

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KIRMIZILAHANADAN (*Brassica oleracea* L.) ENKAPSÜLE
RENK MADDESİ ÜRETİMİNDE
PÜSKÜRTMELİ VE DONDURARAK KURUTMA YÖNTEMLERİNİN
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

OKTAY KESKİN

Yüksek Lisans Tezi

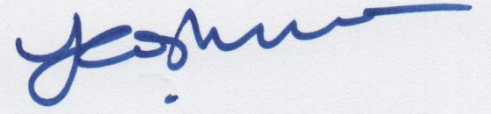
Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU

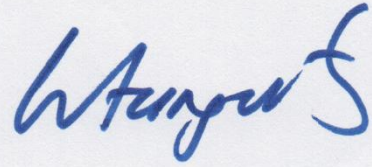
Ağustos 2019

Oktaý KESKİN tarafından **Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU** danışmanlığında hazırlanan “**Kırmızılahanadan (*Brassica oleracea* L.) Enkapşüle Renk Maddesi Üretiminde Püskürtmeli ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Etkisinin İncelenmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

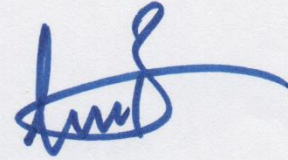
Başkan : Doç. Dr. Yalçın COŞKUNER
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Hasan TANGÜLER
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/..../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/..../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Oktay KESKİN

ÖZET

KIRMIZILAHANADAN (*Brassica oleracea* L.) ENKAPSÜLE
RENK MADDESİ ÜRETİMİNDE
PÜSKÜRTMELİ VE DONDURARAK KURUTMA YÖNTEMLERİNİN
ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KESKİN, Oktay

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU

Ağustos 2019, 54 sayfa

Bu çalışmada kırmızılahanadan (*Brassica oleracea* L.) elde edilen renk maddesinin enkapsülasyon yöntemi ile stabilitesinin artırılması ve uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin toz renk maddesinin antioksidan kapasitesi ve antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen toz üründe püskürtmeli kurutucu ve enkapsülasyon uygulaması ile verim %2,51'den %9,20'ye, dondurarak kurutma da ise 24,20'den 34'e çıkarılmıştır. Toz üründe yapılan fiziksel analizlerden akabilirlik ve yapışabilirlik değerleri sırasıyla %17 ve 1,21 olarak hesaplanmıştır. Yapılan enkapsülasyon işleminden sonra L*, a* ve C* değerlerinde artış gözlenmiştir. Antioksidan aktivite değerini ölçmede kullanılan IC₅₀ değeri zamanla toz ürünlerde artış göstermiştir. IC₅₀ değeri enkapsüle edilmiş püskürtme kurutulmuş örneklerde %25 artış gösterirken dondurularak kurutulan örneklerde %34,91 artış gözlenmiştir. Kurutma yönteminin enkapsüle edilen toz örneklerde toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelendiğinde dondurularak kurutulan örneklerde %11,60 azalma gözlenirken, püskürtme yöntemi ile kurutulan örneklerde %29,93 azalma gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kırmızılahana, renk maddesi, antosiyanin, enkapsülasyon, püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, antioksidan

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF
SPRAY AND FREEZE DRYING METHODS
IN THE PRODUCTION OF ENCAPSULATED COLORANT MATTER
FROM RED CABBAGE (*Brassica oleracea* L.)

KESKİN, Oktay

Niğde Ömer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Cem BALTACIOĞLU

August 2019, 54 pages

In this study, the stability of colorant obtained from red cabbage (*Brassica oleracea* L.) by encapsulation method and the effect of different drying methods on the antioxidant capacity and anthocyanin content of powder colorant were investigated. Powder product obtained by spray dryer and encapsulation application yield from 2.51% to 9.20%, freeze drying was also increased from 24.20% to 34%. Flowability and stickability values were calculated as 17% and 1.21% from physical analysis of powder product, respectively. After the encapsulation process, L *, a * and C * values increased. The IC₅₀ value used to measure the antioxidant activity value increased over time in powder products. The IC₅₀ value increased by 25% in encapsulated spray-dried samples, while the freeze-dried samples increased by 34.91%. When the effect of drying method on total monomeric anthocyanin content of encapsulated powder samples was examined, a decrease of 11.60% was observed in freeze-dried samples, 29.93% reduction was observed in spray dried samples.

Keywords: Red cabbage, colorant matter, anthocyanin, encapsulation, spray drying, freeze drying, antioxidant

ÖN SÖZ

Bu çalışmada, kırmızılahanadan (*Brassica oleracea* L.) enkapsüle renk maddesi üretiminde püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemlerinin etkisi incelenmiştir. Çalışma sonunda dondurarak kurutma yönteminin renkte, antioksidan etkisinde ve antosiyanin miktarında daha az kayba neden olduğu, diğer taraftan mikroenkapsülasyonun da renkteki ve antioksidan etkisindeki stabiliteyi arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi sırasında çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyerek her türlü desteği sağlayan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cem BALTACIOĞLU'na, ayrıca Dr. Öğr. Üyesi Hande BALTACIOĞLU ve Doç. Dr. Hasan TANGÜLER hocalarıma katkılarından dolayı en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamı sonuçlandırmamda büyük emekleri olan Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Yalçın COŞKUNER ve Arş. Gör. Fuat GÖKBEL hocalarıma minnet ve şükran duygularımı belirtmek isterim.

Bu çalışmaya GTB 2018/12 - BAGEP numaralı proje ile finansal destek sağlayan Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR	iv
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1 Gıdalarda Renk ve Renklendiriciler	3
2.1.1 Sentetik renklendiriciler	4
2.1.2 Doğala özdeş renklendiriciler	5
2.1.3 Doğal renklendiriciler	5
2.2 Kırmızılahana	8
2.3 Enkapsülasyon	11
2.4 Enkapsülasyonda Kullanılan Kurutma Yöntemleri	13
2.4.1 Püskürtmeli kurutma	13
2.4.2 Dondurarak kurutma	14
2.5. Literatürde Yer Alan Benzer Çalışmalar	16
BÖLÜM III MATERYAL VE METOT	18
3.1 Materyal	18
3.2 Metotlar	18
3.2.1 Ön işlem	18
3.2.2 Besleme çözeltisi hazırlama	18
3.2.3 Kurutma	18
3.2.4. Kırmızılahana tozunda yapılan analizler	19
3.2.5 İstatistik analizler	24
BÖLÜM IV BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1 Ön İşlem Sonuçları	25

4.2 Kurutma Sonuçları.....	25
4.2.1 Püskürtmeli kurutma sonuçları	25
4.2.2 Dondurarak kurutma sonuçları	25
4.3 Kırmızılahana Tozunda Yapılan Analiz Sonuçları.....	26
4.3.1 Yiğın yoğunluk, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunluğu.....	26
4.3.2 Gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık	27
4.3.3 Higroskopisite.....	28
4.3.4 Ürün verimi.....	28
4.3.5 Nem ve su aktivitesi	30
4.3.6 Toplam asitlik, pH ve kül	31
4.3.7 Antioksidan aktivitesi	31
4.3.8 Toplam monomerik antosiyanin miktarı	33
4.3.9 Renk tayini.....	33
4.3.10 Stabilitate tayini	35
BÖLÜM V SONUÇLAR.....	39
KAYNAKLAR	40
EKLER.....	48
ÖZ GEÇMİŞ	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Avrupa Birliği Tarafından kullanımına izin verilen doğal renklendiriciler .	6
Çizelge 2.2. Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi Tarafından kullanımına izin verilen doğal renklendiriciler.....	7
Çizelge 2.3. Kırmızılahana besin değerleri (100 g için).....	9
Çizelge 3.1. Deney Planı.....	19
Çizelge 3.2. Toz ürünlerin akabilirlik (Carr Index) ve yapışkanlığının (Hausner Ratio) sınıflandırılması	21
Çizelge 4.1. Toz örneklerle ait ρ_B , ρ_P ve ρ_T değerleri.....	26
Çizelge 4.2. Toz örneklerle ait ϵ , CI ve HR değerleri.....	27
Çizelge 4.3. Toz örneklerle ait higroskopisite değerleri	28
Çizelge 4.4. Toz ürün verimi	28
Çizelge 4.5. Toz örneklerle ait nem ve su aktivitesi değerleri.....	30
Çizelge 4.6. Toz örneklerle ait kül değerleri.....	31
Çizelge 4.7. IC_{50} toz ürün ve IC_{50} g kırmızılahana cinsinden antioksidan aktivitesi	32
Çizelge 4.8. Toplam monomerik antosiyanin miktarları	33
Çizelge 4.9. Sıvı ve toz örneklerle ait renk değerleri.....	34
Çizelge 4.10. IC_{50} toz ürün ve IC_{50} g lahana cinsinden antioksidan stabilitesi	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Püskürtmeli kurutucu sistemi	14
Şekil 2.2. Dondurarak kurutma sisteminin şematik gösterimi.....	16
Şekil 4.1. Toz üründeki g kırmızılahana cinsinden toz ürünlerin IC ₅₀ değerlerinin zamana karşı değişimi	36
Şekil 4.2. Kurutma yönteminin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi.....	37
Şekil 4.3. Enkapsülasyonun toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi	37



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 4.1. Enkapsüle edilmemiş (SK) örneğin kurutulması sonunda püskürtmeli kurutucu iç yüzeyi (a) ve haznesi (b).....	29
Fotoğraf 4.2. Enkapsüle edilmiş (SM) örneğin kurutulması sonunda püskürtmeli kurutucu haznesi	30
Fotoğraf 4.3. Kapsüle edilmemiş “CK” (a) ve kapsüle edilmiş “CM” (b) çiğ (kurutulmamış) örneklerdeki renk farkı.....	34



SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
ρ_B	Yığın yoğunluk
ρ_T	Sıkıştırılmış yoğunluk
ρ_P	Parçacık yoğunluğu
ε	Gözeneklilik
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
μ l	Mikrolitre
ml	Mililitre
kcal	Kilokalori
kJ	Kilojul
ΔE	Toplam renk değişimi
IC ₅₀	DPPH radikalini %50 inhibe eden ürün konsantrasyonu

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AOAC	Resmi Analitik Kimyagerler Kuruluşu (Association of Official Analytical Chemists)
CI	Carr İndeksi (Carr Index)
CK	Çiğ (Kurutulmamış), Kaplanmamış Kırmızılahana Suyu
CM	Çiğ, Maltodekstrin Kaplanmış Kırmızılahana Suyu
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil
EU	Avrupa Birliği (European Union)
FDA	(Amerikan) Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration)

FK	Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Kurutulmuş, Kaplanmamış Kırmızılahana Tozu
FM	Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Kurutulmuş, Maltodekstrin Kaplanmış Kırmızılahana Tozu
HR	Hausner Oranı (Hausner Ratio)
SK	Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Kurutulmuş, Kaplanmamış Kırmızılahana Tozu
SM	Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Kurutulmuş, Maltodekstrin Kaplanmış Kırmızılahana Tozu
TMA	Toplam Monomerik Antosiyanin
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USA	Amerika Birleşik Devletleri (United States of America)
USDA	(Amerika) Birleşik Devletler(i) Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture)

BÖLÜM I

GİRİŞ

Türkiye’de yaklaşık 50 kadar sebze türü yetiştirilmekte olup, kırmızılahana (*Brassica oleracea* L.) yetiştiriciliği yapılan sebzeler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Lahana, kalsiyum, vitamin C ve E yönünden oldukça zengin olup, üretimi daha çok yaz sonunda, sonbahar ve kış aylarında yapılmaktadır. Kırmızılahana terapatik etkisinden dolayı yüksek miktarda tüketilmektedir. Ayrıca içerdiği antosiyaninler, karotenoidler ve tokoferollerin sağlık üzerine olumlu etkide rol oynadıkları söylenebilmektedir. Kırmızılahananın yoğun renk içeriğine sahip olduğu, bu rengin yüksek oranda antosiyanin içeriğinden kaynaklandığı tespit edilmiş ve doğal gıda boyası olarak kullanılabilceği bilinmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda kırmızılahanada meyvelerin pek çoğundan ve sebzelerden daha fazla miktarda antioksidan aktivite, toplam fenolik ve flavonoid bulunduğu ifade edilmiştir. Kırmızılahanada taze ağırlık üzerinden antosiyanin içeriğinin ise 69-94 mg/100g düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Bu renk maddesinin doğada yetişen ve maliyeti yüksek olmayan kırmızılahanadan elde edilmesi gıda sanayi açısından önem arz etmektedir.

Gıda endüstrisinde ısıl işlem, genel olarak gıdanın raf ömrünü uzatmak ya da yeni bir ürün üretmek için kullanılırken, bununla birlikte ısıya duyarlı fenolik bileşikler gibi bazı biyoaktif bileşenlerin yıkımına sebep olduğu için gıdanın besin değerinin önemli oranda azalttığı bilinmektedir. Ayrıca ısıl işlem görmüş gıdanın sağlık üzerine etkisinin ısıl işlem görmemiş ham gıdaya göre daha düşük olduğu belirtilmektedir. Bu sorunun aşılmasında ve renk maddesinin stabilitesini sağlamak adına enkapsülasyon yöntemi bilinen en yaygın doğal renk maddelerini koruma yöntemidir. Bu yöntemde doğal renk maddeleri bir kaplama materyali ile kaplanmakta ve dış etkenlere karşı korunabilmektedir.

