan brokolideki kuru madde, karotenoidler, β -karoten, C vitamini ve fenoller üzerine etkisini araştırmışlardır. Dondurma işleminden önce pişirilen örneklerle haşlanan örnekler dondurulduktan sonra karşılaştırıldığında, pişirilen örneklerin daha fazla kuru madde, karotenoid ve β -karotene, ayrıca daha az C vitaminine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak dondurma öncesinde uygulanan pişirme işleminin toplam antioksidan aktivite üzerine azaltıcı bir etkide bulunduğunu belirtmişlerdir.

Galgano ve diğ. (2007), soğutma, dondurma ve pişirme gibi işlemlerin brokolide bulunan C vitamini üzerine etkilerini araştırmışlardır. 6°C'de 35 gün depolanan brokolilerde C vitamini kaybı %39 olarak bulunmuştur. -18°C'de 60 gün boyunca depolanan brokolilerde de yaklaşık aynı oranda C vitamini kaybı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar kaynatma, buharlama, mikrodalgada ısıtma gibi ısı işlemlerin de etkisini araştırmışlar ve C vitamini oranında kaynatma işlemi sonucunda %34, buharlama işlemi sonucunda ise %22 gibi bir kayıp olduğunu tespit etmişlerdir.

Falade ve diğ. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada bamyanın donma-çözünmede, güneşte kurutmada ve güneş enerjisi ile kurutma sırasındaki fiziksel, kimyasal,

reolojik ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Yapılan renk analizleri sonucunda güneşte ve güneş enerjisi ile kurutulmuş bamyaların L* ve a* renk parametrelerinin, diğer yöntemlere göre daha iyi olduğu ifade edilmiştir. Duyusal  zellikleri bakımından tüm ürünlerde belirgin bir farklılık saptanamamıştır.

Bahçeci ve diğer. (2005) yaptıkları bir çalışmada taze fasulyelerin dondurma işleminden önce uygulanan iki farklı haşlama normunun peroksidaz ve lipoksigenaz enzimleri üzerine etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca, araştırıcılar aynı örneklerde dondurma ve donmuş depolama işlemlerinin C vitamini ve klorofil miktarı üzerine etkisini de belirlemişlerdir. Donmuş depolama esnasında meydana gelen C vitamini ve klorofil kayıplarının I. dereceden kinetik modele uyduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmayla haşlanmadan dondurulan taze fasulyelerdeki C vitamininin yarılanma süresi 1,89 ay olarak belirlenmiştir. Bu durum 70 C’de 2 dakika haşlama işlemi uygulanmış taze fasulyelerdeki C vitamini için 2,15 ay olarak belirlenmiştir. Haşlanmadan dondurulan taze fasulyelerdeki klorofil a ve klorofil b için yarılanma süreleri sırasıyla 7,32 ve 13,11 ay olarak tespit edilmiştir. 70 C’de 2 dakikalık haşlama sonrasında dondurulan ürünlerin klorofil a ve klorofil b için yarılanma süreleri 5,05 ve 10,09 aya düştüğü ifade edilmiştir.

Favell (1998) tarafından yapılan bir çalışmada bazı sebzelerin (bezelye, ıspanak, havuç ve brokoli) taze ve dondurulmuş haldeki besin içerikleri karşılaştırılmıştır. Bunun için ürün  n taze ve donmuş haldeyken C vitamini miktarları belirlenmiştir. Yapılan C vitamini analizleri sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Buna göre 12 aylık bir depolama sonunda tazesine göre dondurulmuş bezelyelerde %10’luk ve dondurulmuş taze fasulyelerde %20’lik bir C vitamini kaybının olduğu belirtilmiştir. Dondurulmuş brokolide ise bu kaybın %10’un altında ve dondurulmuş havuçta önemsiz sayılacak düzeyde olduğu ifade edilmiştir.

Berger ve diğer. (2008) yaptıkları bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda depolanan (20 C, 4 C, -18 C ve -25 C) havuçların duyuşal özelliklerindeki ve karoten miktarındaki değişimleri incelemişlerdir. Toplam karoten miktarının 4 C ve 20 C’de depolanan havuçlarda arttığını, -18 C ve -25 C’de depolanan havuçlarda ise azaldığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bu çalışmada bir ön işlem olarak haşlamanın da karoten miktarı üzerindeki etkisine bakılmıştır. Haşlanan havuçlarda toplam karoten miktarı haşlanmayanlara göre daha fazla bulunmuştur.

Van Buggenhout ve diğ. (2006) dondurma işleminin havuç dokusuna verdiği zararı tespit etmek için farklı dondurma koşullarında dondurulan havuç örneklerini ışık mikroskopunda incelemişlerdir. Hızlı dondurma veya kriyojenik olarak yapılan dondurma işleminden sonra dondurulan havuçlardaki sertlik kaybını yavaş dondurulan havuçlarla karşılaştırmışlardır. Oluşan sertlik kaybının havuç dokusundaki hücre duvarının zarar görmesiyle ilgili olduğunu belirtmişlerdir.

Tansey ve diğ. (2010) farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş havuçları ve hiç ısıl işlem ya da ön işlem görmemiş havuçları farklı dondurma yöntemleriyle dondurmışlardır. İşlem görmemiş havuçlarda dondurma yöntemlerinin sertliği çok fazla etkilemediğini belirtmişlerdir. Isıl işlem görmüş havuçlarda ise -25°C 'de depolanmaları süresince başta bir sertlik kaybının olduğunu ancak depolama süresi sonunda sertliğin ilk baştaki değerine geldiğini tespit etmişlerdir

Rickman ve diğ. (2007a) yaptıkları bir çalışmada havuç, brokoli, mısır, ıspanak, bezelye ve taze fasulyeyi konserveleme ve dondurma işlemlerinden sonra B ve C vitamini ile fenolik bileşikler yönünden incelemişlerdir. Haşlama ve dondurma işlemlerinden sonra C vitaminindeki en yüksek kaybın ıspanak ve brokolide olduğunu görmüşlerdir. Kuşkonmazın ise haşlama ve dondurma işlemleri sırasında kayıplara karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca C vitamini kaybının bütün ürünlerde büyük farklılıklar gösterebildiğini ve bunun ekim çeşidi, proses şartları ve diğer değişkenlere bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Aleman ve diğ. (2005) jalapeno cinsi biberlerin dondurulmasında farklı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki CaCl_2 çözeltisinde farklı sürelerde bekletilmesinin ve ardından haşlama işlemi uygulanmasının dondurulan biberlerin renk, metanol içeriği, Ca iyonu ve tekstür gibi özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda düşük sıcaklıkta haşlanan örneklerin kontrol örnekleriyle birlikte daha az turgor kaybı ve yapısal hasarlanma gösterdiğini belirtmişlerdir. Biberlerin mikroskopik incelemesinde dondurulup çözündürülen örneklerden CaCl_2 çözeltisi içinde haşlananların hücre duvarı bütünlüğünün korunduğunu gözlemlemişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada küp şeklinde doğranmış domatesler dondurulmuş ve depolanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda -20°C 'de depolama işleminin 3. ayından itibaren β -karoten ve likopen miktarında önemli kayıpların olduğu

belirlenmiştir. 12 ay depolanan ürünlerde β -karoten'de %51, likopende ise %48 oranında bir kayıp olduğu belirtilmiştir (Rickman ve diğ., 2007b).

Leong ve Oey (2012) yaptıkları bir çalışmada ısıtma (98°C-10 dak), dondurma (-20°C) ve dondurarak kurutma işlemlerinin, kiraz, nektarin, kayısı, şeftali, erik, havuç ve kırmızıbiber gibi mevsim meyve ve sebzelerindeki antosiyaninler, askorbik asit ve karotenoidler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Dondurma işleminden sonra kırmızıbiberin en yüksek β -karoten oranına sahip olduğu, bunu havuç, kayısı, nektarin, erik ve şeftalinin izlediğini ve en az da kirazda bulunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kırmızıbiberde dondurma işlemi sonrası β -karoten oranının arttığı tespit edilmiştir. β -karoten miktarındaki bu artışın sebebinin, donma işlemi sırasında yeni yapının ve steroizomerlerin oluşumu ile fizikokimyasal reaksiyonların diğer karotenoidlerde (β -krikoksantin ve α -karoten) degradasyona neden olarak bileşenlerin β -karoten formuna dönüşmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. C vitamininin ise donmuş havuç ve kırmızıbiberde taze örneklerine göre çok fazla değişmediğini gözlemlemişlerdir.

Holzwarth ve diğ. (2012) yaptıkları bir çalışmada çilekleri -20°C'de konvansiyonel yolla ve ayrıca sıvı azot kullanarak dondurmuşlardır. Dondurulan bu örnekleri daha sonra farklı sıcaklıklar ve farklı süreler kullanılarak (4°C-24 saat, 20°C-8 saat ve 37°C-2 saat) çözüdürmüşlerdir. Donmuş örneklerin bir kısmını ise mikrodalga fırında 10 dakika süreyle çözüdürüp incelemişler ve çözünen tüm örneklerin renk değerlerini ve askorbik asit miktarlarını belirlemişlerdir. Donmuş çileklerin askorbik asit miktarında tüm çözünme koşullarında azalma tespit etmişler ve ayrıca askorbik asit miktarının örneğin türlerine göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Pigment ve askorbik asit miktarındaki kaybın en çok 4°C'de 24 saat süreyle çözüdürme işleminde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çözüdürülen örneklerin antosiyanin ve askorbik asit miktarının, dondurma teknolojisine bağlı olduğu gibi farklı çözüdürme ve çözüdürme parametrelerine de bağlı olduğunu ve bunların meyve kalitesi üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Rawson ve diğ. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada havuç örnekleri taze ve haşlanmış olarak farklı dondurma yöntemleri ile (yavaş ve hava hızında dondurma) dondurulmuş ve -20°C'de depolanarak örneklerin poliasetilen düzeyleri, sertlik ve renk değerleri incelenmiştir. Hava akımında dondurulan havuç örneklerindeki

poliasetilen miktarının, yavaş dondurulan örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksek miktarda olduğu belirtilmiştir. Sertlik ve renk değerlerinin de taze havuçların değerleriyle karşılaştırıldığında, donmuş depolama sırasında azaldığı tespit edilmiştir. Taze havuçta sertlik değeri 72,60 kN (Kilonewton) iken yavaş dondurulan örneklerde bu değer 39,58 kN, hava akımında dondurulan örneklerde ise 33,91 kN olarak ölçülmüştür. Genel olarak dondurma ve donmuş depolama işleminin, örneklerin poliasetilen düzeylerinde, sertlik ve renk değerlerinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Gonçalves ve diğ. (2011a) dondurma ve donmuş depolama işlemlerinin (-7, -15 ve -25°C'de) kabakta renk, yapı ve askorbik asit miktarı gibi kalite kriterleri üzerine etkisini araştırmışlardır. İncelenen taze kabak örneklerindeki askorbik asit miktarı 15,46 mg/100g olarak bulunmuş, örnekler dondurulduktan sonra ise askorbik asit miktarının 10,99 mg/100g değerine düştüğünü belirtmişlerdir. Sertlik değerleri ise taze örnekte 65,15 N (Newton) iken donmuş örnekte 14,56 N olarak tespit etmişlerdir. Renk değerlerinde de (L, a ve b) donma işleminden sonra belirgin bir azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Genel olarak dondurma ve donmuş depolama işlemlerinin kabakta askorbik asit, sertlik ve renk gibi kalite kayıplarına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Gonçalves ve diğ. (2011b) yaptıkları başka bir çalışmada brokolinin dondurma ve donmuş depolama (-7, -15 ve -25°C) işlemlerinden sonraki askorbik asit miktarını ve renk değerlerini incelemişlerdir. Taze brokolideki askorbik asit miktarını 36,07 mg/100g, donmuş brokolideki askorbik asit miktarını ise 32,91 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Donmuş depolamada ise askorbik asit miktarının -7°C'de %80, -15°C'de %60 ve -25°C'de %29 oranında azalma gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca renk değerlerinde de donma ve depolama işlemine bağlı olarak azalma tespit etmişlerdir.

2.7. Antioksidanlar

Antioksidanlar, gıdalarda oksidatif bozulmayı önleyen veya geciktiren bileşikler olarak tanımlanmaktadırlar. Bu bileşikler oksidatif ve otooksidatif işlemlerin başlangıcında etki göstererek oksidasyonu ve buna bağlı olarak oluşan istenmeyen reaksiyon ürünlerinin (kötü koku ve lezzet) oluşumunu engelleyebilmektedirler. Geniş

ifadeyle, antioksidanlar oksijen ile reaksiyona girerek, gıdalar içindeki olumsuz etkilerini engelleyen maddeler olarak tanımlanabilirler. Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC)'nin tanımında ise antioksidanlar “gıdada yağın acılaşması ve renk değişimleri gibi oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşan, bozulmaları önleyerek raf ömrünü uzatan maddeler” olarak ifade edilmektedirler (Altuğ, 2006).

Antioksidan maddeler, genel olarak gıda sanayinde, bitkisel ve hayvansal yağlar ve yağ içeren gıda maddelerinin üretimi, depolanması, taşınması ve pazarlanması sırasında, normal sıcaklıklarda atmosfer oksijeninin etkisini geciktirerek gıdanın bozulması ve acılaşmasını belli bir süre engelleyen en etkili maddelerdir (Çakmakçı ve Çelik, 2000).

Antioksidanlar kaynaklarına göre doğal ve yapay olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Doğal antioksidanlar, bitki veya hayvan dokularında bulunan veya bitkisel veya hayvansal kaynaklı bileşiklerin pişirilmesi veya işlem görmesi sonucu oluşan maddelerdir. Hemen hemen tüm bitkilerde, mikroorganizmalarda ve bazı hayvansal dokularda bulunurlar. Doğal antioksidanların büyük çoğunluğu fenolik bileşiklerdir ve en önemlileri arasında tokoferoller, askorbik asit, flavonoidler ve fenolik asitler bulunmaktadır (Bozan, 2004). Yapay antioksidanlardan en bilinenleri de Bütillendirilmiş Hidroksi Anisole (BHA), Bütillendirilmiş Hidroksi Toluene (BHT) ve Propil Gallat (PG) 'dir (Çakmakçı ve Çelik, 2000).

Meyve ve sebzeler antioksidan içeriği bakımından zengindir. Bu yüzden insan sağlığı açısından da önemli gıdalardır. Meyve ve sebzelerin besinsel içeriğini; vitaminler, şekerler, mineraller, proteinler ve yağlar oluşturmaktadır. Özellikle C, A ve E vitaminleri meyve ve sebzelerde bol miktarda bulunur. İnsan sağlığı açısından meyve ve sebzelerde bulunan A ve C vitaminleri, karotenoidler ve fenolik maddeler önemli antioksidan bileşiklerdir. Antioksidan özellikleri ile kanser, kalp ve damar hastalıkları riskini azaltırlar (Murcia ve diğ., 2009).

Son yıllarda yapılan çalışmalar antioksidan vitaminler (E vitamini, C vitamini ve β-karoten) üzerine odaklanmıştır. Çünkü bu vitaminlerin bazı kalp hastalıkları ve kanser gibi hastalıkların önlenmesinde etkili olduğu belirtilmektedir (Abushita ve diğ.,1997). Antioksidan vitaminler, yağların oksidasyonunu, oksijeni serbest radikal gruplara bağlayarak etkisiz hale getirirler ve böylece sayılan hastalıkların önlenmesine destek olurlar (Bruckdorfer, 1990; Sies, 1991).

2.7.1. Askorbik asit (C vitamini)

Askorbik asit (C vitamini), taze meyvelerde özellikle turunçgiller ve sebzelerde bulunan, suda çözünebilen bir vitamindir. Askorbik asit yüksek polariteye sahip olmasından dolayı suda kolayca çözünürken apolar solventlerde çözünme özelliği gösterememektedir. Askorbik asidin sudaki çözünürlüğü yaklaşık 30 mg/100ml iken alkolde az, gliserinde çözünmesi güç, eter ve kloroformda ise hiç çözünmemektedir.

Askorbik asit denince akla L-Askorbik asit gelir. Çünkü sadece bu izomerinin biyolojik aktivitesi vardır. Diğer bir izomeri olan D-Askorbik asitin hiçbir biyolojik aktivitesi yoktur. Başka bir izomer olan D-izoaskorbik asit (eritorbik asit) ise, aynen askorbik asit düzeyinde indirgen güce sahiptir. Fakat herhangi bir biyolojik aktivitesi bulunmamaktadır (Demiray, 2009).

Askorbik asit (C vitamini) gıdalarda genellikle besleyicilik kalitesinin göstergesi olarak kabul edilir. Çünkü askorbik asit gıdalarda bulunan diğer besin bileşenlerine göre çabuk değişebilen bir yapıya sahiptir. (Le Maguer ve Jelen, 1986; Lee ve Kader, 2000; Rojas ve Gerschenson, 2001; Erentürk ve diğ., 2005).

Dondurma işlemi ve donmuş ürünlerin depolanması sırasında meyve ve sebzelerin C vitamini içeriğinde az miktarda kayıplar meydana gelmektedir. C vitamini kayıplarının başlıca nedeni askorbat oksidaz enzimidir. Eğer bu enzim ön işlemler sırasında ve dondurma işlemi sırasında inaktif hale getirilmezse, donmuş ürünlerin depolanmasında da aktif olabilirler.

Dondurma işlemi sırasında C vitamini kayıplarının birçok nedeni olabilir;

- Sıcaklık- Süre koşulları
- Meyve ve Sebze çeşitleri
- Ön işlemler
- Ambalaj çeşitleri
- Dondurma yöntemi sayılabilir.

Bu nedenle, donmuş depolama sırasında sıcaklık salınımları meydana gelirse, yüksek miktarda C vitamini kayıpları olabilir. Özellikle üzüksü meyvelerde, turunçgillerde ve domateste yapılan çalışmalarda bu olay belirlenmiştir (Rickman ve ark., 2007a).

Çilek gibi meyvelerde C vitamini stabilitesi dondurma ve donmuş depolamada önemli bir olaydır. Uygun olmayan işlemler sonucunda fazla kayıpların olması söz

konusudur. Yapılan bir çalışmada çilekler ilk olarak -20°C 'de dondurulmuş daha sonra -50°C 'de dondurulmuştur. İki işlemde de hızlı dondurma yapılmış ve istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Fakat donmuş bu çileklerin depolanması sırasında büyük farkın olduğu belirlenmiştir. İki işlemle de dondurulmuş çileklerin bir kısmı -18°C 'de, bir kısmı da -24°C 'de depolanmıştır. Belirlenen depolama süresi sonunda C vitamini içeriklerine bakıldığında -18°C ' de depolanan çileklerde kaybın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Rickman ve diğ., 2007a; Oszmianski ve diğ., 2009).

