

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATEŞİNCE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜNÜR YEŞİL ÇAY ÜRETİMİ
VE ELDE EDİLEN ÜRÜNÜN *IN VITRO* GASTROİNTESTİNAL
SİSTEMDE SALINIMININ İNCELENMESİ**

Sinem SALMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2017

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATEŞİNCE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜNÜR YEŞİL ÇAY ÜRETİMİ
VE ELDE EDİLEN ÜRÜNÜN *IN VITRO* GASTROİNTESTİNAL
SİSTEMDE SALINIMININ İNCELENMESİ**

Sinem SALMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez çalışması Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2015-939 proje numarasıyla desteklenmiştir.

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATEŞİNCE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜNÜR YEŞİL ÇAY ÜRETİMİ
VE ELDE EDİLEN ÜRÜNÜN *IN VITRO* GASTROİNTESTİNAL
SİSTEMDE SALINIMININ İNCELENMESİ

Sinem SALMAN

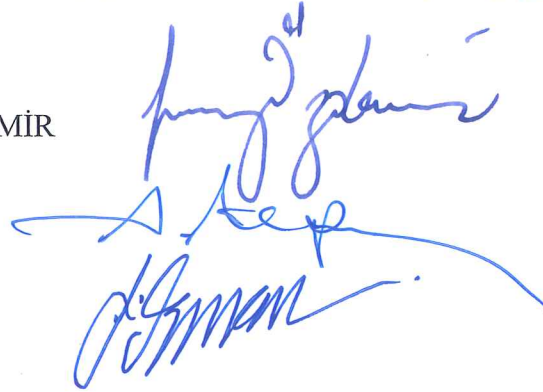
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 23/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Prof. Dr. Ayhan TOPUZ

Prof. Dr. Osman KOLA



ÖZET

KATEŞİNCE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜNÜR YEŞİL ÇAY ÜRETİMİ VE ELDE EDİLEN ÜRÜNÜN *IN VITRO* GASTROİNTESTİNAL SİSTEMDE SALINIMININ İNCELENMESİ

Sinem SALMAN

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR

Haziran 2017, 80 sayfa

Bu çalışmada fonksiyonel özelliği artırılmış çözünür yeşil çay üretim optimizasyonu, kurutma şartlarının belirlenmesi ve elde edilen ürünün depolama koşullarında ve *in vitro* ortamda stabilitesinin incelenmesi faaliyetleri yürütülmüştür.

Çalışma kapsamında ilk olarak yeşil çay ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve elde edilen ekstraktlarda zenginleştirme faaliyetleri çalışılmıştır. Zenginleştirme çalışmasında yeşil çay ekstraktına, farklı ayırma sınırına (50, 30, 10 kDa) sahip filtreler kullanılarak ultrafiltrasyon işlemi uygulanmıştır. Zenginleştirilmiş ekstraktın optimum püskürterek kurutma şartlarının belirlenmesinde farklı taşıyıcı materyaller (maltodekstrin ve whey protein), farklı giriş (140, 160, 180 °C) ve çıkış sıcaklıkları (80, 85, 90 °C) ile Box–Behnken deneme deseni kullanılarak en iyi ürünü sağlayan şartlar araştırılmıştır. Belirlenen optimum şartlarda püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleriyle üretim gerçekleştirilmiş ve elde edilen ürünlerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Son aşamada ise iki farklı yöntem ile üretilen çözünür yeşil çayların *in vitro* gastrointestinal sistemde ve 2 farklı sıcaklıkta (4, 25 °C) depolama boyunca stabilitesindeki değişimler izlenmiştir.

Ekstraksiyonu gerçekleştirilen yeşil çay örneklerine zenginleştirme amacıyla uygulanan ultrafiltrasyon işleminde 10 kDa ayırma sınırına sahip filtre ile kateşince kısmen zenginleştirilme sağlanmıştır. Püskürterek kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretimi optimizasyonunda Box–Behnken deneme deseni sonuçlarına göre fizikokimyasal özellikler açısından en iyi çözünür yeşil çay üretimini sağlayan şartların kuru madde bazında %25.22 maltodekstrin ilavesi 140 °C giriş, 90 °C çıkış sıcaklığı olduğu belirlenmiştir. Optimum şartların bazı özellikler bakımından dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen örneklerle benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleriyle üretilen çözünür yeşil çayların *in vitro* gastrointestinal sistemdeki salınımı incelendiğinde, toplam kateşin miktarının iki üretim yöntemi için de *in vitro* ortam boyunca birbirine yakın olduğu ve gastrik sindirim sonunda sindirim öncesine göre %33, ince bağırsak sonunda ise yaklaşık olarak %75 oranında toplam kateşin miktarının azaldığı belirlenmiştir. Depolama sırasında sıcaklığın, bulanıklık, nem miktarı, su aktivitesi, kafein ve genel olarak kateşinler üzerinde bir etkisi olmadığı ancak depolama süresinin önemli derecelerde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresince majör kateşinler ve kafein miktarının kademeli olarak azaldığı, minör bileşenlerde ise artış olduğu gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, fonksiyonel bileşenlerce zengin çözüner yeşil çay üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda püskürterek kurutma ile çözüner yeşil çay üretiminin dondurarak kurutma ile üretime, araştırılan özellikler bakımından bir alternatif olabileceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Çözüner yeşil çay, Püskürterek kurutma, Dondurarak kurutma, *In vitro* stabilite, Depolama

JÜRİ: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Danışman)
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ
Prof. Dr. Osman KOLA

ABSTRACT

PRODUCTION OF SOLUBLE GREEN TEA POWDER WITH ENRICHED CATHECHINS CONTENT AND DETERMINATION OF *IN VITRO* RELEASE CHARACTERISTICS

Sinem SALMAN

Msc. Thesis in Food Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR
June 2017, 80 pages

In this study, optimization of soluble green tea production which is enhanced functional properties, the determination of drying conditions and the stability of the obtained product in storage and *in vitro* gastrointestinal conditions were carried out.

In the first step of the study, green tea extraction was carried out and the enrichment activities were studied of obtained extract. In the enrichment study, green tea extracts were subjected to ultrafiltration using filters with different cut-off value (50, 30, 10 kDa). Optimum spray drying conditions of the enriched extract that provide the best product using different carrier materials (maltodextrin and whey protein), different inlet (140, 160, 180 °C) and outlet temperatures (80, 85, 90 °C) were investigated with Box-Behnken experimental design. The production was carried out by spraying and freeze drying methods under optimum conditions and some physical and chemical properties of the obtained products were determined. Finally, changes in the stability of the soluble green tea produced by two different methods were observed in *in vitro* gastrointestinal system and during storage at 2 different temperatures (4, 25 °C).

Extracted green tea samples are enriched of catechins by a filter having a cut off value of 10 kDa, in the ultrafiltration process. According to the Box-Behnken experimental design results, the conditions providing the best soluble green tea production in terms of physicochemical properties were determined to be 25.22% maltodextrin addition on dry matter basis, 140 °C inlet and 90 °C outlet temperatures. It has been found that optimum conditions exhibit similar qualities to those produced by freeze drying for some properties. Soluble green tea produced by spray and freeze drying methods was examined in the *in vitro* gastrointestinal system. It was determined that the total amount of catechin during *in vitro* digestion for both production methods was close to each other. Following simulated gastric and small intestinal digestion, soluble green tea produced by spray and freeze drying, lost approximately 33% and 75% total catechin, respectively.

It has been determined that there is generally no effect on turbidity, humidity, water activity, the amount of caffeine and catechins of the temperature during storage but the storage time is significantly effective. It was also observed that during the storage period the amount of major catechins and caffeine decreased gradually while the minor components increased.

When the results obtained within the scope of the thesis are evaluated in general, it is possible to produce rich in functional components soluble green tea. In addition, it

has been determined that the production of soluble green tea by spray drying in the result of the study may be an alternative to the characteristics investigated by freeze drying.

KEYWORDS: Green tea powder, Spray drying, Freeze drying, *In vitro* stability, Storage

COMMITTEE: Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR (Supervisor)
Prof. Dr. Ayhan TOPUZ
Prof. Dr. Osman KOLA

ÖNSÖZ

Yeşil çay fonksiyonel özellikleri nedeni ile her geçen gün tüketimi artan içeceklerden biridir. Bu ürün, içeriğindeki kafein ve özellikle kateşinler nedeniyle bazı kanser oluşumlarını engelleme, kalp damar rahatsızlıklarını önleme, bağışıklık sistemini güçlendirme, obezite ve diyabeti engelleme, kolesterolü düşürme, vücudu uyarma ve zindelik verme, yaşlanmayı geciktirme gibi sağlığa faydalı pek çok etki göstermektedir. Yeşil çay ülkelerin kültürlerine göre demlenerek ya da süzen poşetlerin sıcak suda belli bir süre bekletilmesi gibi farklı şekillerde hazırlanıp tüketilmektedir. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak son yıllarda bitkisel materyallerin hızlı çözünen forma dönüştürülerek tüketiciye sunulması da yaygınlaşmaktadır. Ayrıca bugün dünyada Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Vietnam, Türkiye, Endonezya ve Japonya başlıca çay üreten ülkeler olup, Türkiye ekonomik ve önemli miktarda çay üreten tek Avrupa ülkesi olarak dikkat çekmektedir. Ancak Türk çayı dünya çapında yeteri kadar tanınmamaktadır ve ihracatımız da Çin, Hindistan, Kenya ve Sri Lanka gibi ülkelerin yanında yok denecek kadar az miktardadır. Ülkemiz çay sektörünün gelişmesi, kalkınması, Türk çayının uluslararası düzeyde tanınması ve pazarda diğer ülke çaylarıyla rekabet edebilir bir konuma gelebilmesi birçok faktörün yanında çaydan elde edilen ürün çeşitliliğinin artırılmasına da dayanmaktadır. Nitekim, son yıllarda tüketiciler doğal kaynaklardan üretilmiş ve sağlığa faydalı bileşenler içeren gıdalara yönelmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında sağlık açısından pek çok olumlu özelliği bulunan yeşil çay ekstraktının etken bileşenlerinin korunarak püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile toz forma dönüştürülme olanakları, ayrıca elde edilecek bu ürünün *in vitro* gastrointestinal sistemde salınımı ve depolama stabilitesi araştırılmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi sırasında;

- Engin fikirleriyle daima yol gösteren, araştırmanın tüm detayları ile ele alınmasını, düzenlenmesini, değerlendirilmesini sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR'e,
- Deneyimleriyle çalışmama yön veren ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ayhan TOPUZ'a,
- Araştırmam sırasında bana laboratuvarını açarak çalışmama imkan sağlayan Prof. Dr. Vural GÖKMEN ve ekibine (Hacettepe Üniversitesi) ve ayrıca desteklerinden dolayı Yrd. Doç. Dr. Kübra Sultan ÖZDEMİR'e,
- Tez konusunun belirlenmesindeki yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Dr. Mehmet TORUN'a,
- Laboratuvar çalışmalarım süresince her ihtiyacımda yardıma koşan Dr. İsmail TONTUL, Gıda Yük. Müh. Negin AZARABADİ, Arş. Gör. Atike Nur DURAK, Ecem VURAL, Gıda Yük. Müh. Emrah EROĞLU, Ahmet HACIOĞLU ve diğer çalışma arkadaşlarıma,
- Araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ve çalışanlarına,
- Araştırmamı gerçekleştirmemi sağlayan Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

- Bu süreçte ve tüm hayatım boyunca maddi ve manevi olarak sürekli yanımda olan, her koşulda beni destekleyip bu güne gelmemi sağlayan canımdan çok sevdiğim aile bireylerim, babam Sinan SALMAN'a, annem Gülseren SALMAN'a ve ağabeyim Sarper SALMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	2
2.1. Çay.....	2
2.2. Ultrafiltrasyon.....	7
2.3. Mikroenkapsülasyon.....	8
2.4. Yeşil Çayın Sağlık Üzerine Etkileri.....	13
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Metot.....	16
3.2.1. Yeşil çayın ekstraksiyonu.....	16
3.2.2. Ultrafiltrasyon uygulaması.....	16
3.2.3. Çözünür yeşil çay üretimi.....	16
3.2.3.1. Püskürterek kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretimi.....	16
3.2.3.1.1. Kurutma şartlarının optimizasyonu.....	16
3.2.3.1.2. Dondurarak kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretimi.....	18
3.2.4. Çözünür yeşil çay örneklerinin statik in vitro model sindirim sisteminde stabilitesinin incelenmesi.....	18
3.3. Depolamanın Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi.....	19
3.4. Analizler.....	19
3.4.1. Ürün verimi.....	19
3.4.2. Nem miktarı ve su aktivitesi.....	19
3.4.3. Yığın yoğunluğunun belirlenmesi.....	20
3.4.4. Renk analizi.....	20
3.4.5. Bulanıklık analizi.....	20
3.4.6. Çözünme oranı.....	20
3.4.7. Parçacık boyutu dağılımı.....	21
3.4.8. Toplam fenolik madde miktarı.....	21
3.4.9. Antioksidan aktivite tayini.....	21
3.4.10. Kateşin kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi.....	22
3.5. İstatistiksel Analizler.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Ultrafiltrasyon İşleminin Çay Ekstraktlarının Kateşin Profiline Etkisi.....	24
4.2. Optimum Püskürterek Kurutma Koşullarının Belirlenmesi.....	26
4.3. Püskürterek Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisi.....	32
4.3.1. Ürün verimi.....	32
4.3.2. Nem miktarı ve su aktivitesi.....	33
4.3.3. Yığın yoğunluğu.....	35
4.3.4. Renk.....	36
4.3.5. Bulanıklık.....	37
4.3.6. Çözünme oranı.....	37

4.3.7. Partikül boyutu dağılımı	38
4.3.8. Fenolik madde miktarı	39
4.3.9. Antioksidan aktivite	40
4.3.10. Kateşin profili ve kafein miktarı	41
4.4. Çözünür Yeşil Çay Örneklerinin Statik In vitro Gastrointestinal Sistemde Stabilitesinin İncelenmesi	44
4.5. Depolamanın Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisi	47
4.5.1. Nem miktarı ve su aktivitesi	48
4.5.2. Bulanıklık	50
4.5.3. Renk	51
4.5.4. Kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı	55
5. SONUÇ	66
KAYNAKLAR	68
EKLER	75
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre
μM	Mikromolar
A	Absorbans
A_w	Su aktivitesi
cm	Santimetre
D	İstenirlik
d/dk	Devir/dakika
dk	Dakika
g	Gram / yerçekimi kuvveti
kDa	Kilodalton
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
L	Litre
m	Metre
M	Molar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	Milimolar
nm	Nanometre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
R^2	Belirleme katsayısı
s	Saniye
S	Flüoresans şiddeti
sa	Saat
Sf	Seyreltme faktörü
χ^2	Ki-kare

Kısaltmalar

AA	Askorbik asit
C	(+)-Kateşin
CG	(-)-Kateşin gallat
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu
DE	Dekstroz eşdeğerliği
EC	(-)-Epikateşin
ECG	(-)-Epikateşin gallat
EGCG	(-)-Epigallokateşin gallat
F	F değeri
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GC	(-)-Gallokateşin
GCG	(-)-Gallokateşin gallat
Ha	Hektar
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
K	Kafein

KM	Kuru madde
KO	Kareler ortalaması
MF	Mikrofiltrasyon
NF	Nanofiltrasyon
ORAC	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği
RO	Ters ozmoz
SAS	Statistical Analysis Software
TEAA	Troloks eędeęeri antioksidan aktivite
UF	Ultrafiltrasyon

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çay kateşinlerinin kimyasal yapısı (Ananingsih vd 2013)	5
Şekil 2.2. Püskürterek kurutma sistemi genel görünümü (Anonim 2017b).....	9
Şekil 4.1. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	27
Şekil 4.2. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	28
Şekil 4.3. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	28
Şekil 4.4. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	29
Şekil 4.5. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	29
Şekil 4.6. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	30
Şekil 4.7. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	30
Şekil 4.8. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği.....	31
Şekil 4.9. Püskürterek kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin in vitro gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarının değişimi	46
Şekil 4.10. Dondurarak kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin in vitro gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarının değişimi	46
Şekil 4.11. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların in vitro ortamdaki EC miktarı	47
Şekil 4.12. Farklı sıcaklıklar ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların nem miktarı değerleri	49
Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki ton açısı değerleri.....	53
Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki doygunluk değerleri	54

Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların depolama süresi boyunca doymunluk değerlerindeki değişim.....	54
Şekil 4.16. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki EGCG miktarı	61
Şekil 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çayların depolama süresince EC miktarındaki değişim.....	61
Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların EC miktarı	62
Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların GCG miktarı	62
Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların ECG miktarı	63
Şekil 4.21. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki K miktarı.....	63
Şekil 4.22. Farklı yöntemlerle kurutulan çözünür yeşil çayların depolama süresince K miktarındaki değişim.....	64
Şekil 4.23. Farklı sıcaklık ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların K miktarına ait değerler.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ülkelere göre 2014 yılı çay üretim miktarı (Anonim 2017a)	3
Çizelge 2.2. Ülkelere göre 2014 yılı çay tarım alanı (Anonim 2017a).....	3
Çizelge 3.1. Box-Behnken deneme deseni değişkenlerinin parametreleri.....	17
Çizelge 3.2. Çözünür yeşil çay optimizasyonunda kullanılan deneme deseni.....	17
Çizelge 3.3. Kateşin ve kafein analizi HPLC şartları.....	23
Çizelge 4.1. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktına ait kateşin miktarları (mg/100mL).....	24
Çizelge 4.2. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktına (240.66±1.47 mg/100mL) ait toplam kateşin miktarları (mg/100mL).....	24
Çizelge 4.3. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının toplam kateşin miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	25
Çizelge 4.4. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının toplam kateşin miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	25
Çizelge 4.5. Püskürterek kurutma optimizasyon parametreleri	26
Çizelge 4.6. Cevap yüzey metoduna ait regrasyon eşitliği ve bu eşitliklere ait uyumluluk düzeyleri.....	27
Çizelge 4.7. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait ürün verimi değerleri (%).....	32
Çizelge 4.8. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin ürün verimi değerlerine ait varyans analizi sonuçları	33
Çizelge 4.9. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	33
Çizelge 4.10. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait nem miktarı ve su aktivitesi değerleri.....	34
Çizelge 4.11. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları	34

Çizelge 4.12. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	34
Çizelge 4.13. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri (kg/m ³)	35
Çizelge 4.14. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 4.15. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	35
Çizelge 4.16. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait L, ton açısı ve doygunluk değerleri.....	36
Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin L, ton açısı ve doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları	36
Çizelge 4.18. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerin ait bulanıklık değerleri (NTU).....	37
Çizelge 4.19. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin bulanıklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları	37
Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait çözünme oranı değerleri (%).....	37
Çizelge 4.21. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin çözünme oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçları	38
Çizelge 4.22. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin çözünme oranı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	38
Çizelge 4.23. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait partikül boyutu dağılımı değerleri (µm)	39
Çizelge 4.24. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin partikül boyutu dağılımı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4.25. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin partikül boyutu dağılımı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	39
Çizelge 4.26. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait toplam fenolik madde analizi değerleri (g GAE/100g KM).....	40

Çizelge 4.27. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin toplam fenolik madde analizi değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	40
Çizelge 4.28. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait antioksidan aktivite değerleri.....	40
Çizelge 4.29. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları	41
Çizelge 4.30. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	41
Çizelge 4.31. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait kateşin ve kafein miktarı değerleri (g /100 g KM)	42
Çizelge 4.32. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin kateşin ve kafein miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4.33. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin kateşin ve kafein miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.34. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarı değerleri (g /100 g KM)	44
Çizelge 4.35. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarına ait varyans analizi sonuçları	45
Çizelge 4.36. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları	45
Çizelge 4.37. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çaylara ait % nem miktarı ve su aktivitesi değerleri.....	48
Çizelge 4.38. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerleri değişimine ait varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 4.39. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	50
Çizelge 4.40. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çaylarına ait bulanıklık değerleri (NTU).....	50

Çizelge 4.41. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların bulanıklık değerleri değişimine ait varyans analizi sonuçları	51
Çizelge 4.42. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.43. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çaylara ait renk değerleri...52	
Çizelge 4.44. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin değişimine ait varyans analizi sonuçları.....	53
Çizelge 4.45. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	55
Çizelge 4.46. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların kateşin kompozisyonu ve kafein değerleri	56
Çizelge 4.47. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların kateşin ve kafein değerlerinin değişimine ait varyans analizi sonuçları	59
Çizelge 4.48. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	60

1. GİRİŞ

Son yıllarda gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bilimsel çalışmaların artmasıyla birlikte fonksiyonel gıdalar önem kazanmıştır. Gerekli besin maddeleri ihtiyacını karşılamamanın yanı sıra sağlık üzerine olumlu etki gösteren gıdalar fonksiyonel gıda olarak bilinmektedir. Günümüz insanının birçok yapay gıda ve ilacın bazı yan etkilerinden kaçınmak için doğal fonksiyonel gıdalara olan ilgisi her geçen gün artmaktadır (Erbaş 2006). Gerek doğal olarak fonksiyonel özelliğe sahip, gerekse sonradan ilave edilen besin maddeleri ile bu özellik kazandırılmış birçok fonksiyonel gıda ürününe tüketicinin büyük ilgisi görülmekte, bu alandaki pazar giderek büyümekte ve ürün yelpazesi genişlemektedir.

Yeşil çay, özellikle de içeriğinde belli oranda karbonhidrat, protein, aminoasit, lipid, mineral madde ve vitaminler gibi temel bileşenler bulunmasının yanı sıra sağlık üzerine etkili biyoaktif bileşen olan polifenolik maddeleri yüksek miktarda bulunduran, fonksiyonel açıdan oldukça önemli bir içecektir (Khokhar ve Magnusdottir 2002; Şahin ve Özdemir 2006). Yeşil çayın antioksidan ve antikanserojen etkilerinin olduğu, içerdiği yüksek düzeydeki flavonoidlerin hücreleri ve dokuları oksidatif hasardan koruduğu böylece kronik hastalıklara karşı koruyucu etkinlik gösterdiği bu etkinin özellikle bileşiminde bulunan kateşinlerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Koo ve Cho 2004; Tas vd 2005; Şahin ve Özdemir 2006).

Yeşil çay fonksiyonel özellikleri nedeni ile her geçen gün tüketimi artan içeceklerden biridir. Bu ürün, içeriğindeki kafein ve özellikle kateşinler nedeniyle bazı kanser oluşumlarını engelleme, kalp damar rahatsızlıklarını önleme, bağışıklık sistemini güçlendirme, obezite ve diyabeti engelleme, kolesterolü düşürme, vücudu uyarma ve zindelik verme, yaşlanmayı geciktirme gibi sağlığa faydalı pek çok etki göstermektedir. Yeşil çay ülkelerin kültürlerine göre demlenerek ya da süzen poşet formun sıcak suda belli bir süre bekletilmesi gibi farklı şekillerde hazırlanıp tüketilmektedir. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak son yıllarda bitkisel materyallerin hızlı çözünen forma dönüştürülerek tüketiciye sunulması da yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla çözünür kahve üretiminde olduğu gibi püskürterek ve dondurarak kurutma teknolojilerinden faydalanarak üretim yapılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında mevcut bilgiler ve gelişmeler doğrultusunda sağlık açısından pek çok olumlu özelliği bulunan yeşil çay ekstraktı ultrafiltrasyon yöntemiyle etken bileşikleri olan kateşinlerce zenginleştirilmiş, elde edilen zenginleştirilmiş ekstrakt püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile toz forma dönüştürülmüş ve iki farklı yöntem ile üretilen çözünür yeşil çayların fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen ürün *in vitro* gastrointestinal sistemde incelenmiştir. Son olarak da iki farklı sıcaklıkta (4-25 °C) depolanan ürünlerin depolama süresi boyunca stabilitesi araştırılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Çay

Anavatanı Çin ve Güneydoğu Asya olarak bilinen ve binlerce yıldan bu yana içecek olarak tüketilen çay, çok eski zamanlardan beri bu ülkelerde tıbbi amaçlı olarak tüketilmiştir (Balentine vd 1997; Kacar 2010). Çin mitolojisine göre; M.Ö. 2737 yılında Çin imparatoru Shen Nung'un yaptığı bir gezi sırasında ormanlık bir alanda dinlenirken kuru çay yapraklarının kazara su kaynatılan kabın içine düşüp demlenmesiyle keşfedilmiş ve insanda dinçlik ve zindelik oluşturduğu gözlemlenmiştir (Kacar 2010; Nair 2010). Çaydan bahseden ilk yazılı kayıt ise, M.S. yaklaşık 350 yıllarına ait olan, 'Erh Ya' isimli bir Çin sözlüğüdür. Çay üzerine "Ch'a Ching" adlı ilk el kitabı Çin bilim adamı Lu Yu tarafından M.S. 780 yıllarında yayımlanmıştır ve çay yaprağından gıda olarak yararlanma yolları ayrıntılı bir şekilde bu kitapta açıklanmıştır (Kacar 2010).

Çay içme geleneği 6. yüzyılda Çin'den Japonya'ya yayılmıştır. 700 yıl öncesine kadar sadece soylular tarafından tüketilen bir içecek iken daha sonra halkın da tükettiği popüler bir içecek olmuştur. Çayın Avrupa'da tanınması ise 400 yıl öncesine dayanmaktadır. Hindistan'da çay yetiştiriciliğinin yapılması, oradan İngiltere'ye ithal edilmesi ve Endonezya gibi Hollanda kolonilerin vasıtası ile çayın Avrupa'ya ulaşması sonucunda çay Avrupa'da da tanınmış, özellikle 17. yüzyılın ortalarından itibaren genel anlamda popüler bir içecek olmuştur (Weisburger 1997). Ülkemizde çayın içecek olarak tanınması ise 1600'lü yıllara dayanmaktadır. 1800'lü yılların sonlarına doğru Japonya'dan getirilen tohumlar kullanılarak Türkiye'de çay üretimi için ilk girişimler Bursa'da yapılmış ancak ekolojik koşullar nedeniyle başarıya ulaşamamıştır. Yapılan incelemeler sonucu Rize bölgesinin çay tarımına uygun olduğu belirlenmiş ve 1924 yılında birçok alanda Rusya'dan getirilen çay tohumları kullanılarak ön denemeler yapılmıştır (Kacar 1987; Ozdemir ve Sahin 2007). Ekonomik anlamda çay yetiştiriciliğine ise cumhuriyetten sonra başlanmış ve ilk kez 1938 yılında, 135 kg yaş çaydan 30 kg siyah çay üretimi gerçekleştirilmiştir (Özdemir 1992).

Çay, *Angiospermea* çiçek ačanlar bölümünden *Dicotyledonea* sınıfından *Theaceae* familyasına ait yapraklarını dökmeyen bir bitkidir. Botanikçiler tarafından çay bitkisinin genellikle kabul edilen adı *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze'dir. Çay bitkisinin, morfolojik ayrımlar gösteren üç değişik varyeteye sahip olduğu konusunda botanikçiler görüş birliği içindedirler. Bunlar Çin çayı, Assam çayı ve Kamboçya çayıdır (Kacar 2010). Günümüzde kültüre alınan çeşitler, *Thea sinensis* ve *Thea assamica* çay bitkilerinin hibritlerinden oluşmaktadır. *Camellia (Thea) sinensis* var. *sinensis* ve *Camellia (Thea) sinensis* var. *assamica* çeşitleri önde gelen çeşitlerdir. Çin çayı olarak da bilinen *sinensis* çeşidi, hoş aromalı, kuraklık ve dona karşı kısmen daha dayanıklı olup, subtropik bölgelerde yetiştiriciliği uygundur. Assam çayı olarak da bilinen *assamica* çeşidi ise, kurak ve soğuk hava koşullarına karşı göreceli olarak daha duyarlı olup, tropik bölgelerde yetiştiriciliği yapılan bir bitkidir. Uygun gelişme ortamında yaş yaprak ürün verimi Çin çayına oranla daha yüksektir (Williges 2004; Kacar 2010).

Dünyadaki çay üretiminin %84.8'i Asya kıtasında, %13.4'si Afrika kıtasında, %1.7'i Amerika kıtasında ve geri kalan %0.1'lik kısım ise Okyanusya (Avustralya ve Pasifik okyanusundaki ada ülkeleri)'da yapılmaktadır. Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka, Vietnam, Türkiye, Endonezya, İran, Arjantin ve Japonya çay üretiminin yoğun olarak

yapıldığı ülkelerdir (Çizelge 2.1). 2014 yılı istatistiki verilerine göre Dünya’da üretilen çay miktarı 5.561.339 tondur ve ülkemiz 226.800 ton çay üretimiyle Çin, Hindistan, Kenya, Sri Lanka ve Vietnam’ın ardından 6. sırada yer almaktadır (Anonim 2017a).

Çizelge 2.1. Ülkelere göre 2014 yılı çay üretim miktarı (Anonim 2017a)

Ülkeler	Üretim miktarı (ton)
Çin	2 095 570
Hindistan	1 207 310
Kenya	445 105
Sri Lanka	338 032
Vietnam	228 360
Türkiye	226 800
Endonezya	154 400
İran	119 388
Mynmar	98 600
Arjantin	85 401
Japonya	83 600
Diğer	478 773
Toplam	5 561 339

Dünyada çay üreten ülkeler arasında Türkiye, çay tarım alanlarının genişliği bakımından Çin, Hindistan, Sri Lanka, Kenya, Endonezya, Vietnam ve Mynmar’ı takiben 76 049 hektar ile 8. sırada yer almaktadır (Çizelge 2.2) (Anonim 2017a).

Çizelge 2.2. Ülkelere göre 2014 yılı çay tarım alanı (Anonim 2017a)

Ülkeler	Çay tarım alanı (Ha)
Çin	1 984 229
Hindistan	604 000
Sri Lanka	221 969
Kenya	203 006
Endonezya	118 900
Vietnam	115 436
Myanmar	82 800
Türkiye	76 049
Bangladeş	59 925
Japonya	44 800

Theaceae familyasına ait yapraklarını dökmeyen bir bitki olan çay (*Camellia sinensis* L. (O) Kuntze), 42° kuzey (Gürcistan-Türkiye) ve 27° güney (Arjantin) enlemleri arasındaki yüksek nemli, ılıman iklime sahip (yıllık ortalama sıcaklığı 18-20°C olan) değişik bölgelerde özellikle asitli topraklarda (pH 4.5-5.5) yetişmektedir (Williges 2004). Türkiye’de çay bitkisi Doğu Karadeniz Bölgesinde, Gürcistan sınırından başlayan ve batıda Fatsa’ya kadar uzanan alan içerisinde ekonomik şekilde yetiştirilmektedir (Kacar 2010).

