

**DONDURULMUŞ SEBZE ÜRETİMİNDE OHMİK
ISITMA ÖN İŞLEMİNİN KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

CANAN DAĞDELEN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DONDURULMUŞ SEBZE ÜRETİMİNDE OHMİK ISITMA ÖN İŞLEMİNİN
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

Canan DAĞDELEN

<https://orcid.org/0000-0002-0641-8091>

Doç. Dr. Bige İNCEDAYI

<https://orcid.org/0000-0001-6128-7453>

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2019

TEZ ONAYI

Canan DAĞDELEN tarafından hazırlanan “DONDURULMUŞ SEBZE ÜRETİMİNDE OHMİK ISITMA ÖN İŞLEMİNİN KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANSTEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Bige İNCEDAYI

Başkan : Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR
0000-0002-1951-7937
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Bige İNCEDAYI
0000-0001-6128-7453
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Buket AŞKIN
0000-0001-6327-0946
Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

07/10/2019


B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

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

beyan ederim.

02/09/2019

Canan DAĞDELEN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DONDURULMUŞ SEBZE ÜRETİMİNDE OHMİK ISITMA ÖN İŞLEMİNİN KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Canan DAĞDELEN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bige İNCEDAYI

Günümüzde ticari olarak kullanılan gıda işleme yöntemlerine alternatif yeni yöntemler araştırılmaktadır. Besin değeri ve kalitesi yüksek gıdalar üretmek için kullanılan bu yöntemlerden biri de adını ohm kanunundan alan ohmik ısıtma tekniğidir. Bu çalışmada sebzelerin doğal tadının, yapısının, görünüşünün, renginin, lezzetinin ve bileşiminin en iyi şekilde korunmasını sağlayan yöntemlerden biri olan dondurarak muhafaza prosesinde, ürün kalitesini yükseltmek amacıyla, klasik haşlama işlemine alternatif olarak ohmik ısıtma ön işlemini kullanımı amaçlanmıştır. Bu amaçla dondurarak üretimi yaygın olan yeşil fasulyelerin (*Phaseolus vulgaris* L.) sapları ayrılmış, 40-60 mm boyunda kesildikten sonra bir kısmı ohmik ısıtma yöntemiyle, bir kısmı geleneksel yöntem ile peroksidaz enzimi inaktivasyonu baz alınarak haşlanmış ve IQF yöntemiyle dondurulmuştur. Ev tipi üretimi temsilen geleneksel haşlama yapılan fasüyenin bir kısmı da derin dondurucuda yavaş dondurmaya bırakılmıştır. Ohmik ısıtma yöntemi ve geleneksel yöntem ile haşlanarak dondurulan ve 12 ay boyunca depolanan fasulyeler antioksidan kapasite, toplam fenolik madde, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil miktarları ve renk ile birlikte toplam canlı mikroorganizma, toplam koliform, maya-küf, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 yönünden analiz edilmiştir. Sonuçta, ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanıp dondurulan üründe antioksidan kapasite (7,41 mmol T.E./100 g KM), geleneksel yöntem ve ev tipine göre daha fazla azalmış, toplam fenolik madde miktarı (0,29 mg/g KM) geleneksel yöntemle göre düşmüş, ancak ev tipine göre artmıştır. Klorofil miktarı (8,85 mg/100g KM) ve renk değerlerinin ise geleneksel yöntemle ve ev tipine göre daha iyi korunduğu ortaya konmuştur. İstatistiksel olarak ise farklı haşlama yöntemleri, klorofil miktarları hariç, incelenen diğer tüm parametreler arasında önemli farklılığa neden olmuştur. Depolama süresince saptanan kimyasal analiz sonuçları arasındaki farklılıklar önemli bulunurken, ön işlem ve depolama süresi interaksyonunun sadece renk değerleri açısından (*L* ve *c* hariç) farklılık göstermediği saptanmıştır ($p < 0,05$). Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre ise taze fasülyede bulunan mikroorganizma sayısı tüm işlem koşullarında azalmış ve ürünler özellikle patojenler yönünden güvenilir bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: fasulye, IQF, ohmik ısıtma, antioksidan kapasite
2019, vii +35 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF OHMIC HEATING PRETREATMENT ON THE QUALITY OF FROZEN VEGETABLE PRODUCTION

Canan DAĞDELEN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bige İNCEDAYI

Nowadays, alternative methods to commercially used food processing methods are being investigated. One of these methods used to produce foods with high nutritional value and quality is the ohmic heating technique which takes its name from the ohm's law. In this study, ohmic heating pre-treatment was used as an alternative to the conventional blanching process in order to improve the product quality in the frozen food process. Freezing is one of the methods that provide the best preservation for the taste, structure, appearance, color, flavor and composition of the vegetables. For this purpose, frozen green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), which are widely preserved by freeze production, were used. Firstly the stems were removed and the vegetable was cut to a length of 40-60 mm. One part was blanched in the ohmic heating apparatus and the other part was blanched by the conventional method until the peroxidase enzyme was inactive. Then both vegetables were frozen by using IQF. Some of the conventional blanched beans representing home production were also allowed to freeze slowly in the freezer. The products were stored for 12 months in the frozen warehouse. During the storage, they were evaluated for total phenolic content, antioxidant capacity, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll amount and color. Also contents and presence of total live microorganisms, yeast-mold, total coliform, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 were analyzed. As a result, the antioxidant capacity of the ohmic heating method (7,41 mmol TE/100 g DM), was decreased more than the traditional method and house type. While the total amount of phenolic matter (0,29 mg/g DM) was increased compared to the home type traditional method, it was reduced compared to conventional method. The amount of chlorophyll (8,85 mg/100g DM) and color values were better preserved in frozen beans blanched with ohmic heating. Statistically, different blanching methods caused significant difference between all the parameters examined except chlorophyll amounts. While the differences between the chemical analysis results were significant during storage, blanching method and storage time interaction did not differ only in terms of color values (except *L* and *c* values) ($p < 0,05$). According to the results of microbiological analysis, the number of microorganisms in fresh beans decreased in all processing conditions and the products were found to be reliable especially in terms of pathogens.

Key words: green bean, IQF, ohmic heating, antioxidant capacity
2019, vii +35 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında öncelikle her daim desteğini esirgemeyen ve sabırla yol aldığımız değerli danıőmanım sayın Doç. Dr. Bige İNCEDAYI'ya, her konuda bilgisini ve deneyimini benimle paylaőan sayın Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR ve Doç. Dr. Nihal TÜRKMEN EROL'a, üretim aőamasında ekipmanlarını kullandığım Fine Food Gıda San. ve Tic. İth. İhr. A.Ő. adına sayın Hüseyin GÖZTEPE'ye, yardımlarıyla her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Tuba Saatci, Dilek YARDIM, Büőra GÜREL ve Hüseyin ASLAN'a, hayatım boyunca beni destekleyen ve iyi bir eğitim almam için çabalayan sevgili babam Hüseyin DAĞDELEN, sevgili annem Emine DAĞDELEN ve sevgili abim Can DAĞDELEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Canan DAĞDELEN
02/09/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Fiziksel Analizler.....	10
3.2. Kimyasal Analizler.....	10
3.2.1. Ekstraksiyon metodu.....	10
3.2.2. Antioksidan kapasite analizi.....	10
3.2.3. Toplam fenolik madde analizi.....	11
3.2.4. Klorofil analizi.....	11
3.3. Mikrobiyolojik Analizler.....	12
3.4. İstatistiksel Analiz.....	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	14
4.1. Fiziksel Özellikler.....	14
4.2. Kimyasal Özellikler.....	14
4.3. Mikrobiyolojik Özellikler.....	26
5. SONUÇ.....	29
KAYNAKLAR.....	30
ÖZGEÇMİŞ.....	35

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
cm	Santimetre
dk	Dakika
Hz	Hertz
kob	Koloni oluşturan birim
M	Molar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
NaCl	Sodyum klorür
nm	Nanometre
rpm	Revolutions per minute
s	Saniye
V	Volt
°C	Santigrat derece
µL	Mikrolitre

Kısaltmalar	Açıklama
AK	Antioksidan kapasite
BPW	Buffered pepton water
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazin
DM	Dry matter
FC	Folin-ciocalteu
FDA	U.S. Food and Drug Administration
GAE	Gallik asit eşdeğeri
IQF	Bireysel hızlı dondurma
KM	Kuru madde
LMX	Laurylsulfate MUG X-gal
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TE	Troloks eşitliği
UV	Ultraviöle

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Yıllara göre Türkiye'de taze fasülye üretimi.....	4
Şekil 2.3. Ohmik ısıtma sistemi	5
Şekil 3.1. Üretim akış diyagramı	8
Şekil 3.2. Üretimde kullanılan ohmik ısıtma sistemi	9
Şekil 3.3. Üretimde kullanılan IQF (Bireysel hızlı dondurma).....	9
Şekil 3.4. IQF çıkışı ambalajlanan yeşil fasülye	9
Şekil 3.5. Heat&Go	13
Şekil 3.6. Minividas	13
Şekil 4.1. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin antioksidan kapasite miktarı	17
Şekil 4.2. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin toplam fenolik madde miktarı	19
Şekil 4.3. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı.....	22
Şekil 4.4. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin <i>L</i> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> ve <i>h</i> değerleri	25

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Farklı muhafaza yöntemleri ile muhafaza edilen gıdaların kalite parametrelerinin karşılaştırılması	3
Çizelge 4.1. Dondurulmuş örneklerin antioksidan kapasite, toplam fenolik madde ve klorofil miktarları.....	15
Çizelge 4.2. Antioksidan kapasite, toplam fenolik madde ve klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları.....	16
Çizelge 4.3. Renk (<i>L</i> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> ve <i>h</i>) değerleri kimyasal analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.4. Renk (<i>L</i> , <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> ve <i>h</i>) değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	24
Çizelge 4.5. Fasülyelere ait mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	28

1. GİRİŞ

Yeşil fasülye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Phaseolus* cinsinin en iyi bilinen ve en yaygın türüdür. *Phaseolus vulgaris* L. Yeni Dünya kökenli olup, 16. yüzyılda İspanyollar ve Portekizliler tarafından Avrupa'ya götürülmüş ve sonrasında İngiltere'ye ulaşmıştır (Shukla ve Misra 1979, Purseglove 1988, Nassar ve ark. 2010). Yeşil fasülye, özellikle olgunlaşmamış halde yenmek için özel olarak yetiştirilen bir fasülye çeşidi olup, çalı fasülyesi, yeşil fasülye veya kutup fasülyesi olarak farklı adlarla da anılmaktadır. Yeşil fasülye taze tüketiminin yanı sıra konserveye işlenerek veya dondurularak da tüketilmektedir.

Dondurarak muhafaza, meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında yaygın olarak kullanılan ve diğer birçok yöntemle kıyasla yüksek kalitede ürün oluşumunu sağlayan bir gıda koruma tekniğidir. Günümüzde ticari olarak birçok dondurma sistemi kullanılmaktadır. Bunlardan biri de bireysel hızlı dondurma (IQF) sistemidir. Gıdalar hızlı bir şekilde dondurulduğunda, yapıda çok daha küçük buz kristalleri oluşmaktadır. Daha büyük buz kristalleri hücrelere ve dokulara zarar vermektedir. IQF sisteminin çalışma prensibi özgü bir sistem olup, gıdaları hızlı bir şekilde dondurarak küçük buz kristalleri oluşmasını sağlar. Böylece ürün kalitesinin olumlu yönde etkilenmesinin yanında, enerji ve verim açısından da avantaj sağlanmaktadır. Bununla birlikte, dondurma işlemi, nihai ürünün veya çözündürülen bazı gıdaların kalitesini etkileyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu değişimleri en az düzeye düşürecek yeni uygulamalar üzerine yapılan çalışmalarda son yıllarda artış olmuştur.

Bununla birlikte, dondurma işlemi, nihai ürünün veya çözündürülen bazı gıdaların kalitesini etkileyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu değişimleri en az düzeye düşürecek yeni uygulamalar üzerine yapılan çalışmalarda son yıllarda artış olmuştur.

