

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TRÜF MANTARI (*TUBER AESTIVUM*) AROMA VE EKSTRESİNİN
MİKRO VE NANOENKAPSÜLASYONU**

Sümevra AL

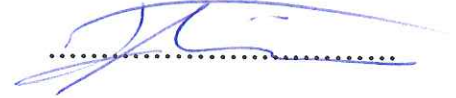
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2020**

Dr. Öğr. Üyesi Eyyüp Karaoğul danışmanlığında Sümeyra AL'ın hazırladığı “Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) aroma ve ekstresinin mikro ve nanoenkapsülasyonu” konulu bu çalışma 03/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eyyüp KARAOGÜL



Üye: Prof. Dr. Hasan Hüseyin DOĞAN



Üye: Dr. Öğr. Üyesi A. Sabri ÜNSAL



Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ

Enstitü Müdürü

**Bu alışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:19176**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, izelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Hammaddenin hazırlanması	17
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Besleme çözeltisinin hazırlanması	20
3.2.1.1. Trüf mantarı (<i>Tuber aestivum</i>) ekstraksiyon işlemi.....	20
3.2.1.2. Trüf mantarı (<i>Tuber aestivum</i>) ekstre ve aromasının enkapsülasyon işlemi.....	22
3.2.2. Fiziksel ve fizikokimyasal analizler	23
3.2.2.1. Su aktivitesi	23
3.2.2.2. Islanabilirlik.....	24
3.2.2.3. Kitle yoğunluğu (bulk density) ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (tapped density)	25
3.2.2.4. Hausner oranı ve carr indeks.....	26
3.2.2.5. Trüf mantarı (<i>Tuber aestivum</i>) ekstraktı enkapsülasyonu işlemi verimi	27
3.2.2.6. Brix analizi	27
3.2.2.7. Toplam fenolik madde miktarı analizi.....	27
3.2.2.8. Toplam fenolik madde miktarı analizinin uygulanışı	29
3.2.2.9. Toplam flavonoid miktarı analizi	29
3.2.2.10. Toplam flavanoid miktarı analizinin uygulanışı.....	30
3.2.2.11. DPPH ile antioksidan kapasite analizi	31
3.2.2.12. DPPH ile antioksidan kapasite analizinin uygulanışı	32
3.2.2.13. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi	32
3.2.2.14. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi uygulanışı.....	33
3.2.2.15. Toplam antosiyanin miktarı analizi	34
3.2.2.16. Toplam antosiyanin miktar analizi uygulanışı	34
3.2.2.17. Kondanse tanen miktarı analizi ve uygulanışı.....	35
3.2.2.18. Duyusal analiz.....	36
3.2.2.19. SEM analizi	38
3.2.2.20. XRD Analizi	38
3.2.2.21. Trüf mantarı aroma kimyasal kompozisyonu.....	39
3.2.2.22. Trüf mantarının elementel analizi	40
3.2.2.23. Trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR analizi	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	41
4.1. Trüf Mantarı Ekstre ve Aromasının Fizikokimyasal Analizleri	41
4.1.1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM değerleri.....	41
4.1.2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFM değerleri	42
4.1.3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının DPPH % inhibisyon değerleri	44
4.1.4. Trüf mantarı ekstre ve aromasının ABTS % inhibisyon değerleri	47
4.1.5. Trüf mantarı ekstre ve aromasının brix değerleri.....	48
4.1.6. Trüf mantarı aroma bileşenleri	50
4.2. Püskürtmeli ve Dondurarak Kurutma İçin Enkapsülasyon Koşulları	51
4.2.1. Püskürtmeli kurutmada (spray dryer) aroma ve ekstre enkapsülasyon koşulları	51
4.2.2. Dondurarak kurutmada (liyofilizasyon) ekstre ve aroma enkapsülasyon koşulları.	53

4.3. Trüf Mantarının Enkapsülasyon Reçeteleri.....	54
4.4. Trüf Mantarı Enkapsüllerinin Fizikokimyasal Analizleri	60
4.4.1. Trüf mantarı enkapsüllerinin TFMM değerleri.....	60
4.4.2. Trüf mantarı enkapsüllerinin TFM değerleri	62
4.4.3. Trüf mantarı enkapsüllerinin DPPH % inhibisyon değerleri	64
4.4.4. Trüf mantarı enkapsüllerinin ABTS % inhibisyon değerleri	68
4.4.5. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin fiziksel analiz değerleri	71
4.4.6. Trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyu analizleri	74
4.5. Püskürtmeli ve Dondurarak Kurutma ile Elde Edilen Trüf Mantarı Enkapsüllerinin Morfolojik Özellikleri.....	79
4.5.1. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı mikroenkapsüllerinin SEM analizleri.....	79
4.5.2. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin SEM analizleri..	83
4.5.3. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin XRD değerleri	86
4.6. Trüf Mantarı Elementel Analiz Değerleri.....	87
4.7. Trüf Mantarı Enkapsüle Tozlarının FT-IR Analizi.....	88
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR.....	98
ÖZGEÇMİŞ	106
EKLER	108
EK 1. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre tozlarının SEM görüntüleri	108
EK 2. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre tozlarının SEM görüntüleri	109
EK 3. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre tozlarının SEM görüntüleri	110
EK 4. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel aroma tozlarının SEM görüntüleri	111
EK 5. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma tozlarının SEM görüntüleri	112
EK 6. Dondurarak kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre tozlarının SEM görüntüleri	113
EK 7. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre tozlarının SEM görüntüleri	114
EK 8. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre tozlarının SEM görüntüleri	115
EK 9. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel aroma tozlarının SEM görüntüleri	116
EK 10. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma tozlarının SEM görüntüleri	117

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRÜF MANTARI (*TUBER AESTIVUM*) AROMA VE EKSTRESİNİN MİKRO VE NANOENKAPSÜLASYONU

Sümeýra AL

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eyyüp KARAOĞUL
Yıl: 2020, Sayfa:117

Bu çalışma kapsamında trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstre ve aromalarının mikro ve nano enkapsülasyonu planlanmıştır. Bu amaçla trüf mantarı, clavenger aparatı kullanılarak farklı ekstraksiyon teknikleri ile ekstrakte edilmiştir. Ekstre ve aromalar, püskürtmeli kurutma (spray dryer) ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) teknikleri ile toz haline getirilmiştir. Enkapsülasyonda duvar kaplama materyali olarak maltodekstrin ve gam arabik karışımları tercih edilmiştir. Ekstre ve aromaların kimyasal karakterizasyonu için toplam antioksidan, fenolik, flavanoid, antosiyanin, kondanse tanen, brix analizi ve aromaların kimyasal kompozisyonları (GC-MS ile) özellikleri incelenmiştir. Kapsüle formuna dönüştürülmüş tozların ise fizikokimyasal analizleri için; su aktivitesi, toplam verim, kitle ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu, Carr indeksi, Hausner oranı, ıslanabilirlik, toplam antioksidan, fenolik, flavanoid, antosiyanin, kondanse tanen ve duysal analizleri ile bunların morfolojik özellikleri (Taramalı elektron mikroskobu, SEM ve X ışını difraktometresi, XRD) incelenmiştir. Trüf mantarı ekstre ve aroması, kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinin tümünde yüksek antioksidan aktivite sergilemiştir. Toplam fenolik madde miktarı (TFMM) analizinde en yüksek sonuç 96.69 mg GAE/kg ile geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen ekstrede saptanmışken en düşük değer ise 5.30 mg GAE/kg ile geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen aromada belirlenmiştir. Toplam flavanoid miktarı (TFM) analizinde ise en iyi sonuç 175.41 µg QCE/g ile geleneksel ekstraksiyon yönteminde bulunmuşken, minimum değer ise 33.25 µg QCE/g ile mikrodalga ekstraksiyon yönteminde tespit edilmiştir. Trüf mantarı aroma içeriğinin kimyasal kompozisyonunda ana madde olarak %65.93 1-octen-3-ol ve %17.32 2,4-dithiapentane bileşenleri tanımlanmıştır. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemi sonucu elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin yüksek miktarda antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Mantar enkapsüllerinde TFMM ve TFM için maksimum değerler sırasıyla 160.17 mg GAE/kg ve 149.69 µg QCE/g ile püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen mantar tozlarında belirlenmiştir. Kapsülasyon teknikleri karşılaştırıldığında; dondurarak kurutma (liyofilizasyon) ile elde edilen enkapsüllerin daha iyi su aktivitesi (0.032) ve enkapsülasyon verimine (%83.48) sahip olduğu saptanmıştır. Fakat püskürtmeli kurutma (spray dryer) metoduyla elde edilen tozlarda ise Carr indeksi, Hausner oranı, ıslanabilirlik gibi özelliklerin daha kabul edilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir. Dondurarak kurutulan maserasyon ekstre tozlarının en iyi seviyede duysal özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Enkapsüle tozların SEM görüntüleri incelendiğinde; dondurarak kurutma (liyofilizasyon) ile nano boyutta enkapsülasyon yapıldığı anlaşılmıştır. Tozların XRD analizi yapılmış ve nano boyutlarında olduğu teyit edilmiştir. Trüf mantarı ekstre, aroma ve tozlarında; toplam antosiyanin ve kondanse tanen miktarları tespit edilememiştir. Bu çalışmalar sonucunda; maserasyon ve geleneksel ekstraksiyon yönteminin trüf mantarı özelliklerini daha iyi koruduğu belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutma (spray dryer) ile elde edilen mantar tozlarının ise daha kabul edilebilir özellikte olduğu tespit edilmiştir. Trüf mantarı enkapsülasyonu ile kullanıma hazır yeni bir ürün elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Trüf mantarı (*Tuber aestivum*), ekstraksiyon yöntemleri, püskürtmeli kurutma (spray dryer), dondurarak kurutma (liyofilizasyon), mantar tozları

ABSTRACT

MSc Thesis

NANOENCAPSULATION AND MICRO OF TRUFFLE (*TUBER AESTIVUM*) AROMA AND EXTRACT

Sümeyra AL

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. EYYÜP KARAOĞUL
Year:2020, Page:117

In this study, micro and nano encapsulation of truffle (*Tuber aestivum*) extracts and aromas were planned. For this purpose, truffle mushrooms were extracted with different extraction techniques using clavenger apparatus. The extracts and aromas are powdered by spray drying and freeze drying techniques. In the encapsulation, maltodextrin and gum arabic mixtures were used as wall covering material. Total antioxidant, phenolic, flavanoid, anthocyanin, condensed tannin properties, brix analysis and chemical compositions of flavors (by GC-MS) were investigated for chemical characterization of extracts and aromas. For the physicochemical analysis of the powder converted into capsule form; water activity, total yield, mass and compressed mass density, Carr index, Hausner ratio, wettability, total antioxidant, phenolic, flavanoid, anthocyanin, condensed tannin and sensory analyzes and their morphological properties (Scanning electron microscopy, SEM and X-ray diffractometer, XRD) were examined. Truffle extract and aroma was showed high antioxidant activity in all extraction methods used. In the total phenolic content (TFMM) analysis, the highest value was found in the extract obtained by conventional extraction method with 96.69 mg GAE/kg, while the lowest value was found in the aroma obtained by conventional extraction method with 5.30 mg GAE/kg. In the total flavanoid amount (TFM) analysis, while the best results were obtained with conventional extraction method with 175.41 µg QCE/g, the minimum value was determined with microwave extraction method with 33.25 µg QCE/g. 65.93% 1-octen-3-ol and 17.32% 2,4-dithiapentane compounds were defined as the main substances in the chemical composition of the truffle aroma content. Truffle extract and aroma capsules obtained by spray and freeze drying method were showed high antioxidant activity. The maximum values for TFMM and TFM in mushroom capsules were determined by spray drying with 160.17 mg GAE/kg and 149.69 QCE/g respectively. The freeze-dried (lyophilization) capsules were found to have better water activity (0.032) and encapsulation efficiency (83.48%). However, in the powder obtained by spray drying method, Carr index, Hausner ratio and wettability were found to be more acceptable. It was observed that freeze-dried maceration extract powders had the best sensory properties. When examined SEM images of encapsulated powders; it was understood that was made nano-size encapsulation by freeze-drying (lyophilization). The powders were analyzed by XRD and confirmed to be nanoscale. Total amounts of anthocyanin and condensed tannins in truffle extract, aroma and their powders were not detected. As a result of these studies; maceration and traditional extraction method have been found to better protect the properties of truffles. The mushroom powders obtained by spray drying were found to be more acceptable. A new product has been obtained with truffle encapsulation which is ready to use

KEY WORDS: Truffle (*Tuber aestivum*), extraction methods, spray drying, freeze drying (lyophilization), mushroom powder

TEŞEKKÜR

Lisans bitirme tezim ve yüksek lisansım süresince danışmanlığımı yapan, bilgi, deneyim ve zamanımı benden esirgemeyen, her zaman sabır ve güvenle bu yolda ilerlememi sağlayan, kendisi ile çalışmaktan mutluluk duyduğum hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Eyyüp KARAOĞUL'a, tez jüri üyelerim Sayın Dr Öğr. Üyesi A. Sabri ÜNSAL ve Prof. Dr. Hasan Hüseyin DOĞAN'a, duyuşal analiz konusunda yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. İbrahim HAYOĞLU'na,

Yüksek lisans çalışmalarımnda hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen Gıda Mühendisliği yüksek lisans öğrencileri Abdulhalık UĞURTAY ve Saliha ÖZER'e,

Öğr. Gör. Hamza ADIGÜZEL'e,

Bu yolda yürümem için daima arkamda olan, desteklerini esirgemeyen ağabeyim Sabri AL, annem Ayşegül AL ve babam Halil AL'a, en içten teşekkürlerimi sunarım.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 1. Trüf mantarı türleri.....	2
Şekil 1. 2. <i>Tuber aestivum</i> siyah yaz trüfü	4
Şekil 1. 3. <i>Tuber aestivum</i> askokarplarında mineral elementlerin yüzde dağılımı.....	6
Şekil 1. 4. Türkiye’de <i>Tuber aestivum</i> türünün dağılımı.....	6
Şekil 3. 1. Trüf mantarının öğütücü ile küçültülmesi.....	17
Şekil 3. 2. Trüf mantarının muhafaza edilmesi.....	17
Şekil 3. 3. Uygulanacak işlemler diyagramı.....	18
Şekil 3. 4. Uygulanacak analizler diyagramı.....	19
Şekil 3. 5. Trüf mantarının (<i>Tuber aestivum</i>) geleneksel yöntem ekstraksiyonu.....	20
Şekil 3. 6. Trüf mantarının (<i>Tuber aestivum</i>) mikrodalga ekstraksiyonu.....	21
Şekil 3. 7. Trüf mantarı (<i>Tuber aestivum</i>) maserasyon yöntemi.....	21
Şekil 3. 8. Trüf mantarının (<i>Tuber aestivum</i>) püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu.....	22
Şekil 3. 9. Trüf mantarının (<i>Tuber aestivum</i>) dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu.....	23
Şekil 3. 10. Su aktivitesi analizi.....	24
Şekil 3. 11. Islanabilirlik analizi.....	24
Şekil 3. 12. Kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu analizi.....	25
Şekil 3. 13. El refraktometresi.....	27
Şekil 3. 14. TFMM analizi için gallik asit ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi.....	28
Şekil 3. 15. Toplam fenolik madde miktarı analizi.....	29
Şekil 3. 16. TFM analizi için quercetin ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi.....	30
Şekil 3. 17. Toplam flavanoid madde miktarı analizi.....	31
Şekil 3. 18. DPPH ile antioksidan kapasite analizi.....	32
Şekil 3. 19. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi.....	33
Şekil 3. 20. Toplam antosiyanin miktarı analizi.....	35
Şekil 3. 21. Kondanse tanen miktarı analizi.....	35
Şekil 3. 22. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) cihazı.....	38
Şekil 3. 23. XRD cihazı.....	39
Şekil 3. 24. Trüf mantarı aroma kimyasal kompozisyonu için kullanılan GC-MS cihazı.....	39
Şekil 4. 1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM’nin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	41
Şekil 4. 2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM’nin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	43
Şekil 4. 3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının 25 µl/ml’deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	45
Şekil 4. 4. Trüf mantarı ekstre ve aromasının 100 µl/ml’deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	47
Şekil 4. 5. Trüf mantarı ekstre ve aroma brix değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	49
Şekil 4. 6. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	60
Şekil 4. 7. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	61
Şekil 4. 8. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerinin TFM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği.....	63
Şekil 4. 9. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerin 2.5 mg/ml’deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	66
Şekil 4. 10. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 2.5 mg/ml’deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	67
Şekil 4. 11. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 300 mg/L’deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	69
Şekil 4. 12. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 300 mg/L’deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği.....	70
Şekil 4. 13. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının koku özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi.....	75

Şekil 4. 14. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının tat-aroma özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	76
Şekil 4. 15. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının tat yoğunluğu özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	76
Şekil 4. 16. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının gecikmiş tat özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	77
Şekil 4. 17. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının genel beğeni özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	78
Şekil 4. 18. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	79
Şekil 4. 19. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	79
Şekil 4. 20. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	80
Şekil 4. 21. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri	80
Şekil 4. 22. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma kapsüllerinin SEM görüntüleri	81
Şekil 4. 23. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf ekstre ve aroma mikroenkapsüllerinin çap boyutları grafiği	82
Şekil 4. 24. Dondurarak kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	83
Şekil 4. 25. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	83
Şekil 4. 26. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri	84
Şekil 4. 27. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri	84
Şekil 4. 28. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri	85
Şekil 4. 29. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre nanoenkapsüllerinin X-ray diyagramı	86
Şekil 4. 30. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı aroma nanoenkapsüllerinin X-ray diyagramı	86
Şekil 4. 31. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR diyagramı	89
Şekil 4. 32. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR diyagramı	90
Şekil 4. 33. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH _x deformasyon indeks grafiği	91
Şekil 4. 34. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeks grafiği	92
Şekil 4. 35. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH _x deformasyon indeks grafiği	93
Şekil 4. 36. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeks grafiği	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1. 1. <i>Tuber aestivum</i> 'un farklı makro bileşenleri (ham protein, yağ, lif, kül, kitin, karbonhidrat içeriği ve Kj / 100 g cinsinden enerji seviyesi)	4
Çizelge 1. 2. <i>Tuber aestivum</i> 'un farklı protein fraksiyonları (mg/g).....	5
Çizelge 1. 3. <i>Tuber aestivum</i> 'un toplam fenolik ve flavonoid içerikleri, çözünebilir oligo ve polisakkaritler (mg/g).....	5
Çizelge 3. 1. Carr indeksi, Hausner oranı ve akışkanlık ilişkisi.....	26
Çizelge 3. 2. Duyusal analiz değerlendirme formu.....	37
Çizelge 4. 1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM'nin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	41
Çizelge 4. 2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFM'nin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	42
Çizelge 4. 3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi.....	44
Çizelge 4. 4. 50 µl/ml için trüf mantarı ekstre ve aromasının mg TEAC/g cinsinden DPPH analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4. 5. Trüf mantarı ekstre ve aromasının ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi.....	47
Çizelge 4. 6. Trüf mantarı ekstre ve aroma brix değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	48
Çizelge 4. 7. Trüf mantarı aromasının bileşenleri.....	50
Çizelge 4. 8. Trüf mantarı aromasının püskürtmeli kurutma için enkapsülasyon reçetesi.....	51
Çizelge 4. 9. Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma için enkapsülasyon reçetesi	52
Çizelge 4. 10. Trüf mantarı aromasının dondurarak kurutma için enkapsülasyon reçetesi.....	53
Çizelge 4. 11. Trüf mantarı ekstresinin dondurarak kurutma için enkapsülasyon reçetesi.....	54
Çizelge 4. 12. Trüf mantarı aromasının püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete	55
Çizelge 4. 13. Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete	56
Çizelge 4. 14. Trüf mantarı aromasının dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete	57
Çizelge 4. 15. Trüf mantarı ekstresinin dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete	58
Çizelge 4. 16. Trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsülasyonu için uygulanacak optimum değerler.....	59
Çizelge 4. 17. Trüf mantarı aroma ve ekstresinin püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	60
Çizelge 4. 18. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin TFM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi	62
Çizelge 4. 19. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin DPPH % inhibisyon değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi.....	64
Çizelge 4. 20. 5 mg/ml için trüf mantarı ekstre ve aromasının mg TEAC/g cinsinden DPPH analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4. 21. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin ABTS % inhibisyon değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi.....	68
Çizelge 4. 22. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin fiziksel analiz değerleri.....	72
Çizelge 4. 23. Enkapsüle formundaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyusal analiz sonuçları	75
Çizelge 4. 24. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf ekstre ve aroma mikroenkapsüllerinin çap boyutları.....	82
Çizelge 4. 25. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı nanoenkapsüle boyutları.....	87
Çizelge 4. 26. Trüf mantarı protein değeri (%).....	87
Çizelge 4. 27. FT-IR spektrumunun dalga sayıları ve fonksiyonel grupları.....	89

Çizelge 4. 28. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH _x deformasyon indeksi.....	91
Çizelge 4. 29. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi	92
Çizelge 4. 30. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH _x deformasyon indeksi.....	93
Çizelge 4. 31. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi	94



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AA	Antioksidan aktivite
Dk	Dakika
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
FWHM	Yarı maksimumun tam genişliği
g	Gram
GA	Gam arabik
GC-MS	Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
Gel.	Geleneksel
L	Litre
Mas.	Maserasyon
MD	Maltodekstrin
Mik.	Mikrodalga
mL	Mililitre
nm	Nanometre
µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
SEM	Taramalı elektron mikroskopu
TFM	Toplam flavanoid miktarı
TFMM	Toplam fenolik madde miktarı
XRD	X-ışını difraksiyon spektrometresi
°C	Derece

1. GİRİŞ

Yenilebilir mantarlar; eşsiz lezzetleri, tatları, beslenme özellikleri ve biyolojik aktiviteleri nedeniyle birçok kültürde değerli yiyecekler olarak kabul edilir ve tüketilirler (Cho ve ark., 2006; Ferreira ve ark., 2010; Heleno ve ark., 2015; Naknaen ve ark., 2015). Uzun süredir birçok kültürde gıda olarak kullanılmaktadırlar. Mantarlar yüksek protein, lif, mineral, vitaminler ve düşük yağ içeriği ile insan beslenmesine faydalı olan önemli besinlerdir (Breene, 1990; Agrahar-Murugkar ve Subbulakshmi, 2005). Avrupa ülkelerinde mantarların yıllık kişi başına düşen tüketim miktarının 10 kg'dan fazla olduğu tespit edilmiştir (Kalac ve Svoboda, 2000). Türkiye'de kültür mantarı tüketiminin yıllık kişi başına düşen tüketim miktarı 579.2 gram, doğa mantarlarının tüketim miktarının ise daha fazla miktarda olduğu tespit edilmiştir (Eren ve Pekşen, 2016).

Mantarlar esansiyel amino asitlere sahip olan iyi bir protein kaynağıdır. Besleyici ve tedavi edici özellikleri ile öne çıkarlar ve kendilerine özgü sahip oldukları aroma ile katıldıkları birçok gıdaya özel lezzet kazandırırılar (Pekşen ve Karaca, 2000). Yenilebilir mantarlar gıda olmalarıyla birlikte ülke ekonomisine olumlu katkı sağlar ve köylüler için bir geçim kaynağıdır (Pekşen ve Akdeniz, 2012).

Yenilebilir mantarlar arasında olumlu organoleptik özelliği sebebiyle, gastronominin ilgi duyduğu ve büyük ticari öneme sahip olan trüf mantarları öne çıkmaktadır (Harkı ve ark., 2006). Trüf mantarlarının en önemli ayırt edici özelliği ve kalite kriteri, morfolojik yapı açısından aromalarıdır. Trüf mantarları kokusunun farklı hayvanları (domuzlar, köpekler) çekmesi yaşam alanlarındaki varlığını ortaya çıkaran karakteristik özelliğidir (Mashayekhi, 2005).

Trüf mantarlarının dikkat çeken besin değeri, tat ve aroması sebebiyle; özellikle İtalya ve Fransa restoranlarında şeflerin aradığı özelliği karşılamakta ve yüksek fiyatlarla servis edilmektedir (Hall ve ark., 2007). Bu mantar türleri %53-76 su, %9 protein, %8 mineral ve %7 karbonhidrat içermesi yönüyle diğer mantarlara göre daha

zengin besin değerlerine sahip olmaktadır. Trüf türlerini diğer cins mantarlardan ayıran özellik, sahip olduğu 'dimetilsülfid' kaynaklı aromatik bileşiklerdir (Türkoğlu, 2015). Trüf mantarları taze veya işlenmiş olarak sunulduğu gibi sos, baharat, trüf yağı ve trüf tereyağı olarak da kullanılabilir (Geloğlu ve ark., 2014).

Tüm yenilebilir mantarlar arasında, gerçek hipojen trüf mantarları birtakım ayırt edici özelliklere sahiptir (Hall ve ark., 2007) (Şekil 1.1.). Trüf mantarları, toprağın altında askokarplarını yumru veya patates gibi üreten mantar grubudur. Mikolojik açıdan, yeraltında büyüyen veya gelişen mantarlar "hipogöz mantarlar" olarak adlandırılır ve bu terim trüf mantarlarını tanımlamak için kullanılır (Trappe ve ark., 2009).



Şekil 1. 1.Trüf mantarı türleri

Çoğu trüf mantarı, simbiyotik kök birlikteliğine sahip ektomikorizaldır (Hall ve ark., 2007). Meşe, fındık, çam, kestane, gürgen ve ıhlamur gibi ağaçların kökleri ile simbiyotik kök oluştururlar (Frank, 2005). Bu simbiyotik kök birlikteliği ile bitki ve trüf mantarı arasında karşılıklı yarar sağlanmaktadır. Bitki fotosentez sonucu üretilen organik maddeyi trüf mantarına iletir. Trüf mantarı, sporlarının çimlenmeyle meydana getirdiği hifler, miselleri oluşturur. Bu miseller bitkinin kökünü dışarıdan örtü gibi kaplar ve bitkinin temas yüzeyini arttırarak topraktan aldığı su ve mineral miktarını

arttırır. Bu simbiyotik ilişki ile, bitki daha çabuk büyür ve mantar miktarı artış gösterir (Dinca ve Dinca, 2015).

Trüf yetiştiriciliğinde ılıman iklime sahip bölgelerde *Tuber melanosporum*, kış aylarının yoğun olarak yaşandığı bölgelerde *Tuber aestivum*, toprak pH miktarı düşük olan her çeşit iklim şartlarında *Tuber borchii* yetiştirmek mümkündür (Türkoğlu, 2015). Trüf mantarları nadir bulunmaları sebebiyle dünyanın en pahalı yiyeceklerinden biridir. Siyah trüflerden *Tuber melanosporum* mart ayı başı ve kasım ayı sonu arasında, *Tuber aestivum* ise eylül, aralık ve ocak ayı sonlarında hasat edilmektedir. Beyaz trüflerden *Tuber magnatum* ekim ayı ortasından aralık veya Ocak ayı sonuna kadar, *Tuber borchii* ise ilkbahar ve kış aylarında hasat edilmektedir (Hall ve ark., 2007; Wang ve Marcone, 2011)

Trüf yetiştiriciliğinde ilk adımlar 1700'lü yıllarda Fransa ve İtalya'da atılmıştır. Çalışmalar sonucunda kurulan trüf bahçelerinden 1987 yılında ilk ürün alınmıştır (Bencivenga ve ark., 2009). Yenilebilir trüf mantarlarından siyah ve beyaz trüf mantarları; Fransız, İspanyol, kuzey İtalyan ve Yunan mutfağında en yüksek değere sahiptir (Hall ve ark., 2007). Avrupa'da, Roma döneminden bu yana bazı trüf mantarları hasat edilmiştir. Bugün Avrupa'da, en değerli iki trüf türü İtalyan beyaz trüf *Tuber magnatum* ve Fransız siyah trüf *Tuber melanosporum*'dur. Siyah yaz trüf *Tuber aestivum* ve beyaz trüf *Tuber borchii* gibi diğer türler de Avrupa'da hasat edilmektedir (Hall ve ark., 2007; Wang ve Marcone, 2011).

Türkiye'de; *Tuber aestivum* Wulfen., *Tuber borchii* Vittad., *Tuber brumale* Vittad., *Tuber excavatum* Vittad., *Tuber mesentericum* Vittad., *Tuber nitidum* Vittad ve *Tuber rufum* Pollini daha önce tanımlanmıştır (Solak ve ark., 2007; Kaya, 2009; Castellano ve Türkoğlu, 2012; Türkoğlu ve Castellano, 2014; Türkoğlu ve ark., 2015).

Yaz trüf mantarı *Tuber aestivum*, Orta Avrupa'nın en sık rastlanan trüf türüdür. Avrupa'nın farklı bölgelerinde (İngiltere, Rusya, İsveç, İspanya) ve Kuzey Afrika'da (Fas) yetiştiğine dair bilgiler bulunmaktadır. Dağlarda 1 300-1 600 metreye kadar yetişmektedir. *Tuber aestivum*, pH 6.1-7.4 ve %3.1-9.1 organik maddelerin içeriği gibi

parametrelere sahip olan tınlı topraklara gereksinim duymaktadır. Mikorizal ortaklıklar çoğunlukla Quercus (meşe) türleri (*Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. petraea*, *Q. cerris*), kayın (*Fagus sylvatica*), huş (*Betula pendula*), kireç türleri (*T. cordata*, *T. plathyphyllos*), kavak (*Populus*) türleri, söğüt (*Salix*) türleri, farklı çamlar (*Pinus nigra*, *P. sylvestris* vb.), gürgen (*Carpinus betulus*), kestane (*Castanea sativa*), fındık (*Corylus avellana*) gibi ağaçlarla gerçekleşmektedir (Wang ve Marcone, 2011).

Tuber aestivum'un yer altındaki askokarları 2-10 cm çapındadır. Rengi kahverengiden siyaha değişen, dış yüzeyi (peridium) bazı piramidal siğiller ve enine ince işaretlerle süslüdür. İç kısım (gleba) koyu kahverengi renkte ve beyaz damarlı bir yapıya sahiptir (Wang ve Marcone, 2011) (Şekil 1.2.). Yaz trüf mantarının en karakteristik spesifik kokulu molekülleri DMS (dimetilsülfid), DMDS (dimetildisülfür), metanol, 3-metil-1-butanol, 1-heksen-3-1 ve 3-etilfenoldür (Cullere ve ark., 2012).



Şekil 1. 2. *Tuber aestivum* siyah yaz trüf (Hasan Hüseyin DOĞAN, orijinal fotoğraf)

Çizelge 1. 1. *Tuber aestivum*'un farklı makro bileşenleri (ham protein, yağ, lif, kül, kitin, karbonhidrat içeriği ve Kj / 100 g cinsinden enerji seviyesi)

Ham protein (%)	Ham yağ (%)	Ham lif (%)	Ham kül (%)	Kitin (%)	Karbonhidrat (%)	Organik bileşikler (%)	Enerji (kj/100 g)
17.2-20.2	0.93-2.91	20-24.3	7-8.8	6.6-15.1	46.4-54.7	91-92.9	1 189-1 240

Tuber aestivum'un protein, karbonhidrat açısından zengin bir içeriğe sahip olduğu belirtilmektedir (Saltarelli ve ark., 2008). Bu mantarın %17.2-20.2 ham protein, %0.93-2.91 ham yağ, %20-24.3 ham lif, %7-8.8 ham kül, %6.6-15.1 kitin, %46.4-54.7 karbonhidrat, %91-92.9 organik bileşikler ve 1 189-1 240 kJ/100 g enerjiye sahip olduğu belirtilmektedir (Kruzselyi ve Vetter, 2014, Çizelge 1.1.)

Çizelge 1. 2. *Tuber aestivum*'un farklı protein fraksiyonları (mg/g)

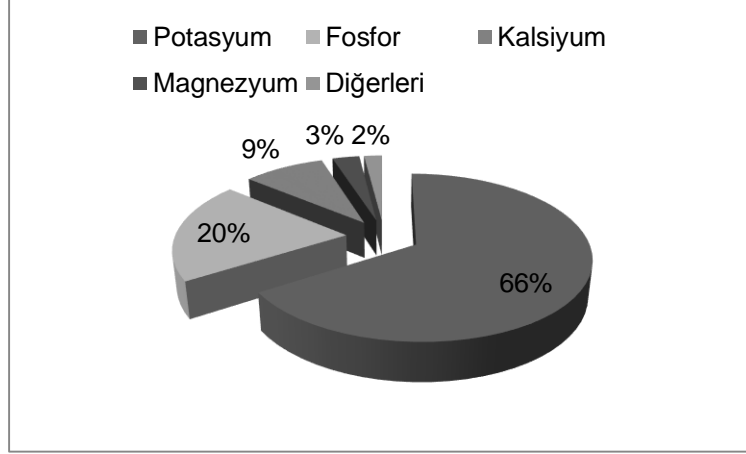
Protein fraksiyonları (mg/g)					
Albuminler	Globulinler	Prolaminler	Prolamin benzeri maddeler	Glutelinler	Glutelin benzeri maddeler
47.7-62.8	5.3-12.4	2.1-4.6	1.7-4	14.2-35	0.4-3.5

Tuber aestivum'un 47.7-62.8 mg/g albumin, 5.3-12.4 mg/g globulin, 2.1-4.6 mg/g prolamin, 1.7-4 mg/g prolamin benzeri maddeler, 14.2-35 mg/g glutelin ve 0.4-3.5 mg/g glutelin benzeri maddeler gibi protein fraksiyonlarına sahip olduğu belirtilmektedir (Kruzselyi ve Vetter, 2014, Çizelge 1.2.).

Çizelge 1. 3. *Tuber aestivum*'un toplam fenolik ve flavonoid içerikleri, çözünebilir oligo ve polisakkaritler (mg/g)

Çözünebilir oligosakkaritler (mg/g)	Çözünebilir polisakkaritler (mg/g)	Fenolik içerik (mg/g)	Flavonoid içerik (mg/g)
8.1-9.5	29.8-107.1	2.2-3.7	0.071-0.109

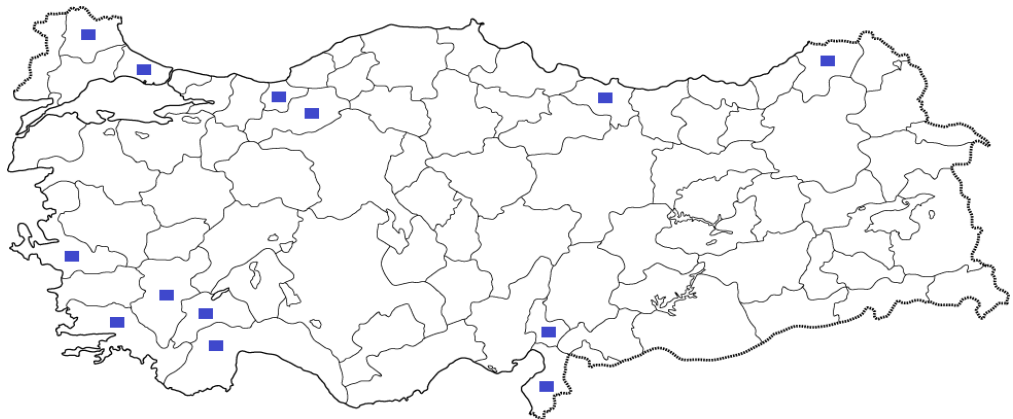
Tuber aestivum'un 8.1-9.5 mg/g çözünebilir oligosakkaritler, 29.8-107.1 mg/g çözünebilir polisakkaritler, 2.2-3.7 mg/g fenolik içerik ve 0.071-0.109 mg/g flavonoid içerik miktarına sahip olduğu belirtilmektedir (Kruzselyi ve Vetter, 2014, Çizelge 1.3.).



Şekil 1. 3. *Tuber aestivum* askokarplarında mineral elementlerin yüzde dağılımı

Tuber aestivum'un %66 potasyum, %20 fosfor, %9 kalsiyum, %3 magnezyum oranında mineral elementlere sahip olduğu bildirilmektedir (Kruzselyi ve Vetter, 2014, Şekil 1.3.).

Türkiye, Avrupa ve Asya bitki örtüsünün bir köprüsü olarak zengin trüf biyolojik çeşitliliğine sahip olduğu Akdeniz kuşağında yer almaktadır. Trüf mantarı gibi ektomikorizal mantarların biyolojik olarak yüksek çeşitliliğini göstermektedir (Montecchi ve Sarasini, 2000; Arredondo-Ruiz ve ark., 2014). *Tuber aestivum* bu mantarlardan biridir. Antalya, Artvin, Bolu, Burdur, Denizli, Düzce, Hatay, İstanbul, İzmir, Muğla, Kırklareli, Ordu, Osmaniye'de bulunur (Sen ve ark., 2016, Şekil 1.4.).