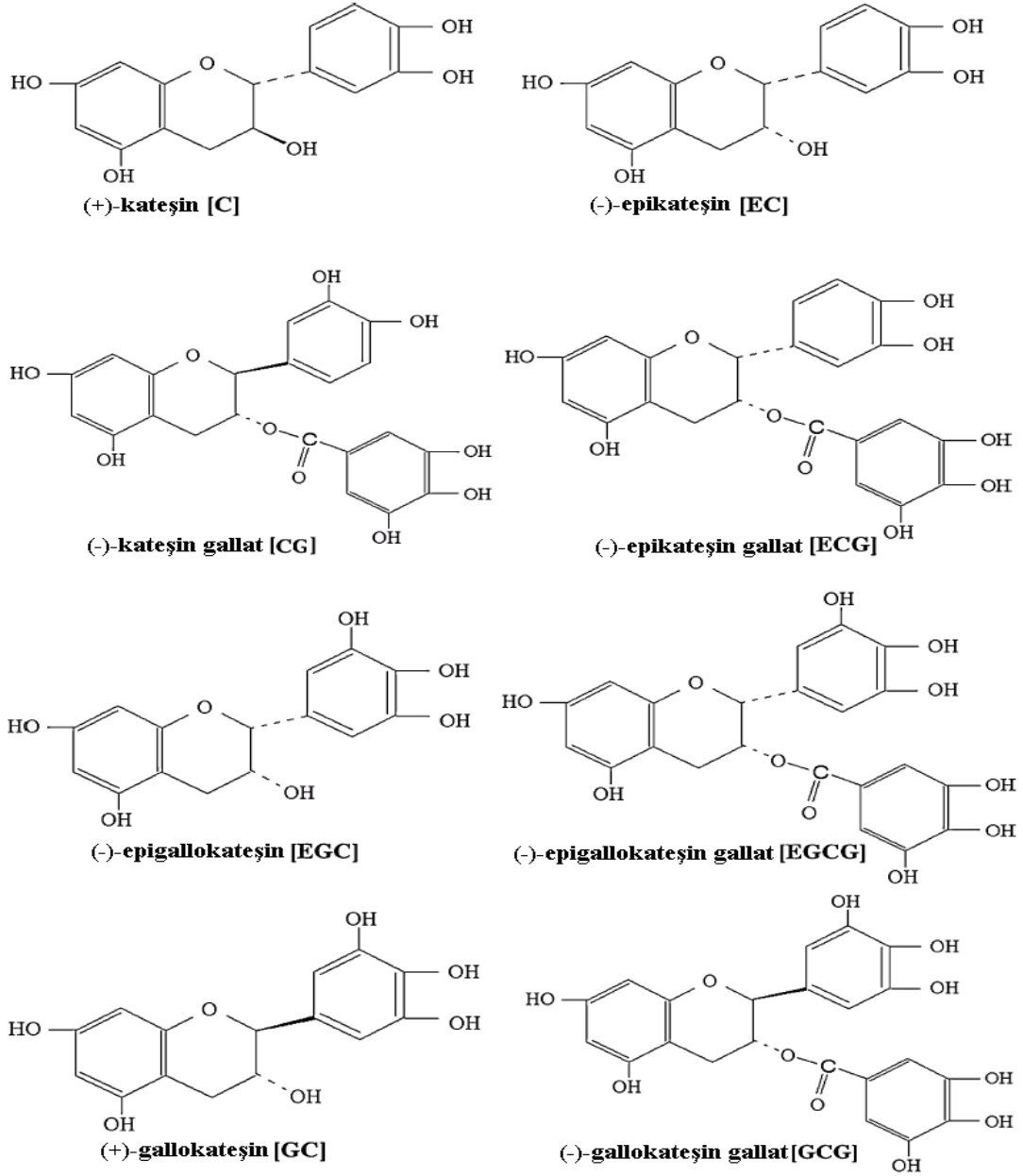
Dünya’da en çok tüketilen alkolsüz içeceklerden birisi olan ve popülerlik açısından sudan sonra gelen çay, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze’ nin taze filiz ve yapraklarından farklı üretim teknikleri kullanılarak üretilmekte ve genel olarak çaylar 3 grup altında

toplanmaktadır. Bunlar; yeşil çay (fermente olmamış), oolong çay (yarı fermente) ve siyah çay (tam fermente)'dir. Dünya genelinde, çay üretiminde siyah çay, yeşil çay ve oolong çay sırasıyla %78, %20 ve %2'lik bir paya sahiptir (Graham 1992; Baptista vd 1998; Kuroda ve Hara 1999; Williges 2004).

Çay bitkisinden hasat edilen taze genç yaprakların, ani yüksek ısı ile işleme (genellikle buhar uygulaması) maruz bırakılarak, kıvrılması ve kurutulmasıyla elde edilen ve dünya çay tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturan yeşil çay, daha çok Japonya, Çin ve diğer Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir (Graham 1992; Williges 2004).

Ülkemizde ticari üretimi ilk kez 2004 yılında yapılan yeşil çayın işlenmesi genel olarak dört ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; ısı ile işleme enzim inaktivasyonu, kıvrılma, kurutma ve eleme aşamalarıdır. Her aşama, son ürün kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Yeşil çay üretiminde fabrikaya getirilen yaş çay yapraklarına zaman geçirilmeksizin ısı ile işleme uygulanmaktadır. Temel olarak yaş çay yaprağında bulunan enzimlerin inaktivasyonunu içeren ısı ile işleme, yeşil çayın karakteristik aroma ve kokusunun oluşumu ve renginin korunması açısından en kritik işlem basamağını oluşturmaktadır. Isı ile işleme temelde polifenol oksidaz enzimi başta olmak üzere tüm oksidasyon enzimlerinin inaktive edilmesidir. Yeşil çay üretiminde en kritik aşama olan bu işlem genellikle; 120–150 °C'de, 15–20 saniye kuru hava ile ya da 115–120 °C'de, 3–5 dakika buhar uygulaması ile yapılmaktadır (Bokuchava vd 1980; Kacar 1987; Xu ve Chen 2002; Kacar 2010).

Çayın fonksiyonel bir içecek olmasında en önemli rolü oynayan bileşenler polifenollerdir. Diğer gıdalara oranla çay yaprağında oldukça fazla bulunan ve çayla özdeşleşmiş polifenol grubundan olan flavan-3-ol'ler (kateşinler), çay yaprağında kuru maddede %20-30 arası oranlarda bulunabilmektedir (Graham 1992; Wang vd 2000; Kilmartin ve Hsu 2003). Üretilen yeşil çaylarda ise, kuru maddede %20'ye varan oranlarda kateşin bulunabileceği belirtilmiştir (Wang vd 2000). Yoshida vd (1999), yeşil çayda kuru maddede %8'den %15'e değişen oranlarda kateşin bulunduğunu bildirmektedir. Çay kateşinleri, (-)-epikateşin (EC), (-)-epikateşin gallat (ECG), (-)-epigallokateşin (EGC) ve (-)-epigallokateşin gallat (EGCG) olmak üzere başlıca dört major bileşenden ve bunların epimerleri olan (+)-kateşin (C), (-)-kateşin gallat (CG), (+)-gallokteşin (GC), ve (-) gallokteşin gallat (GCG) olarak dört minör kateşinden oluşmaktadır (Dalluge ve Nelson 2000; Wang vd 2000). Kateşinlerin kimyasal yapısı Şekil 2.1'de verilmiştir (Ananingsih vd 2013).



Şekil 2.1. Çay kateşinlerinin kimyasal yapısı (Ananingsih vd 2013)

Çay filizinin kuru ağırlığın yaklaşık %20-30'unu oluşturan polifenoller ile bir alkaloid olan ve çay kuru maddesinin yaklaşık %2-5'ini oluşturan kafein, taze çay yaprağında bulunan başlıca bileşiklerdir (Özdemir 1992; Balentine vd 1997). Çay filizinin polifenol miktarı, çay çeşidine ve çay klonuna, toprak ve iklim şartlarına, kültürel tedbirlere, sürgün dönemi ve süresine, yaprağın yaşına ve toplanış şekli gibi birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca değişik çayların üretimi esnasında uygulanan işlemlere bağlı olarak da, polifenolik madde içeriğinin değiştiği bildirilmektedir (Özdemir 1992). Renksiz, suda çözünür bileşikler olan kateşinler yeşil çay deminde acılık ve burukluktan sorumludur (Wang vd 2000).

Astill vd (2001) yeşil ve siyah çay ekstraktlarındaki polifenol miktarını etkileyen faktörler üzerine yaptıkları bir çalışmada çay çeşidi, yetiştirme koşulları, üretim koşulları ve çayın parçacık büyüklüğünün biyoaktif bileşen miktarını etkilediğini belirlemişlerdir. Yanısıra ekstraksiyon koşullarının; çay/su oranının, ekstraksiyon ve karıştırma süresinin de çaydan suya geçen polifenol miktarını etkilediğini tespit etmişlerdir.

Perva-Uzunalić vd (2006) tarafından yapılan ve yeşil çayda bulunan kateşin ve kafeinin ekstraksiyon verimliliğinin kullanılan çözügene bağlı olarak değişiminin incelendiği çalışmada su ile yapılan ekstraksiyonda 95 °C'de kafeinin % 89.1'inin ekstrakte edilebileceği görülmüştür. 80 °C'de su ile yapılan ekstraksiyonda ise bu oranın % 84.4 olduğu belirlenmiştir. Ancak araştırma sonuçları, su ile yapılan ekstraksiyonda 80 °C'den sonra kateşin ekstraksiyon verimliliğinin düştüğünü göstermiş, bunun da yüksek sıcaklıklarda (>80 °C) kateşinlerin epimerizasyonundan kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ananingsih vd (2011) yeşil çay kateşinlerinin epimerizasyonunun sadece sıcaklığa bağlı olmadığını, aynı zamanda ekstraksiyon süresinin de epimerizasyonu etkilediğini bildirmişlerdir.

Çay kateşinleri, çayın işlenmesi, demlenmesi ve depolanması süresince oksidasyon, epimerizasyon gibi pek çok kimyasal değişime uğramaktadır. Örneğin, siyah çay üretiminde kateşin miktarındaki azalmayla birlikte monoterpen alkollerin miktarında artış olmaktadır bu artışla birlikte çayın aroma kalitesi de artmaktadır (Wang vd 2000).

Kateşinler ısıya duyarlı bileşenlerdir ayrıca alkali koşullara da dayanıklı değildirler. Kateşinlerin stabilitesinin ortam pH'ından, sıcaklıktan, ortamdaki oksijen ve metal iyonlarının varlığından, ayrıca ortamdaki diğer aktif bileşenlerden etkilendiği bildirilmektedir. Düşük pH ve sıcaklıkta kateşinlerin daha stabil olduğu belirtilmektedir (Ananingsih vd 2013). Yeşil çay kateşinlerinin stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, kateşinlerin asidik çözeltilerde kısmen stabil olduğu, ancak bazik ortamda birkaç dakika içerisinde parçalandığı EGCG ve EGC'nin EC ve ECG'a kıyasla daha hızlı parçalandığı bildirilmektedir (Zhu vd 1997). Yeşil çay kateşinlerinin stabilitesinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 6 aylık depolama süresince stabilite incelenmiş ve elde edilen verilerle depolama süresince en yüksek ortalama içeriğe sahip olan kateşinin EGCG olduğu ve bu kateşinin de %28 azaldığı belirlenmiştir (Friedman vd 2009).

Labbé vd (2006) sıcaklık ve ekstraksiyon süresinin yeşil çay kateşinlerinin stabilitesine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, yeşil çay örneklerini farklı süre ve sıcaklıklarda ekstrakte etmişler ve analiz sonuçlarına göre kateşinlerin zamana bağlı değişen bileşenler ve zaman/sıcaklık oranına bağlı bileşenler olarak iki gruba ayırmışlardır. EGC ve EC zamana bağlı olarak değişen bileşenler olarak ifade edilerek, bütün sıcaklık değerlerinde 0 ile 20 dakika arasında bu bileşenlerin sürekli arttığı daha sonra ise sabitlendiğini tespit etmişlerdir. C, EGCG, GCG ve ECG zaman/sıcaklık oranına bağlı kateşinler olarak belirtilmişlerdir. EGC ve EC için en iyi kombinasyonun 50 °C'de 20 ile 50 dakika arasında olduğunu bildirilmiş iken zaman/sıcaklığa bağlı bileşenler için ise en iyi kombinasyonun 90 °C'de 80 dakika olduğunu rapor edilmiştir.

Son yıllarda kateşinlerin fonksiyonel özelliklerinin çok daha iyi anlaşılması, bu bileşiklerden faydalanma şekillerinin artırılması amacı ile pek çok araştırma

yapılmaktadır. Bunlar arasında kateşinleri saflaştırarak sıvı ve toz halinde gıda takviyesi ve diğer alanlarda kullanma çalışmaları gelmektedir (Peters vd 2010; Huang ve Zhang 2013; Vuong vd 2013; Goh vd 2015; Pasirja vd 2015; Souza vd 2016).

2.2. Ultrafiltrasyon

Gıda endüstrisinde membran ayırma işlemi sıvı gıdaların klarifikasyonu ve/veya konsantrasyon edilmesi için kullanılmaktadır. Membran sistemlerinde madde geçişi başlıca konsantrasyon, basınç, sıcaklık ve elektriksel potansiyel gibi parametrelerle ilişkilidir (Girard vd 2000). Ayrıca bu işlemde etkili olan diğer bir faktör ise çözelti içerisindeki bileşenlerin molekül büyüklüğüdür. Farklı büyüklükteki molekülleri birbirinden ayırmak amacıyla ters ozmoz (RO), ultrafiltrasyon (UF), mikrofiltrasyon (MF) ve nanofiltrasyon (NF) gibi membran işlemleri kullanıldığı bilinmektedir. Bunlardan UF ve NF meyve suyu ve içecek endüstrisinde sıvı konsantrasyonu amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akın vd 2012). RO ile NF'ye göre daha düşük işlem basınçlarına gereksinim duyan UF sistemi ile makromoleküllerin ayrımı gerçekleştirilebilmektedir. UF sistemlerinde kullanılan membranların gözenek büyüklüğü 0.002-0.2 mikron arasında değişmekte olup, 0.5-300 kDa arası ağırlığındaki molekülleri tutma kabiliyetine sahiptirler. UF uygulamalarında işlem basıncı 2-15 bar arasında değişmektedir (Tekić vd 1996). UF membrandan polisakkaritler, biyomoleküller, polimerler ve kolloidal partiküller gibi makromoleküller geçmezken, su, iyonlar, düşük molekül ağırlığına sahip maddeler ve bazı aroma bileşenleri geçebilmektedir (Cemeroğlu ve Karadeniz 2001).

Akın vd (2012) bazı bitkilerden elde edilen ekstraktların biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesi amacıyla membran filtrasyon tekniklerinin başarılı bir şekilde kullanıldığını bildirmişlerdir.

Literatür incelendiğinde bitkilerin fenolik bileşenlerce zengin ekstraktların membran ayırma teknikleri ile makro moleküllerinden belirli ölçülerde arındırılabilirdiği ve bu sayede fenolik bileşenlerce zenginleştirilebildiği görülmektedir (Akın vd 2012)

Yapılan bir çalışmada; yeşil çay ekstraktlarını 4 farklı gözenek büyüklüğündeki (10, 30, 50 ve 100 kDa) selülozik membrandan 0.18 MPa basınç altında geçirerek elde edilen fraksiyonlardaki protein ve toplam fenolik madde miktarını araştırmış, 100 kDa ve 50 kDa büyüklüğündeki membranalardan geçen kısımda protein ve toplam fenolik madde açısından diğer kısma göre bir farklılık olmadığı, ancak 10 kDa büyüklüğündeki membrandan geçen protein miktarının 11.36 mg/100 mL'den 5.85 mg/100 mL'ye; toplam fenolik maddelerin ise 115.46 mg/100 mL'den 103.72 mg/mL'ye düştüğünü belirlenmiştir (Rao vd 2011).

Çay ürünlerindeki kremalaşmayı azaltmak için membran filtreler ile çay ekstraktlarının berraklaştırılması üzerine yapılan bir çalışmada kateşin içeriği taze yeşil çay yapraklarındaki orijinal içeriğe kıyasla, her türlü filtrasyon işlemi (ters osmos, ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon) 1000 KPa basıncın altında kalan retentatta daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ultra filtrelenmiş ve mikro filtrelenmiş ekstraktlarla karbonhidrat, protein, bulanıklık ve kateşinlerin eş zamanlı olarak artması ile retentatlardaki pektin içeriğinde kısmi bir azalma olduğu rapor edilmiştir (Ramarethinam vd 2006).

2.3. Mikroenkapsülasyon

Çeşitli gıda ürünlerinin besin ve lezzet yönünden zenginleştirilmesi amacıyla fonksiyonel gıda bileşenleri kullanımı günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Ancak gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında bu fonksiyonel bileşenlerin stabiliteyi korumak ve ayrıca bu bileşenlerin diğer gıda bileşenleriyle etkileşimi sonucu oluşan olumsuzlukları önlemek amacıyla birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan gıda endüstrisinde en yaygın olarak kullanım alanına sahip olanı ise enkapsülasyon uygulamalarıdır.

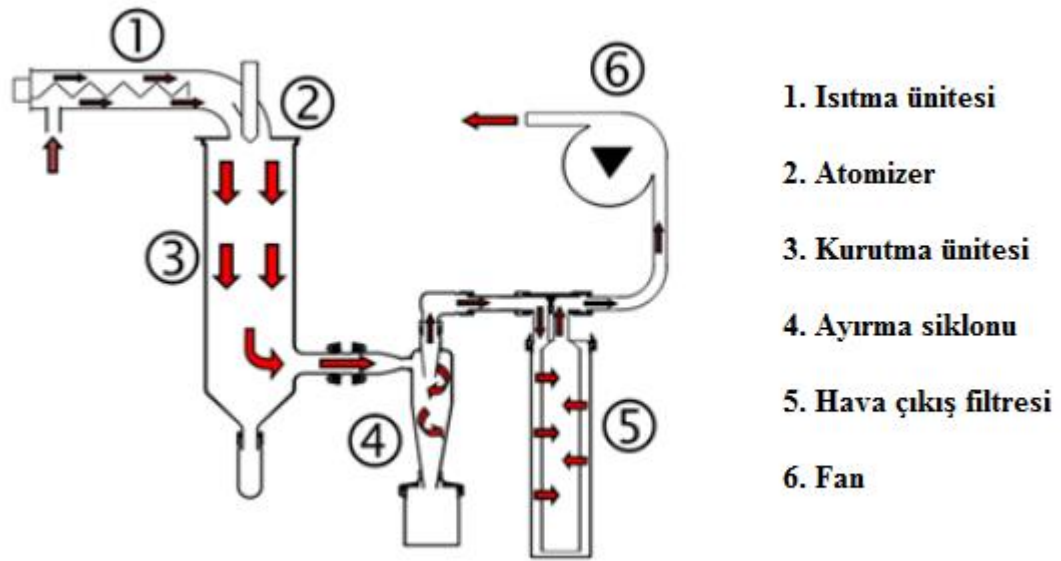
Enkapsülasyon; katı, sıvı veya gaz formdaki bir maddenin veya karışımın başka madde ile kaplanması (Madene vd 2006), küçük katı partiküllerin, sıvı damlacıkları ve gaz halindeki materyalleri yararlı özellikleri korunarak bir kaplama materyali içerisine paketlenip kapsüller haline dönüştürülmesi ve uygun şartlarda salınımının sağlanması ise mikroenkapsülasyon olarak tanımlanmaktadır (Gouin 2004; Barbosa-Cánovas vd 2005; Desai ve Jin Park 2005; Gharsallaoui vd 2007; Jafari vd 2008). Mikroenkapsülasyon işlemi;

1. Kaplanacak maddenin dış etkenlere (ısı, ışık, oksijen, nem) karşı korunması,
 2. Buharlaşma veya kaplanacak maddenin dışa aktarım hızının azaltılması
 3. Fiziksel özelliklerinin korunması,
 4. Maddenin daha kolay taşınmasının sağlanması,
 5. Kaplanacak maddenin tat ve kokusunun maskelenmesi,
 6. İstenen koşullar altında serbest bırakılma oranının kontrolü,
 7. Başka bileşenlerle reaksiyona girmesinin önlenmesi,
 8. Küçük miktarlarda kullanımı istendiğinde seyreltilmesi ve seyreltmenin homojen bir halde sağlanması
- gibi amaçlarla uygulanmaktadır (Shahidi ve Han 1993; I Ré 1998).

Mikroenkapsülasyon gıda endüstrisinde, hassas gıda bileşenlerini korumak, aroma kayıplarını azaltmak ve lezzet maddelerinin birbiriyle istenmeyen etkileşimlere girmesini önlemek amacıyla yaygın şekilde uygulanmaktadır. Bu işlem, püskürterek kurutma, püskürterek soğutma veya dondurma (spray chilling and spray cooling), ekstrüzyon kaplama, akışkan yatakta kaplama, lipozoma hapsedme, faz ayırma (koaservasyon) ve santrifüjli ekstrüzyon şeklinde farklı teknikler uygulanarak gerçekleştirilmektedir. Gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyonu işleminde bu teknikler içinde en yaygın olarak kullanılan yöntem püskürterek kurutma işlemidir (Jafari vd 2008; Koç vd 2010).

Püskürtme kurutma tekniği, ısıya duyarlı gıdalar, ilaçlar, renk maddeleri, aromalar ve ilaç sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Sıklıkla bir dehidrasyon prosesi olarak düşünülse de, püskürtmeyle kurutma işlemi, esasen kapsüllenen materyalin içerdiği koruyucu bir matriste "aktif" materyalinin çevresini kaplamasından dolayı kapsülleme metodu olarak da kullanılabilir. Diğer konvansiyonel mikroenkapsülleme teknikleriyle karşılaştırıldığında, nispeten basit, sürekli işleme imkanının olmasından dolayı avantajlı olabilmektedir (I Ré 1998). Yanı sıra farklı kapsülleme ajanları kullanılabilir ve yaygın olarak kullanılan işleme ekipmanlarına uyarlanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle mikroenkapsül haline getirilmiş ürünlerin maliyeti diğer yöntemlere göre oldukça düşük olduğu bildirilmektedir. (Desai ve Jin Park 2005; Gharsallaoui vd 2007).

Püskürterek kurutma temel olarak, çözelti veya emülsiyon halindeki sıvının, ısıtılmış hava akımının bulunduğu bir bölgede, atomizasyonla parçacık şeklinde hızla kurutulduğu bir işlemdir. Bu işlem sonunda elde edilen toz ürünün boyutu değişmekte olup, kullanılan kapsülleme materyaline ve hazırlanma prosedürüne bağlı olarak mikrokapsüller farklı şekillerde oluşabilmektedir. Genellikle sulu sistemlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen püskürterek kurutma işleminde kontrollü koşullarda organik çözücülerle de çalışılabilmektedir (Şahin 2009; Özdemir 2010). Püskürterek kurutma sisteminin genel birimleri Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Püskürterek kurutma sistemi genel görünümü (Anonim 2017b)

Püskürterek kurutma yönteminde, sıvı ürün atomizör yardımı ile çok küçük damlacıklar halinde sıcak hava ortamına verilir. Atomizere beslenen ürün içerisindeki su, yüksek buharlaşma hızından dolayı kısa süre içerisinde üründen uzaklaşır. Yüksek kurutma sıcaklıklarına maruz kalan ürün kurutma süresinin kısa olması ve teorik olarak yaş termometre sıcaklığını aşmamasından dolayı zarar görmemektedir (Koç vd 2010).

Püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyon işleminde 4 temel aşama bulunmaktadır. Bunlar dispersiyon veya emülsiyon hazırlama, dispersiyonun homojenizasyonu, atomizasyon ve kurutmadır (Shahidi ve Han 1993; Koç vd 2010).

Püskürterek kurutma işlemi için ilk adım uygun kapsülleme materyalinin seçilmesidir. Taşıyıcı seçimi emülsiyon stabilitesini, akışkanlığını, mekanik stabiliteyi ve kurutma sonrası ürün özelliklerini etkilediği için kritik bir aşamadır (I Ré 1998).

Püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyon işleminde; gıda saflığında, yenilebilir, doğal, ucuz olan ve gıda bileşenleri ile reaksiyona girerek ürünün asıl özelliklerini değiştirmeyen, kokusuz, tatsız kaplama materyalleri kullanılmaktadır. Bu amaçla karbonhidratlar (maltodekstrinler, kitosan, dekstroz, laktoz, pullulan v.b.),

selülozlar (karboksimetilselüloz, metilselüloz, etilselüloz vb.),gamlar (akasya gamı, agar, sodyum aljinat), proteinler (gluten, kazein, jelatin sodyum kazeinat, peyniraltı suyu proteini), lipitler, yağlar, mumlar, lesitin (emülsifiye edici) ve lif maddeleri kullanılabilir (Gharsallaoui vd 2007; Koç vd 2010). Seçilen kapsülleme materyali su içerisinde belirli bir süre rehidrate edildikten sonra içerisine çekirdek materyal eklenerek veya direkt olarak sıvı içerisinde çözülmüş haldeki çekirdek materyaline ilave edilerek karışım homojenize edilmektedir. Homojenize edilen karışım atomize edilerek kurutma bölmesine beslenir (Gharsallaoui vd 2007).

Atomizasyon işleminin amacı kuru hava ile atomize edilmiş sıvı parçacıkları arasında maksimum ısı ve kütle transferi sağlamaktır. Atomizasyon işlemi beslenen sıvının türünden ve viskozitesinden etkilenmekte böylece son ürün özellikleri belirlenmektedir (Barbosa-Cánovas vd 2006).

Püskürtülen maddenin sıcak hava ile teması atomizasyon sırasında meydana gelmektedir. Atomizerin sıcak hava dağıtıcısına karşılık yerleşme pozisyonuna göre eş yönlü, zıt yönlü ve karışık olmak üzere farklı amaçlı atomizerler tasarlanabilmektedir. Günümüzde eş-yönlü hava akımına sahip püskürtmeli kurutucular yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu türde atomizasyon işleminden hemen sonra atomize sıvı parçacığı, 150–220°C sıcaklıktaki sıcak hava ile karşılaşması ile birlikte ani buharlaşma olmakta ve böylece kuruyan ürün ıslak termometre sıcaklığında (50–80°C) kalmaktadır (Gharsallaoui vd 2007).

Temel kurutma prensibine göre; ürünün sıcak hava ile teması sırasında sıvı ve gaz fazlar arasında sıcaklık ve kısmi buhar basıncı dengesi kurulmakta bu şekilde havadan ürüne ısı transferi ve buhar basıncı farkından dolayı üründen havaya su transferi gerçekleşmektedir. Püskürterek kurutmada da sıcak hava ile beslemenin karşılaşmasından sonra ısı transferi nedeni ile parçacıkların sıcaklığı ıslak termometre sıcaklığı olan sabit bir değere kadar yükselmektedir. Bu sırada su, çekirdekten parçacık yüzeyine hareket eder ve sonucunda parçacık su içeriği kritik bir seviyeye gelince yüzeyde kuru bir kabuk oluşur. Partikül sıcaklığı kurutma ortamının hava sıcaklığına eşit olduğu zaman teorik olarak kurutma tamamlanmış olmaktadır (Gharsallaoui vd 2007).

Püskürterek kurutma ile elde edilen ürünün özelliklerini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Ürünün kalitesi; hammadde, taşıyıcı çeşidi, taşıyıcı konsantrasyonu, besleme konsantrasyonu, besleme hızı, atomizer hızı ve kurutma ortamı sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle püskürterek kurutma yöntemi ile birçok farklı ürün üretilmesine ve dolayısıyla çok sayıda araştırma yapılmasına olanak sağlamıştır (Şahin 2009).

Püskürterek kurutma işleminde taşıyıcı seçimi, emülsiyon stabilitesini, akışkanlığını, mekaniki stabilizeyi ve kurutma sonrası ürün özelliklerini etkilediği için kritik bir aşamadır (I Ré 1998). Püskürterek kurutmada; maltodextrin, arap zamkı, süt proteinleri (peynir altı suyu proteini izolatu, sodyum kazeinat) ve bitki proteinleri yaygın olarak kullanılan taşıyıcı materyallerdir (Shahidi ve Han 1993; Tontul ve Topuz 2017).

Ürüne göre farklı taşıyıcı materyalleri karşılaştıran bir çalışmada, vişne suyu konsantrasyonunun püskürterek kurutulmasında taşıyıcı olarak Maltodekstrin (% 77) Arap zamkından (% 68) daha etkili bulunmuştur (Can Karaca vd 2016).

Nadeem vd (2011) dağ çayının püskürterek kurutulmasına ilişkin bir çalışma gerçekleştirmiş ve bu çalışmada dört farklı karbonhidrat esaslı taşıyıcı malzemenin elde edilen ürün özelliklerine etkisi karşılaştırılmıştır. En yüksek ürün verimi, maltodekstrin (DE 12) ile elde edilmiş ve bunu takiben Arap zıkkı, maltodekstrin (DE 19) ve β -siklodekstrin izlemiştir.

Protein bazlı taşıyıcı materyallerin karşılaştırıldığı bir çalışmada (Tontul vd 2016) bezelye protein izolatu, soya proteini izolatu, zein ve iki farklı konsantrasyonda peynir altı suyu proteini konsantrasi kullanılmış ve çalışmanın sonuçlarına göre, peynir altı suyu proteini konsantrasi (% 5) en yüksek ürün verimi sağlarken bitkisel bazlı proteinler arasında soya proteini izolatu (% 1) en iyi ürün verimi sağlamıştır.

Püskürterek kurutma işleminde giriş ve çıkış sıcaklığının son ürün üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda, yüksek hava giriş sıcaklığının damlacık yüzeyinde hızlı bir yarı geçirgen zarın oluşması için yeterli düzeyde yüksek, ancak ürüne zarar vermeyecek ve zarın yüzeyini tahrip etmeyecek derecede düşük olması gerektiğini bildirmektedir. Birçok kaynakta, 160-210°C arasındaki bir giriş sıcaklığının optimum düzeyde aroma tutunumunu sağladığı rapor edilmiştir. Ancak bazı kaynaklarda ise 280-350°C sıcaklıklarda da aroma kapsüllemesinin başarı ile gerçekleştirilebildiği bildirilmektedir (Reineccius 2004).

Gac meyvesi ekstraktının püskürterek kurutulduğu bir çalışmada (Tuyen vd 2010) farklı giriş kurutma havası sıcaklığının (120, 140, 160, 180 ve 200 °C) ve maltodekstrin ilavesinin (%10, %20 ve %30) ürün özelliklerine etkisi incelenmiştir. En iyi ürün özellikleri 120 °C giriş sıcaklığında ve %10 (w/v) oranında maltodekstrin eklenmesi ile elde edildiği belirlenmiştir.

Püskürterek kurutma koşullarının böğürtlen tozunun fizikokimyasal özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada farklı giriş havası sıcaklıkları (140-180°C) ve maltodekstrin konsantrasyonları (%5-25) kullanılmıştır. Daha yüksek giriş havası sıcaklığının, tozun higroskopikliğini önemli ölçüde arttırdığı, nem içeriğini düşürdüğü ve pürüzsüz yüzeylere sahip daha büyük parçacıkların oluşumuna yol açtığı, ayrıca daha yüksek maltodekstrin konsantrasyonları ile üretilen tozların daha az higroskopik, daha hafif, daha az kırmızı ve nem içeriğinin daha düşük olduğu bildirilmiştir. Antosiyaninlerin ısı duyarlılığına bağlı olarak kurutma sıcaklığından etkilendiği tespit edilmiştir ve çalışma sonucunda en uygun işlem koşulları, giriş havası sıcaklığı 140-150 ° C ve maltodekstrin konsantrasyonu % 5-7 olarak belirlenmiştir (Ferrari vd 2012).

Fu vd (2011) ısıya duyarlı biyoaktif bileşiklerin korunumu arttırmak için düşük sıcaklıkta püskürterek kurutma koşullarının kullanımını araştırmışlardır. Bu amaçla monodispers EGCG parçacıkları elde etmiş ve düşük sıcaklıklarda (70°C ve 130°C arasında değişen koşullarda) püskürterek kurutma yöntemiyle kurutmuşlardır. Düşük kurutma sıcaklıklarının EGCG antioksidan aktivitesi üzerinde çok az zararlı etki gösterdiği ve püskürterek kurutmadan sonra EGCG'nin kimyasal yapısının değişikliğe uğramadığını bildirmiştir.