Geleneksel ısı işlem uygulamaları gıdaların korunmasında yaygın olarak kullanılan temel yöntemlerdendir. Gıdalara uygulanan ısı işlemlerin ana hedefi gıdaların mikrobiyal güvenliğini sağlayıp, besinsel öğeleri ve duyuşal özelliklerini de koruyarak, ürünün kalitesini ve raf ömrünü arttırmaktır. Ancak geleneksel ısı işlemlerdeki ısı

transfer mekanizmalarının ürün yüzeyinde aşırı ısınmaya neden olarak, ısıya duyarlı besin öğelerinde ve duyusal özelliklerde kayıplara neden olması gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Endüstrideki geleneksel ısıl işlem uygulamalarında genellikle ısıl enerji kaynakları doğrudan ya da dolaylı olarak materyale aktarıldığından, enerji verimi düşük ve çevrede kirlilik oluşturma oranı yüksektir. Bu nedenlerden dolayı son dönemlerde yeni ve alternatif ısıtma teknolojilerine karşı artan bir talep söz konusudur. Son zamanlarda üzerinde birçok araştırma yapılan yöntemlerden biri olan, literatürde joule ısıtma, elektriksel direnç ısıtma, elektro iletken ısıtma ve rezistans ısıtma olarak da adlandırılan ohmik ısıtma, gıdaların elektriksel yolla ısıtıldığı bir sistemdir. Geniş bir uygulama alanına sahip olan ohmik ısıtma yönteminde ısı enerjisinin direk ürün içerisinde oluşması birçok avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada, IQF yöntemiyle dondurularak muhafaza edilen fasülyelere ön işlem olarak geleneksel yöntem ve ohmik ısıtma yöntemiyle haşlama işlemi uygulandıktan sonra haşlanan fasülyeler IQF sisteminde dondurulmuştur. Ev tipi üretimi temsil etmek üzere, geleneksel haşlama sonrası fasülyelerin bir kısmı da dondurucuda dondurularak üç uygulamanın da yeşil fasülye kalitesi üzerine etkisi 12 ay boyunca incelenmiştir. Bu amaçla dondurulan fasülyeler fiziksel özelliklerin yanı sıra, peroksidaz enzimi inaktivasyonu, antioksidan kapasite, toplam fenolik madde miktarı, renk (*L*, *a*, *b*, *c* ve *h*) ve klorofil içeriği yönünden analiz edilmiştir. Gıda güvenliği yönünden de değerlendirilen yeşil fasülyelerin toplam canlı mikroorganizma, toplam koliform, mayaküf ve *Escherichia coli* sayısı saptanmış, aynı zamanda dondurulmuş fasülyeler en önemli mikrobiyolojik tehlikelerden olan patojen yapıdaki *E.coli* O157:H7 ve *L.monocytogenes* yönünden de incelenmiştir. Sonuçlar her iki ısıl işlem farklılığı, dondurma tekniği ve hammaddeye göre karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

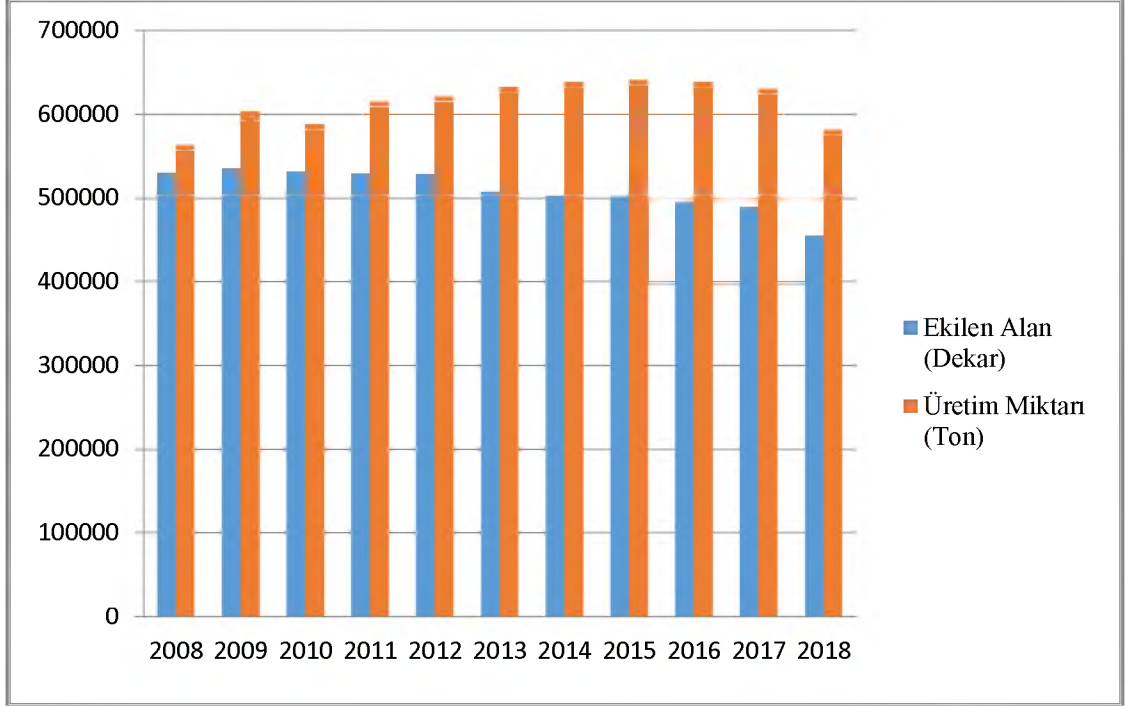
Günümüzde gıdaların muhafazasında konserveleme, kurutma, dondurma gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında ise dondurarak muhafaza yönteminde diğer muhafaza yöntemlerine göre kalite kaybının en az olduğu bildirilmiştir. Dondurarak ve farklı yöntemlerle muhafaza edilen gıdalara ait bazı kalite parametreleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (Pruthi 1999).

Çizelge 2.1. Farklı muhafaza yöntemleri ile muhafaza edilen gıdaların kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Kalite Parametreleri	Dondurulmuş Gıda (% İndeks)	Konserve Gıda (% İndeks)	Kurutulmuş Gıda (% İndeks)
Tazelik	71	14	5
Tat	56	30	7
Görünüş	62	28	3
Besin Değeri	51	20	11
Hazırlama Kolaylığı	40	52	3

Dondurarak muhafaza, donma işlemi parametrelerine ve ham madde özelliklerine bağlı olarak, gıda ürünlerinin kalitesinin uzun süre korunmasına yardımcı olmaktadır (Ozan ve Bilişli 2008, Çurkan ve ark. 2012, Sürel 2012, Ojha ve ark. 2016). Dondurarak muhafaza etmenin temel ilkesi, -18°C veya daha düşük sıcaklık derecelerinde gıdayı hızlı bir şekilde dondurarak, bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların çalışma ve çoğalma faaliyetlerini durdurmaktır (Hekimoğlu ve Altındeğer 2016). Buz kristali boyutunun kontrolü, donma hasarını minimize etmek için anahtar bir nokta olarak görülmektedir. Son zamanlarda denenen yeni teknikler, dondurulan ürünlerde oldukça küçük boyutlu buz kristallerinin oluşumunu sağlama ve gıda ürünlerinin donma hasarını önleme üzerinedir (Jha ve ark. 2018).

Taze yeşil fasulye dondurularak muhafaza edilen sebzelerin başında gelmektedir. Türkiye'de taze fasulyenin son 10 yıla ait ekim alanı ve üretim miktarları Şekil 2.1'de görüldüğü gibidir.

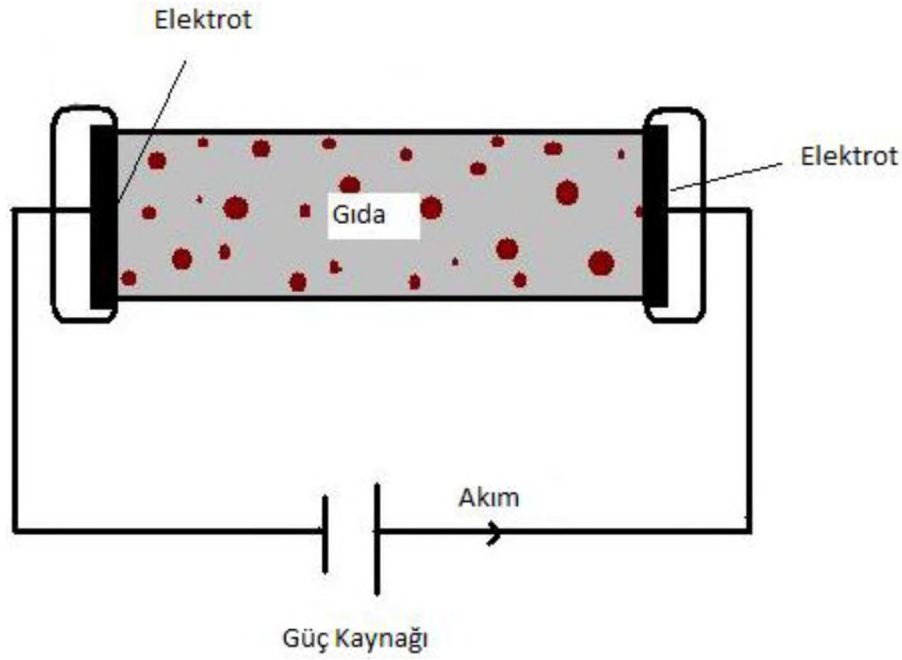


Şekil 2.1. Yıllara göre Türkiye'de taze fasulye üretimi (Anonim 2019c)

Taze yeşil fasulye C vitamini, K vitamini, A vitamini, manganez, potasyum ve demir için mükemmel bir kaynak olmakla birlikte, yüksek seviyede riboflavin, kalsiyum, fosfor, omega-3 yağ asitleri ve niasin içermektedir. Codex Alimentarius (Anonim 1981)'a göre hızlı dondurulmuş yeşil fasulye "*Phaseolus vulgaris* L. veya *Phaseolus coccineus* L. cinsinin uygun çeşitlerinin özelliklerine uyan bitkilerin taze, temiz, sağlıklı, etli olanlarından hazırlanan bir üründür" şeklinde tanımlanmaktadır. Sebzelere dondurulmadan önce tat ve aroma kayıplarına neden olan peroksidaz, polifenoloksidaz, katalaz gibi enzimleri inaktif etmek amacıyla haşlama işlemi uygulanmaktadır. Mikrobiyel yükün azaltılması, tat-kokunun iyileştirilmesi, renk-aromanın korunması açısından, sebzelerin dondurulmadan önce haşlanması önem kazanmaktadır. Günümüzde kullanılan endüstriyel haşlama işleminin gıdalarda tekstür, aroma, çözünebilir besin öğeleri ve pigment kayıplarına neden olduğu daha önceden yapılan araştırmalar ile ortaya konmuştur.

Geleneksel muhafaza tekniğinden biri olan ısıtma işlemi, gıda endüstrisinde birçok uygulamaya sahiptir. Bu işlem, pişirme, ekstraksiyon, enzim ve mikrobiyel inaktivasyonu gibi çeşitli amaçlarla gıda maddelerine termal enerji uygulanmasını içerir. Her ne kadar klasik ısıtma yöntemi, gıda endüstrisinde hala en popüler ısıtma tekniği

olsa da, ohmik ısıtma gibi yeni teknikler, geleneksel yöntemlere göre zaman ve enerji tasarrufu sağlayan alternatif olarak belirtilmektedir. Ohmik ısıtma, alternatif elektrik akımının bir iletken den geçtiği sıcaklık artışına neden olduğu bir işlem olarak tanımlanmaktadır. Gıda işlemede, ısıtma yüzeyinden ısı transferine dayanan geleneksel ısıtma yöntemlerinden farklı olarak, ohmik ısıtma gıdanın içinde hacimsel olarak ısı üretir ve sıcaklığı daha yüksek bir oranda arttırabilir. Gıda, iki ya da daha fazla sayıda elektrodun bir araya gelmesiyle oluşturulmuş elektrik alan içerisinde, akımın üzerinden geçişi esnasında, bu akıma karşı göstermiş olduğu direnç miktarıyla orantılı olarak ısınır. Bu sistemde geçen alternatif akıma direnç gösteren gıda ya da gıda karışımında hacimsel olarak bir ısı artışı meydana gelir. Şekil 2.3'te ohmik ısıtma sistemi şematize edilmiştir (Rahman 2007).