Bu çalışma ile kırmızılahanadan elde edilecek renk maddesinin kapsül materyali ile kaplanarak dış etkenlerden korunması, ayrıca püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri olmak üzere iki farklı kurutma yöntemi kullanarak daha yüksek stabilitede toz renk maddesi elde edilebilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla farklı kurutma yöntemleri ile üretilen renk maddelerine maltodekstrin ile enkapsüle edilerek

antioksidan, toplam monomerik antosiyanin, renk tayini gibi renk maddesi üzerinde etkili analizler ve fiziksel analizler yapılmıştır. Bunun yanı sıra bölgede oldukça fazla yetiştirilen kırmızılahanalardan katma değeri yüksek bir renk maddesi elde etmeye çalışılmıştır. Bu sayede bilimsel açıdan önemli, bölge tarımı ve gıda sanayii açısından önem arz eden bir çalışma yapıldığı düşünülmektedir.



BÖLÜM II

KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Gıdalarda Renk ve Renklendiriciler

Renk, maddenin görsel bir özelliği olup ışığın spektral dağılımından kaynaklanmaktadır. Renk oluşumu maddenin ışıkla etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Gıdalar da doğal olarak içerdikleri çeşitli kimyasal yapılara sahip pigmentler nedeniyle çeşitli renklindedir (Altuğ, 2009). Renklendiriciler, Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler Tebliği'nde “tek başına gıda olarak tüketilmeyen veya gıdalarda ana bileşen olarak kullanılmayan, gıdaya renk artırıcı veya renk düzenleyici olarak katılan maddeler” olarak tanımlanmıştır. Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ise renklendiricileri “sebze, hayvan, mineral veya diğer kaynaklardan sentez veya benzer bir yolla elde edilen, ekstrakte, izolasyonu sağlanan ya da başka türlü çıkarılan, gıdalara ilave edildiğinde söz konusu rengin özelliklerini gösteren herhangi bir boya, pigment ve diğer maddeler” şeklinde tanımlamıştır.

Şimşek (2011), renklendiricilerin gıdalarda kullanılmasının başlıca nedenlerini;

- Gıdalara homojen renk dağılımı ve daha çekici bir görünüm kazandırmak,
- Renksiz bir ürünü renklendirmek,
- Değişik mevsimlerde elde edilen meyvelerdeki renk farklılıklarını ve uygulanan gıda işleme tekniklerine bağlı olarak ortaya çıkan renk bozukluklarını önlemek,
- Meyvelerin konserveye işlenmesi gibi sıcaklıkla doğal rengin kaybolmasını önlemek ve orijinal görünüşü korumak,
- Ürünün depolanması sırasında renk kaybını engellemek,
- Meyveli yoğurt, içecek veya sos gibi ürünlerde eğer meyveler ürünün rengini istenilenden daha zayıf gösteriyorsa, bu rengi arttırmak,
- Gıdanın tanınabilirliğini sağlamak veya karakterini muhafaza etmesini sağlamak,
- Gıdanın kalitesini yükseltmek,
- Gıdanın tatlılık düzeyinin algılanmasına yardımcı olmak olarak sıralamıştır.

Renklendiricilerin gıdalarda kullanılmaya başlanması M.Ö. 300'lü yıllara kadar dayanmaktadır. Mısırlılar bu yıllarda "Khand" adını verdikleri boyanmış şekeri Makedonya kralı İskender'e hediye etmiştir (Şimşek, 2011). İlk sentezlenen yapay renklendirici anilin ise 1856 yılında İngiliz kimyacı William Henry Perkin tarafından kömür katranı kullanılarak elde edilmiştir. Ardından araştırmalara hız kazandırılarak günümüze kadar birçok yapay renklendirici sentezlenmiştir. Yapay renklendiricilerin, doğal renklendiricilere göre en büyük avantajları farklı ortam koşullarında yüksek stabilite göstermeleri, renk tonları ve şiddetlerinin kuvvetli olması, kolay uygulanabilir olması ve düşük maliyetidir. Ancak sonraki dönemde yapılan çalışmalar yapay renklendiricilerin toksik etkilerini ortaya çıkarmış, yapılan yasal düzenlemelerle yapay renklendiricilerin kullanımı pek çok ülkede yasaklanmıştır (Altuğ, 2009).

Gıda renklendiricileri; sentetik, doğala özdeş ve doğal renklendiriciler olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır.

2.1.1 Sentetik renklendiriciler

Sentetik renklendiriciler kimyasal yapıları doğada bulunmayan ancak kimyasal olarak sentezlenebilen renk maddeleridir. Doğal renklendiriciler ile kıyaslandığında renk ton ve şiddetleri, renk aralıkları, stabiliteleri, ucuz olmaları ve kullanım kolaylıkları bakımından üstündürler (Altuğ, 2009). Ayrıca sentetik renklendiriciler genel olarak sertifikasyona tabi olup yasal düzenlemelerle takip edilirken doğal renklendiriciler için henüz bir sertifikasyona tabi değildir ancak kullanımları ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir (Çakmakçı, 2012).

Kullanımı yasal olan sentetik renklendiricilerin sayısı gün geçtikçe azalmakla beraber Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde 1900'lü yılların başında 700'ü aşkın yapay renklendiricinin kullanımı yasarken günümüzde bu sayı yalnızca 7'dir (FDA, 2019). Avrupa birliği ise 17 tanesi yapay renklendirici, 26 tanesi doğal renklendirici ve pigmentler olmak üzere 43 adet renklendiricinin kullanımına izin vermektedir (Commission Regulation (EU), 2012).

2.1.2 Doğala özdeş renklendiriciler

Karamel ve klorofilin bakır kompleksi gibi renklendiricilerin bulunduğu bu grupta renk maddeleri, doğal kaynaklardan elde edilen maddelere çeşitli işlemler uygulanarak elde edilmektedir (Çakmakçı, 2012).

Örneğin klorofilin bakır kompleksi; ısırgan otu, çimen gibi yeşil bitkilerden elde edilen klorofilin merkezindeki Mg iyonunun Cu ile yer değiştirilmesi ile elde edilir. Rengi klorofilden daha stabildir ve zeytin yeşilinden koyu yeşile kadar değişen birçok renk tonunda bulunabilir (Altuğ, 2009).

Karamel ise yüksek sıcaklıkta kontrollü bir ısıtma işlemi yapılarak invert şeker, laktoz, malt şurubu gibi bazı karbonhidratların yakılması ile elde edilir. Uygulanan sıcaklığa bağlı olarak koyu kahverengi ile siyah arasında bir renk elde edilebilir (Çakmakçı, 2012).

2.1.3 Doğal renklendiriciler

Sentetik renklendiricilerin toksikolojik ve ekolojik zararlarının keşfedilmesi ile kullanımları kısıtlanmış, endüstrinin doğal renklendiricilere yönlendirilmesi sağlanmıştır.

Avrupa Birliği tarafından kullanımına izin verilen doğal renklendiriciler Çizelge 2.1.'de, Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi tarafından gıdalarda kullanılmasına izin verilen doğal renklendiriciler ise Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Avrupa Birliği tarafından kullanımına izin verilen doğal renklendiriciler
(Commission Regulation (EU), 2012)

E Kodu	Adı
E100	Kurkumin
E101	Riboflavin
E120	Koşinal /karminik asit/karmin
E140	Klorofil
E141	Klorofilin bakır kompleksleri ve klorofilinler
E150	Karamel
E153	Bitkisel karbon
E160	(a) α - β - γ -karoten (b)Annatto ekstraktları, biksin, norbiksin (c)Paprika (kırmızı biber) ekstraktı, kapsantin, kapsorubin (d)Likopen (e) β -apo-8'-karotenal (C30)
E161	(a)Flavoksantin (b)Lutein (c)Kriptoksantin (d)Rubiksantin (e)Violaksantin (f)Rodoksantin (g) Kantaksantin
E162	Pancar kökü kırmızısı, betanin
E163	Antosiyaninler

Çizelge 2.2. Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi tarafından kullanımına izin verilen doğal renklendiriciler (FDA, 2019)

Renk Maddesi	Uygulama Alanı
73.30: Annatto	.*
73.35: Astaksantin ekstraktı	Sadece balık yeminde
73.40: Dehidre edilmiş pancar (pancar tozu)	-
73.50: Ultramarin mavi	Hayvan yemlerindeki tuzun renklendirilmesi (maksimum %0.5)
73.75: Kantaksantin	Tavuk yemi (4.4 mg/kg)
73.85: Karamel	-
73.90: β -Apo-8'-karotenol	33.05 mg/kg
73.95: β -karoten	-
73.100: Koşinal ekstraktı (karmin)	-
73.140: Kızartılmış ve kısmen yağı uzaklaştırılmış, pişmiş çığit unu	-
73.160: Demir Glukonat	Sadece olgun zeytinlerin renklendirilmesi
73.165: Demir Laktat	Sadece olgun zeytinlerin renklendirilmesi
73.169: Üzüm ekstraktı	Sadece içecek dışındaki gıdalarda
73.170: Üzüm kabuğu ekstraktı (<i>Enocianina</i>)	Gazlı ve gazsız içecekler, bira ve alkollü içeceklerde
73.185: <i>Haematococcus</i> alg	Sadece balık yeminde
73.200: Sentetik demir oksit	Sadece kedi ve köpek mamalarında
73.250: Meyve suyu	-
73.260: Sebze suyu	-
73.275: Kurutulmuş alg	Sadece tavuk yeminde
73.295: Kadife çiçeği ekstraktı	Sadece tavuk yeminde
73.300: Havuç yağı	-
73.315: Mısır endospermi yağı	Sadece tavuk yeminde
73.340: Paprika	-
73.345: Paprika oleoresin	-
73.355: <i>Phaffia</i> mayası	Sadece balık yeminde
73.450: Riboflavin	-
73.500: Safran	-
73.600: Turmerik	-
73.615: Turmerik oleoresini	-

*: GMP; İyi Üretim Uygulamaları (Good Manufacture Practises)

2.2 Kırmızılahana

Cruciferae familyası sebzelerinden; beyazbaş lahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), kırmızılahana (*Brassica oleracea* L. var. *rubra*), karnabahar (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) ve brokoli (*B. oleracea* L. var. *italica*) serin iklim sebzeleridir. Bunlardan kırmızılahana (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*) ana vatanı Akdeniz bölgesi ve Güney Batı Avrupa olan, ancak günümüzde tüm dünyada yetiştirilme alanına sahip bir sebzedir. Ayrıca lahana, kalsiyum, vitamin C ve E yönünden oldukça zengin olup, daha çok yaz sonunda, sonbahar ve kış aylarında üretilmektedir (Vural vd., 2000). 2008 yılı verilerine göre tüm dünyada 3,1 milyon hektar alanda 68 milyon ton üretimi gerçekleştirilmektedir (Arapitsas ve Turner, 2008). Türkiye’de kırmızılahana ekilen alan 51.190 dekar, üretim miktarı ise 187.948 tondur. Ülkedeki toplam üretimin yarısından fazlasını Samsun (24.500 dekar alanda 109.570 ton) yapmaktadır. Ardından 12.356 ton ile Konya, 11631 ton ile Antalya, 10477 ton ile Bursa, 10219 ton ile Mersin ve 9438 ton ile Adana Gelmektedir (TÜİK, 2018).

Kırmızılahana besin değerleri (100 g için) Çizelge 2.3.’te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kırmızılahana besin değerleri (100 g için) (USDA, 2019)

Bileşen	Miktar	Birim
Su	90,39	g
Enerji	31	kcal
	130	kJ
Protein	1,43	g
Toplam Yağ	0,16	g
Kül	0,64	g
Karbonhidrat	7,37	g
Lif	2,10	g
Şeker	3,83	g
Sükroz	0,60	g
Glukoz	1,74	g
Fruktoz	1,48	g
Laktoz	0	g
Maltoz	0	g
Galaktoz	0	g
Nişasta	0	g
Kalsiyum	45	mg
Demir	0,8	mg
Magnezyum	16	mg
Fosfor	30	mg
Potasyum	243	mg
Sodyum	27	mg
Çinko	0,22	mg
Bakır	0,017	mg
Manganez	0,243	mg
Vitamin C	57	mg
Vitamin E	0,11	mg

Kırmızılahaana terapatik etkisinden dolayı yüksek miktarda tüketilmektedir (Wiczowski vd., 2013). Zielinska vd. (2015) yaptıkları çalışmada kırmızılahaana ekstraktının gıda takviyesi olarak kullanıldığı durumlarda iltihaplı bağırsak hastalıklarında kullanıldığını göstermişlerdir. Bu çalışmaya ilaveten antosiyaninler, karotenoidler ve tokoferollerin sağlık üzerine olumlu etkide rol oynadıkları söylenebilmektedir (Podsdek, 2007; Volden vd., 2008). Bu çalışmaların ışığında kırmızılahaananın sağlık üzerine olumlu etkileri farklı tüketim şekilleri ile değerlendirilmek üzere bu çalışmada hammadde olarak tercih edilmiştir. Yapılan çalışmalarda bu sebzenin yoğun bir renk içerdiği ve bu rengin yüksek oranda antosiyanin içeriğinden kaynaklandığı tespit edilmiş ve doğal gıda boyası olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir, bunu yanı sıra sebzenin yaygın oluşuna da dikkat çekilmiştir (Ahmadiani vd., 2014; Podsdek, 2007).