Şekil 1. 4. Türkiye'de *Tuber aestivum* türünün dağılımı

Mikroenkapsülasyon, katı, sıvı veya gaz maddelerin gıda sınıfı bir kapsülleme ajanı ile kaplanmasını sağlayan bir tekniktir. Mikroenkapsülasyon, çekirdek bileşen ile ürünün diğer bileşenleri arasında fiziksel bir bariyer sağlamaktadır (Shahidi ve Han, 1993). Mikrokapsül, etrafında homojen bir duvarın bulunduğu küçük bir küredir. Kapsül içindeki materyala çekirdek, iç faz yada dolgu denmektedir. Duvar ise kabuk, kaplama, duvar malzemesi veya membran olarak isimlendirilmektedir (Desai ve Park, 2005).

Mikroenkapsülasyonun; ürünün sıcaklık, nem, UV radyasyonu ve diğer maddelerle etkileşiminden muhafaza edilmesi, çevrenin tehlikeli veya toksik ürününden korunması, çekirdek malzemenin buharlaşma veya transfer hızının düşürülmesi, aktif bileşenin tat ve kokusunu maskeleyme gibi kullanım amaçları vardır (Porte ve Courraze, 1994). Gıda bileşenleri için mikroenkapsülasyonun; hassas gıda bileşenlerini depolama sırasında diğer gıda bileşenlerinden korumak, besleyici değerinin kaybını önlemek, gıdalara tat ve aroma eklemek gibi kullanım avantajları vardır (Shahidi ve Han, 1993).

Mikroenkapsülasyon teknikleri, istenen kriterlere ve kaplanan malzemeye göre değişiklik göstermektedir (Costamagna ve ark., 2017). Mikroenkapsülasyon teknikleri; püskürtmeli kurutma, liyofilizasyon, süper kritik akışkan çöktürme ve çözücü buharlaşması gibi fiziksel yöntemler; koaservasyon, lipozomlar ve iyonik jelyasyon gibi fiziko-kimyasal yöntemler; arayüzey polimerizasyonu ve moleküler katılım kompleksi gibi kimyasal yöntemler olarak üç gruba ayrılmaktadır (Tyagi ve ark., 2011).

Mikroenkapsülasyon yöntemleri arasında, püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) en sık kullanılan yöntemlerdir (Cheng ve ark., 2017; Yamashita ve ark., 2017; Fredes ve ark., 2018). Püskürtmeli kurutma, kısa bir işlem süresi içinde uygulanan sürekli kurutma işlemidir (Huang ve ark., 2018). Çeşitli uygulamalar için gıda ve eczacılık sektöründe geniş bir şekilde kullanılır (Sosnik ve Seremeta, 2015; Liu ve ark., 2015; Schuck ve ark., 2016). Diğer enkapsülasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında en yüksek kapsülasyon verimliliğine sahiptir (Chen

ve ark., 2013; Cheng ve ark., 2017; Lee ve ark., 2018). Püskürtmeli kurutma yönteminde, sıcak hava ile kurutma esas alınmaktadır (Lavanya ve ark., 2019). Püskürtmeli kurutma, daha az su aktivitesine sahip serbest akışlı tozlar üretme avantajına sahiptir. Kuruma süreleri kısadır ve partikül boyutları daha iyi kontrol edilmektedir (Dolly ve ark., 2011).

Dondurarak kurutma yöntemi ise hassas bileşiklerin kapsüllenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Cheng ve ark., 2017; Yamashita ve ark., 2017; Fredes ve ark., 2018). Dondurarak kurutma, bozulabilir bileşenlerin korunması, raf ömrünün uzatılması veya ürünün taşınması için daha uygun hale getirilmesi amacıyla kullanılan bir su veya çözücü temizleme işlemidir (Hansen ve ark., 2015). Dondurarak kurutulması istenen ürünlerdeki su yada çözücü, vakum altında süblimasyon ile üründen ayrılmaktadır. Ayrılan çözücü kurutma odasından kondensör aracılığıyla uzaklaştırılmakta ve toz elde edilmektedir (Pikal ve ark., 1990; Liapis ve Bruttini, 1994; Sadıkoğlu ve Liapis, 1997; Sadıkoğlu ve ark., 1997).

Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan kaplama materyallerinin enkapsülasyon sırasında kolay işlenebilir olması, reolojik özelliklerinin iyi olması, aktif materyali emülsiyeye ve stabilize edebilme yeteneğine sahip olması, işleme ve depolama sırasında aktif madde ile reaksiyona girmemesi, aktif maddeyi tutabilir kabiliyette olması ve ekonomik olması istenmektedir. Tüm bu özelliklerin tek bir kaplama materyalinde bulunması zor olduğundan, kaplama materyallerinin kısmi modifikasyonlara tabi tutulması ile daha iyi fiziksel ve kimyasal özellik gösterecekleri belirtilmiştir (Desai ve Park, 2005). Mikroenkapsülasyon teknolojisinde çoğunlukla nişasta, maltodekstrin, pullulan, sakkaroz, maltoz gibi karbonhidratlar; jelatin, peynir altı suyu proteinleri, kazein ve kazeinatlar gibi proteinler, gam arabik gibi gamlar kaplama materyali olarak kullanılmaktadır (Koç ve ark., 2010).

Doğadan toplanan trüf mantarı sayısı bilinçsiz tarım ve toplama şekilleri gibi nedenlerle azalmakta ve bunun sonucunda pazar taleplerini karşılayamamaktadır. Bu sebeple piyasada yüksek fiyatlarla satılmaktadır. Ayrıca siyah trüf mantarı *Tuber*

aestivum; dünya mutfağında arzu edilen tat, aroma, lezzet ve besin değerine sahiptir. Bütün bu nedenlerden dolayı bu çalışmada;

- Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraksiyonu,
- Elde edilen ekstraksiyonlardan püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemleri ile hazır, suda çözünür enkapsüle mantar tozları üretilmesi,
- Enkapsüle *Tuber aestivum* trüf mantarının, toplam fenolik, flavanoid, kondanse tanen, antosiyanin madde miktarları, antioksidan aktivite değerleri gibi analizlerinin yapılması ve kalite parametlerinin incelenmesi,
- Elde edilen mantar tozları ile kullanıma hazır yeni bir ürün oluşturulması,
- Katma değeri yüksek bir ürün olması sebebiyle ekonomiye olumlu yönde katkıda bulunması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Cullere ve ark. (2010), *Tuber melanosporum* ve *Tuber aestivum* 'un aktif aroma bileşiklerinin gaz kromatografisi-olfaktometri aracılığıyla karakterizasyonu üzerine yaptıkları çalışmada iki farklı trüf mantarının aromatik bileşimini belirlemişlerdir. *Tuber melanosporum* trüf aromasının en önemli aroma bileşikleri 2,3-bütandion, dimetil disülfür, etil bütirat, dimetil sülfid, 3- metil-1-bütanol ve 3-etil-5-metilfenol olduğu belirlenmiştir. *Tuber aestivum* trüf türünün en önemli aroma moleküllerinin ise dimetil disülfür, dimetil sülfid, metil, 3-metil-1-bütanol, 1-heksen-3-1 ve 3-etilfenol olduğu belirlenmiştir.

Rivera ve ark. (2010), mikro delikli filmlerle modifiye edilmiş atmosfer paketleme ile taze *Tuber aestivum* ve *Tuber melanosporum* trüf mantarlarının raf ömrünün uzaması üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında raf ömrünü uzatan ve taze bir ürün olarak bulunabilirliğini artıran *Tuber melanosporum* ve *Tuber aestivum* trüf mantarlarına uygun modifiye edilmiş bir atmosfer ambalajı tasarlamayı amaçlamışlardır. Ambalaj malzemesi farklı sıcaklıklarda (4, 10 ve 23 °C) kapalı sistemlerde O₂ tükenmesi ve CO₂ oluşumu ile belirlenmiştir. Bu koşullarda paketlenmiş taze trüf mantarlarının kalitesi, mikrobiyolojik özellikleri, tipik sert yapının korunmasının ve misel büyümesinin gelişmesinin geciktirilmesinin mümkün olduğunu ortaya çıkarmışlardır. *T. melanosporum* ve *T. aestivum* trüf mantarlarının raf ömrünü sırasıyla 28 ve 21 gün uzamıştır.

Beara ve ark. (2014), siyah (*Tuber aestivum*) ve beyaz (*Tuber magnatum*) trüf mantarlarının, antiinflamatuvar ve sitotoksik aktiviteleri, antioksidan, fenolik içeriği üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada fenolik profil, antioksidan, antiinflamatuvar ve sitotoksik aktivite hakkında hala yeterince araştırılmamış siyah (*Tuber aestivum*) ve beyaz (*Tuber magnatum*) trüf mantarı üzerine kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Maserasyon ve Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen metanol ve su ekstraktları incelenmiştir. LC-MS / MS kullanılarak kırk beş fenolik çalışılmıştır. 14 bileşiğin varlığı doğrulanmıştır. *Tuber aestivum* türünde en baskın olan bileşiğin; p-

hidroksibenzoik asit, baicalein ve kemferol olduğunu tespit etmişlerdir. Her iki türünde olumlu AA gösterdiği analizlerle belirlenmiştir. Metanol ekstratlarının bazı tümör hücre dizilerine sitotoksikite sağladığı gözlemlenmiştir.

Özderin ve ark. (2018), *Tuber aestivum* trüf mantarının yetiştiriciliği üzerine bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada *Tuber aestivum* gelişimi için en uygun meşe türlerinin belirlenip trüf bahçesi kurulumunda yön göstermesi amaçlanmıştır. *Quercus robur* L., *Q. ilex* L., *Q. coccifera* L türleri fideler *T. aestivum* ile aşılanıp, filizlenmeye bırakılmıştır. *T. aestivum*'un aşılandığı fidelerin 15 aylık büyüme sonunda köklerde mikoriza sayımı yapılmıştır. Sayım sonucu mikoriza olan köklerin *Q. robur* 0.93, *Q. coccifera* 0.91 ve *Q. ilex* 0.90 olduğu ve kirlenmiş kök oranının *Q. robur* 0.28, *Q. ilex* 0.28 ve *Q. coccifera* 0.30 olduğu bulunmuştur. Sonuçlara göre *Q. robur*, mikorizal gelişim oranının en yüksek olduğu meşe türü olduğu tespit edilmiştir.

Saltarelli ve ark. (2008), farklı depolama işlemlerinin *Tuber magnatum* ve *Tuber borchii* (beyaz trüf mantarları), *Tuber melanosporum* ve *Tuber aestivum* (siyah trüf mantarları) gibi en yaygın yenilebilir trüf mantar türleri üzerindeki etkileri üzerine çalışma yapmışlardır. Trüf mantarı depolaması sırasındaki olası değişiklikleri değerlendirmek için biyokimyasal ve mikrobiyolojik profilleri izlenmiştir. Hasat edildikten sonra bazı numuneler 30 gün boyunca 4 °C'de bekletilmiş, diğer numuneler ise bir ay boyunca -20 °C'de dondurulmuştur. Mantarların şeker ve protein içeriği, mantarların merkez metabolizmasında bulunan bazı enzimlerin aktivitesi ve toplam mezofilik bakterileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 4 °C depolama sıcaklığının mantarların biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini daha iyi koruduğu tespit edilmiştir. Siyah trüf mantarlarının biyokimyasal bozulmalara beyazlardan daha dirençli olduğu ve *T. magnatum* türünün mikrobiyal bozulmaya karşı diğer türlere göre daha dirençli olduğu tespit edilmiştir.

Kiss ve ark. (2011), Macaristan'dan toplanan iki *Tuber* türü trüf mantarlarının koku bileşenlerini, Likens-Nickerson eşzamanlı damıtma ekstraksiyonunun ardından gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi ile incelemişlerdir. *Tuber aestivum*'da alifatik alkollerin en baskın aroma bileşeni olduğu, *Tuber brumale*'de ise metoksi metil

benzenlerin en baskın aroma bileşenleri olduğunu kanıtlamışlardır. Mantarların çoğunda bulunan karakteristik C₈ bileşiklerinden sadece 3-oktanon, 1-okten-3-1 ve 3-oktanol her iki türde de tanımlanmıştır. Ancak *T. aestivum*'da daha büyük oranda bulunduğu tespit edilmiştir.

Fратиanni ve ark. (2006), taze ve ışınlanmış *Tuber aestivum* siyah trüf mantarında mutajenik ve antimutajenik aktivitelerin varlığını araştırmak ve gama ışınları ile tedavinin olası etkilerini araştırmak için bir ön çalışma yapmışlardır. Çalışma, trüf mantarlarından elde edilen sulu ve etanollü ekstratlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. İki *Salmonella typhimurium* Soy suşu, TA 98 ve TA 100 kullanılmıştır. Ön sonuçlar, trüf mantarlarının doğrudan ve dolaylı etkili mutajenik bileşiklere karşı inhibe edici etkiye sahip bileşikler içerebileceğini göstermiştir.

Diaz ve ark. (2002), *Tuber aestivum* aromasından uçucu bileşiklerin ekstraksiyonunu, headspace katı faz mikroekstraksiyonunu kullanarak optimize etmişlerdir. Ekstrakte edilen bileşikler, bir gaz kromatografisi- alev iyonizasyon dedektörü (GC-FID) ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ile analiz edilmiştir. Trüf aromasını tamamen karakterize etmek için objektif bir yöntem geliştirmeye çalışmışlardır. Bunun için çok kutuplu ve polar olmayan uçucu bileşiklerin saptanabilmesi için orta polariteli bir elyaf kullanılmışlardır. Ekstraksiyon koşullarını optimize etmek için, ekstraksiyon sıcaklığı, denge süresi ve ekstraksiyon süresi gibi üç faktör dikkate alınarak bir tepki yüzeyi tasarımı uygulanmıştır. GC-MS kullanarak, çoğu daha önce trüf aromasında tanımlanmış 37 bileşik tanımlanmıştır.

Kruzselyi ve Vetter (2014), çalışmalarında *Tuber aestivum*'un farklı organik ve inorganik bileşenleri üzerine yoğunlaşmıştır. *Tuber aestivum*'un orta ham protein, az yağlı, nispeten yüksek lif ve kitin içeriğine sahip olduğu ve enerji seviyesinin düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Protein fraksiyonlarının dağılımı (ham proteinin % 'si) sırasıyla; albüminler, globülinler, prolaminler, glutelinler ve NPN (protein azotu) 40.98; 5.91; 3.85; 19.28 ve 9.98 olduğunu ve çözünebilir oligo ve polisakkaritlerin (sırasıyla 9.00 mg/g ve 49.9 mg/g) ve ayrıca fenoliklerin ve flavonoidlerin (sırasıyla 2.8 mg/g ve 0.093 mg/g) olduğunu tespit etmişlerdir. Mineral bileşiminin diğer

mantarlarla benzer olduğu ve dört makro elementin (K, P, Ca ve Mg) tüm mineral içeriğinin % 97.94'ünü kapsadığı saptanmıştır.

Nadim ve ark. (2015), *Tuber maculatum* ve *Tuber aestivum* türlerinin misel enzim üretimi üzerine çalışmışlardır. Mantar enzimlerinin, hammadde işlenmesini kolaylaştırmak için gıda endüstrisinde, şekerlemelerde, tekstil ve deri endüstrilerinde geniş bir kullanıma sahip olduğunu ve genellikle diğer kaynaklardan üretilen enzimlerden daha kararlı olduğunu belirtmişlerdir. *Tuber maculatum* ve *Tuber aestivum* mycelia, petri kaplarında katı ortam koşullarında enzim üretimi için test edilmiştir. Sonuçlar, *Tuber maculatum*'un yedi hücre dışı enzim (amilaz, ksilanaz, lakkaz, lipaz, peroksidaz, selüloz ve katalaz) ürettiğini, *Tuber aestivum*'un sadece üç enzim (amilaz, peroksidaz ve katalaz) ürettiğini göstermiştir.

Angelini ve ark. (2014), çalışmalarında *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, *Tuber magnatum* ve *Tuber borchii*'nin metanolik ekstralarını serbest yağ asitleri (FFA) içeriği açısından değerlendirmiştir. Tüm trüf türlerinde linoleik asitin en önemli serbest yağ asidi içeriği olduğu belirlenmiştir. Linoleik asit'e ek olarak, oleik asit ve palmitik asitin de, *Tuber spp.* ekstralarında en önemli serbest yağ asidi içeriği olduğu tespit edilmiştir. Toplam üretime bakıldığında, *Tuber melanosporum* ve *Tuber aestivum*'un tanımlanan tüm serbest yağ asitleri, *Tuber magnatum* ve *Tuber borchii*'de tanımlanan serbest yağ asitlerinden önemli ölçüde daha fazla sentezlediğini tespit etmişlerdir. Tanımlanan bileşiklerin spesifik aktivitesine dayalı allelopatik aktivite, *Arabidopsis thaliana*, *Lotus corniculatus*, *Melica ciliata* ve *Silene vulgaris*'in büyümesinde değerlendirilmiştir. Linoleik asit en düşük ve palmitik asit en yüksek spesifik aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Siyah trüf mantarı ekstralarının, beyaz trüf mantarları ekstralarından daha yüksek inhibe edici aktiviteye sahip olduğunu ve bunun içerisindeki yüksek nispi serbest yağ asidi içeriği ile bağlantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Bhotmange ve ark. (2017), *Tuber aestivum* türü mantarından polisakkaritin ekstraksiyonu ve karakterizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. *Tuber aestivum*'un % 5.23 oranında polisakkarit içerdiği bilinmektedir. Polisakkarit; papain,

tripsin ve pektinaz gibi karmaşık enzimler kullanılarak çıkarılmıştır. Polisakkaritin *T. aestivum*'dan ekstraksiyonu için en uygun faktörlerin % 1.0 tripsin, % 2.0 pektinaz, % 1.0 papain, sıcaklık 50 °C, pH 6.0 ve ekstraksiyon süresi 90 dk olduğu bulunmuştur. Bu optimum koşullar altında polisakkarit ekstraksiyon veriminin, toplam polisakkaritin % 46.93'ü olduğu bulunmuştur. Bu şekilde elde edilen polisakkaritin; yapısını, kimyasal bileşimini, termal analizini ve biyoaktivitesini karakterize etmişlerdir. Ekstre edilmiş polisakaritlerde bulunan monosakaritlerin, glikoz (>% 90), ramnoz, galaktoz ve mannoz olduğu bulunmuştur. *T. aestivum*'dan ekstrakte edilmiş polisakkaritin, önemli in vitro antioksidant yeteneğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Li ve ark. (2019), *Tuber melanosporum*, *Tuber indicum*, *Tuber panzhihuanense*, *Tuber aestivum* ve *Tuber pseudoexcavatum* trüf türleri arasındaki metabolik profilleri ve varyasyonları analiz etmek için ultra yüksek performanslı bir sıvı kromatografi-kütle spektrometresi (UHPLC-MS/MS) yöntemine dayanan bir metabolik teknoloji uygulamışlardır. *T. melanosporum* ve diğer dört tür arasındaki en büyük farkın aralarında önemli derecede farklı bir metabolik profil olduğunu belirtmişlerdir. Diferansiyel metabolitler; amino asitler, sakkaritler ve nükleositler, organik asitler, alkaloidler, flavonoidler, karnitinler, fenoller ve alkoller, esterler ve sülfür bileşikleri dahil olmak üzere dokuz metabolik kategori için ayrıntılı bir analiz yapılmıştır. Dokuz kategorideki metabolitlerin çoğu ağırlıklı olarak, diğer dört trüf mantarı ile karşılaştırıldığında, *Tuber melanosporum*'da daha fazla olduğu bulunmuştur. *Tuber panzhihuanense* ve *Tuber pseudoexcavatum*'da daha yüksek miktarda amino asit tespit edilmiştir. *Tuber indicum*'un önemli ölçüde daha fazla karnitin bulundurduğu tespit edilmiştir. *Tuber melanosporum*'da daha fazla alkaloid bulunmuştur.

Palacios ve ark. (2012), Liyofilizasyonun *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum* ve *Tuber indicum*'un aromatik profili üzerindeki etkisini, head-space analizi ile değerlendirmişlerdir. Bu üç trüf türündeki uçucu bileşikler, gaz kromatografisi ile ayrılmış ve kütle spektrometrisi ile tanımlanmıştır. Trüf aromasının, 2-metil-1-propanol, 2-metil-1-bütanol ve dimetil sülfür gibi karakteristik bileşikleri içerdiği tespit edilmiştir. Liyofilizasyon ile kurutmanın *Tuber melanosporum*'un aroma

profilini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir. Bu işlemin *Tuber indicum*'un uçucu içeriklerini az bir miktarda değiştirdiğini, *Tuber aestivum*'un ise 2-bütanol ve 2-bütanon yüzdeleri azalttığı, 2-metilpropanal, 2-metilbütanan ve 3-metilbütanan yüzdeleri arttırdığı gözlemlenmiştir.

Vahdatzadeh ve ark. (2019), depolamanın, siyah trüf *Tuber aestivum*'un uçucu profili ve bakteri topluluğu bileşimi gibi iki faktör üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, trüf mantarlarının uçucu profillerinde oda sıcaklığında dokuz günlük depolamada önemli değişiklikler olduğunu göstermiştir. Aynı zaman diliminde, taze trüf mantarlarının karakteristik baskın bakteri sınıflarının (α -Proteobacteria, Prot-Proteobacteria ve Sphingobacteria sınıfları), gıda bozulma bakterileri (γ -Proteobacteria ve Bacilli sınıfları) ile yer değiştirdiği gözlemlenmiştir. Tazelik ve bozulma uçucu belirteçleri (dimetil sülfid (DMS)), bütan-2-1, 2- ve 2- ve 3-metilbütan-1-ol ve 2-feniletan-1-ol) tanımlanmıştır. Genel olarak sonuçlar, depolamanın trüf mantarlarının aroma ve bakteriyel topluluk kompozisyonunu derinden etkilediğini ortaya koymuştur.

Villares ve ark. (2012), *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum* ve *Tuber indicum*'un mikokimyasal bileşimini ergosterol ve fenolik içerik açısından ölçmek için bir çalışma yapmışlardır. Ergosterol konsantrasyonu 1.28-1.80 mg/g kuru madde arasında değişmektedir. Bütün trüf mantarlarında bir ergosteril esteri bulunmuştur. *Tuber melanosporum* (0.10 mg/g) ve *Tuber indicum* (0.09 mg) *Tuber aestivum* ile karşılaştırıldığında *Tuber aestivum*'da (0.36 mg ergosterol eşdeğeri/g kurutulmuş madde) konsantrasyonun oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toplam fenolik içerik Folin-Ciocalteu testi ile belirlenmiş ve trüf mantarı kuru madde başına 1-2 mg fenolik içermiştir. Tek tek fenolik bileşikler ayrılmıştır ve yüksek performanslı sıvı kromatografi ile tanımlanmıştır. Gallik, homogentisik, protokateşuik, p-hidroksibenzoik, o- ve p-kumarik asitler ve 3,4-dihidroksibenzaldehit gibi diğer çeşitli fenolik türevleri gibi fenolik asitler bulunmuştur. Hidroksisinamik asit türevleri, o- ve p-kumarik asitler sadece *Tuber aestivum*'da tespit edilmiştir. Bütün trüf mantarları lipit oksidasyonunun inhibisyonunu göstermiştir. En etkili olan *Tuber aestivum* (% 24 inhibisyon), bunu takiben *Tuber indicum* (% 23 inhibisyon) ve *Tuber melanosporum*

(% 18 inhibisyon) ise en düşük antioksidan aktiviteye sahip trüf olduğu tespit edilmiştir.

Wang ve ark. (2008), gaz kromatografisi ve alev iyonizasyon detektörü (GC-FID) elektron darbe kütle spektrometresi (EIMS) ile birleştirilmiş katı faz ekstraksiyonu kullanılarak trüf fermentasyon suyunda 5 α -androst-16-en-3 α -ol (androstenol) tayini için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. FID ve EIMS arasındaki çalışmalar karşılaştırıldığında, iki dedektörün de benzer nicel sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. *Tuber indicum* fermantasyon suyunda en yüksek 123.5 ng/mL androstenol konsantrasyonu, *Tuber aestivum* fermantasyon suyunda ise androstenol bulunmamıştır. İlk kez, bu çalışma trüf fermantasyon suyunda androstenolün varlığını doğrulamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan *Tuber aestivum* Vittad. örnekleri Hasan Hüseyin Doğan tarafından Kırklareli-Vize, Çakıllı bölgesinden 01.06.2019 tarihinde toplanmış ve HD18590 kayıt numarası ile, bir örnek Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Uygulama ve Araştırma Merkezi Fungaryumunda saklanmaktadır.

3.1.1. Hammaddenin hazırlanması

Çalışmada kullanılan mantarlar, öğütücü yardımıyla küçültülmüştür (Şekil 3.1.). Ve derin dondurucuda (-18 °C) muhafaza edilmiştir (Şekil 3.2.).



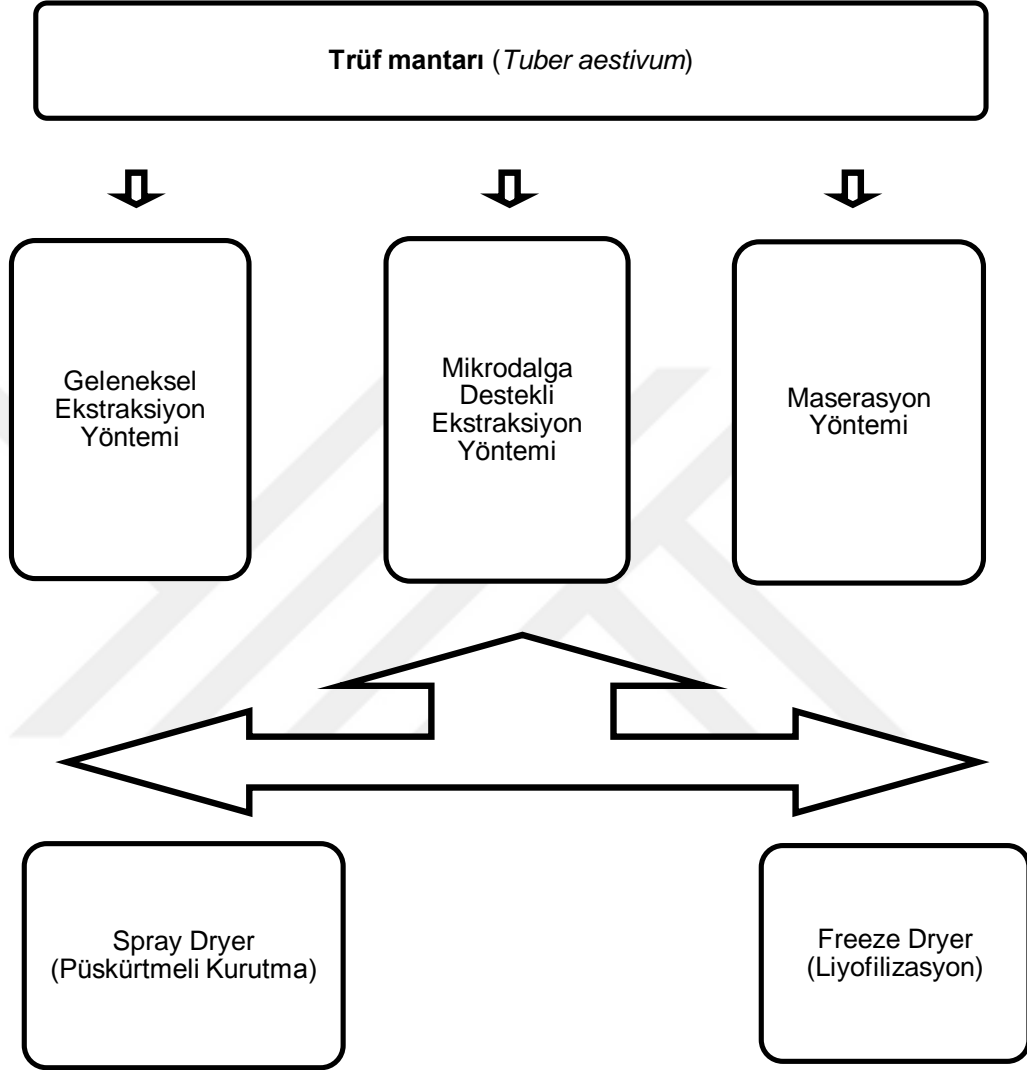
Şekil 3. 1. Trüf mantarının öğütücü ile küçültülmesi



Şekil 3. 2. Trüf mantarının muhafaza edilmesi

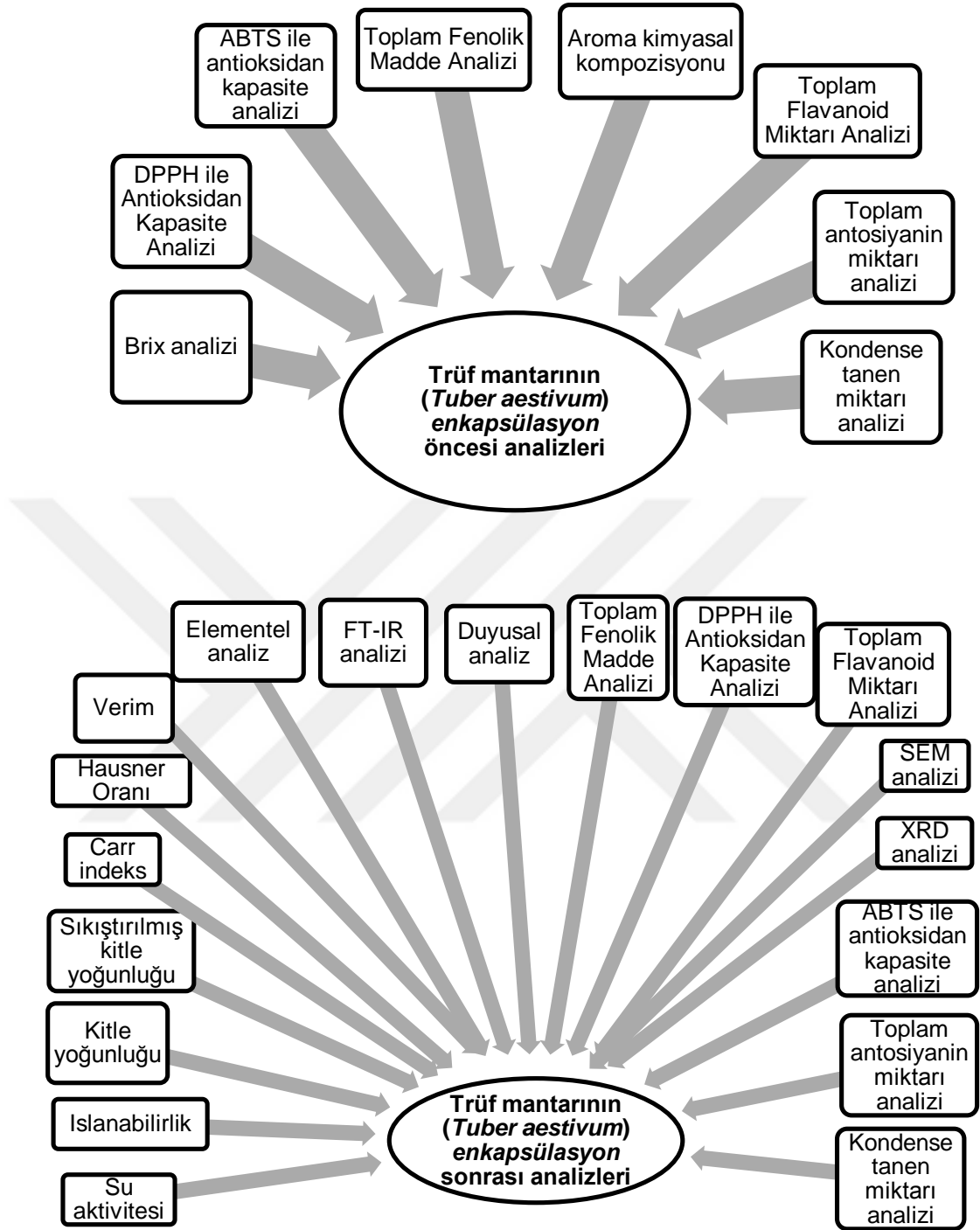
3.2. Yöntem

Bu çalışmada uygulanan işlemler Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3. 3. Uygulanacak işlemler diyagramı

Bu çalışmada uygulanan analizler Şekil 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3. 4. Uygulanacak analizler diyagramı

3.2.1. Besleme çözeltisinin hazırlanması

3.2.1.1. Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraksiyon işlemi

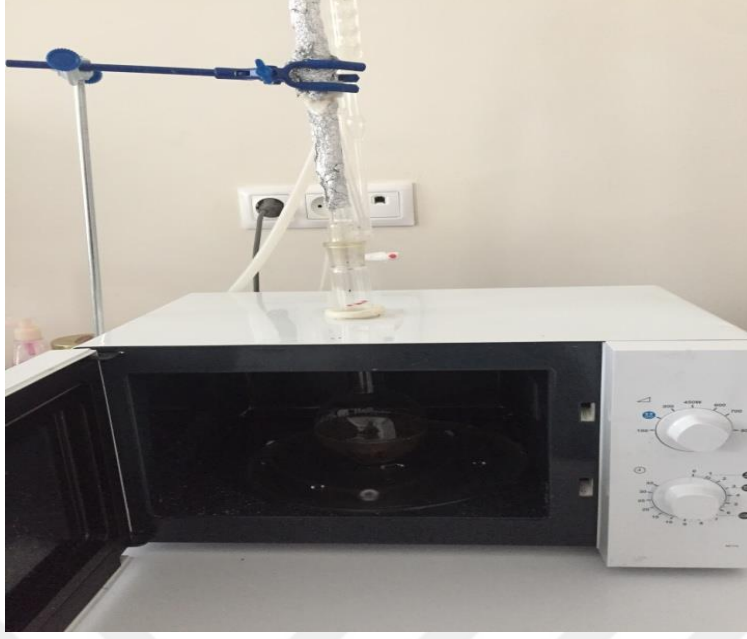
Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraktı elde edilirken 3 farklı yöntem kullanılmıştır.

İlk yöntem olan geleneksel ekstraksiyon sisteminde clavenger tipi aparatla, 20 gr mantar örneği üzerine 100 ml saf su eklenerek 1 saat ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.5.). Bu işlem sonucunda aparatın üst kısmından alınan mantar aroması ve kaba filtre kâğıdı yardımıyla 100 ml hacimli şişelere süzölmüş ekstrakt olarak iki farklı ürün elde edilmiştir.



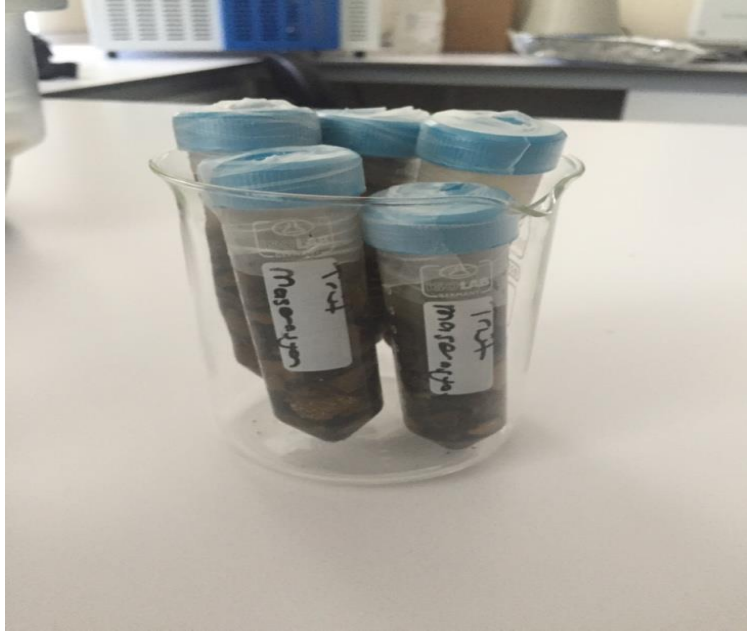
Şekil 3. 5. Trüf mantarının (*Tuber aestivum*) geleneksel yöntem ekstraksiyonu

İkinci yöntem olarak mikrodalga ekstraksiyon sisteminde 20 gr mantar örneği üzerine 100 ml saf su eklenerek 1 saat ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.6.). İşlem sonucunda aparatın üst kısmından alınan mantar aroması ve kaba filtre kâğıdı yardımıyla 100 ml hacimli şişelere süzölmüş ekstrakt olarak iki farklı ürün elde edilmiştir.



Şekil 3. 6. Trüf mantarının (*Tuber aestivum*) mikrodalga ekstraksiyonu

Üçüncü yöntemde maserasyon yöntemi ile 10 gr mantar 50 ml'lik deney tüplerine eklenmiştir. Üzerine 50 ml saf su eklenerek 24 saat boyunca oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir (Şekil 3.7.). 24 saat sonunda maserasyon örnekleri kaba filtre kağıdı yardımıyla süzölmüştür.