Şekil 2.3. Ohmik ısıtma sistemi

Ohmik ısıtma sisteminin verimliliğini etkileyen başlıca parametreler; elektriksel direnç, elektriksel alan kuvveti, gıda parçacık boyutu ve konsantrasyondur. Bu teknik, mikrodalga ve indüktif ısıtma yöntemlerinden gıda ile temas halindeyken ısıtma işlemini gerçekleştirme yönüyle ayrılmaktadır. Ohmik ısıtma teknolojisi hızlı ve eşit miktarda ısıtma gerçekleştirebilmesi nedeniyle, konvansiyonel ısıtma teknolojisi ile kıyaslandığında birçok avantaja sahiptir. Bunlar;

- Ohmik ısıtma tekniğinde ürünün düzgün ve hızlı bir sıcaklık artışıyla işlem görmesi, uygulanan ısıl işlemin daha etkin olmasını, ürünün besleyici bileşiminin ve duyuşsal özelliklerinin korunmasını sağlamaktadır.
- Isı transfer yüzeyine ihtiyaç duyulmaksızın ısı enerjisi direkt ürün içerisinde üretilmektedir.
- Ürün yüzeyinde sıcak bölgelerin oluşmasına neden olmayışı, bu teknolojinin sıcaklık artışına karşı hassasiyet gösteren gıda maddelerinin işlenmesinde de kullanımını mümkün kılmaktadır.
- İstenilen sıcaklığa kısa sürede ulaşılmaktadır.
- Ohmik ısıtma işlemi aynı anda katı ve sıvı fazda ısıtmayı mümkün kılmaktadır.
- Akım kesildiği anda ısı transferi son bulduğundan sürecin kontrolü kolaylıkla sağlanmaktadır.
- Kitlesel bir ısıtmanın gerçekleşmesi nedeniyle karıştırma işlemine gerek duyulmamaktadır.
- Ohmik ısıtma sistemlerinde ısı enerjisinin ürün içerisinde oluşması nedeniyle elektrik enerjisinin %90'ı ısı enerjisine dönüşmekte ve bu sayede enerji verimliliği sağlanmaktadır.
- Sessiz ve çevre dostu bir sistemdir. Bu yüzden 'green technology' olarak adlandırılmaktadır.
- Daha az bakım ile daha iyi ve daha basit proses kontrolü sağlanmasına imkan tanımaktadır.

Ohmik ısıtmanın ön işlem olarak gıdalarda kullanımı ve kalite üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla haşlama, ısıtma, pişirme proseslerine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Ancak, sistemin ön işlem olarak kullanımına yönelik çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Ohmik ısıtma tekniğinin sıvı gıdalarda pastörizasyon ve sterilizasyon amaçlı kullanılması FDA tarafından onaylanmıştır (Anonim 2019a, Gavahian ve ark. 2019).

Ohmik ısıtma sistemi ile ilgili birçok alanda çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları;

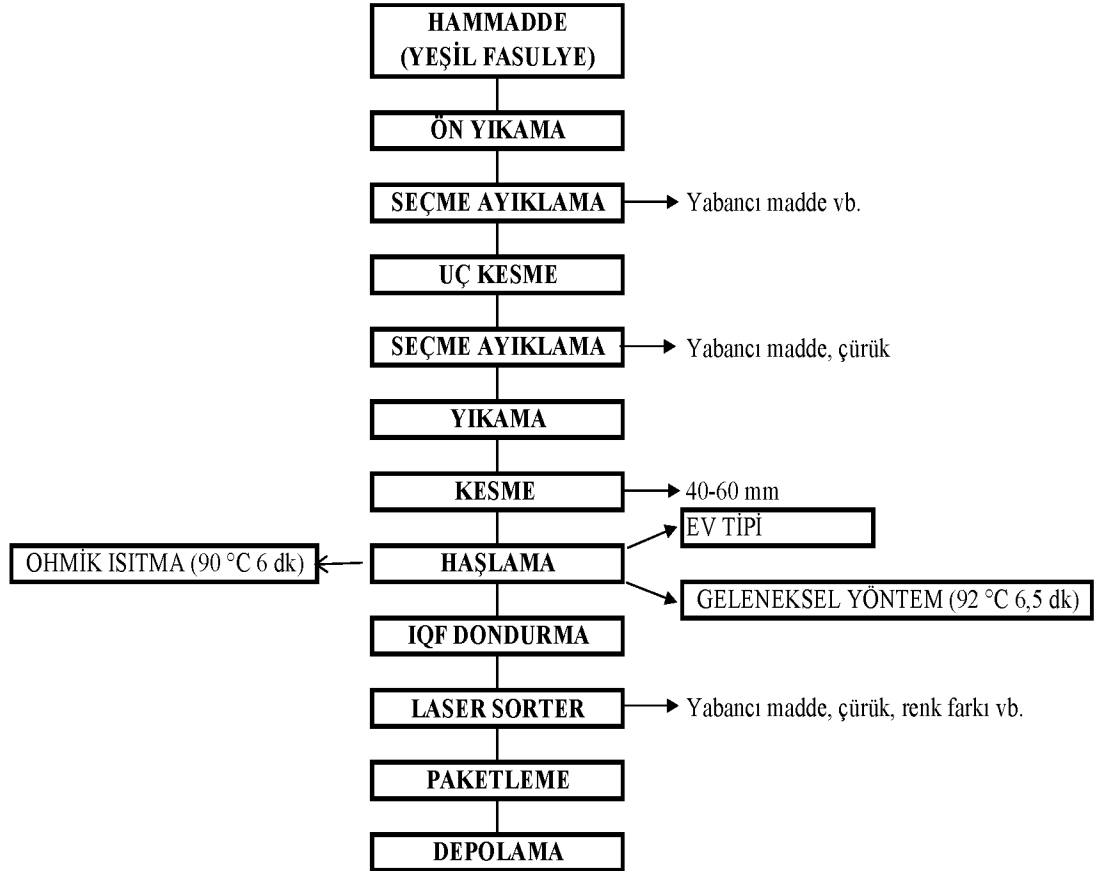
- Çözündürme (Balpetek ve Gürbüz 2015, İcier ve ark. 2017, Liu ve ark. 2017, Cevik ve İcier 2018),
- Polifenollerin ve pektinin ekstraksiyonu (El Darra ve ark. 2013, Saberian ve ark. 2017)

- Kurutma (Zhong ve Lima 2003, Lebovka ve ark. 2006),
- Kabuk soyma (Wongsa-Ngasri ve Sastry 2015),
- Pastörizasyon (Achir ve ark. 2016),
- Fermentasyon (Gally ve ark. 2017)
- Enzim inaktivasyonudur (Makroo ve ark. 2016, Aghajanzadeh ve Ziaiiifar 2018).

Yapılan bir çalışmada, konserveye işlenecek enginar başları ohmik ve konvansiyonel haşlamaya tabi tutulmuş, sonuçta peroksidaz ve polifenol oksidaz inaktivasyonunun ohmik sistemle daha kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca ohmik sistemde daha yüksek verim sağlandığı ve rengin daha iyi korunduğu ortaya konmuştur. Ohmik ısıtma uygulanan çilek ürünlerinde C vitamininin bozunma kinetiğinin incelendiği farklı bir çalışmada, elektrik alanının varlığının askorbik asit degradasyonunu etkilemediği sonucuna varılmıştır. Diğer bir çalışmada ise, bezelye püresine farklı voltaj gradyanlarında ohmik ısıtma uygulanarak, 30 V cm^{-1} ve üzeri gradyanlarda peroksidaz inaktivasyonu konvansiyonel haşlama işleminden daha kısa sürede sağlanmıştır. 50 V cm^{-1} gradyanda ise 54 s'de inaktivasyon gerçekleşirken, renk en iyi düzeyde korunmuştur. Domates püresinde ise 24 V cm^{-1} voltaj gradyanında enzim inaktivasyonu 90°C ' de gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş sebze prosesinde haşlama işlemine ikame olarak kullanıldığına dair çalışmalar da ayrıca mevcuttur. Genel olarak çalışmaların sonucunda bu yöntem kullanılarak işlenen ürünlerde kalitede artış, proseste iyileşme ve verimlilikte yükseliş yaşandığı ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bursa-Yenişehir bölgesinden 2018 yılı Temmuz ayında hasat edilen taze yeşil fasulyeler yıkamayı ayıklanarak 40-60 mm boyunda kesilmiştir. Kesilen fasulyelerin bir kısmı geleneksel haşlama yöntemiyle, bir kısmı ise ohmik ısıtma yöntemiyle, %0,3 NaCl çözeltisi içinde, 220 V, 50 Hz koşullarında haşlanmış ve ardından IQF' te dondurulmuştur. Geleneksel yöntemle haşlanan fasulyeler aynı zamanda soğuk hava deposunda -18°C'de dondurulmuş ve söz konusu üretim ev tipi üretimi temsil etmiştir. Her iki yöntemde de haşlama işlemi, peroksidaz enzimi inaktif olana kadar uygulanmıştır. Haşlanan fasulyeler 12 ay boyunca -18°C'de depolanmış ve bileşimde meydana gelen değişimler ikişer aylık periyotlarla analiz edilmiştir. Hammaddenin analizleri ise hasat edildiği gün gerçekleştirilmiştir. Yeşil fasulye üretim akış diyagramı Şekil 3.1'de, üretimde kullanılan ohmik ısıtma Şekil 3.2'de, üretimde kullanılan IQF (Bireysel hızlı dondurma) Şekil 3.3'te, IQF çıkışı ambalajlanan yeşil fasulye ise Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Üretim akış diyagramı



Şekil 3.2. Üretimde kullanılan ohmik ısıtma sistemi



Şekil 3.3. Üretimde kullanılan IQF (Bireysel hızlı dondurma)



Şekil 3.4. IQF çıkışı ambalajlanan yeşil fasulye

3.1. Fiziksel analizler

Bu amaçla ohmik ısıtma yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle haşlanarak IQF' te dondurulmuş fasülyeler ile konvansiyonel haşlama sonrası -18°C'de dondurulmuş fasülyelerde, kalite kusurlarından yabancı madde, çürük ve farklı renkteki fasülyelerin durumu fiziksel olarak incelenmiştir. 1000 g üründe yapılan fiziksel analizlerin sonuçları, gravimetrik olarak saptanmıştır (Anonim 1976, Anonim 1981, Anonim 2017). Renk analizi ise, homojen haldeki örneklerde renk analizi HunterLab MiniScan EZ4500L marka renk tayini cihazı kullanılmıştır. *L*, *a*, *b*, kroma (*c*) ve hue açısı (*h*) değerleri belirlenmiştir (Bakker ve ark. 1986).

3.2. Kimyasal Analizler

3.2.1. Ekstraksiyon metodu

Taze ve dondurulmuş fasülyelerde fenolik madde ve antioksidan özellik gösteren bileşenlerin ekstraksiyonu Türkmen ve ark. (2005)'na göre yapılmıştır. 1g örnek üzerine 4,5 mL ekstraksiyon çözeltisi (1 birim metanol:4 birim saf su) eklenmiştir. Örnekler 20°C'de 2 saat çalkalanmış (Memmert WNB 22 çalkalamalı su banyosu) ve 10000 rpm'de 5 dk süreyle santrifüjlenmiştir (Sigma 3K30 soğutmalı santrifüj). Bu işlem ön deneme sonuçlarına bağlı olarak 2 defa tekrarlanmıştır. Santrifüjden alınan berrak kısım (supernatant) kaba filtre kâğıdından geçirilerek, ekstrakte edilebilir polifenollerin ayrımı sağlanmıştır. Ekstraktlar analiz edilinceye dek derin dondurucuda depolanmıştır.

3.2.2. Antioksidan kapasite analizi

Antioksidan kapasite (AK), DPPH serbest radikali kullanılarak belirlenmiştir (Türkmen Erol ve ark. 2009). Ürün ekstraktları önceden belirlenen uygun konsantrasyonlara seyreltilip, 50 µL seyreltilmiş ekstrakt üzerine, metanolde hazırlanmış 1950 µL DPPH radikali (6×10^{-5} M) eklenmiştir. Kontrol (kör) örneği hazırlanırken ekstrakt yerine saf su kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı vortekste 15 saniye süreyle homojenize edilip, karanlık ortamda oda sıcaklığında 60 dk bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda karışımın ve kontrol örneğinin absorbansı, spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800 model) 517 nm'de saf metanole karşı okunmuştur. Elde edilen absorbanslar üzerinden aşağıdaki formüle göre % inhibisyon değerleri ve bu değerler üzerinden de taze ve

dondurulmuş fasulyelerin troloks eşdeğeri cinsinden antioksidan kapasiteleri hesaplanmıştır.

$$AK (\% \text{ İnhibisyon}) = [(Abs_{Kontrol} - Abs_{Örnek}) / Abs_{Kontrol}] \times 100$$

Abs_{kontrol}: örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbanı,

Abs_{örnek}: örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbanı

3.2.3. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu (FC) ayırıcı kullanılarak spektrofotometrik yöntemle tespit edilmiştir. Ürün ekstraktları ile ön denemeler gerçekleştirilerek uygun seyreltme oranları tespit edildikten sonra 0,25 mL örnek, 1,25 mL Folin-Ciocalteu (1 birim FC:10 birim saf su) ile karıştırılıp, ortalama 5 dakika sonra bu karışıma 1 mL sodyum karbonat çözeltisi (%7,5) ilave edilerek karışım vortekslenmiştir. Elde edilen tüp içeriği oda sıcaklığında 60 dakika karanlık ortamda bekletilip, oluşan mavi rengin absorbanı 765 nm'de saf su ile hazırlanan köre karşı okunmuştur. Bu analiz için standart gallik asit çözeltisinin 0,005-0,05 mg/mL aralığındaki farklı konsantrasyonları ile aynı şartlarda analiz yapılarak kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin regresyon eşitliğinden yararlanılarak sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru madde olarak hesaplanmıştır (Anonim 2005).