Karadeniz vd. (2005) yaptıkları bir çalışmada bazı sebze ve meyvelerin antioksidan aktivitesinin incelendiği bir çalışmada kırmızılahaanada meyvelerin pek çoğundan ve sebzelerden daha fazla antioksidan aktivite, toplam fenolik ve flavonoid miktarı tespit etmişlerdir. Kırmızılahaana antosiyanin profilinde siyanidin-3,5-diglikozit ve siyanidin-3-sofhorosit-5-glikozitin sinapik asit, ferulik asit, kafeik asit, p-kumarik asit ve malonik asit ile açillenmiş yapıları yaygın olarak bulunmaktadır (Dyrby vd., 2001). Kırmızılahaanada taze ağırlık üzerinden antosiyanin içeriğinin ise 69-94 mg/100g düzeyinde olduğu belirtilmektedir (Bridle ve Timberlake, 1997).

Kırmızılahaananın içerisinde bulundurduğu renk pigmenti olan antosiyaninler doğada bilinen ve en yaygın kullanılan renk maddelerinin başında gelmesinin yanı sıra sağlık üzerine antioksidan etkisi, kan damarları üzerine olumlu etkisi, dolaşım rahatsızlıklarını önleme, antikarsinogenik, antienflamatuar ve antimikrobiyal etkileri de kanıtlanmıştır (Degenhardt vd., 2000; Giusti vd., 2003; Tsai vd., 2002; Opara vd.,2009; Lansky vd., 2007; Huang vd., 2005). Şekerleme, donmuş tatlılar, jeller, reçeller gibi gıdalarda renk maddesi olarak kullanımı yaygın olmakla beraber bu renk maddesinin doğal olması ve stabilitesinin uzun olması beklenmektedir (Birks, 1999). Bu renk maddesinin doğada yetişen ve maliyeti yüksek olmayan kırmızılahaanadan elde edilmesi gıda sanayi açısından önem arz etmektedir.

Antosiyaninler doğada en yaygın olan suda çözünür renk pigmentidir ve pek çok bitkinin renginden sorumludurlar (Clifford, 2000). Antosiyaninler üzerine yapılan

çalışmalarda son yıllarda doğal antioksidan olarak sağlık üzerine olumlu etkileri ve nutrasötik olarak kullanımının vurgusu yapılmaktadır. Avantajlarının yanında elde edildikleri hammaddelerin işlenmesi sırasında stabil olmaması ve degradasyona açık olması nedeniyle antosiyaninler pH, ışık, sıcaklık, metalik iyon, enzim, oksijen, şeker ve kendi degradasyon ürünleri olan protein ve sülfür dioksitten etkilenmektedirler (Andersen ve Markham, 2006; Yonekura-Sakakibara vd., 2009; Fernandez vd., 2013). Bu avantajlarının yanı sıra stabilitesinin korunması amacıyla, sağlık etkilerinin potansiyeli göz önüne alındığında ve bioyararlılığının geliştirilmesi için enkapsülasyon tekniği en uygun yöntem olarak değerlendirilmektedir (Ahmad, 1994; Fernandez vd., 2013; McGhie ve Walton, 2007).

2.3 Enkapsülasyon

Enkapsülasyon bileşenlerin mikro ve nano partikül boyutunda kaplayıcı bir materyal içinde tutulması teknolojisidir. Bu teknoloji ile hassas bileşenlerin; ışık, ısı, oksijen ve nemden korunması sağlanmaktadır (Mahdavee Khazaei vd., 2014). Ayrıca bu etkiler gıdalarda tat, aroma, uçucu ve reaksiyona girebilecek gıda bileşenlerinin stabilitesini etkilemektedir (Anwar vd., 2010).

Renk maddesinin stabilitesinin uzun süre korunması bu çalışmada incelenecek parametreler arasında en önemlilerindedir. Bu stabiliteyi sağlamak adına enkapsülasyon yöntemi bilinen en yaygın ve ucuz, doğal renk maddelerini koruma yöntemidir. Bu yöntemde doğal renk maddeleri bir kaplama materyali ile kaplanmakta ve dış etkenlere karşı korunabilmektedir (Cai ve Corke, 2000).

Enkapsüle edilecek maddenin;

- Fizikokimyasal özellikleri,
- Enkapsüle edilmeden önce ne kadar depolanacağı,
- Depolama koşulları,
- Kurumaddenin gıda içerisinde hangi boyut ve yoğunlukta olduğu,
- Maliyeti enkapsülasyonun verimini ve kullanımını yönünde karar verilmesinde önemli parametrelerdir (Gökmen vd., 2012).

Enkapsülasyonda kullanılacak materyalin;

- Kolay işlenmesi,
- Aktif materyali disperse etme ve emülsiyon haline getirme özelliği ve üretilen emülsiyonu stabilize etme kabiliyeti
- Aktif materyalle uzun süre tepkimeye girmemesi,
- Yüksek konsantrasyonda iyi reolojik özelliklere sahip olması,
- Çevresel koşullara karşı aktif materyalin maksimum korunmasını sağlaması,
- Gıda endüstrisi için kabul edilebilir çözücülerde çözünebilmesi,
- Ulaşılabilir ve ekonomik olması gereklidir (Desai ve Park, 2005).

Tek kaplama materyalinin bütün bu özellikleri aynı anda sağlayabilmesi zor olduğundan genellikle birkaç kaplama materyali birlikte veya fiziksel ve kimyasal özellikleri iyileştirilmiş modifiye kaplama materyalleri kullanılmaktadır (Desai ve Park, 2005).

Mikroenkapsülasyonda yaygın olarak kullanılan materyallerin;

- Film oluşturabilen şekerler,
- Gamlar,
- Proteinler,
- Doğal ve modifiye polisakkaritler,
- Sentetik polimerler,
- Yağlar,
- Nişasta,
- Pektin,
- Kappa-karragenan,
- Jelatin,
- Agar,
- Peyniraltı suyu gibi maddeler olduğu bilinmektedir (Gökmen vd., 2012)

Bu çalışmada enkapsülasyon materyali olarak kullanılan maltodekstrin, kullanımı en yaygın enkapsülasyon ajanlarından birisidir. Yüksek çözünürlük, düşük viskozite ve şeker içeriği yanında renksiz olması maltodekstrinin üstün özelliklerindedir (Avaltroni vd., 2004). Renk veren bileşikler olarak düşünülen antosiyaninlerin oksidasyondan korumanın yollarından birisi olarak da görülen mikroenkapsülasyon yöntemi

uygulanması denenmiş ve antosiyanin stabilitesinde artış ve nutrasötik özelliklerinde daha etkin bir kullanımın da aralarında bulunduğu olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Shahidi ve Han, 1993; Morgan vd., 1993).

2.4 Enkapsülasyonda Kullanılan Kurutma Yöntemleri

Günümüzde enkapsülasyon uygulamalarında;

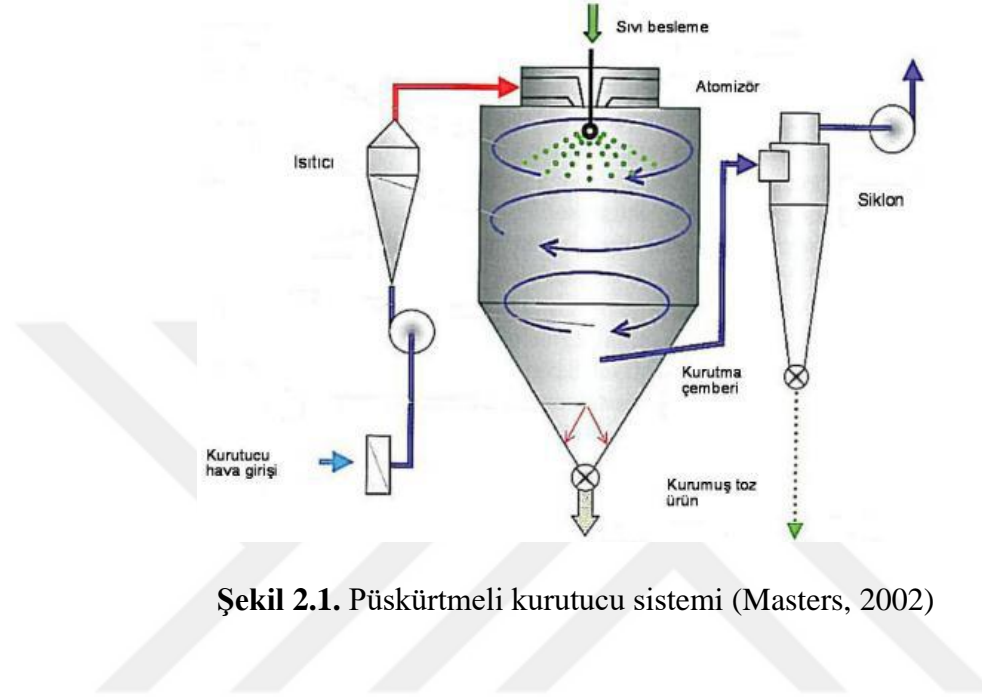
- Püskürtmeli kurutma,
- Dondurarak kurutma,
- Akışkan yatakta kaplama,
- Ekstrüzyon,
- Kokristalizasyon,
- Moleküler kalıntı,
- Kümeleme gibi bir çok yöntem kullanılmaktadır (Gökmen vd., 2012).

Püskürtmeli kurutma yöntemi özellikle antosiyaninlerde enkapsülasyon uygulamasında en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Bunun yanı sıra dondurarak kurutma ısıya karşı duyarlı materyallerde oldukça etkin kullanılan bir kurutma yöntemidir (Shahidi ve Han, 1993; DeZarn, 1995). Bu çalışmada; enkapsülasyonda kullanılan en yaygın iki kurutma yöntemi olan püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin etkileri araştırılmıştır.

2.4.1 Püskürtmeli kurutma

Püskürtmeli kurutucu yukarıda belirtilen kurutma yöntemleri arasında en düşük kurulum ve operasyon maliyeti olması ve en kolay uygulanabilirliğe sahip olması nedeniyle endüstride en çok kullanılan kurutma yöntemidir. Bu tekniğin en önemli avantajlarından birisi atomize edilen partiküllerin yüksek sıcaklığa maruz kalma süresinin çok kısa (en fazla birkaç saniye) olmasıdır. Bu sayede sıcaklığa duyarlı ürünlerin taşınabilir toz forma dönüştürülmesi sağlanabilmektedir (Barbosa-Cánovas vd., 2005).

Temel olarak beslenen sıvının atomize edilerek sıcak hava ile karşılaştırılması, ardından bu karışımın bir siklondan geçirilerek merkezkaç ve yerçekimi kuvvetlerinin yardımı ile kurumaddenin havadan ayrılarak ürün haznesine düşürülmesi prensibine dayanır. Çalışma sistemi Şekil 2.1.'de verilmiştir (Masters, 2002).



Şekil 2.1. Püskürtmeli kurutucu sistemi (Masters, 2002)

2.4.2 Dondurarak kurutma

Isıl işlem, gıda üretiminde sıkça kullanılan ve genel olarak gıdanın raf ömrünü uzatmak ya da yeni bir ürün üretmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Ancak ısıl işlem sırasında, ısıya duyarlı fenolik bileşikler gibi bazı biyoaktif bileşenlerin yıkımı nedeniyle gıdanın besin değerinin önemli oranda azaldığı ifade edilmektedir. Ayrıca ısıl işlem görmüş gıdanın sağlık üzerine olumlu etkisinin ısıl işlem görmemiş ham gıdaya göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Choi vd., 2006).

Bu sebeple kurutma yöntemi olarak çok fazla kullanılan bir diğer yöntem de dondurarak kurutmadır. Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma, donmuş bir ürünün süblimleşme ile kurutulması esasına dayanır. İşlem esnasında düşük sıcaklık uygulandığı için bozulmaya yol açan kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonların çoğunu durdurularak yüksek kaliteli son ürün elde edilebilmektedir. Dondurarak kurutma esnasında suyun katı halde bulunması; ürün hacminin azalmasını en aza indirgeyerek, ürünün ilk yapısının ve şeklinin korumasını sağlamaktadır (Ratti, 2001). Dondurarak

kurutma; ısıl işlem içeren tekniklerle karşılaştırılmayacak avantajlara sahip olmasına rağmen; yüksek enerji tüketimi, işletme ve bakım maliyetleri yüksek bir yöntemdir (Czurzyńska ve Lenart 2011). Geleneksel kurutma yöntemi ile kurutulması sakıncalı olan yüksek sıcaklığa duyarlı biyolojik maddeler, ilaçlar ve gıda maddeleri dondurarak kurutulabilmektedir (Liapis ve Bruttini, 1997).

Dondurarak kurutma yöntemi üç temel aşamadan meydana gelmektedir (Ratti, 2001). Bunlar;

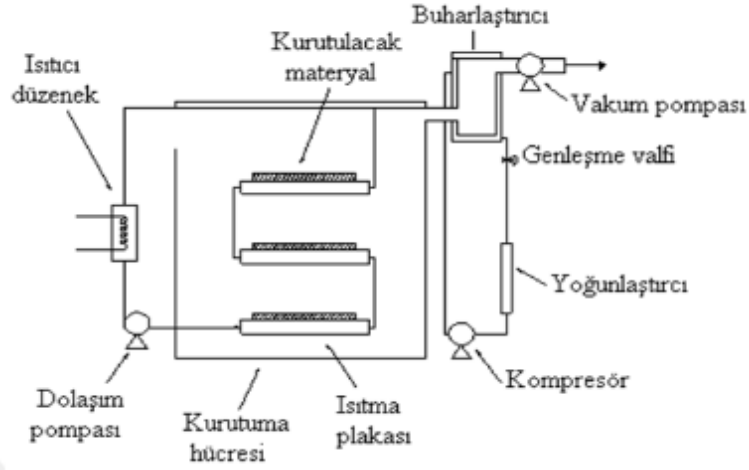
1. Dondurma,
2. Birincil kurutma (Süblimasyon),
3. İkincil kurutma (Desorpsiyon)

Birinci aşamada dondurulan ürün ikinci aşama olan birincil kurutma işleminde, vakum altında ürünün yapısında bulunan suyun katı fazda süblimasyonuna uğrar. Süblimasyon öncelikle ürünün yüzeyinde gerçekleştikten sonra yüzeyin kurumasıyla birlikte kuruma işlemi ürün içerisine doğru devam eder. Merkezde kalan en son buz kristallerinin de süblimasyona uğramasıyla ürünün nem içeriği düşürülmektedir.