Secolin vd (2017) yaptıkları bir çalışmada ise yeşil çay polifenollerini tuzaklamak amacıyla püskürtülerek kurutma yoluyla lipid bazlı tozlar üretmiştir. Ürünün, yeşil çay polifenollerinin yüksek kapsülleme etkinliğine sahip, suda hızlıca dağılıbilir özellikte, ayrıca düşük yoğunluk ve iyi sıkıştırma ve akış özelliklerine sahip olduğu rapor

edilmiştir. Çalışma sonucuna göre püskürterek kurutma yöntemi ile lipid esaslı bileşimlerde yeşil çay polifenollerinin tuzaklanmasının başarılı sonuç verdiği bildirilmiştir.

Yeşil çay biyoaktif bileşiklerinin püskürterek kurutma ile 12 farklı doğal biyopolimerin kapsüleştirci ajan olarak kullanıldığı bir çalışmada, inulin ve peynir altı suyu proteinlerinin pektin eşliğinde en yüksek ürün verimi (sırasıyla % 67.04 ve % 65.18), en yüksek toplam polifenolik bileşenleri (% 67.5-82.2) ve flavan-3-ol'leri (% 93.7-75.9) sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca düşük kafein içerikleri (<5 mg/g), düşük kafeinli fonksiyonel bileşenleri elde etme potansiyeline işaret etmiştir. Aljinat, karagenan ve zamklar (akasya sakızı ve ksantan) en iyi renk korumasını ve en yüksek klorofil içeriği sonucunu verdiği bildirilmiştir (Belščak-Cvitanović vd 2015).

Mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan bir diğer yöntem olan dondurarak kurutma ise; donmuş sıvı, yarı katı veya katı gıdalardaki suyun düşük basınç altında sublimasyonla uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanabilir (Cohen ve Yang 1995; Boss vd 2004). Çok düşük sıcaklıklarda çalışılması ürünün yapı, tat-koku, görünüş gibi özelliklerinde yüksek sıcaklıklarda kaynaklanan olumsuzluklar önlenmekte bunun yanısıra dondurarak kurutmada oksidasyon ve kimyasal bozulmalar da engellenmektedir (Barbosa-Cánovas vd 2006).

Liyofilizasyon olarak da adlandırılan dondurarak kurutma tekniği, sulu solüsyonlarda kararsız olan ısıya duyarlı maddelerin kurutulması için en faydalı yöntemlerden biridir (Desai ve Jin Park 2005; Madene vd 2006).

Dondurarak kurutma, dondurulmuş bir maddeden veya dondurulmuş çözeltilerden çözücünün genellikle indirgenmiş basınç altında süblimleştirilmesi ile uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlem; dondurma aşaması, birinci kurutma ve ikinci kurutma periyotları olmak üzere 3 aşamalı olarak gerçekleşmektedir.

Dondurarak kurutma işleminin performansı bu işlemin birinci aşaması olan dondurma aşamasına önemli ölçüde bağlıdır. Kurutulacak malzeme, donma sıcaklığı altındaki bir sıcaklığa soğutulur ve böylece madde kristal hale gelir. Elde edilecek ürünün gözenek şekli, gözenek boyutu dağılımı ve birinci kurutma aşamasındaki suyun süblimasyonu ile oluşturulan kurutulmuş katmanın gözenek ağının bağlantısı bu dondurma işlemiyle oluşan buz kristallerine bağlıdır. Büyük ve homojen dağılmış buz kristallerinin elde edilmesi, kurutulmuş tabakadaki su buharının taşınımının daha hızlı olmasına sebep olmaktadır. Bu da ürünün hızlı kurumasını sağlayacaktır (Boss vd 2004; Barbosa-Cánovas vd 2006).

Birinci kurutma aşamasında çözücü vakum altında süblimasyonla uzaklaştırılmaktadır. Kurutulacak madde içerisindeki donmuş tabakanın tamamı kurduğunda bu periyot tamamlanmış olur. Bu aşamanın devamında donmuş çözücü kalmadığında ikinci kurutma periyodu başlar ve bağlı su buharı kurutulmuş tabakanın gözeneklerinden desorpsiyonla uzaklaştırılır. Kurutma işleminin gıda ürünleri için % 2-10 nem içeriğine kadar devam etmesi önerilmektedir (Boss vd 2004; Barbosa-Cánovas vd 2006; Gadkari ve Balaraman 2015).

Dondurarak kurutma tekniği püskürterek kurutma gibi diğer tekniklere göre işletme maliyetlerinin yüksek olması, uzun işlem süresi ve açık gözenek yapılı ürün

üretilmesi gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Ancak gıda ürünlerinin işlenmesinde, çok düşük sıcaklıklarda, kaliteli ürün sunmakta, tat-koku, görünüş gibi özelliklerinde yüksek sıcaklıklarda kaynaklanan olumsuzluklar önlenmekte ve bu nedenlerle başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem sıklıkla suda çözünür esanslar ve doğal aromaların enkapsülasyonunda ayrıca kahve ve çay ekstraktları gibi ısıya duyarlı bileşenler içeren gıdaların kurutulmasında da yararlanılmaktadır (Madene vd 2006; Koç vd 2010).

Vişne püresinin dondurarak kurutulmasında disakaridlerin fenolik ve antioksidan aktivite üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada vişne püresine % 5, % 10 ve % 20 oranında maltoz, sukroz veya trehaloz ilave edilmiştir. Siyanür-3-glukosit hariç bireysel antosiyaninlerin en yüksek içeriği % 20 maltoz ilave edilen numunede ölçüldüğü ve bu örneğin en yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiği bildirilmiştir (Lončarić vd 2016).

Duangmal vd (2008) yaptıkları bir çalışmada hibiskus ekstraktını maltodekstrin ve trehaloz ile dondurarak kurutmuş ve maltodekstrin kullanılarak kurutulmuş olan hibiskus tozunun üstün renk kararlılığına sahip olduğu rapor edilmiştir.

Kaushik ve Roos (2007) arap zankı, sukroz ve jelatinden oluşan çeşitli matrislerin kullanılarak limonenin dondurularak kurutma yöntemiyle kapsülleme olanaklarını araştırmıştır. Dondurarak kurutma, limonen kapsüllemesinde limonenin en yüksek miktarı (başlangıçta eklenen miktarın% 84'ü) 100 MPa'lık bir basınçta homojenleştirilen emülsiyonlarda tutulduğu ve arap zankı-sukroz-jelatinden oluşan karışımın, dondurarak kurutma ile limonen kapsüllemesi için etkin bir kapsül oluşturduğu belirlenmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada ise iki üzüm çeşidinin kabukları dondurarak kurutma ve fırında kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve elde edilen ürünlerin uçucu bileşen, fenolik bileşik ve antosiyanin miktarı analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda dondurarak kurutulan örneklerin fırında kurutulan örneklerden daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (De Torres vd 2010).

2.4. Yeşil Çayın Sağlık Üzerine Etkileri

Yapılan çalışmalar yeşil çayın antioksidan, antiinflamatuvar, antimutajenik, antikanserojenik, antianjiyogenik, obezliği önleyici, hipolipidemik (kolesterolü düşürücü), antiarteriosklerotik (damar sertliğini önleyici), antidiabetik, antibakteriyel, antiviral ve yaşlanmayı geciktirici etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Koo ve Cho 2004; Tas vd 2005; Çelik 2006; Şahin ve Özdemir 2006). Bu araştırmalarda yeşil çayın sağlık üzerine yararlı etkilerinin, özellikle bileşiminde bulunan kateşinlerden kaynaklandığı belirtilmektedir. Nitekim yeşil çay kateşinlerinin sağlık üzerine olan bu etkileri sebebiyle bu maddeler endüstriyel olarak saflaştırılmakta, toz ya da kapsül/tablet forma işlenerek beslenmeyi takviye edici gıda olarak da piyasaya sunulmaktadır.

Gastrointestinal sistemde, yeşil çayın hücre içi antioksidanları aktive ettiği, prokarsinojen oluşumunu inhibe ettiği ve kanser hücresi çoğalmasını engellediği bulunmuştur. Çay tüketiminin mide ve kolon kanserleriyle ters ilişkileri birçok çalışmada bildirilmiştir. Diş çürüğü ve kolestrolleri azaltarak gastrointestinal sistemdeki lipid

emilimi, böylece kardiyovasküler bozuklukları olan kişilere fayda sağladığı yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Koo ve Cho 2004).

Çay kateşinleri gastrointestinal sistemde iyi absorbe edilir. Bu nedenle aşırı doz tüketilmeyen yeşil çayın gastrointestinal hastalıkları önleyici etkiler sağladığı belirtilmektedir (Çelik 2006).

Yeşil çay ekstraktı ile düşük glisemik indeksli fırın ürünleri geliştirme potansiyelinin *in vitro* sindirim ortamında araştırıldığı bir çalışmada %0.45, %1 ve %2 konsantrasyon düzeyinde yeşil çay ekstraktı eklenmesinin fırında pişmiş ve buharda pişmiş ekmeğin glisemik potansiyelini önemli ölçüde azalttığını belirlenmiştir. %2 konsantrasyonda yeşil çay ekstraktı takviye edilmiş ekmeğin, pankreas sindiriminin ilk 90 dakikasında ve ayrıca hızlı şekilde sindirilmiş nişasta içeriği içeriğinde düşük bir seviyede glikoz salınımı gösterdiği ayrıca kateşin tutma seviyesi ile ekmeğin sindirilmiş nişasta içeriği arasında belirgin bir negatif korelasyon bulunduğu rapor edilmiştir (Goh vd 2015).

Epidemiyolojik kanıtlar kronik hastalık riskinin azaltılmasında çay kateşinlerinin rolü olduğunu düşündürmektedir. Kateşinlerin sindirim koşulları altında stabilitesinin belirlenmesi amacı ile yeşil çay ekstraktları 100 mL'de 4.5, 18, 23 ve 3.5 mg sırasıyla epikateşin (EC), epigallokateşin (EGC), epigallokateşin-galat (EGCG) ve epikateşin-galat (ECG) içerecek şekilde hazırlanmıştır. Bu ekstraktlara ticari içecek katkı maddeleri; sitrik asit (CA), BHT, EDTA, askorbik asit (AA), süt (inek, soya ve pirinç) ve turuncgil suyu (portakal, greyfurt, limon ve kireç), ile aşamalı dozajlarla ilave edilerek formüle edilmiştir. Formülasyonlar sindirim öncesi ve sonrası kateşin profilleri ile gastrik ve ince barsak koşullarını taklit eden *in vitro* sindirimde incelenmiştir. Yeşil çaydaki kateşin stabilitesinin zayıf olduğu, sindirim sonrası kateşinlerin % 20'sinin stabil kaldığı, EGC ve EGCG % 10 ile en duyarlı bileşenler olduğu belirtilmiştir. %50 sığır, soya ve pirinç sütü ile sırasıyla toplam kateşin tutulmasını sırasıyla 52, 55 ve 69% arttırdığı, 250 mL çay içeceğinde 30 mg AA'nın dahil edilmesi, EGC, EGCG, EC ve ECG'nin kateşin tutulmasını sırasıyla % 74, 54, 82 ve 45'e oranlarında yükselttiği bildirilmiştir (Green vd 2007).

Başka bir çalışmada yeşil çay ekstraktı (GTE); sükröz (S), askorbik asit (AA) ve sükröz askorbik asit karışımı (GT+S+AA) ile kateşin emilimi üzerine ortak gıda bileşenlerinin etkisini araştırmak için formüle edilmiştir. Biyoyararlanım ve biyolojik olarak erişilebilirlik sırasıyla Sprague Dawley sıçanlarında ve bir *in vitro* sindirim / Caco-2 hücre modelinde değerlendirilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla epigallokateşin (EGC) ve epigallokateşin gallatin (EGCG) emilimlerinin GT + S + AA formülasyonlarında anlamlı olarak (P <0.05) önemli olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca Caco-2 hücreleri tarafından EGC, EGCG ve ECG birikimi, diğer formülasyonlara kıyasla GT + S + AA'dan anlamlı derecede (P <0.05) yüksek iken askorbik asit varlığında kateşinlerin tutulması arttığı bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, sakkaroz ve askorbik asit ile formülasyonun, çaydan biyolojik olarak erişilebilirliği ve bağırsak alımını artırarak kateşinin biyolojik kullanılabilirliğini artırabilir olduğu belirtilmiştir (Peters vd 2010).

Bu çalışmada sağlık açısından pek çok olumlu özelliği bulunan yeşil çay ekstraktının ultrafiltrasyon yöntemiyle etken bileşikleri olan kateşinlerce zenginleştirilmesi, elde edilen zenginleştirilmiş ekstraktın püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile toz forma dönüştürülerek stabilitesinin artırılması ve salınımının

kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilecek kapsüllerin *in vitro* gastrointestinal sistemde salınımı ve depolama stabilitesinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma materyali olarak Çaykur Zümrüt Organik Yeşil Çay kullanılmış olup, örnekler Antalya'da faaliyet gösteren yerel marketten temin edilmiştir. Çözünür çay üretiminde taşıyıcı madde olarak maltodekstrin (DE 16,5-19,5) (Sigma GmbH (Almanya) ve peynir altı suyu proteini (whey protein) (Hi-pro Hardline) kullanılmıştır. HPLC analizlerinde kullanılmak üzere standard olarak kateşinler Sigma GmbH (Almanya) firmasından satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma ve Merck firmalarından temin edilmiştir

3.2. Metot

3.2.1. Yeşil çayın ekstraksiyonu

Genellikle sıcaklık ekstraksiyon üzerinde olumlu etki göstermektedir. Ancak bazı etken bileşenlerin sıcaklığa duyarlı olduğu durumlarda yüksek sıcaklıklarda ekstraksiyon etkinliği azaltılmaktadır. Yeşil çayın ekstraksiyonu ile ilgili yapılan çalışmalar da incelendiğinde 80 derecenin üstündeki su ekstraksiyonunda yeşil çay kateşinlerinin epimerizasyona uğradığı bildirilmektedir (Perva-Uzunalić vd 2006). Bu bilgiler doğrultusunda 25 gram yeşil çay örneği 500 mL saf su ile 80°C (r=14mm V=160 rpm) çalkalamalı su banyosunda 15 dakika süre ile ekstrakte edilmiştir.

3.2.2. Ultrafiltrasyon uygulaması

Ekstrakte edilen yeşil çay örneği 50, 30 ve 10 kDa ayırma sınırına sahip 3 farklı polietersülfon membran (Sartocon slice 200, Sartorius, Almanya) kullanılarak laboratuvar tipi ultrafiltrasyon sistemi (Sartorius, Göttingen, Almanya) ile oda sıcaklığında ultrafiltre edilmiştir. Uygulama 2 bar basınçta gerçekleştirilmiş olup, 400 rpm hızda peristaltik pompa ile ekstrakt beslenmiş, besleme sırasıyla 50, 30 ve 10 kDa'luk membranlardan ayrılacak şekilde uygulanmıştır. Kullanılan her membran bir sonraki işlem için temizlik prosedürüne tabi tutulmuştur. İlk olarak yaklaşık 2000 mL saf su sistemden geçirilmiş ardından 50°C' de 1 M NaOH çözeltisi 1 saat süre ile sistemde döngüye alınmış ve süre sonunda permeat çıkışından atılmıştır. Sistemde kalan NaOH'ın uzaklaştırılması amacı ile tekrar saf su geçirilerek temizlenmiş ve membran filtre % 20 (v/v)'lik etilalkol çözeltisinden yaklaşık 5 dk geçirildikten sonra sistemden çıkarılmıştır. Ayrıca membranlar bir sonraki kullanımlarına kadar % 20 (v/v)'lik etilalkol çözeltisi içerisinde muhafaza edilmiştir.

3.2.3. Çözünür yeşil çay üretimi

3.2.3.1. Püskürterek kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretimi

3.2.3.1.1. Kurutma şartlarının optimizasyonu

Püskürterek kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretiminde en uygun koşulların belirlenebilmesi için literatür bilgileri doğrultusunda ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Ön denemeler sonucunda kurutma havası giriş sıcaklığı (inlet) (°C), kurutma havası çıkış sıcaklığı (outlet) (°C), hidrokolloid çeşidi (maltodekstrin ve whey protein) ve hidrokolloid miktarının alt ve üst limitleri belirlenmiş ancak optimum

oranların belirlenmesi amacıyla Cevap Yüzey Metodu Box-Behnken deneme deseni kullanılmıştır. Box-Behnken deneme desenine göre değişkenlerin maksimum, minimum ve orta noktaları Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Box-Behnken deneme deseni değişkenlerinin parametreleri

Değişken	Minimum	Orta nokta	Maksimum
Giriş sıcaklığı (°C)	140	160	180
Çıkış sıcaklığı (°C)	80	85	90
Taşıyıcı madde konsantrasyonu (%KM)	5	17.5	30
Taşıyıcı madde çeşidi	maltodekstrin / whey protein		

Ön denemelerde belirlenen alt ve üst sınırlara göre Design Expert 7 (Stat-Ease Inc. Minneapolis, ABD) yazılımı kullanılarak deneme deseni hazırlanmıştır. Bu amaçla oluşturulan deneme deseni Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çözünür yeşil çay optimizasyonunda kullanılan deneme deseni

Desen no	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Taşıyıcı madde miktarı (% KM)	Taşıyıcı madde çeşidi
1	180	85	5	Whey protein
2	140	85	5	Whey protein
3	180	85	5	Maltodekstrin
4	160	80	30	Maltodekstrin
5	160	90	5	Maltodekstrin
6	160	90	30	Whey protein
7	160	85	17.5	Whey protein
8	140	85	30	Maltodekstrin
9	160	80	30	Whey protein
10	160	85	17.5	Whey protein
11	180	80	17.5	Whey protein
12	180	85	30	Whey protein
13	160	90	30	Maltodekstrin
14	160	85	17.5	Maltodekstrin
15	140	90	17.5	Maltodekstrin
16	180	90	17.5	Maltodekstrin
17	160	85	17.5	Maltodekstrin
18	180	80	17.5	Maltodekstrin
19	140	85	5	Maltodekstrin
20	140	80	17.5	Maltodekstrin
21	160	85	17.5	Whey protein
22	160	80	5	Maltodekstrin
23	140	90	17.5	Whey protein
24	160	90	5	Whey protein
25	160	85	17.5	Maltodekstrin
26	160	80	5	Whey protein
27	140	85	30	Whey protein
28	180	85	30	Maltodekstrin
29	140	80	17.5	Whey protein
30	180	90	17.5	Whey protein

Elde edilen ekstraktlara deneme deseninde belirlenen şartları sağlayacak şekilde maltodekstrin veya whey protein ilave edilmiş ve 250 mL hacmindeki karışım laboratuvar tipi homojenizatör (Ultra Turrax T25, Basic Ika Labortechnik, Germany) kullanılarak 12000 d/dk hızda 5 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Hazırlanan karışımlar püskürterek kurutma ünitesinde (Büchi Mini Spray Dryer B-290) eş yönlü hava akımında kurutularak mikrokapsüllere dönüştürülmüştür. Kurutma performansını etkileyen hava hızı ise püskürterek kurutma cihazının %100 aspirasyon gücü ile sağlanmıştır. Farklı kompozisyonlarda hazırlanan emülsiyonlar belirlenen hava çıkış sıcaklığını sağlayacak hızda (2-8 mL/dakika) peristaltik pompa yardımıyla atomizere beslenmiştir. Homojen bir besleme yapabilmek amacıyla emülsiyonlar oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı kullanılarak sürekli karıştırılmıştır. Püskürterek kurutucuya beslenen bu emülsiyonlar 5 barlık sabit hava basıncı (yaklaşık 500 L/saat hava hızı) ile döndürülen atomizer yardımıyla kurutma odasında püskürtülerek kurutulmuş ve kuruyan mikrokapsüller siklon seperatörde ayrıldıktan sonra ürün toplama kabına toplanmıştır. Elde edilen ürünler nem almayacak şekilde amber renkli örnek şişelerine konulmuş ve analizler gerçekleştirilene kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Optimizasyonda ürün verimi ve toplam kateşin miktarı deneme deseninin bir cevabı olarak kabul edilmiştir. Optimum şartlar ise istenirlik (desirability) fonksiyonu kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.2. Dondurarak kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretimi

Dondurarak kurutma yöntemi ile çözünür çay üretimi için hazırlanan ekstraktlar, yöntem kıyaslaması yapılması amacı ile püskürterek kurutma yöntemi ile çözünür yeşil çay üretiminde optimize edilen hidrokolloid çeşidi ve oranı seçilmiştir. Son karışım (Ultra Turrax T25, Basic Ika Labortechnik, Germany) kullanılarak 12000 d/dk hızda 5 dakika homojenize edilmiştir. Hazırlanan ekstraktlar -80°C’de dondurulduktan sonra kurutulmuştur. Dondurarak kurutma işlemi -75°C sıcaklık ve vakum altında 40 torr mutlak basınçta Operon Fdu&Fdb Type dondurarak kurutucu kullanılarak 48 saatte gerçekleştirilmiştir. Bu süre sonucunda elde edilen çözünür yeşil çay örnekleri nem almayacak şekilde amber renkli örnek şişelerine doldurulmuş ve analizler gerçekleştirilene kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Çözünür yeşil çay örneklerinin statik *in vitro* model sindirim sisteminde stabilitesinin incelenmesi

Dondurarak ve püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin *in vitro* model sistemde stabilitesinin incelenmesi Green vd (2007)’e göre kısmen modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0.1 gram örnek alınarak 20 mL sıcak suda çözündürülmüş ve üzerine %0.9’luk NaCl çözeltisinden 10 mL ilave edilmiştir. Model mide fazı için 40 mg/mL pepsin 0.1 N HCl içerisinde çözündürülmüş ve bu çözeltiden örnek üzerine 3 mL eklenmiştir. Hazırlanan 1N HCl ile model mide fazının pH’ı 2.0’ye ayarlanmıştır. Amber renkli şişelerde hazırlanan bu faz azot altında 37°C çalkalamalı su banyosunda (GFL 1092, Germany) 180rpm karıştırma hızında 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda her örnekten 5 mL analiz için ayrılmıştır. Model ince bağırsak fazı için ise model mide fazı inkübasyonundan sonra örneklerin pH’ı ilk

olarak 100mM NaHCO₃ ve 1N NaOH kombinasyonu ile 5.3'e ayarlanmıştır. Ardından model bağırsak sıvısı 100mM NaHCO₃ içerisinde 2mg/mL pankreatin ve 12 mg/mL safra içerecek şekilde hazırlanmıştır. Model bağırsak sıvısı pH'ı 5.3'e ayarlanan örneklerin üzerine 9 mL ilave edilmiştir ve 1N NaOH ile ortam pH'ı 7.2'ye ayarlanmıştır. Tüm ortam 50 mL olacak şekilde %0.9'luk NaCl çözeltisi ile tamamlanmış ve azot altında 37°C'de çalkalamalı su banyosunda (180rpm) 2 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda model mide fazı sonunda alınan örnekler ve model ince bağırsak fazı sonrası elde edilen örneklerle birlikte 10000xg 4°C'de 1 saat süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda berrak kısımda HPLC ile kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı analiz edilmiştir.

3.3. Depolamanın Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında 2 farklı kurutma yöntemi kullanılarak üretilen çözünür yeşil çay örnekleri depolama analizlerine tabi tutulmuştur. Depolama 2 farklı sıcaklıkta [4 ve 25 °C (oda sıcaklığı)] 60 gün süre ile gerçekleştirilmiştir. Depolamanın 0, 5, 15, 30, 45 ve 60. günlerinde optimize edilen şartlarda püskürterek ve dondurarak kurutulan çözünür yeşil çay örneklerine nem miktarı, su aktivitesi, bulanıklık, renk ve kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı analizleri yapılmıştır.

3.4. Analizler

3.4.1. Ürün verimi

Çözünür çayların püskürterek ve dondurarak kurutulması sonucunda elde edilen ürün verimleri aşağıdaki eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır. Püskürterek kurutma işlemi sırasında higroskopik özellikteki taşıyıcılar kullanılması nedeniyle yapışma problemi oluşmakta ve üründe kayıplar meydana gelmektedir. Çalışmada ürün toplama haznesinde biriken ve siklondan yumuşak bir fırça vasıtasıyla elde edilen mikrokapsüller toplam ürünü oluşturmuştur. Dondurarak ve püskürterek kurutulan örneklerin ürün verimi Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\%V = \frac{\text{Elde Edilen Toz Miktarı (g)}}{\text{Kurutulan Ekstrakt Miktarı (mL)} \times \text{Ekstraktın Kuru Madde Konsantrasyonu}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Elde edilen mikrokapsüllerin nem miktarı, nem tayini cihazı (DBS 60-3, Kern & Sohn, Almanya) ile analiz edilmiştir. Bu amaçla yaklaşık 0.2 gram örnek kullanılmış ve sonuçlar göstergeden kaydedilmiştir.

Mikrokapsüllerin su aktivitesi (a_w) değeri su aktivitesi ölçme cihazı (Testo-650) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık 1 g mikrokapsül, cihazın örnek kabına

konulmuş ve oda sıcaklığında denge nem değerine ulaşana dek bekletilmiştir. Denge halindeki aw değeri dijital göstergeden kaydedilmiştir.

3.4.3. Yığın yoğunluğunun belirlenmesi

Püskürterek ve dondurarak kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin yığın yoğunluğu Beristain vd (2001)'e göre belirlenmiştir. Bu amaçla 1 gram toz örnek 10 mL'lik ölçülü mezüre tartılmış ve 25 defa (mikrokapsül yığnında oluşan boşlukların kaybolması için) kaldırılıp bırakıldıktan sonra örnek hacmi okunmuştur. Yığın yoğunluğu örnek miktarının hacme bölünmesiyle hesaplanmış ve sonuçlar kg/m³ olarak verilmiştir.

3.4.4. Renk analizi

Örneklerin renk değerleri UltraScan-VIS Hunterlab (Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen çözünür yeşil çaylar 0.1 gram tartılarak 80 mL sıcak saf suda çözündürülmüş ve sıvı ölçüm haznesinde analizler gerçekleştirilmiştir. Örneklerin L* (koyuluk-açıklık), a* (yeşillik-kırmızılık), b* (mavilik-sarılık) parametreleri ölçülmüş ve bu değerlerden ton açısı (Hue angle, Eşitlik 3.2) ve doygunluk (Chroma, Eşitlik 3.3) değerleri aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$Ton\ açısı = \frac{180}{\pi} \times \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (3.2)$$

$$Doygunluk = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.3)$$

3.4.5. Bulanıklık analizi

Bulanıklık analizi Hanch (Model 2001) türbidimetre kullanılarak Tajchakavit vd (2001)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla püskürterek kurutma yöntemi ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen çözünür yeşil çaylar ön denemelerle belirlenen orana göre yani 0,1 gram çay 80 mL sıcak saf suda çözündürülmüş ve örnekleme hücresine yaklaşık 30 mL örnek konularak ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar Nephelometric Turbidity Unit (NTU) olarak ifade edilmiştir.

3.4.6. Çözünme oranı

Çözünür yeşil çay örneklerinde çözünme oranı Cano-Chauca vd (2005)'e göre kısmen modifiye edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla 0,5 gram örnek tartılarak 50 mL saf suda çözülmüş ve manyetik karıştırıcıda (VWR Stirrer) 600 rpm'de 5 dak süreyle karıştırılmıştır. Elde edilen çözelti santrifüj tüplerine kayıpsız aktarılarak, 3000 x g'de 5 dakika süre ile oda sıcaklığında santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında üstte kalan sıvı kısımdan alınan 20 mL örnek önceden darası alınmış cam petri kaplarına aktarılmış ve 70 °C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Ağırlık farkından hesaplanan % çözünme oranı örneklerin kuru maddesi üzerinden verilmiştir.

3.4.7. Parçacık boyutu dağılımı

Mikrokapsüllerde parçacık boyutu analizi Fuchs vd (2006)'e göre lazer kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazının toz modülü (Malvern, Mastersizer 2000SR) kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler yaklaşık 1 gram mikrokapsül kullanılarak yapılmış ve sonuçlar cihazın yazılımı (Malvern Application Ver. 5.60) yardımıyla D10, D50 ve D90 değeri (μm) olarak hesaplanmıştır.

3.4.8. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla püskürterek kurutma yöntemi ve dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çaylardan elde edilen ekstraktlar 10 kat seyreltilmiş ve bu seyreltikten 0.5 mL tüplere aktarılmıştır. Üzerine sırasıyla 2.5 mL 0.2 N Folin Cioceltau çözeltisi ve 2 mL Na_2CO_3 çözeltisi (%7.5) ilave edildikten sonra girdap karıştırıcıda karıştırılmış ve 50°C su banyosunda 5 dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda oda sıcaklığında soğutulmuş, absorbansı aynı şartlarda ekstrakt yerine saf su ile hazırlanmış köre karşı spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 160A, Japonya) 760 nm dalga boyunda belirlenmiştir (Dincer vd 2012). Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak gallik asit çözeltileri ile oluşturulan eğri (Ek.1) yardımıyla g gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.9. Antioksidan aktivite tayini

Dondurarak ve püskürtülerek kurutulan çay örneklerinin antioksidan aktivite tayini DPPH radikalinin inhibisyonu ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) yöntemi ile analiz edilmiştir.

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite tayini Fernández-León vd (2013)'e göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çaylardan elde edilen ekstraktlar 40 kat seyreltilmiş, seyreltilen örnekten 50 μL alınarak tüpe aktarılmış ve üzerine metanolde 60 μM olacak şekilde taze hazırlanmış 950 μL DPPH ilave edilerek oda sıcaklığında karanlık bir alanda 30 dakika süre ile bekletilmiştir. DPPH çözeltisinin absorbansı bekleme süresinin başında saf metanole karşı 515 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. 30 dakika inkübasyon sonrası absorbans ölçümü yapılmış ve DPPH çözeltisine göre absorbans farkları hesaplanmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla g troloks eşdeğeri antioksidan aktivite (TEAA)/100 g kuru örnek ağırlığı cinsinden hesaplanmıştır.

Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) ise Ena vd (2012) tarafından bildirilen yöntem kısmen modifiye edilerek analiz edilmiştir. Bu amaçla püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen çözünür yeşil çaylardan elde edilen ekstraktlar 40 kat seyreltilmiştir. 2750 μL fluorescein çözeltisi (0.6136 μM) üzerine 37 μL fosfat tamponu (75 mM, pH 7.4) ve seyreltilmiş örnekten 75 μL ilave edildikten sonra 37°C sıcaklıkta 30 dakika inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda reaksiyon 75 μL 2,2'-azobis (2-metilpropionamidin) dihidroklorit (fosfat tamponu içinde hazırlanmış 0.32 μM) ilave edilerek durdurulmuştur. Elde edilen çözeltinin flüoresans

şiddeti flüoresans spektrofotometresi (Cary Eclipse, Agilent Technologies, Kaliforniya, ABD) kullanılarak 490 nm uyarım (*eksitasyon*) ve 520 nm yayım (*emiyon*) dalga boylarında belirlenmiştir. Örneklerin Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği mM Troloks Eşdeğeri (TE)/g KM cinsinden aynı şartlarda örnek yerine ekstraksiyon çözeltisi ile hazırlanmış Troloks standardı (100 µM) ve kör (fosfat tamponu) ile hazırlanan çözeltiler flüoresans şiddeti kullanılarak Eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$ORAC (\mu M TE) = Sf \times \left(\frac{S_{\text{örnek}} - S_{\text{kör}}}{S_{\text{Troloks}} - S_{\text{kör}}} \right) \quad (3.4)$$

Bu formülde *Sf* seyreltme faktörü, *S_{örnek}*, *S_{kör}* ve *S_{Troloks}* sırasıyla örnek, kör ve Troloks'un flüoresans şiddetidir.