3.2.4. Klorofil analizi

Klorofil analizi için, homojenize edilmiş 1 g örnek üzerine soğuk saf aseton eklenmiş ve örnek renksiz olana kadar renk pigmentleri ekstrakte edilmiştir. Her defasında elde edilen berrak kısımlar (supernatantlar) soğutulmuş falkon tüpü içinde biriktirilmiş ve absorban değerleri 645 ve 662 nm'de saf asetona karşı spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800 model) okunmuştur. Sonuçlar aşağıdaki formüllere göre mg/100 g KM üzerinden hesaplanmıştır (Anonim 1990).

$$Klorofil a (Cl_a) = 11.75 \times Abs_{662} - 2.35 \times Abs_{645}$$

$$Klorofil b (Cl_b) = 18.61 \times Abs_{645} - 3.96 \times Abs_{662}$$

$$\text{Toplam klorofil} = Cl_a + Cl_b$$

3.3. Mikrobiyolojik analizler

Toplam canlı mikroorganizma, toplam koliform bakteri, *E. coli* ve maya-küf sayısının belirlenmesinde 3M Petrifilm kullanılmıştır. Her üründen steril koşullarda peptonlu su (BPW-Buffered Pepton Water) kullanılarak elde edilen 1:10'luk seyreltilmiş örnek homojenize edilip, petrifilmin ortasına 1 mL olacak şekilde inoküle edilmiş ve besiyerine yaydırılmıştır. Petrifilm, toplam mezofil aerob canlı sayısı için 30°C'de 48 saat, toplam koliform bakteri sayısı için 35°C'de 24 saat, *E. coli* sayısı için 42°C'de 24 saat ve maya-küf miktarı için 25°C'de 36 saat inkübasyona bırakılarak, aşağıdaki formüle göre yapılan hesaplama sonrasında, sonuçlar kob/g cinsinden belirlenmiştir (Anonim 1994a-b, Anonim 2000, Halkman ve Ayhan 2000).

$$N = C / [V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d]$$

N = 1 gram ya da 1 mL'de bulunan mikroorganizma sayısı

C = Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısı toplamı

V = Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (mL)

*n*₁ = İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

*n*₂ = İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

d = Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranı

L. monocytogenes için ürünlerden steril koşullarda 25 g tartılıp, üzerine 225 mL laurylsulfate MUG X-gal (LMX) Broth ve 0,5 mL LMX supplement eklenmiştir. Elde edilen dilüsyon stomacher (Easymix) kullanılarak homojenize edilip, 37°C'de 26-30 saat inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 250 µL numune heat&go (Techne, OSA, UK) (Şekil 3.5) cihazında 131°C'de 5 dk ısıtılmış ve Mini Vidas (Biomerieux, France) (Şekil 3.6) cihazına konularak, bu organizmaların varlığı negatif veya pozitif olarak belirlenmiştir (Anonim 2013).

E. coli O157:H7 için ise ürünlerden yine steril koşullarda 25 g tartılıp, üzerine 225 mL BPW ve 1 mL vancosupplement eklenmiştir. Elde edilen dilüsyon stomacher ile homojenize edilip, 41,5°C'de 15-24 saat inkübasyona bırakılarak, süre sonunda 500 µL numune heat&go cihazında 100°C'de 5 dk ısıtılmış ve Mini Vidas cihazında

E. coli O157:H7 patojeninin varlığı negatif veya pozitif olarak ortaya konmuştur (Anonim 2004).



Şekil 3.5. Heat&Go



Şekil 3.6. Minividas

3.4. İstatistiksel analiz

İstatistik analizleri SPSS23 (SPSS Inc. Chicago IL, USA) programı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, 3 tekrarlı ölçümlerin ortalaması \pm standart sapma olarak verilmiştir. Elde edilen verilere, tek yönlü ANOVA kullanılarak varyans analizi uygulanmıştır. Haşlama ön işlemleri (geleneksel ve ohmik) ve depolama süresinin, sonuçlar üzerine etkisi General Linear Model (GLM) uygulanarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar, Tukey Çoklu Karşılaştırmalı Testi ile % 5 olasılık düzeyinde belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özellikleri Codex Alimentarius (Anonim 1981)'a göre değerlendirilen dondurulmuş yeşil fasulyelerde, ohmik ısıtma ve geleneksel yöntemle ön ısıtma işlem gören ürünlerin karakteristik renk ve dokuda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bireysel hızlı dondurma (IQF) yöntemiyle dondurulan yeşil fasulyelerde, hedeflendiği şekilde, bloklaşma görülmemiştir. Depolama sonunda herhangi bir yabancı madde, tat ve koku tespit edilememiştir. Otomatik ve manuel değerlendirme sonucu çürük ve renk farklılığı gibi istenmeyen durumlar görülmemiştir. Yapılan fiziksel analiz sonuçlarına göre endüstriyel üretimin, ev tipi üretime göre fiziksel kalite parametreleri açısından daha üstün olduğu, haşlama işleminin uygunluğu kadar üretim hattında kullanılan ekipmanların da doğru üretim açısından oldukça önem taşıdığı ortaya konmuştur.

4.2. Kimyasal Özellikler

Taze fasulye, ohmik ısıtma ve geleneksel haşlama sonrası IQF yöntemiyle dondurulan ve -18°C' de dondurularak ev tipi üretilen yeşil fasulyelere ait 12 aylık kimyasal analiz sonuçları ile varyans analizine dair sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarlarına ait grafikler ise sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Dondurulmuş örneklerin antioksidan kapasite, toplam fenolik madde ve klorofil miktarları

Uygulama	Depolama süresi (ay)	Antioksidan kapasite (mmol T.E./100 g KM)	Toplam Fenolik madde (mg/g KM)	Klorofil a (mg/100 g KM)	Klorofil b (mg/100 g KM)	Toplam klorofil (mg/100 g KM)
Ohmik ısıtma	2	3,10±0,41 ^a	0,26±0,01 ^a	2,68±0,39 ^{ab}	3,02±0,62 ^a	5,71±1,01 ^a
	4	4,79±0,34 ^a	0,27±0,00 ^a	5,55±0,65 ^c	7,08±1,13 ^b	12,63±1,77 ^b
	6	8,41±0,46 ^b	0,29±0,00 ^b	2,34±0,22 ^a	2,51±0,41 ^a	6,85±0,63 ^a
	8	11,42±0,70 ^c	0,32±0,00 ^c	4,31±0,25 ^{bc}	5,59±0,46 ^{ab}	9,90±0,71 ^{ab}
	10	11,97±0,52 ^c	0,33±0,00 ^c	3,37±0,42 ^{ab}	3,88±0,87 ^{ab}	7,24±1,28 ^a
	12	7,40±0,36 ^b	0,29±0,00 ^b	3,91±0,27 ^{abc}	4,94±0,13 ^{ab}	8,85±0,31 ^{ab}
Geleneksel ısıtma	2	10,95±0,41 ^b	0,27±0,00 ^a	1,70±0,29 ^a	1,55±0,32 ^a	3,25±0,60 ^a
	4	4,30±0,39 ^a	0,34±0,01 ^{bc}	4,46±0,18 ^c	5,73±0,27 ^b	10,20±0,45 ^b
	6	10,05±0,13 ^b	0,37±0,01 ^{cd}	3,98±0,20 ^{bc}	5,14±0,19 ^b	9,12±0,38 ^b
	8	17,98±0,48 ^c	0,34±0,00 ^b	3,73±0,25 ^{bc}	5,24±1,04 ^b	8,97±1,26 ^b
	10	11,75±0,60 ^b	0,39±0,01 ^d	3,72±0,18 ^{bc}	4,44±0,35 ^b	8,16±0,52 ^b
	12	16,40±0,81 ^c	0,37±0,01 ^{cd}	3,34±0,06 ^b	4,02±0,09 ^b	7,36±0,12 ^b
Ev tipi	2	1,65±0,31 ^a	0,24±0,00 ^a	2,63±0,32 ^a	2,77±0,50 ^a	5,40±0,82 ^a
	4	3,89±0,49 ^a	0,25±0,00 ^a	4,32±0,27 ^b	5,45±0,49 ^b	9,77±0,76 ^b
	6	9,85±1,16 ^b	0,32±0,01 ^c	3,86±0,28 ^{ab}	4,87±0,57 ^{ab}	8,73±0,84 ^{ab}
	8	11,10±0,13 ^b	0,26±0,01 ^{ab}	3,66±0,42 ^{ab}	4,54±0,54 ^{ab}	8,20±0,96 ^{ab}
	10	11,06±0,51 ^b	0,37±0,01 ^d	3,18±0,39 ^{ab}	3,62±0,64 ^{ab}	6,80±1,02 ^{ab}
	12	10,71±1,04 ^b	0,28±0,01 ^b	4,08±0,28 ^{ab}	4,59±0,45 ^{ab}	8,68±0,60 ^{ab}

Herbir parametre için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında %5 düzeyinde önem bulunmaktadır.

Ohmik ısıtma: ohmik ısıtma ön işlemi sonrası IQF' de dondurulan fasulye

Geleneksel ısıtma: Konvansiyonel ısıtma ön işlemi sonrası IQF' de dondurulan fasulye

Ev tipi : Konvansiyonel ısıtma ön işlemi sonrası derin dondurucuda dondurulan fasulye

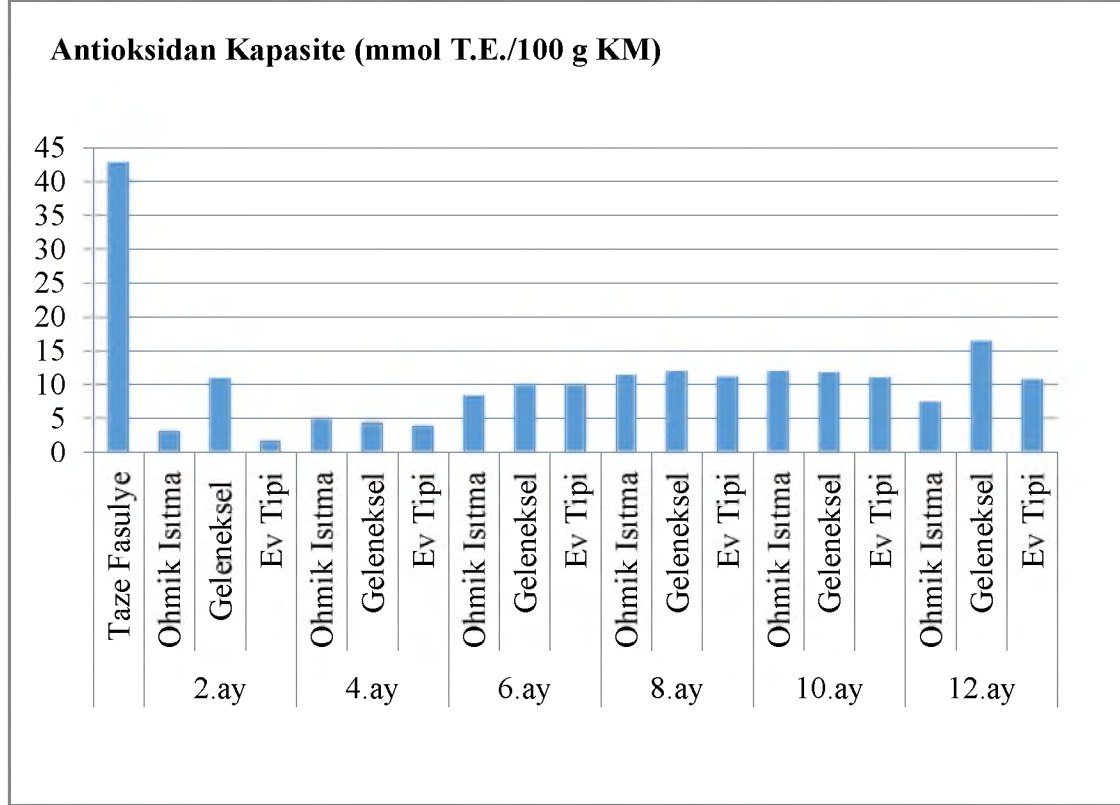
Çizelge 4.2. Antioksidan kapasite, toplam fenolik madde ve klorofil miktarlarına ait varyans analizi sonuçları