Patras ve diğ. (2011) yaptıkları bir çalışmada dondurma ve haşlama işlemi kombinasyonunun ve takibinde soğutma uygulamasının, brokoli, havuç ve yeşil fasulyelerin antioksidan aktiviteleri, fenoller, askorbik asit ve renk üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Haşlanarak dondurulmuş brokoli, havuç ve yeşil fasulyelerin antioksidan aktivitelerinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Haşlanmadan dondurma işlemi ise sebze örneklerinin antioksidan aktiviteleri ve askorbik asit içeriklerinde büyük bir azalmaya neden olmuştur. 4°C 'de 7 günlük soğuk depolama sonrası haşlanarak dondurulan örneklerde askorbik asit ve antioksidan aktivitenin haşlanmayan örneklere kıyasla daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Askorbik asit oranının haşlanan ve haşlanmayan örneklerde gittikçe azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 2.1'de bazı sebzelerin dondurulmuş depolama sırasındaki oluşan askorbik asit kayıpları verilmiştir.

Tablo 2.1 : Taze ve dondurulmuş olarak depolanan bazı sebzelerde oluşan askorbik asit kayıpları (% Kuru ağırlık) (Rickman ve diğ., 2007a).

Ürün	Taze, 20°C , 7 Gün	Taze, 4°C , 7 Gün	Dondurulmuş halde, -20°C , 12 Ay
Brokoli	56	0	10
Havuç	27	10	-
Yeşil fasulye	55	77	20
Bezelye	60	15	10
Ispanak	100	75	30

Tablo 2.1'den de görüldüğü gibi dondurma işlemi askorbik asitin kayıplarını en aza indirmektedir.

Gonçalves ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada tere bitkisinde haşlamanın, dondurmanın (-20°C) ve 3 farklı sıcaklıkta (-7, -15 ve -30°C) 400 gün boyunca donmuş depolamanın, teredeki klorofil degradasyonu, C vitamini kaybı ve peroksidaz aktivitesine etkisi araştırılmıştır. Haşlama işlemi renk değerlerinde, C vitamini ve klorofil içeriğinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Dondurma işlemi klorofil ve C vitamini değerlerini etkilememiştir. Ancak renk değerlerinde ve peroksidaz aktivitesinde önemli farklılıklar olmuştur. Donmuş depolama süresince askorbik asit ve peroksidaz aktivitesi degradasyonu 1. dereceden kinetik modelle, renk parametreleri ise 0. dereceden kinetik modelle tanımlanmıştır. Klorofil ve dehidroaskorbik asit içeriğinin donmuş depolama süresince sabit kaldığı belirlenmiştir. Dondurulan terelerdeki askorbik asit içeriğinin donmuş depolama öncesinde $37,59 \pm 3,55$ mg/100g olarak ölçülmüştür. 400 günlük donmuş depolamadan sonra ise askorbik asit içeriğinin, -7°C'de %95, -15°C'de %93 ve -30°C'de %70 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

2.7.2. Provitamin A ve antioksidan karotenoidler

Karotenoidler bitkilerde bulunan, açık sarı-kırmızı arası renkleri veren pigmentlerdir. Meyve sebze tüketimi sonucu vücuda alınırlar. Provitamin A aktivitesi gösteren karotenoidlerin vücuda alınması önemlidir (Ötleş ve Atlı, 1997).

β -karoten, α -karoten ve β -kriptoksantin A vitamininin provitaminleridir. Ayrıca tüm bu provitaminler antioksidan karotenoidlerdir (Murcia ve diğ., 2009).

En fazla A vitaminine dönüşebilen karotenoid, β -karoten olduğu için karotenoidler arasında beslenme fizyolojisi açısından en önemlisi β -karotendir. β -karoten özellikle havuçta bol miktarda bulunmaktadır. β -karoten organizmada A vitaminine dönüştüğü için provitamin A olarak da bilinir (Saldamlı, 1998; Cemeroğlu ve diğ., 2003).

Genel olarak hakim olan düşünce, dondurma işlemi ve donmuş muhafaza ile karotenoid kayıplarının engellenemeyeceği yönündedir. Yapılan bilimsel çalışmalar da bu düşünceyi destekler niteliktedir. Bütün bu kayıplar, diğer kalite kayıplarında olduğu gibi enzim aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle bu türden kayıpların

nedeni; Polifenol oksidaz (PPO), Lipoksigenaz (LOX) ve Katalaz (CAT) enzimlerinin aktiviteleridir. Bu enzimler, genellikle donmuş depolama esnasında oksijen varlığında kayıplara neden olmaktadır (Murcia ve diğ., 2009).

Corey ve diğ. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada taze mısır, konserve mısır ve donmuş mısırın iki farklı türe ait örneklerindeki karotenoid miktarını araştırmışlardır. Örnekler günlük olarak hasat edilmiş ve rastgele seçilmiştir. Ana karotenoidler olarak lutein ve zeaksantin belirlenmiştir. α -karoten ve β -karotenin ise daha az miktarda olduğu tespit edilmiştir. Her iki türe ait mısır örneğindeki toplam karotenoid miktarının donma işleminden sonra arttığı gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak da β -karoten miktarı incelendiğinde donma işleminden sonra artış gösterdiği belirlenmiştir.

Lisiewska ve diğ. (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada dereotu bitkisi, klorofil, toplam karotenoid ve β -karoten bileşenleri açısından incelenmiştir. Bu bileşenlerin düzeyi dondurarak depolama sürecinde belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin bir kısmına dondurma işlemi öncesi haşlama işlemi uygulanmış, bir kısmına ise haşlama işlemi uygulanmamıştır. Daha sonra örnekler -40°C 'de dondurulmuştur. Donmuş olan örnekler -20°C ve -30°C 'de 12 ay boyunca depolanmış ve analizler 3 ayda bir yapılmıştır. 100 g taze örnekteki β -karoten miktarı 5,00 mg olarak tespit edilmiştir. 3 ayda bir yapılan analizlerde β -karoten miktarının giderek düştüğü, 12. ay sonunda ise 4,21 mg olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Denizli ilinin Kale Bölgesinde yetiştirilen kırmızıbiber (*Capsicum anuum* L.) ve Acıpayam bölgesinde yetiştirilen çakır havucu (*Daucus carota* L.) materyal olarak kullanılmıştır. Dondurma denemelerinde kullanılacak olan biber örnekleri Ağustos-Eylül-Ekim aylarında, havuç örnekleri de Kasım-Ocak aylarında piyasadan satın alınmıştır. Laboratuvar çalışması süresince de örnekler polietilen poşet içerisinde 4°C’de buzdolabında saklanmıştır.

3.1.1. Kullanılan kimyasallar

HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) analizlerinde kullanılan β -karoten (C-4582) ve askorbik asit (G-002722) standartları Sigma firmasından (St. Louis, MO, A.B.D.) satın alınmıştır. Bileşiklerden β -karotenin materyallerden ekstraksiyonu ve HPLC ile analizlerinde, Merck (Darmstad, Almanya) firmasından temin edilen HPLC saflığında (HPLC grade) hekzan, asetonytril, metanol, etanol ve diklormetan solventleri kullanılmıştır. Askorbik asitin ise ekstraksiyonunda Sigma firmasından temin edilen %1’lik metafosforik asit ve HPLC ile analizlerinde pH’sı 3’e ayarlanmış saf su kullanılmıştır.

3.1.2. Kullanılan cihazlar

3.1.2.1. Derin dondurucu

Havuç ve kırmızıbiberler, Altan Endüstriyel ve Laboratuvar Cihazları San. ve Tic. A. Ş. tarafından ithal edilen dondurucuda (Elcold) dondurulmuştur. Dondurucunun genel görünümü Şekil 3.1’de ve dondurucuya ait teknik özellikler Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Derin dondurucunun genel görünümü.

Tablo 3.1 : Derin dondurucunun teknik özellikleri.

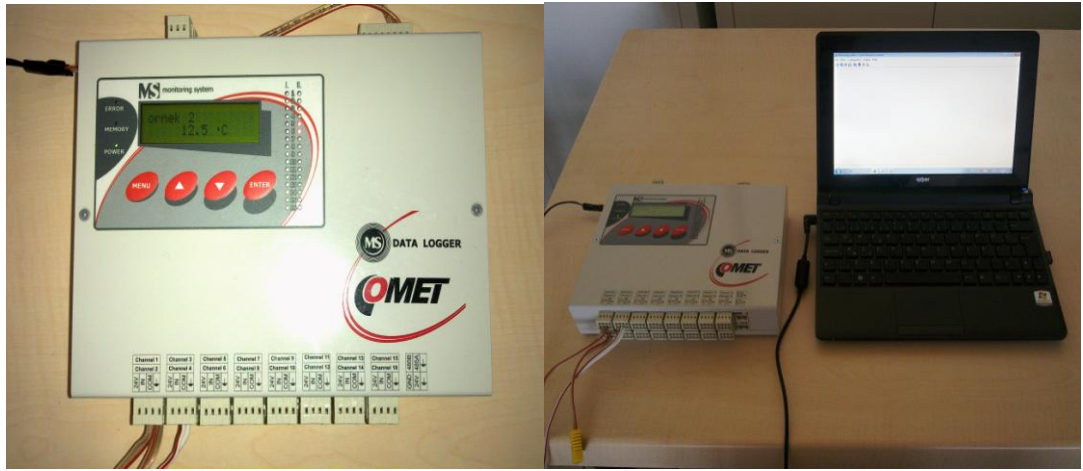
Özellikler	Değerler
Net Hacim	130 Litre
İzolasyon Kalınlığı	100 mm
İklimlendirme Sınıfı, Class 4 (EN441)	+
Defrost Tepsisi	+
Sesli Alarm	+
Elektronik Termostat	+
30°C Ortamda Soğutma Aralığı	-10°C /-45°C

3.1.2.2. Sıcaklık ölçüm ve kayıt sistemi

Sıcaklık ölçüm ve kayıtları Comet marka MS6D model Data Logger cihazı ile yapılmıştır. Dondurulacak havuç ve biber örnekleri dondurucuya konulmadan önce Data Logger'a bağlı sıcaklık problarından bir tanesi değişimin izleneceği örneğe, merkezine denk gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Başka bir sıcaklık probu ise dondurucu içine konularak işlem sırasında ortam sıcaklığının izlenmesi sağlanmıştır. Böylelikle sıcaklık problarından biri ile örnek merkez sıcaklığı, diğer prob ile de ortam sıcaklığı takip edilmiş ve kayıtları tutulmuştur. Şekil 3.2'de Data Logger cihazının genel görünümü ve bilgisayar ile kayıt görüntüsü verilmiştir. Ayrıca sisteme ait teknik özellikler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 : Data logger kayıt sisteminin teknik özellikleri.

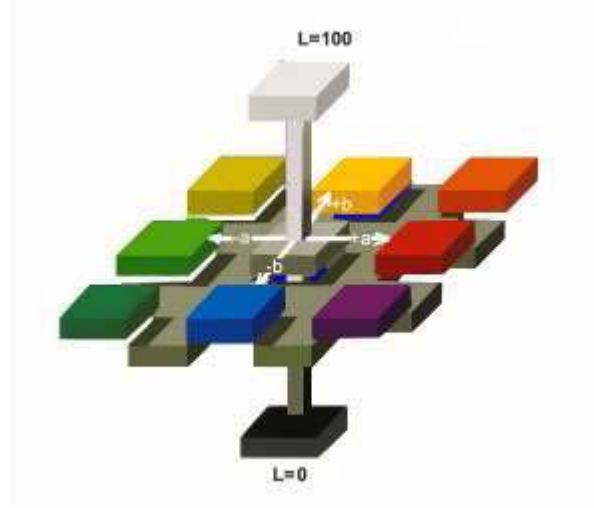
Özellikler	Değerler
Hafıza Türü - Dahili SRAM, Lityum Pil korumalı	+
Toplam Hafıza Kapasitesi	2MB (480.000 üzeri veri kayıt)
Veri Kayıt Modu - Döngüsel ve Sabit	+
Bilgisayar Bağlantı Protokolü	RS232, RS485, USB ve LAN (Opsiyonel)
Bağlantı Hızı	9600, 19200, 57600, 115200, 230400 Bd
Besleme Gerilimi	9...30Vdc (24Vdc Tavsiye edilen)
Boyutlar	215 x 225 x 60 mm



Şekil 3.2 : Sıcaklık ölçüm ve kayıt sisteminin genel görünümü.

3.1.2.3. Renk ölçüm cihazı

Kırmızıbiberlerin ve havuçların dondurulmadan önceki, dondurulduktan sonraki ve donmuş depolanmaları sırasında meydana gelen renk değişimlerinin gözlemlenebilmesi için, Hunterlab MiniScan XE cihazı (Hunter Associates Laboratory, USA) kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan renk ölçüm cihazında ölçümler “Hunter Lab Renk Skalası (L, a, b)” metodu ile yapılmıştır. Hunter Lab Renk Skalası 1948 yılında R.S. Hunter tarafından fotoelektrik bir renk ölçme cihazı ile direk olarak okunabilen düzenli bir renk skalası olarak geliştirilmiştir. Çalışmalar sırasında kullanılan renk skalası Şekil 3.3’te, L, a ve b indislerinin renk skalasındaki anlamlarını gösteren açıklama ise Tablo 3.3’de sunulmuştur.



Şekil 3.3 : Hunter Lab renk skalası (WEB_3).

Tablo 3.3 : Hunter Lab renk skalasında kullanılan indislerin anlamları.

İndis	Anlamı
L	L değeri gıdanın renginin beyazlık parlaklık matlık indeksine göre ölçümü sonucu elde edilen bir değerdir. Bu değer 0 ile 100 arasında değişmektedir. Gıdaların ilk renklerine olan yakınlığı, tazeliğin göstergesi olan parlaklıklarının ne kadar değişip değişmediği bu indekse göre belirlenir.
a	a değeri gıdanın renginin kırmızı ile yeşil renk skalası içinde nerede bulunduğunu gösterir. Gıdalarda L değerinden sonra gelen önemli bir parametredir.
b	b değeri, gıdanın renginin mavi ile sarı renk skalası içinde nerede olduğunu belirtir.

3.1.2.4. HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) cihazı

Kırmızıbiberlerin ve havuçların dondurulmadan önceki, dondurmanın belli aşamalarındaki ve dondurulduktan sonraki β -karoten ve askorbik asit miktarlarının belirlenebilmesi için, SHIMADZU firmasının ürettiği HPLC cihazı kullanılmıştır. Deneylede kullanılan HPLC cihazının genel görünümü Şekil 3.4'te verilmiştir.



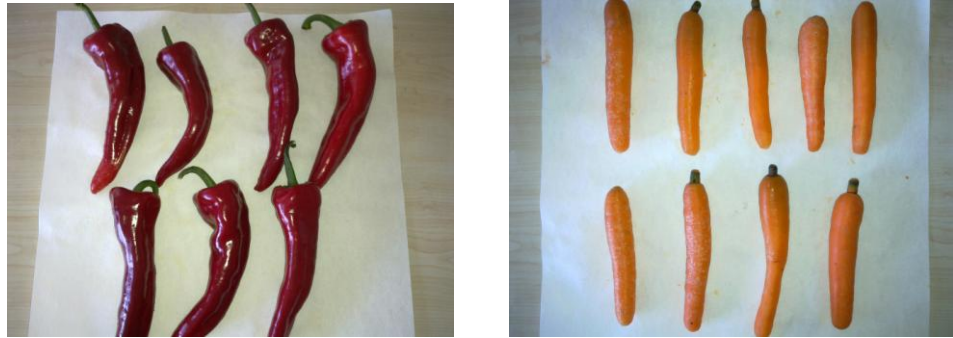
Şekil 3.4 : HPLC cihazının genel görünümü.

3.2. Yöntem

3.2.1. Dondurma denemeleri

Dondurma işleminde kullanılacak olan kırmızıbiber ve havuçlar 2'şer kg'lık partiler halinde, her partiyi oluşturan kırmızıbiber ve havuçların aynı olgunluk derecesinde ve uniform boyutta olmasına dikkat edilerek satın alınıp bölüm laboratuvarına getirilmiştir.

Dondurma denemelerinde kullanılacak 3 ayrı sıcaklığın her biri için (-30°C, -35°C ve -40°C) hem havuç hem de biber örneklerinden 2 kg'lık bir parti alınmıştır. Her örnekteki parti grubu öncelikle özenle yıkanmıştır. Şekil 3.5'te örneklerin genel görünümü verilmiştir.



Şekil 3.5 : Örneklerin genel görünümü.

Dondurulacak örneklerden havuçlar yıkandıktan sonra baş ve uç kısımları kesilerek temizlenmiştir. Hazırlanan havuç örnekleri, üzerinde 5mm'lik aralıkların bulunduğu kesme tahtasında kalınlıkları 10 mm (1 cm) olacak şekilde disk halinde kesilmiştir. Disk halinde doğranan havuçlar daha sonra daraları alınan plastik kaplara ortalama 100-110 gram ağırlığında tartılarak konulmuş ve ağzı plastik kapakla kapatılmıştır. Şekil 3.6'da havuç örneklerinin dondurma işlemine hazırlanması gösterilmektedir.



Şekil 3.6 : Havuç örneklerinin dondurma işlemine hazırlanması.

Kırmızıbiber örnekleri ise yıkandıktan sonra sap ve çekirdeklerinden ayıklanarak dikey şekilde ikiye ayrılmış ve bu parçalar da 30 mm (3 cm) genişliğinde doğranmıştır. Doğranan biber örnekleri darası alınan plastik kaplara ortalama 75 gram ağırlığında tartılarak konulmuş ve ağzı yine plastik kapakla kapatılmıştır. Şekil 3.7'de kırmızıbiberlerin dondurma işlemine hazırlanması gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Kırmızıbiberlerin dondurma işlemine hazırlanması.

Plastik kaplardaki havuç ve kırmızıbiber örnekleri paralelleriyle birlikte, dondurma sürecinde 5 ayrı merkez sıcaklığı noktasında (0°C, -5°C, -10°C, -15°C ve -20°C) β -karoten ve askorbik asit analizlerine alınacak şekilde hazırlanmış ve tepsilere dizilmiştir. Ayrıca 1, 2 ve 3 ay süreyle depolanacak olan örnekler de ayrı bir tepsiye dondurulmak üzere alınmıştır. Şekil 3.8'de havuç ve kırmızıbiber örneklerinin dondurulmak üzere tepsilere dizilip sıcaklık problemlerinin bağlanması gösterilmektedir.