3.4.10. Kateşin kompozisyonu ve kafein miktarının belirlenmesi

Çözünür yeşil çayların kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı Wang vd (2000) tarafından uygulanan metoda göre belirlenmiştir. Bu amaçla püskürterek ve dondurularak kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinden 0.1 gram tartılarak 20 mL saf suda çözündürülmüş elde edilen ekstrakt 10 kat seyreltilmiştir (*in vitro* analizlerindeki örnekler için seyreltme yapılmamıştır) ve 0.45µm'lik membran filtreden süzülerek ekstraktlar HPLC (Shimadzu, Japonya) sistemine enjekte edilmiştir ve Çizelge 3.3'de belirtilen şartlarda analiz edilmiştir. HPLC sistemi DGU-20A5 degaz ünitesi, LC-20AD pompa ünitesi, SIL-20AD otomatik örnekleyici, CTO-20AC kolon fırını ve SPD-20M20A diode array detektörden oluşmaktadır. Ayırım Inertsil ODS 3 (250×4.6 mm, 5µm) (GL Sciences, Japonya) kolonda gerçekleştirilmiştir. Mobil faz A olarak %0.1 ortofosforik asit içeren su, mobil faz B olarak ise %0.1 ortofosforik asit içeren metanol kullanılmıştır. Akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmış olup, akış programı 0-5 dk %20 B, 5-7 dk %20-24 B, 7-10 dk %24 B, 10-20 dk %24-40 B ve 20-25 dk % 40-50 B, şeklinde uygulanmıştır. Dedeksiyon işlemi 280 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir.

Tanımlama işlemi için dış standard yöntemi kullanılmış ve bu amaçla gallokateşin (GC), kateşin (C), epigallokateşingallat (EGCG), epikateşin (EC), gallokateşingallat (GCG), kateşingallat (CG), epikateşin gallat (ECG) ve kafein (K) standartları kullanılmıştır. Kateşin standartları Sigma-Aldrich (Taufkirchen, Almanya) temin edilmiştir. Bileşenlerin tanımlanması standard pikinin alıkonma zamanları, UV spektrumları ve benzerlik indeksleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki kateşin miktarı, örneklerle aynı koşullarda cihaza enjekte edilen 5 farklı konsantrasyondaki standard çözeltileri ile oluşturulan eğri yardımıyla hesaplanmıştır (Ek 1).

Çizelge 3.3. Kateşin ve kafein analizi HPLC şartları

Kolon	Inertsil ODS 3
Kolon sıcaklığı	30°C
Hareketli faz	Su (%0,1 ortofosforik asit içeren)
Akış hızı	1 mL/dk
Dedektör	Diode Array, 280 nm.
Enjeksiyon miktarı	10 µL
Analiz süresi	33 dk

3.5. İstatistiksel Analizler

Püskürterek kurutma yöntemi için optimum koşullar Design Expert 7.0 (Stat-Ease Co., Mineapolis, ABD) paket programı kullanılarak Box-Behnken deneme desenine göre cevap yüzey metodu ile belirlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen ürünler tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş olup her bir uygulama 2 tekerrürlü yapılmıştır. Her tekerrürden alınan her bir örnekte 2 paralelli olarak analizler gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş vd 1987). Varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi SAS istatistik programı (V9, SAS Institute, North Carolina, ABD) kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ultrafiltrasyon İşleminin Çay Ekstraktlarının Kateşin Profiline Etkisi

Yeşil çay ekstraktına farklı ayırma sınırına sahip filtreler (50, 30, 10 kDa) kullanılarak ultrafiltrasyon işlemi uygulanmıştır. İşlem sonucunda retentat ve permeat kısmından elde edilen örneklerin kateşin miktarları HPLC ile analiz edilmiştir ve bu değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktına ait kateşin miktarları (mg/100mL)

Kateşin türevleri	Ekstrakt	Ayırma sınırı (kDa)					
		50 kDa		30 kDa		10 kDa	
		Retentat	Permeat	Retentat	Permeat	Retentat	Permeat
GC	15.83±0.24	16.98±0.23	17.03±1.63	16.12±0.26	15.18±0.50	16.96±0.44	15.31±0.71
C	9.28±0.14	9.37±0.00	8.12±0.00	9.34±0.02	6.85±0.01	9.51±0.02	5.59±0.10
EGCG	161.08±0.45	162.09±0.21	129.17±2.25	160.40±0.52	114.27±1.56	163.58±0.05	89.72±0.67
EC	32.97±0.26	40.09±0.11	36.18±0.20	34.29±0.06	33.26±0.10	42.50±1.19	31.20±0.94
GCG	10.29±0.32	10.25±0.04	7.99±0.04	9.42±0.09	6.84±0.00	9.94±0.03	5.61±0.04
ECG	8.67±0.06	8.72±0.13	7.15±0.27	8.38±0.29	6.61±0.42	8.73±0.02	5.57±0.02
CG	2.53±0.00	2.62±0.04	2.04±0.03	2.48±0.03	1.73±0.0	2.55±0.01	1.46±0.00

Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının kateşin miktarları, kullanılan filtrelerin ayırma sınırına bağlı olarak her bir kateşin için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Permeata geçen kateşin miktarı farklı ayırma sınırına sahip filtrelerde gözenek çapı küçüldükçe azalmıştır. En yüksek kateşin miktarı 10 kDa ayırma sınırına sahip filtrenin retentat kısmından elde edilmiştir. Genel değerlendirme için toplam kateşin miktarı hesaplanmış ve bu değerler 154.47-253.77 mg/100 mL arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktına (240.66±1.47 mg/100mL) ait toplam kateşin miktarları (mg/100mL)

Ayırma sınırı (kDa)	Toplam kateşin miktarı (mg/100mL)	
	Retentat	Permeat
50 kDa	250.10 ± 0.26	207.69 ± 0.14
30 kDa	240.44 ± 0.18	184.73 ± 1.57
10 kDa	253.77 ± 0.82	154.47 ± 1.13

Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının toplam kateşin miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’de ve bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere örneklerin toplam kateşin miktarı üzerine filtrelerin ayırma sınırı etkisi çok önemli ($P<0.001$) bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının toplam kateşin miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Toplam kateşin miktarı (mg/100mL)	
		KO	F
Ayırma sınırı	6	2857.38829	2985.87***
Hata	7	0.95697	

(***) $P<0.001$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.4. Farklı ayırma sınıfına sahip filtrelerden geçirilen yeşil çay ekstraktlarının toplam kateşin miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

VK	N	Toplam kateşin miktarı (mg/100mL)
Ekstrakt	2	240.66 ^c ± 1.47
50 kDa Retentat	2	250.10 ^b ± 0.25
50 kDa Permeat	2	207.69 ^d ± 0.13
30 kDa Retentat	2	240.44 ^c ± 0.18
30 kDa Permeat	2	184.73 ^e ± 1.57
10 kDa Retentat	2	253.78 ^a ± 0.81
10 kDa Permeat	2	154.47 ^f ± 1.14

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre yeşil çay ekstraktının farklı ayırma sınırlarına bağlı olarak kateşin miktarı değerleri ortalaması istatistiksel açıdan ekstrakta göre önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kullanılan filtrelerin ayırma sınırına bağlı olarak permeata geçen kateşin miktarı gözenek çapı küçüldükçe azalmıştır. En yüksek kateşin miktarı 10kDa ayırma sınırına sahip filtrenin retentat kısmından elde edilmiştir (253.78 mg/100 mL).

Nitekim yapılan bir çalışmada; yeşil çay ekstraktlarının 4 farklı gözenek büyüklüğündeki (10, 30, 50 ve 100 kDa) selülozik membrandan 0.18 MPa basınç altında geçirilerek elde edilen fraksiyonlardaki protein ve toplam fenolik madde miktarı araştırılmış, 10 kDa büyüklüğündeki membrandan geçen toplam fenolik maddelerin 115.46 mg/100 mL'den 103.72 mg/mL'ye düştüğü belirlenmiştir (Rao vd 2011).

Ramarethinam vd (2006) yaptıkları bir çalışmada membran filtreler ile çay ekstraktlarının berraklaştırılması üzerine yapılan çalışmada kateşin içeriği taze yeşil çay yapraklarındaki orijinal içeriğe kıyasla, her türlü filtrasyon işlemi (ters ozmoz, ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon) 1000 KPa basıncın altında kalan retentatta daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ultrafiltrelenmiş ve mikrofiltrelenmiş ekstraktlarla

karbonhidrat, protein, bulanıklık ve kateşinlerin eş zamanlı olarak artması ile retentatlardaki pektin içeriğinde kısmi bir azalma olduğu rapor edilmiştir.

4.2. Optimum Püskürterek Kurutma Koşullarının Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında optimum kurutma koşullarını belirleme çalışmalarında üretilen 30 farklı çözünür yeşil çayda verim ve toplam kateşin miktarı her bir desen için analiz edilmiş ve parametrelerin sonuçları Çizelge 4.5’de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre toplam kateşin miktarı 7.49-19.45 g/100g KM arasında verim değerleri %39.31-54.55 arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.5’de verilen sonuçlar deneme deseninin cevapları olarak değerlendirilmiş ve Design Expert 7 yazılımı kullanılarak test edilmiştir.

Çizelge 4.5. Püskürterek kurutma optimizasyon parametreleri

Desen no	Giriş sıcaklığı (°C)	Çıkış sıcaklığı (°C)	Taşıyıcı madde miktarı (%KM)	Taşıyıcı madde çeşidi	Toplam kateşin miktarı (g/100g KM)	Ürün verimi (%)
1	180	85	5	Whey protein	16.44	43.98
2	140	85	5	Whey protein	18.84	45.05
3	180	85	5	Maltodekstrin	19.06	42.47
4	160	80	30	Maltodekstrin	12.86	48.99
5	160	90	5	Maltodekstrin	19.45	46.43
6	160	90	30	Whey protein	9.26	43.91
7	160	85	17.5	Whey protein	13.98	40.64
8	140	85	30	Maltodekstrin	12.10	54.55
9	160	80	30	Whey protein	8.17	39.85
10	160	85	17.5	Whey protein	11.37	39.46
11	180	80	17.5	Whey protein	11.93	43.75
12	180	85	30	Whey protein	7.49	45.06
13	160	90	30	Maltodekstrin	12.34	52.56
14	160	85	17.5	Maltodekstrin	14.55	49.66
15	140	90	17.5	Maltodekstrin	15.15	51.47
16	180	90	17.5	Maltodekstrin	14.21	46.94
17	160	85	17.5	Maltodekstrin	13.86	51.48
18	180	80	17.5	Maltodekstrin	14.75	45.77
19	140	85	5	Maltodekstrin	17.56	46.36
20	140	80	17.5	Maltodekstrin	14.43	51.42
21	160	85	17.5	Whey protein	11.71	46.05
22	160	80	5	Maltodekstrin	14.46	47.32
23	140	90	17.5	Whey protein	7.99	49.38
24	160	90	5	Whey protein	16.08	44.49
25	160	85	17.5	Maltodekstrin	14.67	50.64
26	160	80	5	Whey protein	15.83	45.02
27	140	85	30	Whey protein	7.61	41.90
28	180	85	30	Maltodekstrin	9.03	52.10
29	140	80	17.5	Whey protein	9.74	39.31
30	180	90	17.5	Whey protein	8.39	48.31

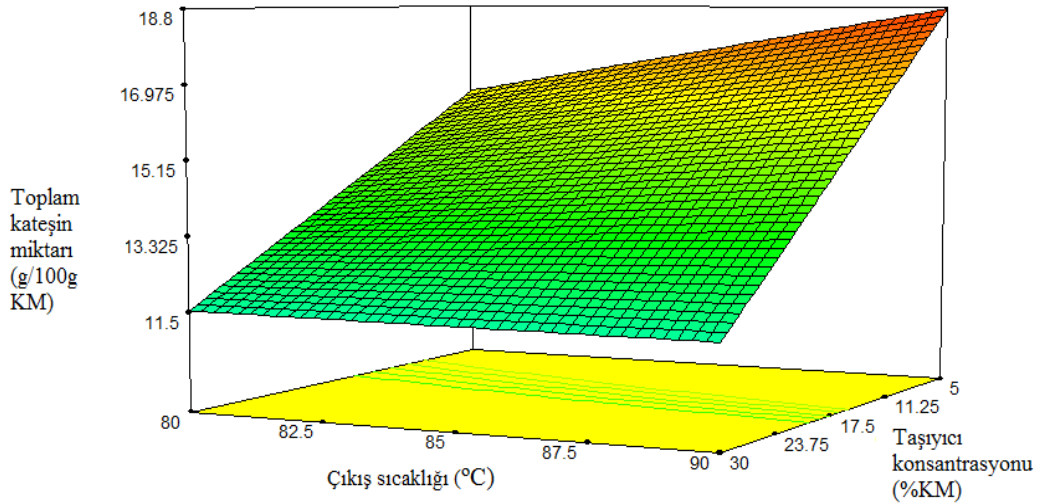
Cevaplar test edilmiş ve en küçük tahmin edilen kareler toplamı, en yüksek regresyon katsayısı, istatistiksel açıdan önemli P değeri ve istatistiksel açıdan önemsiz uyum eksikliği (*lack of fit*)’ne sahip model, parametreyi en iyi ifade eden model olarak değerlendirilmiştir. Çözünür yeşil çay üretim optimizasyonunun gerçekleştirildiği bu

çalışmada “2 FI” modeli kullanılmıştır. Kullanılan modeldeki değişkenler; giriş sıcaklığı (°C), çıkış sıcaklığı (°C), taşıyıcı konsantrasyonu (%KM) ve taşıyıcı çeşidi olarak belirlenmiştir. Design–Expert programındaki Cevap Yüzey Metodu kullanılarak toplam kateşin miktarı ve verim için geliştirilen regresyon eşitlikleri, bu eşitliklere ait uyumluluk düzeyleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

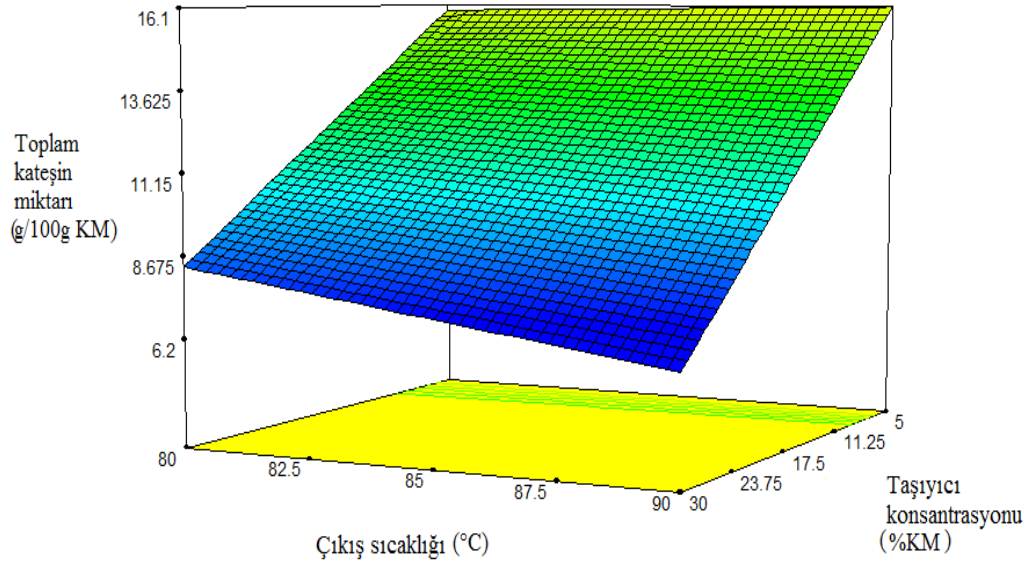
Çizelge 4.6. Cevap yüzey metoduna ait regresyon eşitliği ve bu eşitliklere ait uyumluluk düzeyleri

	2 FI Model eşitliği	R ²	D-R ²
Toplam kateşin	13.11-0.13A+0.04B-3.68C-1.46D-0.38AB-0.29AC+0.14AD -0.58BC-0.54BD-0.65CD	0.83	0.74
Verim	46.48-0.69A+1.38B+1.11C-2.73D-0.55AB+*.71AC+1.37AD +1.13BC+0.89BD-2.09CD	0.82	0.73

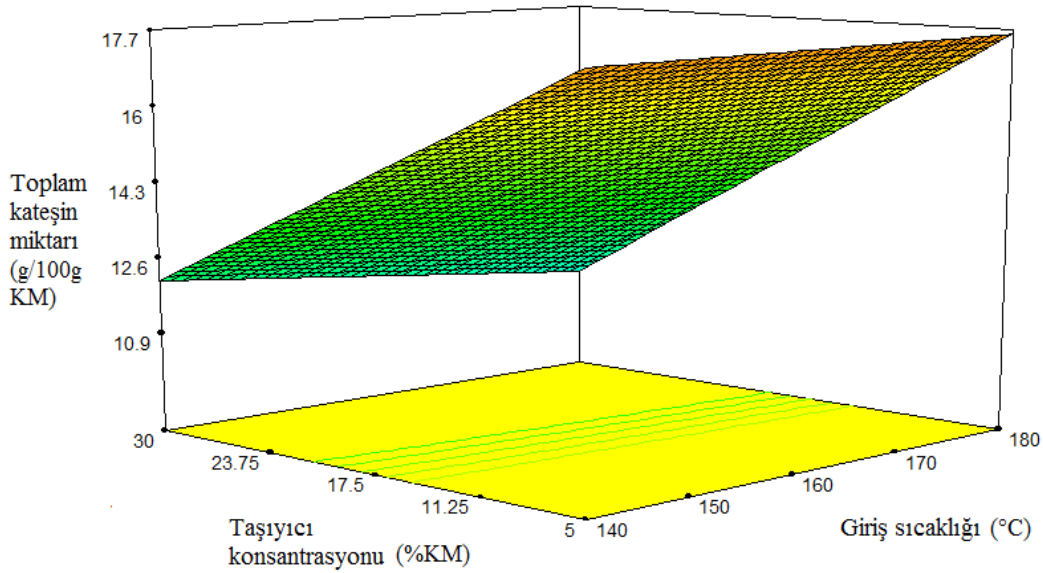
Cevap yüzey metodu desenlerinde değişkenleri sonuç olarak belirlenen yüzde verim ve toplam kateşin miktarı üzerine etkisini görmek amacı ile 3 boyutlu yüzey grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.1-4.8).



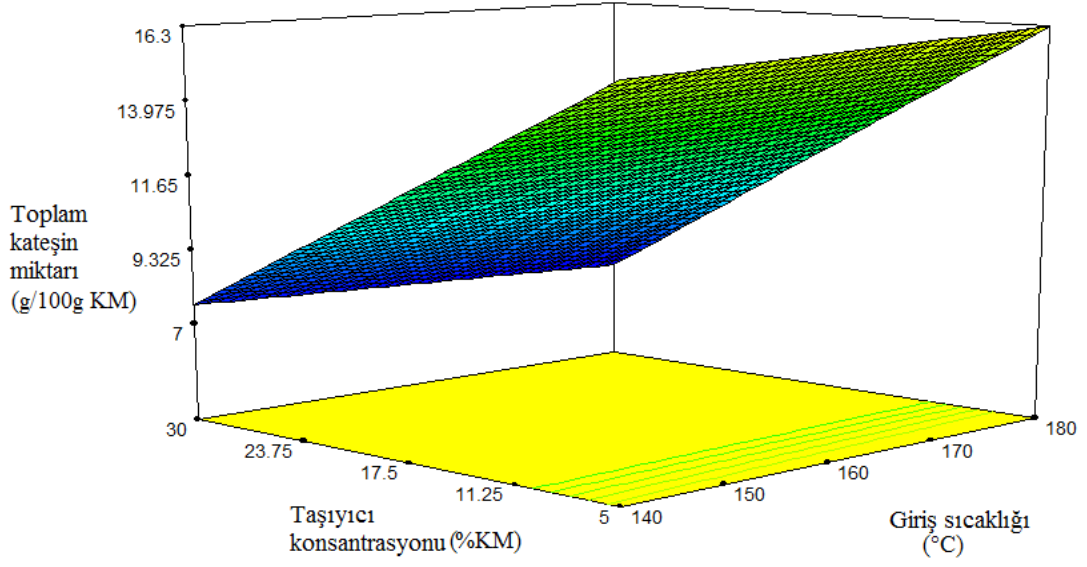
Şekil 4.1. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



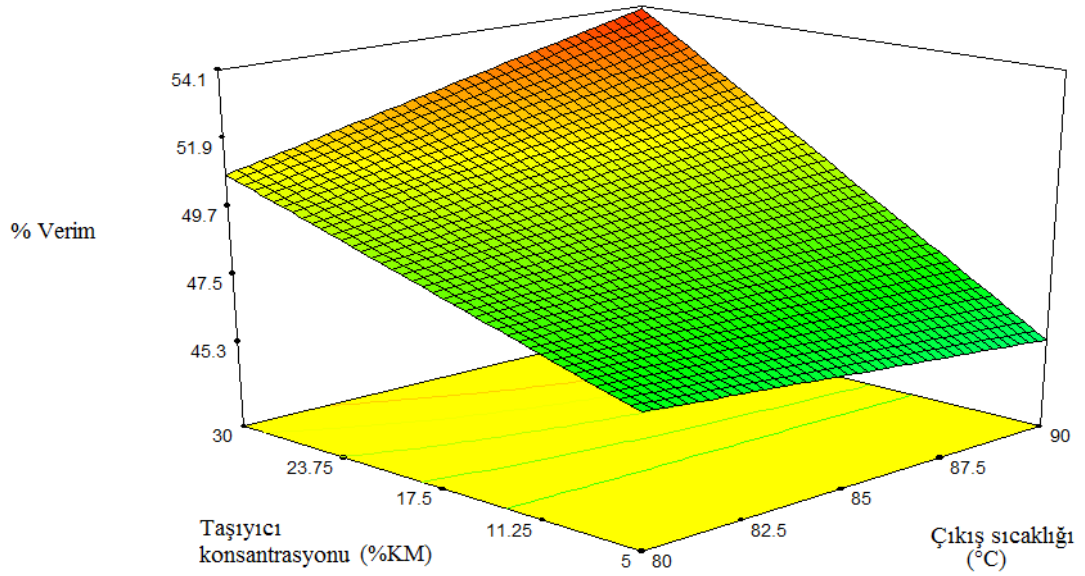
Şekil 4.2. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



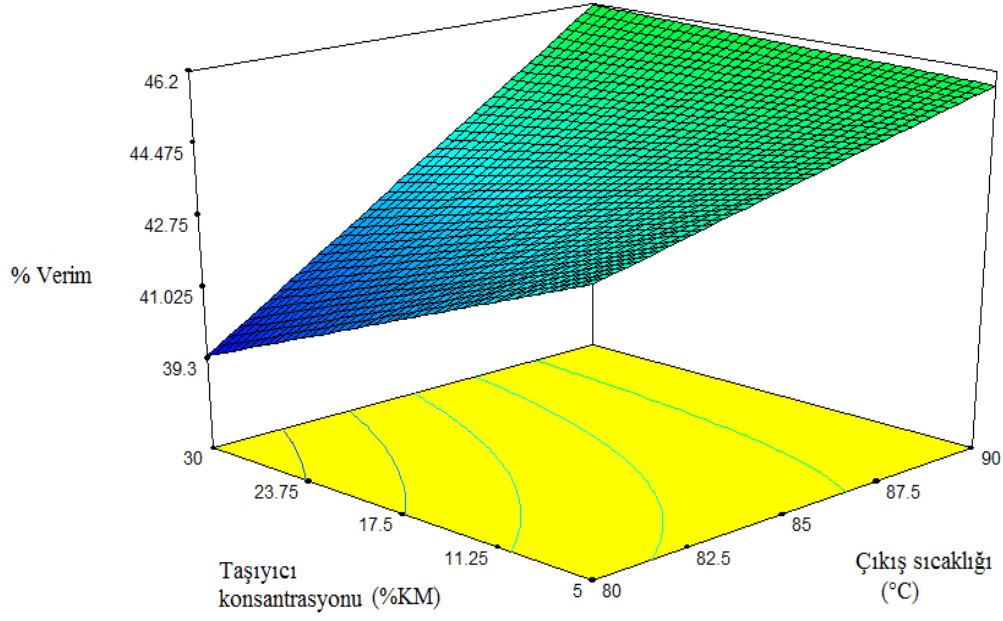
Şekil 4.3. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



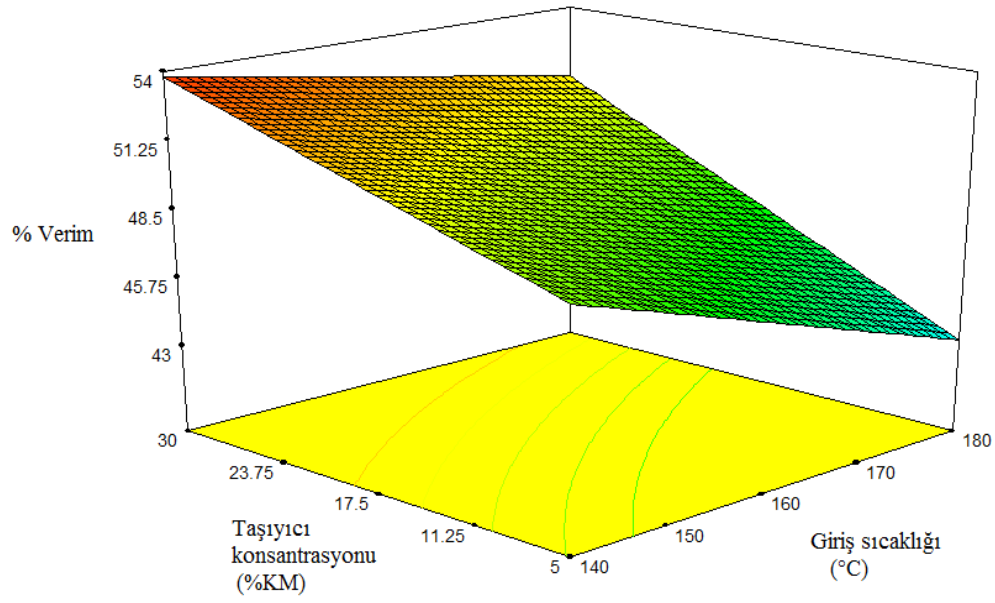
Şekil 4.4. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının toplam kateşin miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



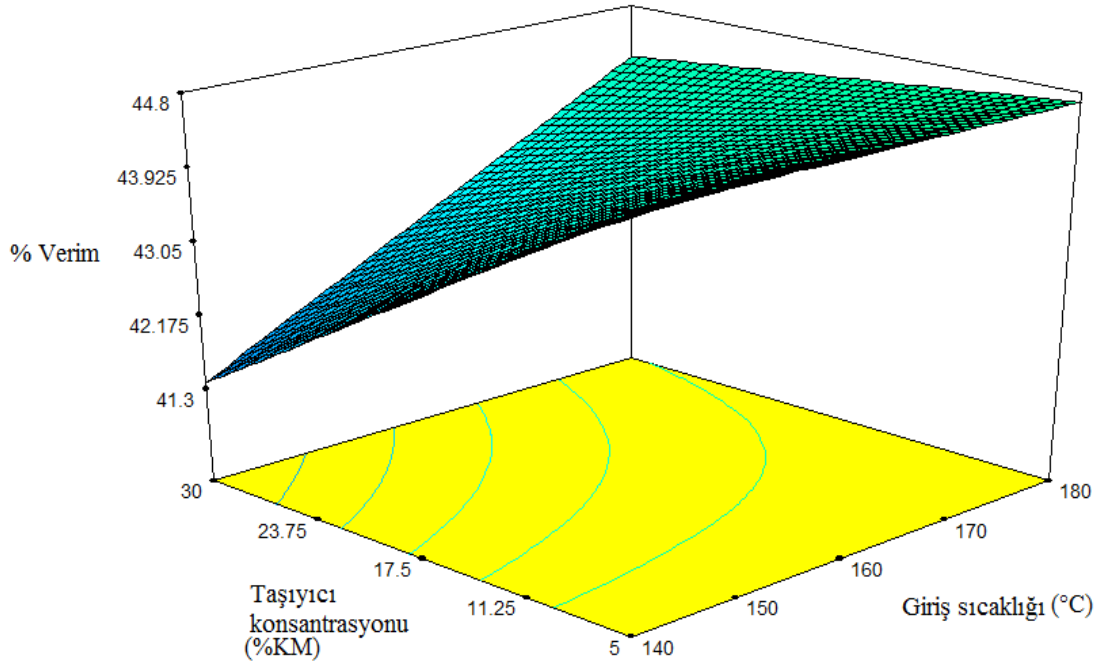
Şekil 4.5. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



Şekil 4.6. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



Şekil 4.7. Taşıyıcı madde (Maltodekstrin) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği



Şekil 4.8. Taşıyıcı madde (Whey protein) konsantrasyonu ve giriş sıcaklığının % verim miktarı etkisi üzerine 3D yüzey grafiği

Cevap yüzey metodu desenlerinde değişkenlere bağlı olarak belirlenen yüzde verim ve toplam kateşin miktarlarını gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri Şekil 4.1-4.8'de gösterilmiştir.

Toplam kateşin miktarı üzerine; taşıyıcı madde konsantrasyonunun çıkış sıcaklığı ile ilişkisi incelendiğinde (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2) taşıyıcı madde konsantrasyonunun artması her iki taşıyıcı çeşidi için de toplam kateşin miktarını azaltırken, çıkış sıcaklığının artması maltodekstrin kullanılan örneklerde toplam kateşin miktarını etkilememiş, ancak whey protein kullanılan örneklerde taşıyıcı konsantrasyonunun artması toplam kateşin miktarında azalmaya neden olmuştur.

Toplam kateşin miktarı üzerine; taşıyıcı madde konsantrasyonunun giriş sıcaklığı ile ilişkisi incelendiğinde (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4) ise taşıyıcı madde konsantrasyonunun artması her iki taşıyıcı için de toplam kateşin miktarını azaltırken, giriş sıcaklığının yükseltilmesi her iki taşıyıcı çeşidi kullanılan örneklerde de toplam kateşin miktarını arttırmıştır. Ayrıca toplam kateşin miktarının maltodekstrin kullanılan denemelerde whey protein kullanılanlara göre her zaman fazla olduğu görülmüştür.

% verim miktarı üzerine taşıyıcı madde konsantrasyonunun çıkış sıcaklığı ile ilişkisi incelendiğinde (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6), maltodekstrin kullanılan denemelerde taşıyıcı konsantrasyonu artıp çıkış sıcaklığı azaldığında verim artarken, whey protein kullanılan denemelerde taşıyıcı konsantrasyonu ve çıkış sıcaklığı arttığında verimin azaldığı görülmüştür.