Son aşama olan ikincil kurutma aşamasında ise üründeki buz kristallerinin tamamen süblime olduğu zaman başlar. Bu aşamada ürün yapısında bulunan bağlı suyun bir kısmı da buharlaşır. İkincil kurutma aşamasında birincil kurutma aşamasına göre çok daha az su uzaklaşmasına rağmen işlem süresi daha uzundur (Mellor, 1978).

Dondurarak kurutma sistemi;

- Soğutma Sistemi
- Kurutma hücresi,
- Vakum pompası
- Isıtma ünitesi olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır. Şekil 2.2.'de dondurarak kurutma sisteminin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.2. Dondurarak kurutma sisteminin şematik gösterimi (Kırmacı, 2008)

2.5. Literatürde Yer Alan Benzer Çalışmalar

Literatürde birçok farklı hammaddeden ve birçok farklı yöntemle enkapsülasyon ve kurutma üzerine çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda belirtilen çalışmalar, yakın zamanda bu çalışma ile benzerlik gösteren konularda araştırmaların yapıldığı, kendinden sonraki birçok yayında olduğu gibi bu çalışmaya da bilgi kaynağı olan çalışmalardır.

Aydoğan Türkay (2017), yaptığı çalışmada kırmızılahanadan ekstrakte ettiği antosiyaninleri dondurarak kurutma yöntemi ile kurutup ısı ve ışık stabilitesini araştırmıştır. Aydoğan Türkay, bu çalışmadan farklı olarak yalnızca dondurarak kurutma yöntemini kullanmış, elde edilen toz ürünlerin ısı ve ışık stabilitesini araştırmıştır.

Mol (2016), yaptığı çalışmada kırmızılahanadan ekstrakte ettiği antosiyaninleri demir ile şelatlayarak elde ettiği doğal mavi renk maddesini püskürtmeli kurutucuda kurutmuş, ayrıca maltodekstrin ve gam arabik karışımı ile enkapsülasyon yaparak farklı pH değerlerine karşı stabilitesini araştırmıştır. Mol, bu çalışmadan farklı olarak yalnızca püskürtmeli kurutma yöntemini kullanmış, renklendiricilerin zamana karşı değil farklı pH değerlerine karşı stabilitesini araştırmıştır.

Özkan Güner (2017), yaptığı çalışmada fındıktan elde ettiği fındık sütünü maltodekstrin ile enkapsüle ederek püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile

kurutmuş, elde edilen toz ürünlerin karakterizasyonlarını yapmıştır. Bu çalışma ile enkapsülasyon ve kurutma yöntemleri benzerlik göstermekle birlikte, kurutulan ürünün cinsi ve son ürünün stabilitesinin araştırılmaması noktasında ayrılmaktadır.

Sugiastuti vd. (2011), yaptığı çalışmada Endonezya'da yetişen beyazbaş lahanası ve kırmızılaha sebzelerinin çiğ, buğulanmış ve haşlanmış haldeki antioksidan aktivitelerini ve stabilitesini araştırmıştır. Yaptıkları çalışma sonucunda beyazbaş lahanası ve kırmızılaha sebzesinin antioksidan stabilitesini, endüstride antioksidan olarak sıkça kullanılan vitamin C ile kıyaslamıştır. Çalışma sonucunda bu çalışma ile paralel olarak ısı işleminin IC_{50} değerini arttırdığını, yani antioksidan aktivitesini düşürdüğünü saptamıştır.

BÖLÜM III

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmaya konu olan kırmızılahana (*Brassica oleracea* L. var. *rubra*) Niğde ili üreticilerinden mevsiminde toptan temin edilmiş ve Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında zaman geçirmeden +4 °C'de (Arçelik, Türkiye) muhafaza edilmiştir.

3.2 Metotlar

3.2.1 Ön işlem

Kırmızılahanalar musluk suyu altında yıkandıktan sonra oda sıcaklığında uygun parçalayıcıda (Beko Robokit 2154, Türkiye) parçalanmıştır. Parçalanmış lahanalar Whatman No:1 filtre kâğıdı ile süzülerek analizlerde kullanılmak üzere kırmızılahana suyu elde edilmiştir.

3.2.2 Besleme çözeltisi hazırlama

Taşıyıcı ajanlar (Maltodekstrin, Sigma Aldrich, ABD) çözelti (8,1 brix) ile karıştırılmıştır ve 30 dakika boyunca yüksek hızda karıştırılarak (WiseTis Homogenizer, Almanya) %10 oranında maltodekstrin ilave edilmiştir.

3.2.3 Kurutma

3.2.3.1 Püskürtmeli kurutma

Besleme çözeltisi laboratuvar ölçeği püskürtmeli kurutucu ile (Buchi B-290, İsviçre) kurutulmuştur. Besleme oda sıcaklığında yapılmış olup, besleme hızı 6 ml/dakika olarak seçilmiştir. Kurutucu sıcaklığı, yapılan ön denemeler sonucunda kaplanmamış kırmızılahana suyunda 140 °C, kaplanmış kırmızılahana suyunda 155 °C olarak belirlenmiştir.

3.2.3.2 Dondurarak kurutma

Besleme çözeltilisi dondurarak kurutma öncesi -80°C 'de dondurulup (Symphony, Kanada) ardından kurutucuya (Scanvac, Danimarka) yerleştirilerek -100°C 'de 0,01 mbar basınçta nem değeri sabitlenene kadar beklenmiştir.

3.2.4 Kırmızılahana tozunda yapılan analizler

Çalışma kapsamında yapılan deneylere ait deney planı Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney Planı

Tayin/Analiz Adı	Sıvı (Çiğ)		Dondurarak Kurutma		Püskürtmeli Kurutma	
	CK	CM	FK	FM	SK	SM
Brix	+	+	-	-	-	-
pH	+	+	-	-	-	-
Yığın Yoğunluk	-	-	+	+	+	+
Parçacık Yoğunluğu	-	-	+	+	+	+
Sıkıştırılmış Yoğunluk	-	-	+	+	+	+
Gözeneklilik	-	-	+	+	+	+
Akabilirlik	-	-	+	+	+	+
Yapışkanlık	-	-	+	+	+	+
Higroskopisite	-	-	+	+	+	+
Ürün Verimi	-	-	+	+	+	+
Nem	-	-	+	+	+	+
Su Aktivitesi	-	-	+	+	+	+
Toplam Asitlik	-	-	+	+	+	+
Kül	-	-	+	+	+	+
Antioksidan Aktivitesi	+	+	+	+	+	+
TMA	+	+	+	+	+	+
Renk	+	+	+	+	+	+
Stabilite (Antioksidan)	-	-	+	+	+	+
Stabilite (TMA)	-	-	+	+	+	+

3.2.4.1 Yığın yoğunluk, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunluğu

Toz örneklerin yığın yoğunluğunu (ρ_B) belirlemek için 2 gram toz ürün tartılarak ölçülü bir silindirde hacim belirlenip sonuç ağırlık/hacim olarak ifade edilmiştir.

Sıkıştırılmış yoğunluk (ρ_T) hesaplanırken 2 g toz örnek tartılarak ölçülü silindir içine aktarılmış ve yaklaşık 10 cm yükseklikten 100 kez masaya sertçe vurarak sıkıştırılmıştır. Sonuç ağırlık (g) / hacim (ml) olarak ifade edilmiştir (Suhag vd., 2016).

Parçacık yoğunluğu (ρ_P) ise 1 g toz örnek alınarak ölçülü kapaklı silindire aktararak üzerine 5ml petrol eteri ilave edilerek bir miktar sallanmış, bütün parçacıklar askıda kalacak şekilde karıştırılmış, ardından cam silindiri yıkamak amacıyla 1 ml daha petrol eteri ilave edilerek askıdaki toz ile beraber petrol eteri hacmi okunmuştur. Sonuç aşağıdaki formüle (1) göre hesaplanmıştır (Santhalakshmy vd., 2015).

$$\rho_P = [\text{Toz materyal ağırlığı (g)}] / [\text{Petrol eter ve askıdaki materyal hacmi (ml)} - 6] \quad (1)$$

3.2.4.2 Gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık

Toz ürünün gözenekliliği, akışkanlığı ve yapışkanlıkları Jinapong vd.'nin (2008) önerdiği şekilde sırasıyla aşağıdaki formüller (2, 3 ve 4) kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, akabilirlik için Carr indeksi (CI), yapışkanlık için ise Hausner oranı (HR), Çizelge 3.2.'ye göre değerlendirilmiştir.

$$\varepsilon = \frac{\rho_P - \rho_T}{\rho_P} \times 100 \quad (2)$$

$$CI = \frac{\rho_T - \rho_B}{\rho_T} \times 100 \quad (3)$$

$$HR = \frac{\rho_T}{\rho_B} \quad (4)$$

Formüllerde (2, 3 ve 4) ρ_B , ρ_P ve ρ_T sırasıyla yığın yoğunluk ve parçacık yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluğu ifade etmektedir.

Çizelge 3.2. Toz ürünlerin akabilirlik (Carr Index) ve yapışkanlığının (Hausner Ratio) sınıflandırılması

Parametre	Değer	Değerlendirme
CI	<15	Çok iyi
	15-20	İyi
	20-35	Orta
	35-45	Kötü
	>45	Çok kötü
HR	<1,2	Düşük
	1,2-1,4	Orta
	>1,4	Yüksek

3.2.4.3 Higroskopisite

Toz ürünün higroskopisitesi Santhalakshmy vd.'nin (2015) önerdiği şekilde belirlenmiştir. 1 g toz ürün içerisinde doymuş NaCl çözeltisi (%75,29 RH) bulunan ağzı kapaklı kavanozun içerisinde 1 hafta bekletilmiştir ve son ağırlığı belirlenmiştir. Higroskopisite 1 gram toz ürünün nem alışı (g) olarak ifade edilmiştir.

3.2.4.4 Ürün verimi

Toz ürünün verimi formül 5 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Verim} = \frac{(\text{Elde edilen toz ürün, gram}) \times 100}{(\text{Kullanılan lahana, gram}) + (\text{taşıyıcı ajanlar, gram})} \quad (5)$$

3.2.4.5 Nem ve su aktivitesi

Toz haldeki örneklerin nem miktarları AOAC metoduna göre yapılmıştır (AOAC, 2006). Örneklerin su aktivitesi oda sıcaklığında su aktivitesi tayin cihazı ile yapılmıştır (Novasina, Almanya).

3.2.4.6 Toplam asitlik, pH ve kül

Toplam asitlik titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Rekha vd., 2012). Sıvı çözeltilerden 10ml alınıp 0,1 N NaOH ile indikatör olarak fenolftalein kullanılarak renk dönüşüne kadar titre edilmiştir. Toplam asitlik formül 6'ya göre sitrik asit cinsinden hesaplanmaktadır. pH değeri Türk Standartları Enstitüsü metoduna göre yapılmıştır (Anonim, 1974). Kül değeri AOAC metoduna göre yapılmıştır (Anonim, 1995).

$$\text{Toplam Asitlik (\%)} = \frac{\text{Titrasyon değeri} \times \text{NaOH normalitesi} \times \text{Sitrik asidin eşdeğer ağırlığı} \times 100}{[\text{Örnek ağırlığı}]} \quad (6)$$

3.2.4.7 Antioksidan aktivitesi

Serbest radikal yakalama etkinliği deneyi 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) radikali kullanılarak Blois'in metoduna göre yapılmıştır (Blois, 1958). Metod ekstraktların bir proton veya elektron verebilme yeteneğinin, mor renkli DPPH çözeltisinin rengini açması esasına dayanır. Reaksiyon karışımının absorbansının düşmesi yüksek serbest radikal giderme aktivitesinin göstergesidir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan örnek ekstraktlarından 100'er µl alınarak, üzerine 3,9 ml 0,1 mM DPPH (%80 metanolde) çözeltisi ilave edilerek karıştırılmıştır. Karıştırıldıktan sonra oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletilmiş ve süre sonunda spektrofotometrede (Thermo Scientific, ABD) 517 nm'de absorbansları okunmuştur. Örnek yerine 100 µl %80 metanol kullanılarak aynı şartlarda kontrol olarak kullanılmıştır. % DPPH radikali giderme aktivitesi formül 7 ile hesaplanmış ve sonuçlar IC₅₀ cinsinden verilmiştir.

$$\% \text{ DPPH Radikali Giderme Aktivitesi} = \frac{\text{Kontrol Absorbansı} - \text{Örnek Absorbansı}}{\text{Kontrol Absorbansı}} \quad (7)$$

3.2.4.8 Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Kurutulmuş ve yaş kırmızılahana örneklerindeki toplam monomerik antosiyanin miktarı spektrofotometrik yöntemle pH diferansiyel metoduna göre (Cemeroğlu, 2007) belirlenmiştir. Bu analiz için potasyum klorür tampon çözeltisi (pH 1,0) ve sodyum

asetat tampon çözeltisi (pH 4,5) kullanılmıştır. Örnekler, tampon çözelti ile absorbans 0,4-0,6 olacak şekilde seyreltilmiştir. 700 nm (A_{700}) ve en yüksek absorbans verdiği dalga boyunda (A_{max}) absorbanslar okunmuş ve değerler kaydedilmiştir. Sonuçlar formül 5'e göre hesaplanmıştır.

$$TMA = (A \times M_A \times SF \times 1000) / MS \quad (5)$$

$$A = (A_{max} - A_{700})_{pH1,0} - (A_{max} - A_{700})_{pH4,5}$$

A: Düzeltilecek hesaplanan absorbans farkı

TMA: Toplam antosiyanin miktarı

M_A : Standart antosiyaninin molekül ağırlığı

SF: Seyreltme faktörü

MS: Standart antosiyaninin molar absorpsiyon katsayısı

3.2.4.9 Renk tayini

L^* , a^* , b^* değerleri çığ, sıvı ve toz örnekte renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR400, Japonya) ile belirlenmiştir. C^* , H° ve ΔE değerleri formül 8, 9 ve 10 ile hesaplanmıştır (Malien-Aubert vd., 2001; Hunter, 1975).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (8)$$

$$H^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (9)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (10)$$

$$\Delta L = L_{standart} - L_{örnek}$$

$$\Delta a = a_{standart} - a_{örnek}$$

$$\Delta b = b_{standart} - b_{örnek}$$

3.2.4.10 Stabilite tayini

Elde edilen kırmızılahaana tozunda 2 aylık dönemde 15 günlük periyotta toplam antosiyanin ve antioksidan tayini yapılarak elde edilen tozun stabilitesi belirlenmiştir. Bunu yanı sıra enkapsüle edilmemiş örneklere de kontrol amaçlı stabilite tayini yapılmış ve enkapsülasyonun etkisi her iki kurutma metodu için ifade edilmiştir.