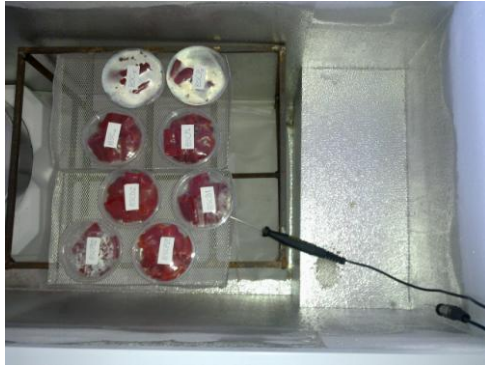


Şekil 3.8 : Havuç ve kırmızıbiber örneklerinin tepsilere dizilip sıcaklık problemlerinin bağlanması.

Data logger ile merkez sıcaklığını takip için plastik kaplardan birine kap kenarından sıcaklık probu geçirilerek örneğin merkezine gelecek şekilde yerleştirilmiş ve kabın ağzı kapakla kapatılmıştır. Başka bir sıcaklık probu ise ortam sıcaklığını takip için dondurucunun içine konulmuştur. Hazırlanan tepsiler dondurucu içine yerleştirilmiştir ve dondurma işlemi tüm sıcaklıklar için (-30°C, -35°C ve -40°C) dondurucu içine konulan fanla sağlanan 0,5 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Dondurma denemelerine başlamadan önce sistemin rejime gelmesi sağlanmış ve sonrasında data logger sistemi çalıştırılmaya başlanmıştır. Şekil 3.9 (a), (b) ve (c)'de dondurucu içinin genel görünümü ve kırmızıbiber ve havuçların dondurucu içine yerleştirilmesi gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.9 : Dondurucu içinin genel görünümü (a) ve kırmızıbiber (b) ve havuçların (c) dondurucu içine yerleştirilmesi.

Araştırma yukarıda bahsedilen çalışma düzeninde 2 paralelli ve 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Dondurarak depolama

Kırmızıbiber ve havuç örnekleri -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulmak üzere hazırlanırken, depolama süresinde incelenecek olan örnekler de dondurucuya alınmıştır. Örnekler dondurulma aşamasında izlenerek merkez sıcaklıkları -20°C 'ye geldiğinde depolama sürecine alınmış ve -20°C 'de 3 ay süreyle depolanmıştır. Her ayın sonunda analiz yapılacak şekilde örnekler ayrılmıştır. 1., 2. ve 3. ayların sonunda kırmızıbiber ve havuç örneklerine belirlenen analizler uygulanmıştır.

3.2.3. Renk değişimlerinin incelenmesi

Dondurma işleminin kırmızıbiber ve havuç numunelerinin renk değişimi üzerindeki etkisini incelemek için yapılan çalışmada; dondurma öncesinde, dondurulduktan sonra ve depolanmaları süresince önceden belirlenen zaman aralıklarında numunelerin renk değerleri, renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Lisiewska ve diğ.

(2004) tarafından kullanılan metoda göre analizler yapılmıştır. Renk ölçümleri gerçekleştirilmeden önce Hunterlab MiniScan XE renk ölçüm cihazı beyaz ve siyah standart kalibrasyon plakaları ile L, a ve b değerleri kalibre edilmiştir. Renk ölçümleri, 3 farklı noktadan yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir.

3.2.4. Yapısal değişimlerin incelenmesi

Dondurulmuş ve taze örneklerde sertlik ölçümü yapı analiz cihazı (Brookfield Texture Analyzer CT3) kullanılarak Van Buggenhout ve diğ. (2006) tarafından verilen yönteme göre yapılmıştır. Sertlik ölçümü yapılacak olan örnekler donma işleminden sonra ve belirlenen donmuş depolama süreleri sonunda alınarak oda sıcaklığında çözündürülmüştür. Örnek sıcaklığı yaklaşık 0-2°C olunca örneklerde sertlik ölçümü yapılmıştır. Havuç örnekleri için 4 mm çaplı metal silindir ucu (TA44) kullanılmıştır. Ölçüm 1 mm/s test hızında, silindir ucun örneğe batma derinliği 3 mm olacak şekilde g-kuvvet cinsinden yapılmıştır. Kırmızıbiber örnekleri için ise 2 mm çaplı metal silindir ucu (TA39) kullanılmıştır. Ölçüm 1 mm/s test hızında, silindir ucun örneğe batma derinliği 2 mm olacak şekilde yine g-kuvvet cinsinden yapılmıştır. Ölçümler 2 paralelli ve 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Kuru madde analizleri

Lisiewska ve diğ. (2004) tarafından kullanılan AOAC metoduna göre analizler yapılmıştır. Kuru madde analizinde öncelikle analiz yapılacak dondurulmuş ve taze örnekler küçük parçalar haline getirilmiştir. Küçük parçalar haline getirilen örneklerden darası alınan ve sabit tartım ağırlığına getirilen metal kaplara 10 gram tartılmıştır. Daha sonra tartılan örnekler 105°C sıcaklıkta 8 saat süreyle kuruması için etüve konulmuştur. Sonrasında etüvden çıkarılan örnekler desikatöre 5 dakika süreyle konulup soğuması sağlanmıştır. Soğuyan örnekler tekrar tartılıp kap ağırlığı çıkarılarak kuru madde oranı belirlenmiştir.

3.2.6. Toplam asitlik değerlerinin incelenmesi

Toplam asitlik genellikle örneğin belirli bir miktarının, bir belirteç eşliğinde ayarlı bir bazla titrasyonu ile tayin edilmesidir. Analizler Van Buggenhout ve diğ. (2006) tarafından verilen yönteme göre yapılmıştır. Toplam asitlik tayini deneyi daha kesin sonuçların elde edilmesi amacıyla iki paralel örnekle gerçekleştirilmiş ve

elektrometrik titrasyon işlemi uygulanmıştır. Havuç ve biber örnekleri blenderdan geçirilerek pulp haline getirilmiştir. Elde edilen pulp tülbentten geçirilerek süzüntü bir beher içine toplanmıştır. Bu süzüntüden 25 ml başka bir beher içine alınmış ve üzerine 3-4 damla %1'lik fenolftalein indikatörü damlatılmıştır. Titrasyona hazırlanan örnekler 0,1 N NaOH çözeltisiyle titre edilirken pH metre ile pH değişimi izlenmiş ve pH 8,1 olduğunda titrasyon sona erdirilmiştir. Harcanan NaOH miktarı belirlenerek toplam asitlik değeri hesaplanmıştır.

3.2.7. β -karotenin HPLC ile belirlenmesi

Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin taze halinde, dondurma sürecinde alınan, dondurulmuş ve depolanmış numunelerinde β -karoten miktarları, HPLC yöntemiyle 2 aşamadan (ekstraksiyon ile tanımlama ve hesaplama) oluşan bir uygulama sonunda belirlenmiş olup, bu aşamalar aşağıda açıklanmıştır.

3.2.7.1. Ekstraksiyon

Karotenoidlerin analizi ile ilgili kaynaklarda standart bir ekstraksiyon metodu bulunmadığından bu çalışmada, Demiray (2009) tarafından önerilen metotlardan yararlanılmıştır. Bu amaçla, taze, donma sürecindeki ve donmuş kırmızıbiber ve havuç örnekleri öncelikle küçük parçalara ayrıldıktan sonra dokunun tamamen parçalanması amacıyla blenderdan geçirilmiştir. Oluşan pulptan alınarak polipropilenden yapılmış santrifüj tüplerine 1 g tartılmıştır. Daha sonra içinde %1 oranında BHT bulunan 70 ml etanol ve hekzandan (4:3, v/v) oluşan ekstraksiyon çözeltisinden 25 ml alınıp santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Elde edilen pulp karışımı homojenizatörden geçirilerek karışımın homojenizasyonu sağlanmıştır. Tüplere, 5°C'de 9.000 x g'de 15 dakika süreyle santrifüj işlemi uygulanmıştır. Bu süre sonunda santrifüj tüplerinde faz ayrımı gerçekleşmiş ve üst kısımda toplanan etanol-hekzan fazı pasteur pipeti ile cam tüplerine aktarılmıştır. Cam tüplerde toplanan supernatantlar HPLC cihazına enjekte edilmeden önce 0,45 μ m'lik membran filtreden geçirilmiştir.

3.2.7.2. Tanımlama ve hesaplama

β -karotenin tanımlanması ve miktarının hesaplanmasında "yüksek performanslı sıvı kromatografisi" cihazından yararlanılmıştır. HPLC cihazı; 4'lü pompa (quarternary pump), UV dedektör, gaz giderici (degasser) ve kolon fırınından oluşmaktadır. Elde

edilen kromatogramlar “Shimadzu LC solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir.

3.2.7.3. Kromatografi koşulları

- **Kolon:** C-18 kolonu (250 x 4,6mm ID, 5µm) (ACE, Aberdeen, İskoçya)
- **Akış hızı:** 0.45 ml/dak.
- **Elüsyon süresi:** 30 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 20µl
- **Dalga boyu:** 445 nm
- **Hareketli faz (Mobile phase):** %40 Asetonitril, %20 Metanol, %20 Diklormetan, %20 Hekzan
- **Kolon fırın sıcaklığı:** 25°C

Kromatogramlardan elde edilen β-karoten pikleri, standart maddelerin geliş süreleri ve UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Örnekteki β-karoten miktarları, bu bileşenlerin standartları ile hazırlanmış olan standart eğrilerden hesaplanmıştır.

3.2.8. Askorbik asit (C Vitamini) değişimlerinin belirlenmesi

3.2.8.1. Ekstraksiyon

Demiray (2009) tarafından önerilen ekstraksiyon yöntemi bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. Bu amaçla, taze, donma sürecindeki ve donmuş kırmızıbiber ve havuç örnekleri öncelikle küçük parçalara ayrıldıktan sonra dokunun tamamen parçalanması amacıyla blenderdan geçirilmiştir. Oluşan pulptan alınarak polipropilenden yapılmış santrifüj tüplerine 1 g tartılmıştır. Daha sonra %1’lik metafosforik asit içeren sudan 25 ml alınıp santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Elde edilen pulp karışımı homojenizatörden geçirilerek karışımın homojenizasyonu sağlanmıştır. Tüpler, 5°C’de 9.000 x g’de 15 dakika süreyle santrifüj işlemi uygulanmıştır. Bu süre sonunda santrifüj tüplerinde faz ayrımı gerçekleşmiştir ve üst kısımda toplanan supernatantlar pasteur pipeti ile cam tüplere aktarılmıştır. Cam tüplerde toplanan supernatantlar HPLC cihazına enjekte edilmeden önce 0,45µm’lik membran filtreden geçirilmiştir.

3.2.8.2. Tanımlama ve hesaplama

Askorbik asidin (C vitamini) tanımlanması ve miktarının hesaplanmasında özellikleri 3.2.3.2.'de verilen HPLC cihazı kullanılmıştır. Elde edilen kromatogramlar “Shimadzu LC solution” yazılım programı ile değerlendirilmiştir.

3.2.8.3. Kromatografi koşulları

- **Kolon:** C-18 kolonu (250 x 4,6mm ID, 5µm) (ACE, Aberdeen, İskoçya)
- **Akış hızı:** 0,5 ml/dak.
- **Elüsyon süresi:** 20 dak.
- **Enjeksiyon hacmi:** 20µl
- **Dalga boyu:** 254 nm
- **Hareketli faz (Mobile phase):** H₃PO₄ ile pH'sı 3'e ayarlanmış su
- **Kolon fırın sıcaklığı:** 25°C

Kromatogramlardan elde edilen askorbik asit pikleri, standart maddelerin geliş süreleri ve UV spektrumlarının karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Örnekteki askorbik asit miktarı, bu bileşenin standartları ile hazırlanmış olan standart eğrilerden hesaplanmıştır.

3.3. Hesaplamalar

3.3.1. Kuru maddenin hesaplanması

Kırmızıbiber ve havuç numunelerinin dondurma öncesi ve sonrasında, depolama süreleri sonunda 105°C'de etüvde kurutulması sırasında, nem içeriği değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Kuru Madde} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100$$

M₁: Kurutulmuş boş kurutma kabı (g)

M₂: İçerisinde deney örneği bulunan kurutma kabının kurutma işlemi öncesi ağırlığı (g)

M₃: İçerisinde deney örneği bulunan kurutma kabının kurutma işlemi sonrası ağırlığı (g)

3.3.2. Toplam asitlik değerinin hesaplanması

Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin dondurma işlemleri öncesi ve sonrasında, depolama süreleri sonunda toplam asitlik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Toplam Asitlik} = \frac{V \times F \times E}{M} \times 100$$

V: Harcanan NaOH (ml)

M: Örnek (ml)

E: Sitrik asit (susuz) ekivalent ağırlığı: 0,006404

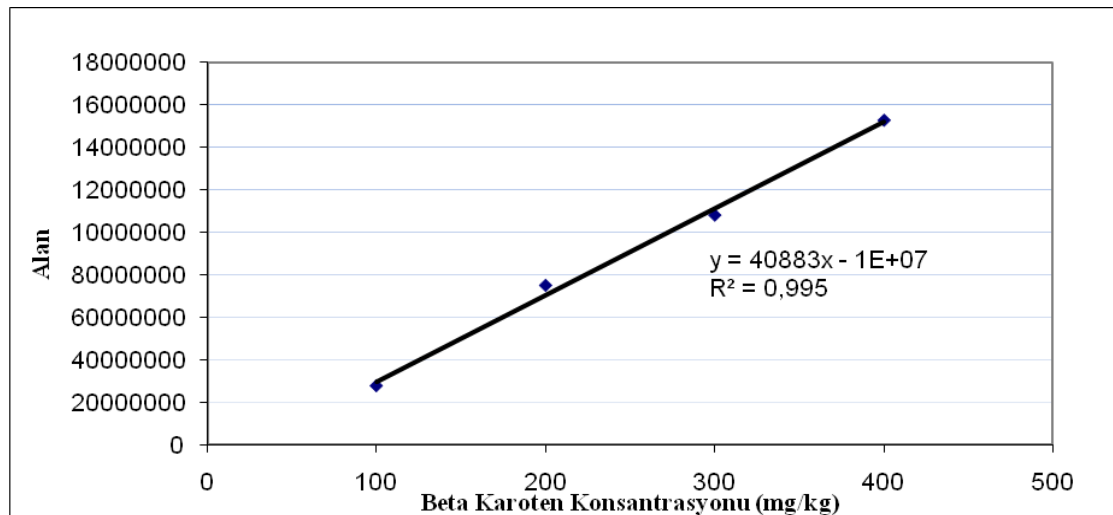
F: NaOH Faktörü

3.3.3. Renk değişiminin incelenmesi için yapılan hesaplamalar

Kırmızıbiber ve havuç numunelerinin dondurulmadan önce, farklı sıcaklıklarda 0,5 m/s hava hızında dondurulduktan sonra ve donmuş depolama sırasında meydana gelen renk değişiminin incelenmesinde renk ölçüm cihazı ile belirlenen L, a ve b değerleri kullanılmıştır.

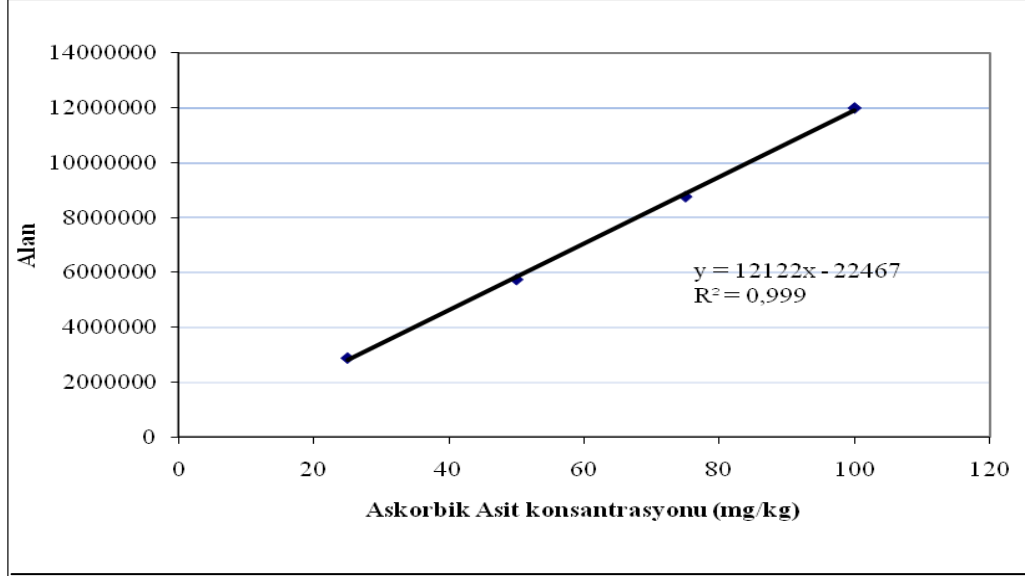
3.3.4. Kalibrasyon eğrilerinin tanımlanması

HPLC cihazı ile β-karoten tayini için gerekli olan β-karoten standart eğrisi (kalibrasyon eğrisi) belirlenmiş ve Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10 : β-karoten standart eğrisi.

Askorbik asit tayini için ise gerekli olan standart eğri, β -karotende olduğu gibi yine HPLC cihazı ile öncelikle saptanmış ve Şekil 3.11’de verilmiştir. Bu eğrinin oluşturulmasında, analizde elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve eğriyi tanımlayan eşitlik belirlenmiştir.



Şekil 3.11 : Askorbik asit standart eğrisi.

3.3.5. İstatistiksel analizler

2 paralelli ve 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilen denemeler sonucunda elde edilen veriler MINITAB programı kullanılarak istatistik analizleri yapılmıştır. Sonuçlar varyans analizine tabi tutularak her bir uygulamanın etkisi ($p < 0.05$) ortaya konulmuştur (Freed, 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Örneklerdeki Kuru Madde Değişimi

Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin -30°C, -35°C ve -40°C’de dondurulmasından sonraki ve depolama sürecindeki kuru madde değişimleri Tablo 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1 : Kırmızıbiber örneklerindeki kuru madde değişimi.

Dondurma Sıcaklığı	Depolama Zamanı			
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	11,137±0,16	10,192±0,07	10,337±0,25	9,521±0,41
-35°C	9,935±0,32	10,964±0,26	9,549±0,13	9,517±0,09
-40°C	10,257±1,32	10,143±0,73	9,045±0,73	9,185±1,01

Tablo 4.2 : Havuç örneklerindeki kuru madde değişimi.