% verim miktarı üzerine taşıyıcı madde konsantrasyonunun giriş sıcaklığı ile ilişkisi incelendiğinde (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8), maltodekstrin kullanılan denemelerde taşıyıcı konsantrasyonu artması verimi artırırken, giriş sıcaklığı arttığında verim azalmıştır. Peynir altı suyu proteini kullanılan denemelerde ise taşıyıcı konsantrasyonu artması verimi azaltmış, giriş sıcaklığının artması verimin artması ile sonuçlanmıştır. Whey protein kullanılan denemelerde taşıyıcı konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak verim düşmüştür. Bunun nedeninin whey protein konsantrasyonunun artmasının siklonda yapışmaya sebep olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Püskürterek kurutma işleminde ürün veriminin kullanılan taşıyıcı çeşidi, miktarı, giriş ve çıkış sıcaklığı gibi farklı parametrelerle ile ilişkili olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Bhandari vd 1997; Adhikari vd 2005; Can Karaca vd 2016; Wilkowska vd 2016; Tontul ve Topuz 2017). Ürün veriminin, genellikle artan taşıyıcı madde içeriğiyle arttığı bildirilmiştir (Tontul ve Topuz 2017). Kafeinsiz ve kafein içeriği yüksek çözünür yeşil çay üretim olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada farklı çıkış sıcaklıklarında (70-115°C) ürün veriminin %26.7-42.8 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Vuong vd 2013). Tuyen vd (2010) uygun seviyeye kadar artan giriş sıcaklığının ürün verimini arttırdığını belirtmiştir. Bu durum camsı geçiş sıcaklığı ile parçacık arasındaki sıcaklık farkıyla açıklanmıştır. Fark yüksek olduğunda, parçacıkların sıcaklığı hızla artmıştır ve bu durum ürünün yapışkanlığının artmasına yol açtığı bildirilmiştir.

Cevap yüzey metodu kullanılarak püskürterek kurutma ile çözünür yeşil çay üretim koşulları optimize edilmiştir. Bu sonuçlara göre optimum koşulların kuru madde bazında %25.22 maltodekstrin ilavesi 140 °C giriş, 90 °C çıkış sıcaklığı olduğu belirlenmiştir. Nitekim Materyal ve Metot bölümünde de işaret ettiğimiz gibi bu tez kapsamı boyunca yapılan tüm üretimler bu optimum parametreler çerçevesinde üretilmiş ve analizler bu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3. Püskürterek Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisi

4.3.1. Ürün verimi

Püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çay örnekleri yumuşak bir fırça yardımı ile toplanmış ve elde edilen toplam ürün kuru madde cinsinden hesaplanarak % verimi oluşturmuştur. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin ürün verimi değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Örneklerin ürün verimi %60.49-76.36 değerleri arasında değişmiştir. Püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklerin verimi dondurarak kurutulan örneklerden daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.7. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait ürün verimi değerleri (%)

Üretim Yöntemi	Ürün verimi (%)
Püskürterek Kurutma	60.49 ± 0.42
Dondurarak Kurutma	76.36 ± 0.72

Hesaplanan ürün verimine ait varyans analiz tablosu çizelge 4.8’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.9’da verilmiştir. Üretim yönteminin ürün verimi üzerinde önemli derecede ($P<0.01$) etkili olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.8. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin ürün verimi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Ürün Verimi (%)	
		KO	F
Üretim Yöntemi	1	251.650604	726.84**
Hata	2	0.3462254	

(**) $P<0.01$ seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.9. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin ürün verimi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Ürün verimi (%)
Üretim yöntemi		
Püskürterek Kurutma	2	60.49 ^b ± 0.42
Dondurarak Kurutma	2	76.36 ^a ± 0.72

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Ürün verimi, kurutmadan sonra toplanan toz kuru maddenin kütlelerinin beslemedeki toplam katıların ağırlığına oranı ile ilişkilidir.

Wilkowska vd (2016) yaptıkları bir çalışmada püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile mikroenkapsüle edilen yabanmersini suyu polifenollerinin ürün verimlerini sırasıyla %43.9 ve %78.1 olarak belirtmiştir. Ürün veriminin püskürterek kurutma ile üretilen ürünlerde daha düşük olmasının sebebi yapışma problemi olduğu düşünülmektedir. Bhandari vd (1997)’e göre ise başarılı bir püskürterek kurutma işleminde ürün veriminin % 50’ den daha yüksek olması gerektiğini bildirmiştir. Püskürterek kurutma işleminde ürün veriminin kullanılan taşıyıcı çeşidi, miktarı, giriş ve çıkış sıcaklığı gibi farklı parametrelerle ilişkili olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Bhandari vd 1997; Adhikari vd 2005; Can Karaca vd 2016; Wilkowska vd 2016; Tontul ve Topuz 2017). Çalışma kapsamında püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleriyle üretilen yeşil çay örneklerinin ürün verimi sırasıyla %60.2-76.87 değerleri arasında değişmiştir ve literatürle uyumludur.

4.3.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin % nem miktarları ve su aktiviteleri değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir. Örneklerin nem değerleri %4.26-11.76 arasında değişirken su aktivitesi değerleri 0.23-0.52 arasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait nem miktarı ve su aktivitesi değerleri

Üretim Yöntemi	Nem miktarı (%)			Su aktivitesi		
Püskürterek Kurutma	4.26	±	0.10	0.23	±	0.03
Dondurarak Kurutma	11.76	±	0.24	0.52	±	0.03

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çaylara örneklerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz tablosu çizelge 4.11’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.12’de verilmiştir. Üretim yönteminin ürün verimi üzerinde önemli derecede ($P<0.01$) etkili olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Nem miktarı (%)		Su aktivitesi	
		KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	56.25	1724.80**	0.08548314	123.04**
Hata	2	0.0326125		0.00069474	

(**) $P<0.01$ seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.12. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Nem miktarı (%)		Su aktivitesi	
Üretim yöntemi	Püskürterek Kurutma	2	4.26 ^b ± 0.10	0.23 ^b ± 0.03	
	Dondurarak Kurutma	2	11.76 ^a ± 0.24	0.52 ^a ± 0.03	

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Literatürde püskürterek kurutulmuş yeşil çay örneklerinin nem içeriğinin %3-5 civarında olması gerektiği belirtilmiştir (Sinija ve Mishra 2008). Dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen çözünür çayların ise nem içerikleri büyük gözenek yapısı nedeniyle daha yüksektir.

Püskürterek ve dondurarak kurutulmuş örneklerin, su aktivitesi değerleri nem miktarları ile paralellik göstermektedir ve araştırmada elde edilen ürünlerin mikrobiyolojik yönden stabil olduğu görülmektedir. Nitekim $a_w<0.6$ olduğu zaman gıdaların mikrobiyolojik yönden genellikle stabil olduğu ve bu noktada oluşabilecek bozulmaların kimyasal kaynaklı olabileceği bildirilmektedir (Fennema 1996).

Yeşil çay polifenollerinin dondurarak ve püskürterek kurutulup ekmeğe ilave edildiği bir çalışmada üretilen yeşil çay tozlarının ortalama nem içeriği, püskürterek kurutma yöntemiyle üretilen örneklerde %3.6-7.4 dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen örneklerde ise %4.8-11 aralığında değiştiği rapor edilmiştir. Küçük gözenek

boyutlarının kütle transferine karşı etkili bir şekilde direnç göstermesi ve süblimasyona karşı bir engel oluşturması sebebi ile düşük nem içeriği sağladığı bildirilmiştir. (Pasrija vd 2015).

4.3.3. Yığın yoğunluğu

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Örneklerin yığın yoğunluğu değerleri 85.48 ile 2863.73 kg/m³ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.13. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri (kg/m³)

Üretim Yöntemi	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)
Püskürterek Kurutma	283.73 ± 2.80
Dondurarak Kurutma	85.48 ± 1.03

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14'de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.15'de verilmiştir. Örneklerin yığın yoğunluğu değerleri üzerine üretim yönteminin çok önemli (P<0.001) düzeyde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.14. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Yığın Yoğunluğu	
		KO	F
Üretim Yöntemi	1	39303.0625	8825.60***
Hata	2	4.4533	

(***) P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.15. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait yığın yoğunluğu değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)
Üretim yöntemi		
Püskürterek Kurutma	2	283.73 ^a ± 2.80
Dondurarak Kurutma	2	85.48 ^b ± 1.03

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Literatür incelendiğinde yığın yoğunluğu ürün çeşidinden çok üretim yöntemine göre farklılıklar göstermektedir. Nitekim püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen yağsız süt tozunun 250-550kg/m³, çözünür kahvenin 200-470 kg/m³, çözünür dağ çayının 297-450 kg/m³, çözünür yeşil çayın 169-431 kg/m³ yığın yoğunluğu değerleri arasında değişirken, dondurarak kurutma metoduyla üretilen ürünlerin daha düşük yığın

yoğunluğa sahip olduğu belirtilmektedir (Barbosa-Cánovas vd 2005; Koc vd 2008; Nadeem vd 2011; Belščak-Cvitanović vd 2015).

Sumak ekstraktlarının püskürterek ve dondurarak kurutulduğu bir çalışmada yığın yoğunluğu analizi yapılmış ve dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen sumak tozları (0.267-0.282g/ml) püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklere (0.369-0.508 g/ml) göre önemli $P<0.05$ derecede düşük bulunduğu belirtilmiştir (Caliskan ve Dirim 2016).

Püskürterek kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin yığın yoğunluğu değerleri dondurarak kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çay örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dondurarak kurutma yönteminde kurutmanın süblimasyonla sağlanması ve bu esnada ürünün yapısında meydana gelen boşluklu yapının düşük yığın yoğunluğuna sebep olduğu belirtilmiştir (Koc vd 2008).

4.3.4. Renk

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çaylardan elde edilen içim koşullarındaki çayların (0.1 g/80 mL) renk özellikleri UltraScan-VIS Hunterlab (Japonya) L^* , a^* , b^* renk sistemi ile ölçülmüştür. a^* ve b^* değerleri kullanılarak ton açısı ve doygunluk değerleri hesaplanmıştır. Örneklerin L^* değerleri 86.18-86.20, ton açısı 98.21-98.64 ve doygunluk 40.44-43.74 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait L^* , ton açısı ve doygunluk değerleri

Üretim Yöntemi	L^*	Ton açısı	Doygunluk
Püskürterek Kurutma	86.18 ± 1.00	98.21 ± 0.27	43.74 ± 0.93
Dondurarak Kurutma	86.20 ± 1.65	98.64 ± 0.29	40.44 ± 1.42

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin L^* , ton açısı ve doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Örneklerin L^* , ton açısı ve doygunluk değerlerinin üzerine üretim yönteminin önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.17. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin L^* , ton açısı ve doygunluk değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	L^*		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	0.000225	0	0.180625	2.31	10.89	7.57
Hata	2	1.861325		0.078125		1.43905	

Analiz sonuçları incelediğinde iki üretim yönteminin de benzer renk değerleri gösterdiği görülmektedir ve üretim yönteminin renk değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Nitekim sumak ekstraktının püskürterek ve dondurarak kurutulduğu bir çalışmada üretim yönteminin sumak tozlarının renklerinde

bir farklılık yaratmadığı taşıyıcı miktarının değiştirilmesinin ürün renginde $P < 0.05$ düzeyinde fark oluşturduğu bildirilmiştir (Caliskan ve Dirim 2016).

4.3.5. Bulanıklık

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çaylardan elde edilen içim koşullarındaki çaylara ait bulanıklık değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Örneklerin bulanıklık değerleri 5.12 ile 5.37 NTU arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.18. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerin ait bulanıklık değerleri (NTU)

Üretim Yöntemi	Bulanıklık (NTU)
Püskürterek Kurutma	5.37 ± 0.37
Dondurarak Kurutma	5.12 ± 0.38

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin bulanıklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Örneklerin bulanıklık değerlerinin üzerine üretim yönteminin önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.19. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin bulanıklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Bulanıklık (NTU)	
		KO	F
Üretim Yöntemi	1	0.065025	0.45
Hata	2	0.143125	

Sonuçlar incelendiği zaman örneklerin bulanıklık değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu üretim yönteminin örneklerin bulanıklık değerlerinde farklılığa sebep olmadığı görülmektedir.

4.3.6. Çözünme oranı

Püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde edilen toz yeşil çay örneklerinde suda çözünme miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan çözünürlük analizinin sonuçları çizelge 4.20’de verilmiştir. Örneklerin çözünme oranı değerleri %99.03-99.09 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait çözünme oranı değerleri (%)

Üretim Yöntemi	Çözünme Oranı (%)
Püskürterek Kurutma	99.03 ± 0.01
Dondurarak Kurutma	99.09 ± 0.01

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin çözünme oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.22’de verilmiştir. Üretim yönteminin % çözünme oranı üzerinde ($P<0.05$) etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin çözünme oranı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Çözünme Oranı	
		KO	F
Üretim Yöntemi	1	0.0036	72.00*
Hata	2	0.00005	

(*) $P<0.05$ seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.22. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin çözünme oranı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Çözünme oranı (%)
Üretim yöntemi		
Püskürterek Kurutma	2	99.025 ^b ± 0.01
Dondurarak Kurutma	2	99.085 ^a ± 0.01

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen yeşil çay örneklerinin çözünme oranlarının birbirine yakın ve yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Nitekim Cano-Chauca vd (2005) yaptıkları bir çalışmada maltodekstrin ve arabik gam kullanılarak üretilen mango tozlarının çözünme oranı değerinin %95 olduğunu belirtmişlerdir. Yeşil çay polifenollerinin püskürterek ve dondurularak kurutulduğu bir çalışmada ise iki yöntemde de benzer ve çok yüksek bir çözünürlüğe (~% 97) sahip olduğu bildirilmiştir (Vuong vd 2013).

Karpuz suyunun püskürterek kurutulduğu başka bir çalışmada yüksek nem içeriğinin aglomerasyon eğilimine daha fazla yatkın olduğunu, bu nedenle suda dispers olmasının daha kolay olduğunu bildirmişlerdir (Quek vd 2007). Dondurarak ve püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen çözünür yeşil çay örneklerinden dondurarak kurutulan örneklerdeki yüksek nem içeriğinin çözünme oranını arttığı düşünülmektedir.

4.3.7. Partikül boyutu dağılımı

Püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde edilen toz yeşil çay örneklerinin parçacık büyüklüğü D10, D50 ve D90 değerleri olmak üzere 3 farklı şekilde değerlendirilmiş ve değerler Çizelge 4.23’de verilmiştir. Parçacık büyüklüğünü ifade etmek için kullanılan değerlerden biri Dx değeridir. Dx değerini temsil eden D₁₀, D₅₀ ve D₉₀ değerleri parçacıkların sırasıyla %10, %50 ve %90’ının kendisinden küçük olduğu değerdir. Örneklerin D₁₀ değeri 0.76-38.64 µm, D₅₀ değeri 5.74-142.04 µm ve D₉₀ değeri 11.53-462.43 µm arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.23. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait partikül boyutu dağılımı değerleri (μm)

Üretim Yöntemi	D10	D50	D90
Püskürterek Kurutma	0.76 \pm 0.07	5.74 \pm 0.90	11.53 \pm 1.56
Dondurarak Kurutma	38.64 \pm 5.81	142.04 \pm 26.25	462.43 \pm 53.80

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin partikül boyutu dağılımına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Üretim yönteminin partikül boyutu dağılımına etkisi D10 ve D50 değerlerinde $P<0.05$ düzeyinde D90 değerinin ise $P<0.01$ düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.24. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin partikül boyutu dağılımı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	D10		D50		D90	
		KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	1434.7808	84.88*	18578.78	53.85*	203315.77	140.37**
Hata	2	16.902771		344.98566		1448.4506	

(*) $P<0.05$, (**) $P<0.01$ seviyelerinde farklılıkları ifade eder.

Çizelge 4.25. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin partikül boyutu dağılımı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	D10	D50	D90	
Üretim Yöntemi	Püskürterek Kurutma	2	0.76 ^b \pm 0.07	5.74 ^b \pm 0.9	11.53 ^b \pm 1.56
	Dondurarak Kurutma	2	38.64 ^a \pm 5.81	142.04 ^a \pm 26.25	462.43 ^a \pm 53.8

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların partikül boyutu dağılımı ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma uygulaması ile elde edilen çözünür yeşil çayların dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilenlere nazaran önemli düzeyde $P<0.05$ daha küçük olduğu görülmektedir. Parçacık büyüklükleri arasındaki farkın tüm değerlerde 30 kata yakın olduğu saptanmıştır. Partikül boyutlarının dondurarak kurutma yönteminde süblimasyon sebebiyle daha büyük olduğu, püskürterek kurutmada ise atomizasyonun daha küçük partikül boyutu sağladığı düşünülmektedir.

4.3.8. Fenolik madde miktarı

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde değerleri 23.51 ile 24.28 (g GAE/100g KM) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.26. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerine ait toplam fenolik madde analizi değerleri (g GAE/100g KM)

Üretim Yöntemi	Toplam Fenolik Madde (g GAE/100g KM)
Püskürterek Kurutma	24.28 ± 0.59
Dondurarak Kurutma	23.51 ± 0.35

Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı değerleri üzerine üretim yönteminin önemli düzeyde etkili olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.27. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin toplam fenolik madde analizi değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	KO	F
Üretim yöntemi	1	0.60062500	2.54
Hata	2	0.23642500	

Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çayların varyans analizi sonuçları incelendiğinde püskürterek kurutma uygulaması ile elde edilen çözümlü yeşil çayların dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilenlerle benzer sonuçlara sahip olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Yeşil ve siyah çayın toplam fenolik bileşenlerinin incelendiği bir çalışmada toplam fenolik madde miktarının yeşil çayda % 14.32 ile %21.02 GAE arasında değiştiği bildirilmiştir (Anesini vd 2008).

4.3.9. Antioksidan aktivite

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan çözümlü yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivitesi DPPH radikalının inhibisyonu ve Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (ORAC) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.28’de sunulmuştur. Çözümlü yeşil çayların DPPH radikalının inhibisyonu 55.54-55.77 g TEAA/100 g KM olarak tespit edilirken, Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği ise 67.55-76.31 mM TE/100 g KM aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerine ait antioksidan aktivite değerleri

Üretim Yöntemi	Serbest Radikalleri Bağlama Yeteneği (mM TE/100 g km)	DPPH radikalının inhibisyonu (g TEAA/100 g km)
Püskürterek Kurutma	67.55 ± 0.23	55.77 ± 1.52
Dondurarak Kurutma	76.31 ± 0.71	55.54 ± 0.42

Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29’da, bu değerlerin ortalamalarına ait

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Üretim yönteminin antioksidan aktiviteye etkisi Serbest radikalleri bağlama yeteneğine göre önemli $P<0.01$ bulunurken DPPH radikalini süpürme etkisinde önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Antioksidan aktivite			
		Serbest radikalleri bağlama yeteneği (mM TE/100 g KM)		DPPH radikalini inhibisyonu (g TEAA/100 g KM)	
		KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	76.73701851	276.01**	0.05255397	0.04
Hata	2	0.27802041		1.24379535	

(**) $P<0.01$ seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.30. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Antioksidan aktivite		
		Serbest radikalleri bağlama yeteneği (mM TE/100 g KM)		
Üretim yöntemi	Püskürterek Kurutma	2	67.55 ^b	± 0.23
	Dondurarak Kurutma	2	76.31 ^a	± 0.71

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların antioksidan aktivitelerinin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, DPPH yönteminde üretim yöntemleri arasında bir fark gözlenmezken, ORAC yöntemi ile yapılan antioksidan analizinde püskürterek kurutma uygulaması ile elde edilen çözünür yeşil çayların dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilenlere nazaran önemli düzeyde $P<0.05$ daha düşük antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

4.3.10. Kateşin profili ve kafein miktarı

Püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin kateşin türevleri ve kafein miktarı sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. GC değeri 1.43-1.55, C değeri 0.65-0.67, EGCG değeri 5.48-5.56, EC değeri 2.36-2.59, GCG değeri 0.35-0.40, ECG değeri 1.67-1.74, CG değeri 0.21-0.23, K değeri 3.44-3.50 g GAE/100g KM arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerine ait kateşin ve kafein miktarı değerleri (g /100 g KM)

Kateşin türevleri ve kafein	Kurutma Yöntemi					
	Püskürterek kurutma			Dondurarak kurutma		
GC	1.43	±	0.12	1.55	±	0.06
C	0.67	±	0.06	0.65	±	0.04
EGCG	5.48	±	0.43	5.56	±	0.16
EC	2.36	±	0.03	2.59	±	0.10
GCG	0.35	±	0.00	0.40	±	0.03
ECG	1.74	±	0.01	1.67	±	0.01
CG	0.21	±	0.00	0.23	±	0.01
K	3.44	±	0.27	3.50	±	0.10

Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin kateşin türevleri ve kafein değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.32’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir. Üretim yönteminin sadece EGC miktarında önemli derecede $P<0.05$ farklı olduğu belirlenmiştir.

Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çayların kateşin profili ve kafein miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ECG hariç bütün bileşenler üzerine üretim yönteminin istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür. ECG’nin püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen çözümlü yeşil çaylarda dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilenlere göre $P<0.05$ düzeyinde farklı olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.32. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin kateşin ve kafein miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

VK	N	GC		C		EGCG		EC		GCG		ECG		CG		K	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	0.0149391	1.63	0.0005301	0.21	0.0064946	0.06	0.0519477	10.07	0.001984	4.14	0.0057285	52.97*	0.00055421	8.55	0.0026986	0.07
Hata	2	0.0091558		0.0024674		0.1033756		0.0051584		0.0004787		0.0001082		0.00006485		0.0403715	

(*) P<0.05 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.33. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin kateşin ve kafein miktarı değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	ECG
Üretim Yöntemi	Püskürterek Kurutma	2
	Dondurarak Kurutma	2
		1.74 ^a ± 0.01
		1.67 ^b ± 0.01

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.4. Çözünür Yeşil Çay Örneklerinin Statik *In vitro* Gastrointestinal Sistemde Stabilitesinin İncelenmesi

Püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin kateşin türevleri ve kafein miktarı sonuçları Çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerine ait model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarı değerleri (g /100 g KM)

Kateşin Türevleri ve Kafein	In vitro ortam	Kurutma Yöntemi					
		Püskürterek kurutma			Dondurarak kurutma		
GC	Sindirim öncesi	1.43	±	0.12	1.55	±	0.06
	Mide sonu	0.40	±	0.01	0.38	±	0.01
	Bağırsak sonu	0.52	±	0.02	0.55	±	0.04
C	Sindirim öncesi	0.67	±	0.06	0.65	±	0.04
	Mide sonu	0.12	±	0.00	0.11	±	0.00
	Bağırsak sonu	0.12	±	0.01	0.11	±	0.00
EGCG	Sindirim öncesi	5.48	±	0.43	5.56	±	0.16
	Mide sonu	5.21	±	0.05	5.39	±	0.02
	Bağırsak sonu	0.91	±	0.00	0.77	±	0.04
EC	Sindirim öncesi	2.36	±	0.03	2.59	±	0.10
	Mide sonu	1.32	±	0.04	1.10	±	0.01
	Bağırsak sonu	0.80	±	0.02	0.76	±	0.04
GCG	Sindirim öncesi	0.35	±	0.00	0.40	±	0.03
	Mide sonu	0.30	±	0.01	0.28	±	0.00
	Bağırsak sonu	0.23	±	0.04	0.19	±	0.02
ECG	Sindirim öncesi	1.74	±	0.01	1.67	±	0.01
	Mide sonu	0.94	±	0.01	0.90	±	0.00
	Bağırsak sonu	0.51	±	0.05	0.40	±	0.02
CG	Sindirim öncesi	0.21	±	0.00	0.23	±	0.01
	Mide sonu	0.10	±	0.00	0.11	±	0.00
	Bağırsak sonu	0.11	±	0.00	0.11	±	0.00
K	Sindirim öncesi	3.44	±	0.27	3.50	±	0.10
	Mide sonu	2.16	±	0.01	2.24	±	0.00
	Bağırsak sonu	1.35	±	0.02	1.38	±	0.02

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çay örneklerinin model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerinin model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarına ait varyans analizi sonuçları

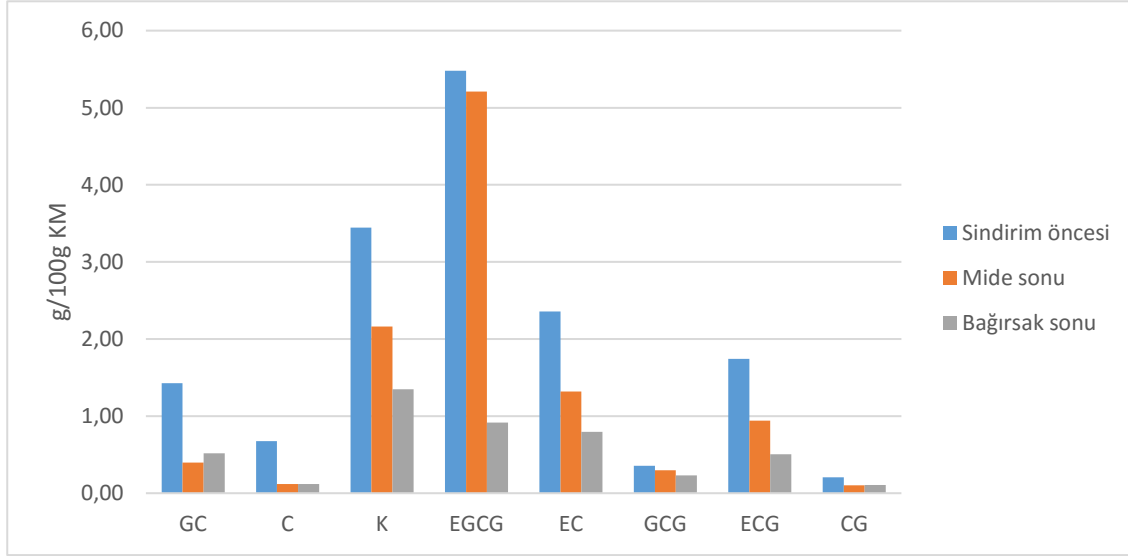
VK	SD	GC		C		EGCG		EC		GCG		ECG		CG		K	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi	1	0.00653	2	0.00040833	0.47	0.005208	0.15	0.00021	0.08	0.000075	0.15	0.017633	33.06**	0.0003	9.00*	0.0102	0.77
<i>In vitro</i> Ortam	2	1.42316	435.66***	0.39785833	454.70***	49.61906	801.92***	3.11253	1257.59***	0.028075	55.23***	1.613858	3025.98***	0.0169	507.00***	4.4941	340.68***
Yöntem*Ortam	2	0.00511	1.56	0.00005833	0.07	0.027508	0.79	0.05116	20.67**	0.001975	3.89	0.001058	1.98	0.0001	3.00	0.0006	0.05
Hata	6	0.00327		0.000875		0.034692		0.00248		0.000508		0.000533		0.00003333		0.0132	

(*) P<0.05, (**)P<0.01, (***)P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

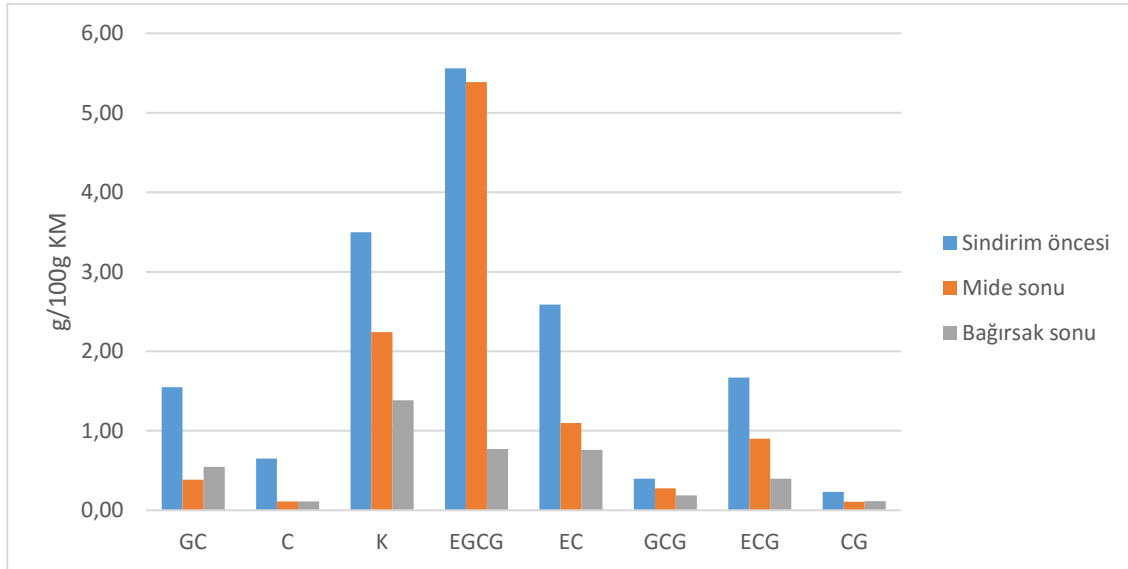
Çizelge 4.36. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çay örneklerine ait model gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	GC	C	EGCG	EC	GCG	ECG	CG	K	
Üretim Yöntemi	Püskürterek Kurutma	6					1.07 ^a ± 0.56	0.14 ^b ± 0.05		
	Dondurarak Kurutma	6					0.99 ^b ± 0.57	0.15 ^a ± 0.06		
<i>In vitro</i> ortam	Sindirim öncesi	4	1.49 ^a ± 0.11	0.66 ^a ± 0.04	5.52 ^a ± 0.26	2.48 ^a ± 0.15	0.38 ^a ± 0.03	1.71 ^a ± 0.04	0.22 ^a ± 0.01	3.47 ^a ± 0.16
	Mide sonu	4	0.39 ^c ± 0.01	0.11 ^b ± 0.01	5.30 ^a ± 0.11	1.21 ^b ± 0.13	0.29 ^b ± 0.01	0.92 ^b ± 0.03	0.11 ^b ± 0.01	2.20 ^b ± 0.05
	Bağırsak sonu	4	0.53 ^b ± 0.03	0.12 ^b ± 0.01	0.85 ^b ± 0.08	0.78 ^c ± 0.03	0.21 ^c ± 0.03	0.45 ^c ± 0.07	0.11 ^b ± 0.00	1.37 ^c ± 0.02

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

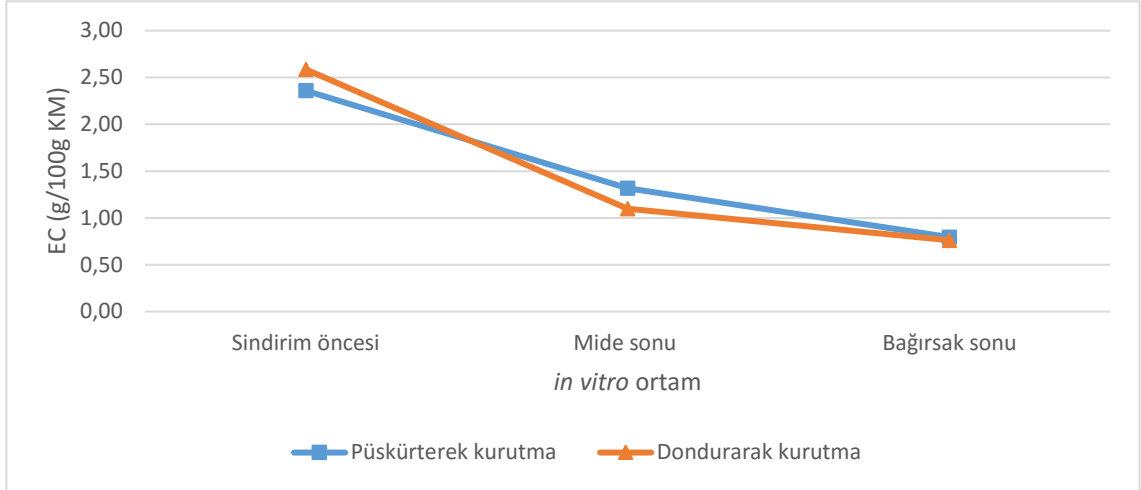


Şekil 4.9. Püskürterek kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin *in vitro* gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarının değişimi



Şekil 4.10. Dondurarak kurutulan çözünür yeşil çay örneklerinin *in vitro* gastrointestinal sistemde kateşin ve kafein miktarının değişimi

Püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çay örnekleri sindirim öncesi, mide ve ince bağırsak koşullarını taklit eden *in vitro* ortamda sindirime uğratarak kateşin profilleri ve kafein miktarları HPLC ile değerlendirilmiş ve farklı kurutma yöntemlerine göre bileşenlerin değişimleri gösterilmiştir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). İstatistiksel olarak *in vitro* ortamın ayrı ayrı her bileşen için çok önemli derecede ($P < 0.001$) anlamlı olduğu görülmektedir. EC için üretim yöntemi *in vitro* ortam etkisiyle $P < 0.01$ düzeyinde farklı bulunmuştur ve etkileşim şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çayların *in vitro* ortamdaki EC miktarı

Toplam kateşin miktarının iki üretim yöntemi içinde *in vitro* ortam boyunda birbirine yakın olduğu ve gastrik sindirim sonunda sindirim öncesine göre %33, ince bağırsak sonunda ise yaklaşık olarak %75 oranında toplam kateşin miktarının azaldığı belirlenmiştir. Kafein miktarındaki azalmanın %60 olduğu belirlenmiştir ve kafeinin kateşinlere göre model ince bağırsak koşullarında daha stabil olduğu görülmüştür. Yeşil ve siyah çay ekstraktlarının sindiriminde kateşin miktarının araştırıldığı bir çalışmada düşük pH'da her iki çay çeşidinde de, tek tek kateşinlerin konsantrasyonunda çok az etkili olduğu, ancak ince bağırsakta, hafif alkali pH'ın konsantrasyonlarda hızlı düşüş ile sonuçlandığı bildirilmiştir (Record ve Lane 2001). Yapılan çalışmalarda pH değişikliklerinin yeşil çay kateşinleri üzerinde benzer etkileri olduğu belirtilmiştir. Nitekim Green vd (2007) yeşil çay ekstraktının *in vitro* sistemde sindirimini incelediği çalışmada ince bağırsak sindirimi sonucunda toplam kateşin miktarının yaklaşık %80 oranında azaldığını belirtmiştir. Yeşil çay ekstraktının püskürterek ve dondurarak enkapsüle edilmesiyle toplam kateşinin kısmen korunduğu ve kateşin kaybının daha düşük olmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Bileşenler arasından EGCG %84 azalma ile sindirimden en çok etkilenen bileşik olarak belirlenmiştir. Literatür incelendiği zaman EGCG ve EGC'nin sindirimden en çok etkilenen bileşenler olduğu bildirilmiştir (Green vd 2007; Peters vd 2010). Ayrıca yeşil çay kateşinlerinin stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, kateşinlerin asidik çözeltilerde kısmen stabil olduğu, ancak bazik ortamda birkaç dakika içerisinde parçalandığı EGCG ve EGC'nin EC ve ECG'a kıyasla daha hızlı parçalandığı bildirilmektedir (Zhu vd 1997).