	DF ^a	Antioksidan Kapasite		Toplam Fenolik Madde		Klorofil a		Klorofil b		Toplam Klorofil	
		MS ^b	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
Uygulama	2	94,30	94,12*	0,02	219,41*	0,20	0,64	0,19	0,19	0,61	0,27
Depolama Süresi	5	124,22	123,99*	0,01	145,61*	5,72	18,72*	13,35	13,45*	36,38	16,01*
UygulamaxDepolama süresi	10	18,37	18,34*	0,00	21,61*	1,12	3,68*	2,46	2,48*	6,84	3,01*

a: serbestlik derecesi (degree of freedom), b: ortalamaların karesi (mean squares), * %5 düzeyinde önemli ($p<0,05$)

Jiratanan ve Liu (2004), taze yeşil fasulyenin antioksidan kapasite miktarını 38,0 mmol TE/100 g KM, toplam fenolik madde miktarını ise 0,80 mg/g KM olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada kullanılan hammaddenin antioksidan kapasite değeri, söz konusu çalışma ile uyum gösterirken, toplam fenolik madde miktarı daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık hammaddenin çeşit, olgunluk ve yetiştirilme koşullarının yanı sıra ekstraksiyon metodu farklılığından da kaynaklanmış olabilir. 2. ay analizlerine göre dondurulmuş taze fasulyeye ait antioksidan kapasite miktarının (42,82 mmol T.E./100 g KM) ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem sonrası azaldığı, ancak bu azalışın ohmik ısıtma tekniğiyle haşlanarak dondurulan fasulyelerde (%92,76) daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1). Geleneksel yöntemle haşlanarak IQF' te dondurulan fasulyelerde ise antioksidan kapasite miktarında %74,42 oranında azalma meydana gelmiştir. 12 ay boyunca soğuk hava deposunda muhafaza edilen ohmik ısıtma yöntemi ile işlem görmüş taze fasulyelerde, antioksidan kapasite miktarında ilk 4-10 ay arasında artış görülmüş, depolama sonunda ise depolama başlangıcına göre %58,13 artış, herhangi bir işlem görmemiş taze fasulyeye (hammadde) göre ise %82,70 oranında azalma olmuştur. Geleneksel yöntem ile ısıtma işlem görmüş taze fasulyelerde ise 12. ay sonunda depolama başlangıcına göre %33,20 oranında artış görülürken, hiçbir işlem görmemiş taze fasulyeye (hammadde) göre %61,71 oranında azalma saptanmıştır. Farklı haşlama yöntemleri ve depolama süreleri, antioksidan özellik gösteren bileşenlerin miktarı üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.2). İşlem görmüş sebzelerde bazı besin öğelerinin kayba uğradığı, bazı maddelerin ise işlem koşulları sonucu strese bağlı olarak yeniden sentezlendiği

yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Örneğin Stegmann ve ark. (1991), bitkisel dokuda strese bağlı olarak antioksidan özelliği bulunan askorbat sentezinin artabileceğini vurgulamıştır. Reyes ve ark. (2007) da meyve ve sebze dokularının stres koşullarına (kesme, dilimleme vb. ön işlemler, patojenler) fizyolojik karşılık verdiğini ve fenolik madde, antioksidan bileşenler gibi bazı bileşenleri yeniden senteze başladığını ortaya koymuştur.



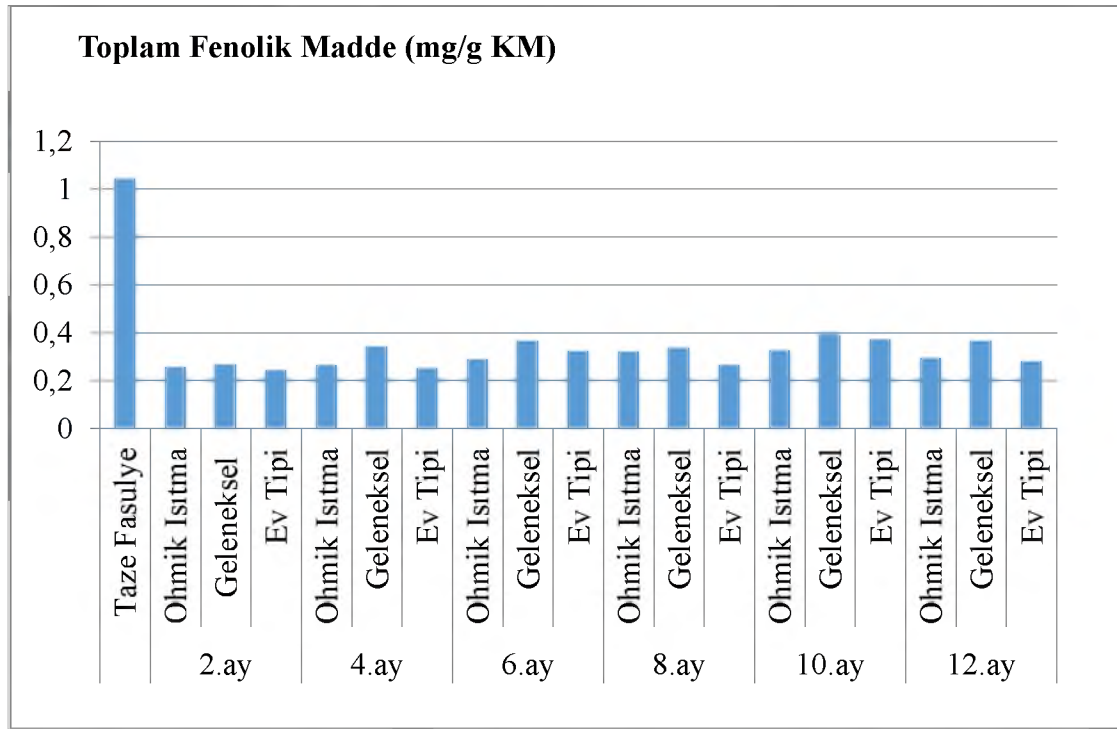
Şekil 4.1. Taze ve dondurulmuş fasulyelerin antioksidan kapasite miktarı

Toplam fenolik madde miktarı 12 ay sonunda geleneksel yöntemle haşlanarak dondurulan fasulyelerde (0,37 mg/g KM) ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanarak dondurulan fasulyelere (0,29 mg/g KM) göre daha iyi korunurken, ohmik ısıtma yönteminde 12. ay sonunda işlem görmemiş taze fasulyeye göre %72 oranında azalma görülmüştür. Geleneksel yöntemde ise, bu azalış 12. ayın sonunda %64,85 oranında gerçekleşmiştir. Farklı haşlama yöntemleri ve depolama süreleri, fenolik maddelerin miktarı üzerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). Ohmik ısıtma ve geleneksel yöntem kullanılarak haşlanan ve IQF yöntemiyle dondurulan fasulyelerin antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde

miktarlarında 12 ay boyunca dalgalanmalar görülmüştür. Bu durum yukarıda bahsedildiği gibi kesme, doğrama ve haşlama işlemleri ile birlikte bitkisel dokuda bu bileşenlerin yeniden metabolize edilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca soğuk hava deposunda 12 ay boyunca meydana gelen sıcaklık dalgalanmalarının da bu değişimde rol oynadığı düşünülmüştür. Sıcaklık kayıtlarına göre, 5°C'lik sıcaklık artışı, hücre duvarının zarar görmesine, bu da hücre içi sitoplazmada bulunan fenolik maddelerin açığa çıkmasına ve toplam miktarın artmasına neden olmuş olabilir. Genel olarak çalışmalar işlenmiş meyve ve sebzelerde söz konusu bileşenlerin miktarında azalma olduğu yönündedir. Aydın ve ark. (2018), siyah üzüm ve ahududu suyunda antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde miktarı üzerine yaptığı bir çalışmada, 40°C'de inkübe edilen üzüm suyunun ve ahududu suyunun toplam fenolik ve antioksidan kapasite değerlerinin oda sıcaklığına göre önemli bir değişiklik göstermediğini, 50°C'de inkübe edilen üzüm suyunun ve ahududu suyunun ise toplam fenolik ve antioksidan kapasite miktarında düşüş olduğunu bildirmiştir. Aşkın (2019), farklı sıcaklıklarda hardaliyenin depolama stabilitesi üzerine yaptığı bir çalışmada, 4°C ve 20°C'de 60 gün muhafaza edilen hardaliye örneklerinin depolama süresince polifenol içeriğinde sırasıyla %21 ve %24 oranında kayıp meydana geldiğini, antioksidan aktivite içeriğinde ise her iki sıcaklık değerinde de %12-13 oranında azalma olduğunu bildirmiştir. Kamiloğlu (2019), bireysel hızlı dondurma (IQF) sırasında granny smith elmaların polifenol içeriği ve antioksidan kapasitesine etkisi üzerine yaptığı bir çalışmada, kesim ve dondurma işlem basamaklarından sonra bu bileşenlerde düşüşler olsa da, hammadde ve son ürün arasında toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, flavanol ve fenolik asit içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını bildirmiştir. Bu çalışmalara rağmen antioksidan kapasite sonuçlarında bahsedildiği gibi, bazı özel durumlarda söz konusu besin öğelerinin artışının olduğu çalışmalar da mevcuttur.

Urquiola ve ark. (2017), dondurulmuş gıda endüstrisinde, donmanın ardından ürünlerin soğuk odalarda, düşük sıcaklıklarda, paletler halinde toplu olarak depolandığını, soğuk odalarda uzun süreli depolama sırasında donmuş ürünlerin, ürün kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olan hava sıcaklığı dalgalanmalarına maruz kaldığını, sonuç olarak, sıcaklık yönetiminin sağlanamaması nedeniyle kalite kayıplarının beklenebildiğini bildirmiştir. Sıcaklığın, fitokimyasallarda yaygın gruplardan olan fenolik bileşiklerin degradasyonunda, belirleyici bir faktör olduğu ve sıcaklık artışı ile polifenol içeriğinde

azalmanın gerçekleştiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Sölyom ve ark. 2014, Alean ve ark. 2016). Pişirme işleminin polifenol içeriği üzerine etkisi işlem parametreleri, besinin kimyasal yapısı ve bitkinin fiziksel durumundan da etkilenmektedir (Bourvellec ve ark. 2018). Sun ve ark. (2019), soğuk depolanan meyve sularının ortalama antioksidan kapasite miktarının, soğuk depolanma sürelerinin uzaması ile önemli ölçüde azaldığını, en yüksek değerin, 30 gün depolanan meyve suyunda kaydedildiğini ve 90 gün boyunca depolananlarda miktarın en düşük seviyeye düştüğünü ortaya koymuştur. Aynı araştırmacılar, soğukta depolanan meyve suyunun antioksidan kapasitesindeki azalmanın, çeşitli polifenol bileşiklerinin miktarındaki nisbi düşüş ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir.