Şekil 3. 7. Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) maserasyon yöntemi

3.2.1.2. Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstre ve aromasının enkapsülasyon işlemi

Ekstraksiyon işlemleri sonucunda elde edilen aroma ve ekstraktlar püskürtmeli kurutma (spray dryer) ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) gibi iki farklı yöntemle toz haline getirilmiştir. Enkapsülasyon işlemlerinde duvar materyali olarak maltodekstrin (Tito, Türkiye) ve gam arabik (Alfasol, Türkiye) karışımı tercih edilmiştir.

Püskürtmeli kurutma (spray dryer) yönteminde 200 ml besleme çözeltisi cihaza beslenmiştir. Püskürtmeli kurutmada aroma örnekleri için %80 MD-GA, giriş sıcaklığı 132 °C, aspiratör çalışma hızı %90, çözelti besleme hızı 10 ml/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstrakt örnekleri için ise %80 maltodekstrin/gam arabik, giriş sıcaklığı 152 °C, aspiratör çalışma hızı %100, çözelti besleme hızı 9 ml/dk olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3.8.).



Şekil 3. 8. Trüf mantarının (*Tuber aestivum*) püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) yönteminde ise 50 ml besleme çözeltisi cihaza beslenmiştir (Şekil 3.9.). Dondurarak kurutmada aroma örnekleri için %57, ekstrakt örnekleri için ise %58 MD-GA oranı kullanılmıştır.

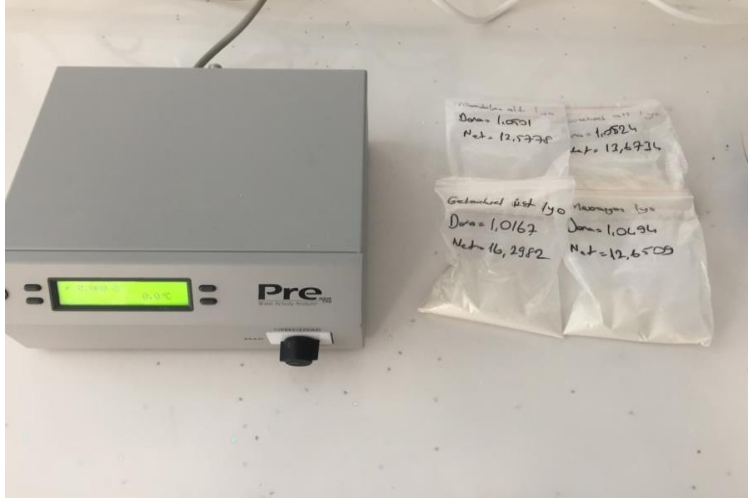


Şekil 3. 9. Trüf mantarının (*Tuber aestivum*) dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu

3.2.2. Fiziksel ve fizikokimyasal analizler

3.2.2.1. Su aktivitesi

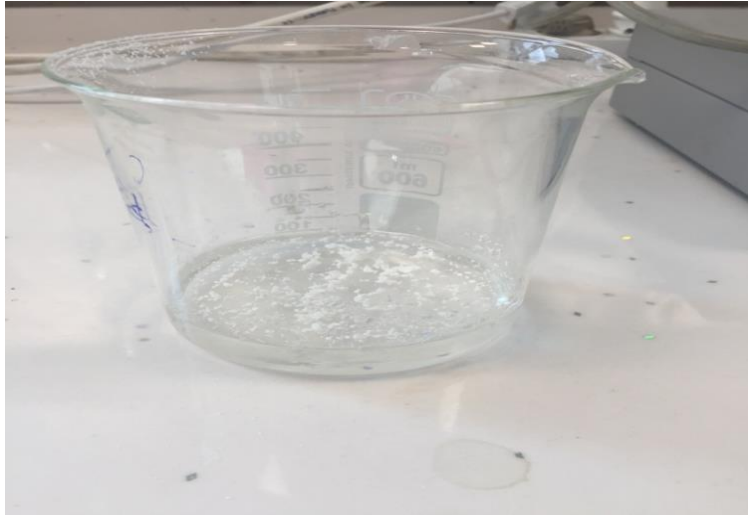
Nem içeriği ve su aktivitesi değerleri toz ürünlerin işlenmesi ve depolanması esnasında önemli bir parametredir (Botrel ve ark., 2012). Bu sebeple elde edilen Trüf mantarı ekstrakt tozunun su aktivitesi miktarı belirlenmiştir. Mantar aroma ve ekstrakt tozlarının su aktiveleri literatürde not edilmiş bir metotla Aqualab model bir su aktivitesi cihazı ile belirlenmiştir (Tatar ve ark., 2014) (Şekil 3.10.).



Şekil 3. 10. Su aktivitesi analizi

3.2.2.2. Islanabilirlik

Islanabilirlik, toz ürünün kapiler kuvvetlerin etkisinde, sıvıyı emebilme miktarını gösteren bir kavramdır. Tozların ıslanabilirliği, tozun yüzeyi ile penetre olan su arasındaki açıyla bulunur. Tozun yüzey özellikleri, tozun ıslanabilme sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Büyük kitle yoğunluğu ıslanmayı güçlendirir (Hui vd., 2006). Islatabilirlik değerinin belirlenmesi amacıyla 1 gram enkapsüle haldeki Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) tozunun su (100 ml, 20 °C) yüzeyinden kaybolması süresi hesaplanmıştır (Turchiuli ve ark., 2005) (Şekil 3.11.).

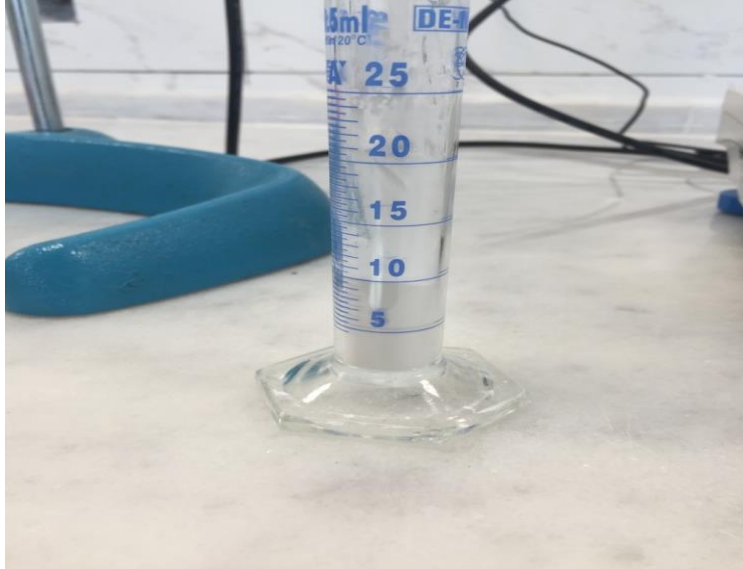


Şekil 3. 11. Islanabilirlik analizi

3.2.2.3. Kitle yoğunluğu (bulk density) ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (tapped density)

Toz gıdaların kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluğu ürünün partikül çapı ve boyut dağılımına bağlıdır (Barbosa-Canovas vd., 2005). Düşük yığın yoğunluğu paket hacmini artırır ve düşük yığın yoğunluğuna sahip ürünlerin boşlukları arasında daha fazla hava barınır. Bu durumda ürünün oksidasyon riski daha yüksek olur ve depolama süresi kısalır (Koç vd., 2011). Bu sebeple elde edilen trüf mantarı aroma ve ekstrakt tozunun kitle yoğunluğu, sıkıştırılmış kitle yoğunluğu belirlenmiştir.

Enkapsüle edilmiş örneklerin kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu literatürde not edilen bir metodun kısmı modifikasyonuna göre yapılmıştır (Tatar ve ark., 2014). Buna göre enkapsüle örneklerden 5 gram alınarak 20 ml mezür içerisine belirli bir yükseklikten aktarılmıştır. Örneklerin kütlesi kapladığı hacme oranlanarak kitle yoğunluğu değerleri belirlenmiştir. Ardından sıkıştırılmış kitle yoğunluğunu hesaplamak amacıyla enkapsüle örneklerin bulunduğu mezürler düz bir zemine 200 defa elle vurularak işlem gerçekleştirilmiş ve kütlenin sıkıştırılmış hacme oranı ile sıkıştırılmış kitle yoğunluğu değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.12.)



Şekil 3. 12. Kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış kitle yoğunluğu analizi

3.2.2.4. Hausner oranı ve carr indeks

Kitle yoğunluğu ve sıkıştırılmış kitle yoğunlukları, toz ürünün akabilirliğini gösteren Carr indeks, yapışkanlık derecesini gösteren Hausner oranı ile bağlantılıdır. Bir ürünün yapışma derecesi yüksek ise akışkanlık sorunu ortaya çıkmaktadır (Koç vd., 2011). Bu sebeple Trüf mantarı aroma ve ekstrakt tozunun Hausner oranı, Carr indeks miktarı belirlenmiş ve akışkanlığı hakkında yorum yapılmıştır.

Enkapsüle edilmiş örneklerin Hausner oranı sıkıştırılmış kitle yoğunluğu değerinin kitle yoğunluğuna oranlanması ile belirlenmiştir. Carr indeks ise aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir. Carr İndex ve Hausner Oranına göre akışkanlık değerleri (Turchiuli ve ark., 2005) toz haldeki ürünlerin akışkanlık durumları hakkında bilgi vermektedir (Çizelge 3.1.).

$$\text{Carr indeks} = \frac{\text{Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu} - \text{Kitle yoğunluğu}}{\text{Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Hausner oranı} = \frac{\text{Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu}}{\text{Kitle yoğunluğu}} \quad (3.2)$$

Çizelge 3. 1. Carr indeks, Hausner oranı ve akışkanlık ilişkisi

Carr indeks	Hausner Oranı	Akışkanlık
≤10	1.00-1.11	Mükemmel
11-15	1.12-1.18	İyi
16-20	1.19-1.25	Orta
21-25	1.26-1.34	Geçerli
26-31	1.35-1.45	Zayıf
32-37	1.46-1.59	Çok zayıf
38≥	1.60≥	Çok kötü

3.2.2.5. Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraktı enkapsülasyonu işlemi verimi

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraktı kaplama materyalleri ile enkapsüle edildikten sonra elde edilen mikrokapsül miktarı ve buna girdi oluşturan bileşenlerin kütleleri üzerinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Quispe-Condori ve ark, 2011; Çam ve ark, 2014).

$$\text{Verim \%} = \frac{\text{Püskürtmeli kurutmada elde edilen mikrokapsüllerin kütlesi}}{\text{Püskürtmeli kurutmaya beslenen girdilerin kütlesi (kuru madde üzerinden)}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.2.6. Brix analizi

Mantar ekstre ve aromasının brix ölçümleri el tipi refraktometre (RHB-50ATC) ile ölçülmüştür. Numunelerden alınan birkaç damla örnek prizma üzerine damlatılıp kapatıldıktan sonra ölçüm yapılmıştır. Analiz 3 tekrar halinde, 20 °C' de yapılmıştır (Aslan ve ark., 2019) (Şekil 3.13.).



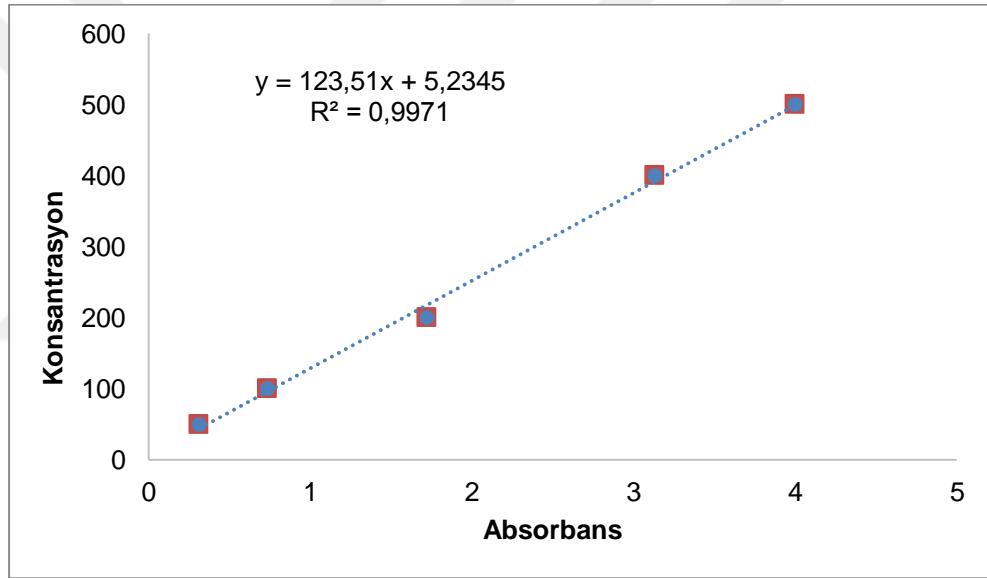
Şekil 3. 13. El refraktometresi

3.2.2.7. Toplam fenolik madde miktarı analizi

Fenolik bileşiklerin sağlık üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada serbest radikal süpürücü, enzimatik aktiviteyi düzenleyici, hücre proliferasyonunu inhibe edici, antibiyotik, antialerjik, antidiyaretik, antiülseratif ve antiinflamatuvar etki gösterdikleri belirtilmiştir (Bravo, 1998.). Bu nedenle trüf mantarı ekstresi ve aroması

ile bunların enkapsüle tozlarının toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Trüf mantarı ekstrakt ve aromasında toplam fenolik madde miktarı (TFMM) analizi orijinali Singleton ve Rossi (1965) tarafından geliştirilen metot esas alınarak gerçekleştirilmiştir. TFMM, gallik asit (mg/g) cinsinden hesaplanmıştır.

Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM değerini belirlemek amacıyla gallik asit referansı kullanılmıştır. Gallik asitin farklı konsantrasyonlarındaki absorbansı ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisinin regresyon değeri 0.99'dan büyük ve lineeritesinin yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.14.).



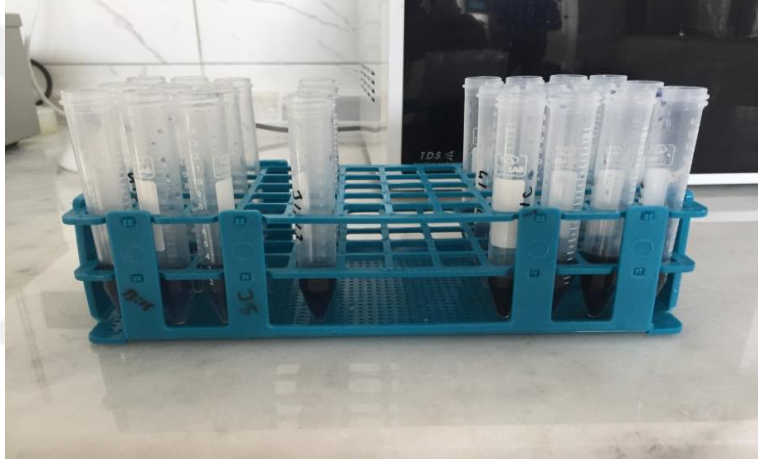
Şekil 3. 14. TFMM analizi için gallik asit ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) enkapsüle tozlarının fenolik madde içeriğini belirlemek için 0.1 gr örnek tartılmıştır. Üzerine 1 ml saf su eklenmiş ve vortex ile 1 dk boyunca karıştırılmıştır. Çözünen örnekler 4000 rpm hızda 5 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası üst kısımdan 0.4 ml alınarak analiz yapılmıştır.

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstre ve aromasında ise fenolik madde içeriğini belirlemek için örneklerden 0.4 ml alınarak analiz yapılmıştır.

3.2.2.8. Toplam fenolik madde miktarı analizinin uygulaması

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstresi ve aroması ile bunların enkapsüle tozlarının toplam fenolik madde içeriğini belirlemek için ilk olarak Folin & Ciocalteu reaktifi 1:9 olacak şekilde saf su ile seyreltilmiştir. Ardından %7.5 'lik Na_2CO_3 çözeltisi hazırlanmıştır. Çözeltiler hazırlandıktan sonra tüplere 0.4 ml örnek eklenmiştir. Üzerine 2 ml folin ve 1.6 ml Na_2CO_3 çözeltisi eklenmiştir. Tüpler vortexlenip oda sıcaklığında 1 saat karanlıkta bekletilmiştir (Şekil 3.14.). Karanlıkta bekleme süresi dolan örneklerin SHIMADZU UV-1280 UV-VIS model spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda absorbansı ölçülmüştür (Şekil 3.15.).

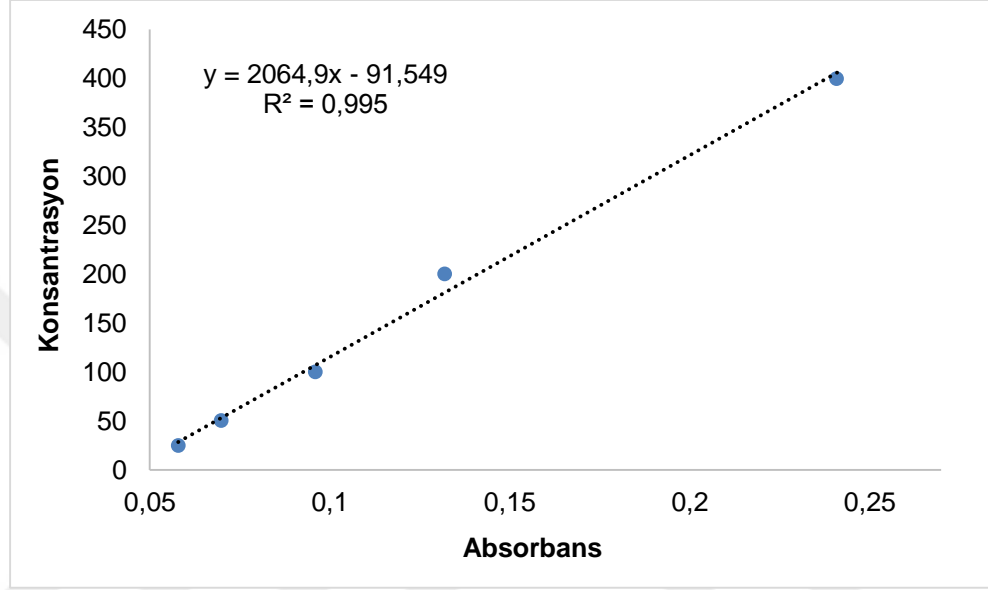


Şekil 3. 15. Toplam fenolik madde miktarı analizi

3.2.2.9. Toplam flavonoid miktarı analizi

Harborne ve Mabry, (1982) çalışmasında doğal antioksidanlar içerisinde önemli bir yeri olan flavonoidlerin, antioksidan, enzim inhibitörü gibi önemli özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu yapılacak analizle trüf mantarı ekstresi ve aroması ile bunların enkapsüle tozlarının yukarıda bahsedilen önemli özellikleri belirlenmiştir. Toplam flavonoid miktarı (TFM) analizi Zhishen ve ark. (1999) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFM değerini belirlemek amacıyla quercetin referansı kullanılmıştır. Quercetin referansının farklı konsantrasyonlarındaki absorbansı ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisinin regresyon değeri 0.99'dan büyük ve lineeritesinin yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.16.).



Şekil 3. 16. TFM analizi için quercetin ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi

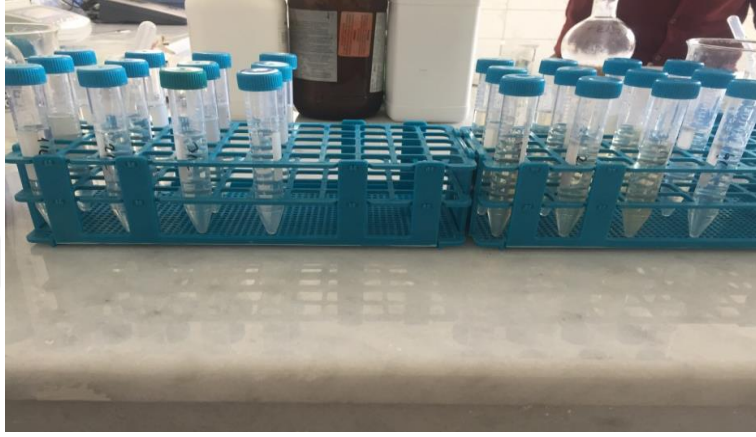
Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) enkapsüle tozlarının toplam flavanoid miktarının belirlemek için enkapsüle tozlardan 0.1 gr tartılmıştır. Üzerine 1 ml saf su eklenmiştir. 1 dk boyunca vortexlenmiştir. Çözünen örnekler 4000 rpm hızda 5 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası 1 ml örnek tüpe eklenmiştir.

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstraktının toplam flavanoid miktarını belirlemek için örneklerden 1 ml alınarak analiz yapılmıştır.

3.2.2.10. Toplam flavanoid miktarı analizinin uygulanışı

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstrakt ve aroması ile enkapsüle tozlarında toplam flavanoid miktarını belirlemek için ilk aşamada %5'lik NaNO₂ çözeltisi, %10'luk AlCl₃ çözeltisi ve 1 M NaOH çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra tüplere 1

ml örnek alınmıştır. Üzerine 4 ml çözücü eklenmiştir. Karışım üzerine 0.3 ml %5'lik NaNO_2 çözeltisi eklenmiştir. 5 dk bekleddikten sonra 0.3 ml %10'luk AlCl_3 çözeltisi eklenmiştir. 0.3 ml %10'luk AlCl_3 çözeltisi ekledikten sonra 6. dakikada 2 ml 1 M NaOH çözeltisi eklenmiş ve hacim çözücü ile 10 ml'ye tamamlanmıştır (Şekil 3.14.). Oluşan çözeltinin absorbansı SHIMADZU UV-1280 UV-VIS marka spektrofotometrede 510 nm'de okunmuştur (Şekil 3.17.).



Şekil 3. 17. Toplam flavanoid madde miktarı analizi

3.2.2.11. DPPH ile antioksidan kapasite analizi

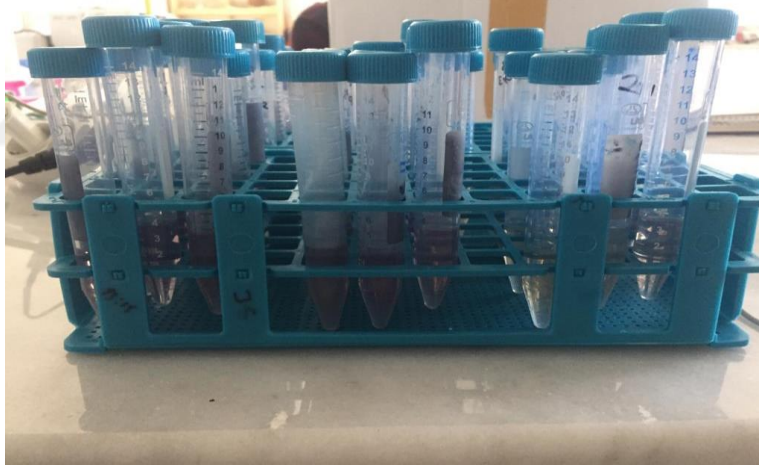
Thomas ve ark. (2010) hem insan vücudundan hem de besinlerden alınarak üretilen antioksidanların, hastalıklara neden olan serbest radikaller ve Reaktif oksijen türlerinin (ROS) oksidatif zararına karşı önemli bir rol oynadıklarını ifade etmişlerdir. Bu nedenle trüf mantarı ekstresi ve aroması ile bunların enkapsüle tozlarının toplam antioksidan miktarı Brand-Williams ve ark. (1995)'e göre belirlenmiştir. Yöntemin esası, DPPH içeren çözelti ile hidrojen atomu verme eğilimi olan bir molekülün (antioksidan) çözeltisinin karıştırılması sonucu DPPH radikalini indirgemesi esasına dayanır.

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) enkapsüle tozlarının antioksidan kapasitesini belirlemek için enkapsüle tozlardan 0.1 gr tartılmıştır. Üzerine 1 ml saf su eklenmiş ve 1 dk boyunca vortexlenmiştir. Çözünen örnekler 4000 rpm hızda 5 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası 2.5 , 5 ve 7.5 mg/ml örnek tüplere eklenmiştir.

Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstre ve aromasında antioksidan kapasitesini belirlemek için 25, 50 ve 75 µl/ml örnek tüplere alınmıştır.

3.2.2.12. DPPH ile antioksidan kapasite analizinin uygulanişı

Analize başlanmadan önce DPPH radikali hazırlanmıştır. 0.008 gr DPPH radikali tartılmıştır. Tartılan DPPH radikali amberli ve alüminyum ile kaplı şişeye alınmıştır. Üzerine 150 ml çözücü (etanol) eklenmiştir. 1 gün karanlık ortamda çalkalanmış ve süre sonunda 50 ml daha çözücü eklenmiştir. Daha sonra tüplere örneklerden 0.1, 0.2 ve 0.3 ml eklenmiştir. Her tüp toplam 3 ml olacak şekilde çözücü eklenmiştir. Üzerine 1 ml DPPH radikali eklenmiştir. Tüpler vortexlenmiş ve 30 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Bekleme süresi bittikten sonra SHIMADZU UV-1280 UV-VIS spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür (Şekil 3.18.).



Şekil 3. 18. DPPH ile antioksidan kapasite analizi

3.2.2.13. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi

Trüf mantarı ekstre ve tozlarında ABTS⁺ katyon radikali süpürme aktivite analizi Re ve ark. (1999) 'a göre gerçekleştirilmiştir. 7 mM ABTS⁺ katyonu sulu çözeltisi ile suda çözülmüş 0.00245 M potasyum persülfat (K₂S₂O₈) karıştırılmıştır. Hazırlanan çözelti 12 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. ABTS⁺ çözeltisini kullanmadan önce

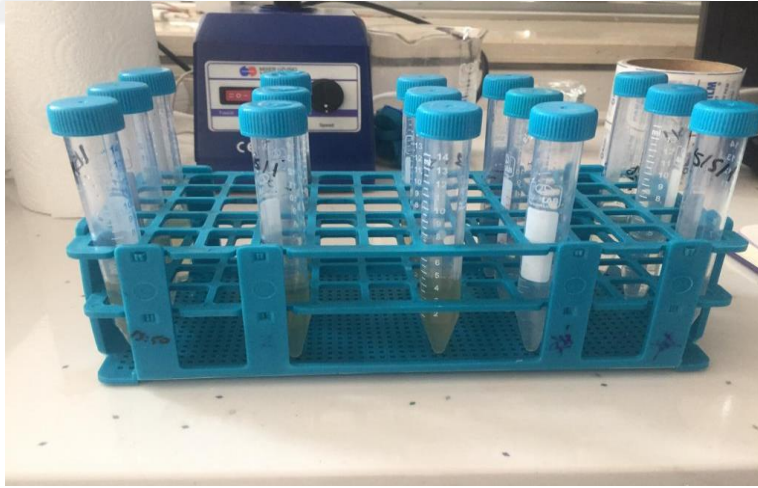
spektrofotometrede 734 nm'deki absorbansı 0.708 ± 0.025 'ye gelene kadar saf su ile seyreltilmiştir.

Trüf mantarı tozlarından 0.01 gr tartılmış ve 10 ml saf suda çözündürülmüştür. Daha sonra suda çözünen örnekten 100, 200 ve 300 mg/L tüplere alınmış, üzeri ABTS⁺ çözeltisi ile 4 ml'ye tamamlanmıştır.

Trüf mantarı ekstre ve aromalarından 100, 200 ve 300 µl/ml tüplere alınmış, üzeri ABTS⁺ çözeltisi ile 4 ml'ye tamamlanmıştır.

3.2.2.14. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi uygulanişı

Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında, 10 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Ardından Shimadzu UV-1800 UV-VIS Spektrofotometre cihazında 734 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.19.).



Şekil 3. 19. ABTS katyon radikali süpürme aktivite analizi

3.2.2.15. Toplam antosiyanin miktarı analizi

Trüf mantarı ekstre ve aromasının toplam antosiyanin miktarları Wrolstad (1976)'a göre yapılmıştır. Farklı pH diferansiyel metodu uygulanmıştır.

pH 1 buffer hazırlamak için 1.86 gr potasyum klorür tartılmıştır. Üzerine 980 ml saf su eklenmiştir. Asetik asit kullanılarak buffer pH değeri 1'e ayarlanmıştır. pH 4,5 buffer için 54.43 gr sodyum asetat trihidrat tartılmıştır. Üzerine 960 ml saf su eklenmiştir. Hidroklorik asit kullanılarak buffer pH değeri 4,5'a ayarlanmıştır.

Trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarından 0.01 gr tartılmış ve 10 ml saf suda çözündürülmüştür. Ekstre ve aromadan ise 1 ml alınarak analiz gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.16. Toplam antosiyanin miktar analizi uygulaması

1 ml numune tüpe eklenmiştir. Üzerine 4 ml pH 1 buffer ilave edilmiştir. SHIMADZU UV-1280 UV-VIS marka model spektrofotometrede 520 ve 700 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Aynı işlem pH 4,5 buffer için de yapılmıştır. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Güven ve ark., 2019) (Şekil 3.20.).

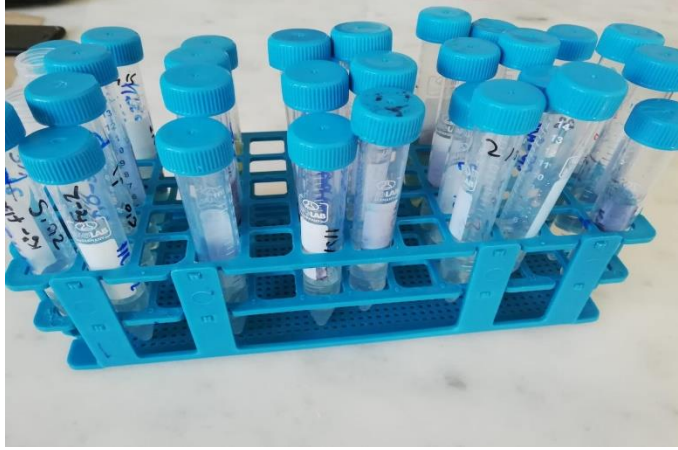
$$\text{Toplam antosiyanin miktarı, mg/L} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (3.4)$$

$$A = \text{Ph 1 } (A_{520-700} - A_{520-700}) - \text{Ph 4.5 } (A_{520-700} - A_{520-700})$$

$$DF = \text{Seyreltme faktörü}$$

$$MW = \text{Molekül ağırlığı (449.2)}$$

$$\epsilon = 26.900$$

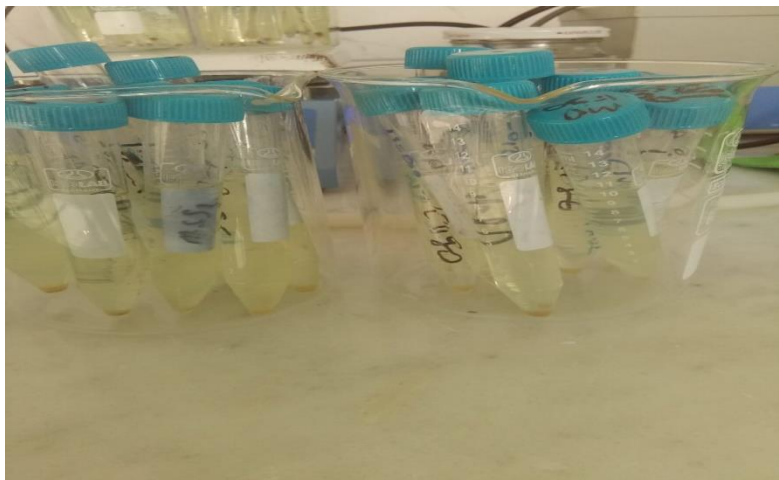


Şekil 3. 20. Toplam antosiyanin miktarı analizi

3.2.2.17. Kondanse tanen miktarı analizi ve uygulanişı

Trüf mantarı ekstre ve aromasının toplam kondanse tanen miktarları Karaoğul ve ark. (2017)'e göre yapılmıştır.

Tanen çözeltisi için 95 ml n-bütanol, 5 ml HCl (35'lik) ve 0.05 gr Fe_2SO_4 çözeltileri hazırlanmıştır. Ekstre örneklerinden 1 ml, toz örneklerden ise 0.01 gr örnek tüpe eklenmiştir. Üzerine 10 ml tanen çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler su banyosunda kaynayan suda 1 saat bekletilmiştir. SHIMADZU UV-1280 UV-VIS model spektrofotometrede 580 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.21.).



Şekil 3. 21. Kondanse tanen miktarı analizi

3.2.2.18. Duyusal analiz

Enkapsüle formundaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyusal analizi, Gıda mühendisliği bölümü öğretim üyeleri ve öğrencilerinden oluşan 9 panelist katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan duyusal analiz değerlendirme formu ve puan cetveli Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Puan cetveli tercihleri (çok iyi, iyi, orta, iyi değil ve kötü) ile yapılmıştır (Anonymous, 1988).



Çizelge 3. 2. Duyusal analiz değerlendirme formu

Panelist Adı-Soyadı:

Tarih:

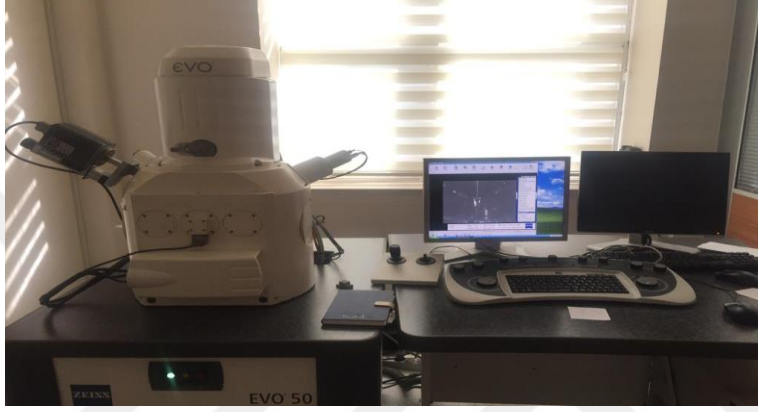
TRÜF MANTARI EKSTRE VE AROMA TOZLARININ DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Numune Türü		Koku	Tat-aroma	Tat yoğunluğu	Gecikmiş tat	Genel beğeni
Kontrol						
Püskürtmeli Kurutma	Geleneksel					
	Aroma					
	Ekstre					
	Aroma					
Dondurarak Kurutma	Ekstre					
	Mikrodalga					
	Ekstre					
	Maserasyon					
	Ekstre					
	Ekstre					

5:Çok iyi 4: İyi 3:Orta 2:İyi değil 1:Kötü

3.2.2.19. SEM analizi

Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin yüzey morfolojisi ve kimyasal kompozisyonu taramalı elektron mikroskopu aracılığıyla incelenmiştir (Zeiss Evo 50 SEM, Almanya). Mikroenkapsüller çift taraflı yapışkan karbon bantlar üzerine monte edilmiş ve kaplamada yüksek iletkenlik için paladyum kullanılmıştır. Örnekler 20 kV'da 5000 kat büyütülerek incelenmiştir (Şekil 3.22.).



Şekil 3. 22. Taramalı elektron mikroskopu (SEM) cihazı

3.2.2.20. XRD Analizi

Dondurarak kurutma ile elde edilen nanoenkapsüllerinin yapı analizleri 40 kV / 30 mA'da çalışan bir difraktometre kullanılarak (Rigaku Ultima III) CuK α (1.54 nm) x-ışını kırınımı ile analiz edilmiştir (Şekil 3.23.). Tarama açısı 10 ila 100 (2θ) arasında seçilmiştir. Ayrıca XRD örneklerinin nanoenkapsüle boyutu aşağıdaki yarı maksimumun tam genişliği (FWHM) aracılığıyla Scherrer's eşitliğine göre hesaplanmıştır.

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (3.5)$$

D: Nanoenkapsüle toz boyutu

K: Sayısal sabit 0.941

λ : X-ray dalga boyu (1.54 nm)

β : FWHM (yarı maksimumun tam genişliği)



Şekil 3. 23. XRD cihazı

3.2.2.21. Trüf mantarı aroma kimyasal kompozisyonu

Shimadzu Nexis GC-2030 marka Gaz Kromatografisinde Kütle Spektroskopisi (MS) dedektörü ve Teknokroma capillary column TR-CN100 (60m X 0,25mm X 0,20µm) kapiler kolonu kullanılarak trüf mantarı aromasının kimyasal içerikleri tespit edilmiştir. Ekstraksiyon için hekzan çözgeni kullanılmıştır. Her ekstraksiyon işleminde 100 ml örnek kullanılmıştır. Çözgen fazı gaz kromatografisi (GC)-kütle spektrometresi (MS)'ne 3 µL enjekte edilerek, aroma maddeleri belirlenmiştir. Analizlerde WILEY, NIST ve REPLIB kütüphaneleri kullanılarak numunelerin içerikleri tespit edilmiştir (Şekil 3.24.).