4.5. Depolamanın Çözünür Yeşil Çay Özellikleri Üzerine Etkisi

Tez çalışması kapsamında püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleriyle üretilen çözümlü yeşil çaylar 4 ve 25°C sıcaklıkta 60 gün süre ile depolanmıştır. Depolamanın 0., 5., 15., 30., 45. ve 60. günlerinde nem miktarı ve su aktivitesi, bulanıklık, renk, kateşin profili ve kafein miktarı analizleri yapılmıştır.

4.5.1. Nem miktarı ve su aktivitesi

Püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çay örneklerinin % nem miktarı ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklerin nem miktarları %4.26-8.42, dondurarak kurutulan örneklerin nem miktarları %11.76-17.33 arasında, su aktivitesi değerleri püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklerin 0.19-0.26, dondurarak kurutulan örneklerin ise 0.36-0.52 arasında değişim göstermiştir. Depolama sırasındaki bazı farklılıkların püskürterek ve dondurarak kurutma yöntemleri ile üretilen örneklerin nem miktarı ve su aktivitelerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.37. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çaylara ait % nem miktarı ve su aktivitesi değerleri

Renk Değeri	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Kurutma Yöntemi					
			Püskürterek kurutma			Dondurarak kurutma		
Nem (%)	4	0	4.26	±	0.10	11.76	±	0.24
		5	4.44	±	0.28	12.95	±	2.68
		15	7.05	±	1.12	15.21	±	0.49
		30	9.18	±	2.74	17.33	±	1.47
		45	7.18	±	1.89	13.12	±	1.45
		60	7.03	±	0.74	13.94	±	2.57
	25	0	4.26	±	0.10	11.76	±	0.24
		5	5.63	±	1.11	15.14	±	0.21
		15	7.92	±	0.25	14.98	±	0.78
		30	8.27	±	0.33	13.05	±	0.25
		45	8.42	±	0.91	15.20	±	2.93
		60	6.38	±	1.28	15.37	±	0.39
Aw	4	0	0.23	±	0.03	0.52	±	0.03
		5	0.21	±	0.00	0.47	±	0.04
		15	0.24	±	0.00	0.43	±	0.11
		30	0.23	±	0.03	0.41	±	0.12
		45	0.24	±	0.03	0.44	±	0.06
		60	0.19	±	0.02	0.43	±	0.06
	25	0	0.23	±	0.03	0.52	±	0.03
		5	0.21	±	0.01	0.44	±	0.07
		15	0.26	±	0.02	0.46	±	0.04
		30	0.26	±	0.02	0.46	±	0.04
		45	0.24	±	0.06	0.43	±	0.06
		60	0.22	±	0.04	0.36	±	0.10

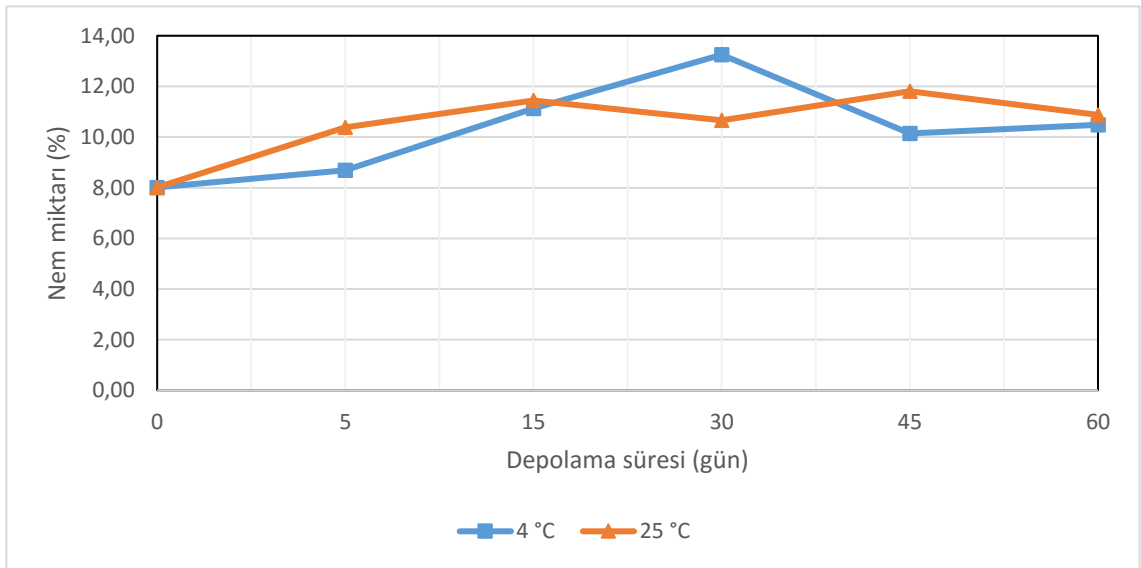
Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çay örneklerine ait % nem miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.38. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerleri değişimine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Nem (%)		a _w	
		KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi (Y)	1	672.0033	360.69***	0.573279	206.47***
Sıcaklık (T)	1	0.7203	0.39	0.000358	0.13
Süre (S)	5	16.09118	8.64***	0.004522	1.63
Y*T	1	0.023852	0.01	0.000995	0.36
Y*S	5	1.94105	1.04	0.003401	1.22
T*S	5	4.894194	2.63*	0.000946	0.34
Y*T*S	5	1.851421	0.99	0.000775	0.28
Hata	24	1.863079		0.002777	

(*) P<0.05, (***)P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde üretim yönteminin örneklerin hem nem miktarı üzerinde hem de su aktivitesi üzerinde çok önemli derecede P<0.001 farklı olduğu görülmektedir. Depolama süresinin de örneklerin nem miktarı üzerinde çok önemli P<0.001 derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca örneklerin nem miktarında artış olmuştur. Nitekim dağ çayının püskürtürerek kurutulduğu bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şahin 2009). Süre sıcaklık interaksyonu, örneklerin nem miktarı üzerinde P<0.05 düzeyinde farklı bulunmuştur (Şekil 4.12). Su aktivitesi değerleri depolama süresince azalsa da bu azalma istatistikî açıdan farklı bulunmamıştır.



Şekil 4.12. Farklı sıcaklıklar ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların nem miktarı değerleri

Çizelge 4.39. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözümlü yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK		N	Nem (%)			a_w		
Yöntem	Püskürterek Kurutma	24	6.67 ^b	±	1.87	0.23 ^b	±	0.03
	Dondurarak Kurutma	24	14.15 ^a	±	1.97	0.45 ^a	±	0.07
Süre (gün)	0	8	8.01 ^c	±	4.01	0.37 ^a	±	0.16
	5	8	9.54 ^b	±	5.03	0.33 ^{ba}	±	0.13
	15	8	11.29 ^a	±	4.12	0.35 ^{ba}	±	0.11
	30	8	11.95 ^a	±	4.01	0.34 ^{ba}	±	0.12
	45	8	10.98 ^{ba}	±	3.81	0.34 ^{ba}	±	0.11
	60	8	10.68 ^{ba}	±	4.44	0.30 ^b	±	0.12

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P < 0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.5.2. Bulanıklık

Püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde edilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan çözümlü yeşil çay örneklerinin bulanıklık değerleri Çizelge 4.40'da verilmiştir. Püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen örneklerin bulanıklık değerleri 4.42-5.42 NTU, dondurarak kurutulan örneklerin bulanıklık değerleri ise 4.62-5.26 NTU arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.40. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözümlü yeşil çaylarına ait bulanıklık değerleri (NTU)

Bulanıklık Değeri (NTU)	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Kurutma Yöntemi	
			Püskürterek kurutma	Dondurarak kurutma
4		0	5.37 ± 0.37	5.12 ± 0.38
		5	4.42 ± 0.24	4.78 ± 0.18
		15	5.06 ± 0.33	4.72 ± 0.19
		30	5.11 ± 0.53	4.62 ± 0.11
		45	4.85 ± 0.14	4.72 ± 0.08
		60	5.42 ± 0.25	4.78 ± 0.06
25		0	5.37 ± 0.37	5.12 ± 0.38
		5	5.11 ± 0.03	4.96 ± 0.17
		15	5.17 ± 0.39	4.88 ± 0.24
		30	4.99 ± 0.46	4.73 ± 0.07
		45	4.81 ± 0.15	4.82 ± 0.15
		60	5.21 ± 0.02	5.26 ± 0.20

Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çay örneklerinin bulanıklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.41’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.42’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde üretim yönteminin örneklerin bulanıklık değerleri üzerinde $P<0.05$ önem seviyesinde, depolama süresinin ise $P<0.01$ seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. Depolama sıcaklığı, örneklerin bulanıklık değeri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark yaratmamıştır.

Çizelge 4.41. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların bulanıklık değerleri değişimine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	Bulanıklık (NTU)	
		KO	F
Üretim Yöntemi (Y)	1	0.476008	6.59*
Sıcaklık (T)	1	0.180075	2.49
Süre (S)	5	0.282985	3.92**
Y*T	1	0.029008	0.4
Y*S	5	0.066418	0.92
T*S	5	0.054295	0.75
Y*T*S	5	0.074788	1.04
Hata	24	0.072258	

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

Çizelge 4.42. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların % nem miktarı ve su aktivitesi değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Bulanıklık (NTU)	
Üretim Yöntemi	Püskürterek Kurutma	24	5.08 ^a ± 0.36
	Dondurarak Kurutma	24	4.88 ^b ± 0.25
Süre (gün)	0	8	5.25 ^a ± 0.32
	5	8	4.82 ^b ± 0.30
	15	8	4.96 ^{ba} ± 0.29
	30	8	4.86 ^b ± 0.34
	45	8	4.81 ^b ± 0.11
	60	8	5.17 ^a ± 0.28

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların $P<0.05$ seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.5.3. Renk

Sıcaklık, kurutma yöntemi ve depolama süresinin çözünür yeşil çayların L* değeri, ton açısı ve doymuluk değerleri üzerine etkisi Çizelge 4.43’de verilmiştir. Püskürterek kurutulan örneklerin L değerleri 85.36-87.54 arasında, dondurarak kurutulan örneklerin L değerleri 86.43-87.42 arasında, ton açısı değerleri püskürterek kurutulan örneklerde 97.48-98.72, dondurarak kurutulan örneklerde 97.50-98.73 arasında,

doygunluk değerleri ise püskürterek kurutulan örneklerde 39.96-43.74, dondurarak kurutulan örneklerde 39.57-44.95 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.43. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözümlü yeşil çaylara ait renk değerleri

Renk Değeri	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Kurutma Yöntemi					
			Püskürterek kurutma			Dondurarak kurutma		
L	4	0	86.18	±	1.01	86.19	±	1.64
		5	87.54	±	1.06	87.19	±	0.09
		15	86.34	±	0.28	87.42	±	0.30
		30	86.54	±	0.74	87.07	±	0.86
		45	86.74	±	0.58	86.84	±	0.46
		60	86.25	±	0.69	87.04	±	0.06
	25	0	86.18	±	1.01	86.19	±	1.64
		5	86.19	±	0.71	86.70	±	0.65
		15	86.34	±	0.33	87.04	±	0.34
		30	85.36	±	1.06	86.77	±	0.20
		45	86.56	±	1.20	86.53	±	0.27
		60	85.86	±	0.21	86.43	±	0.40
Ton açısı	4	0	98.21	±	0.27	98.64	±	0.29
		5	98.72	±	0.16	98.43	±	0.27
		15	97.91	±	0.05	98.73	±	0.17
		30	97.98	±	0.19	98.54	±	0.51
		45	98.10	±	0.43	98.18	±	0.04
		60	97.48	±	0.28	98.35	±	0.04
	25	0	98.21	±	0.27	98.64	±	0.29
		5	98.17	±	0.30	98.24	±	0.18
		15	98.12	±	0.24	98.15	±	0.05
		30	98.19	±	0.37	97.92	±	0.07
		45	98.11	±	0.66	97.58	±	0.15
		60	97.82	±	0.13	97.50	±	0.41
Doygunluk	4	0	43.74	±	0.93	40.43	±	1.42
		5	41.12	±	1.00	40.59	±	1.15
		15	40.56	±	0.20	39.57	±	0.24
		30	40.43	±	0.03	40.28	±	0.33
		45	40.57	±	1.25	40.95	±	0.68
		60	42.61	±	0.74	42.91	±	0.25
	25	0	43.74	±	0.93	40.43	±	1.42
		5	39.96	±	0.28	40.93	±	0.07
		15	40.85	±	0.31	41.14	±	0.10
		30	40.57	±	0.30	41.60	±	0.30
		45	41.09	±	0.92	42.43	±	1.01
		60	42.68	±	0.46	44.95	±	0.82

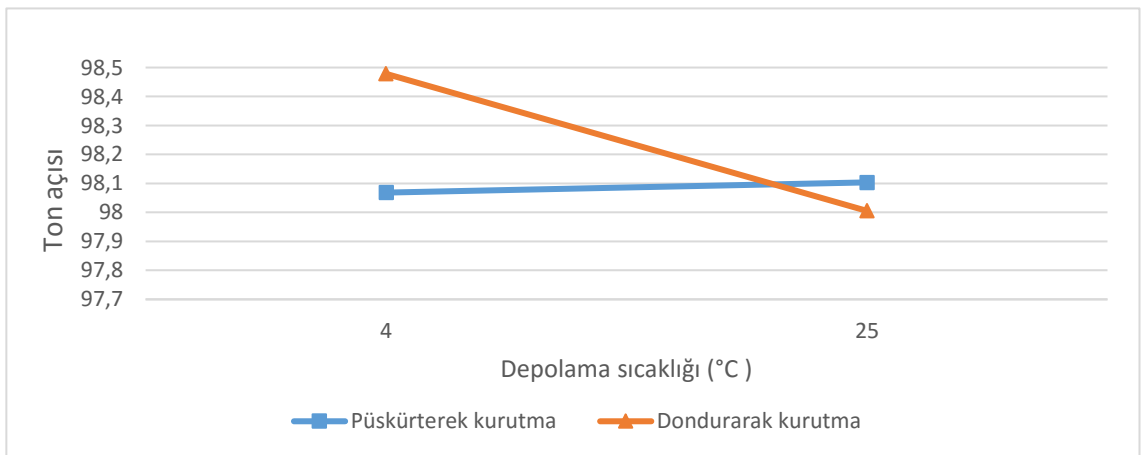
Sıcaklık, kurutma yöntemi ve depolama süresinin çözünür yeşil çayların renk değerleri üzerine etkisi ile ilgili varyans analizi sonuçları Çizelge 4.44’de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.45’de verilmiştir.

Çizelge 4.44. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin değişimine ait varyans analizi sonuçları

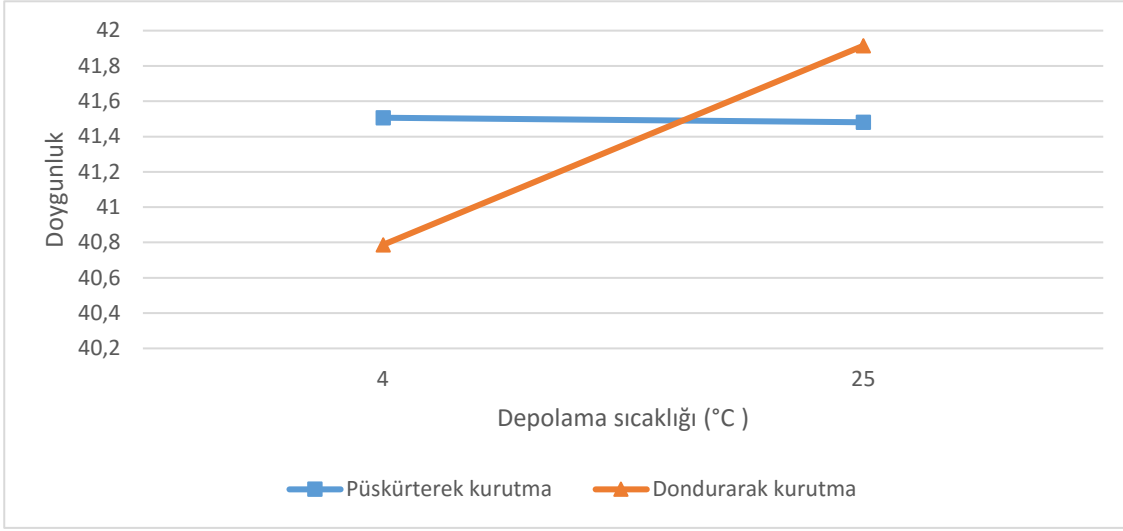
VK	SD	L		Ton açısı		Doygunluk	
		KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi (Y)	1	2.389669	3.81	0.291408	3.58	0.247969	0.42
Sıcaklık (T)	1	2.266352	3.61	0.576408	7.08*	3.635502	6.22*
Süre (S)	5	0.579849	0.92	0.464665	5.71**	9.358184	16.00 ***
Y*T	1	0.087552	0.14	0.775208	9.52**	3.984769	6.81*
Y*S	5	0.407419	0.65	0.147728	1.81	5.402634	9.24***
T*S	5	0.244712	0.39	0.031908	0.39	0.740087	1.27
Y*T*S	5	0.157662	0.25	0.165458	2.03	0.217044	0.37
Hata	24	0.627377		0.081438		0.584815	

(*) P<0.05, (**) P<0.01, (***) P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

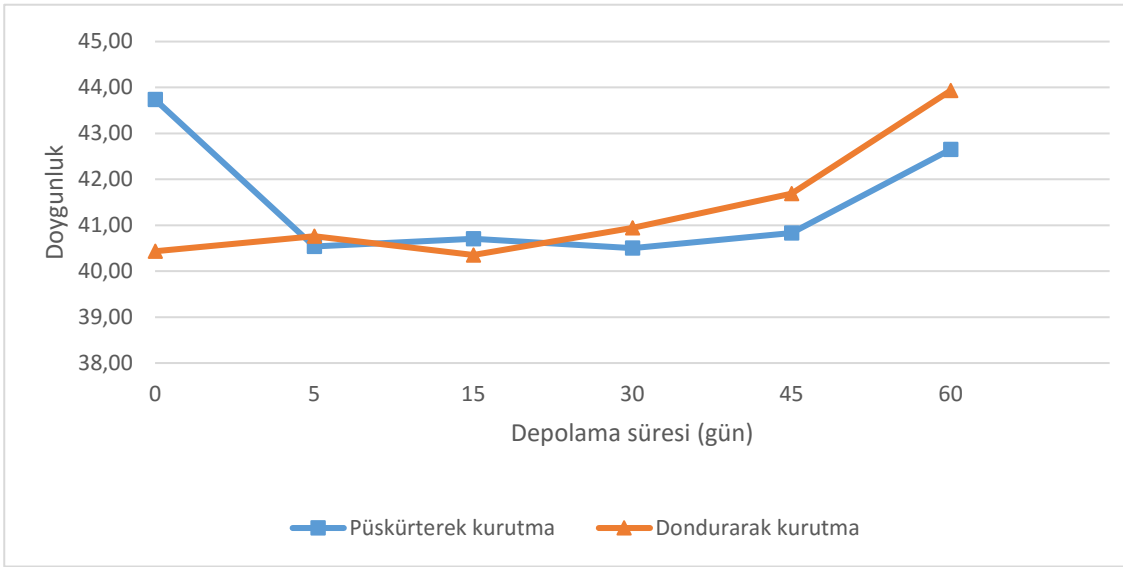
Varyans analizi sonuçlarına göre üretim yönteminin örneklerin renk değerlerinde bir farklılık yaratmadığı tespit edilirken, ton açısı ve doyumluk değerlerinde yöntem sıcaklık interaksiyonunun, depolama sıcaklığı ve süresinin farklı önem seviyelerinde anlamlı olduğu görülmüştür. Ton açısı ve doyumluk değerleri üzerine depolama sıcaklığının P<0.05 önem seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinin ton açısı ve doyumluk üzerine sırasıyla P<0.01 ve P<0.001 seviyelerinde farklılık yarattığı tespit edilmiştir. Üretim yöntemi hiçbir renk değerinde istatistiksel açıdan önemli bulunmazken doyumluk değerlerinde yöntem süre interaksiyonu (P<0.001), ton açısı ve doyumluk değerlerinde ise yöntem sıcaklık interaksiyonu sırasıyla P<0.01 ve P<0.05 düzeylerinde anlamlı bulunmuştur. İnteraksiyonlara ait grafikler Şekil 4.13 - Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Örneklerin L değerlerinin depolama boyunca istatistiksel açıdan farklılık göstermediği görülmüştür.



Şekil 4.13. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki ton açısı değerleri



Şekil 4.14. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki doygunluk değerleri



Şekil 4.15. Farklı yöntemlerle üretilen çözümlü yeşil çayların depolama süresi boyunca doygunluk değerlerindeki değişim

Çizelge 4.45. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

VK	N	Ton açısı			Doygunluk			
		Ortalama	±	SE	Ortalama	±	SE	
Sıcaklık (°C)	4	24	98.27 ^a	±	0.41	41.15 ^b	±	1.36
	25	24	98.05 ^b	±	0.37	41.7 ^a	±	1.54
Süre (gün)	0	8	98.42 ^a	±	0.31	42.09 ^b	±	1.98
	5	8	98.39 ^a	±	0.29	40.65 ^c	±	0.75
	15	8	98.23 ^{ba}	±	0.34	40.53 ^c	±	0.66
	30	8	98.16 ^{ba}	±	0.36	40.72 ^c	±	0.59
	45	8	97.99 ^{bc}	±	0.39	41.26 ^c	±	1.06
	60	8	97.79 ^c	±	0.42	43.29 ^a	±	1.13

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

4.5.4. Kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı

Çay kateşinlerinden, (-)-epikateşin (EC), (-)-epikateşin gallat (ECG) ve (-)-epigallokateşin gallat (EGCG) ve bunların epimerleri olan (+)-kateşin (C), (-)-kateşin gallat (CG), (+)-gallokteşin (GC), ve (-) gallokteşin gallat (GCG) ve Kafein (K) tez çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. Ancak GC depolama sırasında tespit edilemediği için çizelgede verilmemiştir. Sıcaklık, kurutma yöntemi ve depolama süresinin çözünür yeşil çayların kateşin ve kafein miktarları değerleri üzerine etkisi Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Farklı yöntemlerle üretilen ve farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çay örneklerinin kateşin kompozisyonu ve kafein miktarı değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.47'de, bu değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.48'de verilmiştir.

Çizelge 4.46. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların kateşin kompozisyonu ve kafein değerleri

Kateşin Türevleri ve Kafein	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Üretim Yöntemi					
			Püskürterek kurutma			Dondurarak kurutma		
C	4	0	0.67	±	0.06	0.65	±	0.38
		5	0.51	±	0.02	0.49	±	0.28
		15	0.55	±	0.11	0.55	±	0.31
		30	0.58	±	0.01	0.55	±	0.32
		45	0.48	±	0.00	0.55	±	0.31
		60	0.50	±	0.09	0.49	±	0.28
	25	0	0.67	±	0.06	0.65	±	0.38
		5	0.54	±	0.02	0.51	±	0.27
		15	0.56	±	0.04	0.56	±	0.32
		30	0.52	±	0.05	0.50	±	0.27
		45	0.53	±	0.07	0.47	±	0.25
		60	0.44	±	0.01	0.44	±	0.25
EGCG	4	0	5.48	±	0.43	5.56	±	3.21
		5	4.13	±	0.05	4.41	±	2.54
		15	3.33	±	0.56	3.41	±	1.92
		30	3.48	±	0.01	3.04	±	1.74
		45	2.51	±	0.12	2.79	±	1.48
		60	1.86	±	0.18	1.93	±	0.99
	25	0	5.48	±	0.43	5.56	±	3.21
		5	5.49	±	0.25	4.00	±	2.14
		15	3.25	±	0.07	3.23	±	1.68
		30	2.74	±	0.60	2.53	±	1.29
		45	3.17	±	0.47	1.78	±	1.03
		60	1.35	±	0.14	1.64	±	0.92
EC	4	0	2.36	±	0.03	2.59	±	1.49
		5	2.73	±	0.07	2.61	±	1.47
		15	2.78	±	0.01	2.62	±	1.50
		30	2.84	±	0.05	2.84	±	1.64
		45	2.57	±	0.00	2.56	±	1.48
		60	2.13	±	0.37	2.43	±	1.38
	25	0	2.36	±	0.03	2.59	±	1.49
		5	2.63	±	0.09	2.68	±	1.45
		15	2.67	±	0.03	2.57	±	1.46
		30	2.66	±	0.00	2.35	±	1.33
		45	2.62	±	0.05	2.24	±	1.23
		60	1.95	±	0.17	2.03	±	1.17

Çizelge 4.46'nın devamı

Kateşin Türevleri ve Kafein	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Üretim Yöntemi					
			Püskürterek kurutma		Dondurarak kurutma			
GCG	4	0	0.35	±	0.00	0.40	±	0.03
		5	0.65	±	0.00	0.59	±	0.05
		15	0.68	±	0.03	0.66	±	0.03
		30	0.70	±	0.01	0.69	±	0.01
		45	0.60	±	0.01	0.61	±	0.00
		60	0.60	±	0.02	0.63	±	0.01
	25	0	0.35	±	0.00	0.40	±	0.03
		5	0.64	±	0.00	0.63	±	0.03
		15	0.66	±	0.00	0.66	±	0.01
		30	0.62	±	0.00	0.61	±	0.04
		45	0.60	±	0.02	0.60	±	0.06
		60	0.51	±	0.03	0.51	±	0.04
ECG	4	0	1.74	±	0.01	1.67	±	0.01
		5	1.69	±	0.02	1.62	±	0.00
		15	1.68	±	0.02	1.62	±	0.01
		30	1.84	±	0.00	1.75	±	0.01
		45	1.68	±	0.03	1.66	±	0.01
		60	1.65	±	0.01	1.64	±	0.02
	25	0	1.74	±	0.01	1.67	±	0.01
		5	1.71	±	0.04	1.67	±	0.01
		15	1.71	±	0.03	1.65	±	0.02
		30	1.75	±	0.04	1.71	±	0.00
		45	1.71	±	0.06	1.66	±	0.01
		60	1.59	±	0.08	1.63	±	0.00
CG	4	0	0.21	±	0.00	0.23	±	0.01
		5	0.22	±	0.00	0.23	±	0.01
		15	0.23	±	0.00	0.24	±	0.00
		30	0.24	±	0.00	0.26	±	0.01
		45	0.24	±	0.01	0.24	±	0.01
		60	0.25	±	0.00	0.26	±	0.02
	25	0	0.21	±	0.00	0.23	±	0.01
		5	0.23	±	0.01	0.26	±	0.00
		15	0.23	±	0.01	0.26	±	0.01
		30	0.25	±	0.01	0.25	±	0.01
		45	0.25	±	0.01	0.27	±	0.01
		60	0.28	±	0.03	0.27	±	0.00

Çizelge 4.46'nın devamı

Kateşin Türevleri ve Kafein	Depolama Sıcaklığı (°C)	Depolama Süresi (gün)	Üretim Yöntemi	
			Püskürterek kurutma	Dondurarak kurutma
K	4	0	3.44 ± 0.27	3.50 ± 0.10
		5	2.60 ± 0.03	2.57 ± 0.08
		15	2.32 ± 0.04	2.47 ± 0.19
		30	2.24 ± 0.08	2.52 ± 0.06
		45	1.59 ± 0.08	1.74 ± 0.07
		60	1.06 ± 0.28	1.23 ± 0.08
		25	0	3.44 ± 0.27
	5		3.45 ± 0.15	2.87 ± 0.11
	15		2.05 ± 0.05	2.18 ± 0.16
	30		1.88 ± 0.16	1.84 ± 0.01
	45		1.88 ± 0.12	1.71 ± 0.17
	60		1.30 ± 0.12	1.39 ± 0.10

Çizelge 4.47. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların kateşin ve kafein değerlerinin değişimine ait varyans analizi sonuçları

VK	SD	C		EGCG		EC		GCG		ECG		CG		K	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Üretim Yöntemi (Y)	1	0.0020342	0.97	0.4684955	3.05	0.0022598	0.18	0.00000189	0.00	0.0254631	35.13***	0.0026628	27.15***	0.0047145	0.24
Sıcaklık (T)	1	0.0027938	1.34	0.2378138	1.55	0.2415419	19.03***	0.01167743	16.16***	0.0001634	0.23	0.0010763	10.97**	0.003221	0.16
Süre (S)	5	0.0363541	17.39***	15.26332	99.31***	0.3475247	27.37***	0.09300532	128.72***	0.0163893	22.61***	0.0021193	21.61***	5.0714034	256.21***
Y*T	1	0.0014461	0.69	0.7954382	5.18*	0.0363253	2.86	0.00003912	0.05	0.0006281	0.87	0.000102	1.04	0.1400483	7.08*
Y*S	5	0.0003422	0.16	0.2346213	1.53	0.065565	5.16**	0.00151392	2.10	0.001855	2.56	0.0001026	1.05	0.0590832	2.98*
T*S	5	0.0024793	1.19	0.2792455	1.82	0.0396423	3.12*	0.00449694	6.22***	0.0032362	4.46**	0.0001588	1.62	0.2956159	14.93***
Y*T*S	5	0.0013573	0.65	0.4401594	2.86*	0.0236798	1.87	0.00038308	0.53	0.00043	0.59	9.853E-05	1.00	0.0232924	1.18
Hata	24	0.0020911		0.1536926		0.0126952		0.00072255		0.0007248		9.807E-05		0.0197943	

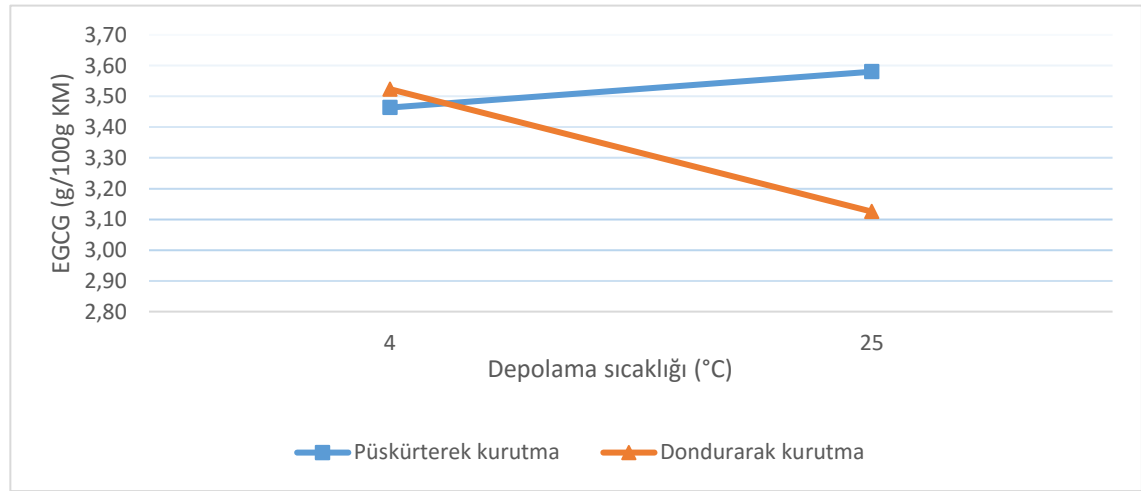
(*) P<0.05, (**) P<0.01, (***) P<0.001 seviyelerinde farklılık ifade eder.