3.2.5 İstatistik analizler

Veriler Minitab 16.0 (Minitab Inc. State College, PA, ABD) paket programı kullanılarak %95 güven aralığında analiz edilmiştir. Verilerin analizinde çok yönlü general doğrusal model kullanılmıştır. Gruplar arasında anlamlı fark olup olmadığını belirlemek için Tukey's çoklu karşılaştırma test yapılmıştır. Her bir deney üç kez tekrarlanmıştır.



BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Ön İşlem Sonuçları

Yapılan parçalama sonucunda 6200 g kırmızılahanadan %54 (3350 g) lahana posası ve %46 (2850 ml) 8,1 brix kırmızılahana suyu elde edilmiştir.

4.2 Kurutma Sonuçları

4.2.1 Püskürtmeli kurutma sonuçları

Püskürtmeli kurutma sonucunda 860 ml 8,1 brix kırmızılahana suyundan 21,6 g toz ürün elde edilmiştir (% 2,51).

500 ml %10 maltodekstrin ilave edilmiş kırmızılahana suyundan ise 46 g toz ürün elde edilmiştir. (% 9,2).

4.2.2 Dondurarak kurutma sonuçları

Dondurarak kurutma sonucunda 500 ml 8,1 brix kırmızılahana suyundan 121 g toz ürün elde edilmiştir (% 24,2).

500 ml %10 maltodekstrin ilave edilmiş kırmızılahana suyundan ise 170 g toz ürün elde edilmiştir (% 34).

4.3 Kırmızılahana Tozunda Yapılan Analiz Sonuçları

4.3.1 Yığın yoğunluk, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunluğu

Kırmızılahana tozlarında elde edilen yoğunluk sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toz örneklerine ait ρ_B , ρ_T ve ρ_P değerleri

	FK	FM	SK	SM
ρ_B (Yığın Yoğunluk) g/ml	0,250 $\pm 0,003^C$	0,164 $\pm 0,001^D$	0,760 $\pm 0,013^A$	0,429 $\pm 0,003^B$
ρ_T (Sıkıştırılmış Yoğunluk) g/ml	0,400 $\pm 0,007^C$	0,256 $\pm 0,033^D$	0,846 $\pm 0,033^A$	0,522 $\pm 0,006^B$
ρ_P (Parçacık Yoğunluğu) g/ml	2,794 $\pm 0,09^C$	2,407 $\pm 0,131^C$	6,349 $\pm 0,449^A$	5,000 $\pm 0,0^B$

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. ($p < 0,05$)

Alınan sonuçlarda püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen toz ürünün partikül boyutu daha küçük olduğundan tün yoğunluk değerleri daha yüksek çıkmıştır. Dondurarak kurutmaya elde edilen ürünlerde toz ürünün kristalize yapısı yoğunluğa negatif etki etmiştir. Ayrıca maltodekstrin, yoğunluğu düşük bir madde olduğundan ilave edildiği örneğin yoğunluğunu düşürmüştür. Ancak düşük toz yoğunluğu, ürünün oksidasyonunu hızlandırmasından ötürü istenmeyen bir durumdur.

Tonon vd. (2010), yaptıkları bir çalışmada açai suyunu farklı kaplayıcı materyaller ile enkapsüle etmiş ve elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğunun 0,37 ile 0,48 g/ml arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Fazaeli vd. (2012), karadut suyunu püskürtmeli kurutucuda kurutmuş, elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğunu 0,35-0,55 g/mL değerleri arasında bulmuşlardır.

Özkan Güner (2017), püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozunun yoğunluğunun, dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen örnekten %134 daha yüksek yoğunluğa sahip olduğunu ortaya koymuştur.

4.3.2 Gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık

Sırasıyla formüller 2, 3, ve 4 kullanılarak hesaplanan gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık verileri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Toz örneklere ait ϵ , CI ve HR değerleri

	FK	FM	SK	SM
ϵ (Gözeneklilik) g/ml	0,857 $\pm 0,0069^B$	0,835 $\pm 0,00708^A$	0,866 $\pm 0,00451^B$	0,896 $\pm 0,00127^A$
CI (Akabilirlik) g/ml	% 37,5 $\pm 1,44^A$ (Kötü)	% 35,9 $\pm 0,47^A$ (Kötü)	% 10,1 $\pm 4,6^B$ (Çok İyi)	% 17,8 $\pm 1,85^B$ (İyi)
HR (Yapışkanlık) g/ml	1,601 $\pm 0,0374^A$ (Yüksek)	1,560 $\pm 0,0115^A$ (Yüksek)	1,115 $\pm 0,0558^B$ (Düşük)	1,218 $\pm 0,027^B$ (Orta)

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. ($p < 0,05$)

Gözeneklilik değerinin yüksek olması partiküller arasında fazla boşluk olması anlamına gelmektedir buda o boşlukta bulunan oksijene ile daha fazla maruz kalma anlamına gelmektedir. Akabilirlik kolayca hareket edebilme olarak tanımlanırken düşük değerler elde edilmesi istenmektedir. Elde edilen ürünün akabilirlik ve yapışkanlık değerleri paketlenme ve kullanım esnasında ürünün kullanımını etkileyen etmenler olduğundan önem taşımaktadır (Santhalakshmy vd., 2015).

Özkan Güner (2017) yaptığı çalışmada, fındık sütü tozunu maltodekstrin ile kapsüle ederek püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile elde etmiş, püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen tozların daha akışkan olduğunu, ayrıca maltodekstrinin akışkanlığı düşürdüğünü ortaya koymuştur.

Mol (2016) yaptığı çalışmada, kırmızılahana suyunu maltodekstrin ve gam arabik karışımı ile enkapsüle ederek püskürtmeli kurutma ile kurutmuş, Carr indeksini %17 olarak hesaplamıştır. Literatürde bulunan sonuçlar yapılan bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

4.3.3 Higroskopisite

Yapılan tayin sonucunda Çizelge 4.3.'teki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Toz örnekler için higroskopisite değerleri

	FK	FM	SK	SM
Higroskopisite g su /g toz ürün	0,1500 ±0,0005 ^C	0,1242 ±0,0002 ^D	0,2053 ±0,0003 ^A	0,1570 ±0,0004 ^B

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Alınan sonuçlarda daha düşük nem içeren (Çizelge 4.5.) püskürtmeli kurutma örnekleri daha fazla nem almıştır. Ayrıca enkapsülasyonun higroskopisiteyi, dondurarak kurutma yönteminde %17,2; püskürtmeli kurutma yönteminde %13,6 azalttığı saptanmıştır. Higroskopisitenin püskürtmeli kurutulmuş örneklerden maltodekstrin kaplananda daha düşük çıkması maltodekstrin kaplamanın etkili olduğu anlamına gelmektedir. Düşük yapışkanlık ve higroskopisite değerleri ürün verimini arttırdığı göz önüne alınırsa maltodekstrin kaplama her iki yöntemde de ürün verimini arttırmıştır denilebilmektedir (Jafari vd., 2017; Shishir ve Chen, 2017).

4.3.4 Ürün verimi

Toplam verim ve yalnızca kurutma için hesaplanan verim Çizelge 4.4.'teki gibidir.

Çizelge 4.4. Toz ürün verimi (100 g taze kırmızılahana ve 100 ml kırmızılahana suyu cinsinden)

	FK	FM	SK	SM
% Verim g toz ürün /100 g taze kırmızılahana	11,16	15,68	1,16	4,24
% Verim (Kurutma) g toz ürün /100 ml kırmızılahana suyu	24,20	34,00	2,51	9,20

Çizelge 4.4.'te görüldüğü üzere dondurarak kurutma yönteminde nicel verim kaplanmamış örnekte %86,4, kaplanmış örnekte ise %270 daha yüksektir. Ayrıca dondurarak kurutmada elde edilen ürün ısı işleme maruz kalmadığı için görsel ve

duyusal (renk, koku, tat vb.) değerleri çok daha olumludur. Ancak püskürtmeli kurutma yöntemi çok daha düşük yatırım maliyeti, son ürün üzerinde kontrolün daha fazla olması (istenen nem ve partikül boyutunda ürün üretilmesi, dolayısıyla kalite/verim dengesinin istenildiği Şekilde ayarlanabilir olması) avantajlarını beraberinde getirmektedir. Ayrıca dondurarak kurutmanın günler veya haftalar (bu çalışma özeline 1 lt sıvı ürün için 14 gün), püskürtmeli kurutmanın ise aynı sıvı hacmini olarak birkaç dakika veya saatte (bu çalışma özeline 1 lt için 4-5 saat) kurutmayı tamamlaması özellikle endüstride göz ardı edilemeyecek bir verim etkenidir.

Ayrıca enkapsülasyonun her iki kurutma yönteminde de verimi arttırdığı gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeni maltodekstrinin doku üzerinde neden olduğu değişikliklerdir. Fotoğraf 4.1.'de görüldüğü üzere püskürtmeli kurutma sırasında enkapsüle edilmemiş toz ürün çoğunlukla kurutucu i yüzeyine ve ürün haznesine yapışırken, Fotoğraf 4.2.'de görüldüğü üzere enkapsüle edilmiş toz ürün herhangi bir yzeze yapışmamıştır. Maltodekstrin kullanımının meyve sularının püskürtmeli kurutulmasında ürün verimini arttırdığı ve fiziksel özellikleri iyileştirdiği literatür tarafından da desteklenmektedir (Tontul ve Topuz, 2017).



(a)

(b)

Fotoğraf 4.1. Enkapsüle edilmemiş (SK) rneğin kurutulması sonunda püskürtmeli kurutucu i yüzeyi (a) ve haznesi (b)



Fotoğraf 4.2. Enkapsüle edilmiş (SM) örneğin kurutulması sonunda püskürtmeli kurutucu haznesi

4.3.5 Nem ve su aktivitesi

Yapılan ölçümler sonucunda Çizelge 4.5.'teki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Toz örneklerle ait nem ve su aktivitesi değerleri

	FK	FM	SK	SM
Nem (%)	11,16	15,68	1,16	4,24
Su Aktivitesi	0,38	0,42	0,12	0,18

Mol (2016) yaptığı çalışmada, enkapsüle kırmızilahana tozlarının nem değerini %3,4; su aktivitesi değerini ise 0,29 olarak ölçmüştür.

Silva (2013), Jaboticaba meyvesinin mikroenkapsülasyonu için yaptığı optimizasyon çalışmasında enkapsüle ürünlerin nem değerini %2,11-6,76 arasında ölçmüştür.

Laokuldilok ve Kanha (2015) siyah pirinç antosiyaninleri enkapsülasyonunda püskürtmeli kurutucu kullandıkları bir çalışmada kapsüle edilen örneklerin nem içeriğini % 2,47-6,85; su aktivitesini ise 0,27-0,48 değerleri arasında ölçmüş ve su

aktivitesinin 0,6'nın altında olduğu için çoğu mikroorganizmanın gelişiminin engellenebileceğini belirtmiştir.

Horszwald (2013) yaptığı çalışmada, aronya meyvesinden dondurarak ve püskürtmeli kurutma yöntemleri ile elde ettiği tozlarının nem içeriğini sırası ile %4,05 ve %2,97 ölçmüştür.

4.3.6 Toplam asitlik, pH ve kül

Yapılan analizler sonucunda çiğ lahana suyunda 0,015 g sitrik asit /100 ml toplam asitlik ve 6,45 pH değerleri saptanmıştır. Toz ürünlere ait kül değerleri ise Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Toz örneklerle ait kül değerleri

	FK	FM	SK	SM
Kül g /100g toz ürün	6,6923 ±0,13 ^B	9,7536 ±0,028 ^A	6,6747 ±0,11 ^B	9,7280 ±0,09 ^A

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Januškevičius vd. (2012) bazı sebzelerin kimyasal kompozisyonunu araştırdığı bir çalışmada taze kırmızılahanada kuru madde üzerinden kül miktarını %8,50±0,02 olarak tespit etmiştir.