Şekil 3. 24. Trüf mantarı aroma kimyasal kompozisyonu için kullanılan GC-MS cihazı

3.2.2.22. Trüf mantarının elementel analizi

Trüf mantarının elementel analizi, Thermo Scientific Flash 2000 cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.23. Trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR analizi

Trüf mantarı enkapsüle tozlarının CH_x deformasyon ve protein indeks değerleri FTIR IR SPIRIT cihazı kullanılarak hesaplanmıştır. CH_x deformasyon ve protein indeks değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Karaoğul, 2019, Spiridon ve ark., 2012).

$$\text{CH}_x \text{ deformasyon indeks} = \frac{I_{1080} + I_{1145}}{I_{2940}} \quad (3.6)$$

$$\text{Protein indeks} = \frac{I_{1400}}{I_{2900}} \quad (3.7)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada öncelikle enkapsülasyon işlemi için gerekli olan trüf mantarı ekstre ve aroması elde edildikten sonra fizikokimyasal analizleri yapılmıştır. Ardından mantar ekstre ve aromasının enkapsülasyon işlemi sonrasında fizikokimyasal, duyuusal ve yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir.

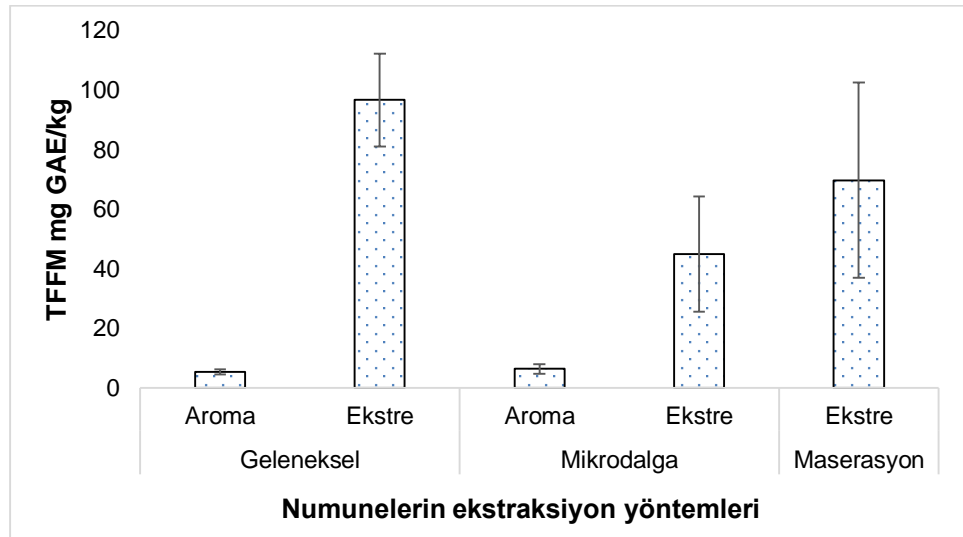
4.1. Trüf Mantarı Ekstre ve Aromasının Fizikokimyasal Analizleri

4.1.1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM değerleri

Çizelge 4. 1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM'nin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

		Numune türü	TFMM mg GAE/kg
Trüf mantarı	Geleneksel	Aroma	*5.30±0.82
		Ekstre	96.63±15.62
	Mikrodalga	Aroma	6.33±1.59
		Ekstre	44.94±19.32
	Maserasyon	Ekstre	69.67±32.83

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



Şekil 4. 1. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM'nin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Trüf mantarı aroma ve ekstresinde TFMM değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimleri Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1.'de verilmiştir. En yüksek TFMM miktarı 96.63 mg GAE/kg ile geleneksel ekstresinde görülürken, en düşük değer ise 5.304 mg GAE/kg ile geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen aromada tespit edilmiştir.

Ekstraksiyon yöntemleri TFMM içerikleri bakımından karşılaştırıldığında mantar aromalarında en iyi sonucu mikrodalga ekstraksiyon yöntemi göstermiştir. Mantar ekstrelerinde daha yüksek TFMM içeriği bulunduran yöntemin ise geleneksel ekstraksiyonu olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1.).

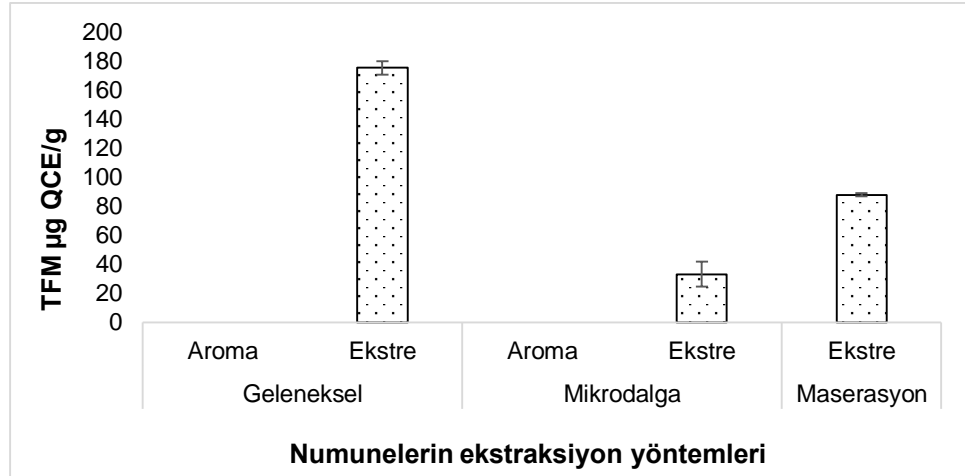
Villares ve ark. (2011), *Tuber aestivum*, *Tuber indicum* ve *Tuber melanosporum* türü mantarların ergosterol ve fenolik içeriklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak *Tuber aestivum* türü mantarın diğer iki mantara göre daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFM değerleri

Çizelge 4. 2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFM'nın ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

		Numune türü	TFM µg QCE/g
Trüf mantarı	Geleneksel	Aroma	-
		Ekstre	*175.41±16.69
	Mikrodalga	Aroma	-
		Ekstre	33.25±14.64
	Maserasyon	Ekstre	87.98±4.29

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



Şekil 4. 2. Trüf mantarı ekstre ve aromasının TFMM'nin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Trüf mantarı aroma ve ekstresinde TFM değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimleri Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. En yüksek TFM miktarı 175.41 µg QCE/g geleneksel yöntem ile elde edilen ekstrede görülürken, en düşük değer ise 33.25 µg QCE/g ile mikrodalga ekstresinde gözlemlenmiştir. Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen aromalarda TFM değerleri saptanamamıştır.

Mantar ekstrelerinde en yüksek oranda TFM içeriği bulunduran metodun geleneksel ekstraksiyon yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Maserasyon ekstraksiyon yönteminin de yüksek miktarda TFM içeriği bulundurduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.2.).

Benzer bir çalışmada Beara ve ark. (2014), *Tuber aestivum* ve *Tuber magnatum* türü mantar ekstrelerinin fenolik, flavanoid, antioksidan vb. özelliklerini incelemişlerdir. *Tuber aestivum* türünün maserasyon ve geleneksel ekstrelerinin yüksek TFMM ve TFM içeriği bulundurduğunu tespit etmişlerdir.

4.1.3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının DPPH % inhibisyon değerleri

Trüf mantarı aroma ve ekstralarının antioksidatif özelliği serbest radikal süpürme aktivitelerine göre incelenmiştir. Serbest radikal olarak DPPH kullanılmış ve örnekler DPPH serbest radikalini inhibe etme özelliğine göre değerlendirilmiştir. Çizelge 4.3.'te trüf mantarı ekstre ve aromasının DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi gösterilmektedir. Trüf mantarı aroma ve ekstralarının antioksidatif özellikleri, farklı ekstraksiyon metotlarından üretilen örneklerin farklı konsantrasyonlarının radikali süpürme aktiviteleri analiz edilerek belirlenmiştir.

Çizelge 4. 3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

		Numune türü	DPPH % inhibisyon
25 µl/ml	Geleneksel	Aroma	*76.53±1.57
		Ekstre	83.12±3.25
	Mikrodalga	Aroma	81.41±5.20
		Ekstre	67.18±6.02
	Maserasyon	Ekstre	66.78±1.46
50 µl/ml	Geleneksel	Aroma	76.59±1.15
		Ekstre	81.35±1.96
	Mikrodalga	Aroma	81.41±5.20
		Ekstre	36.86±5.00
	Maserasyon	Ekstre	53.56±0.84
75 µl/ml	Geleneksel	Aroma	76.90±0.56
		Ekstre	65.38±0.86
	Mikrodalga	Aroma	76.81±0.80
		Ekstre	40.09±10.49
	Maserasyon	Ekstre	21.99±7.02

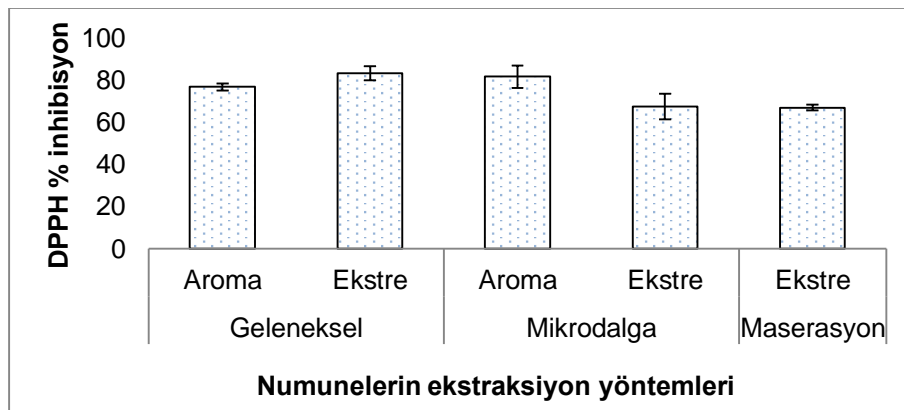
* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma

Çizelge 4. 4. 50 µl/ml için trüf mantarı ekstre ve aromasının mg TEAC/g cinsinden DPPH analiz sonuçları

		Numune türü	mg TEAC/L
50 µl/ml	Geleneksel	Aroma	*192.32±10.31
		Ekstre	76.58±17.46
	Mikrodalga	Aroma	157.32±46.36
		Ekstre	95.65±44.59
	Maserasyon	Ekstre	97.47±7.48
	BHT standartı		

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma

Trüf mantarı aroma ve ekstralarının antioksidatif özellikleri; % inhibisyon potansiyeline göre incelendiği gibi, bu değerlerin yarı konsantrasyon radikali giderecek trolox cinsinden konsantrasyonları da belirlenmiştir. Analiz için öncelikle referans antioksidan trolox ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Bu kalibrasyon eğrisi denklemi kullanılarak trüf mantarı ekstre ve aromasının yarı radikal miktarının inhibe konsantrasyonu tespit edilmiştir. Ek olarak, sentetik antioksidan BHT'de trolox cinsinden hesaplanmıştır. Serbest radikal DPPH'nin yarı konsantrasyonu, BHT standardıyla 73.61 ppm ile inhibe edilebilmiştir. Mantar ekstre ve aromalarına göre en iyi sonuç düşük konsantrasyon ile DPPH yarı konsantrasyonu temizleme özelliği bakımından BHT'de gözlenmiştir. BHT standartından sonra en iyi sonuç 76.58 ppm ile geleneksel ekstraksiyonu ile elde edilen ekstrede belirlenmiştir (Çizelge 4.4.). 50 µl/ml konsantrasyonda DPPH % inhibisyon değerinin geleneksel ekstraksiyonu ile elde edilen ekstrede en yüksek sonucu vermesi sebebiyle birbiriyle paralellik göstermektedir.



Şekil 4. 3. Trüf mantarı ekstre ve aromasının 25 µl/ml'deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Trüf mantarı aroma ve ekstralarının DPPH radikali süpürme aktivitelerini belirlemek için 25, 50 ve 75 µl/ml konsantrasyonlarda analiz gerçekleştirilmiştir. En iyi sonuçların 25 µl/ml konsantrasyonunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.).

Şekil 4.3.'de 25 µl/ml konsantrasyondaki sonuçlar incelendiğinde tüm ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstre ve aromaların %66 ve üzeri antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesi %83.12 ile geleneksel ekstrede gözlemlenmişken, en düşük değer ise %66.78 ile maserasyon ekstresinde tespit edilmiştir.

Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aromalarının antioksidan kapasiteleri karşılaştırıldığında, mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen aromaların 25, 50 ve 75 µl/ml konsantrasyonlarında daha yüksek AA gösterdiği tespit edilmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstraları karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesini geleneksel ekstralarının gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3.).

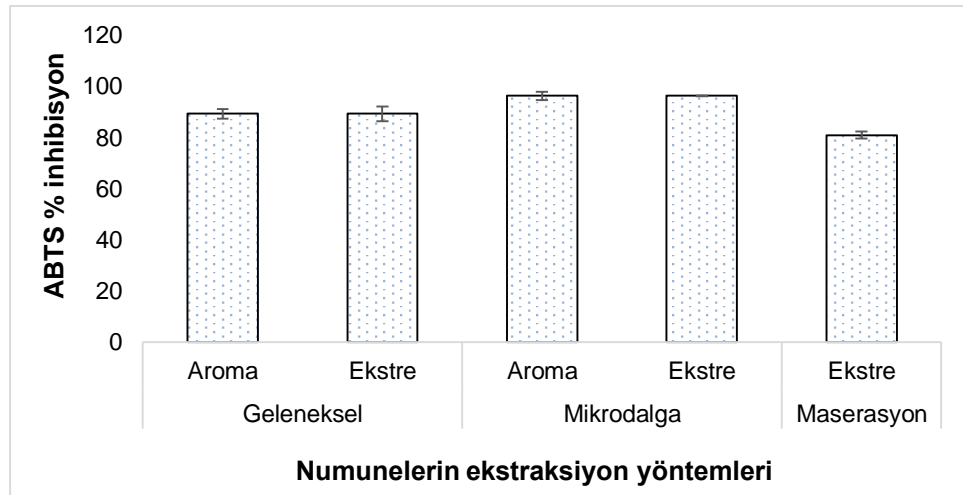
Beara ve ark. (2014); yaptıkları çalışmada *Tuber aestivum* türü mantarı, hem su hem de metanol çözümleri kullanarak maserasyon ve geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte etmişlerdir. Mantarın antioksidan kapasitesini incelediklerinde, tüm çözümlü ve ekstraksiyon tipinde yüksek AA gösterdiğini belirtmişlerdir.

4.1.4. Trüf mantarı ekstre ve aromasının ABTS % inhibisyon değerleri

Çizelge 4. 5. Trüf mantarı ekstre ve aromasının ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Numune türü		ABTS % inhibisyon	mg TEAC/L
100 µl/ml	Geleneksel	Aroma	*89.28±1.83 117.01±6.17
		Ekstre	89.23±2.95 20.09±0.66
	Mikrodalga	Aroma	96.22±0.15 81.58±12.63
		Ekstre	96.27±0.15 10.23±7.83
	Maserasyon	Ekstre	80.95±1.44 56.80±6.97
	200 µl/ml	Geleneksel	Aroma
Ekstre			83.69±0.82 25.93±2.39
Mikrodalga		Aroma	96.16±0.23 105.28±3.51
		Ekstre	92.85±0.55 13.13±1.53
Maserasyon		Ekstre	69.46±1.57 80.67±1.01
300 µl/ml		Geleneksel	Aroma
	Ekstre		76.39±0.55 33.62±6.91
	Mikrodalga	Aroma	95.28±0.08 136.50±2.39
		Ekstre	86.54±1.61 18.50±0.38
	Maserasyon	Ekstre	47.36±2.29 126.58±0.38

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



Şekil 4. 4. Trüf mantarı ekstre ve aromasının 100 µl/ml'deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Trüf mantarı aroma ve ekstrelerinin ABTS radikali indirgeme aktivitelerini belirlemek için 100, 200 ve 300 µl/ml konsantrasyonlarda analiz gerçekleştirilmiştir. En iyi sonuçların 100 µl/ml konsantrasyonunda görüldüğü belirlenmiştir. Ayrıca trüf

mantarı ekstre ve aromasının mg TEAC/g cinsinden antioksidan aktivite değerleri verilmiştir (Çizelge 4.5.).

Şekil 4.4.'de 100 µl/ml konsantrasyondaki sonuçlar incelendiğinde tüm ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ekstre ve aromaların %80 üzeri radikali indirgeme aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ABTS radikali süpürme aktivitesi %96.27 ile mikrodalga ekstrede gözlemlenmiştir. En düşük aktivite ise %80.95 ile maserasyon ekstresinde tespit edilmiştir.

Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aromalarının ABTS radikali indirgeme kapasiteleri karşılaştırıldığında, geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen aromaların bütün konsantrasyonlarda daha yüksek indirgeme aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstraktları karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek ABTS radikali indirgeme aktivitesini mikrodalga ekstraktlarının gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.5.).

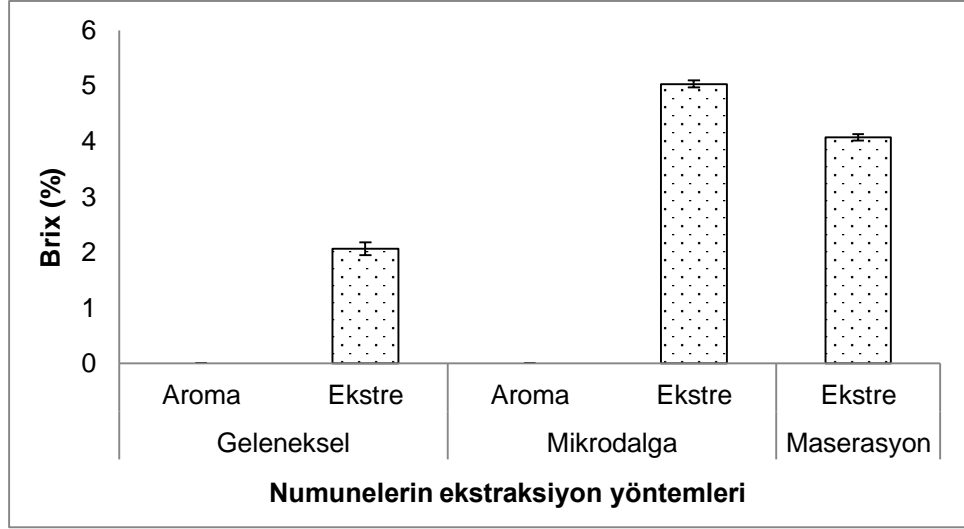
Li ve ark. (2019), Çin'in farklı bölgelerinden topladıkları *Tuber indicum* türü mantarın AA ve kimyasal kompozisyonunu incelemişlerdir. Mantarın antioksidan aktivitesini ABTS ve DPPH radikalleri ile belirlemişlerdir. Her iki yöntemde de mantarın yüksek miktarda antioksidatif özellik gösterdiğini belirtmişlerdir.

4.1.5. Trüf mantarı ekstre ve aromasının brix değerleri

Çizelge 4. 6. Trüf mantarı ekstre ve aroma brix değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Numune türü		Brix (%)
Geleneksel	Aroma	
	Ekstre	2,06±0,11
Mikrodalga	Aroma	
	Ekstre	5,03±0,05
Maserasyon	Ekstre	4,06±0,05

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



Şekil 4. 5. Trüf mantarı ekstre ve aroma brix değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Çizelge 4.6. ve Şekil 4.5'te trüf mantarı ekstre ve aroma brix değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi verilmiştir. Trüf mantarı ekstresinde en yüksek suda çözünür kuru madde değeri %5.03 ile mikrodalga ekstresinde elde edilmişken, en düşük brix değeri ise %2.06 ile geleneksel yöntemle elde edilen ekstrede belirlenmiştir. Trüf mantarı aromalarında ise brix değeri saptanamamıştır.

4.1.6. Trüf mantarı aroma bileşenleri

Çizelge 4. 7. Trüf mantarı aromasının bileşenleri

Pik no	Alıkonma zamanı (dk)	Kimyasal isimler	Yüzde oran (%)
1	6.15	Hexanal	0.182
2	6.54	2,4,5-trimethyl-3-oxazoline	1.054
3	7.17	1,2,4,5-tetrazine-3,6-diamine	0.147
4	7.28	Cyclohexane, ethyl-	0.292
5	7.31	Dimethyl sulfoxide	7.304
6	8.76	1-hexanol	0.497
7	8.26	Diallyl Disulphide	3.555
8	9.47	2,4-dithiapentane	17.32
9	10.18	2-isobutyl-4,5-dimethyl-3-oxazoline	1.403
10	10.23	Thiophene, 2,3-dihydro-5-methyl-	0.546
11	10.40	Ethane, 1,2-bis[(4-amino-3-furazanyl)oxy]-	0.166
12	10.11	Heptanal	0.159
13	13.84	1-octen-3-ol	65.93
14	14.17	3-octanone	4.800
15	14.64	3-octanol	3.077
16	17.23	2-octen-1-ol, (e)-	0.307
17	20.52	Phenylethyl alcohol	0.853
18	22.01	2,5-dihydro-3-methyl-thiophene 1,1-dioxide	0.166
19	23.10	Benzene, 1,4-dimethoxy-	0.197
20	29.72	Trisulfide, di-2-propenyl	0.368
21	30.99	1-octanol, 2,2-dimethyl-	0.163
22	32.45	Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)-	0.053
23	33.10	1,2,4-trimethoxybenzene	0.288
24	33.37	Nonylthiol, isomer mix	0.258
25	34.36	Tetradecane	0.356
26	38.53	Docosane	0.280
27	38.68	Pentadecane	0.402
28	41.83	Cyclooctanemethanol	0.155
29	42.80	Hexadecane	0.136
30	44.14	3-ethyl-2-tridecanone	0.242
31	47.16	Benzoic acid, 2-ethylhexyl ester	0.117
32	50.40	Nonadecane, 9-methyl-	0.102
33	54.05	Tetracontane	0,174
34	56.59	Pentacosane	0.679
35	65.66	Tributyl acetylcitrate	0.428

Trüf mantarı aroması kendi arasında değerlendirildiğinde en yüksek %65.93 oranında 1-octen-3-ol tespit edilmiştir. Ardından %17.32 oranı ile 2,4-dithiapentane, trüf mantarı aromasında en çok tespit edilen bileşen olmuştur (Çizelge 4.7.).

Pelusio ve ark. (1995), *Tuber magnatum* ve *Tuber melanosporum* türü mantarların aroma bileşenlerini incelemiştir. 1-octen-3-ol, 3-octanone ve 3-octanol aroma bileşenlerinin özel mantar kokusundan sorumlu olduğunu belirtmiştir.

4.2. Püskürtmeli ve Dondurarak Kurutma İçin Enkapsülasyon Koşulları

Trüf mantarı ekstre ve aromasının enkapsülasyonu için seçilecek optimum değerler Design expert 7.0.0 programı ile belirlenmiştir.

4.2.1. Püskürtmeli kurutmada (spray dryer) aroma ve ekstre enkapsülasyon koşulları

Çizelge 4. 8. Trüf mantarı aromasının püskürtmeli kurutma için enkapsülasyon reçetesi

İsim	Hedef	En düşük sınır	En yüksek sınır	Önem
Sıcaklık °C	minimum	120	180	3
Duvar (g)	minimum	10	50	1
MD/GA (%)	maksimum	20	80	1
Verim (%)	maksimum	3.74412	18.8947	5
Su aktivitesi	minimum	0.243	0.579	5
Islanabilirlik (sn)	maksimum	236	540	5
Kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	0.285	0.5	5
Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	0.4	2	5
Hausner oranı	minimum	1.08	4	5
Carr indeks	minimum	7.69	75	5
Etkinlik	maksimum	81.1053	96.2559	5

Trüf mantarı aromasının püskürtmeli kurutma ile gerçekleştirilecek enkapsülasyonu için Design expert 7.0.0'te seçilen optimum sınırlar ve önem seviyeleri Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Sıcaklık 120-180 °C, duvar malzemesi 10-50,

MD/GA ise %20-80 aralığında seçilmiştir. Verim, su aktivitesi, ıslanabilirlik vb. diğer çıktılar için önem seviyeleri 1-5 arasından seçilmiştir (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4. 9. Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma için enkapsülasyon reçetesi

İsim	Hedef	En düşük sınır	En yüksek sınır	Önem
Sıcaklık °C	minimum	120	180	5
Duvar (g)	minimum	5	20	3
MD/GA (%)	-	20	80	3
Verim (%)	maksimum	11.9342	52.549	5
Su aktivitesi	minimum	0.221	0.29	5
Islanabilirlik (sn)	maksimum	280	420	5
Kitle yoğunluğu (g/ml)	-	0.4	0.5	2
Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	-	0.66	1	2
Hausner oranı	minimum	1.32	2.3	5
Carr indeks	minimum	19.24	56.26	3
Etkinlik	maksimum	71	227	3

Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma ile gerçekleştirilecek enkapsülasyonu için Design expert 7.0.0'te seçilen optimum sınırlar ve önem seviyeleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Sıcaklık 120-180 °C, duvar malzemesi 5-20, MD/GA ise %20-80 aralığında seçilmiştir. Verim, su aktivitesi, ıslanabilirlik vb. diğer çıktılar için önem seviyeleri 1-5 arasından seçilmiştir (Çizelge 4.9.).

4.2.2. Dondurarak kurutmada (liyofilizasyon) ekstre ve aroma enkapsülasyon koşulları

Çizelge 4. 10. Trüf mantarı aromasının dondurarak kurutma için enkapsülasyon reçetesi

İsim	Hedef	En düşük sınır	En yüksek sınır	Önem
MD/GA (%)	maksimum	20	80	1
Verim (%)	maksimum	70.8	82	3
Su aktivitesi	minimum	0.065	0.125	5
Islanabilirlik (sn)	aralık	157	327	5
Kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	9	12.5	5
Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	7	8	5
Hausner oranı	minimum	0.625	0.777	5
Carr indeks	minimum	28.57	60	5
Etkinlik	maksimum	0	97.2925	5

Trüf mantarı aromasının dondurarak kurutma ile gerçekleştirilecek enkapsülasyonu için Design expert 7.0.0'te seçilen optimum sınırlar ve önem seviyeleri Çizelge 4.10.'da verilmiştir. MD/GA ise %20-80 aralığında seçilmiştir. Verim, su aktivitesi, ıslanabilirlik vb. diğer çıktılar için önem seviyeleri 1-5 arasından seçilmiştir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4. 11. Trüf mantarı ekstresinin dondurarak kurutma için enkapsülasyon reçetesi

İsim	Hedef	En düşük sınır	En yüksek sınır	Önem
MD/GA (%)	maksimum	20	80	3
Verim (%)	maksimum	41.38	100.4	3
Su aktivitesi	minimum	0.122	0.278	5
Islanabilirlik (sn)	maksimum	119	201	3
Kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	0.714	0.769	3
Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	minimum	0.833	0.909	3
Hausner oranı	minimum	1.083	1.666	3
Carr indeks	minimum	7.68	21.45	3
Etkinlik	maksimum	187	303	5

Trüf mantarı ekstresinin dondurarak kurutma ile gerçekleştirilecek enkapsülasyonu için Design expert 7.0.0'te seçilen optimum sınırlar ve önem seviyeleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir. MD/GA ise %20-80 aralığında seçilmiştir. Verim, su aktivitesi, ıslanabilirlik vb. diğer çıktılar için önem seviyeleri 3-5 arasından seçilmiştir (Çizelge 4.11.).

4.3. Trüf Mantarının Enkapsülasyon Reçeteleri

Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.13.'te püskürtmeli kurutma ile elde edilecek aroma ve ekstre, Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.15.'te dondurarak kurutma ile elde edilecek aroma ve ekstre için Design expert 7.0.0 programından alınan reçete ve çıktılar verilmiştir. Çizelgelerde görülen değerlere göre optimum değerler belirlenmiş ve enkapsülasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4. 12. Trüf mantarı aromasının püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete

	Sıcaklık (°C)	Duvar	MD/GA	Verim	Su aktivitesi	Islanabilirlik (sn)	Kitle yoğunluğu (g/ml)	Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	Hausner Oranı	Carr Index	Etkinlik
1	150	30	50	5.41	0.444	265	0.357	0.5	1.4	28.6	94.58
2	150	30	50	5.91	0.402	540	0.357	0.416	1.16	14.18	94.08
3	150	30	80	5.81	0.424	236	0.285	0.4	1.4	28.75	94.18
4	120	50	80	7.42	0.317	313	0.384	0.555	1.44	30.81	92.57
5	120	10	20	15.6	0.464	298	0.5	2	4	75	84.39
6	180	30	50	3.74	0.243	427	0.333	0.416	1.24	19.95	96.25
7	150	30	50	6.35	0.306	360	0.384	0.5	1.3	23.2	93.64
8	150	30	20	7.29	0.337	431	0.384	0.416	1.08	7.69	92.7
9	120	30	50	6.38	0.384	325	0.384	0.5	1.3	23.2	93.61
10	150	30	50	7.12	0.369	442	0.357	0.5	1.4	28.6	92.87
11	150	50	50	18.89	0.579	327	0.333	0.5	1.5	33.4	81.1
12	150	30	50	11.87	0.521	353	0.333	1	3	66.7	88.12

Çizelge 4. 13. Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete

	Sıcaklık (°C)	Duvar	MD/GA	Verim	Su aktivitesi	Islanabilirlik (sn)	Kitle Yoğunluğu (g/ml)	Sıkıştırılmış Kitle Yoğunluğu (g/ml)	Hausner Oranı	Carr Index	Etkinlik
1	120	5	20	26.75	0.303	280	0.5	1	2	50	197
2	150	12.5	50	46.06	0.261	360	0.434	0.9	2.07	51.7	128
3	150	12.5	20	36.35	0.313	360	0.5	0.66	1.32	19.24	158
4	120	20	20	31.25	0.361	400	0.4	0.66	1.65	39.39	93
5	150	20	50	28.73	0.299	410	0.476	0.66	1.38	20.87	120
6	180	20	20	19	0.23	380	0.454	0.66	1.45	31.21	164
7	150	12.5	80	29.6	0.281	300	0.434	0.66	1.52	34.24	134
8	120	20	80	35.72	0.424	380	0.4	0.66	1.65	39.39	71
9	180	5	80	28.17	0.29	280	0.5	0.66	1.32	24.24	145
10	180	12.5	50	11.93	0.274	360	0.5	1	2	50	136
11	180	20	80	14.21	0.317	360	0.4	0.66	1.65	39.39	146
12	180	5	20	17.03	0.319	280	0.434	0.66	1.52	34.24	173
13	150	5	50	24.12	0.367	280	0.434	1	2.3	56.26	187
14	150	12.5	50	27.18	0.314	360	0.434	0.66	1.52	34.24	153
15	150	12.5	50	44.11	0.221	400	0.434	0.66	1.52	34.24	147
16	150	12.5	50	52.54	0.302	420	0.4	0.66	1.65	39.39	143
17	150	12.5	50	26.58	0.312	420	0.434	0.66	1.52	34.24	108
18	150	12.5	50	15.35	0.306	360	0.4	0.66	1.52	34.24	190
19	120	12.5	50	24.39	0.388	380	0.434	0.66	1.52	34.24	139
20	120	5	80	22.46	0.304	370	0.4	0.66	1.52	34.24	227
21	150	12.5	50	19.76	0.306	410	0.5	1	2	50	161

Çizelge 4. 14. Trüf mantarı aromasının dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete

	MD/GA	Verim	Su aktivitesi	Islanabilirlik (sn)	Kitle Yoğunluğu (g/ml)	Sıkıştırılmış Kitle yoğunluğu (g/ml)	Hausner Oranı	Carr Index	Etkinlik
1	65.00	76.71	0.087	162	12	8	0.666	50	94.29
2	20.00	75.58	0.093	278	11	7	0.636	57.14	0
3	20.00	76.25	0.125	226	9	7	0.777	28.57	95
4	35.00	77.68	0.112	157	9	7	0.777	28.57	95.65
5	50.00	72.15	0.065	327	12	7.5	0.625	60	97.29
6	80.00	70.8	0.087	286	12.5	8	0.64	56.25	96.65
7	80.00	82	0.12	322	10	7	0.7	42.85	94.47



Çizelge 4. 15. Trüf mantarı ekstresinin dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu için alınan reçete

	MD/GA	Verim	Su aktivitesi	Islanabilirlik(sn)	Kitle yoğunluğu (g/ml)	Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	Carr indeksi	Hausner oranı	Etkinlik
1	65.00	95.55	0.137	201	0.714	0.833	14.28	1.166	254.982
2	20.00	100.4	0.122	150	0.714	0.909	21.45	1.273	303.409
3	20.00	92.65	0.191	194	0.714	0.833	14.28	1.166	281.680
4	35.00	95.6	0.271	129	0.714	0.833	14.28	1.166	266.435
5	50.00	67.57	0.126	157	0.714	0.833	14.28	1.166	242.185
6	80.00	64.48	0.233	119	0.714	0.833	14.28	1.666	187.966
7	80.00	41.38	0.278	154	0.769	0.833	7.68	1.083	220.641

Çizelge 4. 16. Trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsülasyonu için uygulanacak optimum değerler

Numune türü		Sıcaklık °C	Duvar (g)	MD/GA (%)
Püskürtmeli kurutma	Aroma	132.78	15.83	80
	Ekstre	152	16	80
Dondurarak kurutma	Aroma	-	20	57.09
	Ekstre	-	20	58

Çizelge 4.16.'da trüf mantarı aromasının püskürtmeli ve dondurarak kurutma için optimum değerleri verilmiştir. Püskürtmeli kurutma için; 132.78 °C, 15.83 g duvar malzemesi ve %80 MD/GA , dondurarak kurutma için ise 20 g duvar malzemesi ve %57.09 MD/GA olarak belirlenmiştir.

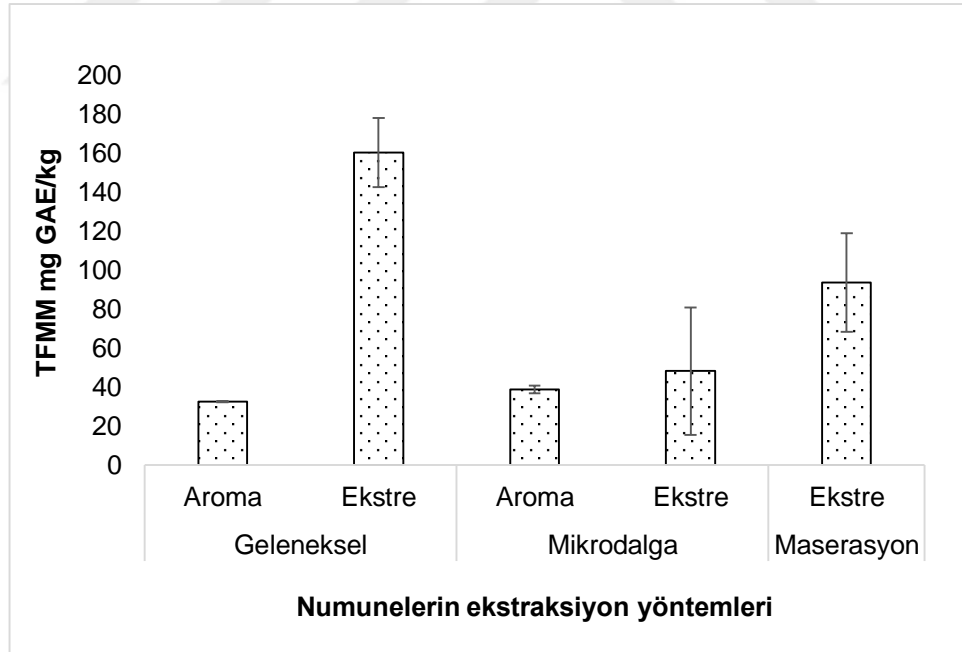
Trüf mantarı ekstresinin püskürtmeli kurutma için optimum değerler; 152 °C, 16 g duvar malzemesi ve %80 MD/GA, dondurarak kurutma için ise 20 g duvar malzemesi ve %58 MD/GA olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

4.4. Trüf Mantarı Enkapsüllerinin Fizikokimyasal Analizleri

4.4.1. Trüf mantarı enkapsüllerinin TFMM değerleri

Çizelge 4. 17. Trüf mantarı aroma ve ekstresinin püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

	Numune türü		TFMM mg GAE/kg	Standart Sapma	Varyasyon
Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma	32.63	±0.37	1.15
		Ekstre	160.17	±17.64	1.34
	Mikrodalga	Aroma	38.89	±2.00	5.16
		Ekstre	48.31	±32.60	13.41
	Maserasyon	Ekstre	93.52	±25.27	6.65
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel	Aroma	33.29	±1.37
Ekstre			39.56	±4.36	5.35
Mikrodalga		Aroma	50.34	±7.43	14.77
		Ekstre	16.73	±1.81	2.16
Maserasyon		Ekstre	94.37	±11.29	2.94

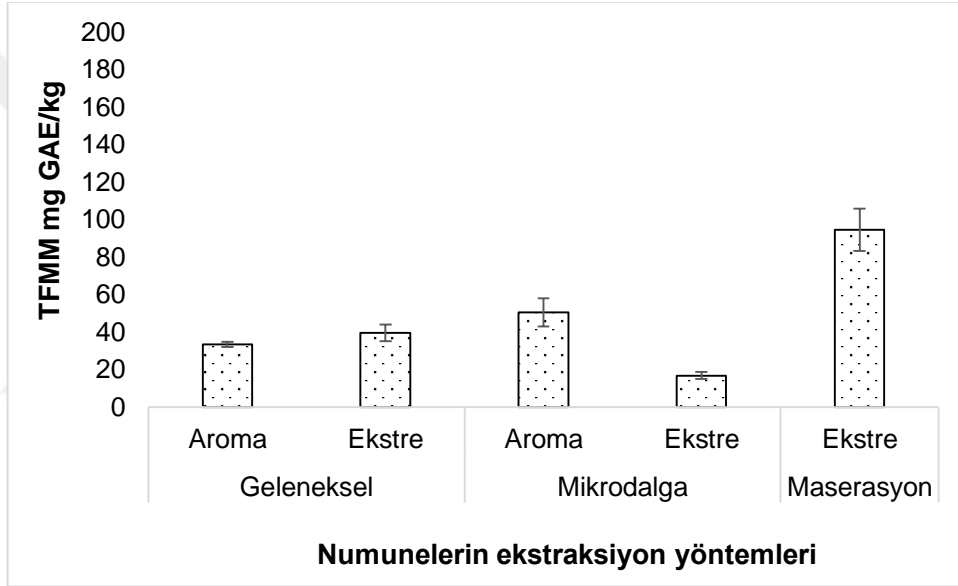


Şekil 4. 6. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Püskürtmeli kurutma ile kapsüllenen trüf mantarı mikroenkapsüllerinin TFMM değerleri Çizelge 4.17. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir. Şekil 4.6. incelendiğinde en yüksek

TFMM içeriği 160.17 mg GAE/kg ile geleneksel ekstre kapsüllerinde saptanmışken, en düşük değer ise 32.63 mg GAE/kg geleneksel yöntem ile elde edilen aroma kapsüllerinde tespit edilmiştir.