Dondurma Sıcaklığı	Depolama Zamanı			
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	12,840±0,99	11,794±1,01	12,126±0,29	11,737±0,20
-35°C	13,199±0,43	11,808±0,88	11,979±0,19	12,218±0,29
-40°C	12,602±0,59	12,067±0,43	11,682±0,63	12,000±0,60

Havuç ve kırmızıbiber örneklerindeki kuru madde miktarı, depolama süresi boyunca artma ve azalma yönünde değişim göstermiştir. Sabit bir kuru madde artışı beklenirken kuru madde miktarındaki bu dalgalanmanın, çalışılan örneklerin kendi içerisinde farklılık gösterebilme ihtimalinden kaynaklandığı tarafımızdan düşünülmektedir.

4.2. Örneklerdeki Toplam Asitlik Değişimi

Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulmasından sonraki ve depolama sürecindeki toplam asitlik değerleri Tablo 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.3 : Kırmızıbiber örneklerindeki toplam asitlik değerleri (g/100 ml).

Dondurma Sıcaklığı	Depolama Zamanı			
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	0,174±0,04	0,215±0,02	0,260±0,04	0,156±0,04
-35°C	0,158±0,01	0,230±0,02	0,247±0,04	0,140±0,03
-40°C	0,171±0,05	0,182±0,07	0,285±0,03	0,163±0,01

Tablo 4.4 : Havuç örneklerindeki toplam asitlik değerleri (g/100 ml).

Dondurma Sıcaklığı	Depolama Zamanı			
	0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	0,035±0,00	0,056±0,03	0,050±0,02	0,034±0,01
-35°C	0,033±0,01	0,056±0,01	0,051±0,00	0,035±0,01
-40°C	0,049±0,01	0,061±0,00	0,038±0,01	0,036±0,00

Yapılan bir çalışmada taze kırmızıbiberdeki toplam asitlik $26,1\pm 0,9$ g/L olarak bulunmuştur (Castro, 2008).

Havuç ve kırmızıbiber örneklerindeki toplam asitlik değeri ilk 2 aylık depolama süresinde artış göstermiş, 3. ayda ise toplam asitlik miktarında tüm örneklerde bir azalma meydana gelmiştir. Örneklerdeki toplam asitlik artışının depolama sırasında yavaş da olsa devam eden kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlardan kaynaklanabileceği tarafımızdan düşünülmektedir.

4.3. Örneklerdeki Renk Değişimi

-30°C, -35°C ve -40°C’de dondurulan kırmızıbiber ve havuç rneklerinin L, a ve b değerleri Tablo 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.5 : Kırmızıbiber rneklerinin dondurma sıcaklığına göre renk değerleri.

Renk Değerleri	Taze rnek	Dondurma Sıcaklığı		
		-30°C	-35°C	-40°C
L	21,32±1,6	18,31±0,9	19,80±1,3	19,54±0,9
a	22,96±2,2	25,28±1,6	24,65±1,8	26,17±1,8
b	9,15±0,9	9,15±0,6	9,13±0,8	9,57±0,8

Kırmızıbiberlerin donma sırasında L değerlerinde azalma, a değerlerinde artma ve b değerlerinde de sadece -40°C’de çalışılan örneklerde artma tespit edilmiştir.

Tablo 4.6 : Havuç rneklerinin dondurma sıcaklığına göre renk değerleri.

Renk Değerleri	Taze rnek	Dondurma Sıcaklığı		
		-30°C	-35°C	-40°C
L	37,72±0,2	40,19±0,2	40,05±0,3	40,84±0,4
a	25,78±0,2	28,96±0,4	29,51±0,2	29,92±0,3
b	20,42±0,1	22,44±0,3	22,54±0,2	22,82±0,3

Havuç rneklerindeki L, a ve b değerlerinde de dondurma işleminden sonra artış belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada taze havuç rneklerinin L değeri 52,2±0,7, a

değeri $24,1 \pm 1,5$ ve b değeri $36,1 \pm 1,0$ olarak bulunmuştur (Mazzeo ve diğ., 2011). Başka bir çalışmada taze havuç örneklerinin L değeri 42,4, a değeri 15,4 ve b değeri 18,1 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca örnekler 8 m/s hava hızında -30°C 'de dondurularak renk değerleri incelenmiş ve L değeri 36,6, a değeri 16,3, b değeri ise 17,9 olarak belirlenmiştir (Rawson ve diğ., 2012).

Çalışmamızdaki veriler literatür verileriyle kısmen uyumludur. Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin, taze örneklere göre L, a ve b değerleri kendi aralarında çok önemli bir değişiklik göstermemiştir. Bu da bize dondurma sıcaklığının örnek renk değerleri üzerindeki etkisinin önemsenmeyecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Örneklerin renk değerleri depolama sürecinde de incelenmiş olup, çalışılan sıcaklığa göre 3 ay süreyle depolanan kırmızıbiber ve havuç örneklerinin, depolama süreleri sonunda belirlenen L, a ve b değerleri Tablo 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Kırmızıbiber örneklerinin çalışılan tüm dondurma sıcaklıkları için 1. ay sonunda incelenen L değerlerinde bir artış gözlenmiş, 2. ve 3. ay sonunda ise bir azalma tespit edilmiştir. a ve b değerlerinde ise önemli bir değişiklik olmamıştır. L değerlerindeki azalmanın örnekte gerçekleşmesi olası olan enzimatik esmerleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.7 : Kırmızıbiber örneklerinin dondurularak depolanması sürecindeki renk değerleri.

Dondurma Sıcaklığı	-30°C			-35°C			-40°C		
	Renk Değerleri			Renk Değerleri			Renk Değerleri		
Depolama Süresi	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0. Ay	$18,31 \pm 0,9$	$25,28 \pm 1,6$	$9,15 \pm 0,6$	$19,80 \pm 1,3$	$24,65 \pm 1,8$	$9,13 \pm 0,8$	$19,54 \pm 0,9$	$26,17 \pm 1,8$	$9,57 \pm 0,8$
1. Ay	$21,56 \pm 1,5$	$23,45 \pm 0,6$	$9,78 \pm 0,6$	$20,59 \pm 1,1$	$27,71 \pm 1,2$	$10,93 \pm 0,6$	$21,21 \pm 0,8$	$26,13 \pm 1,0$	$10,19 \pm 0,5$
2. Ay	$19,79 \pm 0,9$	$25,45 \pm 1,3$	$9,79 \pm 0,8$	$19,94 \pm 1,1$	$26,25 \pm 1,1$	$10,16 \pm 0,7$	$19,45 \pm 0,7$	$25,35 \pm 1,2$	$9,30 \pm 0,5$
3. Ay	$18,66 \pm 0,5$	$26,17 \pm 0,8$	$9,71 \pm 0,3$	$18,67 \pm 0,4$	$26,53 \pm 0,6$	$9,87 \pm 0,5$	$18,68 \pm 0,5$	$26,70 \pm 0,6$	$9,56 \pm 0,3$

Tablo 4.7'den de görüleceği gibi depolama sürecinde örneklerin L, a ve b değerlerinde gerçekleşen az miktarda değişim, artma veya azalma yönünde düzenli bir değişim değildir. Bu nedenle L, a ve b değerlerinin değişimine ait bir kinetik modelleme yapılmamıştır.

Yapılan bir çalışmada farklı koşullarda haşlanan biber örnekleri -50°C'de 4 dakika süre ile dondurulmuş ve analize hazırlık süresince -20°C'de depolanarak renk değerleri incelenmiştir. Hazırlanan örnekler çözündürüldükten sonra L, a ve b değerleri haşlama koşullarına göre belirlenmiştir. Analizler sonucu örneklerin a değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelirken, L ve b değerlerinde önemli bir değişim tespit edilememiştir. a değerindeki değişimin de, 55°C ve yukarıdaki haşlama sıcaklıklarında klorofil pigmentinin parçalanmasından ileri geldiği belirtilmiştir (Aleman ve diğ., 2005).

Havuç örneklerinde çalışılan tüm dondurma sıcaklıkları için L, a ve b değerlerinde az da olsa bir artış meydana gelmiştir. Ancak depolama süresi boyunca bu değerlerde bir azalma gözlenmiştir.

Tablo 4.8 : Havuç örneklerinin dondurularak depolanması sürecindeki renk değerleri.

Dondurma Sıcaklığı	-30°C			-35°C			-40°C		
	Renk Değerleri			Renk Değerleri			Renk Değerleri		
Depolama Süresi	L	a	b	L	a	b	L	a	b
	0. Ay	40,19±0,2	28,96±0,4	22,44±0,3	40,05±0,3	29,51±0,2	22,54±0,2	40,84±0,4	29,92±0,3
1. Ay	37,58±0,5	25,44±0,5	20,38±0,3	39,55±0,4	26,32±0,2	21,35±0,1	40,11±0,6	27,12±0,6	21,32±0,4
2. Ay	38,30±0,4	25,71±0,4	20,61±0,2	39,99±0,5	26,93±0,3	21,51±0,2	39,08±0,5	25,51±0,5	20,73±0,3
3. Ay	38,87±0,5	25,48±0,4	20,54±0,2	39,94±0,4	26,95±0,2	21,54±0,2	39,10±0,3	26,24±0,3	20,84±0,2

Yapılan bir çalışmada havuçların hızlı ve yavaş dondurulması esas alınarak renk değerleri incelenmiştir. Yavaş dondurulan örneklerin 0. gündeki a değeri, 60. gündeki a değerinden daha düşük bulunmuştur. Ancak hızlı dondurulan örneklerde önemli ölçüde bir değişme gözlenmemiştir. Aynı şekilde b değerinde de önemli bir

değişiklik olmadığını ve dondurma şeklinin renk pigmentleri üzerine etkisi olduğunu belirtmişlerdir (Rawson ve diğ., 2012). Başka bir çalışmada havuç dilimleri -40°C 'de, 8 m/s hava hızında, 8 saat süreyle dondurulmuş ve analizler süresince -20°C 'de saklanmıştır. Örnekler çözündürülüp renk değerleri incelendiğinde, L değeri $42,98\pm 0,02$, a değeri $17,23\pm 0,02$ ve b değeri $30,74\pm 0,01$ olarak bulunmuştur (Maity ve diğ., 2011).

4.4. Örneklerdeki Sertlik Değişimi

-30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulan ve -20°C 'de muhafaza edilen kırmızıbiber ve havuç örneklerinin taze haldeki ve farklı depolama sürelerinde saptanan ortalama sertlik değerleri ile varyans analiz sonuçları sırasıyla Tablo 4.9 ve 4.10'da, sertlik değerlerinin depolama sürecine bağlı olarak değişimlerine ait grafikler de kırmızıbiber örnekleri için Şekil 4.1'de, havuç örnekleri için de Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

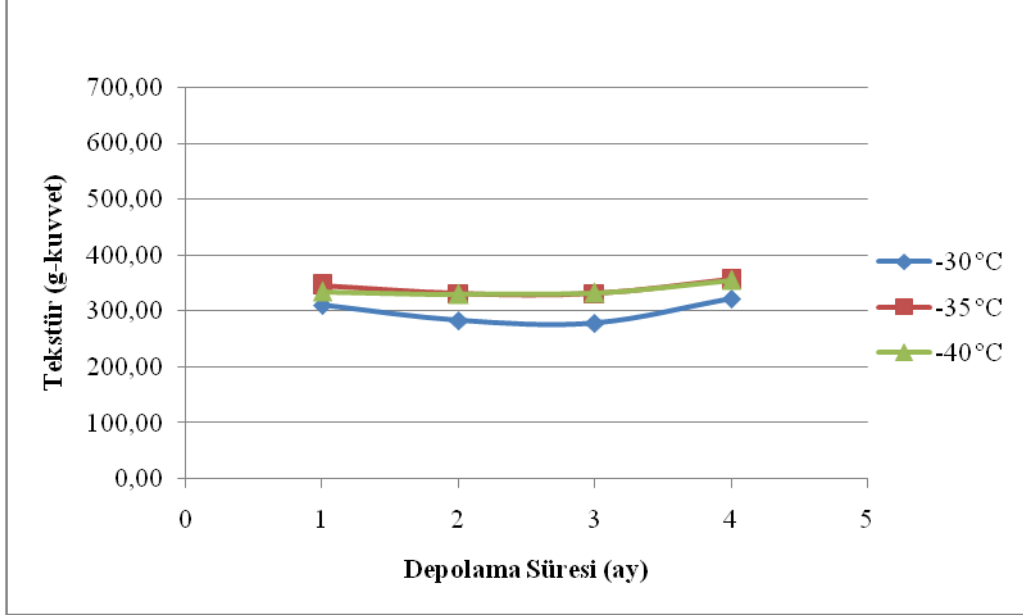
Tablo 4.9 : Taze ve farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C 'de farklı süreler depolanan kırmızıbiber örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (g-kuvvet) ile varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	Taze Örnek	Depolama Zamanı			
		0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	360,75 \pm 18,08 a	310,75 \pm 66,77 a	283,00 \pm 85,38 a	278,25 \pm 39,87 a	321,83 \pm 11,95 a
-35°C	360,75 \pm 18,08 a	346,25 \pm 5,55 a	331,37 \pm 49,42 a	331,73 \pm 22,33 a	356,00 \pm 25,59 a
-40°C	360,75 \pm 18,08 a	334,50 \pm 10,85 bc	330,25 \pm 1,94 c	332,69 \pm 7,95 c	355,33 \pm 7,44 ab

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p<0.05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.

Kırmızıbiber örneklerinin sertlik ölçüm değerlerinde dondurma işlemi sonrasında, -35°C 'de bir dalgalanma görülse de, genel olarak bir düşüş gözlenmiştir. Taze kırmızıbiberde ölçüm 360,75 g-kuvvet olurken depolama süresi sonunda bu değer düşüğü gözlenmiştir. Tablo 4.9'dan görüleceği gibi -30 ve -35°C 'de dondurulup depolanan kırmızıbiber örneklerinin gerek dondurma öncesi gerekse dondurma sonrasında depolama sürecinde zamana bağlı olarak gerçekleştirilen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak fark saptanamamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, -40°C 'de dondurulan kırmızıbiber örneklerinin donma sonrası saptanan sertlik değerleri taze

haldeki sertlik değerlerine göre belirgin bir düşme göstermiştir. Tespit edilen bu farkın önemli seviyede olduğu ($p<0.05$) görülmektedir. Genel olarak sertlik değerlerindeki bu dalgalanmanın ölüm sırasında örnek sıcaklıklarının farklılık göstermesinden ve ölümlerin de standart bir örnek merkez noktasından yapılamamasından kaynaklandığı düşünmektedir.



şekil 4.1 : Farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C’de depolanan kırmızıbiber örneklerinin depolama zamanına bağlı olarak sertlik değişimleri.

Havuç rneklerinin ise sertlik ölüm değerlerinin, dondurma işlemi sonrasında büyük lde düştüğü grlmştir. Ortalama %90 su içeren havuç örneklerinin donma öncesinde taze hallerindeki sertlik ölümleri beklenen nitelikte olmakla birlikte, donma sonrasında hücre içerisindeki suyun donması ve bunun da hücre duvarına zarar vermesi nedeniyle, örneklerin dondurma işlemi sonrasındaki sertlik ölümlerinin düşük çıktığı belirlenmiştir. Dondurma işlemi öncesi sertlik ölümü 3586,63 g-kuvvet olan taze havuç örneklerinin, dondurulduktan sonraki sertlik ölümlerinin depolama sürecinde, ilk aydan son aya kadar doğrusal olmasa da azalma gösterdiği tespit edilmiştir. lmlerdeki en fazla azalma miktarının 0. ayda, yani dondurma işlemi sonrasında depolama öncesinde yapılan ölümde, gerçekleştiği belirlenmiştir. Dondurma işlemi öncesi taze havuç örneklerinde belirlenmiş olan sertlik değerleri ile dondurma sonrasında ve depolama sürecinde zamana bağlı olarak llen sertlik değerleri arasında önemli seviyede ($p<0.05$) fark tespit edilmiş

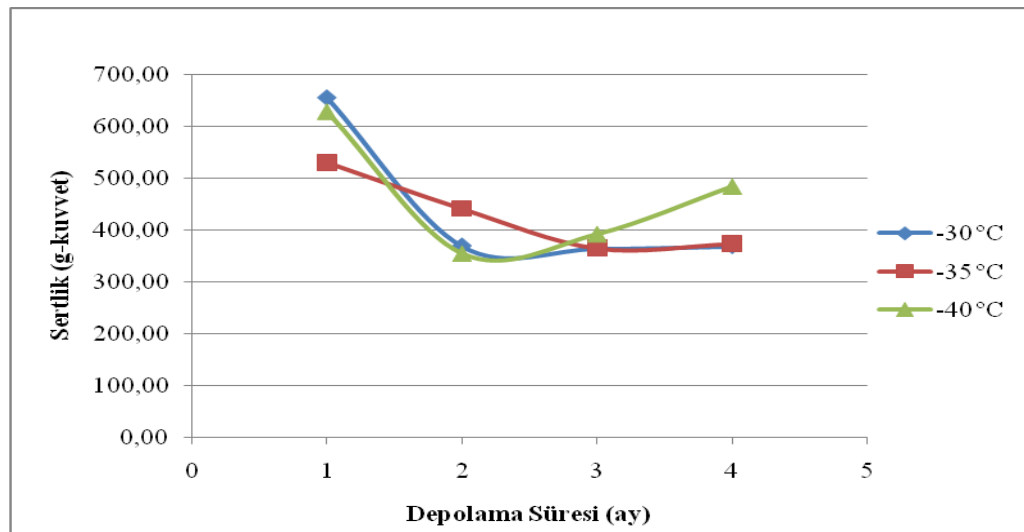
olmasına rağmen, depolama sürecinde ölçülen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak fark saptanamamıştır.

Yapılan bir çalışmada havuç örnekleri -40°C 'de, 8 m/s hava hızında, 8 saat süreyle dondurulmuş ve analizler süresince -20°C 'de saklanmıştır. Örnekler çözündürülüp sertlik ölçümleri yapıldığında sonuç 112,17 g-kuvvet (1,10 N-Newton) bulunmuştur (Maity ve diğ., 2011). Başka bir çalışmada ise havuç örneklerinin taze halleriyle sertlik ölçümleri yapıldığında sonuç 72,60 kN (Kilonewton) bulunmuştur. Daha sonra havuç örnekleri -30°C 'de, 8 m/s hava hızında, 2 saat süreyle dondurularak analizler süresince -20°C 'de saklanmıştır. Dondurma işlemi sonrasında sertlik ölçümü yapıldığında sonuç 33,91 kN bulunmuştur (Rawson ve diğ., 2012).