4.3.7 Antioksidan aktivitesi

Yapılan analizlerin sonuçları IC₅₀ toz ürün (%50 inhibisyon sağlayan toz ürün miktarı) ve IC₅₀ g kırmızılahana (IC₅₀ toz ürün değerindeki kırmızılahana miktarı) cinsinden Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. IC₅₀ toz ürün ve IC₅₀ g kırmızılaha cinsinden antioksidan aktivitesi

	FK	FM	SK	SM
IC ₅₀ g toz ürün	29,10 ±0,38 ^D	63,74 ±0,40 ^B	33,53 ±0,11 ^C	65,37 ±1,17 ^A
IC ₅₀ g kırmızılaha	0,291 ±0,004 ^E	0,285 ±0,002 ^E	0,335 ±0,01 ^E	0,293 ±0,01 ^E

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Sugiastuti vd. (2011) yaptıkları çalışmada çiğ, buğulanmış ve haşlanmış kırmızılaha örneklerinin IC₅₀ değerleri araştırmış ve piyasada antioksidan katkı maddesi olarak çokça kullanılan vitamin C ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada çiğ, buğulanmış ve haşlanmış kırmızılahanaların IC₅₀ değerlerinin sırasıyla 35,84; 56,83; 80,07 µg/ml olduğu, vitamin C'nin IC₅₀ değerinin ise 7,39 µg/ml olduğu ifade edilmektedir. Isıl işleme tabi tutulan kırmızılahananın IC₅₀ değerinin artması ve dolayısıyla antioksidan aktivitesinin azalması elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Yavuzdurmaz (2013), yaptığı çalışmada üzüm çekirdeği ekstraktında DPPH yöntemini kullanarak antioksidan aktivitesini araştırmış, IC₅₀ değerinin 1.31±0,05 µl/ml olduğunu ortaya koymuştur. Üzüm çekirdeği ekstraktı ile bu çalışmadaki kırmızılaha örnekleri kurumaddelerine göre kıyaslandığında kırmızılahananın daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.

Türker (2019) çeşitli sebze sularını fermente ettiği çalışmasında fermente edilmemiş kırmızılaha suyunun antioksidan aktivitesinin 16,48 µmol troluks/ml, fermente edilmiş kırmızılaha suyunun antioksidan aktivitesinin ise 15,06 µmol troluks/ml olduğunu ortaya koymuştur.

Özdoğan (2015) ise yaptığı çalışmada ham kırmızılahananın antioksidan kapasitesinin 11,27 µmol troluks/ml olduğunu ortaya koymuştur.

4.3.8 Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Toz ürünlerde toplam monomerik antosiyanin miktarları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Toplam monomerik antosiyanin miktarları

	FK	FM	SK	SM
Toplam Monomerik Antosiyanin mg /kg toz üründeki kırmızılaha	7321,70 ±4,00 ^C	9039,70 ±37,00 ^A	6952,00 ±6,90 ^D	7811,00 ±31,20 ^B

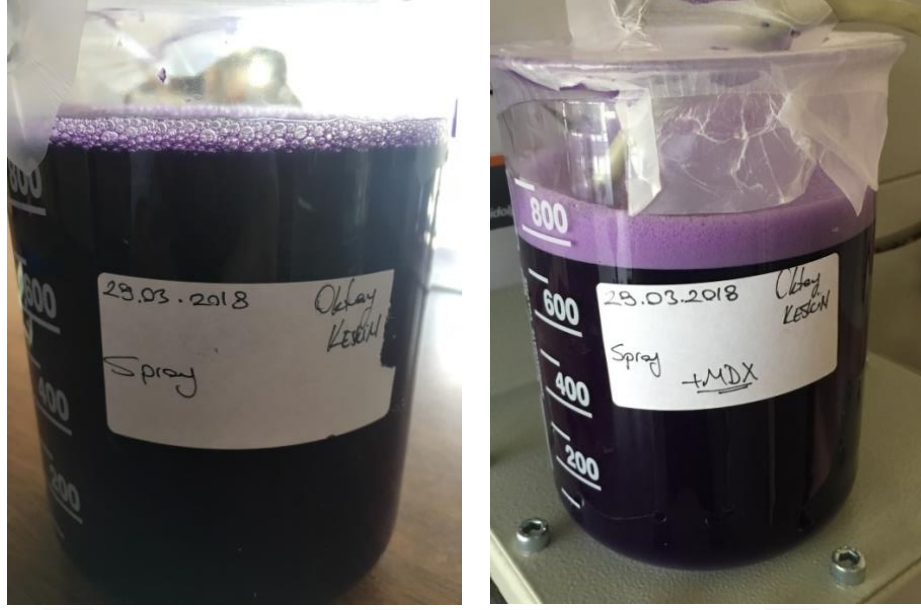
Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Bridle ve Timberlake (1997) yaptıkları çalışmada, kırmızılaha taze ağırlık üzerinden 69-94 mg/100g antosiyanin bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları %8,1 suda çözünür kurumadde için hesaplandığında toz ürün için sonuçlarımız 56 (SK) - 73 (FM) mg/100g aralığındadır. Sonuçların kurutulan örnekler için olduğu göz önüne alındığında literatür ile paralellik göstermektedir.

Türker (2019) çeşitli sebze sularını fermente ettiği çalışmasında fermente edilmemiş kırmızılaha suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının 343,68±6,73; fermente edilmiş kırmızılaha suyunun toplam monomerik antosiyanin miktarının ise 350,70 mg/l olduğunu ortaya koymuştur.

4.3.9 Renk tayini

L*, a*, b* C*, H° ve ΔE değerleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Kırmızılaha sularının kurutulmamış örneklere ait renk değerleri kurutma yöntemlerine göre kıyaslandığında, püskürtmeli kurutma yönteminde toplam renk değişiminin daha yüksek olduğu görülmüştür. Fotoğraf 4.3.'te görüldüğü üzere enkapsüle örneklerde daha açık renkli tozlar elde edilmiştir. Ancak kurutulmamış kırmızılaha suyunda enkapsülasyonun rengi çok daha az etkilediği ortaya koyulmuştur.



(a)

(b)

Fotoğraf 4.3. Kapsüle edilmemiş “CK” (a) ve kapsüle edilmiş “CM” (b) çığ (kurutulmamış) örneklerdeki renk farkı

Çizelge 4.9. Sıvı ve toz örneklere ait renk değerleri

	CK	CM	FK	FM	SK	SM
L*	22,10 ±0,07 ^E	35,79 ±1,43 ^C	27,96 ±0,016 ^D	41,98 ±0,09 ^B	27,14 ±0,08 ^D	56,78 ±0,05 ^A
a*	14,31 ±0,12 ^D	19,36 ±1,98 ^C	15,08 ±0,16 ^D	24,11 ±0,15 ^B	23,98 ±0,09 ^{AB}	27,71 ±0,02 ^A
b*	-3,82 ±0,05 ^A	-5,31 ±0,21 ^C	-4,35 ±0,03 ^B	-5,51 ±0,02 ^C	-13,04 ±0,01 ^D	-15,82 ±0,02 ^E
C*	14,81 ±0,10 ^E	20,08 ±1,60 ^D	15,70 ±0,12 ^E	24,73 ±0,12 ^C	27,30 ±0,07 ^B	31,91 ±0,02 ^A
H°	-14,92 ±0,31 ^B	-15,46 ±0,82 ^B	-15,99 ±0,31 ^B	-12,95 ±0,0 ^A	-28,51 ±0,26 ^C	-29,68 ±0 ^D
ΔE	-	-	5,93 ±0,21 ^C	7,83 ±1,88 ^C	14,28 ±0,04 ^B	24,94 ±1,57 ^A

Her satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Çizelge 4.9.’da L* değeri parlaklığı, C* değeri renk doygunluğunu, H° değeri renk ton açısını, ΔE ise toplam renk değişimini ifade etmektedir. ΔE değerleri hesaplanırken FM ve SM değerlerinin CM’den farkı, FK ve SK değerlerinin CK’den farkı hesaplanmıştır.

Dondurarak kurutulan örneklerde toplam renk değişimi %60 ila 70 daha düşüktür. Böylece enkapsülasyonun renk stabilitesi üzerine etkisi bariz bir şekilde görülmüştür.

Mol (2016) yaptığı çalışmada, püskürtmeli kurutma ile kurutulan ve maltodekstrin ile enkapsüle edilen kırmızilahana tozlarının renk parametrelerini sırası ile $67,68 \pm 0,4$; $-2,15 \pm 0,02$; $-10,44 \pm 0,09$; $258,36 \pm 0,03$ ve $10,65 \pm 0,28$ olarak ölçmüştür. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatür sonuçları karşılaştırıldığında, bu çalışmada aynı yöntemle kurutulan üründe toplam renk değişimi (ΔE) daha düşük olduğu görülmektedir (Mol, 2016).

Horszwald (2013) yaptığı çalışmada, aronya meyvesinden dondurarak ve püskürtmeli kurutma yöntemleri ile elde ettiği tozlarının renk değerlerini kontrol ettiğinde L değerlerini sırası ile $24,35 \pm 0,14$ ve $24,03 \pm 0,09$; a* değerlerini $22,48 \pm 0,26$ ve $33,61 \pm 0,05$; b* değerlerini $4,50 \pm 0,11$ ve $10,19 \pm 0,06$; ΔE değerlerini $33,45 \pm 0,18$ ve $42,57 \pm 0,05$ ölçmüştür. Sonuçlardan özellikle ΔE değerleri arasındaki ilişki bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

4.3.10 Stabilite tayini

Stabilite tayini için 15 günlük aralarla antioksidan tayini ve monomerik antosiyanin analizleri tekrar edilmiş, 4 ürünün stabiliteleeri araştırılmıştır.

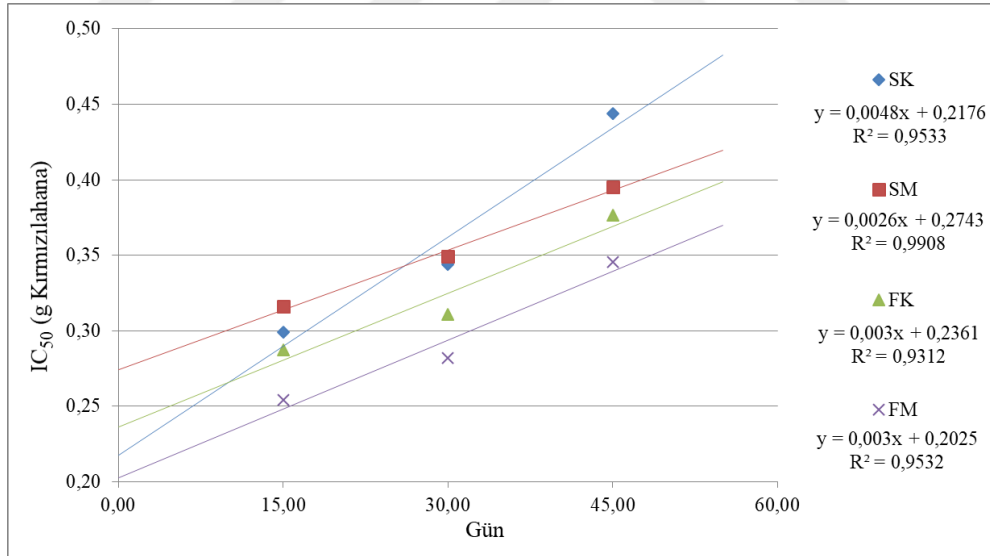
4.3.10.1 Antioksidan stabilitesi

Antioksidan stabilitesi IC_{50} g toz ürün ve IC_{50} toz üründeki g lahana cinsinden Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. IC₅₀ toz ürün ve IC₅₀ g lahana cinsinden antioksidan stabilitesi

	Gün	FK	FM	SK	SM
IC ₅₀ g Toz Ürün	0	29,091 ±0,380 ^{JK}	63,908 ±0,400 ^{JKL}	33,534 ±0,110 ^{FGHI}	65,358 ±1,170 ^{JK}
	15	28,749 ±0,047 ^{JK}	56,762 ±0,229 ^{JKL}	29,917 ±0,193 ^{JK}	70,624 ±2,380 ^{GHIJ}
	30	31,098 ±0,266 ^{IJK}	63,053 ±1,002 ^L	34,376 ±0,417 ^{EFGH}	77,992 ±2,917 ^{CDEF}
	45	37,624 ±0,015 ^B	77,183 ±0,023 ^{DEFG}	44,376 ±0,077 ^A	88,310 ±4,450 ^{BCD}
	60	31,021 ±2,744 ^{HIJK}	82,362 ±0,916 ^{BCDE}	36,247 ±0,687 ^{CDEF}	85,376 ±0,609 ^{BC}
IC ₅₀ g Kırmızılaha	0	0,2909 ±0,003 ^{JK}	0,2852 ±0,001 ^{JKL}	0,3353 ±0,001 ^{FGHI}	0,2925 ±0,005 ^{JK}
	15	0,2874 ±0,0005 ^{JK}	0,2540 ±0,001 ^L	0,2991 ±0,002 ^{JK}	0,3161 ±0,013 ^{GHIJ}
	30	0,3110 ±0,003 ^{IJK}	0,2822 ±0,005 ^{KL}	0,3438 ±0,005 ^{EFGH}	0,3488 ±0,015 ^{CDEF}
	45	0,3757 ±0,024 ^B	0,3454 ±0,0001 ^{DEFG}	0,4409 ±0,0009 ^A	0,3762 ±0,0001 ^{BCD}
	60	0,3130 ±0,033 ^{HIJK}	0,3686 ±0,005 ^{BCDE}	0,3588 ±0,008 ^{CDEF}	0,3792 ±0,003 ^{BC}