Trüf mantarı aroma mikroenkapsüllerinin TFMM içeriği ekstraksiyon yöntemine göre karşılaştırıldığında, mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen aroma kapsüllerinin daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Trüf mantarı ekstre mikroenkapsülleri karşılaştırıldığında ise geleneksel ekstre kapsüllerinin daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.17.).



Şekil 4. 7. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin TFMM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Dondurarak kurutma yöntemi ile kapsüllenen trüf mantarı enkapsüllerinin TFMM değerleri Çizelge 4.17. ve Şekil 4.7.'de verilmiştir. Şekil 4.7. incelendiğinde en yüksek TFMM içeriği 94.37 mg GAE/kg ile maserasyon ekstre kapsüllerinde bulunmuşken, en düşük değer ise 16.73 mg GAE/kg ile mikrodalga yöntem ile elde edilen ekstre kapsüllerinde saptanmıştır.

Trüf mantarı aroma enkapsüllerinin TFMM içeriği ekstraksiyon yöntemine göre karşılaştırıldığında, mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen aroma kapsüllerinin daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Trüf mantarı ekstre kapsülleri

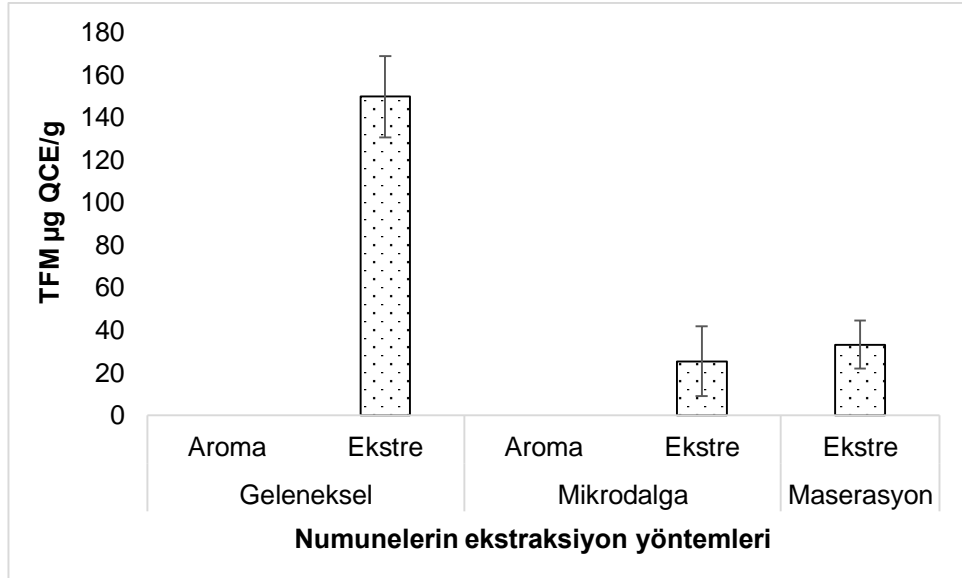
karşılaştırıldığında ise maserasyon ve geleneksel ekstre kapsüllerinin daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.17.).

Trüf mantarı ekstre ve aroma kapsüllerinin TFMM içerikleri kurutma metodu açısından değerlendirildiğinde, püskürtmeli kurutma ile elde edilen mantar tozlarının daha iyi fenolik madde içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Saikia ve ark. (2015), Averrhoa carambola (Karambola) bitkisini püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile enkapsülasyonu sonucu, püskürtmeli kurutma ile elde edilen tozların daha yüksek TFMM içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

4.4.2. Trüf mantarı enkapsüllerinin TFM değerleri

Çizelge 4. 18. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin TFM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Numune türü		TFM µg QCE/g	Standart Sapma	Varyasyon	
Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma	-	-	
		Ekstre	149.69	±19.18	6.22
	Mikrodalga	Aroma	-	-	-
		Ekstre	25.31	±16.38	12.87
	Maserasyon	Ekstre	33.22	±11.37	8.42
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel	Aroma	-	-
Ekstre			-	-	-
Mikrodalga		Aroma	-	-	-
		Ekstre	-	-	-
Maserasyon		Ekstre	-	-	-



Şekil 4. 8. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerinin TFM içeriğinin ekstraksiyon yöntemine göre değişim grafiği

Çizelge 4.18. ve Şekil 4.8.’ de trüf mantarı aroma ve eskresinin, püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin TFM değerleri verilmiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mantar mikroenkapsüllerinde en yüksek TFM içeriği 149.69 µg QCE/g ile geleneksel ekstre kapsüllerinde tespit edilmiştir. En düşük değer ise 25.31 µg QCE/g ile mikrodalga ekstre kapsüllerinde saptanmıştır. Dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikroenkapsüllerde ise TFM içeriği bulunmadığı yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

Trüf mantarı ekstre enkapsüllerinin TFM içeriği ekstraksiyon yöntemine göre karşılaştırıldığında, geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen ekstre kapsüllerinin daha yüksek TFM içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Trüf mantarı aroma enkapsüllerinde ise TFM içeriğinin bulunmadığı yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.18.).

Ballesteros ve ark. (2017), kahveden ekstrakte edilen antioksidan fenolik bileşikler püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemleri ile enkapsüle etmişlerdir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen tozların dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen tozlara göre daha yüksek TFM içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

4.4.3. Trüf mantarı enkapsüllerinin DPPH % inhibisyon değerleri

Çizelge 4. 19. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin DPPH % inhibisyon değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

	Kurutma Yöntemi	Numune türü	DPPH % inhibisyon	Standart Sapma	Varyasyon		
2.5 mg/ml	Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma	84.02	±2.16	2.57	
			Ekstre	86.56	±0.73	0.84	
		Mikrodalga	Aroma	82.08	±0.51	0.63	
			Ekstre	86.99	±1.64	1.88	
		Maserasyon	Ekstre	85.68	±1.06	1.24	
			Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel	Aroma	83.74	±0.57
	Ekstre	84.49			±0.98	1.16	
	Mikrodalga	Aroma		82.14	±0.09	0.11	
		Ekstre		87.43	±0.51	0.59	
	Maserasyon	Ekstre		90.16	±0.39	0.43	
		5 mg/ml		Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma	82.45
	Ekstre		75.62			±0.75	0.99
Mikrodalga	Aroma		81.92		±2.33	2.85	
	Ekstre		83.89		±1.00	1.19	
Maserasyon	Ekstre		79.66		±1.12	1.4	
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)		Geleneksel		Aroma	84.58	±0.43
Ekstre				84.96	±0.86	1.01	
Mikrodalga			Aroma	86.12	±0.47	0.54	
			Ekstre	86.46	±1.17	1.36	
Maserasyon			Ekstre	89.94	±0.24	0.27	
			7.5 mg/ml	Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma	83.05
Ekstre	74.62					±2.82	3.78
Mikrodalga	Aroma	85.62			±1.60	1.87	
	Ekstre	77.75			±5.50	7.08	
Maserasyon	Ekstre	76.03			±5.79	7.61	
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel			Aroma	82.08	±1.90
Ekstre				83.74	±0.57	0.68	
Mikrodalga		Aroma		85.77	±0.54	0.63	
		Ekstre		86.30	±3.18	3.68	
Maserasyon		Ekstre		88.62	±1.10	1.25	

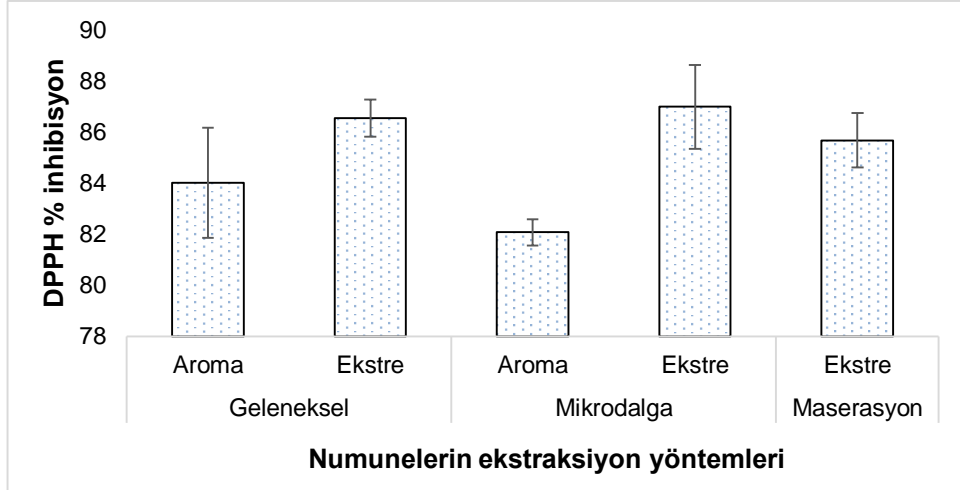
Trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin antioksidatif özelliği serbest radikal süpürme aktivitelerine göre incelenmiştir. Çizelge 4.19.'da trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon ve enkapsülasyon yöntemine göre değişimi gösterilmektedir.

Çizelge 4. 20. 5 mg/ml için trüf mantarı ekstre ve aromasının mg TEAC/g cinsinden DPPH analiz sonuçları

		Numune türü	mg TEAC/L
5 mg/ml	Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma 152.23±13.29
			Ekstre 97.33±5.32
		Mikrodalga	Aroma 155.99±16.50
			Ekstre 28.23±7.10
		Maserasyon	Ekstre 42.35±7.92
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel	Aroma 137.17±3.04
			Ekstre 65.29±6.08
		Mikrodalga	Aroma 126.32±3.34
			Ekstre 24.62±8.32
		Maserasyon	Ekstre 24.48±1.75
BHT standardı			73.61±7.31

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma

Trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin antioksidatif özellikleri; % inhibisyon potansiyeline göre incelenmesinin yanı sıra bu yarı konsantrasyon radikali giderecek trolox cinsinden konsantrasyonları da belirlenmiştir. Ayrıca sentetik antioksidan BHT'de trolox cinsinden hesaplanmıştır. Serbest radikal DPPH'ın yarı konsantrasyonu, BHT standardı ile 73.61 ppm ile inhibe edilebilmiştir. Numunelerde ise en iyi sonuç 24.48 ppm ile dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneğinde gözlemlenmiştir (Çizelge 4.20.).

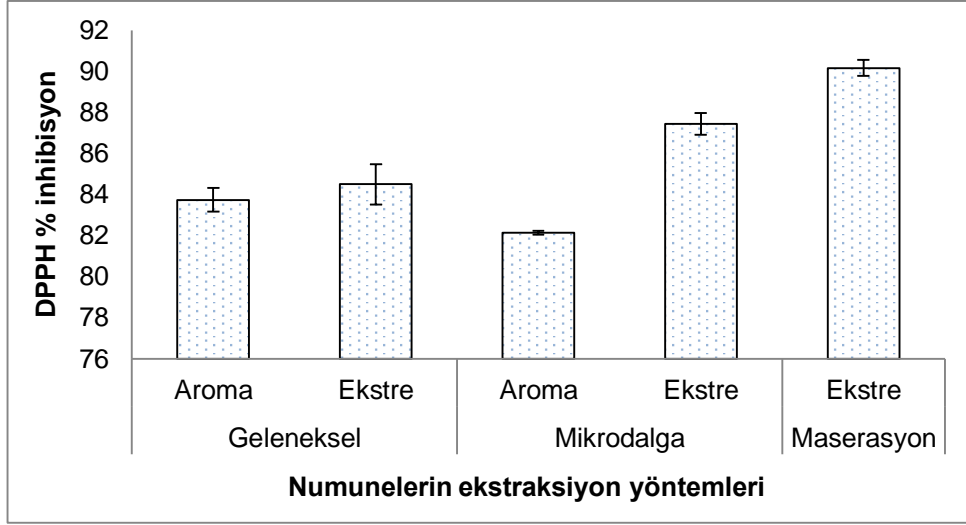


Şekil 4. 9. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerin 2.5 mg/ml'deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin DPPH radikali süpürme aktivite analizleri 2.5, 5 ve 7.5 mg/ml konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Mantar enkapsüle örneklerinin bütün konsantrasyonlarda yüksek antioksidan kapasite gösterdiği yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.19.).

Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı mikroenkapsüllerinin en iyi DPPH radikali süpürme aktivitesi sonuçlarının, 2.5 mg/ml konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.19.). 2.5 mg/ml konsantrasyonda en yüksek AA %86.99 ile mikrodalga ekstre kapsüllerinde tespit edilmiştir. En düşük AA ise %82.08 ile mikrodalga ekstraksiyon ile elde edilen aroma kapsüllerinde saptanmıştır (Şekil 4.9.).

Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aroma mikroenkapsüllerinin antioksidan kapasiteleri karşılaştırıldığında, geleneksel ekstraksiyonu ile elde edilen aroma kapsüllerinin 2.5, 5 ve 7.5 mg/ml konsantrasyonlarında daha yüksek AA gösterdiği tespit edilmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstre kapsülleri karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesini mikrodalga ekstre kapsüllerinin gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19.)



Şekil 4. 10. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 2.5 mg/ml'deki DPPH % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin en iyi DPPH radikali süpürme aktivitesi sonuçları 2.5 mg/ml konsantrasyonda gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19.). Mantar enkapsüllerinde 2.5 mg/ml konsantrasyonda en yüksek AA %90.16 ile maserasyon ekstre kapsüllerinde tespit edilmiştir. En düşük AA ise %82.14 ile mikrodalga ekstraksiyon ile elde edilen aroma kapsüllerinde belirlenmiştir (Şekil 4.10.).

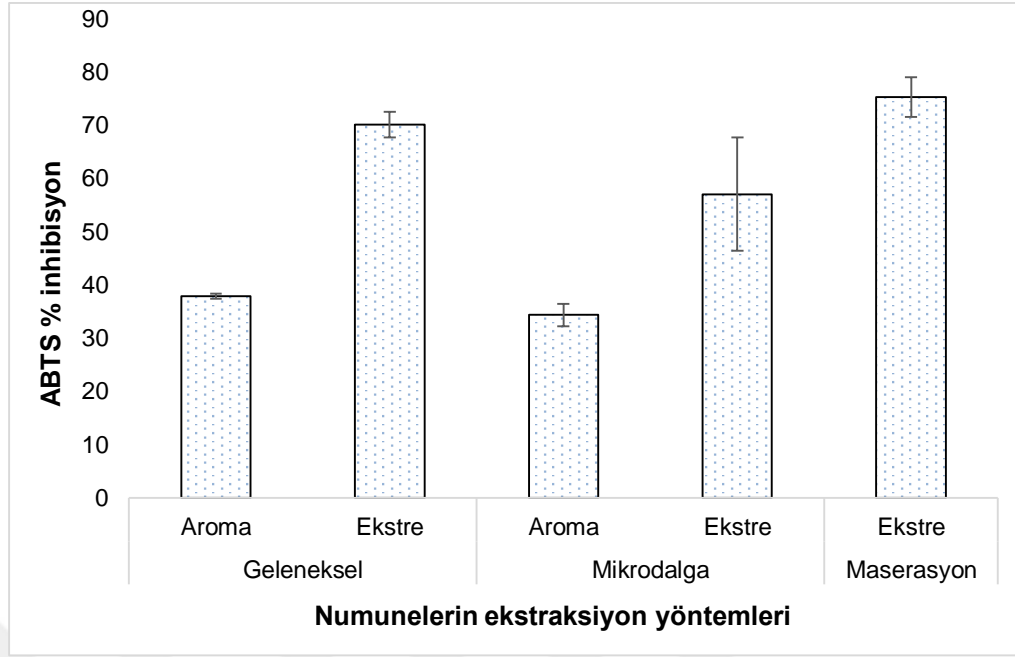
Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aroma enkapsüllerinin antioksidan kapasiteleri karşılaştırıldığında, mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen aromaların 2.5, 5 ve 7.5 mg/ml konsantrasyonlarında daha yüksek AA gösterdiği tespit edilmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstre mikroenkapsülleri karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek DPPH radikali süpürme aktivitesini maserasyon ekstre kapsüllerinin gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19.).

4.4.4. Trüf mantarı enkapsüllerinin ABTS % inhibisyon değerleri

Çizelge 4. 21. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin ABTS % inhibisyon değerlerinin ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

	Numune Türü	Hacim (mg/L)	ABTS % inhibisyon	mg TEAC/L	
Püskürtmeli Kurutucu (Spray Dryer)	Geleneksel aroma	100	*16.95±0.33	339.40±7.98	
		200	24.27±1.17	358.20±5.65	
		300	37.86±0.47	318.56±8.93	
	Geleneksel ekstre	100	26.71±2.43	86.48±10.33	
		200	49.16±2.74	62.97±11.66	
		300	70.15±1.69	40.98±7.18	
	Mikrodalga aroma	100	15.36±1.87	414.68±9.86	
		200	25.05±1.32	360.86±3.77	
		300	34.37±2.10	286.22±16.86	
	Mikrodalga ekstre	100	31.51±4.96	65.75±21.10	
		200	44.63±4.42	54.65±18.80	
		300	57.08±10.67	44.13±45.37	
	Maserasyon ekstre	100	27.03±1.73	169.80±7.39	
		200	57.60±6.09	106.69±25.90	
		300	75.26±3.72	70.24±15.83	
	Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel aroma	100	10.00±0.22	428.85±0.93
			200	24.28±3.91	369.06±16.36
			300	34.28±4.40	327.20±18.42
Geleneksel ekstre		100	7.22±1.23	108.49±5.16	
		200	22.61±4.15	92.61±17.38	
		300	37.83±5.89	76.93±24.69	
Mikrodalga aroma		100	15.39±1.23	406.26±5.18	
		200	26.71±1.92	358.87±8.03	
		300	42.22±23.13	293.97±8.93	
Mikrodalga ekstre		100	8.46±1.20	86.53±5.03	
		200	18.04±1.21	78.56±5.07	
		300	36.61±2.46	63.11±10.32	
Maserasyon ekstre		100	13.38±2.35	201.30±9.86	
		200	26.24±0.90	175.17±3.77	
		300	44.07±4.02	138.94±16.86	

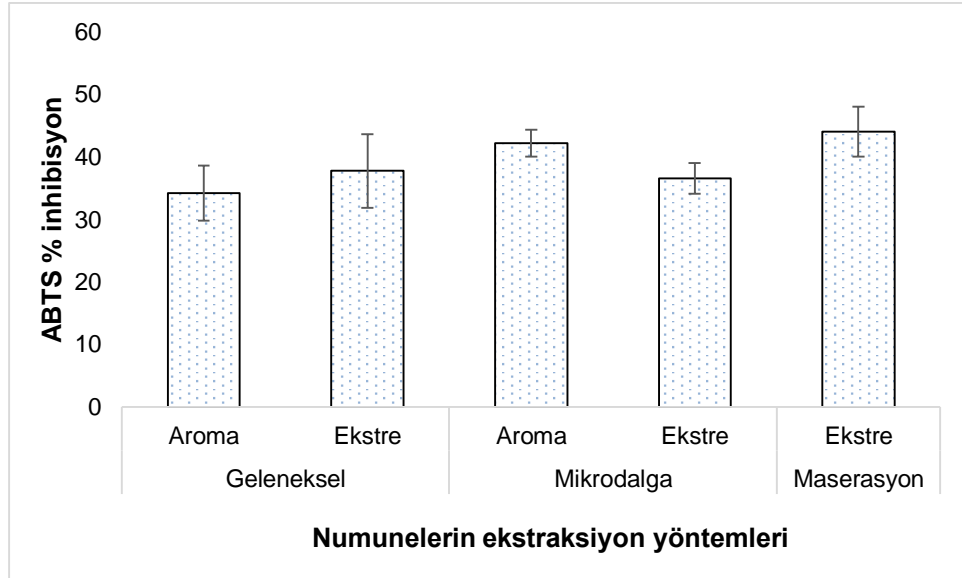
* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



Şekil 4. 11. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 300 mg/L'deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Trüf mantarı püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin ABTS radikali süpürme aktiviteleri 100, 200 ve 300 mg/L konsantrasyonlarında analiz gerçekleştirilmiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı mikroenkapsüllerinin en iyi ABTS % inhibisyon sonuçları 300 mg/L konsantrasyonunda görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin mg TEAC/g cinsinden antioksidan aktivite değerleri verilmiştir (Çizelge 4.21.). 300 mg/L konsantrasyonda en yüksek AA %75.26 ile maserasyon ekstre kapsüllerinde saptanmıştır. En düşük AA ise %34.37 ile mikrodalga ekstraksiyon ile elde edilen aroma kapsüllerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.11.).

Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aroma enkapsüllerinin ABTS radikali süpürme aktivitesi karşılaştırıldığında, geleneksel ekstraksiyonu ile elde edilen aromaların bütün konsantrasyonlarında daha yüksek süpürme aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstre mikroenkapsülleri karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek ABTS radikali süpürme aktivitesini maserasyon ekstrelerinin gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.21.).



Şekil 4. 12. Dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin 300 mg/L'deki ABTS % inhibisyonunun ekstraksiyon yöntemine göre değişimi grafiği

Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin en iyi ABTS radikali süpürme aktivitesi sonuçları 300 mg/L konsantrasyonunda olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21.). Mantar enkapsüllerinde 300 mg/L konsantrasyonda en yüksek süpürücü aktivite %44.07 ile maserasyon ekstre kapsüllerinde saptanmıştır. En düşük süpürme aktivitesi ise %34.28 ile geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen aroma kapsüllerinde belirlenmiştir (Şekil 4.12.).

Geleneksel ve mikrodalga ekstraksiyonları ile elde edilen mantar aroma enkapsüllerinin antioksidan kapasiteleri karşılaştırıldığında, mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen aromaların her konsantrasyonda daha yüksek süpürme aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir. Geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonu ile elde edilen mantar ekstre mikroenkapsülleri karşılaştırıldığında ise üç farklı konsantrasyonda en yüksek ABTS radikali süpürme aktivitesini maserasyon ekstre kapsüllerinin gösterdiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.21.).

Trüf mantarı ekstre ve aroma kapsüllerinin AA değerleri kurutma metodu açısından değerlendirildiğinde, püskürtmeli kurutma ile elde edilen mantar tozlarının daha iyi AA gösterdiği tespit edilmiştir. Kang ve ark. (2014), püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen agaro-oligosakkarit tozlarının AA değerlerini

kurutma metoduna göre karşılaştırmışlardır. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen tozların daha iyi fonksiyonel ve antioksidan özelliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

4.4.5. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin fiziksel analiz değerleri



Çizelge 4. 22. Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerinin fiziksel analiz değerleri

Kurutma yöntemi	Numune türü	Kitle yoğunluğu (g/ml)	Sıkıştırılmış kitle yoğunluğu (g/ml)	Hausner oranı	Carr indeks	Su aktivitesi	Islanabilirlik (sn)	Verim (%)
Püskürtmeli Kurutma (Spray Dryer)	Geleneksel	Aroma *0.300±0.010	0.341±0.013	1.27±0.270	12.00±0.05	0.210±0.001	345.33±3.51	40.81
		Ekstre 0.300±0.010	0.366±0.015	1.21±0.009	18.01±0.63	0.237±0.001	392.60±2.51	22.43
	Mikrodalga	Aroma 0.422±0.010	0.545±0.016	1.29±0.060	22.52±4.36	0.170±0.000	254.00±1.00	37.23
		Ekstre 0.306±0.010	0.375±0.015	1.22±0.009	18.38±0.63	0.201±0.000	301.66±2.08	41.76
	Maserasyon	Ekstre 0.325±0.006	0.374±0.008	1.31±0.270	13.07±0.17	0.394±0.003	374.00±1.52	48.88
		Aroma 0.297±0.005	0.389±0.009	1.30±0.110	23.70±0.47	0.163±0.000	162.66±0.57	81.49
Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel	Ekstre 0.288±0.005	0.361±0.020	1.26±0.073	20.25±3.14	0.175±0.001	137.66±0.57	68.36
	Mikrodalga	Aroma 0.306±0.005	0.389±0.009	1.26±0.010	21.39±0.52	0.032±0.000	172.00±1.00	83.48
		Ekstre 0.306±0.005	0.389±0.009	1.26±0.010	21.39±0.52	0.172±0.000	201.66±0.57	62.88
	Maserasyon	Ekstre 0.428±0.010	0.517±0.015	1.28±0.130	17.26±0.39	0.115±0.000	194.66±1.52	63.25

Püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı aroma ve ekstre enkapsüllerinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.22.'de verilmiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mantar mikroenkapsüllerinin carr indeks ve hausner oranları sırasıyla; geleneksel aroma ve maserasyon ekstresinin iyi seviye, geleneksel ve mikrodalga ekstrelerinin orta seviye, mikrodalga ekstraksiyon ile elde edilen mantar tozunun ise geçerli seviyede olduğu belirlenmiştir. Mikroenkapsüle örneklerin akışkanlık ve yapışma derecesi açısından kabul edilebilir seviyede olduğu tespit edilmiştir. En iyi su aktivitesi değeri 0.170 ± 0.0005 ile püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga aromasında saptanmıştır. Mantar mikroenkapsülleri ıslanabilirlik açısından değerlendirildiğinde en yüksek değer 194.66 ± 1.52 sn ile geleneksel ekstraksiyon ile elde edilen ekstrede belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerde en iyi verim %48.88 ile maserasyon ekstresinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Dondurarak kurutma ile elde edilen mantar enkapsüllerinin maserasyon ekstresinde orta seviyede; geleneksel, mikrodalga aroma ve ekstrelerde ise geçerli seviyede carr indeks ve hausner oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Mikroenkapsüle örneklerin akışkanlık ve yapışma derecesi açısından sınır seviyede olduğu belirlenmiştir. Su aktivitesi değeri açısından en iyi değere 0.032 ± 0.0005 ile mikrodalga ekstraksiyon sonucu elde edilen aromanın sahip olduğu saptanmıştır. Mantar mikroenkapsülleri ıslanabilirlik açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer $392.60 \pm 2,51$ sn ile maserasyon ekstraksiyon sonucu elde edilen ekstrede belirlenmiştir. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikroenkapsüllerde en iyi verim %83.48 ile mikrodalga ekstraksiyonu sonucu elde edilen aromada tespit edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemi karşılaştırıldığında; dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin daha iyi seviyede su aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Fakat carr indeks, hausner oranı ve ıslanabilirlik değerleri açısından bakıldığında püskürtmeli kurutma ile elde edilen enkapsüllerin daha kabul edilebilir seviyede olduğu anlaşılmıştır. Dondurarak kurutma yönteminin püskürtmeli

kurutmaya göre daha yüksek miktarda kapsülleme verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.22.).

Saikia ve ark. (2015), *Averrhoa carambola* (Karambola) bitkisini püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile enkapsüle etmişlerdir. Püskürtmeli kurutmada %63-79, dondurarak kurutmada ise %78-97 kapsülasyon verimi elde etmişlerdir. Trüf mantarının dondurarak kurutma ile yapılan kapsülasyon işlemi veriminin, püskürtmeli kurutmaya göre daha yüksek olması açısından çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Rezende ve ark. (2018), püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile elde edilen Barbados kirazı (*Malpighia emarginata* DC) özü ile tortusu enkapsüllerinin kimyasal ve morfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda; püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen tozların su aktivitesi değerinin dondurarak kurutmaya göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Singh ve ark. (2013), Valsartan ilacının püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile enkapsülasyon işlemini karşılaştırmışlardır. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen enkapsüllerin carr indeks ve hausner oranının daha iyi seviyede olduğunu belirtmişlerdir.

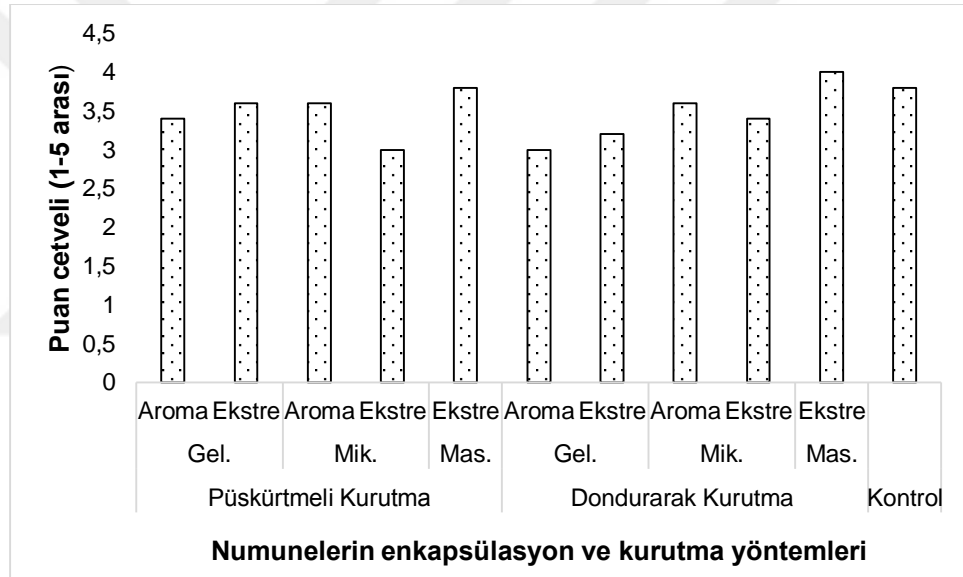
4.4.6. Trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyuşal analizleri

Enkapsüle forma dönüştürülen trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyuşal analiz değerlendirme sonuçları Çizelge 4.23.'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, enkapsüle formundaki tozların kontrol örneği ile benzer özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Hem püskürtmeli hem de dondurarak kurutma ile enkapsüllenen mantar ekstre ve aromasının duyuşal özelliklerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 23. Enkapsüle formundaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının duyu analizi sonuçları

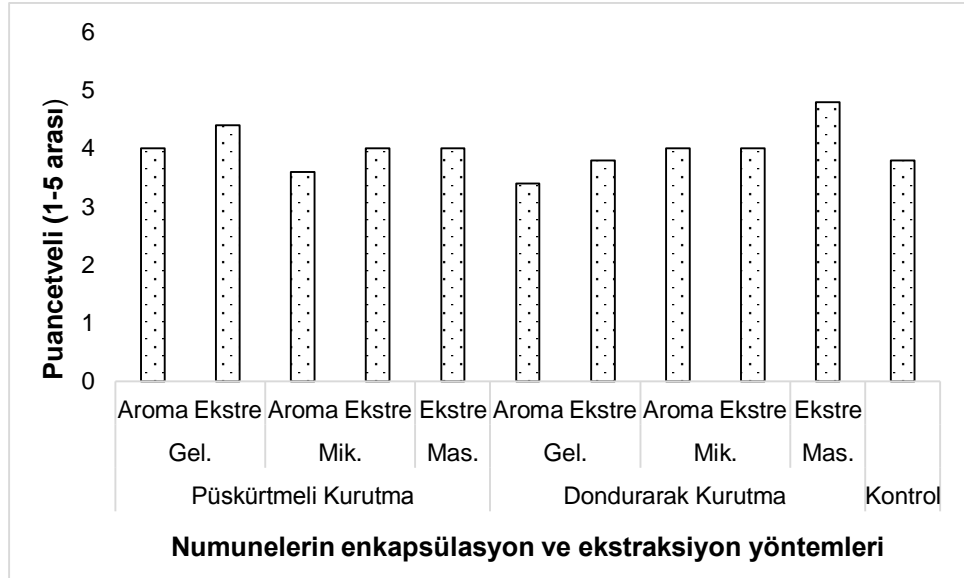
Numune Türü		Koku	Tat-Aroma	Tat yoğ.	Gecikmiş tat	Genel beğeni
Kontrol		*3.8±2.1	3.8±2.3	4.0±2.2	4.0±2.0	3.8±2.0
Püskürtmeli Kurutma	Geleneksel	Aroma	3.4±2.0	4.0±2.1	3.4±1.9	3.4±1.9
		Ekstre	3.6±2.1	4.4±2.4	4.4±2.4	3.0±1.8
	Mikrodalga	Aroma	3.6±2.0	3.6±2.0	3.0±1.6	3.0±1.6
		Ekstre	3.0±1.8	4.0±2.2	3.8±2.2	3.8±2.1
Maserasyon	Ekstre	3.8±2.1	4.0±2.1	4.0±2.1	3.4±1.9	
Dondurarak Kurutma	Geleneksel	Aroma	3.0±1.7	3.4±2.0	4.0±2.1	3.6±2.0
		Ekstre	3.2±1.8	3.8±2.0	3.1±1.6	3.0±1.6
	Mikrodalga	Aroma	3.6±2.0	4.0±2.2	3.6±2.0	3.4±1.9
		Ekstre	3.4±1.9	4.0±2.1	3.6±1.9	3.2±1.7
Maserasyon	Ekstre	4.0±2.1	4.8±2.5	4.5±2.2	4.4±2.4	

* Üç paralel analizin ortalaması ± standart sapma



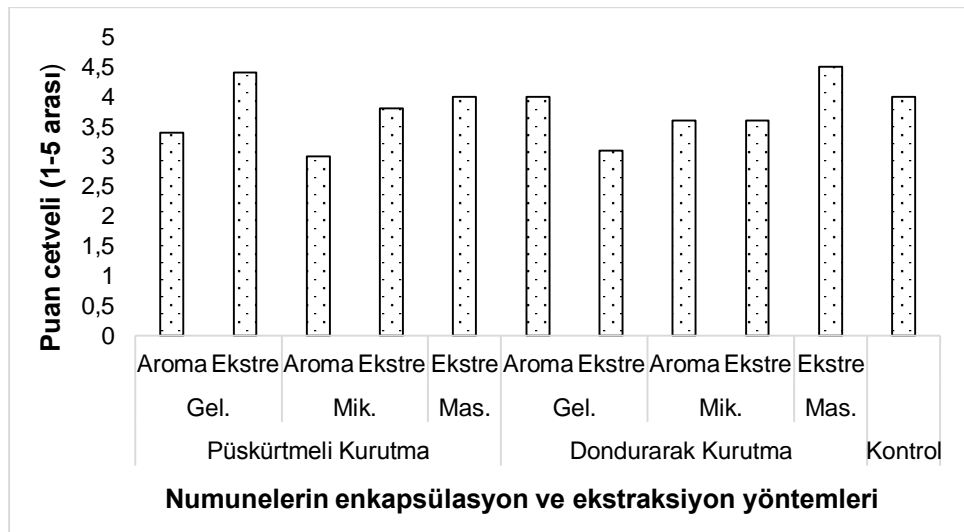
Şekil 4. 13. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının koku özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Şekil 4.13.'te enkapsüle formdaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının koku özelliği verilmiştir. Şekil incelendiğinde kontrol örneği 3.8 puan almışken, dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneği ise 4 puan almıştır. Genel olarak, tüm örneklerin koku özelliği bakımından iyi değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. En zayıf koku özelliğine ise 3 puan ile dondurarak kurutulan geleneksel aroma ve püskürtmeli kurutulan mikrodalga ekstre örnekleri sahip olmuştur.