Şekil 4.2. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin toplam fenolik madde miktarı

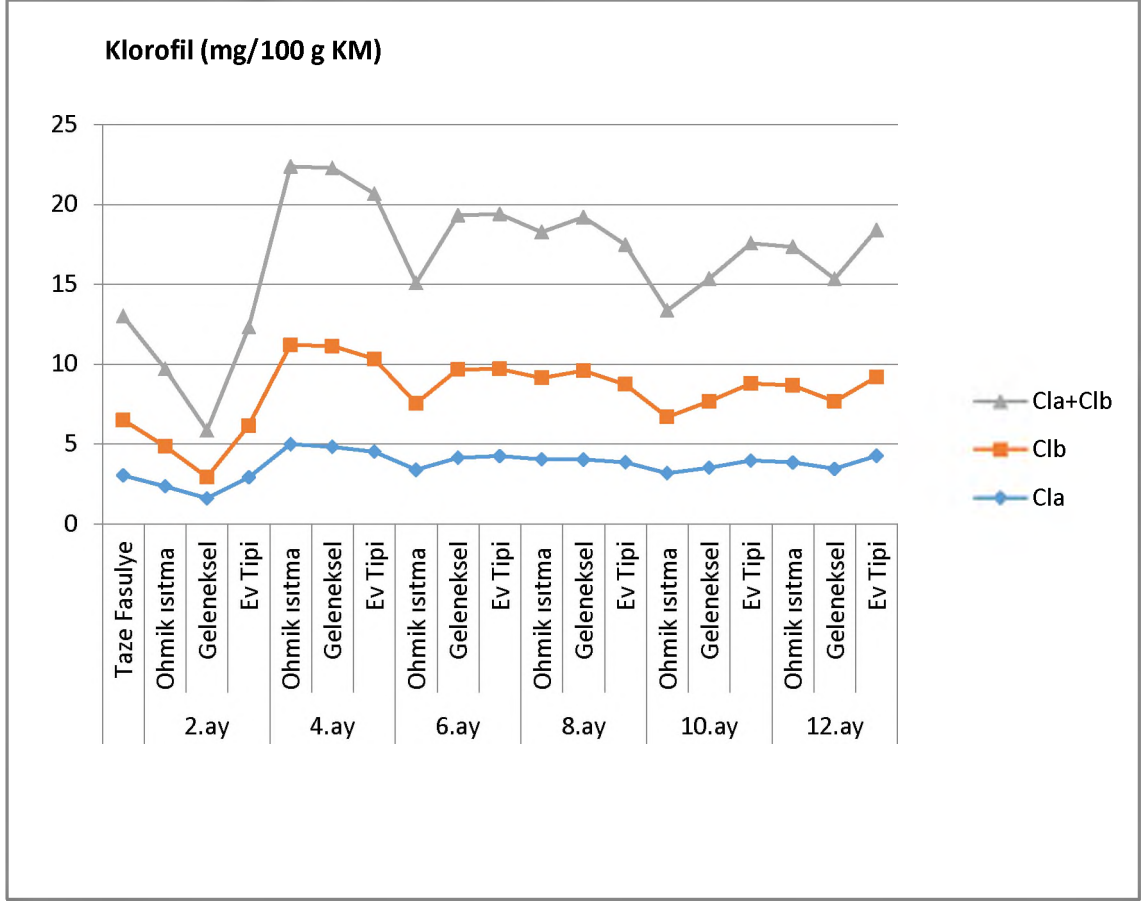
Taze fasulye, ohmik ısıtma sonrası IQF yöntemiyle dondurulan, geleneksel yöntemle haşlanarak IQF yöntemiyle dondurulan ve 12 ay boyunca soğuk hava deposunda muhafaza edilen fasülyelere ait klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil analiz sonuçları Şekil 4.3'te görülmektedir. Farklı haşlama yöntemleri, dondurulmuş ürünlerin klorofil miktarı üzerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.2).

Doğal bir yeşil pigment olan klorofil, insanların beslenmesinde yaygın olarak yer almaktadır. Özellikle yeşil sebzelerde yüksek miktarda bulunan klorofil, biyolojik fonksiyonları nedeniyle son derece önemlidir. Klorofiller pek çok sebzenin yeşil renginden sorumlu bileşiklerdir (Bahçeci ve ark. 2005). Antioksidan aktivite göstermenin yanı sıra, klorofilin antimutagenik-antikarsinojenik etkileri vardır. Bu nedenle, yapılan çalışmaların çoğu klorofil ve türevleri tarafından kanserden korunma üzerine odaklanmıştır. Ayrıca, klorofil gıdalarda renklendirici bir madde olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, işleme ve saklama koşulları, ürün renginde ve biyoyararlılığında değişikliğe yol açabilmektedir (Yılmaz ve Gökmen 2016). Donma ve donmuş muhafaza sırasında yeşil sebzelerin rengi, kimyasal ve enzimatik yolları takip edebilen klorofil değişikliklerinden dolayı değişikliklere uğrar. Enzimatik değişiklikler genellikle klorofilazların klorofiller üzerindeki etkisinden kaynaklanır, bu da klorofilidler ve feofitinler ve sonra feoforitler ile sonuçlanır. Bununla birlikte, peroksidazlar, lipazlar ve lipoksijenazlar gibi diğer enzimler de klorofillerin feofitinlere dönüşmesi ile ilişkilidir. Klorofillerin feofitinlere ve pirofeofitinlere dönüşmesi renk değişikliğine neden olur. Bir başka renk bozulması türü, fitol zincirinin çıkarılması ve klorofilden klorofilid oluşumudur (Gonçalves ve ark. 2009, Bulut ve ark. 2018).

Yeşil renkli sebzelerin soğukta muhafazası, klorofilin degrade olması ve yeşil rengin korunmasına karşı etkili bir yöntemdir. Guillén ve ark. (2017), taze yeşil fasulyede Cla, Clb ve toplam klorofil miktarlarını sırasıyla 16,95 mg/100 g KM, 8,66 mg/100 g KM ve 25,61 mg/100 g KM olarak tespit etmiştir. Isıl işlem gören fasülyelerde toplam klorofil miktarı, işlem görmemiş taze fasülyelere (6,49 mg/100 g KM) göre 2. ay sonunda azalmış ve bu azalış geleneksel yöntemle haşlanarak dondurulan fasülyelerde (3,25 mg/100 g KM) daha fazla saptanmıştır. 4. ayın sonunda klorofil a (Cla) ve klorofil b (Clb) değerleri maksimum değerine ulaşırken, buna bağlı olarak toplam klorofil miktarı da en yüksek değere ulaşmıştır. 12 ay boyunca dondurularak muhafaza edilen fasülyelerde depolama sonunda Cla ve Clb miktarları hammaddeye göre artarken, ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanarak dondurulan fasülyelerde (8,85 mg/100 g KM), geleneksel yöntemle haşlanarak dondurulan fasülyelere (7,36 mg/100 g KM) göre daha fazla artış olduğu görülmüştür. Olivera ve ark. (2008), brüksel lahanasını haşlama amaçlı farklı ön işlemler kullanarak yaptıkları bir çalışmada, suda 100°C'de 3 dk haşlanarak -18°C'de 8 ay boyunca depolanan brüksel lahanalarının klorofil miktarının

depolama boyunca arttığını bildirmiştir. Bu sonuç peroksidaz enzimini inaktif edene kadar yapılan haşlama işleminde; ohmik ısıtma yönteminde peroksidaz enziminin 90°C'de 6 dakikada, geleneksel yöntemle haşlama işleminde ise 92°C'de 6,5 dakikada inaktif olmasıyla da ilişkilendirilmiştir.

Bahçeci ve ark. (2005) , 90°C'de 3 dakika boyunca haşlanan fasülyelerde, 70°C'de 2 dakika boyunca haşlanan fasülyelere göre dondurularak depolama sırasında klorofilin yarılanma ömründe artış olduğunu bildirmiştir. Martins ve Silva (2002), dondurarak muhafazanın, pigment tahribatını kinetik olarak sınırlandırdığını, bunun da klorofilin korunmasını sağladığını ifade etmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçla paralel olarak Yıldız ve ark. (2010), ıspanak püresinde kullanılan ohmik ısıtma tekniğinin, karoten biyosentezi ve klorofil türevleri üzerinde arttırıcı etkide bulunduğunu saptamıştır. Bu çalışmada da benzer şekilde klorofil miktarında depolama süresi boyunca depo sıcaklığındaki dalgalanmalara da bağlı olarak dalgalanmalar olmuş, ayrıca ohmik ısıtma yönteminde, geleneksel yöntemle göre klorofil miktarı daha iyi korunmuştur.



Şekil 4.3. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarı

Taze fasulye ile farklı ön ısıl işlemler sonrası dondurulan ve 12 ay boyunca soğuk hava deposunda muhafaza edilen fasülyelerin renk (L , a , b , c ve h) değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.4'te, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.3. Renk (*L*, *a*, *b*, *c* ve *h*) değerleri kimyasal analiz sonuçları

Uygulama	Depolama süresi (ay)	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>h</i>
Ohmik ısıtma	2	47,12±0,68 ^c	-16,85±0,88 ^a	31,34±0,68 ^a	35,21±0,34 ^a	118,36±0,64 ^b
	4	45,97±1,00 ^{bc}	-17,37±0,15 ^a	36,48±0,49 ^b	40,41±0,61 ^b	116,21±0,26 ^a
	6	43,91±0,40 ^{ab}	-17,87±0,13 ^a	37,21±0,53 ^b	42,48±0,23 ^c	115,94±0,45 ^a
	8	43,12±0,68 ^{ab}	-17,99±0,30 ^a	39,52±0,20 ^c	43,19±0,47 ^c	115,72±0,19 ^a
	10	41,88±0,43 ^a	-18,65±0,39 ^a	40,18±0,23 ^c	43,57±0,31 ^c	115,35±0,17 ^a
	12	41,19±0,16 ^a	-18,94±0,49 ^a	40,66±0,39 ^c	44,01±0,12 ^c	115,04±0,21 ^a
Geleneksel ısıtma	2	44,12±0,85 ^b	-15,78±0,86 ^c	29,16±1,19 ^a	33,16±0,25 ^a	118,31±0,22 ^c
	4	42,95±0,35 ^b	-17,02±0,35 ^{bc}	33,03±0,20 ^b	36,77±0,22 ^b	117,29±0,50 ^{bc}
	6	40,27±0,33 ^a	-17,68±0,13 ^{abc}	33,89±0,24 ^{bc}	37,54±0,43 ^{bc}	116,81±0,20 ^{ab}
	8	39,65±0,16 ^a	-18,21±0,16 ^{ab}	35,34±0,18 ^{bc}	37,71±0,59 ^{bc}	116,55±0,19 ^{ab}
	10	39,12±0,24 ^a	-18,92±0,43 ^{ab}	35,78±0,39 ^{bc}	38,25±0,22 ^{bc}	116,03±0,10 ^a
	12	38,92±0,14 ^a	-19,68±0,07 ^a	36,24±0,71 ^c	38,96±0,05 ^c	115,72±0,10 ^a
Ev tipi	2	43,64±0,34 ^d	-12,69±0,49 ^d	26,92±1,04 ^a	29,76±0,82 ^a	115,25±0,79 ^b
	4	42,50±0,41 ^d	-14,19±0,30 ^c	32,26±0,36 ^b	35,25±0,15 ^b	113,79±0,36 ^{ab}
	6	39,51±0,20 ^c	-14,57±0,19 ^{bc}	33,38±0,32 ^{bc}	36,21±0,14 ^{bc}	113,35±0,15 ^a
	8	37,92±0,32 ^b	-15,50±0,15 ^{abc}	34,29±0,51 ^{bc}	36,27±0,18 ^{bc}	112,32±0,24 ^a
	10	37,11±0,15 ^b	-15,89±0,27 ^{ab}	34,82±0,30 ^c	37,35±0,18 ^c	112,88±0,06 ^a
	12	35,23±0,07 ^a	-16,25±0,10 ^a	34,97±0,14 ^c	37,88±0,12 ^c	112,17±0,05 ^a

Herbir parametre için aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında %5 düzeyinde önem bulunmaktadır.

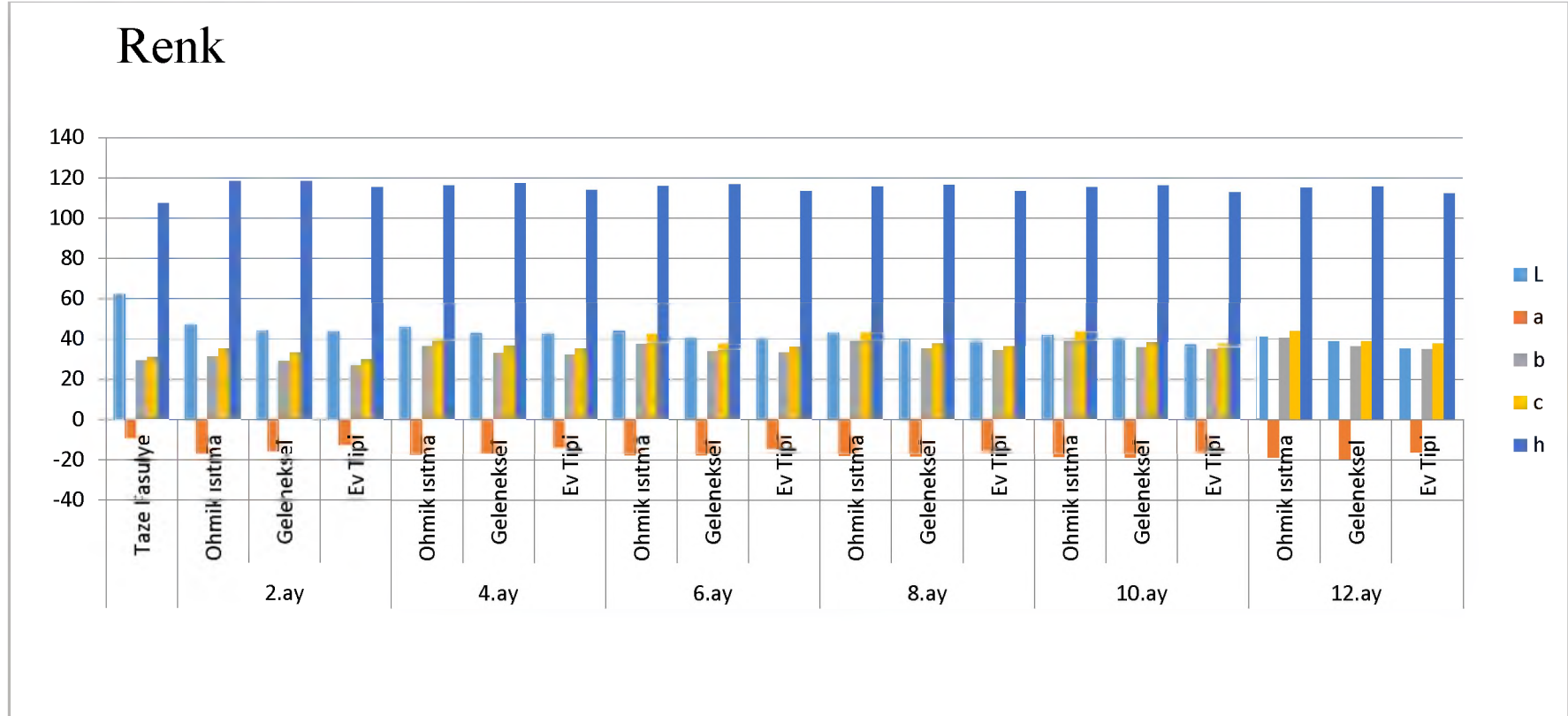
Çizelge 4.4. Renk (*L*, *a*, *b*, *c* ve *h*) değerlerine ait varyans analizi sonuçları