Tablo 4.10: Taze ve farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C 'de farklı süreler depolanan havuç örneklerine ait ortalama sertlik değerleri (g-kuvvet) ile varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	Taze Örnek	Depolama Zamanı			
		0. Ay	1. Ay	2. Ay	3. Ay
-30°C	3586,63±158,30 a	655,13±269,77 b	368,96±45,63 b	364,25±22,04 b	368,75±43,21 b
-35°C	3586,63±158,30 a	529,63±142,21 b	440,59±159,02 b	364,25±9,72 b	372,87±14,52 b
-40°C	3586,63±158,30 a	627,38±214,45 b	354,18±10,69 b	391,5±34,38 b	483,37±88,15 b

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p<0.05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.



Şekil 4.2 : Farklı sıcaklıklarda dondurulup -20°C 'de depolanan havuç örneklerinin depolama zamanına bağlı olarak sertlik değişimleri.

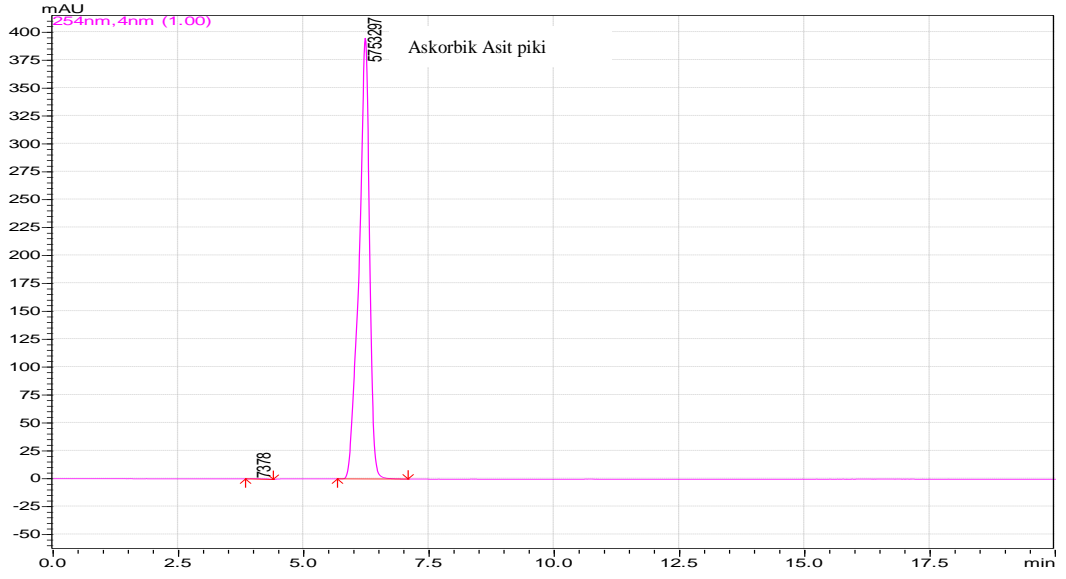
Tablo 4.9’da kırmızıbiberlerin dondurma öncesi, sonrası ve depolama sürecine bağı olarak verilen sertlik değerleri incelendiğinde genel anlamda bir sertlik kaybının gerekleştii, dokuda yumuşama olduğu görülmektedir. Ne var ki bu düzenli bir değişim şeklinde gerçekleşmemiştir. Bununla birlikte havuç örnekleri için verilen Tablo 4.10 incelendiğinde örneklerin dondurma ve depolama sürecine bağı olarak yapısında önemli bir değişim gerekleştii görülebilmektedir.

Yapılan başka bir çalışmada havuç örneklerine haşlama işlemi uygulandıktan sonra -24°C’de dondurulmuş ve depolanmıştır. 1. ay ve 5. ay sonunda sertlik ölçümleri yapıldığında sonuçlar sırasıyla, 152,5 kg ve 154,8 kg olarak bildirilmiştir (Kidmose ve Martens, 1999).

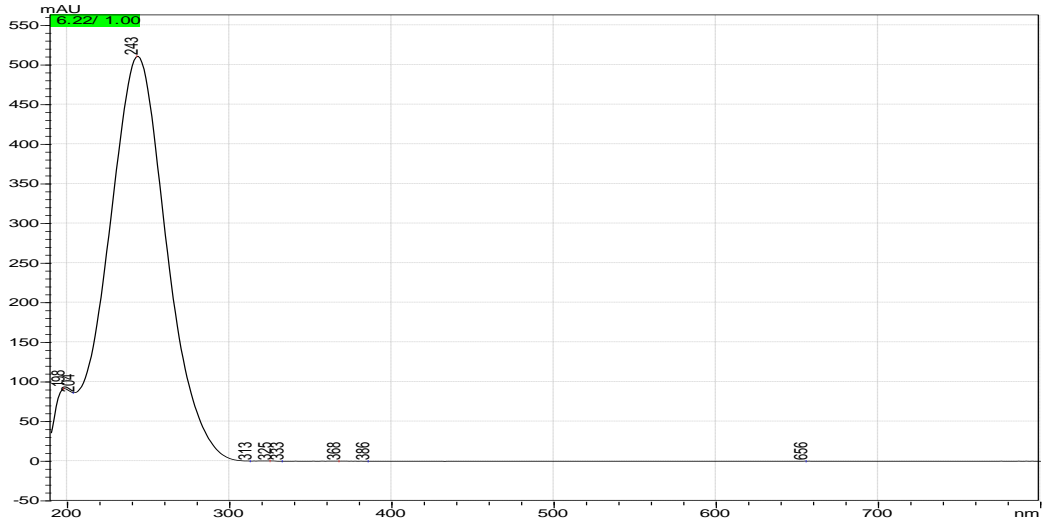
Çalışmadan elde ettiğimiz bulgular literatür verileriyle kısmen uyum içindedir. Dondurma işleminin havuç ve kırmızıbiber örneklerinde büyük sertlik kayıplarına yol açtığı tarafımızdan da belirlenmiştir.

4.5. Dondurma İşleminin Askorbik Asit zerine Etkisi

Askorbik asit standardına ait kromatogram ve UV spektrumu şekil 4.3 a ve b’de verilmiştir. Bu kromatogram ve UV spektrumunun yardımıyla farklı sıcaklıklarda yapılan dondurma işlemlerinde kırmızıbiber ve havuç örneklerinin askorbik asit içerikleri hesaplanmıştır. Askorbik asit analizinde standart eğrinin oluşturulmasında elde edilen verilere, doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve eğriyi tanımlayan eşitlik elde edilmiştir.



(a)

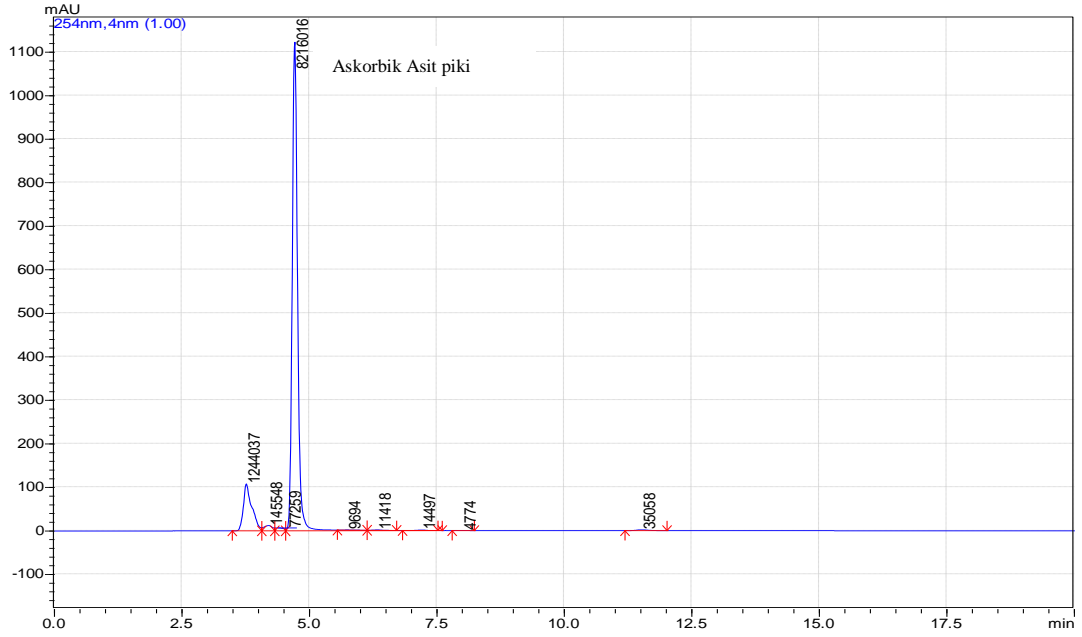


(b)

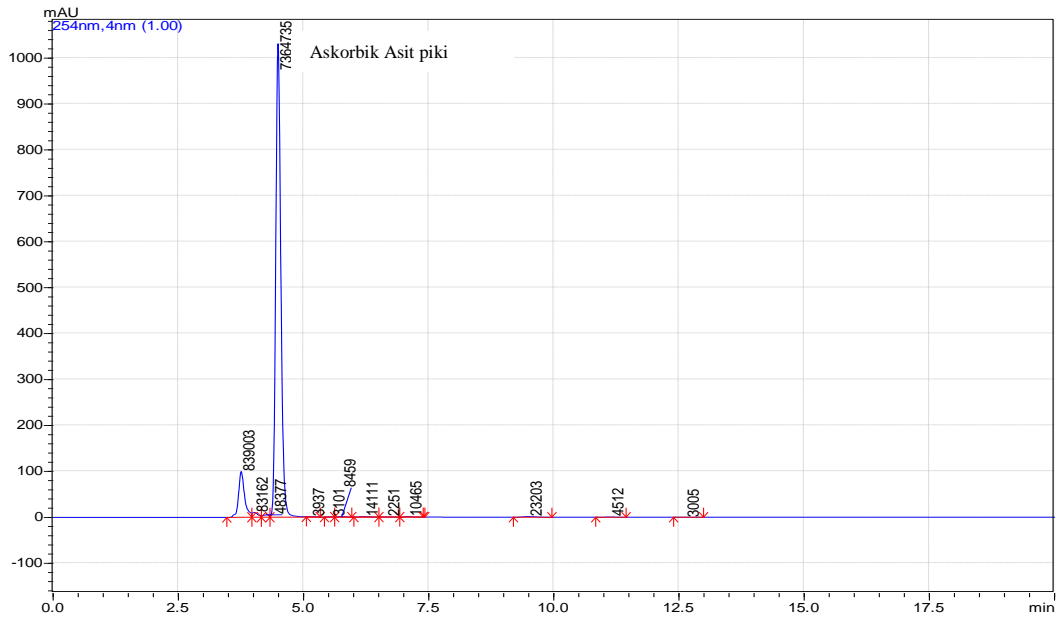
Şekil 4.3 : Askorbik Asit standart HPLC kromatogramı (a) ve UV spektrumu (b).

4.5.1. Kırmızıbiberdeki askorbik asit değişimi

Kırmızıbiber ekstraktlarından elde edilen kromatogramlarda askorbik asit için geliş süresi 4,60 dakika olarak bulunmuştur. Kırmızıbiberlerin dondurma işlemi uygulanmadan önceki ve sonraki askorbik asit içeriklerine ait kromatogramlar belirlenmiş ve Şekil 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.4 : Kırmızıbiber ekstraktındaki askorbik asit pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).



Şekil 4.5 : Kırmızıbiber ekstraktındaki askorbik asit pikini gösteren kromatogram (-40°C'de dondurma işleminden sonra).

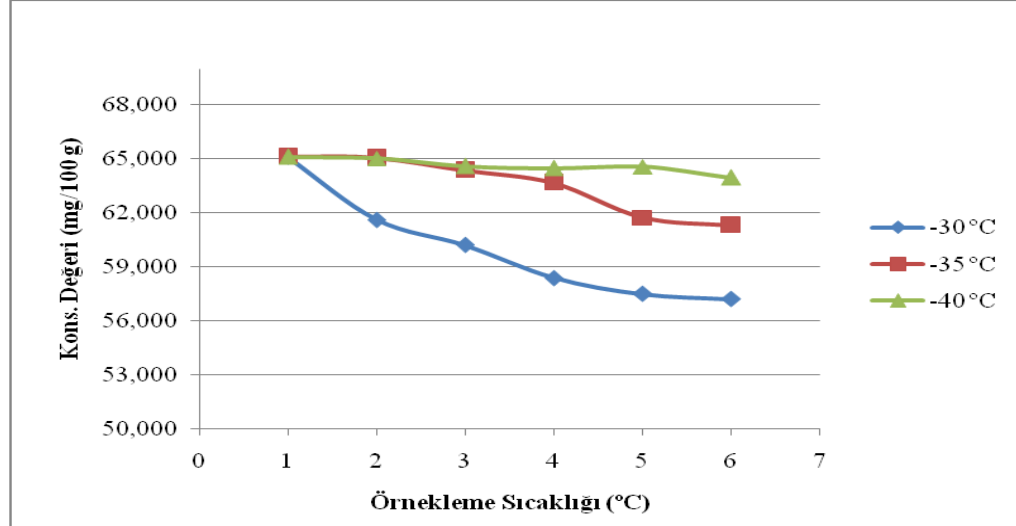
Kırmızıbiberlerin -30°C, -35°C ve -40°C'de dondurulması sırasında belirli sıcaklık aralıklarında örnekler alınarak, örneklerin askorbik asit miktarı belirlenmiş ve elde edilen değerler ile varyans analiz sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir. Şekil 4.6'da da -30°C, -35°C ve -40°C'de dondurulan kırmızıbiberlerin askorbik asit değişim grafiği gösterilmiştir.

Tablo 4.11 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki askorbik asit değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
Örnekleme Sıcaklığı (C°)	AA Miktarı**	Standart Sapma (δ)	AA Miktarı**	Standart Sapma (δ)	AA Miktarı**	Standart Sapma (δ)
5	65,123 a	4,82	65,123 a	4,82	65,123 a	4,82
0	61,612ab	0,59	65,066 a	3,77	65,031 a	2,24
-5	60,204ab	1,43	64,363 a	4,33	64,600 a	2,17
-10	58,377ab	5,38	63,657 a	1,31	64,471 a	2,54
-15	57,489bc	2,78	61,751 a	2,13	64,570 a	6,89
-20	57,202bc	2,53	61,305 a	6,12	63,949 a	0,92

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p<0.05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.

**AA Miktarı: Askorbik Asit Miktarı: mg/100g kuru madde



Şekil 4.6 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki askorbik asit değişimine ait grafik.

Şekil 4.6'da "örnekleme sıcaklığı" olarak tanımlanan grafiğin yatay ekseninde 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 olarak verilen rakamlar +5°C'den itibaren sırasıyla -5, -10, -15 ve -20°C'lik merkez sıcaklıklarını ifade etmektedir.

Kırmızıbiberin başlangıç askorbik asit miktarı 65,123 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada taze kırmızıbiberlerin 107,4±2,3 mg/100g kuru madde düzeyinde askorbik asit içerdiği bildirilmektedir (Castro ve diğ., 2008). Başka bir çalışmada ise taze kırmızıbiberin 41,7 mg/100g kuru madde düzeyinde askorbik asit içerdiği bildirilmektedir (Concha ve diğ.,1998). Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere biberlerin askorbik asit içerikleri biberin cinsine, yetiştirme koşullarına, olgunluk seviyesine vb. gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir.

Çalışmamızda kırmızıbiber örneğinin askorbik asit miktarı, -30°C’de dondurma işleminde 65,123 mg/100g kuru madde değerinden 57,202 mg/100g kuru madde değerine, -35°C’de 65,123 mg/100g kuru madde değerinden 61,305 mg/100g kuru madde değerine, -40°C’de de 63,949 mg/100g kuru madde değerine düşmüştür. Yapılan benzer bir çalışmada da dondurulan kırmızıbiberlerin askorbik asit miktarlarında çok az bir azalma meydana geldiği bildirilmektedir (Leong ve Oey, 2012).

Çalışmadan elde ettiğimiz bulgular literatür verileriyle uyum içinde bulunmaktadır. Çalışmamızda dondurma işlemi sırasında belirlenen sıcaklık derecelerinde alınan kırmızıbiber örneklerinin askorbik asit miktarı genel olarak düşme göstermiştir. Kırmızıbiber örneklerinin dondurma sürecinde askorbik asit değerlerinde genel anlamda bir azalma saptanmış olmasına rağmen farkların istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

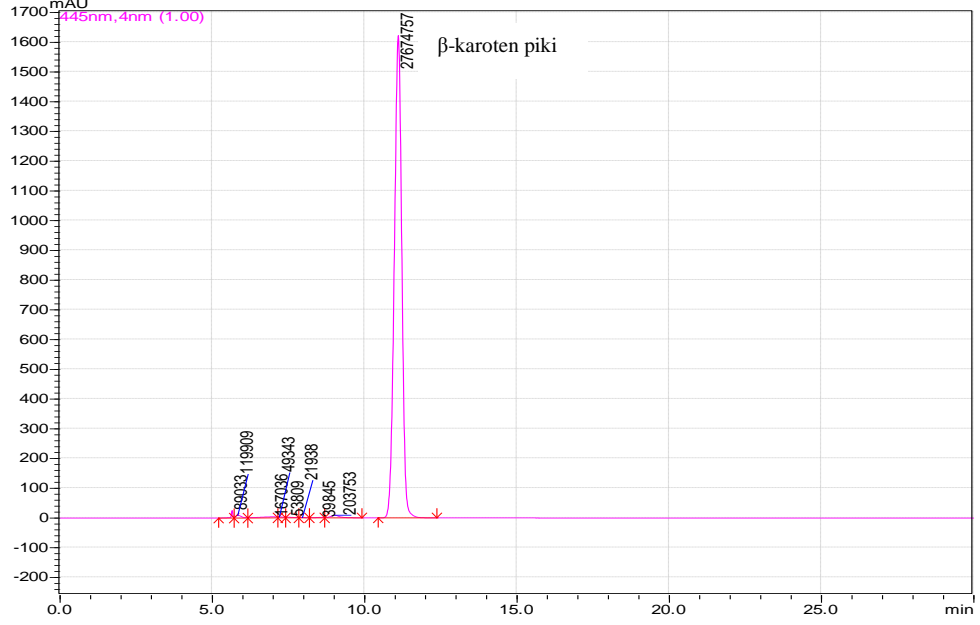
Diğer taraftan, dondurma sıcaklığı düştükçe askorbik asit miktarının daha çok korunduğu ve çalışılan dondurma sıcaklıklarında en az kaybın -40°C’de olduğu tespit edilmiştir. Bu da bize meyve ve sebzelerin muhafazasında uygulanan dondurma işleminin, besin içeriğini en az kayıpla koruduğunu göstermektedir.