Tablodaki farklı harfler istatistiksel açıdan farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

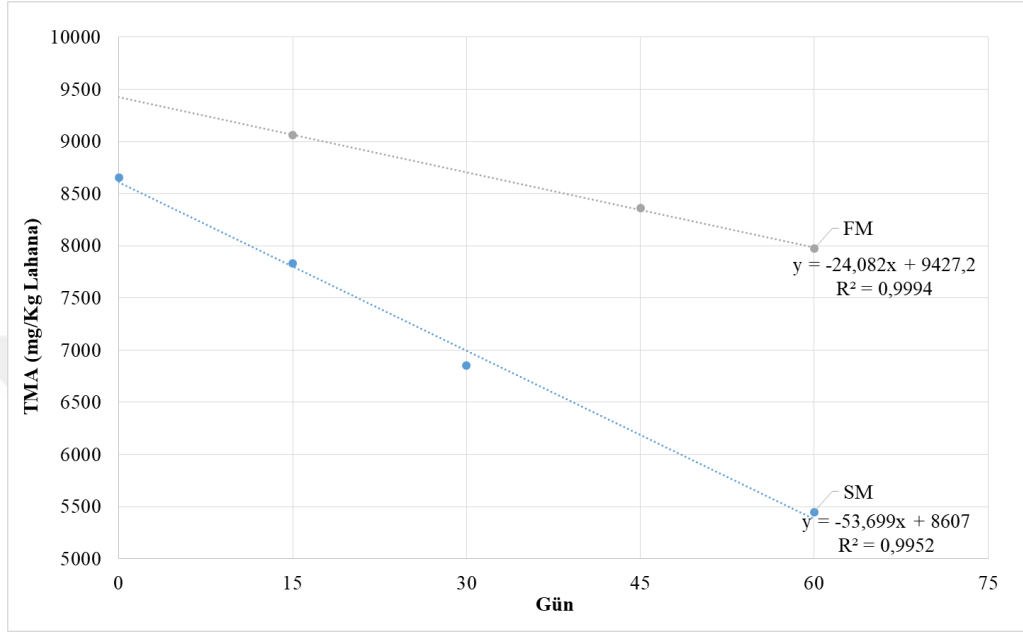


Şekil 4.1. Toz ürünlerin, ürünlerdeki g kırmızılaha cinsinden IC₅₀ değerlerinin zamana karşı değişimi

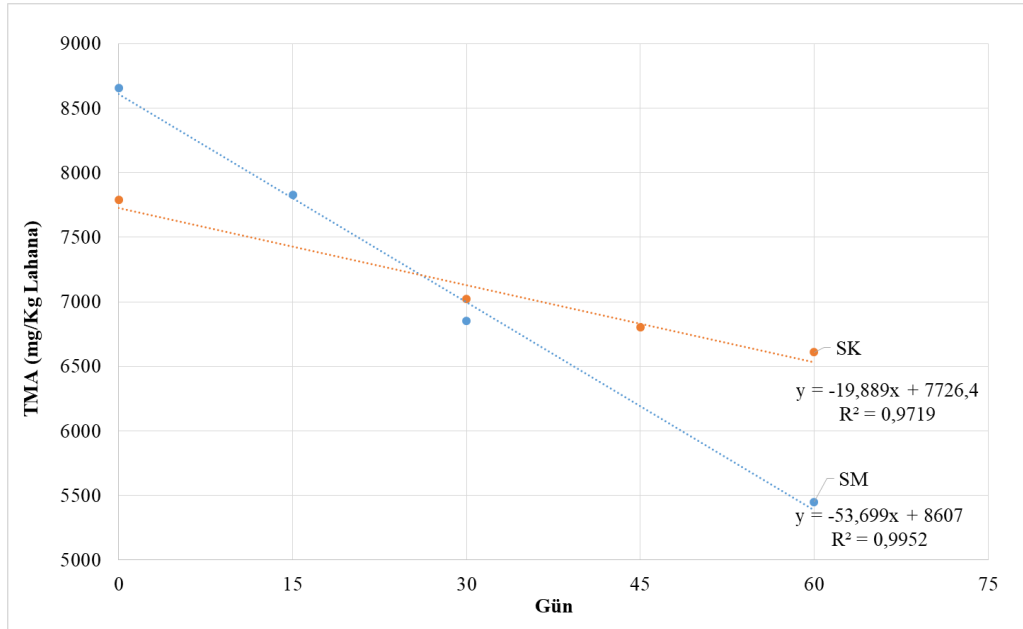
Antioksidan aktivite değerini ölçmede kullanılan IC₅₀ değeri; enkapsüle edilmiş püskürtmeli kurutma ile kurutulmuş örneklerde %25 artış gösterirken dondurularak kurutulan örneklerde %34,91 artmıştır.

4.3.10.2 Toplam monomerik antosiyanin stabilitesi

Kurutma yönteminin ve enkapsülasyonun toplam monomerik antosiyanin stabilitesine etkisi Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Kurutma yönteminin toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi



Şekil 4.3. Enkapsülasyonun toplam monomerik antosiyanin miktarına etkisi

Şekil 4.3.'te, SM örneğinin SK örneğinden daha yüksek hızda düşmesinin sebebi, maltodekstrin ile birlikte toplamda %18,1 suda çözünür kuru maddenin %8,1'lik kısmını oluşturan kırmızılaha kurumaddesindeki antosiyanin miktarı düşerken; %10'luk kısmını oluşturan maltodekstrin miktarının sabit kalmasıdır. Ancak buna rağmen, bu durumun hesaplanamaması nedeniyle kurumaddenin tamamının (18,1) kırmızılahaadan geldiği kabul edilmesidir. Ancak zaman geçtikçe antosiyanin miktarı azalırken antosiyanin/maltodekstrinli kurumadde oranı enkapsüle edilmemiş örneğe göre daha hızlı azalmaktadır.

Kurutma yönteminin enkapsüle edilen toz örneklerde toplam monomerik antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelendiğinde dondurularak kurutulan örneklerde %11,60 azalma gözlenirken, püskürtme yöntemi ile kurutulan örneklerde %29,93 azalma gözlenmiştir.

Mol (2016) yaptığı çalışmada, aynı kurutma yöntemlerinde kırmızılaha antosiyanin tutulma oranının %77,21-86,01 değerleri arasında olduğunu hesaplamıştır.

Yine bir çalışmada Bordo üzümü atıkları püskürtmeli kurutucuda enkapsüle edilmiş ve fizikokimyasal özellikleri ile renk stabilitesi araştırılmış, besleme sıcaklığı ve kaplayıcı materyal (maltodekstrin) oranının antosiyanin tutulma oranını etkilediği, bu oranların %88,36-97,35 değerleri arasında bulunduğu belirtilmiştir (de Souza vd., 2015).

BÖLÜM V

SONUÇLAR

Yapılan çalışmada püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemleri maltodekstrin enkapsülasyonu ile varyasyon sayısı arttırılarak karşılaştırılmış, bu karşılaştırma 2 ay süreyle tekrarlanarak farklı kurutma yöntemlerinin ve enkapsülasyonun renk maddesinin stabilitelere etkisi kontrol edilmiştir.

Çalışma ile kırmızılahanadan elde edilen renk maddesinde maltodekstrin enkapsülasyonunun; verim, antioksidan kapasitesi ve antosiyanin miktarı üzerine etkisini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca karşılaştırılan iki farklı kurutma yönteminden dondurarak kurutma; çok daha yüksek verimle, son ürünün kimyasal ve fiziksel özellikleri çok daha iyi ürün elde edildiği yöntem olurken, püskürtmeli kurutmaya oranla onlarca kat daha fazla yatırıma ve uzun kurutma süresine ihtiyaç duyması nedeniyle daha yüksek maliyetlerle ürün üretilmesine neden olmaktadır. Ancak piyasada az da olsa gıda ürünü (granül kahve vb.) dondurarak kurutma yöntemiyle üretilirken, bu ürünler “gold” gibi ürün adlarıyla daha yüksek fiyatlara satılabilmektedir. Bu bağlamda yatırımın ve maliyetin artması, daha nitelikli ve özel bir ürün üretilmesi avantajını beraberinde getirdiği için üretilen ürün çok daha yüksek kar marjı ile satılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmad, V.U., “Bioavailability of anthocyanins”, *Handbook of Natural Products Data; Elsevier Science*, Amsterdam, 1994.

Ahmadiani, R., Robbins, J., Collins, T. M. and Giusti, M. M., “Anthocyanins contents, profiles, and color characteristics of red cabbage extracts from different cultivars and maturity stages”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, 7524–7531, 2014.

Altuğ T., Gıda katkı maddeleri. 3. Baskı., *Sidas*, İzmir, 2009.

Arapitsas P. and Turner C., “Pressurized solvent extraction and monolithic column-HPLC/DAD analysis of anthocyanins in red cabbage”, *Talanta* 74(5), 1218-1223, 2008.

Andersen, O.M. and Markham, K.R., “Flavonoids: Chemistry, Biochemistry, and Applications”, *CRC Press*, Boca Raton, FL, 2006.

Anonim, TS 1728, “Meyve Sebze Mamullerinde pH Tayini”, *Ankara Türk Standartları Enstitüsü*, 1974.

Anonim, AOAC Official Methods of Analysis of the Association Agricultural Chemists. Board William Harwitz, Chairman and Ed. Committee on Editing Methods of Analysis. Chichilo, P., Clifford P.A., Reynolds H. (10th ed). *Association of official analytical chemists*, Washington, DC, 1995.

Anwar S. H., Weissbrodt J. and Kunz B., “Microencapsulation of Fish Oil by Spray Granulation and Fluid Bed Film Coating”, *Journal of Food Science* 75(6), E359-E371, 2010.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), Official Methods of Analysis of the *Association of Official Analytical Chemists*, 18th ed. AOAC Press, Gaithersburg, MD, 2006.

Avaltroni, F., Bouquerand, P.E. and Normand, V., “Maltodextrin molecular weight distribution influence on the glass transition temperature and viscosity in aqueous solutions”, *Carbohydrate Polymer* 58, 323–324, 2004.

Aydoğan Türkay, H., Kırmızı lahana antosiyanin ekstraktlarının ısı ve ışık stabiliteilerinin belirlenmesi ve doğal gıda renklendiricisi olarak kullanımları, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat, 2017.

Barbosa-Cánovas G.V., Ortega-Rivas E. and Juliano P., Yan H., Food Powders. Physical Properties. Processing. and Functionality. 1st ed., *Springer*, New York, 2005.

Birks, S., “The potential of carrots”, *Food-Manufacture* 47(4), 22–23, 1999.

Blois M.S., “Antioxidant Determinations by The Use of Stable Free Radical”, *Nature* 1199-1200, 1958.

Bridle, P. and Timberlake, CF., “Anthocyanins as natural food colours—selected aspects”, *Food Chemistry* 58(1–2), 103-109, 1997.

Cai, Y. Z. and Corke, H., “Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments”, *Journal of Food Science* 65(6), 1248–1252, 2000.

Cemeroğlu, B., Gıda Analizleri 3. Baskı, *Bizim Büro Basımevi*, Ankara, 2007.

Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B. and Lee, J., “Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom”, *Food Chemistry* 99, 381-387, 2006.

Ciurzyńska A., Lenart A., “Freeze-Drying - Application in Food Processing and Biotechnology - A Review”, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 61(3), 165-171, 2011.

Clifford, M. N., “Anthocyanins nature, occurrence and dietary burden”, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 1063–1072, 2000.

Commission Regulation (EU), “No. 231/2012 of 9 March 2012 laying down specifications for food additives listed in Annexes II and III to Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council”, *Official Journal of the European Union* 83/1, 2012.

Çakmakçı S., Gıda katkı maddeleri. 7. Baskı., *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi*, Erzurum, 2012.

de Souza V. B., Thomazini M., Balieiro J. C. d. C. and Fávoro-Trindade C. S., “Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*)”, *Food and Bioprocess Processing* 93, 39-50, 2015.

Degenhardt, A., Knapp, H. and Winterhalter, P., “Separation and purification of anthocyanins by high-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 48(2), 338–343, 2000.

Desai K. G. H. and Park H. J., “Recent developments in microencapsulation of food ingredients”, *Drying Technology* 23, 1361–1394, 2005.

DeZarn, T.J., “Food ingredient encapsulation. In: Risch, S. J., & Reineccius, G., Encapsulation and controlled release of food ingredients”, *American Chemical Society, Washington*, DC, 1995.

Dyrby, M., Westergaard, N. and Stapelfeldt, H., “Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems”, *Food Chemistry* 72(4), 431-437, 2001.

Fernandez-Lopez, J., Angosto, J., Gimenez, P. and Leon, G., “Thermal stability of selected natural red extracts used as food colorants”, *Plant Foods for Human Nutrition* 68, 11–17, 2013.

Giusti, M. M., and Wrolstad, R. E., “Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems”, *Biochemical Engineering Journal* 14, 217–225, 2003.

FDA (Foods and Drug Administration), Color Additives in Foods, MD, USA, 2019.

Gökmen S., Palamutoğlu R. ve Sariçoban C., “Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları” *Electronic Journal of Food Technologies* 7(1), 36-50, 2012.

Horszwald, A., Julien, H. and Andlauer, W., “Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes.”, *Food Chemistry* 141(3), 2858–2863, 2013.

Huang, T.H.S., Peng, G. and Kota, B.P., “Pomegranate flower improves cardiac lipid metabolism in a diabetic rat model: role of lowering circulating lipids”, *British Journal of Pharmacology* 145, 767–774, 2005.