	DF ^a	<i>L</i>		<i>a</i>		<i>b</i>		<i>c</i>		<i>h</i>	
		MS ^b	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
Uygulama	2	96,43	152,32*	56,38	117,53*	112,88	132,67*	175,13	445,86*	55,52	164,92*
Depolama Süresi	5	58,83	92,93*	11,96	24,92*	82,83	97,35*	68,6	124,65*	9,72	28,88*
Uygulama x Depolama süresi	10	1,38	2,18*	0,41	0,85	0,83	0,97	1,49	3,80*	0,14	0,41

a: serbestlik derecesi (degree of freedom), b: ortalamaların karesi (mean squares), * %5 düzeyinde önemli ($p < 0,05$)

Renk, tüketicinin doğal ve işlenmiş gıdaları değerlendirdiği birincil kalite özelliğidir. Ohmik ısıtma yöntemiyle ve geleneksel yöntemle haşlanarak dondurulan ürünlerde en yüksek *L* parlaklık değeri işlem görmemiş taze fasulyede saptanırken, ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanan fasulyelerde geleneksel yöntemle haşlanan fasulyelere göre bu değer daha yüksek bulunmuştur. 12 ay sonunda diğer renk değerleri taze fasülyede ve ısıtılmış işlem görmüş fasulyelerde yaklaşık değerlerde çıkmış olup, geleneksel haşlama ön işlemleri görmüş sebzelerde bir miktar daha fazla renk kaybı olduğu ortaya konmuştur. Bu durum geleneksel haşlanmış ve dondurulmuş taze fasülyenin klorofil miktarında görülen daha yüksek düzeydeki azalış ile paralellik göstermektedir. İstatistiksel olarak, farklı haşlama ön işlemleri ve depolama süreleri, renk değerleri üzerinde önemli düzeyde farklılık oluşturmuştur ($p < 0,05$).

Krebbers ve ark. (2002), taze fasulyede *L*, *a* ve *b* değerlerini sırasıyla (41,5), (-16,1) ve (22,1) olarak tespit etmiştir. Gomes ve ark. (2018), tetsukabuto kabağı ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanan kabaklarda *L* (47,98), *a* (8,00), *b* (17,67), *c* (19,41), *h* (64,61) değerlerinin geleneksel yöntemle haşlanan kabakların *L* (48,75), *a* (8,40), *b* (20,50), *c* (22,18), *h* (67,25) değerlerine göre düşük olduğunu bildirmiştir



Şekil 4.4. Taze ve dondurulmuş fasülyelerin L , a , b , c ve h değerleri

4.3. Mikrobiyolojik Özellikler

Taze ve dondurularak 12 ay boyunca depolanan fasülyelere ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Ohmik ısıtma ve geleneksel haşlama ön işlemleri sonrası dondurulan fasülyelerde taze fasülyeye göre toplam canlı sayısında azalma olduğu, bu azalışın depolama boyunca devam ettiği ve iki yöntemde de toplam canlı sayısının yakın değerlerde çıktığı görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmada her iki haşlama yöntemiyle haşlanarak dondurulan yeşil fasülyelerin mikrobiyolojik verilerin Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (2011)'ne göre güvenilir gıda statüsünde yer aldığı saptanmıştır (Anonim, 2011).

Oliveira ve ark. (2009), su teresi üzerinde yaptıkları bir çalışmada, en fazla toplam canlı sayısının taze sebze de olduğunu haşlama işlemi ile bu sayının azaldığını ve haşlamanın ardından dondurulan sebze de toplam canlı sayısının daha da azaldığını bildirmiştir. Toplam koliform ve *E. coli* sayısı taze fasülyede daha fazla tespit edilirken haşlama işlemlerinin ardından söz konusu mikrobiyel yükler azalmış ve 12 aylık muhafaza sürecinde stabil kalmıştır. Koliform bakteriler ve *E. coli* ısıya duyarlı olmakla birlikte optimum 37°C'de gelişim gösterebilmektedir. 12 ay boyunca *E. coli* ve koliform gelişiminin gözlenmemesinin nedeni, fasülyelerin optimum gelişme sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda depolanmasıyla ilişkilendirilmiştir. *E. coli* suşlarının çoğu zararsız olup, bazıları ciddi gıda zehirlenmesine neden olabilmektedir. Bunlardan biri, shiga toksin üreten *E. coli* (STEC)'dir. STEC salgınlarının birincil kaynakları çiğ veya az pişmiş kıyma ürünleri, çiğ süt ve sebzelerin fekal kirlenmesidir. STEC, 70°C veya daha yüksek sıcaklıklarda yapılan pişirme işlemiyle yok edilebilmektedir. *E. coli* O157: H7, halk sağlığıyla ilgili en önemli STEC serotipidir (Anonim 2019b). Taze fasülyede ve her iki yöntemle de haşlanarak dondurulan fasülyelerde *L.monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 patojen mikroorganizmalarına rastlanmamıştır. Toprak kökenli olan *L. monocytogenes*'in ohmik ısıtma ve geleneksel haşlama ön işlemlerinden geçtikten sonra dondurulan fasülyelerde bulunmaması, taze fasülyede bu mikroorganizmaya rastlanmaması ve fasülyelerin yüksek derecelerde haşlandıktan sonra düşük derecelerde depolanması ile ilişkilendirilmiştir.

Gıdaların mililitresinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve bu sayı içinde hangi çeşit mikroorganizmanın ne oranda bulunduğu gıdanın işleme emniyeti bakımından önemlidir. Aerobik mezofilik bakteri sayısı; gıdanın orijinal kontaminasyonu (bulaşması), işleme sırasında koşullara bağlı olarak mikroorganizma sayısının değişmesi, işlem gören ürünün daha sonra yeniden kontamine olması, depolama, taşıma ve satış sırasında gıda üzerinde bulunan mikroorganizma miktarının değişmesi gibi nedenlerden dolayı değişkenlik göstermektedir (Ayhan 2019). Dondurulmuş sebzelerde sıcaklık dalgalanmaları ciddi bozulma ve patojenik psikrofil mikroorganizmaların üremesine neden olabilmekte, donma ve çözülme işlemi, bazı gıdaları, ürünlerdeki antimikrobiyel bariyerlerin tahrip olması ve yoğunlaşmaya bağlı olarak mikrobiyolojik saldırılara daha duyarlı hale getirebilmektedir (Brackett 1992, Adam ve Moss 1999, Redmond ve ark. 2004).

Çizelge 4.5. Fasüyelere ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (kob/g)

	Toplam Canlı Sayısı	Maya- Küf	Toplam Koliform	<i>E. coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	
	Taze Fasülye	9,4x10 ⁴	7,6x10 ³	1,1x10 ³	1,0x10 ¹	Negatif (-)	Negatif (-)
2. ay	Ohmik ısıtma	8,7x10 ³	5,2x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	9,3x10 ³	4,8x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	9,5x10 ³	5,6x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
4. ay	Ohmik ısıtma	7,7x10 ³	3,9x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	9,1x10 ³	3,1x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	8,6x10 ³	4,4x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
6. ay	Ohmik ısıtma	7,9x10 ³	3,5x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	8,5x10 ³	2,2x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	8,2x10 ³	4,1x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
8. ay	Ohmik ısıtma	7,0x10 ³	3,7x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	7,4x10 ³	1,9x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	8,0x10 ³	3,8x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
10. ay	Ohmik ısıtma	5,3x10 ³	2,8x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	7,2,10 ³	2,1x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	7,6x10 ³	3,4x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
12. ay	Ohmik ısıtma	5,5x10 ³	2,5x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Geleneksel Yöntem	6,8x10 ³	1,4x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)
	Ev Tipi	7,2x10 ³	2,9x10 ²	<100	<10	Negatif (-)	Negatif (-)

5. SONUÇ

Bu çalışmada, iki farklı ön ısıl işlem sonrası dondurulan fasulyede meydana gelen fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişimler incelenmiştir. Isıl işlem görmüş yeşil fasulyelerde antioksidan kapasite, toplam fenolik madde, klorofil miktarı ve renk değerlerinde 12 aylık depolama boyunca hammaddeye (yeşil fasulye) göre azalma meydana gelmiştir. Geleneksel yöntemde antioksidan ve toplam fenolik madde miktarı; ohmik ısıtma yönteminde ise renk ve klorofil miktarı depolama süresince daha iyi korunmuştur. Mikrobiyolojik açıdan değerlendirildiğinde iki yöntem arasında yaklaşık değerler tespit edilmekle birlikte, peroksidaz inaktivasyonu baz alınarak yapılan haşlama işleminde, ohmik ısıtma yöntemiyle haşlanıp dondurulan fasulyeler, geleneksel yöntemle haşlanıp dondurulan fasulyelere göre daha düşük haşlama süresi ve ısıya maruz kalmalarına rağmen, 12 ay boyunca mikrobiyolojik açıdan daha avantajlı bulunmuştur. Bu durum elektriksel ısıtma yönteminin mikrobiyel kalite ve raf ömrü yönünden üstünlüğünü ortaya koymuştur. Sonuç olarak bu çalışma, yeşil fasulyenin dondurularak muhafazasında ön ısıl işlem basamağında geleneksel haşlama işlemine alternatif olarak kullanılabilen ohmik ısıtma tekniğinin zaman bakımından daha iyi sonuç verdiğini, besin kayıplarında konvansiyel yöntemle önemli bir farklılık göstermediğini, mikrobiyel kaliteyi ise daha iyi koruduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Achir, N., Dhuique-Mayer, C., Hadjal, T., Madani, K., Pain, J.P., Dornier, M. 2016.** Pasteurization of citrus juices with ohmic heating to preserve the caretonoid profile. *Innovative Food Science&Emerging Technologies*, 33: 397-404.
- Adams, M. R., Moss, M.nO. 1999.** The microbiology of food preservation. Food Microbiology. Royal Society of Chemistry. Cambridge, England.
- Aghajanzadeh, S., Ziaifan, A.M. 2018.** A review of pectinmethyl esterase inactivation in citrus juice during pasteurization. *Trends in Food Science&Technology*, 71: 1-12.
- Alean, J., Chejne, F., Rojano, B. 2016.** Degradation of polyphenols during the cocoa drying process. *Journal of Food Engineering*, 189: 99-105.
- Anonim, 1976.** Code of practice for the processing and handling of quick frozen foods. CAC/RCP 8-1976, Codex Alimentarius. file:///C:/Users/USER/Downloads/CXP_008e%20(1).pdf (Erişim tarihi: 30.11.2018).
- Anonim, 1981.** Standard for quick frozen green beans and quick frozen wax beans. Codex Alimentarius, Codex Stan 113-1981. file:///C:/Users/USER/Downloads/CXS_113e_u.pdf (Erişim tarihi: 30.11.2018).
- Anonim, 1990.** Part 16: Determination of total natural colouring matter content of ground (powdered) paprika. BS 4585-16: 1990 ISO 7541:1989. ISBN 0 580 18426 9.
- Anonim, 1994a.** Aerobic plate count in foods. Dryrehydratable film (Petrifilm aerobic count plate) method. AOAC Official method 990.12. https://www.edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-990.12.pdf (Erişim tarihi: 29.11.2018).
- Anonim, 1994b.** Coliform and *E. coli* counts in foods. Dryrehydratable film (Petrifilm *E. coli*/Coliform count plate and petrifilm Coliform count plate) methods. AOAC Official method 991.14. http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-991.14.pdf (Erişim tarihi: 29.11.2018).
- Anonim, 2000.** Yeast and mold counts in foods. Dryrehydratable film method (Petrifilm method). AOAC Official method 997.02. http://edgeanalytical.com/wp-content/uploads/Food_AOAC-997.02.pdf (Erişim tarihi: 29.11.2018).
- Anonim, 2004.** AOAC Performance tested method vidas *E. coli* O157 (eco) and O157:H7 plate. https://www.biomerieux-usa.com/sites/subsidiary_us/files/doc/eco_v03-1.pdf (Erişim tarihi: 29.11.2018).
- Anonim, 2005.** Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea-colorimetric method using Folin Ciocalteure agent. ISO 14502-1:2005 (E).
- Anonim, 2011.** Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği. Sayı: 28157 (3.Mükerrer). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229m3-6.htm> (Erişim tarihi: 01.03.2019).
- Anonim, 2013.** *Listeria monocytogenes* in a variety of foods vidas *Listeria monocytogenes* xpress (LMX) method. AOAC Official method 2013-11.
- Anonim, 2017.** Standard for quick frozen vegetables. Codex Alimentarius. CXS 320-2015. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2BStan%2B320-2015%252FCXS_320e.pdf (Erişim tarihi: 30.11.2018).