4.5.2. Havuçtaki askorbik asit değişimi

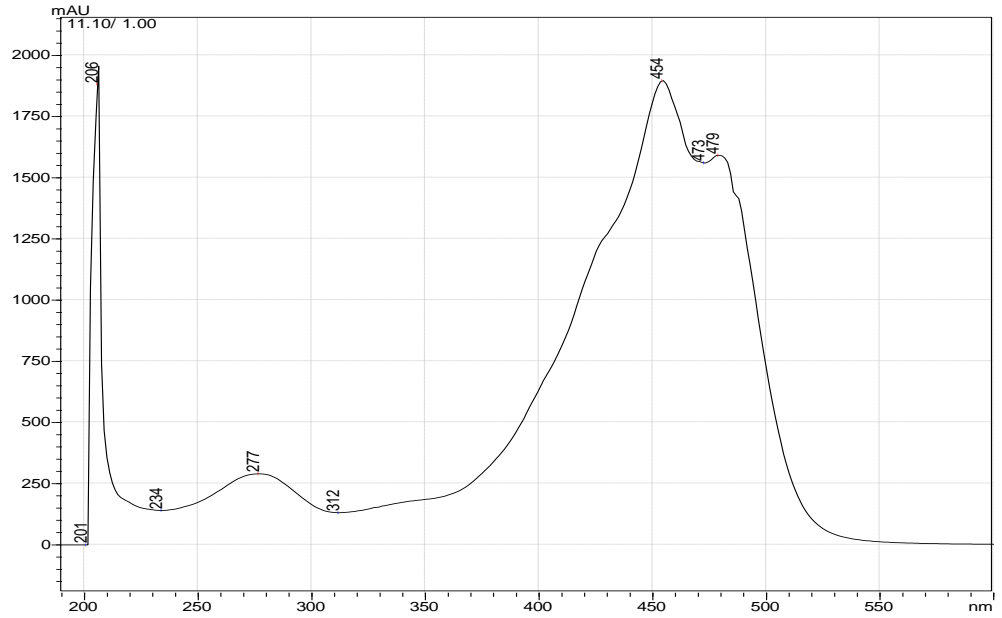
Dondurma esnasında ve depolama sürecinde incelenen havuç örneklerinde askorbik asit saptanamamıştır Bu nedenle çalışmanın bu aşamasında herhangi bir veri elde edilememiştir. Bu durum, havuçtaki askorbik asit miktarının mevcut yöntem ve cihazla belirlenemeyecek kadar az olduğunun göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

4.6. Dondurma İşleminin β -Karoten Üzerine Etkisi

β -karoten standardına ait kromatogram ve UV spektrumu Şekil 4.7 a ve b'de verilmiştir.



(a)

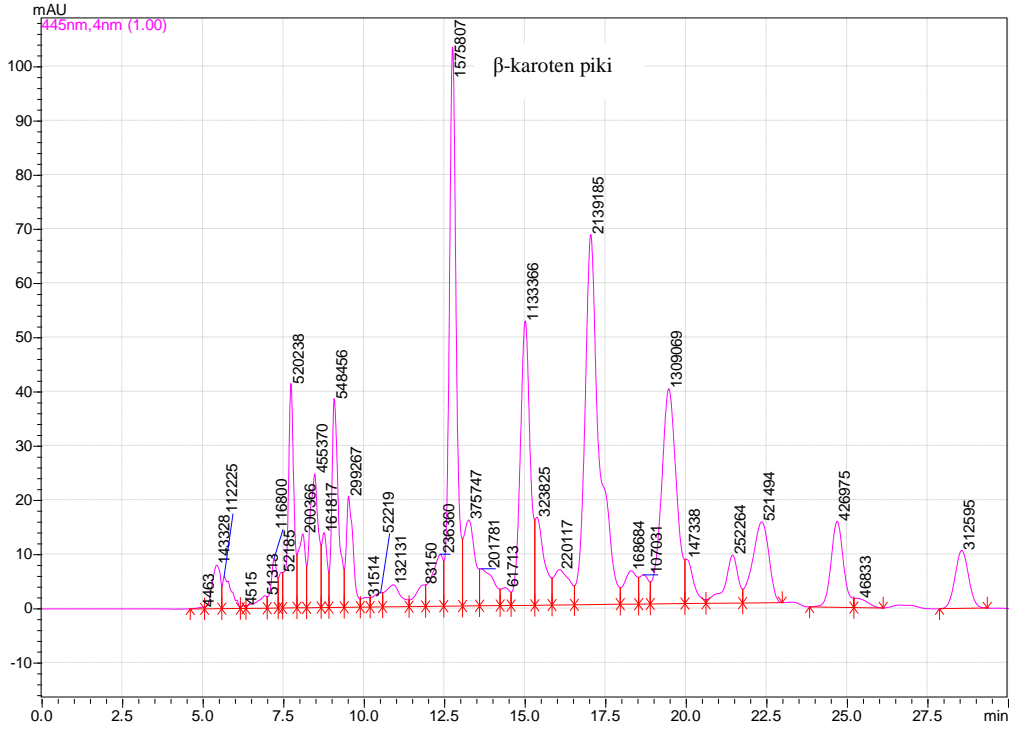


(b)

Şekil 4.7 : β -karoten standart HPLC kromatogramı (a) ve UV spektrumu (b).

4.6.1. Kırmızıbiberdeki β -karoten değişimi

Askorbik asit değişiminin araştırılmasında olduğu gibi, β -karotenin, kırmızıbiberin farklı sıcaklıklarda dondurulması sırasında belirlenen sıcaklık aralıklarında değişimi incelenmiştir. Kırmızıbiber ekstraktlarından elde edilen kromatogramlarda β -karoten için geliş süresi ise 12,60 dakika olarak bulunmuştur. Şekil 4.8'de dondurma işleminden önce kırmızıbiber ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram verilmiştir.



Şekil 4.8 : Kırmızıbiber ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).

Dondurma işlemine başlamadan önce yapılan analizlerde, β -karoten miktarı taze kırmızıbiberde 31,092 mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır. Bilindiği gibi, meyve ve sebzelerdeki karotenoid bileşiklerin miktarı; çeşit, tür, olgunluk, yetiştirme koşulları gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir (Demiray, 2009). Bununla birlikte, çalışmamızda kullanılan kırmızıbiberlerin içerdiği β -karoten miktarının literatürde verilen değerlerle uyum içinde olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada taze kırmızıbiberlerin $0,84 \pm 0,18$ mg/g kuru madde düzeyinde β -karoten içerdiği bildirilmektedir (Leong ve Oey, 2012). Topuz ve Özdemir de (2003) yaptıkları bir çalışmada taze kırmızıbiberdeki β -karoten miktarının $359,6 \pm 7,80$ mg/kg olduğunu belirtmişlerdir.

Kırmızıbiber örneğinin farklı dondurma sıcaklıklarında dondurulması sırasında β -karoten miktarında az da olsa bir azalma olduğu belirlenmiştir. -30°C 'de yapılan dondurma işleminde β -karoten miktarı 31,092 mg/100g kuru madde değerinden 29,093 mg/100g kuru madde değerine düşmüştür. -35°C 'de yapılan çalışmada ise β -karoten miktarının 31,092 mg/100g kuru madde değerinden 29,952 mg/100g kuru madde değerine, -40°C 'de de 30,233 mg/100g kuru madde değerine düştüğü tespit edilmiştir. -40°C 'de dondurulan kırmızıbiber örneklerinde, -30°C ve -35°C 'de dondurulan örneklere göre β -karoten miktarının daha fazla olduğu ve dondurma sıcaklığının düştükçe β -karotenin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Tablo 4.12'de -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulan kırmızıbiberin işlem sürecinde β -karoten değişimine ait deneysel değerler ile varyans analiz sonuçları ve Şekil 4.9'da β -karoten değişimine ait grafikler verilmiştir.

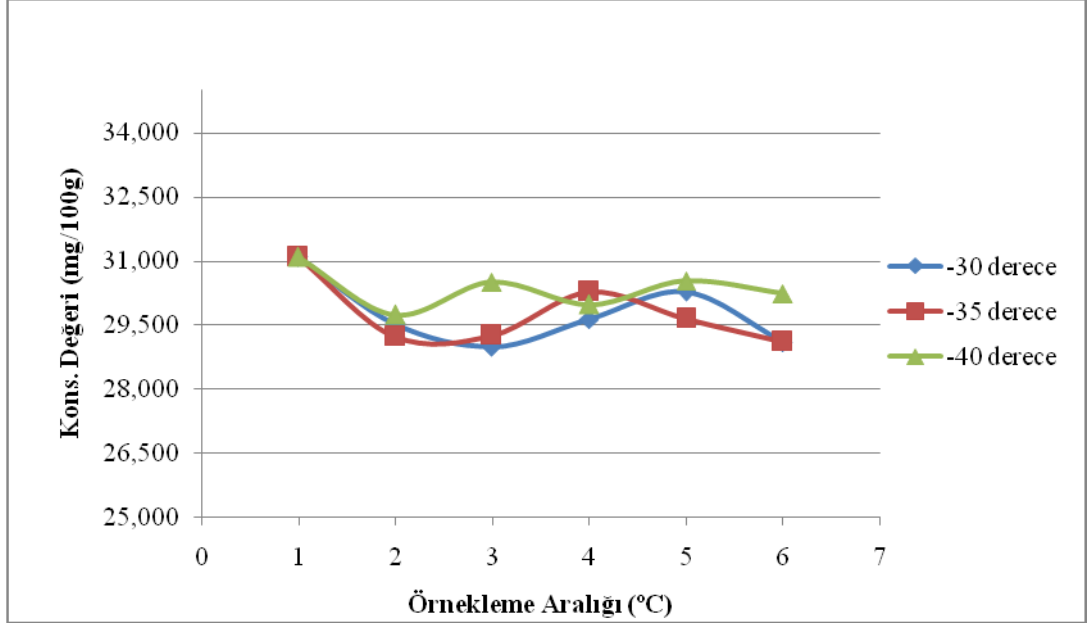
Çalışmamızda kırmızıbiberlerin dondurma işleminden sonra β -karoten değişimi verileri incelendiğinde literatürdeki verilerle uyumlu olmadığı görülmektedir. Yapılan bir çalışmada $0,84 \pm 0,18$ mg/g kuru madde düzeyinde β -karoten içeren taze kırmızıbiberlerin, -20°C 'de dondurulduktan sonraki β -karoten miktarı $1,30 \pm 0,28$ mg/g kuru madde düzeyine yükselmiştir (Leong ve Oey, 2012).

Tablo 4.12 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki β -karoten değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)
5	31,092 a	1,35	31,092 a	1,35	31,092 a	1,35
0	29,522 a	0,35	29,232 a	0,89	29,741 a	1,54
-5	28,985 a	0,74	29,251 a	0,60	30,506 a	1,02
-10	29,628 a	0,85	30,276 a	1,23	29,981 a	0,93
-15	30,276 a	1,70	29,640 a	0,39	30,531 a	0,60
-20	29,093 a	0,27	29,952 a	1,71	30,233 a	0,82

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p < 0,05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.

** β -Karoten Miktarı: mg/100g kuru madde



Şekil 4.9 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki β -karoten değişimine ait grafik.

Şekil 4.9’da “örnekleme sıcaklığı” olarak tanımlanan grafiğin yatay ekseninde 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 olarak verilen rakamlar +5 °C’den itibaren sırasıyla -5, -10, -15 ve -20°C’lik merkez sıcaklıklarını ifade etmektedir.

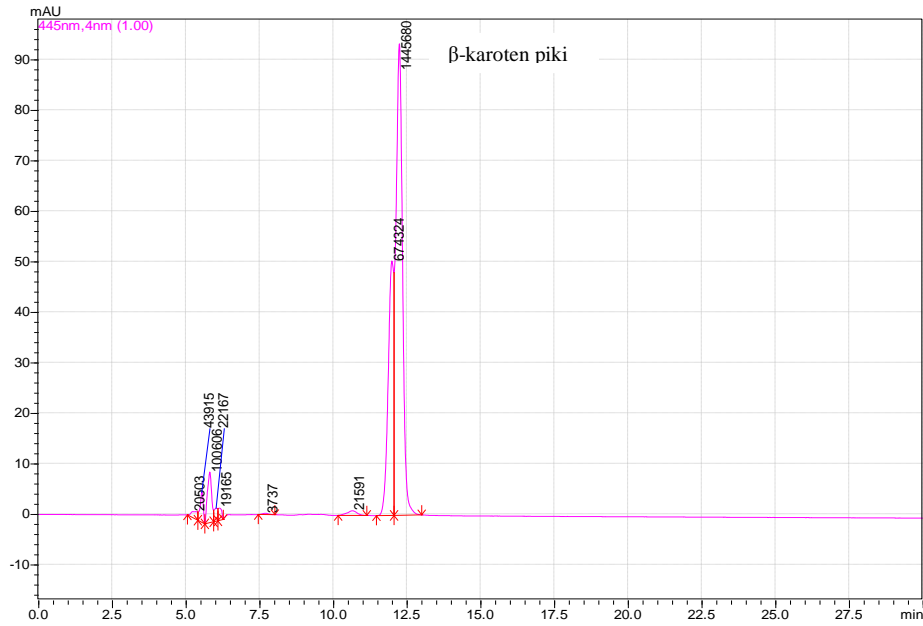
Kırmızıbiber örneklerinin dondurma sürecinde β -karoten değerlerinde genel anlamda bir azalma saptanmış olmasına rağmen Şekil 4.9’dan da görüldüğü gibi bu azalmalar düzenli şekilde gerçekleşmemiştir. Ayrıca, dondurma sürecinde alınan örneklerin β -karoten değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli seviyede olmadığı da ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

4.6.2. Havuçta β -karoten değişimi

Kırmızıbiberde olduğu gibi, havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulması sırasında β -karoten değerleri belirlenmiş ve elde edilen değerler ile varyans analiz sonuçları Tablo 4.13’te verilmiştir. Havuç ekstraktlarından elde edilen kromatogramlarda β -karoten için geliş süresi 12,30 dakika olarak bulunmuştur. Şekil 4.10’da dondurma işleminden önce havuç ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram verilmiştir.

Taze havucun dondurulmadan önce başlangıç β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde olarak belirlenmiştir. -30°C, -35°C ve -40°C’de yapılan dondurma işlemleri sonucunda, havuç numunelerindeki β -karoten miktarlarında artış

gözlenmiştir. -30°C 'de dondurulan havuç örneğinde β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 37,402 mg/100g kuru madde değerine çıkmıştır. -35°C 'de dondurulan örneklerde β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 35,081 mg/100g kuru madde değerine, -40°C 'de dondurulan örneklerde ise β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 36,807 mg/100g kuru madde değerine yükselmiştir. Her bir dondurma işleminde sürece bağlı olarak β -karoten değerlerinin artma yönünde gösterdiği bu değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada $0,25\pm 0,12$ mg/g kuru madde düzeyinde β -karoten içeren taze kayısılar -20°C 'de dondurulduktan sonra incelendiğinde, örneklerin β -karoten miktarının $0,28\pm 0,14$ mg/g kuru madde düzeyine yükseldiği belirtilmiştir. β -karoten miktarındaki bu artışın sebebinin, donma işlemi sırasında yeni yapının ve stereoizomerlerin oluşumu ile fizikokimyasal reaksiyonların diğer karotenoidlerde (β -kroksoantin ve α -karoten) degradasyona neden olarak bileşenlerin β -karoten formuna dönüşmesinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir (Leong ve Oey, 2012).



Şekil 4.10 : Havuç ekstraktındaki β -karoten pikini gösteren kromatogram (dondurma işleminden önce).

Dondurma işlemi sırasında belli sıcaklık aralıklarında alınan örnekler için belirlenen β -karoten miktarları grafik edilerek elde edilen değişim incelendiğinde değişimin 0. dereceden kinetik modeline uygun bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir.

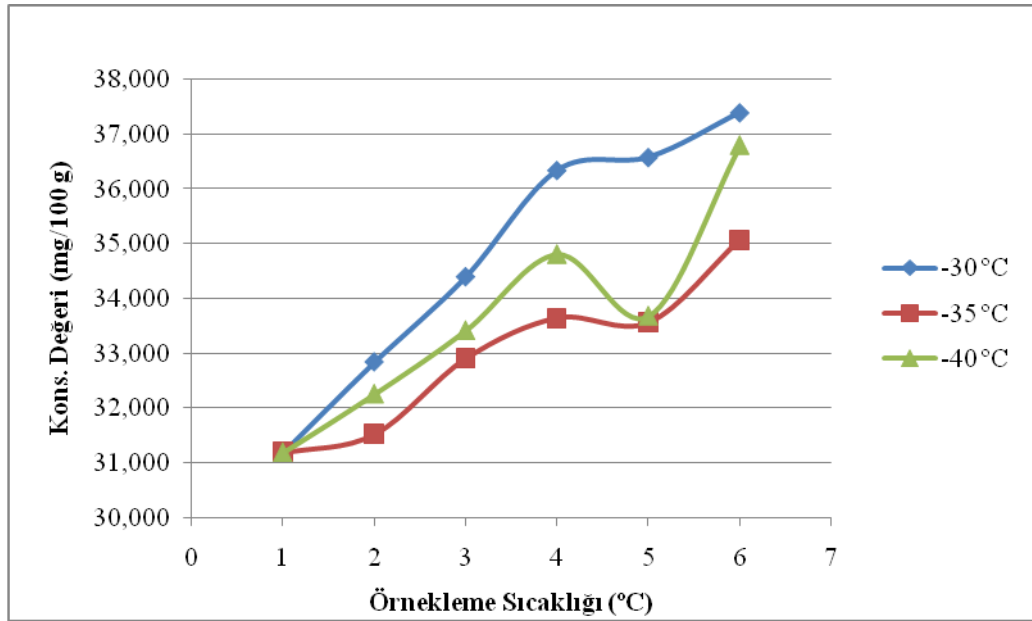
Şekil 4.11’de -30°C, -35°C ve -40°C’de dondurulan örneklerin β -karoten değişim grafiği verilmiştir.

Tablo 4.13 : Havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasındaki β -karoten değişimine ait ortalama deneysel veriler ve varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)
5	31,186 a	0,63	31,186 a	0,63	31,186 a	0,63
0	32,840 a	2,18	31,525 a	3,67	32,257 a	0,85
-5	34,399 a	3,87	32,908 a	1,84	33,420 a	1,55
-10	36,346 a	1,64	33,644 a	1,76	34,811 a	2,64
-15	36,583 a	6,03	33,565 a	1,13	33,686 a	1,82
-20	37,402 a	8,46	35,081 a	3,63	36,807 a	8,94

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p < 0.05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrürün ortalamasıdır.