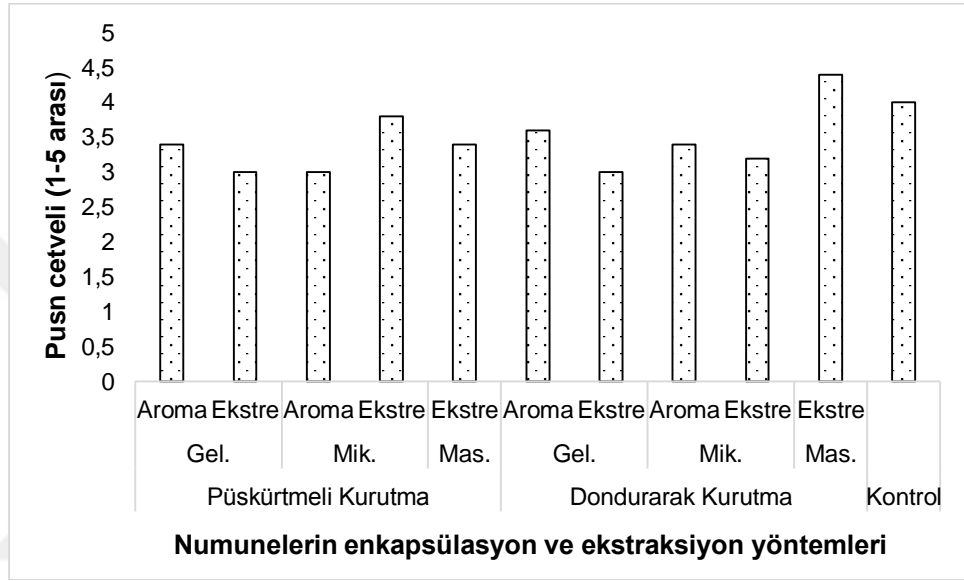
Şekil 4. 14. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının tat-aroma özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Şekil 4.14.'te enkapsüle formdaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının tat-aroma özelliği verilmiştir. Tat-aroma özelliği açısından en yüksek puan 4.8 ile dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneğinde gözlemlenmiştir. Bu örnekten sonra en yüksek değere ise 3.4 puan ile dondurarak kurutulan geleneksel aroma örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir. En zayıf tat-aroma özelliğine ise 3.2 puan ile püskürterek kurutulan mikrodalga aroma ve dondurarak kurutulan geleneksel aroma örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır.



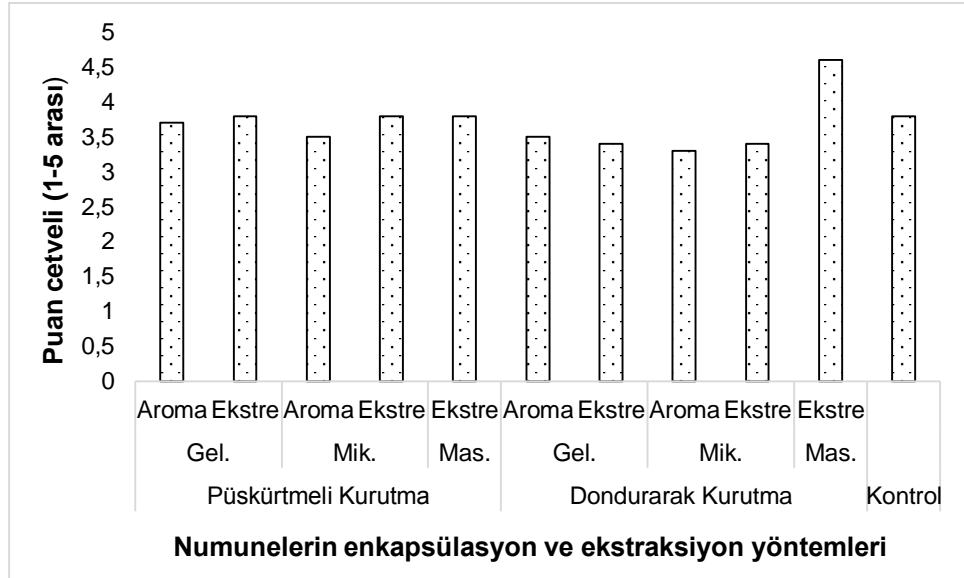
Şekil 4. 15. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının tat yoğunluğu özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Şekil 4.15.'te enkapsüle formdaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının tat yoğunluğu özelliği verilmiştir. Tat yoğunluğu özelliği açısından en yüksek değer 4.5 puan ile dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneğinde elde edilmiştir. Püskürterek kurutulan geleneksel ekstre örneğinin de 4.4 puan ile iyi bir tat yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük tat yoğunluğu değerine ise 3 puan ile püskürterek kurutulan mikrodalga aroma örneği sahip olmuştur.



Şekil 4. 16. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının gecikmiş tat özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Şekil 4.16.'da enkapsüle formdaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının gecikmiş tat özelliği verilmiştir. Daha önceki bölümlerde verilen diğer özellikler gibi gecikmiş tat özelliğinde de en yüksek değer 4.4 puan ile dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneğinde gözlemlenmiştir. İncelenen tüm örneklerin gecikmiş tat özelliğinin 3 ve üzeri puanlandığı belirlenmiştir.



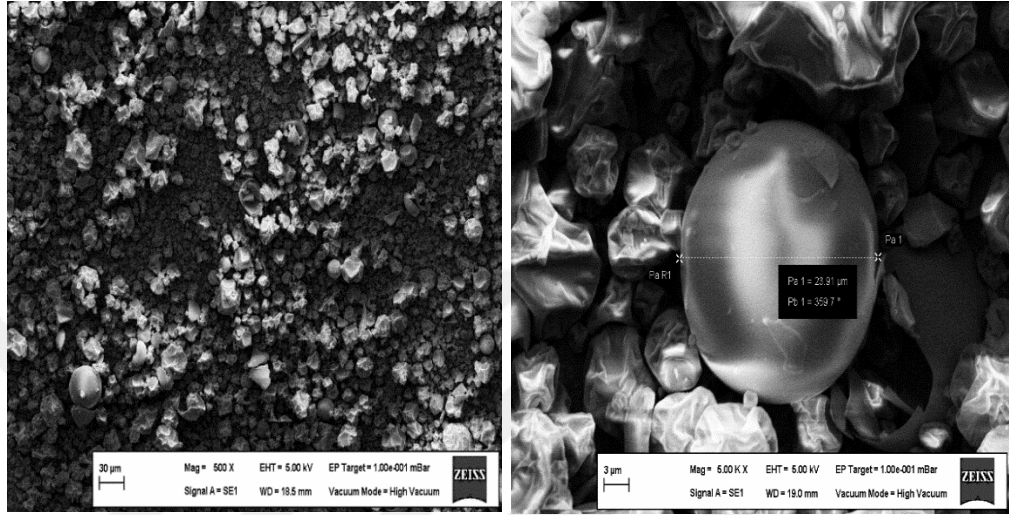
Şekil 4. 17. Enkapsüle trüf mantarı ekstre ve aromasının genel beğeni özelliğinin kurutma ve ekstraksiyon yöntemine göre değişimi

Şekil 4.17.'de enkapsüle formdaki trüf mantarı ekstre ve aroma tozlarının genel beğeni özelliği verilmiştir. Ürünlerin genel beğeni özellikleri değerlendirildiğinde; en yüksek beğeni 4.6 puan ile dondurarak kurutulan maserasyon ekstre örneği alırken, en düşük beğeni ise 3.3 puan ile dondurarak kurutulan mikrodalga aroma örneği almıştır.

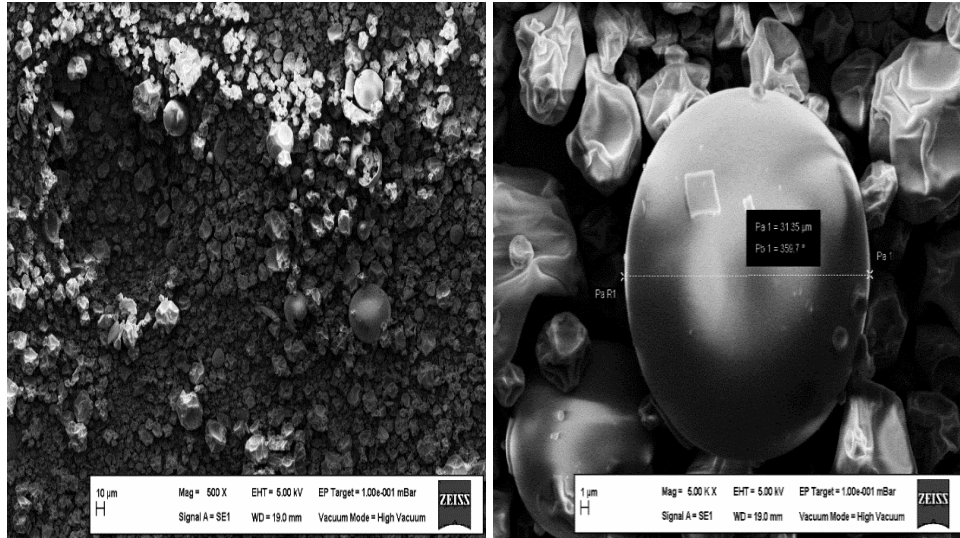
Dondurularak kurutulan maserasyon örneğinin incelenen tüm duyuşal özelliklerde yüksek seviyede puan aldığı belirlenmiştir. Ayrıca bu örneğin önceki bölümlerde belirtilen TFMM ve AA özelliklerinin, diğer örneklere göre daha iyi seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Püskürterek kurutulan mikrodalga ekstre örneğinin ise tüm duyuşal özelliklerde en düşük puan aldığı gözlemlenmiştir.

4.5. Püskürtmeli ve Dondurarak Kurutma ile Elde Edilen Trüf Mantarı Enkapsüllerinin Morfolojik Özellikleri

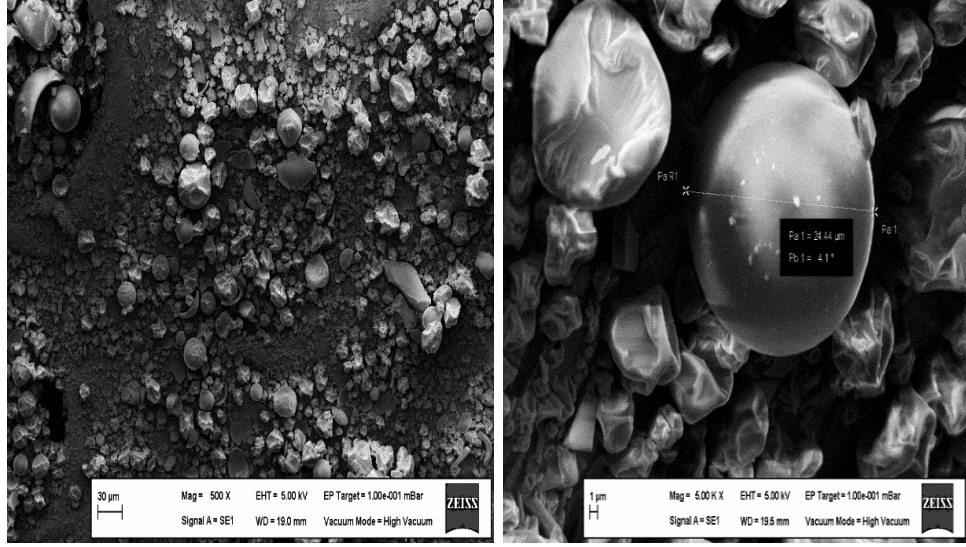
4.5.1. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı mikroenkapsüllerinin SEM analizleri



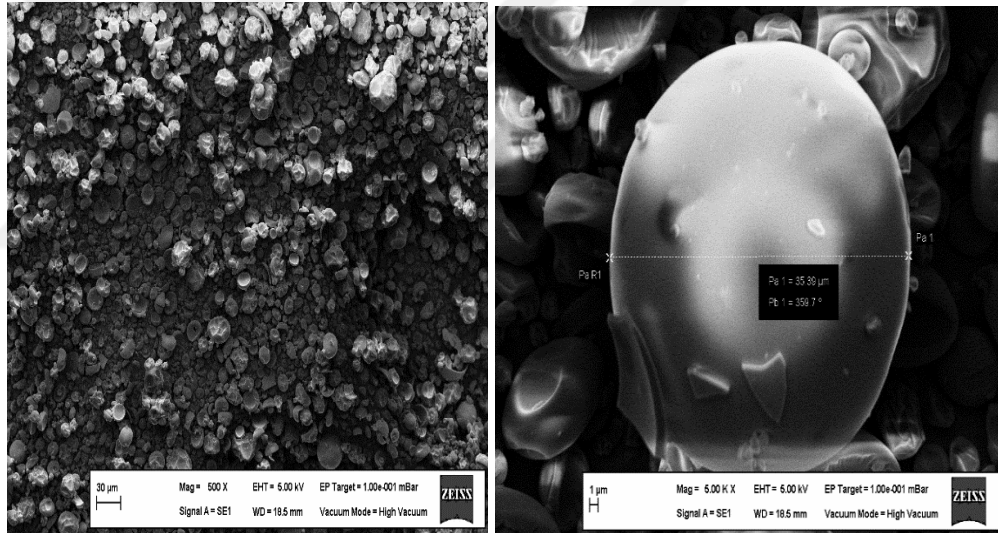
Şekil 4. 18. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



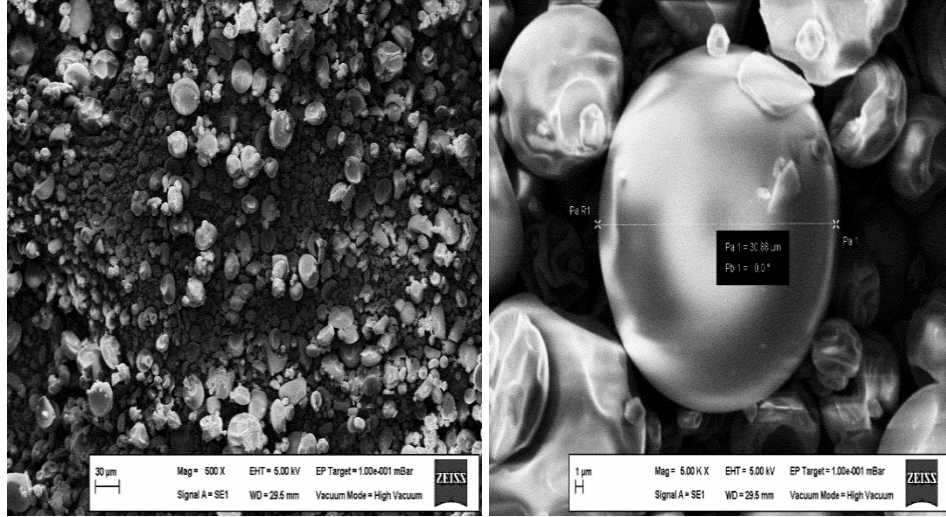
Şekil 4. 19. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



Şekil 4. 20. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



Şekil 4. 21. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri



Şekil 4. 22. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma kapsüllerinin SEM görüntüleri

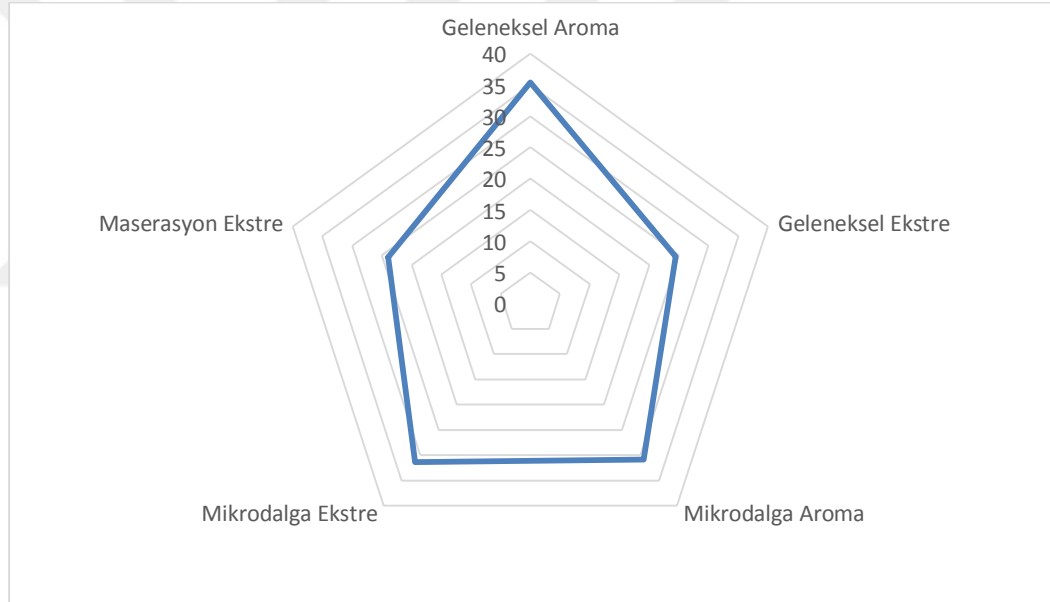
Şekil 4.18., 4.19., 4.20., 4.21. ve 4.22.'de trüf mantarının püskürtmeli kurutma ile elde edilen aroma ve ekstre mikroenkapsüllerinin 500 ve 5000 kat büyütülmüş taramalı elektron mikroskopu görüntüleri verilmiştir. 500 kat büyütülmüş görüntülerde yassı ve basık mikrokürecik paketçikler görülmüştür. Bundan dolayı kaplama materyalinin trüf mantarı ekstre ve aromasını tam kaplamadığını gösterdiği düşünülmüştür.

5000 kat büyütülmüş SEM görüntülerinde ise duvar materyali ile kaplanmış trüf mantarı ekstre ve aromasının mikrobaloncuk formu belirlenmiştir. Görüntüler incelendiğinde enkapsüle ekstre ve aromaların pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma mikroenkapsüllerinde belirgin bir kopukluk ve çatlak olmayan mikropartiküller elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu görüntüler incelendiğinde, trüf ekstre ve aromasının duvar materyali tarafından iyi kaplandığı sonucuna varılmıştır. Porras-Saavedra ve ark. (2015) parçacık yüzeyinde olan herhangi bir hasarın aktif bileşenlerin korunmasını azaltacağını ifade etmişlerdir. Bu yönüyle enkapsüle aroma ve ekstrelerin enkapsülasyon işleminin aktif bileşenleri koruyucu şekilde gerçekleştiği belirlenmiştir. Archania ve ark. (2019) *Hibiscus sabdariffa* L. (Kerkede) bitkisi ekstraktını gam arabik-maltodekstrin ile enkapsüle etmişlerdir. Mikroenkapsüllerin yüzeylerinin pürüzsüz olduğunu ve herhangi bir kopukluk olmadığını

gözlemlenmişlerdir. Sonuçların benzer çıkması sebebiyle çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Çizelge 4. 24. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf ekstre ve aroma mikroenkapsüllerinin çap boyutları

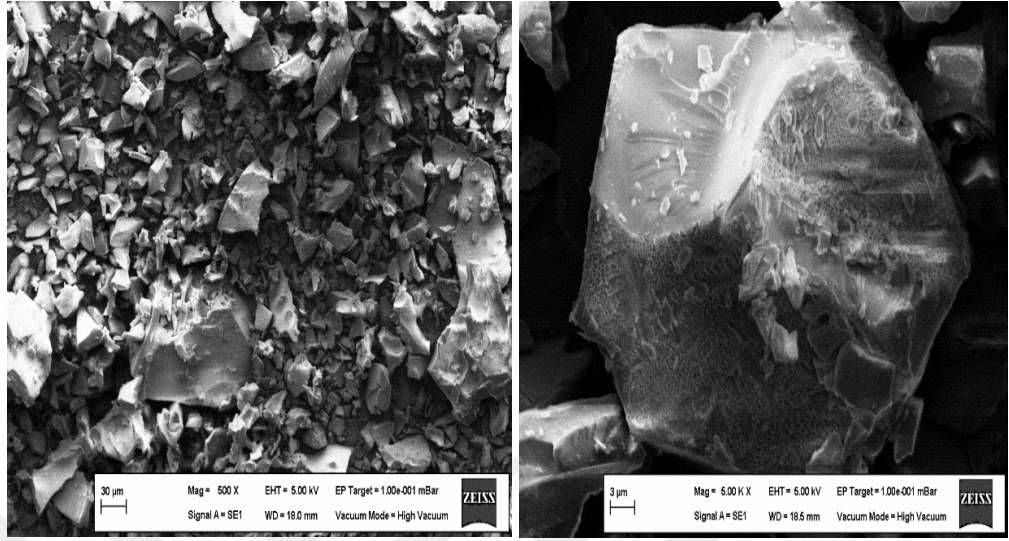
	Numune türü	Kapsül çapı (µm)	
		Aroma	Ekstre
Püskürtmeli kurutma (Spray dryer)	Geleneksel	Aroma	35.39
		Ekstre	24.44
	Mikrodalga	Aroma	30.88
		Ekstre	31.35
	Maserasyon	Ekstre	23.91



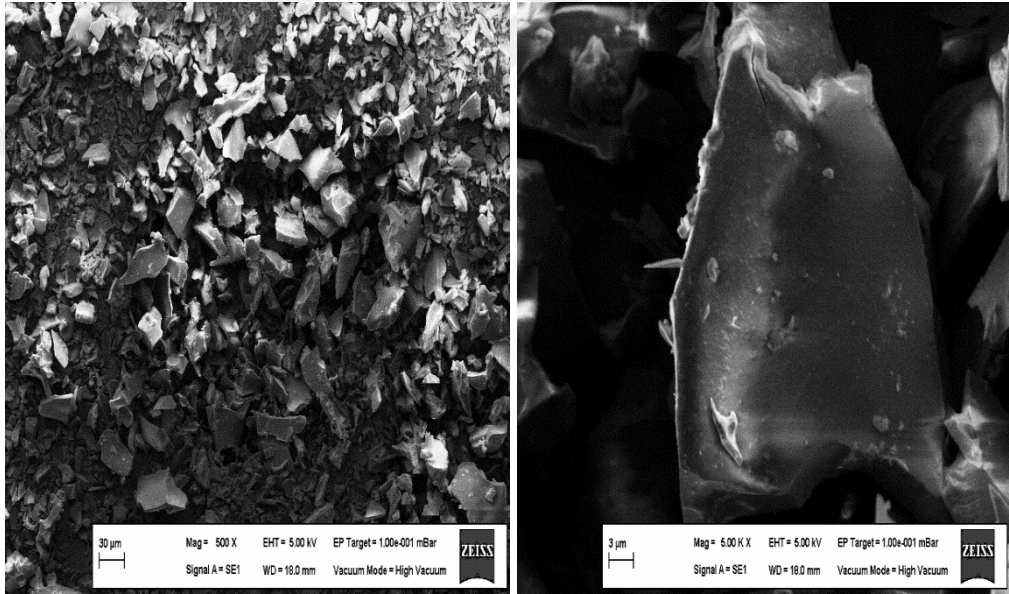
Şekil 4. 23. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf ekstre ve aroma mikroenkapsüllerinin çap boyutları grafiği

Çizelge 4.24. ve Şekil 4.23.'te trüf mantarı ekstre ve aromalarının mikrokapsül çap boyutları verilmiştir. Geleneksel aroma ve ekstre, mikrodalga aroma ve ekstre, maserasyon ekstre sırasıyla 35.39, 24.44, 30.88, 31.35, 23.91 µm çap değerinde mikrokapsülleme yapıldığı belirlenmiştir. Maserasyon ekstre enkapsüle tozunun daha düşük seviyede kapsül çapına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

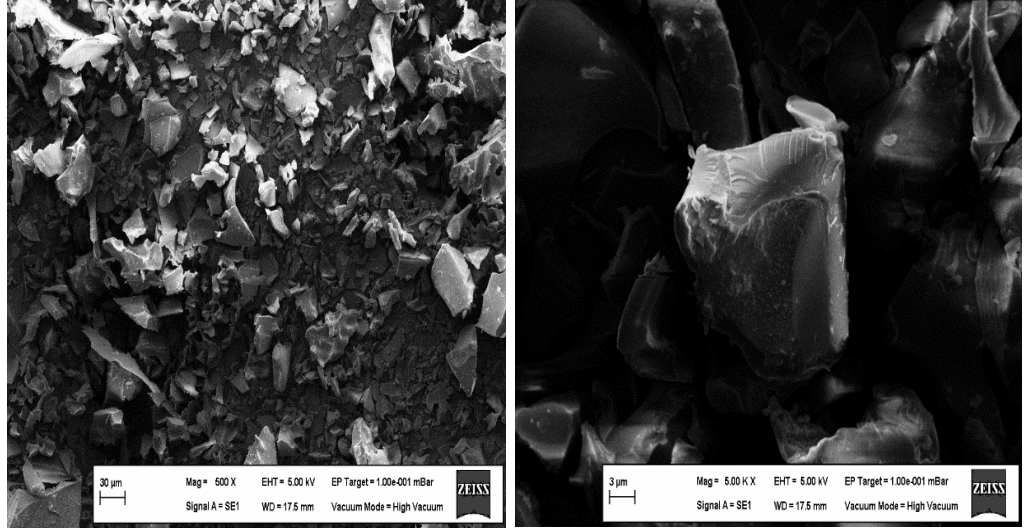
4.5.2. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin SEM analizleri



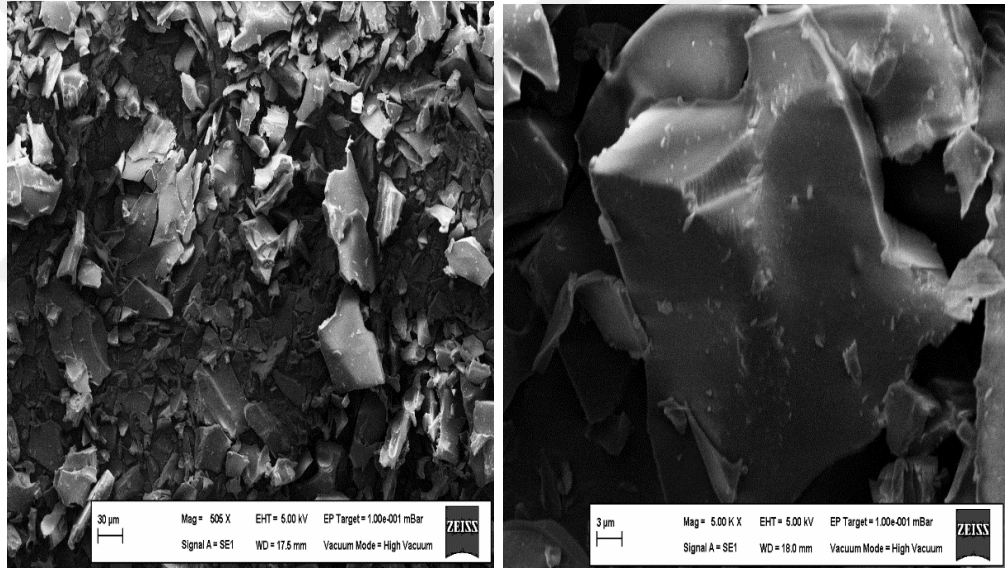
Şekil 4. 24. Dondurarak kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



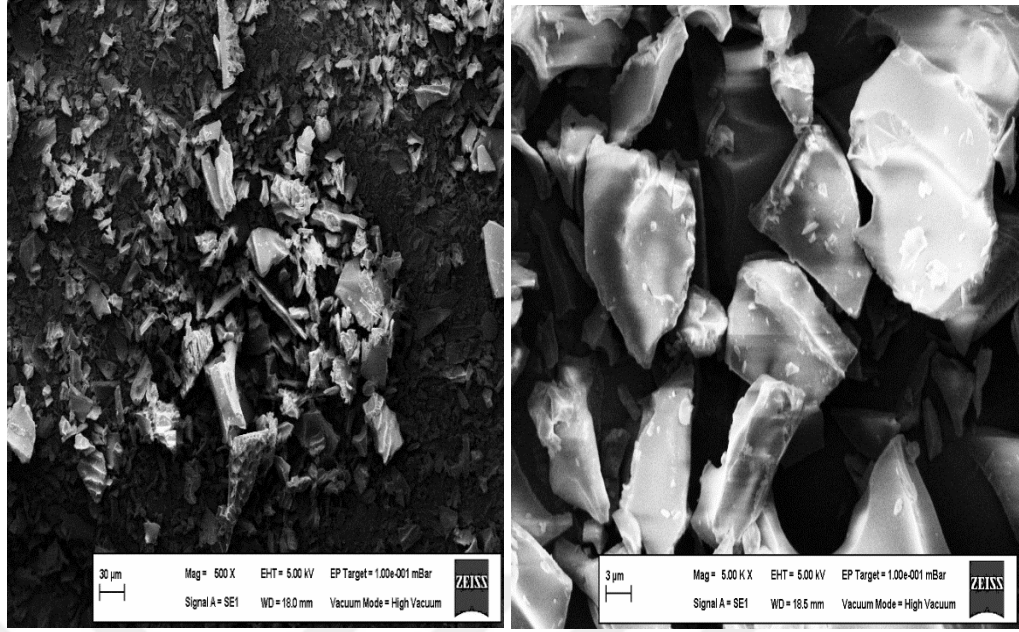
Şekil 4. 25. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



Şekil 4. 26. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre enkapsüllerinin SEM görüntüleri



Şekil 4. 27. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri



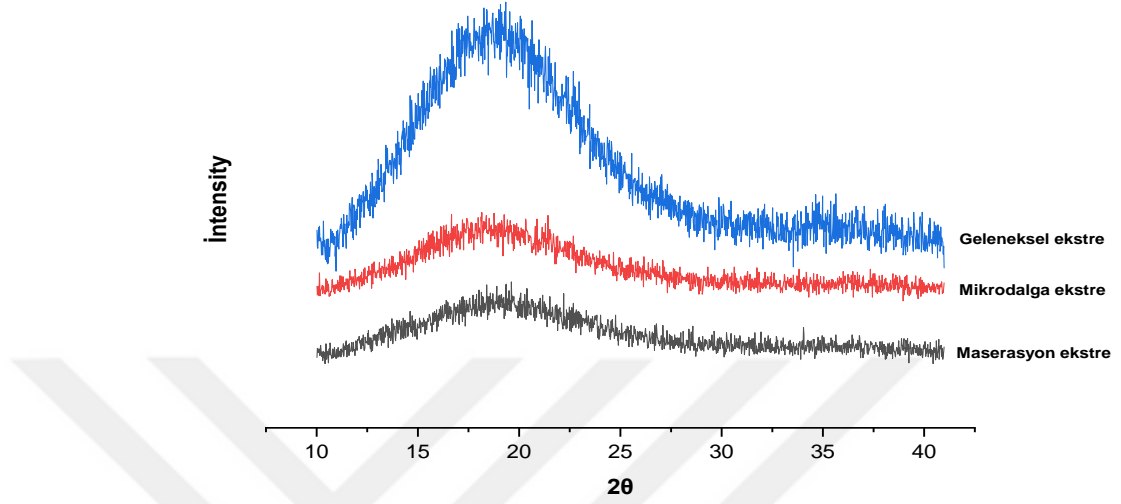
Şekil 4. 28. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma enkapsüllerinin SEM görüntüleri

Şekil 4.24., 4.25., 4.26., 4.27. ve 4.28.'de trüf mantarının dondurarak kurutma ile elde edilen aroma ve ekstre enkapsüllerinin 500 ve 5000 kat büyütülmüş taramalı elektron mikroskopu görüntüleri verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde; mikroenkapsüle paketçiklerin gözlenemediği anlaşılmıştır. Liyofilizasyondan üretilen kapsülasyon ürünlerinde düzlemsel bir yüzey görüntüsü elde edilmiştir.

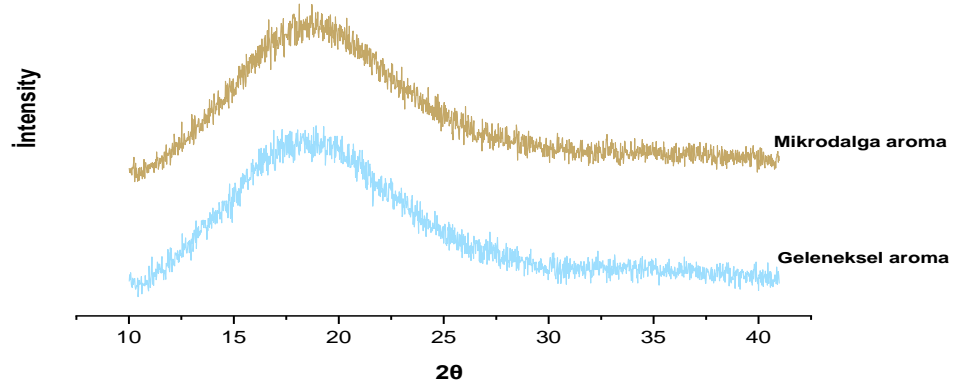
Genel olarak dondurarak kurutma ile elde edilen enkapsüllerin, püskürtmeli kurutmaya göre daha keskin, pürüzsüz eğim geçişleri olan ve düzensiz kristalimsi bir şekle sahip olduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı; dondurarak kurutma ile elde edilen kapsüllerin nanoenkapsülasyon olduğu bu görüntüler neticesinde tahmin edilmiştir. Elektron mikroskopu ile tahmin edilen nano boyuttaki kapsülasyonlar, XRD analizi yapılarak boyut varsayımı kesinleştirilmiştir.

Chen ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada balık yağını fitosterol esterleri ve limonenle, püskürtmeli ve dondurarak kurutma ile enkapsülasyon işlemi uygulamışlardır. Mikrokapsüllerin kırık cam benzeri bir yüzeye, kristalimsi, düzensiz yapıya sahip olduğunu ve liyofilizasyon işleminden kaynaklanan kırılğan bir yapıya sahip olduğunu belirtmişlerdir.

4.5.3. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin XRD değerleri



Şekil 4. 29. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre nanoenkapsüllerinin X-ray diyagramı



Şekil 4. 30. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı aroma nanoenkapsüllerinin X-ray diyagramı

Çizelge 4. 25. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı nanoenkapsüle boyutları

	Numune türü	2θ açısı	FWHM	Nano boyutu (nm)
Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon)	Geleneksel aroma	18.95	0.863	3.406
	Geleneksel ekstre	19.06	0.864	3.403
	Mikrodalga aroma	19.13	0.831	3.537
	Mikrodalga ekstre	19.01	0.854	3.442
	Maserasyon	19.39	0.879	3.347

Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.'da dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma nanoenkapsüllerinin X-ray diyagramı verilmiştir. Numunelerde 19° civarında 2θ açısında amorf yapı gözlemlenmiştir. Benzer bir çalışmada Silva ve ark. (2012), zeytinyağı ve limon salatası sosunu maltodekstrin-gam arabik ile dondurarak kurutma metodu kullanarak kapsüllemişlerdir. Elde ettikleri tozların XRD analizleri sonucunda; maltodekstrin ve gam arabığın amorf karaktere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Maltodesktrin ve gam arabığın; amorf, şekilsiz bir karaktere sahip olmasından dolayı kristalli yapı oluşmadığı tespit edilmiştir (Alves ve ark., 2014).

Ayrıca Çizelge 4.25.'te numunelerin FWHM değerleri verilmiştir. Bu değer ile bir önceki bölümde bahsedilen kapsül boyutları hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; dondurarak kurutma tekniği ile fonksiyonca daha yüksek nano boyutta kaplama yapıldığı tespit edilmiştir. Geleneksel ekstre ve aroma örneklerinde, diğer örneklere göre daha küçük boyutta nanoenkapsülleme yapıldığı gözlemlenmiştir.