- Anonim, 2019a.** Ohmik ısıtma. Erişim Adresi: <https://www.foodelphi.com/ohmik-ısıtma/> (Erişim tarihi: 07.03.2019).
- Anonim, 2019b.** *E. coli*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>. (Erişim tarihi: 18.03.2019).
- Anonim, 2019c.** Yıllara göre Türkiye'de taze fasülye üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Aşkın, B. 2019.** Farklı sıcaklıkların hardaliyenin depolama stabilitesi üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1): 13-21.
- Aydın, E., Sarıkaya, Ö., Çatalkaya, G., Kahveci, D. 2018.** Enzim ön uygulamasının siyah üzüm ve ahududu sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri, toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4): 502-512.
- Ayhan, K. 2019.** Gıdalarda Mikroorganizma Sayısının Önemi. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/9475/mod_resource/content/0/10.hafta.pdf (Erişim tarihi: 13.03.2019).
- Bahçeci, K.S., Serpen, A., Gökmen, V., 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 (2005): 187–192.
- Bakker, J., Bridle, P., Timberlake, C.F. 1986.** Tristimulus measurements (CIELAB 76) of portwine colour. *VITIS*, 25: 67-78. <https://www.vitis-vea.de/admin/volltext/e023907.pdf> (Erişim tarihi: 20.03.2019).
- Balpetek, D., Gürbüz, U. 2015.** Application of Ohmic Heating System in Meat Thawing. World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship, 28-30 May 2015, İstanbul.
- Bourvellec, C. L., Gouble, B., Bureau, S., Reling, P., Bott, R., Ribas-Agusti, A., Audergon, J. M., Renard, C. M. G. C. 2018.** Impact of canning and storage on apricot carotenoids and polyphenols. *Food Chemistry*, 240: 615-625.
- Brackett, R. E. 1992.** Microbiological safety of chilled foods: current issues. *Trends in Food Science & Technology*, 3: 81-85.
- Bulut, M., Bayer, Ö., Kırtıl, E., Bayındırlı, A. 2018.** Effect of freezing rate and storage on the texture and quality parameters of strawberry and green bean frozen in home type freezer. *International Journal of Refrigeration*, 88(2018): 360-369.
- Cevik, M., Icier, F. 2018.** Effects of voltage gradient and fat content on changes of electrical conductivity of frozen minced beef meat during ohmic thawing. *Journal of Food Process Engineering*, 41 (4): 13s.
- Çurkan, A., Tamer, C. E., Çopur, Ö. U. 2012.** Dondurulmuş Meyve Sebze İhracatının Analizi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 26(1):73-82.
- El Darra, N., Grimi, N., Vorobiev, E., Louka, N., Maroun, R. 2013.** Extraction of Polyphenols from Red Grape Pomace Assisted by Pulsed Ohmic Heating. *Food and Bioprocess Technology*, 6 (5): 1281-1289.
- Gally, T., Rouaud, O., Jury, V., Havet, M., Ogé, A., Le-Bail, A. 2017.** Proofing of bread dough assisted by ohmic heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39: 55-62.
- Gavahian, M., Tiwari, B.K., Chu, Y.H., Ting, Y., Farahnaky, A. 2019.** Food texture as affected by ohmic heating: Mechanisms involved, recent findings, benefits, and limitations. *Trends in Food Science & Technology*, 86(2019): 328-339.

- Gomes, C.F., Sarkis, J.R., Marczak, L.D.F. 2018.** Ohmic blanching of Tetsukabuto pumpkin: Effects on peroxidase inactivation kinetics and color changes. *Journal of Food Engineering*, 233 (2018): 74-80.
- Gonçalves, E.M., Cruz, R.M.S., Abreu, M., Brandão, T.R.S., 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(2009): 32–39.
- Guillén, C. G., German, B. S., Lezama, E. L. P., Nieblas, M. O. 2017.** Variability of Chlorophyll a Concentration and Halocline Depth in La Paz Bay (Gulf of California, Mexico) and the Relationship to Pacific Large-Scale Climatic Phenomena. *Journal of Coastal Research*, 34(4): 920-927.
- Halkman A. K., Ayhan K. 2000.** Mikroorganizma Sayımı. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını, Ankara, 5 s.
- Hekimoğlu, B., Altındeğer, M. 2016.** Gıda/Dondurulmuş Gıda Sektör Potansiyeli. T.C. Samsun Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü-Strateji Geliştirme Birimi. Samsun.
- Icier, F., Cokgezme, O. F., Sabanci, S. 2017.** Alternative Thawing Methods for the Blanched/Non-Blanched Potato Cubes: Microwave, Ohmic, and Carbon Fiber Plate Assisted Cabin Thawing. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2): 13s.
- Jha, P. K., Xanthakis, E., Jury, V., Havet, M., Le-Bail, A. 2018.** Advances of electro-freezing in food processing. *Current Opinion in Food Science*, 23: 85-89.
- Jiratanan, T., Liu, R.H. 2004.** Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris var. conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(9): 2659–2670.
- Kamiloğlu, S. 2019.** Bireysel Hızlı Dondurma İşlemi Basamaklarının Granny Smith Elmaların Polifenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesine Etkileri. *Akademik Gıda Dergisi*, 17(1): 38-46.
- Krebbers, B., Matser, A.M., Koets, M., Van den Berg, R.W. 2002.** Quality and storage-stability of high-pressure preserved green beans. *Journal of Food Engineering*, 54 (2002): 27–33.
- Lebovka, N. I., Shynkaryk, M. V., Vorobiev, E. 2006.** Drying of potato tissue pretreated by ohmic heating. *Drying Technology*, 24(5): 601-608.
- Liu, L., Llave, Y., Jin, Y. Z., Zheng, D. Y., Fukuoka, M., Sakai, N. 2017.** Electrical conductivity and ohmic thawing of frozen tuna at high frequencies. *Journal of Food Engineering*, 197: 68-77.
- Martins, R. C., Silva, C. L. M. 2002.** Modelling colour and chlorophyll losses of frozen green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *International Journal of Refrigeration*, 25 (2002): 966–974.
- Makroo, H. A., Rastogi, N. K., Srivastava, B. 2016.** Enzym inactivation of tomato juice by ohmic heating and its effects on physico-chemical characteristics of concentrated tomato paste. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3): 10s.
- Nassar, R. M. A., Ahmed, Y. M., Boghdady, M. S. 2010.** Botanical Studies on *Phaseolus vulgaris* L.-Morphology of Vegetative and Reproductive Growth. *International Journal of Botany*, 6(3): 323-333.
- Ojha, K. S., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. 2016.** Freezing for Food Preservation. *Reference Module in Food Science*.
- Oliveira, S. R., Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., Silva, C. L. M., Gaspar, M. N. 2009.** Enterococcus faecalis and Pseudomonas aeruginosa behaviour in frozen watercress

(*Nasturtium officinale*) submitted to temperature abuses. *International Journal of Refrigeration*, 32 (2009): 472–477.

Olivera, D. F., Viña, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R., 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 (2008): 148–155.

Ozan, S., Bilişli, A. 2008. Brokolinin (*Brassica oleracea*) Dondurularak Muhafazasında Meydana Gelen Değişmeler. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.

Pruthi, J. S. 1999. Quick Freezing Preservation of Foods. Allied Publishers Limited, New Delhi, 3pp.

Purseglove, J. W., 1988. Tropical Crops. 6th Edn., Longman, New York, pp: 304-310.

Rahman, M. S. 2007. Handbook of food preservation 2nd ed. Taylor & Francis Group, LLC, 741-750.

Redmond, G. A., Gormley, T. R., Butler, F. 2004. The effect of short- and long-term freeze-chilling on the quality of cooked green beans and carrots. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5 (2004): 65–72.

Reyes, L. F., Villarreal, J. E., Cisneros-Zevallos, L. 2007. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*, 101: 1254- 1262.

Saberian, H., Hamidi-Esfahani, Z., Gavlighi, H. A., Barzegar, M. 2017. Optimization of pectin extraction from orange juice waste assisted by ohmic heating. *Chemical Engineering&Processing*, 117: 154-161.

Sólyom, K., Solá, R., Cocero, M. J., Mato, R. B. 2014. Thermal degradation of grape marc polyphenols. *Food Chemistry*, 159: 361-366.

Shukla, P. and S. P. Misra, 1979. An Introduction to Taxonomy of Angiosperms. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi, India, pp: 256-259.

Stegmann, H. B., Schuler, P., Ruff, H. J., Knollmuller, M., Loreth, W. 1991. Ascorbic acid as an indicator of damage to forest. *A correlation with air quality. Zeitschrift für Naturforschung*, 46: 67- 70.

Sun, Y., Singh, Z., Tokala, V. Y., Heather, B. 2019. Harvest maturity stage and cold storage period influence lemon fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 249(2019): 322-328.

Sürel, C. 2012. Bazı Sebzelerde Dondurma ve Donmuş Muhafaza Sürecinde Askorbik Asit, B-Karoten ve Tekstürel Değişimlerin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Turkmen, N., Sari, F. ve Velioglu, Y. S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables, *Food Chemistry* 93: 713-718.

Türkmen Erol, N., Sari, F., Polat, G., Velioglu, Y. S. 2009. Antioxidant and Antibacterial Activities of Various Extracts and Fractions of Fresh Tea Leaves and Green Tea. *Journal of Agricultural Science*, 15(4): 371-378.

Urquiola, A., Alvarez, G., Flick, D. 2017. Frost formation modeling during the storage of frozen vegetables exposed to temperature fluctuations. *Journal of Food Engineering*, 204(2017): 16-28.

Wongsa-Ngasri, P., Sastry, S.K. 2015. Effect of ohmic heating on tomato peeling. *Food Science and Technology*, 61(2): 269-274.

- Yıldız, H, İçier F, Baysal T. 2010.** Changes in β -carotene chlorophyll, and color of spinach puree during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering*, 33(4): 763-779.
- Yılmaz, C., Gökmen, V. 2016.** Chlorophyll. *Encyclopedia of Food and Health*, 2016: 37-41.
- Zhong, T., Lima, M. 2003.** The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*, 87 (3): 215-220.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Canan DAĞDELEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun - 18.06.1991
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : İnegöl Anadolu Lisesi / Fen Bilimleri
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Gıda Mühendisliği
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi / Gıda Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Seç Salça Konserve San. Tic. Ltd. Şti.
(Nisan 2016-Nisan 2017)
Fine Food Gıda San. ve Tic. İth. İhr. A.Ş.
(Nisan 2017- Devam ediyor)

İletişim (e-posta) : cnn.dagdelen@gmail.com

Yayınları :

İncedayı, B., Dağdelen, C., 2017.Dondurulmuş Meyve ve Sebze Üretiminin Analizi. 4th International Food Congress. 28-29 Eylül, Bursa (2017) (poster bildiri).

Dağdelen, C.,İncedayı, B. 2019. Ohmik Isıtma Destekli Dondurulmuş Brokoli Üretimi Üzerine Bir Araştırma. 4th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress. 20-22 April, 2019, Afyon.44-56 (oral presentation).

Dağdelen, C.,Seyhan, B., İncedayı, B. 2019. Dondurulmuş Meyve ve Sebzelerin Biyokimyasal ve Mikrobiyal Açından Değerlendirilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University* (in press).