** β -Karoten Miktarı: mg/100g kuru madde



Şekil 4.11 : Havuç örneklerinin farklı sıcaklıklarda dondurulma işlemi sırasında β -karoten değişimine ait grafik.

4.7. Depolama İşleminin Askorbik Asit Üzerine Etkisi

4.7.1. Kırmızıbiberdeki askorbik asit değişimi

Kırmızıbiber örneklerinin çalışılan sıcaklığa göre depolanıp, depolama süreleri sonunda askorbik asit analizleri yapılarak askorbik asit miktarları belirlenmiş ve elde edilen değerler ile varyans analiz sonuçları Tablo 4.14'te verilmiştir.

Kırmızıbiber örneklerinin donma sonrasındaki (0. ay) askorbik asit değerleri dondurulduğu sıcaklığa göre (-30°C, -35°C ve -40°C) belirlenmiştir. -30°C'de dondurulan örneğin donma sonrasında başlangıçtaki askorbik asit miktarı 57,20 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. Bu örneklerin -20°C'deki depolama sürecinde ise askorbik asit miktarı 1. ay sonunda 57,04 mg/100g kuru madde, 2. ay sonunda 52,67 mg/100g kuru madde ve 3. ay sonunda da 50,84 mg/100g kuru madde düzeyine düşmüştür. -35°C ve -40°C'de dondurulup -20°C'de depolanan kırmızıbiber örneklerindeki askorbik asit miktarlarında da belirgin bir azalma görülmüştür. Diğer taraftan, -40°C'de dondurulup depolanan örneklerdeki askorbik asit miktarı, diğer sıcaklıklarda dondurulup depolanan örneklere göre daha fazla bulunmuştur. Şekil 4.12'de -30, -35 ve -40°C'de dondurularak -20°C'de depolanan kırmızıbiber örneklerindeki askorbik asit miktarlarının 3 ay boyunca değişim grafiği verilmiştir. Tablo 4.14'den de görülebileceği üzere, kırmızıbiber örneklerinin -20°C'de depolama sürecinde askorbik asit değerlerinin sürece bağlı olarak azalma yönünde değiştiği ne var ki yapılan istatistiksel analiz sonucunda, bu değişimlerin birkaç istisna dışında genel olarak önemli seviyede olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolanmış örnekler için 2. ve 3. aylara ait olarak saptanmış olan askorbik asit değerlerinin taze örneklerin ve depolamanın ilk aşamasındaki (0.ay) örneklerin askorbik asit değerlerine göre farklı olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır

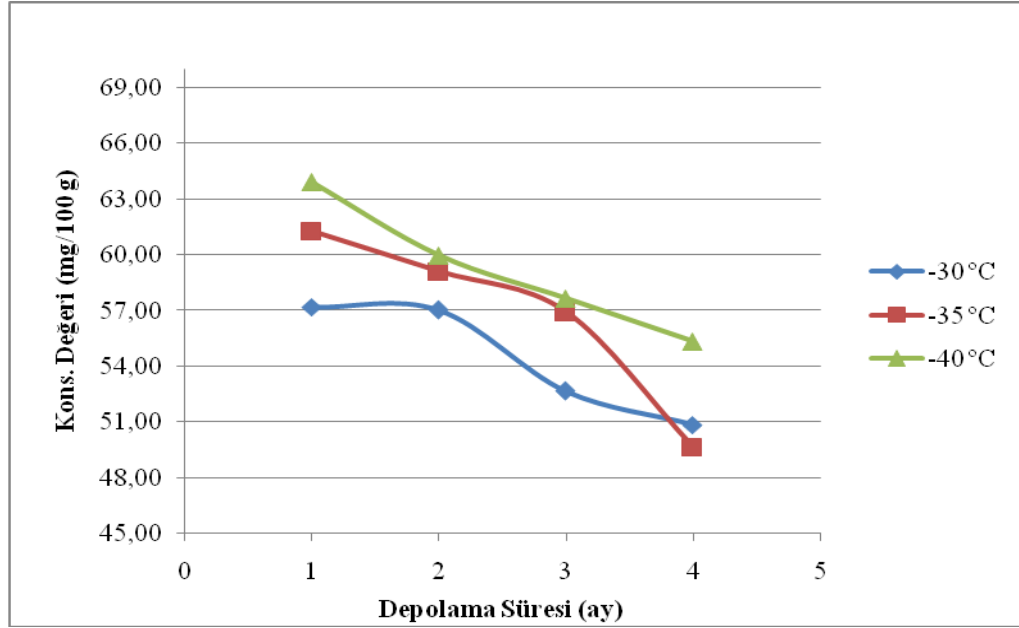
Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler literatür verileriyle uyum göstermektedir. Yapılan bir çalışmada dondurulan biber örneklerinin 1, 2, 3, 5, 7, 9 ve 12 ay boyunca -22°C'de depolandığı, 1. aydan itibaren örneklerin askorbik asit içeriklerinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Concha ve diğ., 1998).

Tablo 4.14 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama askorbik asit değerleri ve varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
	AA Miktarı**	Standart Sapma (δ)	AA Miktarı**	Standart Sapma (δ)	AA Miktarı **	Standart Sapma (δ)
Taze	65,12 a	4,82	65,12 a	4,82	65,12 a	4,82
0. Ay	57,20 ab	2,54	61,30 ab	6,12	63,95 ab	0,79
1. Ay	57,04 ab	6,00	59,11 ab	1,58	59,96 abc	5,60
2. Ay	52,67 bc	2,73	56,93 abc	3,69	57,65 bc	1,55
3. Ay	50,84 bc	3,93	49,65 c	1,85	55,34 c	4,90

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden önemli seviyede ($p<0.05$) farklıdır. Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.

**AA Miktarı: mg/100g kuru madde



Şekil 4.12 : Farklı sıcaklıklarında dondurulan kırmızıbiberin depolama sürecindeki askorbik asit değişimi.

Şekil 4.12’de “depolama süresi” olarak tanımlanan grafiğin yatay ekseninde 1, 2, 3 ve 4 olarak verilen rakamlar 0. aydan itibaren sırasıyla 1., 2. ve 3. ay depolama sürelerini ifade etmektedir.

4.8. Depolama İşleminin β -karoten Üzerine Etkisi

4.8.1. Kırmızıbiberdeki β -karoten değişimi

-30°C, -35°C ve -40°C’de dondurulan kırmızıbiber örneklerinin -20°C’de depolanıp, depolama süreleri sonunda β -karoten analizleri yapılarak β -karoten miktarları belirlenmiştir. Şekil 4.13’te belirtilen sıcaklıklarda dondurulan kırmızıbiberlerin depolama sürecinde β -karoten değişim grafiği gösterilmiştir. Tablo 4.15’te ise -20°C’de depolama sürecinde zamana göre tespit edilmiş olan ortalama β -karoten değerleri ile varyans analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.15 : Kırmızıbiber örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama β -karoten değerleri ve varyans analiz sonuçları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)
Taze	31,09 a	1,35	31,09 a	1,35	31,09 a	1,35
0. Ay	29,09 a	0,27	29,95 a	1,71	30,23 a	0,82
1. Ay	33,25 a	2,17	33,18 a	2,76	31,24 a	1,72
2. Ay	33,24 a	4,19	33,86 a	7,36	34,09 a	8,48
3. Ay	34,09 a	1,80	36,54 a	1,22	35,98 a	6,47

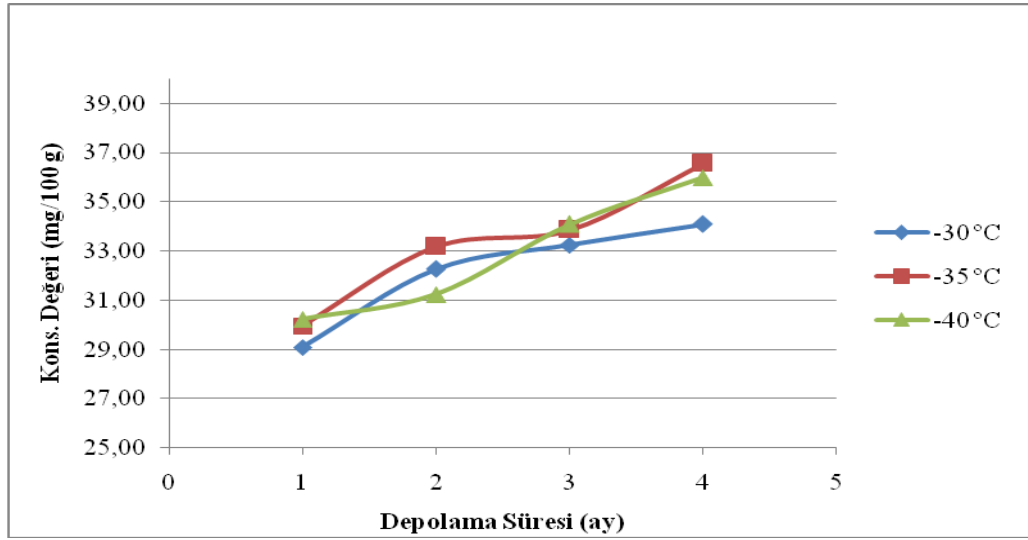
*Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak farklıdır (p>0.05). Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekrerrün ortalamasıdır.

** β -Karoten Miktarı: mg/100g kuru madde

-40°C’de dondurulan örneğin donma sonrasında (0. ay) başlangıçtaki β -karoten miktarı 30,23 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. -20°C’deki depolama sürecinde ise β -karoten miktarı 1. ay sonunda 31,24 mg/100g kuru madde, 2. ay sonunda 34,09 mg/100g kuru madde ve 3. ay sonunda da 35,98 mg/100g kuru madde düzeyine yükselmiştir. -30°C ve -35°C’de dondurulup -20°C’de depolanan kırmızıbiber örneklerindeki β -karoten miktarında da artma görülmüştür. β -karotendeki bu artışın örnekteki yağ moleküllerine bağlı formlarının, molekülün

enzimatik reaksiyonla parçalanması sonucu serbest hale geçmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Depolama işleminde zamana bağlı olarak β -karoten değerlerinin artma yönünde gösterdiği bu değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir.



Şekil 4.13 : Farklı sıcaklıklarda dondurulan kırmızıbiberin depolama sürecindeki β -karoten değişimi.

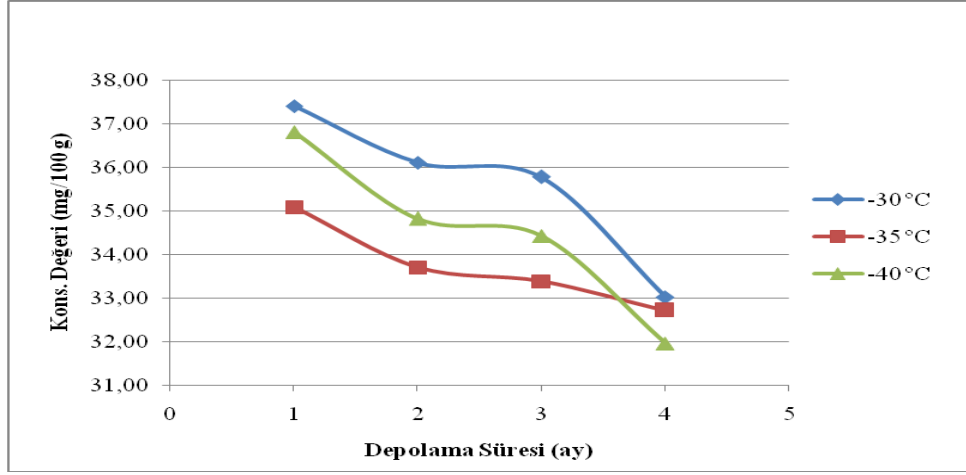
4.8.2. Havuçtaki β -karoten değişimi

Kırmızıbiberde olduğu gibi havuç örnekleri de -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurularak -20°C 'de depolanmış ve depolama süreleri sonunda β -karoten analizleri yapılarak β -karoten miktarları belirlenmiştir. -30°C , -35°C ve -40°C 'lerde dondurularak -20°C 'de depolanan havuç örnekleri depolama süreleri sonunda incelendiğinde, β -karoten miktarlarında genel olarak bir azalma olduğu görülmüştür. Tablo 4.16'da çalışılan sıcaklıklara göre depolanmış havuç örneklerinin depolama süresince değişen β -karoten miktarlarına ait ortalama değerler ile varyans analiz sonuçları, Şekil 4.14'te de β -karoten değişiminin grafiği verilmiştir.

Havuçların -4°C 'de depolanmasında farklı zamanlarda alınan örneklerinde sürece bağlı olarak β -karoten değerlerinin genel olarak azalma yönünde gösterdiği bu değişimlerin istatistiksel açıdan önemli olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir.

Dondurulmuş havuç örneklerinin depolama süreleri sonrasında tespit edilmiş olan β -karoten miktarları dikkate alınarak çizilen grafikten (Şekil 4.14) görüleceği üzere,

β -karoten değerleri depolama s¼recinde zamana bağlı olarak nispeten doğrusal bir Şekilde azalma g¼sterdięi i¼in değişimin 0.derecen kinetik modele uygun ger¼ekleŐtięi saptanmıştır.



Şekil 4.14 : Farklı sıcaklıklarda dondurulan havucun depolama s¼recindeki β -karoten değişimi.

Tablo 4.16 : Havu¼ örneklerinin farklı sıcaklıklarda donmuş halde depolanma işleminde farklı zamanlarda saptanan ortalama β -karoten değerleri ve varyans analiz sonu¼ları*

Dondurma Sıcaklığı	-30°C		-35°C		-40°C	
	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)	β -Karoten Miktarı**	Standart Sapma (δ)
Taze	31,19 a	0,63	31,19 a	0,63	31,19 a	0,63
0. Ay	37,40 a	8,46	35,08 a	3,63	36,81 a	9,94
1. Ay	36,10 a	0,79	33,70 a	2,06	34,82 a	2,68
2. Ay	35,77 a	2,00	33,38 a	1,92	34,42 a	2,67
3. Ay	33,02 a	1,73	32,71 a	0,91	31,95 a	0,85

* Aynı s¼tunda aynı harflerle g¼sterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak farksızdır ($p>0.05$). Tabloda verilen her bir değer 2 paralel ve 2 tekr¼r¼r¼n ortalamasıdır.

** β -Karoten Miktarı: mg/100g kuru madde

Yapılan benzer başka bir çalışmada havuç örneklerine haşlama işlemleri uygulandıktan sonra -24°C’de dondurulmuş ve depolanmıştır. 1. ay ve 5. ay sonunda β -karoten analizleri yapıldığında sonuçlar sırasıyla, 143 mg/100g kuru madde ve 140,3 mg/100g kuru madde olarak bildirilmiştir. 5. ay sonunda havuç örneklerindeki β -karoten miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Kidmose ve Martens, 1999).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada ulaşılmış bulunan başlıca sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetle sunulmuştur:

1. Havuç ve kırmızıbiber örnekleri, belirlenen depolama süreleri sonunda incelendiğinde, kuru madde miktarının artma ve azalma yönünde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Sabit bir kuru madde artışı beklenirken kuru madde miktarındaki bu dalgalanmanın, örneklerin kendi içerisinde farklılık gösterebilme ihtimalinden kaynaklandığı tarafımızdan düşünülmektedir. Havuç ve kırmızıbiber örneklerinin toplam asitlik değerinde ise depolama süresinin ilk 2 aylık kısmında artma, 3. ayda azalma görülmüştür.
2. Dondurma aşamasında örneklerdeki renk değerleri incelendiğinde elde edilen veriler literatür verileriyle kısmen uyumludur. Kırmızıbiber ve havuç örneklerinin -30°C , -35°C ve -40°C 'de dondurulması sırasında, taze örneklere göre L, a ve b değerleri kendi aralarında çok önemli bir değişiklik saptanmamıştır. Bu da bize dondurma sıcaklığının örnek renk değerleri üzerindeki etkisinin önemsenmeyecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Depolama sürecinde ise kırmızıbiber örneklerinin renk değerleri incelendiğinde, çalışılan tüm dondurma sıcaklıkları için 1. ay sonunda L değerlerinde bir artış gözlenmiş, 2. ve 3. ay sonunda ise bir azalma tespit edilmiştir. a ve b değerlerinde ise önemli bir değişiklik olmamıştır. L değerlerindeki azalmanın örnekte gerçekleşmesi olası olan enzimatik esmerleşmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Havuç örneklerinde ise dondurma aşamasında, çalışılan tüm dondurma sıcaklıkları için L, a ve b değerlerinde az da olsa bir artış meydana gelmiştir. Ancak depolama süresi boyunca bu değerlerde bir azalma gözlenmiştir.
3. Kırmızıbiber örneklerinin sertlik ölçüm değerleri incelendiğinde, taze kırmızıbiberde ölçüm 360,75 g-kuvvet olarak belirlenmiştir. Dondurma işlemi sonrasında bu değerde genel olarak bir düşüş gözlenmiştir. Ancak, -35°C 'de

dondurulan örneklerin sertlik ölçüm değerlerinde bir dalgalanma görülmüştür. Depolama süresi sonunda da taze örnekte belirlenen bu değer düşüğü gözlenmiştir. -40°C’de dondurulan kırmızıbiber örneklerinde, donma sonrası saptanan sertlik değerleri taze haldeki sertlik değerlerine göre belirgin bir düşme göstermiştir. Havuç örneklerinin ise sertlik ölçüm değerleri, dondurma işlemi sonrasında incelendiğinde büyük ölçüde düşme gözlenmiştir. Dondurma işlemi öncesi sertlik ölçümü 3586,63 g-kuvvet olan taze havuç örneklerinin, dondurulduktan sonraki sertlik ölçümlerinin depolama sürecinde, ilk aydan son aya kadar doğrusal olmasa da azalma gösterdiği tespit edilmiştir.