4.6. Trüf Mantarı Elementel Analiz Değerleri

Çizelge 4. 26. Trüf mantarı protein değeri (%)

	Azot	Karbon	Hidrojen	Oksijen
Trüf mantarı (<i>Tuber aestivum</i>)	4.75	40.22	5.58	49.43

Çizelge 4.26.'da trüf mantarının protein miktarı verilmiştir. Elementel analiz sonucunda trüf mantarındaki protein miktarı 6.25 çevirme faktörü ile çarpılarak

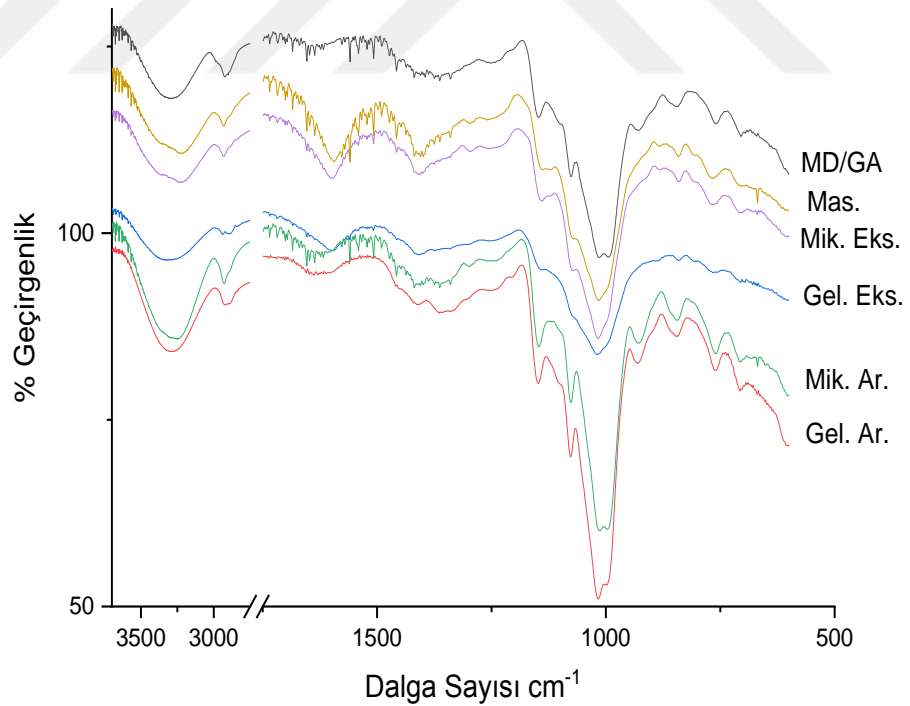
%29.70 olarak tespit edilmiştir. Trüf mantarındaki karbon, hidrojen ve oksijen bileşenleri sırasıyla; %40.22, %5.58 ve %49.43 olarak belirlenmiştir. Rossbach ve ark. (2019), dört farklı bölgeden topladıkları *Tuber aestivum* mantarının iç ve dış kısmının, üç farklı analitik teknik kullanarak inorganik bileşenlerini tespit etmişlerdir. *Tuber aestivum* dış kısmında PGAA tekniğiyle hidrojen miktarını %5.63, karbon miktarını %44, azot miktarını ise %4.93 olarak belirlemişlerdir. Mantarın iç kısmında ise hidrojen %6.29, karbon %42.7, azot %4.73 miktarında saptadıklarını bildirmişlerdir.

4.7. Trüf Mantarı Enkapsüle Tozlarının FT-IR Analizi

Kapsülasyonları yapılan tozların, Fourier dönüşümlü kızılötesi cihazı (FT-IR) ile kimyasal bileşimi yorumlanmıştır. Çizelge 4.27.'de, trüf mantarı ekstre ve aromasında bulunan dalga sayıları ve bileşimlerinin fonksiyonel grupları verilmiştir. Çizelgede verilen 3280-3240 ve 1652 cm^{-1} dalga sayılarının kapsüle tozların bünyesinde bulunan -OH grupları olduğunu ifade etmişlerdir (El-Sawy ve ark., 2010, Jayasekara ve ark., 2004, Karaoğul, 2019). 2912, 1300-1500, 1084 ve 843 cm^{-1} dalga sayılarındaki piklerin CH_2OH 'de -CH ve - CH_2 deformasyon titreşim bağları olduğu belirtmişlerdir (İsmail ve Zaaba, 2014, Jayasekara ve ark., 2004, Xiong ve ark., 2008, Karaoğul, 2019). 2850-2930 cm^{-1} dalga sayısı aralarındaki piklerin hidrojen bağlarının indirgenmesi olarak ifade edildiğini bildirmişlerdir (Jayasekara ve ark., 2003, Karaoğul, 2019). 1400 cm^{-1} dalga sayısındaki pikin ise COO- gruplarına bağlı aminoasitlerden gelen N piki olduğunu ifade etmişlerdir (Davis ve Mauer, 2010). 1200-1278 cm^{-1} dalga sayılarındaki piklerin α -D glikozit bağı glikoz bünyesindeki C-O gerilmeleri olduğunu tespit etmişlerdir (İbrahim ve ark., 2006, Karaoğul, 2019). 1038 cm^{-1} dalga sayısındaki pikin S=O bağları olduğunu bildirmişlerdir (Krishni ve ark., 2013).

Çizelge 4. 27. FT-IR spektrumunun dalga sayıları ve fonksiyonel grupları

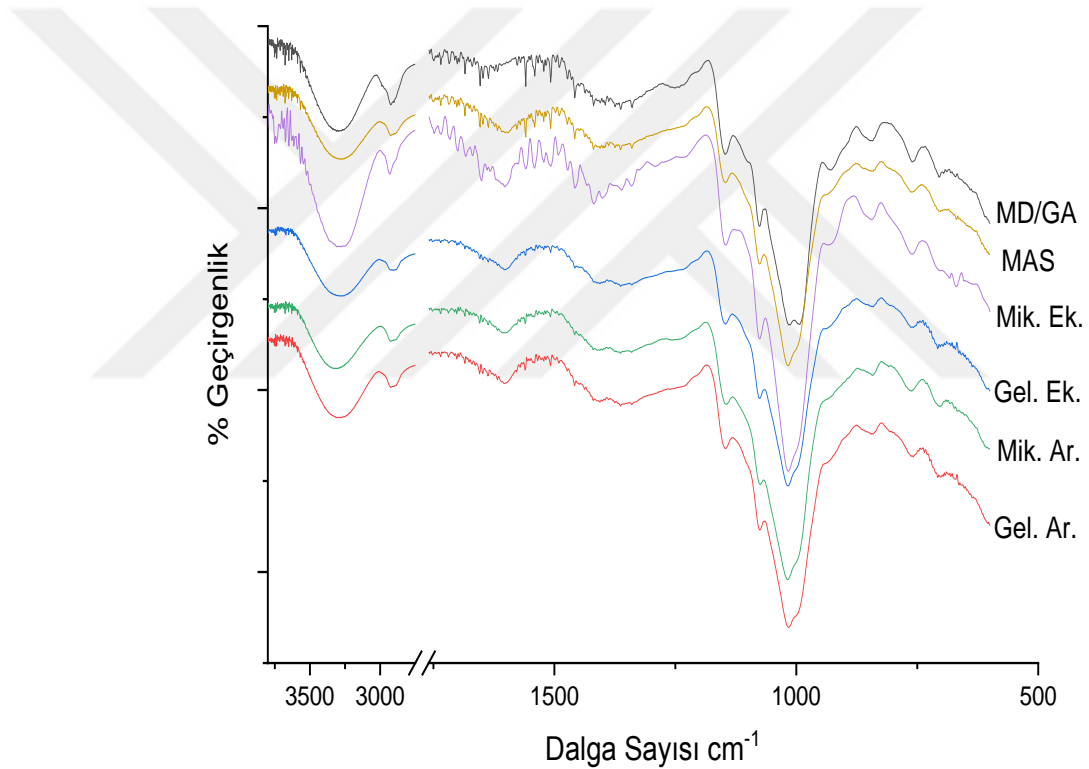
Dalga sayısı (cm ⁻¹)	Fonksiyonel Gruplar	Kaynaklar
3280-3240 ve 1652	Trüf mantarı ekstre ve aroması bünyesinde bulunan –OH grupları	El-Sawy ve ark. (2010), Jayasekara ve ark. (2004), Karaoğul, (2019)
2912, 1300-1500, 1084 ve 843	CH ₂ OH'de –CH ve –CH ₂ deformasyon titreşim bağları	İsmail ve Zaaba (2014), Jayasekara ve ark. (2004), Xiong ve ark. (2008), Karaoğul, (2019)
2850-2930	Hidrojen bağlarının indirgenmesi	Jayasekara ve ark. (2003), Karaoğul, (2019)
1400	COO- gruplarına bağlı aminoaitlerden gelen N piki	Davis ve Mauer (2010)
1220-1278	α-D glikozit bağı glikoz bünyesindeki C-O gerilmeleri	Ibrahim ve ark. (2006), Karaoğul, (2019)
1038	S=O bağları	Krishni ve ark. (2013)



Şekil 4. 31. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR diyagramı

Şekil 4.31.'de püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin FT-IR diyagramı verilmiştir. Şekil incelendiğinde; mikrodalga ve

geleneksel aroma örneklerinde görülen 2940, 1080 ve 1145 cm^{-1} dalga sayılarındaki piklerin CH_2 ve CH 'deki hidrojen bağlarının deformasyonu olarak belirlenmiştir. Bu piklerde aroma örneklerinin apolar özellikte olmasından dolayı duvar materyali ile kapsüle materyal arasındaki bağ azalmış ve H bağları düşmüştür. Ekstre örneklerinin ise polar özellikte olmasından dolayı duvar materyali ile kapsüle materyal arasındaki bağın arttığı ve deformasyonun azaldığı için bu noktalarda görülen pikler azalmıştır. 1038 cm^{-1} dalga sayısındaki pikin trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinde bulunan kükürlü bileşiklerden kaynaklandığı belirlenmiştir.



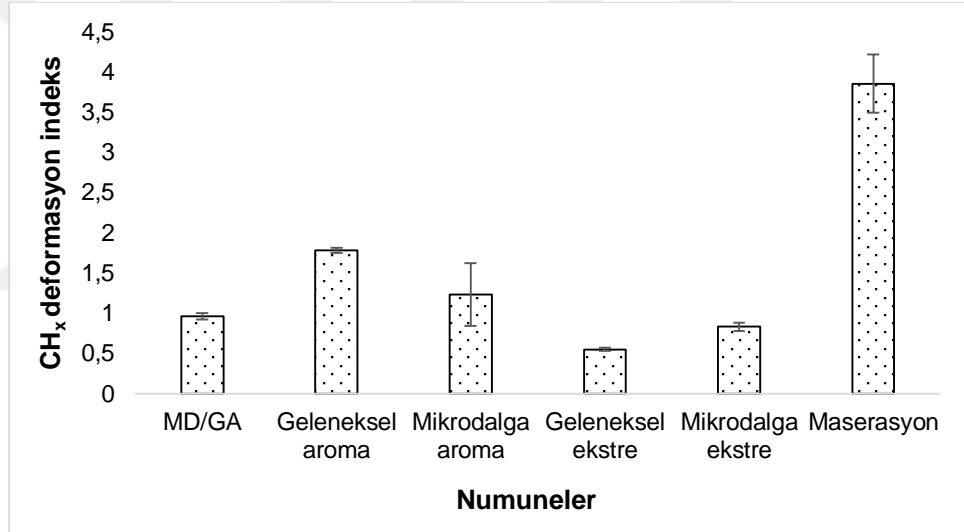
Şekil 4. 32. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin FT-IR diyagramı

Şekil 4.32.'de dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin FT-IR diyagramı verilmiştir. 2940, 1080 ve 1145 cm^{-1} dalga sayılarındaki pik derinliklerinin püskürtmeli kurutma ile elde edilen tozlara göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Nanokapsülasyon yapıldığı için paketçikler arasındaki nano boyut, duvar ile kapsüle malzemeler arasında hidrojen bağı kuvvetini arttırmıştır. Bunun sonucunda da hidrojen bağları kuvvetlenmiş ve daha kuvvetli kapsülasyon

oluştugu belirlenmiştir. Pik derinliklerindeki küçülmenin bu olaydan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 28. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi

	CH _x deformasyon indeksi	Standart sapma (±)	Varyasyon
MD/GA	0.96	0.039	4.07
Geleneksel aroma	1.78	0.03	1.7
Mikrodalga aroma	1.23	0.387	31.2
Geleneksel ekstre	0.55	0.019	3.48
Mikrodalga ekstre	0.83	0.051	6.23
Maserasyon	3.85	0.362	9.39

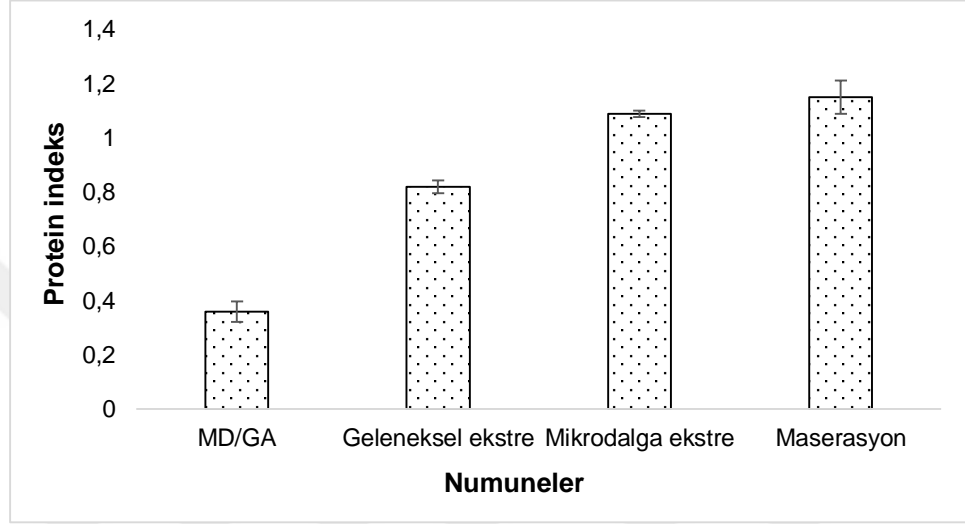


Şekil 4. 33. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi grafiği

Çizelge 4.28. ve Şekil 4.33.'te püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi değerleri verilmiştir. En yüksek deformasyon indeksine maserasyon örneği sahip olurken, en düşük indeks ise mikrodalga ekstre tozunda belirlenmiştir.

Çizelge 4. 29. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi

	Protein indeksi	Standart sapma (\pm)	Varyasyon
MD/GA	0.36	0.038	10.4
Geleneksel ekstre	0.82	0.023	2.84
Mikrodalga ekstre	1.09	0.012	1.18
Maserasyon	1.15	0.061	5.36

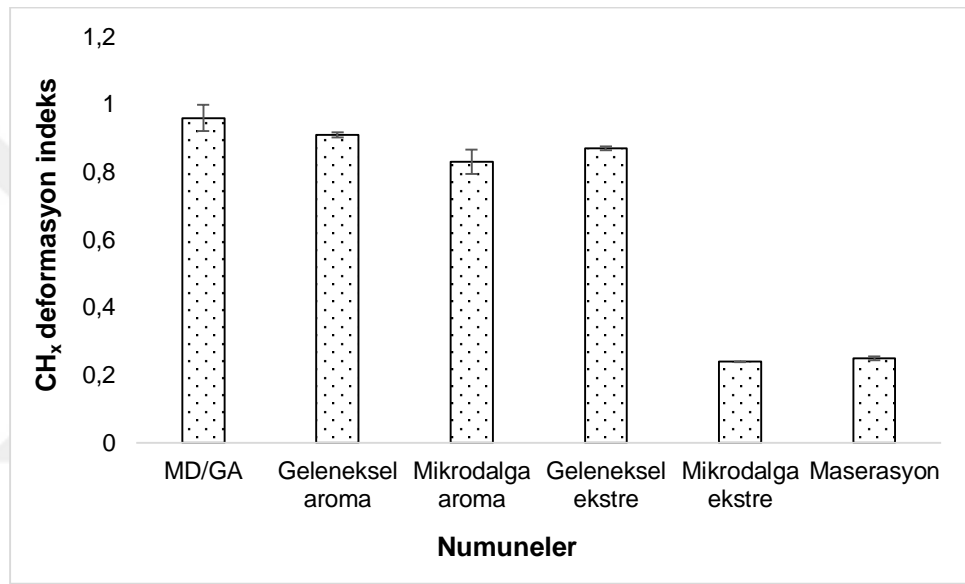


Şekil 4. 34. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi grafiği

Çizelge 4.29. ve Şekil 4.34.'te püskürtmeli kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi değerleri verilmiştir. Geleneksel ekstre tozunun protein indeksi mikrodalga ekstre tozuna göre daha düşük bulunmuştur. Ekstraksiyon işleminde mikrodalğanın kullanılması proteinlerin çözücüye daha hızlı geçmesini sağlamıştır. Maserasyon ekstraksiyon yönteminde ise çözücüye daha fazla miktarda protein geçmiştir.

Çizelge 4. 30. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi

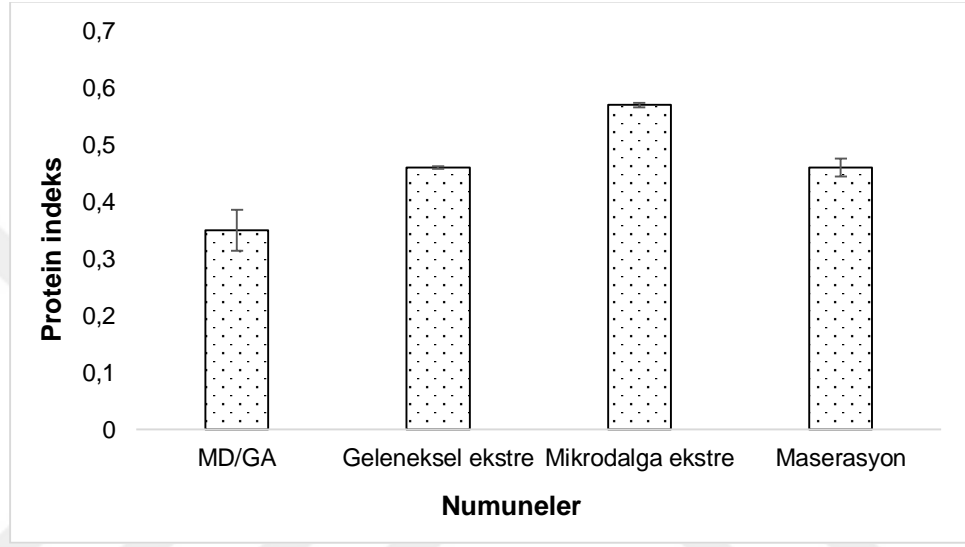
	CH _x deformasyon indeksi	Standart sapma (±)	Varyasyon
MD/GA	0.96	0.039	4.07
Geleneksel aroma	0.91	0.008	0.91
Mikrodalga aroma	0.83	0.036	4.36
Geleneksel ekstre	0.87	0.006	0.73
Mikrodalga ekstre	0.24	0.001	0.8
Maserasyon	0.25	0.006	2.61

Şekil 4. 35. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi grafiği

Çizelge 4.30. ve Şekil 4.35.'te dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin CH_x deformasyon indeksi değerleri verilmiştir. En yüksek deformasyon indeksine MD/GA sahip olurken, en düşük indeks ise mikrodalga ekstre tozunda belirlenmiştir.

Çizelge 4. 31. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi

	Protein indeksi	Standart sapma (\pm)	Varyasyon
MD/GA	0.35	0.036	10.25
Geleneksel ekstre	0.46	0.002	0.49
Mikrodalga ekstre	0.57	0.004	0.8
Maserasyon	0.46	0.016	3.51



Şekil 4. 36. Dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi grafiği

Çizelge 4.31. ve Şekil 4.36.'da dondurarak kurutma ile elde edilen trüf mantarı enkapsüllerinin protein indeksi değerleri verilmiştir. Geleneksel ekstre tozunun protein indeksi mikrodalga ekstre tozuna göre daha düşük bulunmuştur. Ekstraksiyon işleminde mikrodalga kullanılması proteinlerin çözücüye daha hızlı geçmesini sağlamıştır. Maserasyon ve geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin protein indeksi değerleri, mikrodalga ekstresinin indeks değerine yakın miktarda bulunmuştur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada clavenger aparatı destekli geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen trüf mantarı (*Tuber aestivum*) ekstre ve aromasının antioksidan aktivitesi, toplam fenolik, flavanoid, antosiyanin ve kondanse tanen miktarları belirlenmiştir. Daha sonra mantar ekstre ve aromasının, püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemleri ile enkapsülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kapsüllenen trüf mantarı ekstre ve aromasının antioksidan aktivite, toplam fenolik, flavanoid, antosiyanin, kondanse tanen miktarları, fiziksel analizleri (Carr indeks, Hausner oranı, su aktivitesi, ıslanabilirlik, verim, kitle yoğunluğu, sıkıştırılmış kitle yoğunluğu) ve morfolojik analizleri (SEM, XRD, FT-IR analizleri) yapılmıştır.

Trüf mantarı ekstre ve aromalarının fizikokimyasal içerikleri incelendiğinde; maserasyon ve geleneksel ekstraksiyon metodu ile elde edilen ekstrahelerin yüksek seviyede toplam fenolik madde ve flavanoid madde miktarı içerdiği gözlemlenmiştir. Ancak DPPH ve ABTS radikalleri ile yapılan antioksidan aktivite analizleri sonucunda geleneksel, mikrodalga ve maserasyon ekstraksiyonlarından elde edilen hem ekstre hemde aromaların yüksek miktarlarda antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Trüf mantarı ekstrahelerinde en yüksek brix değeri mikrodalga ekstraksiyonu ile elde edilen ekstrede tanımlanmıştır. Trüf mantarının aroma kimyasal kompozisyonunda, mantarın özel kokusundan sorumlu olan l-octen-3-ol, 3-octanone ve 3-octanol bileşenleri tespit edilmiştir.

Püskürtmeli kurutma (Spray dryer) ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aromasının yüksek miktarda toplam fenolik madde ve flavanoid miktarı bulundurduğu belirlenmiştir. Mantar ekstre ve aroma kapsüllerinin DPPH ve ABTS radikalleri ile yapılan antioksidan analizleri sonucunda yüksek miktarda antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.

Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon) ile elde edilen trüf mantarı ekstre ve aromasının püskürtmeli kurutucuya göre daha düşük miktarda fenolik madde içerdiği ve flavanoid miktarının ise bulunmadığı tespit edilmiştir. Fakat yüksek miktarda antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Toplam antosiyanin ve kondense tanen miktarının; trüf ekstre, aroma ve bunların tozlarında bulunmadığı yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir.

Trüf mantarı ekstre ve aromasının kapsüllerinin fiziksel analizleri sonucunda, püskürtmeli kurutucu ile elde edilen kapsüllerin Carr indeksi, Hausner oranı ve ıslanabilirlik değerleri açısından daha iyi seviyede olduğu belirlenmiştir. Ancak dondurarak kurutma yönteminde, kapsülleme veriminin daha yüksek ve su aktivitesi değerlerinin daha kabul edilebilir olduğu tespit edilmiştir.

Trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin duyu analizleri sonucunda tüm özelliklerde en iyi sonuçlar; dondurarak kurutulan maserasyon ekstresinde elde edilirken, en düşük sonuçlar ise püskürterek kurutulan mikrodalga ekstresinde belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirme yapıldığında; trüf mantarı ekstre ve aroma enkapsüllerinin iyi seviyede duyu özelliğe sahip olması, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında daha iyi puanlar alması sebebiyle, kullanıma hazır yeni bir ürün elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen kapsüllerin morfolojik yapılarını incelemek amacıyla SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen kapsüllerin yapılarının pürüzsüz ve mikrokürecik yapıda olduğu gözlemlenmiştir. Dondurarak kurutulan kapsüllerin ise şekilsiz ve kırılabilir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sebepten dolayı; dondurarak kurutulan tozların nano boyutta kaplandığı tahmin edilmiştir.

Dondurarak kurutma ile kapsüllenen mantar ekstre ve aromalarının nano boyuta sahip olduğu varsayımı XRD analizleri yapılarak kesinleştirilmiştir. X-ray diyagramında kapsüllerin 19° açısında pik verdiği ve bu pik bölgesinin amorf yapıya ait olduğu belirlenmiştir. Maltodekstrin ve gam arabığının amorf karaktere sahip

olduğundan dolayı kristal bölge bulunamadığı tespit edilmiştir. X-ray diyagramında elde edilen 2θ açısı ve FWHM değerleriyle dondurarak kurutulan kapsüllerin nano boyutları ölçülmüştür.

Sonuç olarak; önemli miktarda besinsel değere sahip trüf mantarının ekstre ve aroma kapsüllemesi ile kullanıma hazır yeni bir ürün oluşturulmuştur. Mantar ekstre ve aromasının katma değeri yüksek yeni bir ürüne dönüştürüldüğü için ekonomiye olumlu yönde katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Trüf mantarı aromasının clavenger aparatı ile mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle, ekstrenin ise geleneksel ve maserasyon ekstraksiyon yöntemi ile elde edilmesi önerilmektedir. Trüf mantarı ekstre ve aromasının enkapsülasyon işleminde, püskürtmeli ve dondurarak kurutma yöntemlerinin her ikisinin de iyi sonuçlar vermesi sebebiyle iki yöntemde kullanabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- AGRAHAR-MURUGKAR, D., SUBBULAKSHMI, G., 2005. Nutritional value of edible wild mushrooms collected from the Khasi Hills of Meghalaya. *Food Chemistry*, 89(4): 599-603.
- ALVES, S. F., BORGES, L. L., DOS SANTOS, T. O., DE PAULA, J. R., CONCEIÇÃO, E. C., and BARA, M. T. F., 2013. Microencapsulation of Essential Oil from Fruits of *Pterodon emarginatus* Using Gum Arabic and Maltodextrin as Wall Materials: Composition and Stability. *Drying Technology*, 32(1): 96-105.
- ANGELINI, P., TIRILLINI, B., PROPERZI, A., ROL, C., and VENANZONI, R., 2014. Identification and bioactivity of the growth inhibitors in *Tuber* spp. methanolic extracts. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 149(6): 1000-1009.
- ANONYMOUS (1988). Gıdaların Organoleptik Muayene Metotları. Koruma ve Kontrol Genel Müd. Yayın Dairesi Başkanlığı, Mesleki Yayınlar No:3 Ankara.
- ARCHAINA, D., VASILE, F., JIMÉNEZ-GUZMÁN, J., ALAMILLA-BELTRÁN, L., and SCHEBOR, C., 2019. Physical and functional properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract spray dried with maltodextrin-gum arabic mixtures. *Journal of Food Processing and Preservation*, e14065.
- ARREDONDO-RUIZ F., GARCÍA-MONTERO L. G., Díaz P., 2014. A review of research on *Tuber aestivum* (Summer truffle) focused on its culture. *Forest systems*.
- ASLAN, Y., HUSSEİN, H.S., ABDULLAH, S.A., CAVİDOĞLU, İ., 2019. Determination of Some Quality and Safety Parameters for Black Raisin Juice. *International Journal of Scientific and Technological Research*, Vol.5, No.4, s.58-76.
- BALLESTEROS, L. F., RAMÍREZ, M. J., ORREGO, C. E., TEIXEIRA, J. A., and MUSSATTO, S. I., 2017. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*, 237: 623-631.
- BARBOSA-CANOVAS, G.V., ORTEGA-RÍVAS, E., JULIANO, P., YAN, H., 2005. *Food powders: Physical properties, processing, and functionality*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 372s.
- BEARA, I. N., LESJAK, M. M., ČETOJEVIĆ-SİMİN, D. D., MARJANOVIĆ, Ž. S., RISTIĆ, J. D., MRKONJIĆ, Z. O., and MIMIĆA-DUKIĆ, N. M., 2014. Phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of black (*Tuber aestivum* Vittad.) and white (*Tuber magnatum* Pico) truffles. *Food Chemistry*, 165: 460-466
- BENCIVENGA, M., MASSIMO, D.G., DOMIZIA, D., 2009. The cultivation of truffles in Italy. *Acta Botanica Yunnanica, Suppl. XVI, Kunming*, s.21-28.
- BHOTMANGE, D. U., WALLENİUS, J.H., SINGHAL, R.S. and SHAMEKH, S.S., 2017. "Enzymatic extraction and characterization of polysaccharide from *Tuber aestivum*." *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 10: 1-9.
- BOTREL, A.D., BORGES, S.V., FERNANDES, R.V.B., VIANA, A.D., COSTA,

- J.M.G., MARQUES, G.R., 2012. Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. *International Journal Food Science and Technology*, 47(11): 2289-2296.
- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., and BERSET, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
- BRAVO, L., 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56: 317-333.
- BREENE, W., 1990. Nutritional and medicinal value of speciality mushrooms. *Journal of Food Protection*, 53: 883-894.
- CASTELLANO, M.A. and TÜRKÖĞLU, A., 2012. New records of truffle taxa in *Tuber* and *Terfezia* from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 36: 295-298.
- CHEN, Q., ZHONG, F., WEN, J. Y., MCGILLIVRAY, D., and QUEK, S. Y., 2013. Properties and Stability of Spray-Dried and Freeze-Dried Microcapsules Co-Encapsulated with Fish Oil, Phytosterol Esters, and Limonene. *Drying Technology*, 31(6): 707-716.
- CHENG, A. W., XIE, H. X., QI, Y., LIU, C., GUO, X., SUN, J. Y., LIU, L. N., 2017. Effects of Storage Time and Temperature on Polyphenolic Content and Qualitative Characteristics of Freeze-Dried and Spray-Dried Bayberry Powder. *LWT Food Science and Technology*, 78: 235-240.
- CHO, I.H., KIM, S.Y., CHOI, H.K. and KIM, Y.S., 2006. Characterization of aroma-active compounds in raw and cooked pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54(17): 6332-6335.
- COSTAMAGNA, M.S., MASCARAQUE, L.G.G., ZAMPINI, I.C., ALBERTO, M.R., PEREZ, J., RUBIO, A.L., ISLA, M.I., 2017. Microencapsulated chanar phenolics: A potential ingredient for functional foods development. *Journal of Functional Foods*, 37: 523-530.
- CULLERE, L., FERREIRA, V., CHEVRET, B., VENTURINI, M. E., SÁNCHEZ-GIMENO, A. C., and BLANCO, D., 2010. Characterisation of aroma active compounds in black truffles (*Tuber melanosporum*) and summer truffles (*Tuber aestivum*) by gas chromatography–olfactometry. *Food Chemistry*, 122(1), 300-306.
- CULLERE, L., FERREIRA, V., VENTURINI, M.E., MARCO, P., BLANCO, D., 2012: Evaluation of gamma and electron-beam irradiation on the aromatic profile of black truffle (*Tuber melanosporum*) and summer truffle (*Tuber aestivum*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13: 151-157.
- ÇAM, M., İÇYER, N. C., ERDOĞAN, F., 2014. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1): 117-123.
- DESAI, K. G. H., and PARK, H. J., 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23: 1361-1394.
- DÍAZ, P., SEÑORÁNS, F. J., REGLERO, G., and IBAÑEZ, E., 2002. Truffle Aroma Analysis by Headspace Solid Phase Microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6468-6472.
- DİNCA, M. and DİNCA, L.C., 2015. Truffles and soil. *Research Journal of Agricultural Science*, 47(3): 44-50.
- DOLLY, P., ANISHAPARVIN, A., JOSEPH, G.S., ANANDHARAMAKRISHNAN, C., 2011. Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422) by

- SprayFreeze-Drying Method and Evaluation of Survival in Simulated Gastrointestinal Conditions. *Journal of Microencapsulation*, 28: 568-574.
- EL-SAWY, N.M., EL-ARNAOUTY, M.B., ABDEL GHAFAR, A.M., 2010. γ -Irradiation Effect on the Non-Cross-Linked and Cross-Linked Polyvinyl Alcohol Films. *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 49: 169-77.
- EREN, E., PEKŞEN A., 2016. Türkiye’de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(3): 189-196.
- FRANK, B., 2005. On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of AB Frank’s classic paper of 1885). *Mycorrhiza*, 15: 267-275.
- FRATIANNI, F., LUCCIA, A., COPPOLA, R., and NAZZARO, F., 2007. Mutagenic and antimutagenic properties of aqueous and ethanolic extracts from fresh and irradiated *Tuber aestivum* black truffle: A preliminary study. *Food Chemistry*, 102(2): 471–474.
- FREDES, C., BECERRA, C., PARADA, J., ROBERT, P., 2018. The Microencapsulation of Maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) Juice by Spray-Drying and Freeze- Drying Produces Powders with Similar Anthocyanin Stability and Bioaccessibility. *Molecules*, 23: 1227s.
- GELOĞLU, İ., PEKŞEN, A., ÜNAL, S., 2014. Trüf mantarları. Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed. Kaygın, A.T.), 7-9 Nisan 2014, Antalya, s490-496.
- HALL, I.R., BROWN, G.T. and ZAMBONELLI, A., 2007. Taming the Truffle: The History, Lore, and Science of the Ultimate Mushroom. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 304s.
- HANSEN, L.J., DAOUSSİ, R., VERVAET, C., REMON, J.P., DEE BEER, T., 2015. Freeze-drying of live virus vaccines: a review. *Vaccine* 33: 5507–5519
- HARBORNE, J.B., MABRY, T.J., 1982. The Flavonoids: Advances in Research, Chapman and Hall, London. s.1197.
- HARKI, E., BOUYA, D., DARGENT, R., 2006. Maturation-associated alterations of the biochemical characteristics of the black truffle *Tuber melanosporum* Vitt. *Food Chemistry*, 99: 394-400.
- HELENO, S.A., BARROS, L., MARTİNS, A., MORALES, P., FERNANDEZ-RUIZ, V., GLAMOCLİJA, J., SOKOVİC, M. and FERREİRA, I.C.F.R., 2015. Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms. *LWT Food Science and Technology*, 63(2): 799-806.
- HUANG, X., SORMOLİ, M. E., LANGRİSH, T .A.G., 2018. Review of Some Common Commercial and Noncommercial Lab-Scale Spray Dryers and Preliminary Tests for a Prototype New Spray Dryer. *Drying Technology*, 36: 1900–1912.
- HUI, Y.H. (ed.), NİP, W.K., NOLLET, L.M., PALİYATH, G., SİMPSON, B.K., 2006. Food biochemistry and food processing. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA, 769s.
- IBRAHİM, M., ALAAM, M., EL-HAES, H., JALBOUT, A.F., LEON, A.D., 2006. Analysis of the structure and vibrational spectra of glucose and fructose. *Eclética Química* 31: 15-21.
- ISMAIL, H., ZAABA, N.F., 2014. Effect of Unmodified and Modified Sago Starch

- on Properties of (Sago Starch)/Silica/PVA Plastic Films. *Journal of Vinyl & Additive Technology* 20: 185-92.
- JAYASEKARA, R., HARDING, I., BOWATER, I., CHRISTIE, G.B.Y., LONERGAN, G.T., 2003. Biodegradation by composting of surface modified starch and PVA blended films. *Journal of Polymers and the Environment* 11: 49-56.
- JAYASEKARA, R., HARDING, I., BOWATER, I., CHRISTIE, G.B.Y., LONERGAN, G.T., 2004. Preparation, surface modification and characterisation of solution cast starch PVA blended films. *Polymer Testing* 23: 17-27.
- KALAC, P., SVOBODA, L., 2000. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 69: 273-281.
- KARAOĞUL E., ALTUNTAŞ E., ALMA M. H., 2017. Tanenlerin *Quercus* Türlerinde Sınıflandırılması ve Kantitatif Analizi, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 03, s.17-24.
- KARAOĞUL, E., 2019. Properties of bio-hybrid films. *Bioresources*, 14(2): 4473-4488
- KAYA, A., 2009. Macromycetes of Kahramanmaraş province (Turkey). *Mycotaxon*, 108: 31-34.
- KISS, M., CSOKA, M., GYORFI, J., KORANY, K., 2011). Comparison of the fragrance constituents of *Tuber aestivum* and *Tuber brumale* gathered in Hungary. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 84: 102-110.
- KOÇ, M., KOÇ, B., ERTEKİN-KAYMAK, F., 2011. Toz gıdaların fiziksel karakterizasyon özellikleri. *Akademik Gıda*, 9(4): 60-70.
- KOÇ, M., SAKİN, M. and ERTEKİN-KAYMAK, F., 2010. Microencapsulation and its Applications in Food Technology. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 16(1): 77-86
- KRUZSELYİ, D., VETTER, J., 2014. Complex chemical evaluation of the Summer truffle (*Tuber aestivum Vittadini*) fruit bodies. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87: s.291-295.
- LEE, W. J., TAN, C. P., SULAIMAN, R., SMITH, R. L., CHONG, G. H., 2018. Microencapsulation of Red Palm Oil as an Oil-in-Water Emulsion with Supercritical Carbon Dioxide Solution-Enhanced Dispersion. *Journal of Food Engineering*, 222: 100–109.
- Lİ, J., LIANG, H., QIAO, P., SU, K., LIU, P., GUO, S., and JUAN, C., 2019. Chemical composition and antioxidant activity of *Tuber indicum* from different geographical regions of China. *Chemistry and Biodiversity*, 16: e1800609
- Lİ, X., ZHANG, X., YE, LEI., KANG, Z., JIA, D., YANG, L., and ZHANG, B., 2019. LC-MS-Based Metabolomic Approach Revealed the Significantly Different Metabolic Profiles of Five Commercial Truffle Species. *Frontiers Microbiology*, 10: 2227s.
- LIAPIS, A.I. and BRUTTINI, R., 1994. A theory for the primary and secondary drying stages of the freeze-drying of pharmaceutical crystalline and amorphous solutes: Comparison between experimental data and theory. *Separation Technology*, 4: 144-155.
- LIU, W., CHEN, X. D., SELOMULYA, C., 2015. On the Spray Drying of Uniform Functional Microparticles. *Particuology*, 22: 1–12.
- MAARUF, A.G., YONG, P. F., OSMAN, H., NAZARUDDİN, R., KANG, O. L.,