Hunter, R.S., Scales for the measurements of color difference. In *The Measurement of Appearance*. *John Wiley & Sons*, New York, 1975.

Jafari, S. M., Ghalenoei, M. G. and Dehnad, D., “Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder”. *Powder Technology* 311, 59-65, 2017.

Januškevičius A., Januškevičienė G. and Andrulevičiūtė V., “Chemical composition and energetic values of selected vegetable species in Lithuanian supermarkets”, *Vet Zoo* 58, 8-12, 2012.

Jinapong, N., Suphantharika, M. and Jamnong, P., “Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration”, *Journal of Food Engineering* 84(2), 194-205, 2008.

Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., Koca, N. ve Soyer Y., “Antioxidant Activity of Selected Fruits and Vegetables Grown in Turkey”, *Turk J Agric For* 29, 297-303, 2005.

Kırmacı, V., Dondurarak Kurutma Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneylerinin Yapılması, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2008.

Lansky, E.P. and Newman, R.A., “Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer”, *Journal of Ethnopharmacology* 109, 177–206, 2007.

Laokuldilok T. and Kanha N., “Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying”, *LWT - Food Science and Technology* 64(1), 405-411, 2015.

Liapis A.I. and Bruttini R., Mathematical Models for the Primary and Secondary Drying Stages of the Freeze-Drying of Pharmaceuticals on Trays and in Vials, Editors: Turner I., Mujumbar S.A., Mathematical Modelling and Numerical Techniques in Drying Technology, 1st ed., *Marcel Dekker Inc.*, New York. 481-535, 1997.

Mahdavee Khazaei K., Jafari S. M., Ghorbani M. and Hemmati Kakhki A., “Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color”. *Carbohydrate Polymers* 105(1), 57-62, 2014.

Malien-Aubert, C., Dangles, O. and Amiot, M. J., “Color stability of commercial anthocyanin based extracts in relation to the phenolic composition. protective effects by intra- and intermolecular pigmentation”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 170–176, 2001.

Masters, K., Spray drying in practice. *SprayDryConsult*, Danimarka, 2002.

McGhie, T.K. and Walton, M.C., “The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding”, *Molecular Nutrition & Food Research* 51, 702–713, 2007.

Mellor, J. D., Fundamentals of freeze-drying, *Academic Press*, Londra, 1978.

Mol, Z., Kırmızılahana (*Brassica oleracea* L.)’dan ekstrakte edilen antosiyaninler ile doğal mavi renk maddesi üretimi ve enkapsülasyon tekniği ile stabilitesinin artırılması, Yüksek Lisans Tezi, *O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 2016.

Morgan, K. and Ofman, J., “Glucagel, a gelling α -glucan from barley”, *Cereal Chemistry* 75, 879-881, 1998.

Opara, L.U., Al-Ani, M.R. and Al-Shuaibi, Y.S., “Physicochemical properties, vitamin C content and antimicrobial properties of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.)”, *Food Bioprocess Technology* 2, 315–321, 2009.

Özdoğan, K., Geleneksel ve ultrasonik yöntemlerle kırmızı lahana antosiyaninlerinin ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat, 2019.

Özkan Güner, K., Fındık hammaddesinden püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile fındık sütü tozu eldesi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *İ.Z.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2017.

Podsedek, A., “Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables: A review”, *Food Science and Technology* 40, 1–11, 2007.

Ratti, C., “Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review”, *Journal of Food Engineering* 49(4), 311-319, 2001.

Rekha, C., Poornima, G., Manasa, M., Abhipsa, V., Devi, J.P., Kumar, H.T.V. and Kekuda, T.R.P., “Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe citrus fruits”, *Chem. Sci. Trans.* 1 303–310, 2012.

Santhalakshmy, S., Bosco, S., Francis, S. and Sabeena, M., “Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder”, *Powder Technology* 274, 37-43, 2015.

Shahidi, F., and Han, X.Q., “Encapsulation of food ingredients”, *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 33, 501–547, 1993.

Shishir, M., R., I., Chen, W., “Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices”. *Trends in Food Science & Technology* 65, 4967, 2017.

Silva, P. I., Stringheta P. C., Teófilo R. F. and Oliveira I. R. N., “Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses”, *Journal of Food Engineering* 117(4), 538-544, 2013.

Sugiastuti, S., Farida, Y. and Putri, P. S., “Antioxidant activity of white and red cabbage (*brassica oleracea* L. Var *capitata* L) using DPPH”, *2nd International Conference on Pharmacy and Advanced Pharmaceutical Sciences in Yogyakarta*, Indonesia, July 19-20, 2011.

Suhag, Y., Nayik, G.A. and Nanda, V., “Effect of gum arabic concentration and inlet temperature during spray drying on physical and antioxidant properties of honey powder”, *Journal of Food Measurement and Characterization* 10(2), 350-356, 2016.

Şimşek, H., Gıda Katkı Maddeleri Rehberi, 2. Baskı, *Lemi Yayınevi*, İstanbul, 2011.

Tonon, R. V., Brabet C. and Hubinger M. D., “Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents”, *Food Research International* 43(3), 907-914, 2010.

Tontul, I. and Topuz, A., “Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties”, *Trends in Food Science and Technology* 63, 91-102, 2017.

Tsai, P.-J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B., and Jordan, B. R., “Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract”, *Food Research International* 35, 351– 356, 2002.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), Bitkisel Üretim İstatistikleri, Ankara, 2018.

Türker, M., Bazı sebzelerden fermente sebze suyu üretimi ve fermentasyonun sebze sularının antioksidan aktivitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, **Ç.O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Çanakkale, 2019.

USDA (United States Department of Agriculture), Agricultural Research Service, Sr Legacy FDC ID: 169977 NDB Number:11112, Washington DC, 2019.

Volden, J., Borge, G. I. A., Bengtsson, G. B., Hansen, M., Thygesen, I. E., and Wicklund, T., “Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. capitata f. rubra)”, **Food Chemistry** 109, 595–605, 2008.

Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ., “Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)”, **Ege Üniversitesi Basım Evi**, Bornova-İzmir, 44 s. 2000.

Wiczowski, W., Szawara-Nowak, D., and Topolska, J., “Red cabbage anthocyanins: Profile, isolation, identification, and antioxidant activity”, **Food Research International** 51, 303–309, 2013.

Yavuzdurmaz, H., Antimicrobial, antioxidant properties and chemical composition of some spices/herbs, PhD Thesis, **İİT**, İzmir, 2019.

Yonekura-Sakakibara, K., Nakayama, T., Yamazaki, M. and Saito, K., “Modification and stabilization of anthocyanins”, In Anthocyanins; Winefield, C., Davies, K., Gould, K., Eds., **Springer**, New York, 169–190, 2009.

Zielinska, M., Lewandowska, U., Podsek, A., Cygankiewicz, A. I., Jacenik, D., Sałaga, M., Kordek, R., Krajewska, W. M., and Fichna, J., “Orally available extract from *Brassica oleracea* var. capitata rubra attenuates experimental colitis in Mouse models of inflammatory bowel diseases”, **Journal of Functional Foods** 17, 587–599, 2015.

EKLER

Ek-A Varyans Analiz Tabloları

Yapışkanlık

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,508408	0,508408	261,84	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,003008	0,003008	1,55	0,248
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,016875	0,016875	8,69	0,018
Error	8	0,015533	0,001942		
Total	11	0,543825			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0440643	97,14%	96,07%	93,57%

Akabilirlik

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,155724	0,155724	154,32	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,002852	0,002852	2,83	0,131
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,006580	0,006580	6,52	0,034
Error	8	0,008073	0,001009		
Total	11	0,173229			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0317661	95,34%	93,59%	89,51%

Gözeneklilik

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,000120	0,000120	2,63	0,144
MDX KAPLAMA	1	0,003201	0,003201	69,97	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,000040	0,000040	0,88	0,375
Error	8	0,000366	0,000046		
Total	11	0,003728			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0067639	90,18%	86,50%	77,91%

Ek-A (Devam)

Partikül Yoğunluğu

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,000120	0,000120	2,63	0,144
MDX KAPLAMA	1	0,003201	0,003201	69,97	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,000040	0,000040	0,88	0,375
Error	8	0,000366	0,000046		
Total	11	0,003728			

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,0067639	90,18%	86,50%	77,91%

Sıkıştırılmış Yoğunluk

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,380208	0,380208	861,17	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,164736	0,164736	373,13	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,024661	0,024661	55,86	0,000
Error	8	0,003532	0,000441		
Total	11	0,573138			

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,0210119	99,38%	99,15%	98,61%

Yığın Yoğunluk

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,449694	0,449694	6042,92	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,130000	0,130000	1746,92	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,045019	0,045019	604,96	0,000
Error	8	0,000595	0,000074		
Total	11	0,625308			

Model Summary

S	R-sq	R-sq (adj)	R-sq (pred)
0,0086265	99,90%	99,87%	99,79%

Ek-A (Devam)

Kül

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,0014	0,0014	0,05	0,821
MDX KAPLAMA	1	28,0435	28,0435	1079,36	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,0000	0,0000	0,00	0,968
Error	8	0,2079	0,0260		
Total	11	28,2528			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,161188	99,26%	98,99%	98,34%

Higroskopisite

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONTEMI	1	0,005830	0,005830	38021,87	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,004118	0,004118	26857,22	0,000
KURUTMA YONTEMI*MDX KAPLAMA	1	0,000380	0,000380	2476,22	0,000
Error	8	0,000001	0,000000		
Total	11	0,010329			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0003916	99,99%	99,98%	99,97%

ΔE Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	1	486,29	486,286	215,12	0,000
METHOD	1	118,25	118,252	52,31	0,000
C-S-F*METHOD	1	57,60	57,597	25,48	0,001
Error	8	18,08	2,261		
Total	11	680,22			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,50352	97,34%	96,34%	94,02%

Ek-A (Devam)

C* Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	2	487,565	243,782	137,36	0,000
METHOD	1	178,794	178,794	100,74	0,000
Error	14	24,846	1,775		
Lack-of-Fit	2	17,004	8,502	13,01	0,001
Pure Error	12	7,842	0,654		
Total	17	691,205			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,33219	96,41%	95,64%	94,06%

H° Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	2	815.326	407.663	2661.37	0.000
METHOD	1	0.893	0.893	5.83	0.033
C-S-F*METHOD	2	15.485	7.742	50.55	0.000
Error	12	1.838	0.153		
Total	17	833.542			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.391379	99.78%	99.69%	99.50%

b* Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	2	375.562	187.781	23807.45	0.000
METHOD	1	14.770	14.770	1872.53	0.000
C-S-F*METHOD	2	2.225	1.112	141.03	0.000
Error	12	0.095	0.008		
Total	17	392.651			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0888116	99.98%	99.97%	99.95%

Ek-A (Devam)

a* Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	2	255.924	127.962	192.22	0.000
METHOD	1	158.479	158.479	238.06	0.000
C-S-F*METHOD	2	22.775	11.387	17.11	0.000
Error	12	7.989	0.666		
Total	17	445.166			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.815918	98.21%	97.46%	95.96%

L* Değeri

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C-S-F	2	508.72	254.36	732.24	0.000
METHOD	1	1644.51	1644.51	4734.15	0.000
C-S-F*METHOD	2	249.09	124.55	358.54	0.000
Error	12	4.17	0.35		
Total	17	2406.49			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.589383	99.83%	99.75%	99.61%

Antioksidan Tayini

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ZAMAN	5	0,134305	0,026861	260,85	0,000
KURUTMA YONTEMİ	1	0,009582	0,009582	93,05	0,000
MDX KAPLAMA	1	0,007980	0,007980	77,49	0,000
ZAMAN*KURUTMA YONTEMİ	5	0,026996	0,005399	52,43	0,000
ZAMAN*MDX KAPLAMA	5	0,023169	0,004634	45,00	0,000
KURUTMA YONTEMİ*MDX KAPLAMA	1	0,002992	0,002992	29,05	0,000
ZAMAN*KURUTMA YONTEMİ*MDX KAPLAMA	5	0,019262	0,003852	37,41	0,000
Error	48	0,004943	0,000103		
Total	71	0,229228			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0101477	97,84%	96,81%	95,15%

Ek-A (Devam)

Toplam Monomerik Antosiyanin

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
KURUTMA YONT	1	19160,0	19160,0	3191,12	0,000
MDX KAPLAMA DURUMU	1	49807,0	49807,0	8295,40	0,000
KURUTMA YONT*MDX KAPLAMA DURUMU	1	5534,1	5534,1	921,71	0,000
Error	8	48,0	6,0		
Total	11	74549,1			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,45034	99,94%	99,91%	99,86%

ÖZ GEÇMİŞ

Oktay KESKİN 01.01.1993 tarihinde Niğde’de doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Niğde’de tamamladı. 2012 yılında girdiği Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2016’da mezun oldu. 2016 yılı Temmuz – Kasım ayları arasında Çumtat Gıda San. Tic. Ltd. Şti. firmasına ait salça üretim tesisinde Kalite Kontrol Sorumlusu olarak, 2017 Mart – 2018 Aralık ayları arasında İçmeli Doğal Ürünler firmasına ait sirke üretimi tesisinde Genel Müdür Yrd. / Fabrika Müdürü olarak çalıştı. 2019 Mart ayından itibaren Yedier Doğal Ürünler San. Tic. Ltd. Şti. firmasına ait sirke üretimi tesisinde çalışmaya devam etmektedir. Bu süreçte Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini devam etmektedir. Bilim dalındaki ilgi alanı Temel İşlemlerdir.