4. Kırmızıbiberin başlangıç (taze hal) askorbik asit miktarı 65,123 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. Çalışmamızda kırmızıbiber örneğinin askorbik asit miktarı, -30°C’de dondurma işleminde 65,123 mg/100g kuru madde değerinden 57,202 mg/100g kuru madde değerine, -35°C’de 61,305 mg/100g kuru madde değerine, -40°C’de de 63,949 mg/100g kuru madde değerine düşmüştür. Diğer taraftan, dondurma sıcaklığının askorbik asit miktarında etkili olduğu ve çalışılan dondurma sıcaklıklarında en az askorbik asit kaybının -40°C’de gerçekleştiği tespit edilmiştir.
5. Kırmızıbiberin başlangıç β -karoten miktarı ise 31,092 mg/100g kuru madde olarak saptanmıştır. Kırmızıbiber örneğinin farklı dondurma sıcaklıklarında dondurulması sırasında β -karoten miktarında az da olsa bir azalma olduğu belirlenmiştir. -30°C’de yapılan dondurma işleminde β -karoten miktarı 31,092 mg/100g kuru madde değerinden 29,093 mg/100g kuru madde değerine düşmüştür. -35°C’de yapılan çalışmada ise β -karoten miktarının 31,092 mg/100g kuru madde değerinden 29,952 mg/100g kuru madde değerine, -40°C’de de 30,233 mg/100g kuru madde değerine düşüğü tespit edilmiştir. -30°C ve -35°C’de dondurulan örneklerdeki β -karoten miktarının, -40°C’de dondurulan kırmızıbiber örneklerindeki β -karoten miktarından daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu da bize β -karoten miktarının dondurma sıcaklığı düşükçe daha iyi korunduğunu göstermiştir.

6. Dondurma işlemine başlamadan önce yapılan analizlerde, β -karoten miktarı taze havuçta 31,186 mg/100g kuru madde olarak belirlenmiştir. -30°C, -35°C ve -40°C'de yapılan dondurma işlemleri sonucunda, havuç numunelerindeki β -karoten miktarlarında artış gözlenmiştir. -30°C'de dondurulan havuç örneğinde β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 37,402 mg/100g kuru madde değerine çıkmıştır. -35°C'de dondurulan örneklerde β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 35,081 mg/100g kuru madde değerine, -40°C'de dondurulan örneklerde ise β -karoten miktarı 31,186 mg/100g kuru madde değerinden 36,807 mg/100g kuru madde değerine yükselmiştir. Kullanılan dondurma sıcaklıklarının β -karoten üzerinde sabit bir artma ya da azalma yönünde bir etki göstermediği belirlenmiştir. Ancak, genel olarak dondurma işlemi sonrasında örneklerdeki β -karoten miktarında bir artış tespit edilmiştir.
7. Kırmızıbiber örneklerinde, belirlenen depolama süreleri sonunda yapılan analizlerde, askorbik asit miktarında her ay sonunda bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Bu azalma, kullanılan tüm dondurma sıcaklıklarında dondurulan ve depolanan örneklerde tespit edilmiştir. Ancak askorbik asit miktarındaki en az kayıp -40°C'de dondurulan ve depolanan örneklerde gerçekleşmiştir. -40°C'de dondurulan örneğin donma sonrasında başlangıçtaki askorbik asit miktarı 63,95 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. Bu örneklerin -20°C'deki depolama sürecinde ise askorbik asit miktarı 1. ay sonunda 59,96 mg/100g kuru madde, 2. ay sonunda 57,65 mg/100g kuru madde ve 3. ay sonunda da 55,34 mg/100g kuru madde düzeyine düşmüştür.
8. Dondurulan ve depolanan kırmızıbiber örneklerinin β -karoten miktarları incelendiğinde ise dondurma sonrasında az da olsa bir kayıp olduğu görülmüş, bununla birlikte, depolama sürecinde β -karoten miktarında artış tespit edilmiştir. -40°C'de dondurulup depolanan kırmızıbiber örneklerinin, donma sonrasında (0. ay) başlangıçtaki β -karoten miktarı 30,23 mg/100g kuru madde olarak bulunmuştur. -20°C'deki depolama sürecinde ise β -karoten miktarı 1. ay sonunda 31,24 mg/100g kuru madde, 2. ay sonunda 34,09 mg/100g kuru madde ve 3. ay sonunda da 35,98 mg/100g kuru madde düzeyine yükselmiştir. -30°C ve -35°C'de dondurulup -20°C'de depolanan kırmızıbiber örneklerindeki β -karoten miktarında da artma görülmüştür.

9. Belirlenen sıcaklık derecelerinde (-30°C, -35°C ve -40°C) dondurulan ve -20°C'de depolanan havuç örnekleri incelendiğinde β -karoten miktarında, depolama süreleri sonunda genel olarak azalma olduğu görülmüştür.
10. Çalışma sonunda elde edilen bulguların ışığında dondurma sıcaklığının ve donmuş depolamanın havuç ve kırmızıbiber açısından önemli bileşenler üzerine etkisi olduğu ve genel olarak dondurma sıcaklığı düştükçe bileşenlerin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Depolama sürecinde de askorbik asit gibi hassas bileşenlerin azaldığı tespit edilmiştir. β -karotenin ise örnekteki yağ moleküllerine bağlı formlarının, molekülün enzimatik reaksiyonla parçalanması sonucu serbest hale geçebileceği ve bu nedenle de β -karoten konsantrasyonunda artış olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abushita, A.A., Hebshi, E.A., Daood, H.G., Biacs, P.A.**, 1997. Determination of Antioxidant Vitamins in Tomatoes. *Food Chemistry*, 60, s207-212.
- Aleman, R. P., Melendez, R. M., Guzman, V. M., Castro, J. J., Torre, L., Terrazas, B. R., Barnard, J. and Ramos, A. Q.**, 2005. Improving Textural Quality in Frozen Jalapeno Pepper by Low Temperature Blanching in Calcium Chloride Solution. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, s401-410.
- Alkusal, M.**, 2006. Dondurulmuş Gıda Sektöründe Bütünlesik Lojistik İlişkilerin Lojistik Hizmet Kalitesine ve Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 67s.
- Altuğ, T.**, 2006. Gıda Katkı Maddeleri. Sıdaş Medya, İzmir, s21-31.
- Anonim**, 2001. Dondurulmuş Gıda Sanayi Alt Komisyon Raporu, Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyon Raporu. *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Devlet Planlama Teşkilatı*, Ankara.
- Anonim**, 2003. Dondurulmuş Gıda Sektör Raporu. *İstanbul Ticaret Odası Etüt ve Araştırma Şubesi*, İstanbul.
- Anonim**, 2005. Dondurulmuş Meyve ve Sebze. *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi*.
- Anonim**, 2007. Dondurulmuş Meyve ve Sebze. *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi*.
- Anonim**, 2009. Dondurulmuş Sebze ve Meyve Üretimi. *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Gıda Teknolojisi*, Ankara.
- Anonim**, 2010. Türkiye'de Havuç Tarımı Yapan İşletmelerin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri, Sorunları ve Çözüm Önerilerinin Belirlenmesi. *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Projesi*, Ankara.
- Anonim**, 2011a. Türkiye'de Yıllara Göre Havuç Üretim Miktarları. *Türkiye İstatistik Kurumu*, Ankara.
- Anonim**, 2011b. Türkiye'de Yıllara Göre Kırmızıbiber Üretim Miktarları. *Türkiye İstatistik Kurumu*, Ankara.
- Anonim**, 2011c. Dondurulmuş Meyve ve Sebze. *T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi*.
- Ayyıldız, H. ve Keskin, D.**, 2010. Dondurulmuş Hazır Gıda Dağıtım Kanalında Dikey Yönlü Çatışma Davranışı: Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Bir Alan Araştırması, Yönetim ve Ekonomi. *Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, Manisa, 17, s107-127.

- Bahçeci, K. S., Serpen, A., Gökmen, V. ve Acar, J.,** 2005. Study of Lipoxygenase and Peroxidase as Indicator Enzymes in Green Beans: Change of Enzyme Activity, Ascorbic Acid and Chlorophylls During Frozen Storage. *Journal of Food Engineering*, 66, s187-192.
- Berger, M., K uchler, T., Maaßen, A., Busch-Stockfisch, M. and Steinhart H.,** 2008. Correlations of Carotene with Sensory Attributes in Carrots Under Different Storage Conditions. *Food Chemistry*, 106, s235-240.
- Bozan, B.,** 2004. Türkiye Bitkilerinden Doğal Antioksidan Maddelerin İzolasyonu ve Antioksidan Aktiviteleri. *Anadolu Üniversitesi, Proje No:992837*, Eskişehir.
- Bruckdorfer, K. R.,** 1990. Free Radical Lipid Peroxidation and Atherosclerosis. *Curr. Opin. Lipidol.*, 1, s529-535.
- Bulduk, S.,** 2006. Gıda Teknolojisi, *Detay Yayıncılık*, Ankara, 371s.
- Castro, S. M., Saraiva, J. A., Lopes-da-Silva, J. A., Delgadillo, I., Loey, A. V., Smout, C. and Hendrickx, M.,** 2008. Effect of Thermal Blanching and of High Pressure Treatments on Sweet Green and Red Bell Pepper Fruits (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 107, s1436-1449.
- Cemeroğlu, B. ve Acar, J.,** 1986. Meyve ve Sebze Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve  zkan M.,** 2003. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Yayın no:28, s541.
- Cemeroğlu B.,** 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Ankara.
- Concha, O. M. J., Castro, G. M. J., Hernandez, J. L. and Lozano, J. S.,** 1998. Monitoring of the Vitamin C Content of Frozen Green Beans and Padron Peppers by HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, s477-480.
- Çakmakçı, S. ve  elik, İ.,** 2000. Gıda Katkı Maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi*, Erzurum.
- Demiray, E.,** 2009. Kurutma İşleminde Domatesin Likopen, β -karoten, Askorbik asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Demiray, E. ve Tülek, Y.,** 2010. Donmuş Muhafaza Sırasında Meyve ve Sebzelerde Oluşan Kalite Değişimleri. *Akademik Gıda*, 8, 36-44s.
- Duman, A. D. ve Evliya, B.,** 2002. Bazı Dondurulmuş Sebzelerin Mikrobiyal Florasının Belirlenmesi  zerine Bir Araştırma. *Kahramanmaraş S t c  İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5, s153-159.
- Erent rk S., G laboğlu M.S. ve G ltekin S.,** 2005. The Effects of Cutting and Drying Medium on the Vitamin C Content of Rosehip During Drying. *Journal of Food Engineering*, 68, s513-518.

- Falade, K. O. and Omojola, B.S.**, 2010. Effect of Processing Methods on Physical, Chemical, Rheological, and Sensory Properties of Okra (*Abelmoschus esculentus*). *Food and Bioprocess Technology*, 3, s387-394.
- Favell, D. J.**, 1998. A Comparison of the Vitamin C Content of Fresh and Frozen Vegetables. *Food Chemistry*, 62, s59-64.
- Freed, R.D.**, 1991. MSTATC: Microcomputer Statistical Program. Experimental Design, Data Management and Data Analysis. *Michigan State University, Michigan, USA*.
- Galgano, F., Favati, F., Caruso, M., Pietrafesa, A. and Natella, S.**, 2007. The Influence of Processing and Preservation on the Retention of Health-Promoting Compounds in Broccoli. *Journal of Food Science*, 72, s130-135.
- Gębczyński, P. and Lisiewska, Z.**, 2006. Comparison of the Level of Selected Antioxidative Compounds in Frozen Broccoli Produced Using Traditional and Modified Methods. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 7, s239-245.
- Gonçalves, E. M., Cruz, R. M. S., Abreu, M., Brandão, T. R. S. and Silva, C. L. M.**, 2009. Biochemical and Colour Changes of Watercress (*Nasturtium Officinale* R. Br.) During Freezing and Frozen Storage. *Journal of Food Engineering*, 93, s32-39.
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S. and Silva, C. L. M.**, 2011a. Kinetics of Quality Changes of Pumpkin (*Curcubita maxima* L.) Stored Under Isothermal and Non-Isothermal Frozen Conditions. *Journal of Food Engineering*, 106, s40-47.
- Gonçalves, E. M., Abreu, M., Brandão, T. R. S. and Silva, C. L. M.**, 2011b. Degradation Kinetics of Colour, Vitamin C and Drip Loss in Frozen Broccoli (*Brassica oleracea* L. *Ssp. Italica*) During Storage at Isothermal and Non-Isothermal Conditions. *International Journal of Refrigeration*, 34, s2136-2144.
- Gündüz, O. ve Emir, M.**, 2010. Dondurulmuş Gıda Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Analizi: Samsun İli Örneği. *Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14, s15-24.
- Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R. and Kammerer, D. 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, s241-248.
- Keskin, G.**, 2002. Dondurulmuş Gıda. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları*, TEAE Bakış, 1, s1-4.
- Kidmose, U. and Martens, H.J.**, 1999. Changes in Texture, Microstructure and Nutritional Quality of Carrot Slices During Blanching and Freezing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, s1747-1753.

- Le Maguer, M. and Jelen, P.**, 1986. Food Engineering and Process Applications. *London and New York: Elsevier Applied Science Publishers*, 1, s313-321.
- Lee, S. K. and Kader, A. A.**, 2000. Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, s207-220.
- Leong, S. Y. and Oey, I.**, 2012. Effects of Processing on Anthocyanins, Carotenoids and Vitamin C in Summer Fruits and Vegetables. *Food Chemistry*, 133, s1577-1587.
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W. and Slupski, J.**, 2004. Contents of Chlorophylls and Carotenoids in Frozen Dill: Effect of Usable Part and Pre-Treatment on the Content of Chlorophylls and Carotenoids in Frozen Dill (*Anethum Graveolens* L.), Depending on the Time and Temperature of Storage. *Food Chemistry*, 84, s511-518.
- Maity, T., Chauhan, O. P., Shah, A., Raju, P. S. and Bawa, A. S.**, 2011. Quality Characteristics and Glass Transition Temperature of Hydrocolloid Pre-Treated Frozen Pre-Cut Carrot. *International Journal of Food Properties*, 14, s17-28.
- Martins, R. C. and Silva, C. L. M.**, 2003. Kinetics of Frozen Stored Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Quality Changes: Texture, Vitamin C, Reducing Sugars, and Starch. *Journal of Food Science*, 68, s2232-2237.
- Mazzeo, T., N'Dri, D., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V. and Pellegrini, N.**, 2011. Effect of Two Cooking Procedures on Phytochemical Compounds, Total Antioxidant Capacity and Colour of Selected Frozen Vegetables. *Food Chemistry*, 128, s627-633.
- Murcia, M. A., Jimenez, A. M. and Martinez-Tome, M.**, 2009. Vegetables Antioxidant Losses During Industrial Processing and Refrigerated Storage. *Food Research International*, 42, s1046-1052.
- Olivera, D. F., Vina, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R. and Mascheroni, R. H.**, 2008. Effect of Blanching on the Quality of Brussels Sprouts (*Brassica oleracea* L. *gemmifera* DC) After Frozen Storage. *Journal of Food Engineering*, 84, s148-155.
- Oszmianski, J., Wojdylo, A. and Kolniak, J.**, 2009. Effect of L-Ascorbic Acid, Sugar, Pectin and Freeze- Thaw Treatment on Polyphenol Content of Frozen Strawberries. *Food Science and Technology*, 42, s581-586.
- Ötleş, S. ve Atlı, Y.**, 1997. Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, İzmir, 3, s249-254.
- Patras, A., Tiwari, B. K. and Brunton, N. P.**, 2011. Influence of Blanching and Low Temperature Preservation Strategies on Antioxidant Activity and Phytochemical Content of Carrots, Green Beans and Broccoli. *LWT - Food Science and Technology*, 44, s299-306.

- Pekizoglu, F. ve Yavuz, O.**, 1999. Türkiye'de Dondurulmuş Meyve Sebze Sanayi ve Avrupa Birliği Karşısındaki Durumu. *Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova Bilimsel Araştırma ve İncelemeler*, Yalova, 135, s102.
- Rojas, A. M., and Gerschenson, L. N.**, 2001. Ascorbic Acid Destruction in Aqueous Model Systems: An Additional Discussion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, s1443-1439.
- Rawson, A., Tiwari, B. K., Tuohy, M. and Brunton, N.**, 2012. Impact of Frozen Storage on Polyacetylene Content, Texture and Colour in Carrots Disks. *Journal of Food Engineering*, 108, s563-569.
- Rickman, J. C., Bruhn, C. M. and Barrett, D. M.**, 2007a. Nutritional Comparison of Fresh, Frozen and Canned Fruits and Vegetables. Part 1. Vitamins C and B and Phenolic Compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, s930-944.
- Rickman, J. C., Bruhn, C. M. and Barrett, D. M.**, 2007b. Nutritional Comparison of Fresh, Frozen, and Canned Fruits and Vegetables II. Vitamin A and Carotenoids, Vitamin E, Minerals and Fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, s1185-1196.
- Saldamlı, İ.**, 1998. Gıda Kimyası. *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, s435-450.
- Scott, C. E. and Eldridge, A. L.**, 2005. Comparison of Carotenoid Content in Fresh, Frozen and Canned Corn. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, s551-559.
- Sies, H.**, 1991. Oxidative Stress: Oxidant and Antioxidant. *Academic Press*, London.
- Tansey, F., Gormley, R. and Butler, F.**, 2010. The Effect of Freezing Compared with Chilling on Selected Physico-Chemical and Sensory Properties of Sous Vide Cooked Carrots. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, s137-145.
- Topuz, A. ve Özdemir, F.**, 2003. Influences of γ -Irradiation and Storage on the Carotenoids of Sun-Dried and Dehydrated Paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, s4972-4977.
- Tùlek, Y., Gùkalp, H. Y. ve Özkal, S. G.**, 1999. Gıdaların Donma ve Çözülme Zamanlarının Belirlenmesinde Kullanılan Tahmin Metotları I. Basit Eřitlikler, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakùltesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5, s943-950.
- Van Buggenhout, S., Lille, M., Messagie, I., Van Loey, A., Autio, K. and Hendrickx, M.**, 2006. Impact of Pretreatment and Freezing Conditions on the Microstructure of Frozen Carrots: Quantification and Relation to Texture Loss. *European Food Research and Technology*, 222, s543-553.
- WEB_1 (2012) Havuç Yetiştiriciliği. <http://www.gencziraat.com/Bahce-Bitkileri/Havuc-Yetistirciligi-8.html> (05.03.2012)

- WEB_2 (2012) Havu Faydaları ve Tarifleri. <http://www.sifalibitkitedavisi.com/havuc-daucus-carota-faydalari.html> (05.03.2012)
- WEB_3 (2012) Havu. <http://www.turkcebilgi.org/yemek-icmek/besinler-ve-ozellikleri/havuc-24644.html> (05.03.2012)
- WEB_4 (2012) Biber Yetiştiriciliği (*Capsicum annum* L.). <http://www.bahcenet.com/biber-yetistiriciligi-capsicum-annum-l.html> (05.03.2012)
- WEB_5 (2012) Biber. <http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/biber> (05.03.2012)
- WEB_6 (2012) HunterLab. <http://www.hunterlab.com/> (03.03.2012).

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Ceylan Sürel

Doğum Yeri ve Tarihi: Erzurum – 16.03.1986

Adres: Ulus Cad. Oran Sit. C Blok 69/3 Kınıklı - DENİZLİ

Lisans Üniversite: Pamukkale Üniversitesi