Çizelge 4.48. Farklı sıcaklıklarda depolanan çözünür yeşil çayların renk değerlerinin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

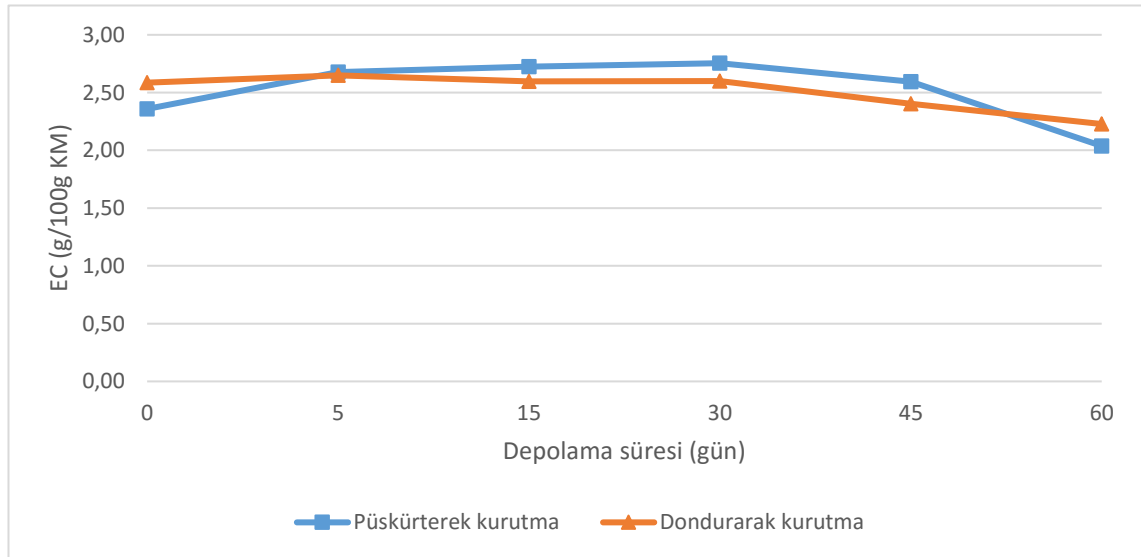
VK		N	C	EGCG	EC	GCG	ECG	CG	K
Yöntem	Püskürterek Kurutma	24					1.71 ^a ± 0.06	0.24 ^b ± 0.02	
	Dondurarak Kurutma	24					1.66 ^b ± 0.04	0.25 ^a ± 0.02	
Sıcaklık (°C)	4	24			2.59 ^a ± 0.22	0.60 ^a ± 0.11		0.24 ^b ± 0.02	
	25	24			2.45 ^b ± 0.26	0.57 ^b ± 0.1		0.25 ^a ± 0.02	
Süre (gün)	0	8	0.66 ^a ± 0.04	5.52 ^a ± 0.25	2.47 ^b ± 0.13	0.38 ^d ± 0.03	1.71 ^b ± 0.04	0.22 ^d ± 0.01	3.47 ^a ± 0.15
	5	8	0.51 ^{cb} ± 0.03	4.51 ^b ± 0.74	2.66 ^a ± 0.09	0.63 ^b ± 0.03	1.67 ^c ± 0.04	0.23 ^c ± 0.02	2.87 ^b ± 0.39
	15	8	0.56 ^b ± 0.05	3.31 ^c ± 0.37	2.66 ^a ± 0.1	0.67 ^a ± 0.02	1.66 ^c ± 0.04	0.24 ^c ± 0.01	2.26 ^c ± 0.19
	30	8	0.54 ^b ± 0.04	2.95 ^{dc} ± 0.51	2.68 ^a ± 0.22	0.66 ^a ± 0.05	1.76 ^a ± 0.05	0.25 ^b ± 0.01	2.12 ^c ± 0.31
	45	8	0.51 ^{cb} ± 0.04	2.56 ^d ± 0.59	2.5 ^b ± 0.18	0.6 ^b ± 0.03	1.68 ^c ± 0.03	0.25 ^b ± 0.01	1.73 ^d ± 0.14
	60	8	0.47 ^c ± 0.05	1.69 ^e ± 0.26	2.13 ^c ± 0.25	0.56 ^c ± 0.06	1.63 ^d ± 0.04	0.27 ^a ± 0.02	1.25 ^e ± 0.18

Her bir varyasyon kaynağı için aynı sütundaki farklı harfler ortalamaların P<0.05 seviyesinde farklı olduğunu gösterir.

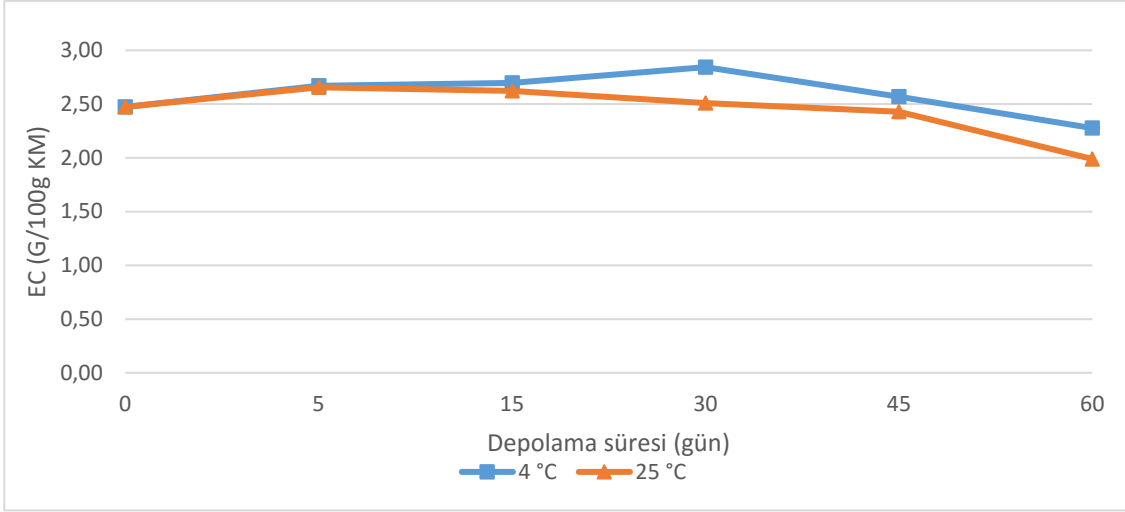
Farklı yöntemlerle üretilmiş çözünür yeşil çayların farklı sıcaklıklarda depolanmasına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde depolama süresinin bütün bileşenler için $P < 0.001$ seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. Üretim yöntemi ECG ve CG için $P < 0.001$ düzeyinde farklı iken diğer bileşenler için istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Depolama sıcaklığı EC ve GCG için $P < 0.001$ düzeyinde, CG için $P < 0.01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Yöntem sıcaklık interaksiyonunun ECG ve K için $P < 0.05$ seviyesinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Yöntem süre interaksiyonu EC için $P < 0.01$ K için $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sıcaklık süre interaksiyonunda ise EC, GCG, ECG ve K için farklı seviyelerde önemli olarak tespit edilmiştir. İnteraksiyonlara ait grafikler Şekil 16-Şekil 4.23’de verilmiştir.



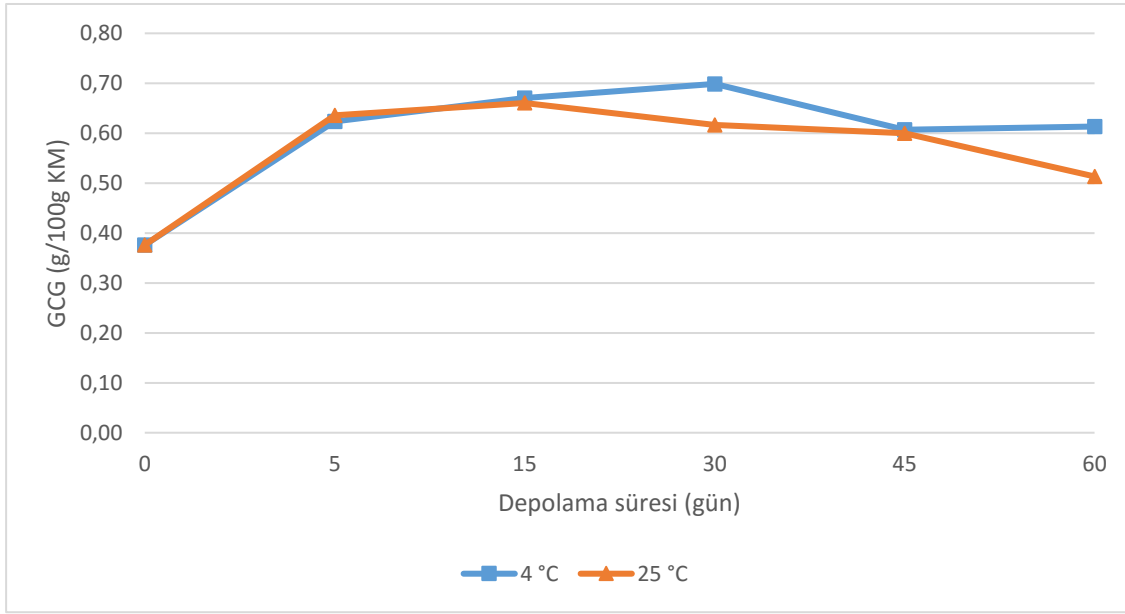
Şekil 4.16. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki ECG miktarı



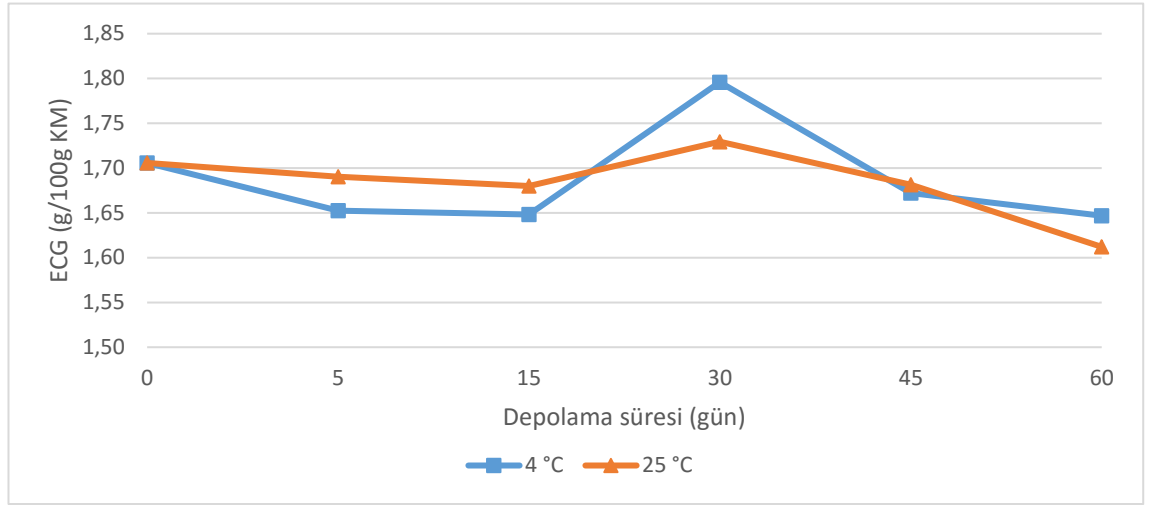
Şekil 4.17. Farklı kurutma yöntemleri ile üretilen çözünür yeşil çayların depolama süresince EC miktarındaki değişim



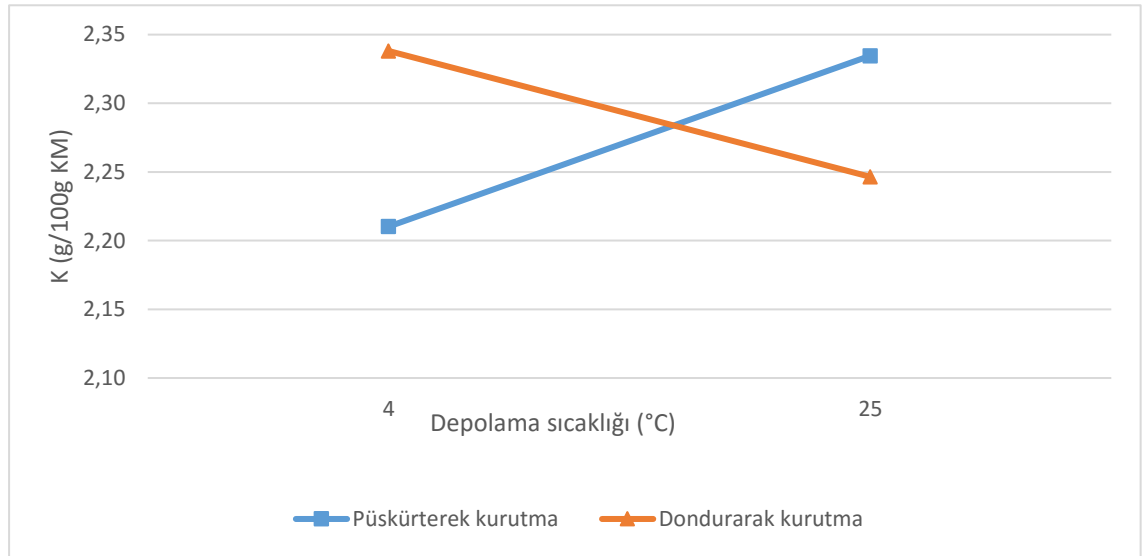
Şekil 4.18. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözümlü yeşil çayların EC miktarı



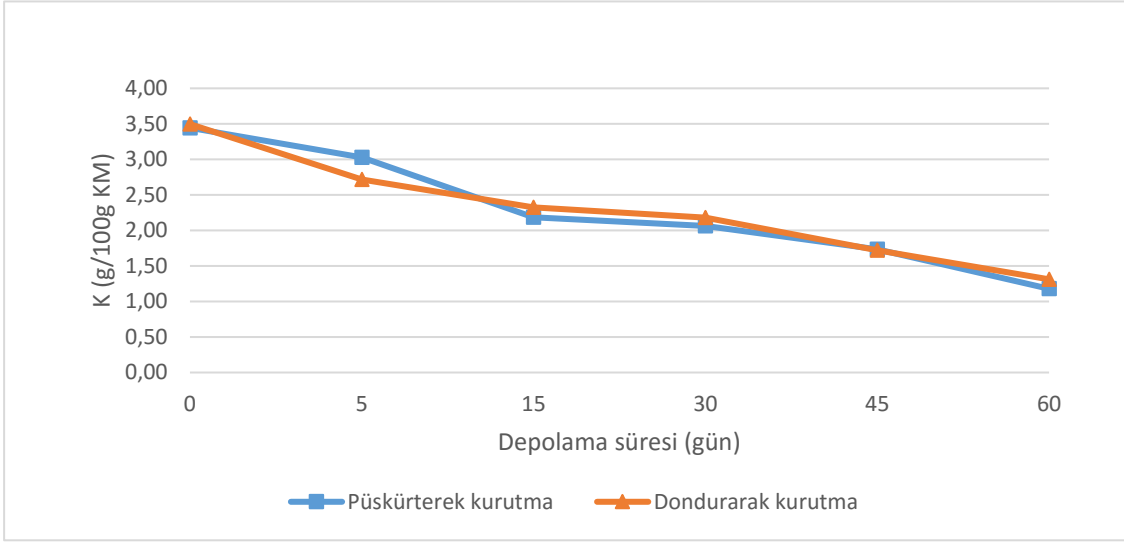
Şekil 4.19. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözümlü yeşil çayların GCG miktarı



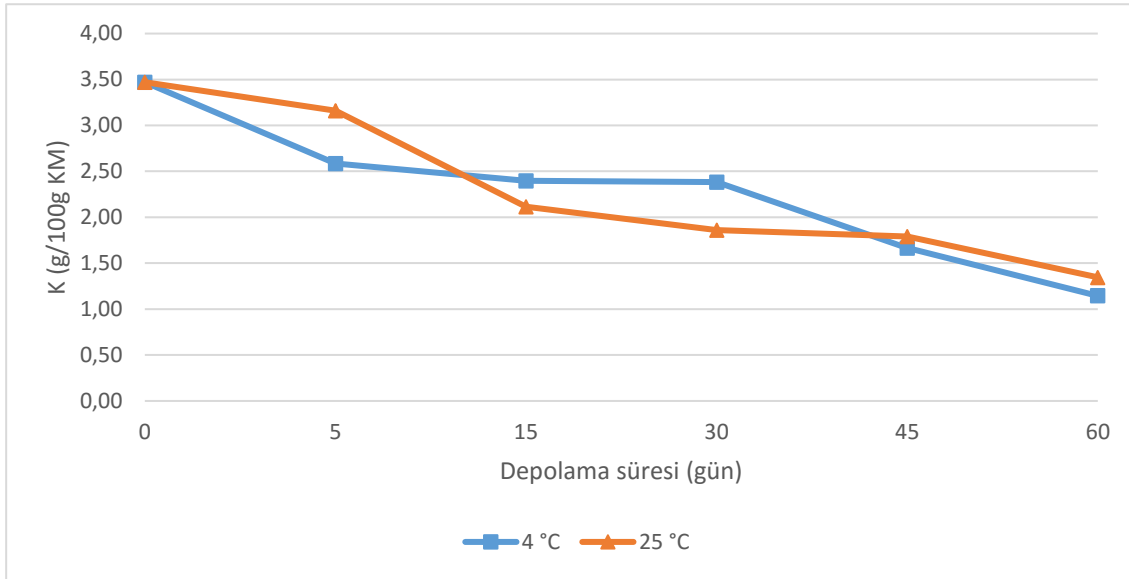
Şekil 4.20. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların ECG miktarı



Şekil 4.21. Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların farklı depolama sıcaklıklarındaki K miktarı



Şekil 4.22. Farklı yöntemlerle kurutulan çözünür yeşil çayların depolama süresince K miktarındaki değişim



Şekil 4.23. Farklı sıcaklık ve sürelerde depolanan çözünür yeşil çayların K miktarına ait değerler

Farklı yöntemlerle üretilen çözünür yeşil çayların kateşin profili ve kafein miktarlarının ortalamalarına ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ECG ve CG hariç bütün bileşenler üzerine üretim yönteminin istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür. ECG'nin püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen çözünür yeşil çaylarda, CG'nin ise dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilenlere nazaran önemli düzeyde $P < 0.05$ yüksek olduğu görülmüştür. Depolama süresince EGCG ve K kademeli olarak azalmıştır.

Çay kateşinleri, (-)-epikateşin (EC), (-)-epikateşin gallat (ECG), (-)-epigallokateşin (EGC) ve (-)-epigallokateşin gallat (EGCG) olmak üzere başlıca dört major bileşenden ve bunların epimerleri olan (+)-kateşin (C), (-)-kateşin gallat (CG), (+)-gallokteşin (GC), ve (-) gallokteşin gallat (GCG) olarak dört minör kateşinden oluşmaktadır. Bu epi-kateşinler, epi-kateşin olmayan epimerlerine dönüşebilmektedir. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiği zaman epikateşinlerdeki azalma ve epi yapıda olmayan kateşinlerdeki artışın birbirleri ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle depolama sırasında kateşinlerin epimerizasyona uğradığı düşünülmektedir. Ayrıca epimerizasyonun yanısıra depolama süresince kateşinler degradesyona uğramıştır. Nitekim sıcaklık, pH, sistemin oksijen mevcudiyeti, metal iyonlarının varlığı ve ilave edilen katkı maddeleri gibi birçok faktör yeşil çay kateşinlerinin kimyasal değişikliklere katkıda bulunabildiği belirtilmektedir (Ananingsih vd 2013). Ayrıca başka bir çalışmada da çay kateşinleri, çayın işlenmesi, demlenmesi ve depolanması süresince oksidasyon, epimerizasyon gibi pek çok kimyasal değişime uğramadığı tespit edilmiştir (Wang vd 2000).

5. SONUÇ

Bu çalışmada fonksiyonel bileşenlerce zengin, besin öğelerini mümkün olduğunca korumuş endüstriyel ölçekte uygulanabilir çözünür yeşil çay üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle ekstraktlara ultrafiltrasyon işlemi uygulanmış ve kateşince zenginleştirme yapılmıştır. Daha sonra zenginleştirilmiş ekstraktlar püskürterek ve dondurarak kurutulmuştur. Elde edilen ürünlerin *in vitro* gastrointestinal sistemde salınımları incelenmiş ve ayrıca ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin değişimleri depolama süresince izlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve sonraki çalışmalara yön verebilecek bazı öneriler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Zenginleştirme amacıyla uygulanan ultrafiltrasyon işleminde 10 kDa ayırma sınırına sahip filtre ile kateşince kısmen zenginleştirilme sağlanmıştır.
- Box–Behnken deneme deseni sonuçlarına göre fizikokimyasal özellikler açısından en iyi çözünür yeşil çay üretimini sağlayan şartlar kuru madde bazında %25.22 maltodekstrin ilavesi, 140 °C giriş, 90 °C çıkış sıcaklığı olduğu belirlenmiştir.
- Optimum şartlarda püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen ürünlerin bazı özellikler bakımından dondurarak kurutma ile üretilen örneklerle benzerlikler gösterdiği tespit edilmiştir.
- *In vitro* ortam boyunca toplam kateşin miktarının iki üretim yöntemi için de birbirine yakın olduğu ve gastrik sindirim sonunda, sindirim öncesine göre %33, ince bağırsak sonunda ise yaklaşık olarak %75 oranında toplam kateşin miktarının azaldığı belirlenmiştir.
- *In vitro* gastrointestinal sistem sonunda kafein miktarındaki azalmanın %60 olduğu belirlenmiştir ve kafeinin kateşinlere göre model ince bağırsak koşullarında daha stabil olduğu görülmüştür.
- Bileşenler arasında EGCG %84 azalma ile sindirimden en çok etkilenen bileşik olarak belirlenmiştir.
- Depolama sırasında sıcaklığın genel olarak önemli bir etkisi olmadığı ancak depolama süresinin nem miktarı, bulanıklık, renk değeri ve kateşinler üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- Tez kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde fonksiyonel bileşenlerce zengin çözünür yeşil çay üretimi gerçekleştirilebilmiştir.
- Çalışma sonucunda püskürterek kurutma ile çözünür yeşil çay üretiminin dondurarak kurutma ile üretime, araştırılan özellikler bakımından bir alternatif olabileceği belirlenmiştir.

- Ultrafiltrasyon yöntemi ile yeşil çayın kateşince zenginleştirilebileceği belirlenmiştir. Ancak tez çalışması kapsamında denenmeyen farklı basınç ve farklı filtrelerin uygulamalarının zenginleştirme için daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ADHIKARI, B., HOWES, T., LECOMTE, D. and BHANDARI, B. 2005. A glass transition temperature approach for the prediction of the surface stickiness of a drying droplet during spray drying. *Powder Technology*, 149 (2): 168-179.
- AKIN, O., TEMELLI, F. and KÖSEOĞLU, S. 2012. Membrane applications in functional foods and nutraceuticals. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52 (4): 347-371.
- ANANINGSIH, V.K., SHARMA, A. and ZHOU, W. 2013. Green tea catechins during food processing and storage: a review on stability and detection. *Food research international*, 50 (2): 469-479.
- ANESINI, C., FERRARO, G.E. and FILIP, R. 2008. Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56 (19): 9225-9229.
- ANONIM 2017a. <http://www.fao.org>. (Son erişim tarihi: 18.04.2017)
- ANONIM 2017b. <https://www.buchi.com>. (Son erişim tarihi: 20.04.2017)
- ASTILL, C., BIRCH, M.R., DACOMBE, C., HUMPHREY, P.G. and MARTIN, P.T. 2001. Factors affecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49 (11): 5340-5347.
- BALENTINE, D.A., WISEMAN, S.A. and BOUWENS, L.C.M. 1997. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37 (8): 693-704.
- BAPTISTA, J.A., DA P TAVARES, J.F. and CARVALHO, R.C. 1998. Comparison of catechins and aromas among different green teas using HPLC/SPME-GC. *Food research international*, 31 (10): 729-736.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G.V., ORTEGA-RIVAS, E., JULIANO, P. and YAN, H. 2005. Encapsulation processes, Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality, pp. 199-219.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G.V., ORTEGA-RIVAS, E., JULIANO, P. and YAN, H. 2006. Drying, Food powders: physical properties, processing, and functionality, Springer Science & Business Media, pp. 271-303.
- BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A., LEVIĆ, S., KALUŠEVIĆ, A., ŠPOLJARIĆ, I., ĐORĐEVIĆ, V., KOMES, D., MRŠIĆ, G. and NEDOVIĆ, V. 2015. Efficiency Assessment of Natural Biopolymers as Encapsulants of Green Tea (*Camellia sinensis* L.) Bioactive Compounds by Spray Drying. *Food and bioprocess technology*, 8 (12): 2444-2460.
- BERISTAIN, C., GARCIA, H. and VERNON-CARTER, E. 2001. Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT-Food Science and Technology*, 34 (6): 398-401.

- BHANDARI, B.R., DATTA, N. and HOWES, T. 1997. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15 (2): 671-684.
- BOKUCHAVA, M.A., SKOBELEVA, N.I. and SANDERSON, G.W. 1980. The biochemistry and technology of tea manufacture. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 12 (4): 303-370.
- BOSS, E.A., MACIEL FILHO, R. and DE TOLEDO, E.C.V. 2004. Freeze drying process: real time model and optimization. *Chemical engineering and processing: process intensification*, 43 (12): 1475-1485.
- CALISKAN, G. and DIRIM, S.N. 2016. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287 308-314.
- CAN KARACA, A., GUZEL, O. and AK, M.M. 2016. Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (2): 449-455.
- CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P., RAMOS, A. and CAL-VIDAL, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6 (4): 420-428.
- CEMEROĞLU, B. and KARADENİZ, F. 2001. Meyve Suyu Üretim Tekniği. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Yayın, (25)*.
- COHEN, J.S. and YANG, T.C. 1995. Progress in food dehydration. *Trends in Food Science & Technology*, 6 (1): 20-25.
- DALLUGE, J.J. and NELSON, B.C. 2000. Determination of tea catechins. *Journal of Chromatography A*, 881 (1): 411-424.
- DE TORRES, C., DÍAZ-MAROTO, M., HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. and PÉREZ-COELLO, M. 2010. Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. *Analytica Chimica Acta*, 660 (1): 177-182.
- DESAI, K.G.H. and JIN PARK, H. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23 (7): 1361-1394.
- DINCER, C., TOPUZ, A., SAHIN-NADEEM, H., OZDEMIR, K.S., CAM, I.B., TONTUL, I., GOKTURK, R.S. and AY, S.T. 2012. A comparative study on phenolic composition, antioxidant activity and essential oil content of wild and cultivated sage (*Salvia fruticosa* Miller) as influenced by storage. *Industrial Crops and Products*, 39 170-176.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESICI, T., KAVUNCU, O. and GÜRBÜZ, F. 1987. Araştırma ve deneme metotları, Ankara Üniv. *Zir. Fak. Yay*, (1021).
- ENA, A., PINTUCCI, C. and CARLOZZI, P. 2012. The recovery of polyphenols from olive mill waste using two adsorbing vegetable matrices. *Journal of biotechnology*, 157 (4): 573-577.

- ERBAŞ, M. 2006. Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar. *Türkiye*, 9 24-26.
- FENNEMA, O.R. 1996. Food Chemistry 3rd. *New York: Marcel Decker*, 1 996.
- FERNÁNDEZ-LEÓN, M., FERNÁNDEZ-LEÓN, A., LOZANO, M., AYUSO, M., AMODIO, M., COLELLI, G. and GONZÁLEZ-GÓMEZ, D. 2013. Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food control*, 31 (2): 302-313.
- FERRARI, C.C., GERMER, S.P.M. and DE AGUIRRE, J.M. 2012. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technology*, 30 (2): 154-163.
- FRIEDMAN, M., LEVIN, C., LEE, S.U. and KOZUKUE, N. 2009. Stability of green tea catechins in commercial tea leaves during storage for 6 months. *Journal of food science*, 74 (2): H47-H51.
- FU, N., ZHOU, Z., JONES, T.B., TAN, T.T., WU, W.D., LIN, S.X., CHEN, X.D. and CHAN, P.P. 2011. Production of monodisperse epigallocatechin gallate (EGCG) microparticles by spray drying for high antioxidant activity retention. *International journal of pharmaceutics*, 413 (1): 155-166.
- GADKARI, P.V. and BALARAMAN, M. 2015. Catechins: Sources, extraction and encapsulation: A review. *Food and Bioproducts Processing*, 93 122-138.
- GHARSALLAOUI, A., ROUDAUT, G., CHAMBIN, O., VOILLEY, A. and SAUREL, R. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food research international*, 40 (9): 1107-1121.
- GIRARD, B., FUKUMOTO, L. and SEFA KOSEOGLU, S. 2000. Membrane processing of fruit juices and beverages: a review. *Critical reviews in biotechnology*, 20 (2): 109-175.
- GOH, R., GAO, J., ANANINGSIH, V.K., RANAWANA, V., HENRY, C.J. and ZHOU, W. 2015. Green tea catechins reduced the glycaemic potential of bread: An in vitro digestibility study. *Food Chemistry*, 180 203-210.
- GOUIN, S. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 15 (7): 330-347.
- GRAHAM, H.N. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive medicine*, 21 (3): 334-350.
- GREEN, R.J., MURPHY, A.S., SCHULZ, B., WATKINS, B.A. and FERRUZZI, M.G. 2007. Common tea formulations modulate in vitro digestive recovery of green tea catechins. *Molecular nutrition & food research*, 51 (9): 1152-1162.
- HUANG, M. and ZHANG, M. 2013. 20 - Tea and coffee powders, *Handbook of Food Powders*, Woodhead Publishing, pp. 513-531.
- I RÉ, M. 1998. Microencapsulation by Spray Drying. *Drying Technology*, 16 (6): 1195-1236.

- JAFARI, S.M., ASSADPOOR, E., HE, Y. and BHANDARI, B. 2008. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, 26 (7): 816-835.
- KACAR, B. 1987. Çayın biyokimyası ve işleme teknolojisi. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 329 s.
- KACAR, B. 2010. Çay bitkisi, biyokimyası, gübrenmesi ve işleme teknolojisi. Nobel, 355 s.
- KAUSHIK, V. and ROOS, Y.H. 2007. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic–sucrose–gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (8): 1381-1391.
- KHOKHAR, S. and MAGNUSDOTTIR, S. 2002. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50 (3): 565-570.
- KILMARTIN, P.A. and HSU, C.F. 2003. Characterisation of polyphenols in green, oolong, and black teas, and in coffee, using cyclic voltammetry. *Food Chemistry*, 82 (4): 501-512.
- KOC, B., EREN, I. and ERTEKIN, F.K. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85 (3): 340-349.
- KOÇ, M., SAKIN, M. and ERTEKIN, F.K. 2010. Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (1): 77-86.
- KOO, M.W. and CHO, C.H. 2004. Pharmacological effects of green tea on the gastrointestinal system. *European journal of pharmacology*, 500 (1): 177-185.
- KURODA, Y. and HARA, Y. 1999. Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 436 (1): 69-97.
- LABBÉ, D., TREMBLAY, A. and BAZINET, L. 2006. Effect of brewing temperature and duration on green tea catechin solubilization: Basis for production of EGC and EGCG-enriched fractions. *Separation and Purification Technology*, 49 (1): 1-9.
- LONČARIĆ, A., PICHLER, A., TRTINJAK, I., PILIŽOTA, V. and KOPJAR, M. 2016. Phenolics and antioxidant activity of freeze-dried sour cherry puree with addition of disaccharides. *LWT-Food Science and Technology*, 73 391-396.
- MADENE, A., JACQUOT, M., SCHER, J. and DESOBRY, S. 2006. Flavour encapsulation and controlled release—a review. *International journal of food science & technology*, 41 (1): 1-21.
- NADEEM, H.Ş., TORUN, M. and ÖZDEMİR, F. 2011. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT-Food Science and Technology*, 44 (7): 1626-1635.

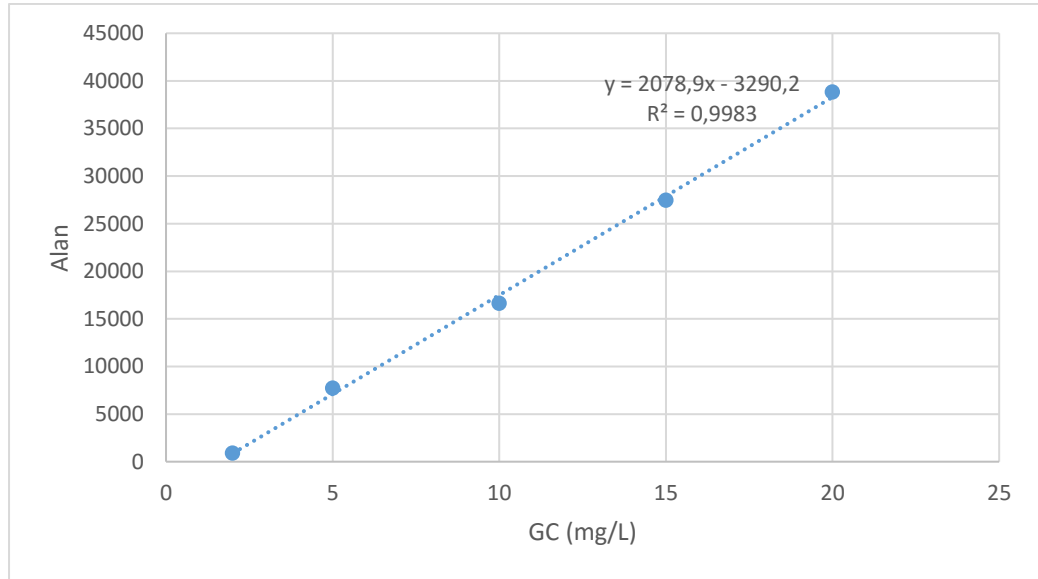
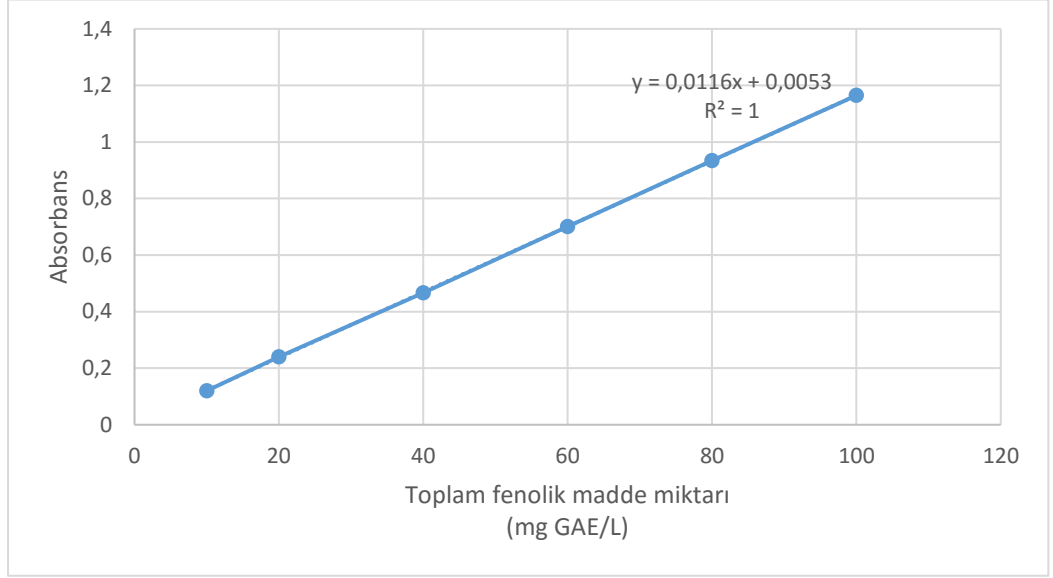
- NAIR, K.P. 2010. The agronomy and economy of important tree crops of the developing world. Elsevier, 313 s.
- OZDEMIR, F. and SAHIN, H. 2007. Importance of tea in daily life of Turkish people! The 3rd International Conference on O-CHA (Tea) Culture and Science, ss.
- ÖZDEMİR, F. 1992. Farklı kıvrırma metotlarının üç sürgün dönemi çayın siya çaya işlenmesinde uygulanma etkinliği ve üretilen siyah çayların bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, 151 s.
- ÖZDEMİR, K.S. 2010. Bergamut ve limon kabuğu uçucu yağının kapsüllemesi ve elde edilen ürünün özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 90 s.
- PASRIJA, D., EZHILARASI, P., INDRANI, D. and ANANDHARAMAKRISHNAN, C. 2015. Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 64 (1): 289-296.
- PERVA-UZUNALIĆ, A., ŠKERGET, M., KNEZ, Ž., WEINREICH, B., OTTO, F. and GRÜNER, S. 2006. Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*, 96 (4): 597-605.
- PETERS, C.M., GREEN, R.J., JANLE, E.M. and FERRUZZI, M.G. 2010. Formulation with ascorbic acid and sucrose modulates catechin bioavailability from green tea. *Food research international*, 43 (1): 95-102.
- QUEK, S.Y., CHOK, N.K. and SWEDLUND, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical engineering and processing: process intensification*, 46 (5): 386-392.
- RAMARETHINAM, S., ANITHA, G. and LATHA, K. 2006. Standardization of conditions for effective clarification and concentration of green tea extract by membrane filtration. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 65 (10): 821.
- RAO, L., HAYAT, K., LV, Y., KARANGWA, E., XIA, S., JIA, C., ZHONG, F. and ZHANG, X. 2011. Effect of ultrafiltration and fining adsorbents on the clarification of green tea. *Journal of Food Engineering*, 102 (4): 321-326.
- RECORD, I.R. and LANE, J.M. 2001. Simulated intestinal digestion of green and black teas. *Food Chemistry*, 73 (4): 481-486.
- SECOLIN, V.A., SOUZA, C.R. and OLIVEIRA, W.P. 2017. Spray drying of lipid-based systems loaded with *Camellia sinensis* polyphenols. *Journal of liposome research*, 27 (1): 11-20.
- SHAHIDI, F. and HAN, X.Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 33 (6): 501-547.
- SINIJA, V. and MISHRA, H. 2008. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. *Journal of Food Engineering*, 86 (4): 494-500.

- SOUZA, L.d.S., CABRAL, B.V., MADRONA, G.S., CARDOSO, V.L. and REIS, M.H.M. 2016. Purification of polyphenols from green tea leaves by ultrasound assisted ultrafiltration process. *Separation and Purification Technology*, 168 188-198.
- ŞAHİN, H. 2009. Dağ çayından (*Sideritis stricta*) çözünür (instant) bitki çayı üretim olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, 155 s.
- ŞAHİN, H. and ÖZDEMİR, F. 2006. Yeşil çayın sağlık üzerine etkisi. *Türkiye*, 9 24-26.
- TAS, S., SARANDOL, E., ZİYANOK, S., ASLAN, K. and DIRICAN, M. 2005. Effects of green tea on serum paraoxonase/arylesterase activities in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutrition research*, 25 (12): 1061-1074.
- TEKIĆ, M., KURJAČKI, J. and VATAI, G. 1996. Modelling of batch ultrafiltration. *The Chemical Engineering Journal and The Biochemical Engineering Journal*, 61 (2): 157-159.
- TONTUL, I. and TOPUZ, A. 2017. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*.
- TONTUL, I., TOPUZ, A., OZKAN, C. and KARACAN, M. 2016. Effect of vegetable proteins on physical characteristics of spray-dried tomato powders. *Food Science and Technology International*, 22 (6): 516-524.
- TUYEN, C.K., NGUYEN, M.H. and ROACH, P.D. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98 (3): 385-392.
- VUONG, Q.V., GOLDING, J.B., NGUYEN, M.H. and ROACH, P.D. 2013. Preparation of decaffeinated and high caffeine powders from green tea. *Powder Technology*, 233 169-175.
- WANG, H., PROVAN, G.J. and HELLIWELL, K. 2000. Tea flavonoids: their functions, utilisation and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 11 (4): 152-160.
- WEISBURGER, J.H. 1997. Tea and health: a historical perspective. *Cancer letters*, 114 (1): 315-317.
- WILKOWSKA, A., AMBROZIAK, W., CZYŻOWSKA, A. and ADAMIEC, J. 2016. Effect of microencapsulation by spray-drying and freeze-drying technique on the antioxidant properties of blueberry (*Vaccinium myrtillus*) juice polyphenolic compounds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66 (1): 11-16.
- WILLIGES, U. 2004. Status of Organic Agriculture in Sri Lanka with Special Emphasis on Tea Production System, PhD Thesis. Faculty of Plant Protection. Justus-Liebig-University of Giessen, s.
- XU, N. and CHEN, Z. 2002. Green tea, black tea and semi-fermented tea. *Tea: Bioactivity and therapeutic potential*, 35-55.

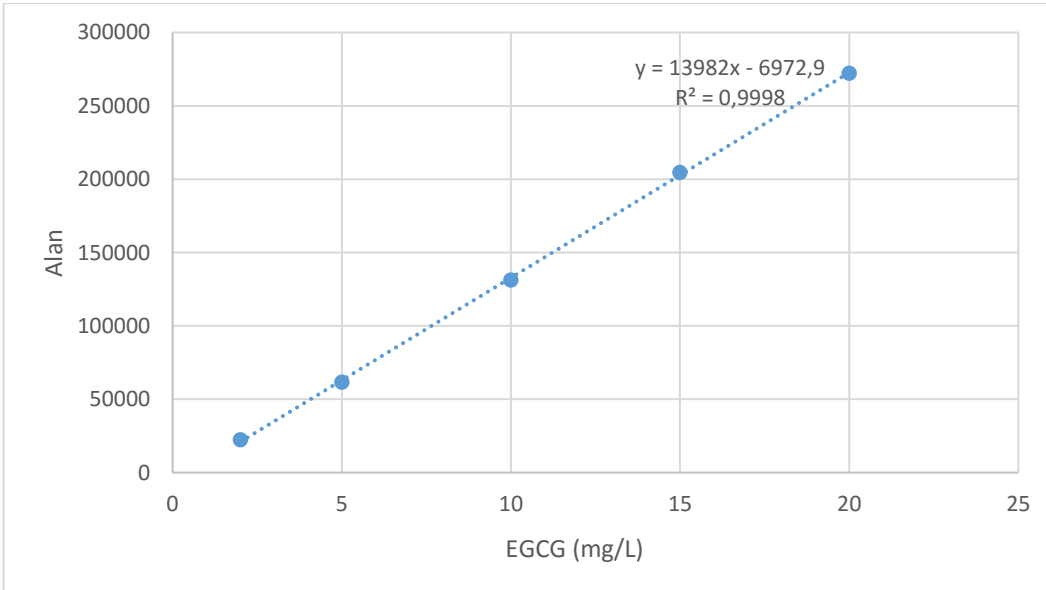
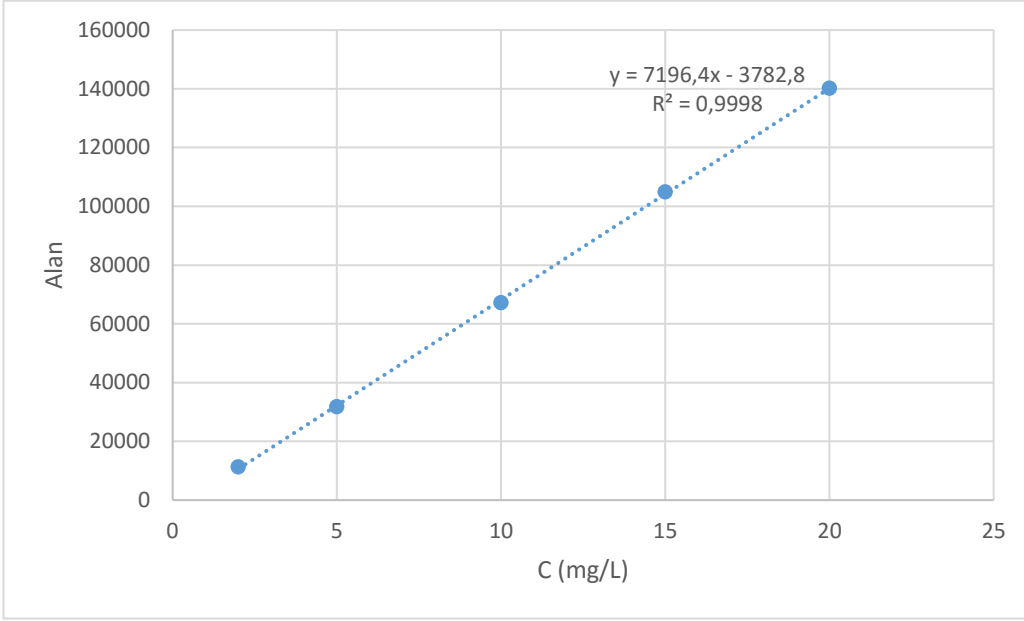
- YOSHIDA, Y., KISO, M. and GOTO, T. 1999. Efficiency of the extraction of catechins from green tea. *Food Chemistry*, 67 (4): 429-433.
- ZHU, Q.Y., ZHANG, A., TSANG, D., HUANG, Y. and CHEN, Z.-Y. 1997. Stability of green tea catechins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45 (12): 4624-4628.

EKLER

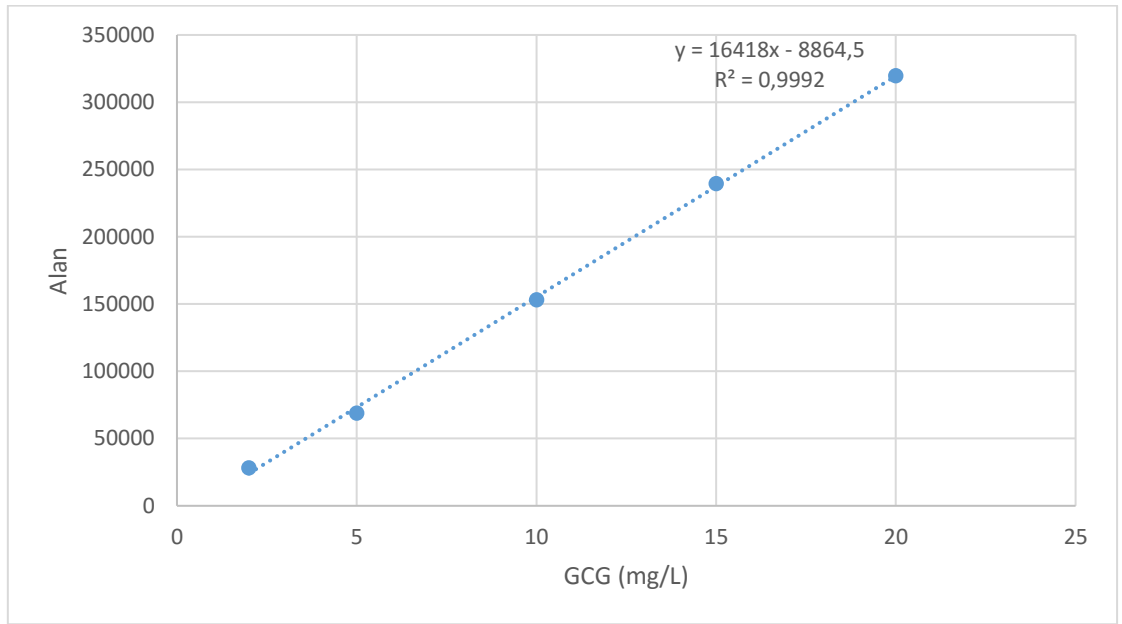
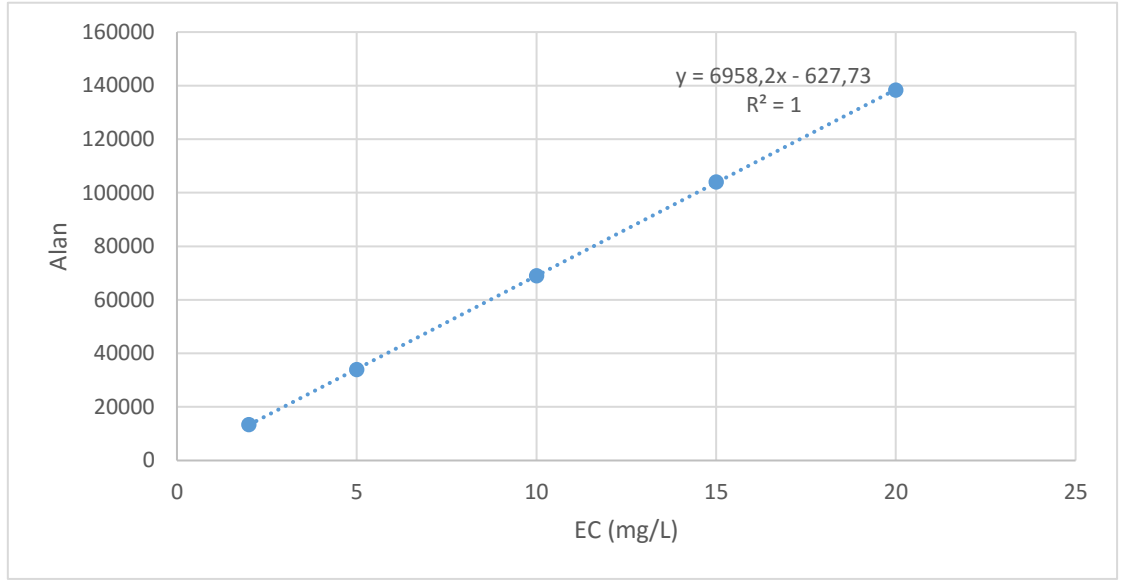
EK-1. Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



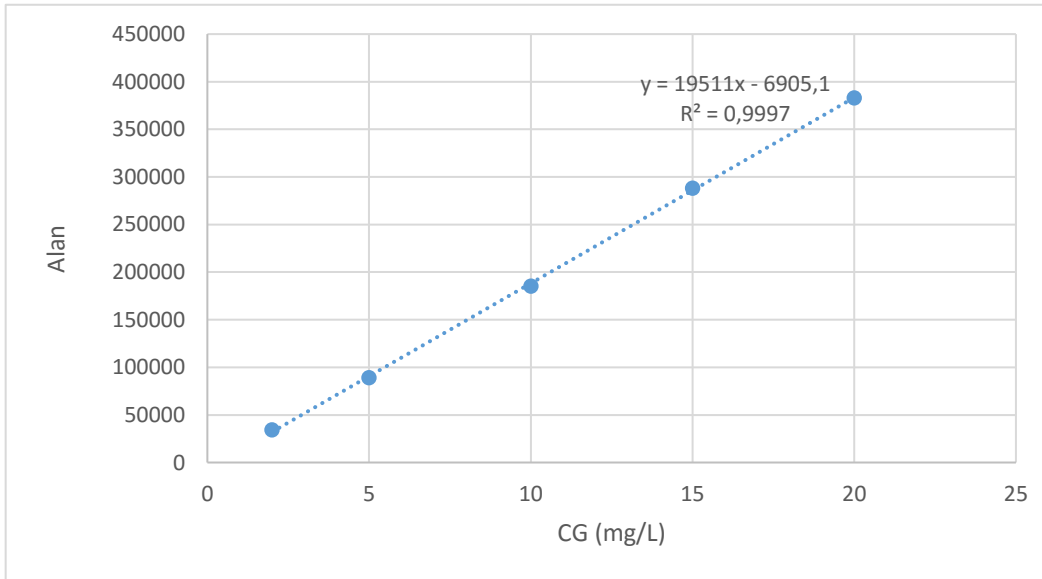
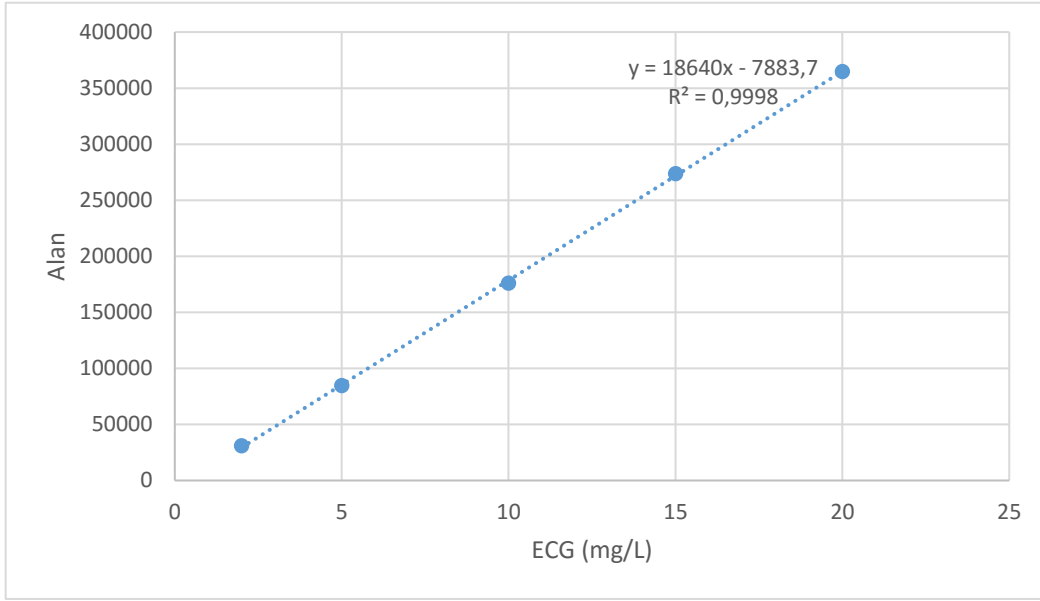
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



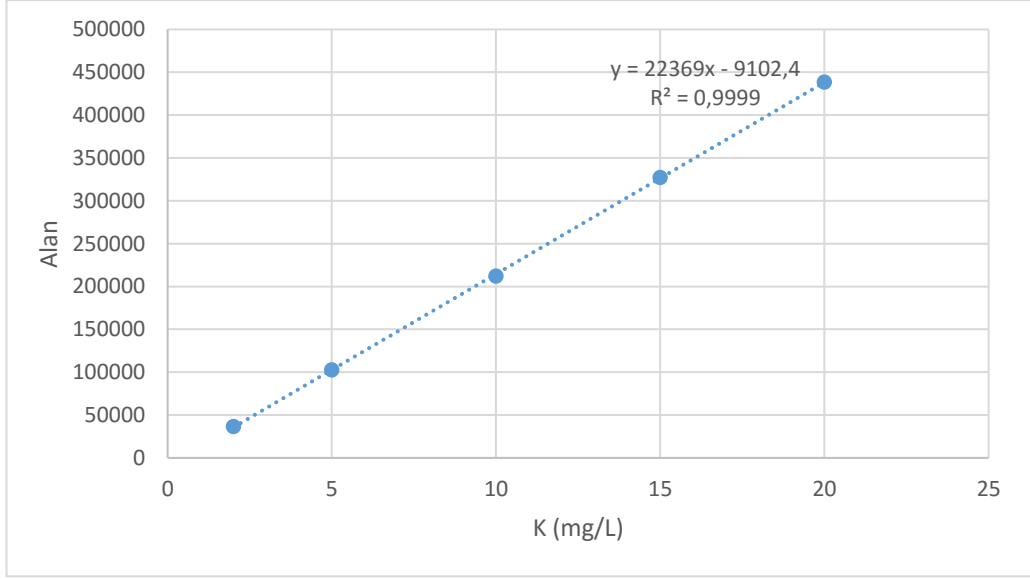
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



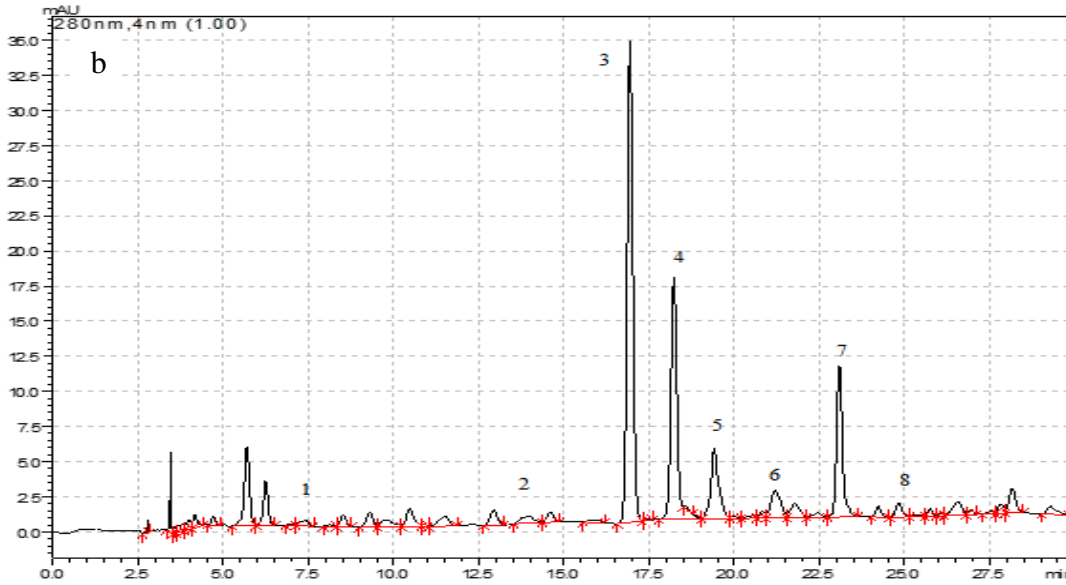
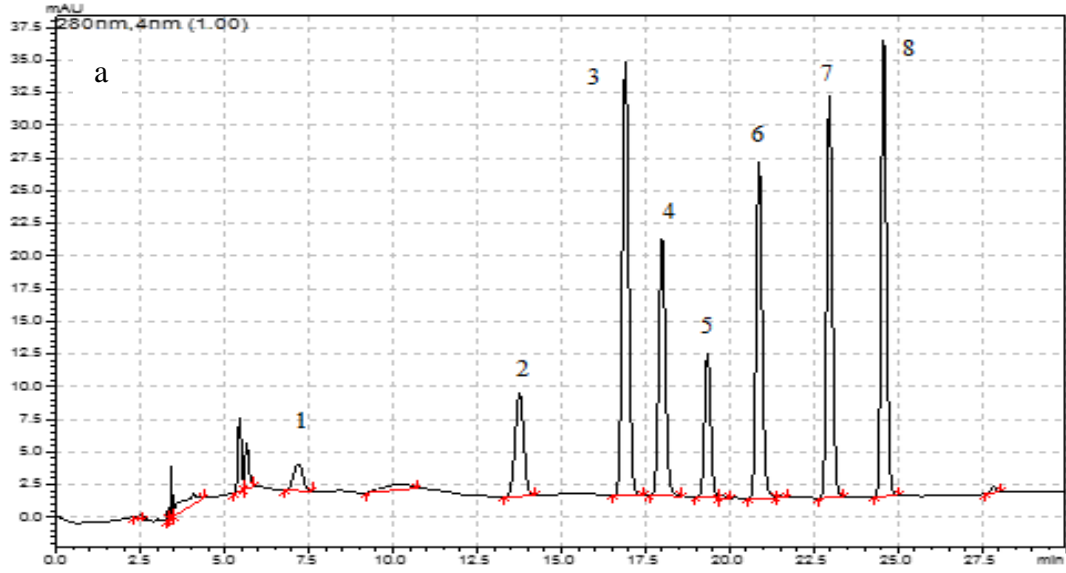
EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



EK-1 (devamı). Tez kapsamında yapılan analizlerde kullanılan standard eğrileri



EK-2. Çalışma kapsamında elde edilen kateşin kompozisyonu ve kafein miktarları analizine ait standart (a) ve örnek kromatogram (b) (280 nm, 1: GC, 2: C, 3: K, 4: EGCG, 5: EC 6: GCG 7:ECG, 8:CG)



ÖZGEÇMİŞ



Sinem SALMAN 1991 yılında Ordu'da doğdu. Lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılında, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve halen devam etmektedir.