2014. Physicochemical and antioxidant studies on oven-dried, freeze-dried and spray-dried agaro-oligosaccharide powders. *International Food Research Journal (Malaysia)*, 21 (6), s.2363-2367
- MASHAYEKHI, P., 2005. Eine massensensitive elektronische Nase zur Erkennung, Unterscheidung und Qualitätskontrolle von Safran und Trüffel. Dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. s.34-45.
- MONTECCHI, A., SARASINI, M., 2000. *Funghi ipogei d'Europa*. Associazione Micologica Bresadola (eds), Reggio Emilia, Italy. Vicenza : Fondazione Centro Studi Micologici dell' A.M.B., 714s.
- NADİM, M., DESHAWARE, S., SAİDİ, N., ABD-ELHAKEEM, M. O., OJAMO, H., SHAMEKH, S., 2015. Extracellular Enzymatic Activity of *Tuber maculatum* and *Tuber aestivum* Mycelia. *Advances in Microbiology*, 5: 523-530.
- NAKNAEN, P., ITTHISOPONKUL, T. and CHAROENTHAİKIJ, P., 2015. Proximate compositions, nonvolatile taste components and antioxidant capacities of some dried edible mushrooms collected from Thailand. *Journal of Food Measure Character*, 9(3): 259-268.
- ÖZDERİN, S. , YILMAZ, F. , ALLI, H., 2018. Determining mycorrhiza rate in some oak species inoculated with *Tuber aestivum Vittad.* (summer truffle). *Turkish Journal of Forestry*, 19(3): 226-232.
- PALACIOS, I., GUILLAMON, E., GARCIA-LAFUENTE, A. and VILLARES, A., 2014. "Effects of Freeze-Drying Treatment on the Aromatic Profile of Tuberspp. Truffles." *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3): 768-773.
- PEKŞEN, A., AKDENİZ, H., 2012. Organik ürün olarak doğa mantarları. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 8(1): 34-40.
- PEKŞEN, A., KARACA, H.G., 2000. Samsun ili ve çevresinde saptanan yenilebilir mantar türleri ve bunların tüketim potansiyeli. *Türkiye VI. Yemeklik Mantar Kongresi 20-22 Eylül 2000 Bildirileri*, Bergama, İzmir, s.100-111.
- PELUSİO, F., NİLSSON, T., MONTANARELLA, L., TİLİO, R., LARSEN, B., FACCHETTI, S., and MADSEN, J., 1995. Headspace Solid-Phase Microextraction Analysis of Volatile Organic Sulfur Compounds in Black and White Truffle Aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(8): 2138-2143
- PİKAL, M.J., SHAH, S., ROY, M.L., and PUTMAN, R., 1990. The secondary drying stages of freeze drying: Drying kinetics as a function of temperature and chamber pressure. *International Journal of Pharmaceutics*, 60: 203-217.
- PORRAS-SAAVEDRA, J., PALACIOS-GONZÁLEZ, E., LARTUNDO-ROJAS, L., GARİBAY-FEBLES, V., YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J., HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, H., ALAMİLLA-BELTRÁN, L., 2015. Microstructural properties and distribution of components in microparticles obtained by spray-drying. *Journal of Food Engineering*, 152: 105–112.
- PORTE, H., COUARRAZE. G., 1994. *Handbook of Powder Technology, Vol.9 (Powder Technology and Pharmaceutical Processes)*, s.513-543.
- QUISPE-CONDORI, S., SALDAÑA, M. D. A., and TEMELLİ, F., 2011. Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying. *LWT - Food Science and Technology*, 44(9): 1880-1887.
- RE, R., PELLEGRİNİ, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. VE RİCE-EVANS, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-

- 10): 1231-1237.
- REZENDE, Y. R. R. S., NOGUEIRA, J. P., and NARAİN, N., 2018. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. *Food Chemistry*, 254: 281–291.
- RÍVERA, C. S., DOMÍNGO, B., SALVADOR, M. L., VENTURİNİ, M. E., 2010. Shelf-life extension of fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles by modified atmosphere packaging with microperforated films. *Journal of Food Science*, 75(4): E225-E233.
- ROSSBACH, M., STIEGHORST, C., POLKOWSKA-MOTRENKO, H., CHOJDUK, E., SMCZYNSKI, Z., PYSZYNSKA, M., ZUBA, T., HONSTRAB, D., SCHMIDT, S., 2019. Elemental analysis of summer truffles *Tuber aestivum* from Germany. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 320: 475–483
- SADIKOĞLU, H. and LIAPIS, A.I. and CROSSER, O.K., 1997. Optimal control of the primary and secondary drying stages of bulk solution freeze drying in trays. *Drying Technology*, 16: 399-431.
- SADIKOĞLU, H. and LIAPIS, A.I., 1997. Mathematical modelling of the primary and secondary drying stages of the bulk solution freeze-drying in trays: Parameter estimation and model discrimination by comparison of theoretical results with experimental data. *Drying Technology*, 15: 791-810.
- SAİKİA, S., MAHNOT, N. K., and MAHANTA, C. L., 2015. Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, 171: 144–152
- SALTARELLI, R., CECCAROLI, P., CESARI, P., BARBIERI, E., AND STOCCHI, V., 2008. Effect of storage on biochemical and microbiological parameters of edible truffle species. *Food Chemistry*, 109(1): 8-16.
- SCHUCK, P., JEANTET, R., BHANDARI, B., CHEN, X. D., PERRONE, I. T., DE CARVALHO, A. F., FENELON, M., KELLY, P. J., 2016. Recent Advances in Spray Drying Relevant to the Dairy Industry: A Comprehensive Critical Review. *Drying Technology*, 34: 1773-1790.
- SEN, I., ALLI, H., CİVELEK, H.S., 2016. Checklist of Turkish truffles. *Turkish Journal of Life Sciences*, 1/2: 103-109.
- SHAHİDİ, F., and HAN, X. Q., 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 33: 501-547.
- SİLVA, K. A., COELHO, M. A. Z., CALADO, V. M. A., and ROCHA-LEÃO, M. H. M., 2013. Olive oil and lemon salad dressing microencapsulated by freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2): 569-574
- SİNGH, S. K., VUDDANDA, P. R., SİNGH, S., and SRIVASTAVA, A. K., 2013. A Comparison between Use of Spray and Freeze Drying Techniques for Preparation of Solid Self-Microemulsifying Formulation of Valsartan and In Vitro and In Vivo Evaluation. *BioMed Research International*, s1-13.
- SİNGLETON V.L., and ROSSİ J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- SOLAK, M.H., İŞILOĞLU, M., KALMIŞ, E. and ALLI, H., 2007. Macrofungi of

- Turkey, Checklist, Volume-1, Üniversiteliler Ofset, Bornova, İzmir. s1-254.
- SOSNİK, A., SEREMETA, K. P., 2015. Advantages and Challenges of the Spray-Drying Technology for the Production of Pure Drug Particles and Drug-Loaded Polymeric Carriers. *Advances in Colloid and Interface Science*, 223: 40-54.
- SPIRIDON, I., PADURARU, O.M., RUDOWSKI, M., KOZLOWSKI, M., DARIE, R.N., 2012. Assessment of Changes Due to Accelerated Weathering of Low-Density Polyethylene/Feather Composites. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 51: 7279-86
- TATAR, F., TUNÇ, M. T., DERVİSOĞLU, M., CEKMECELİOĞLU, D., and KAHYAĞLU, T., 2014. Evaluation of hemicellulose as a coating material with gum arabic for food microencapsulation. *Food Research International*, 57: 168-175.
- THOMAS, R.H., BERNARDS, M.A., DRAKE, E.E., GUGLIELMO, G.C., 2010. Changes in the antioxidant activities of seven herb- and spice-based marinating sauces after cooking. *Journal of Food Composite and Analysis*, 23: 244-252.
- TRAPPE, J.M., MOLINA, R., LUOMA D.L., CÁZARES E., PÍLZ D., SMİTH J.E., CASTELLANO M.A., MİLLER S.L., TRAPPE M.J., 2009. Diversity, ecology, and conservation of truffle fungi in forests of the Pacific Northwest. General Technical Report, Portland: United States Department of Agriculture Forest Service, 16s.
- TURCHIULI, C., FUCHS M., BOHIN, M., CUVELIER, E., ORDONNAUD, C., PEYRAT-MAILLARD, M.N., DUMOULIN E., 2005. Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 29-35.
- TÜRKOĞLU, A. and CASTELLANO, M.A., 2014. New records of some Ascomycete truffle fungi from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 38: 406-416.
- TÜRKOĞLU, A., 2015. Yeraltındaki Gizli Hazine: Trüf Mantarları. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara. s9-164.
- TÜRKOĞLU, A., CASTELLANO, M.A., TRAPPE, J.M. and YARATANAKUL GÜNGÖR, M., 2015. Turkish truffles I: 18 new records for Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 39: 359-376.
- TYAGİ, V., KAUSHİK, S., TYAGİ, S., and AKİYAMA, T., 2011. Development of phase change materials based microencapsulated technology for buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2): 1373-1391.
- VAHDATZADEH, M., DEVEAU, A. and SPLIVALLO, R., 2019. "Are bacteria responsible for aroma deterioration upon storage of the black truffle *Tuber aestivum*: A microbiome and volatilome study." *Food Microbiology*, 84: 103251.
- VİLLARES, A., GARCIA-LAFUENTE, A., GUILLAMON, E. and RAMOS, A., 2012. "Identification and quantification of ergosterol and phenolic compounds occurring in *Tuber* spp. truffles." *Journal of Food Composition and Analysis*, 26(1-2): 177-182.
- WANG, G., Lİ, Y.Y, Lİ, D.S. and TANG, Y.J., 2008. "Determination of 5 α -androst-16-en-3 α -ol in truffle fermentation broth by solid-phase extraction coupled with gas chromatography-flame ionization detector/electron impact mass spectrometry." *Journal of Chromatography B Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 870(2): 209-215.
- WANG, S. and MARCONE, M.F., 2011. The biochemistry and biological properties

- of the world's most expensive underground edible mushroom: Truffles. *Food Research International*, 44: 2567-2581.
- WROLSTAD, R.E., 1976. Color and pigment analyses in fruit products. *Station Bulletin 624*, Agricultural Experiment Station Oregon, Oregon State University, Corvallis. s1-17.
- XIONG, H.G., TANG, S.W., TANG, H.L., ZOU, P., 2008. The structure and properties of a starch-based biodegradable film. *Carbohydrate Polymers* 71: 8-263.
- YAMASHITA, C., CHUNG, M.M.S., DOS SANTOS, C., MAYER, C.R.M., MORAES, I.C.F., BRANCO, I. G., 2017. Microencapsulation of an Anthocyanin-Rich Blackberry (*Rubus* Spp.) by-Product Extract by Freeze-Drying. *LWT - Food Science and Technology*, 84: 256–262.
- ZHISHEN, J., MENGCHENG, T. VE JIANMING, W., 1999. ‘‘The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects On Superoxide Radicals’’, *Food Chemistry*, 64: 555-559.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sümeyra AL
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa- 14.04.1994
Telefon : 0545 213 22 76
e-mail : sumeyraal@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Esentepe İMKB Lisesi/Ş.URFA	2012
Üniversite	: Harran Üniversitesi/ŞANLIURFA	2017
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi/ŞANLIURFA	2020

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	: Agris Sardegna Agricoltura/İtalya	Stajyer
2017	: Urfa Damak Gıda Yemek Temizlik San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi
2018-2019	: Medipark Gıda Turizm San. Ve Tic. Ltd. Şti	Gıda Mühendisi

UZMANLIK ALANI

FT-IR, Mikroenkapsülasyon, Elementel Analiz Cihazı, Uçucu Yağlar, Tıbbi ve aromatik bitkiler

YABANCI DİLLER

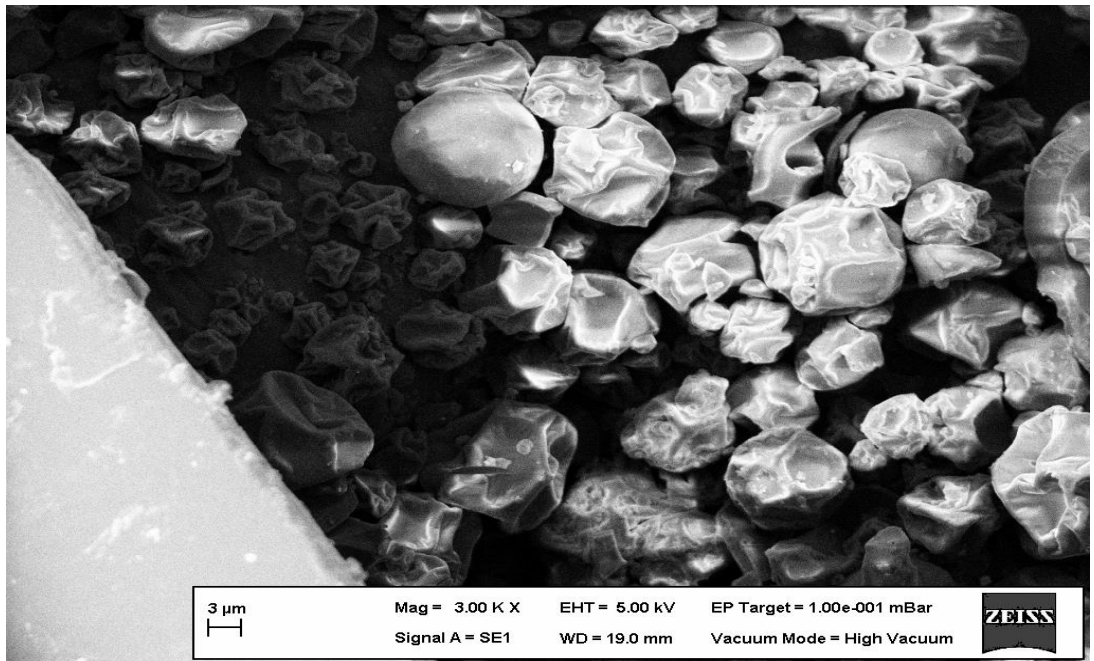
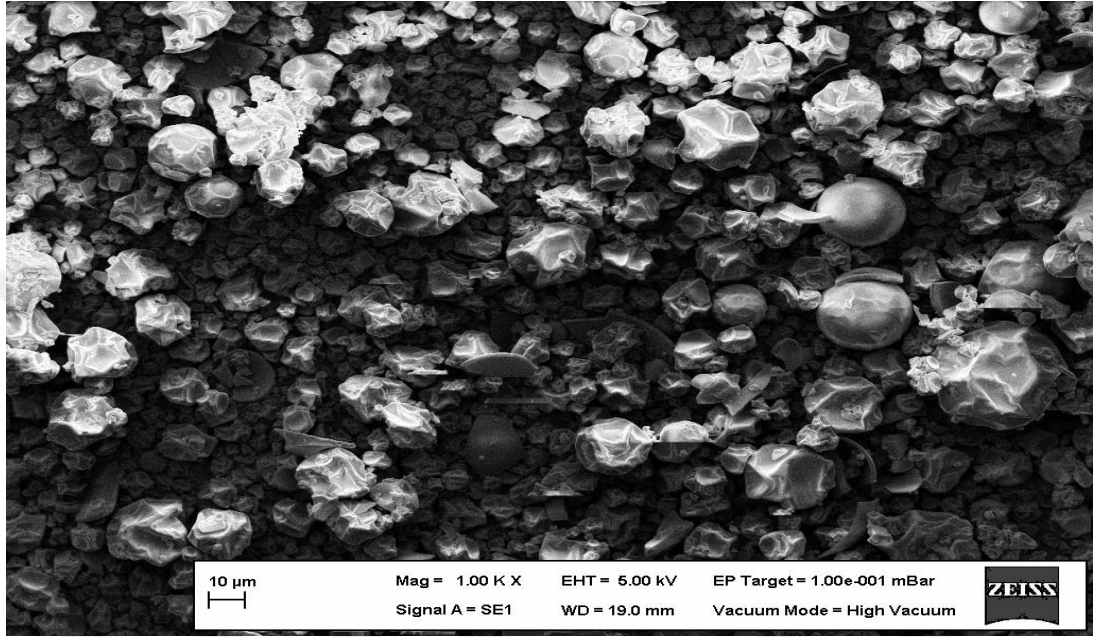
İngilizce

YAYINLAR

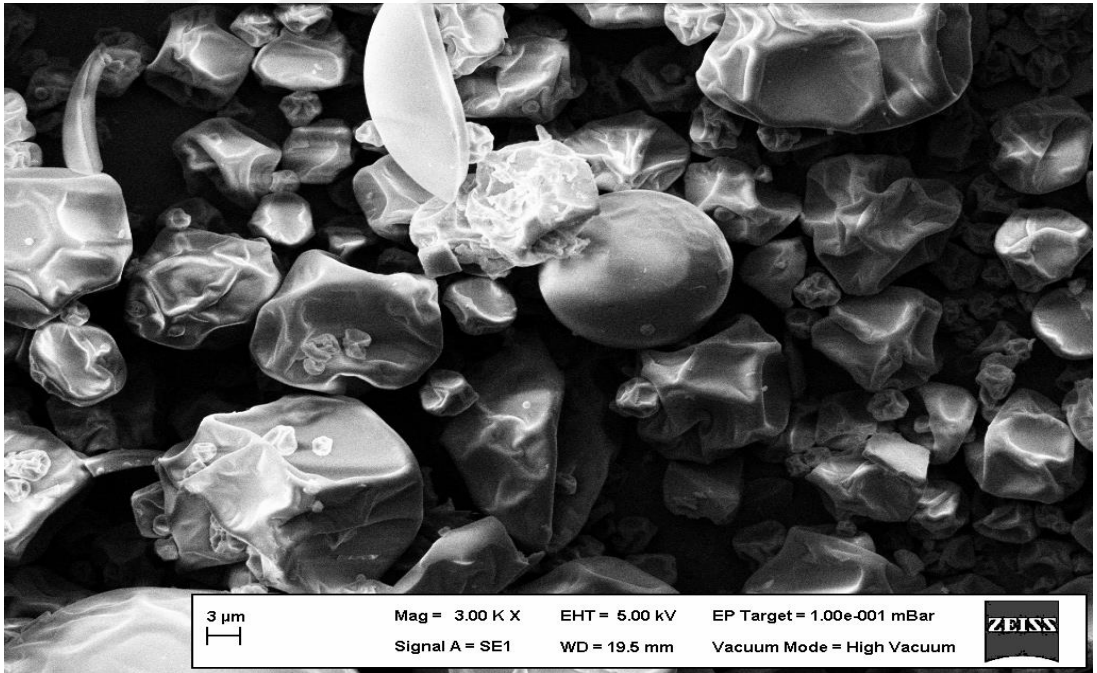
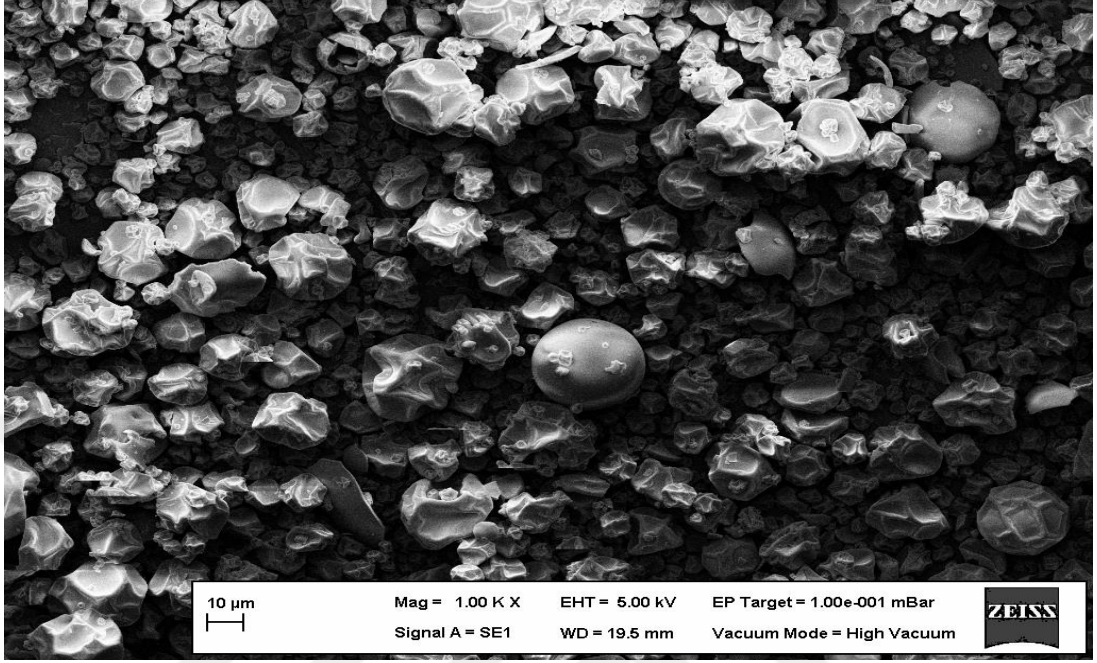
- 1- **SÜMEYRA AL**, ABDULHALIK UĞURTAY, SALİHA ÖZER, EYYÜP KARAOĞUL (2019). Mikrodalga, Geleneksel ve Maserasyon Ekstraksiyon Yöntemleri ile Trüf mantarı (*Tuber aestivum*) Ekstrelerinin Fizikokimyasal Özellikleri. 1. Uluslararası GAP Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 29 Kasım-1 Aralık, Şanlıurfa, s.341-351.
- 2- EYYÜP KARAOĞUL, **SÜMEYRA AL**, SALİHA ÖZER, ABDULHALIK UĞURTAY (2019). *Sinapis alba* (Akhardal) Bitkisinin Farklı Polaritedeki Çözücülerle Ekstraksiyonu ve Karakterizasyonu. 1. Uluslararası GAP Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 29 Kasım-1 Aralık, Şanlıurfa, s.316-328.
- 3- SALİHA ÖZER, **SÜMEYRA AL**, ABDULHALIK UĞURTAY, EYYÜP KARAOĞUL (2019). Anadolu Sığıla (*Liquidambar orientalis* Miller) Yağının Çeşitli Alanlarda Kullanım Olanaklarının Araştırılması. 1. Uluslararası GAP Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 29 Kasım-1 Aralık, Şanlıurfa, s.352-360.
- 4- ABDULHALIK UĞURTAY, SALİHA ÖZER, **SÜMEYRA AL**, EYYÜP KARAOĞUL (2019). Mısır Nişastasının Asetillendirilmesi ve FT-IR ile Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi. 1. Uluslararası GAP Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi, 29 Kasım-1 Aralık, Şanlıurfa, s.329-340.

EKLER

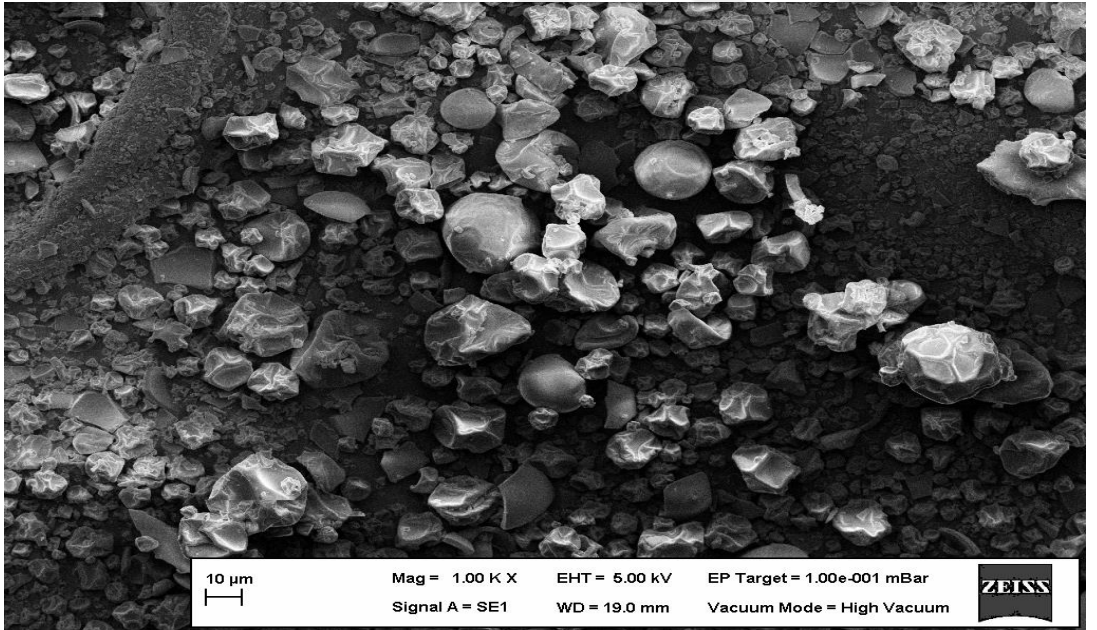
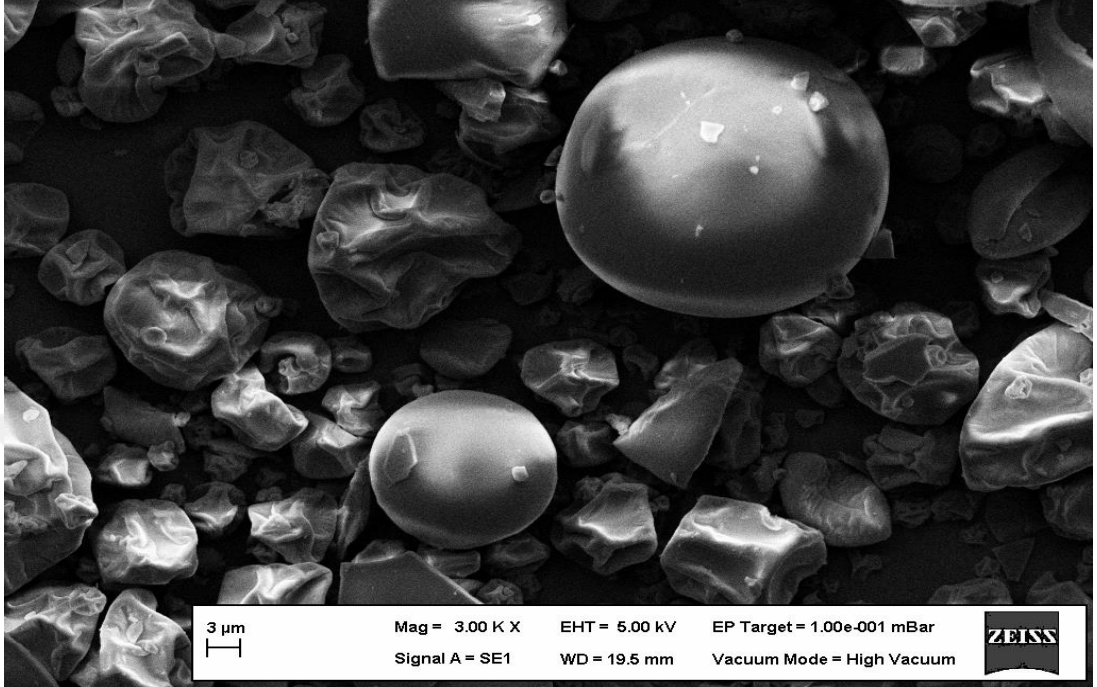
EK 1. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre tozlarının SEM görüntüleri



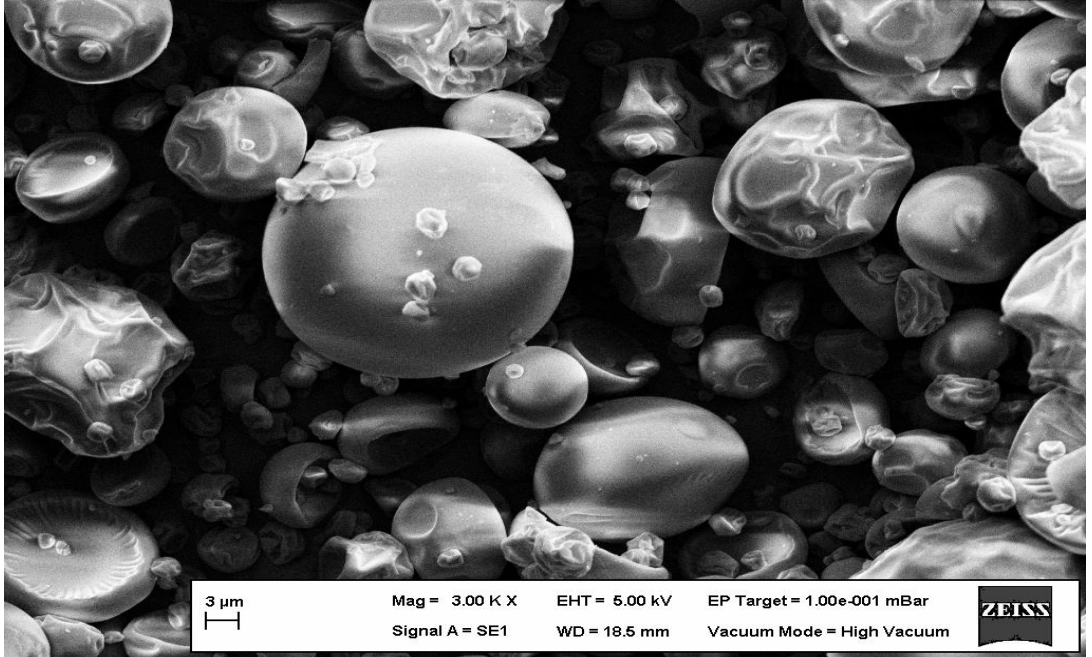
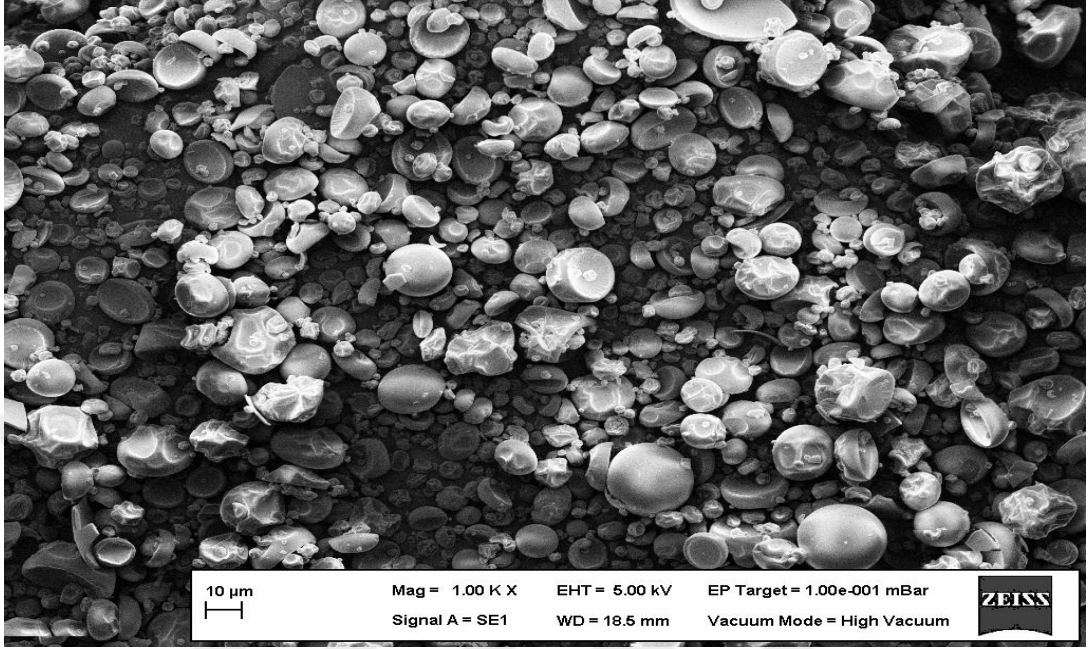
EK 2. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre tozlarının SEM görüntüleri



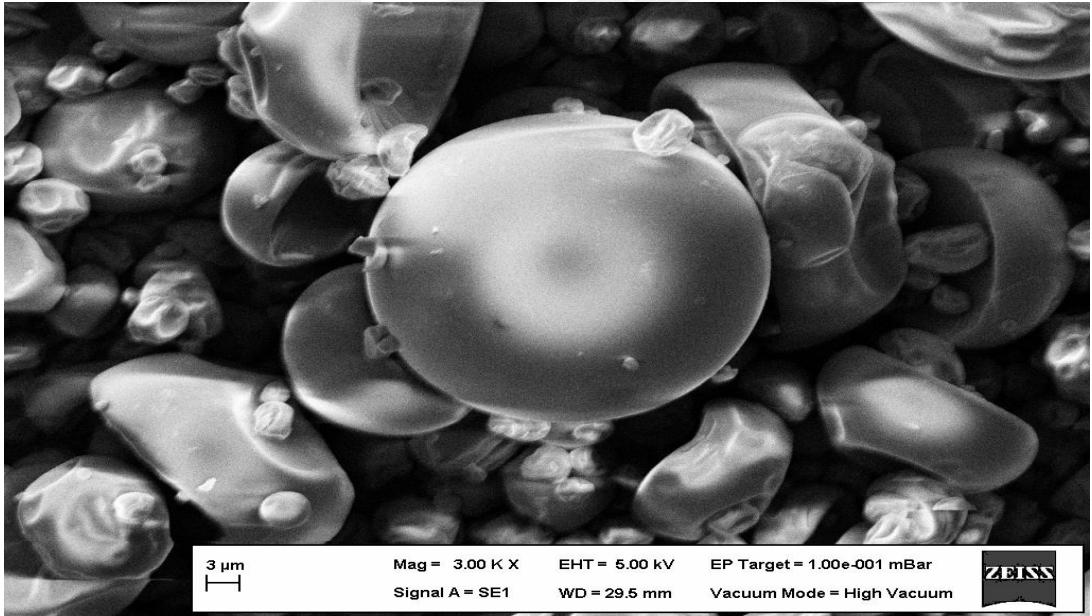
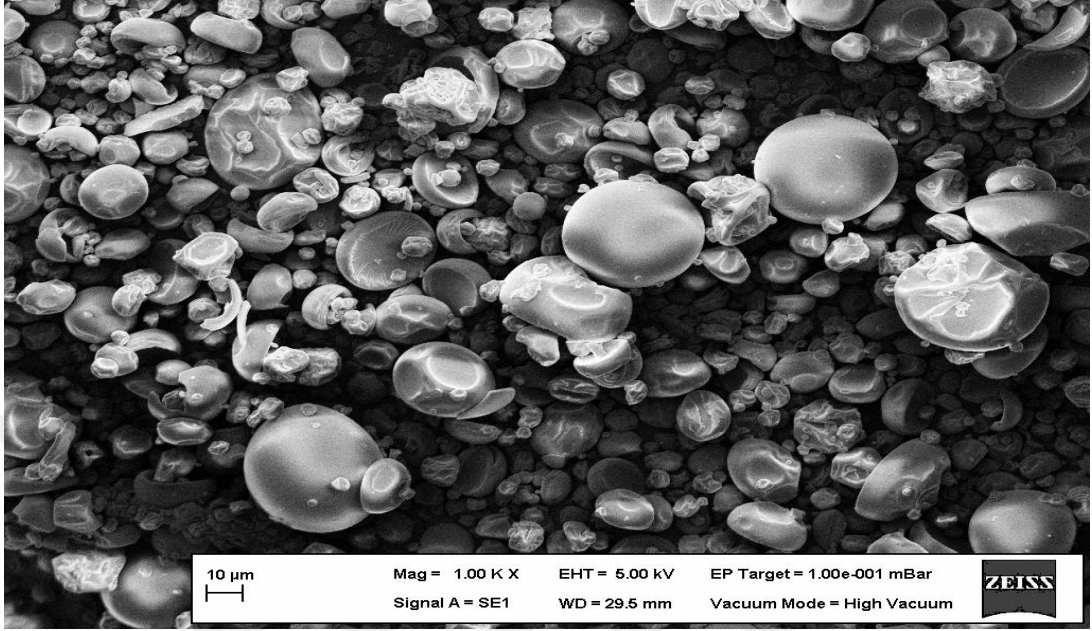
EK 3. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre tozlarının SEM görüntüleri



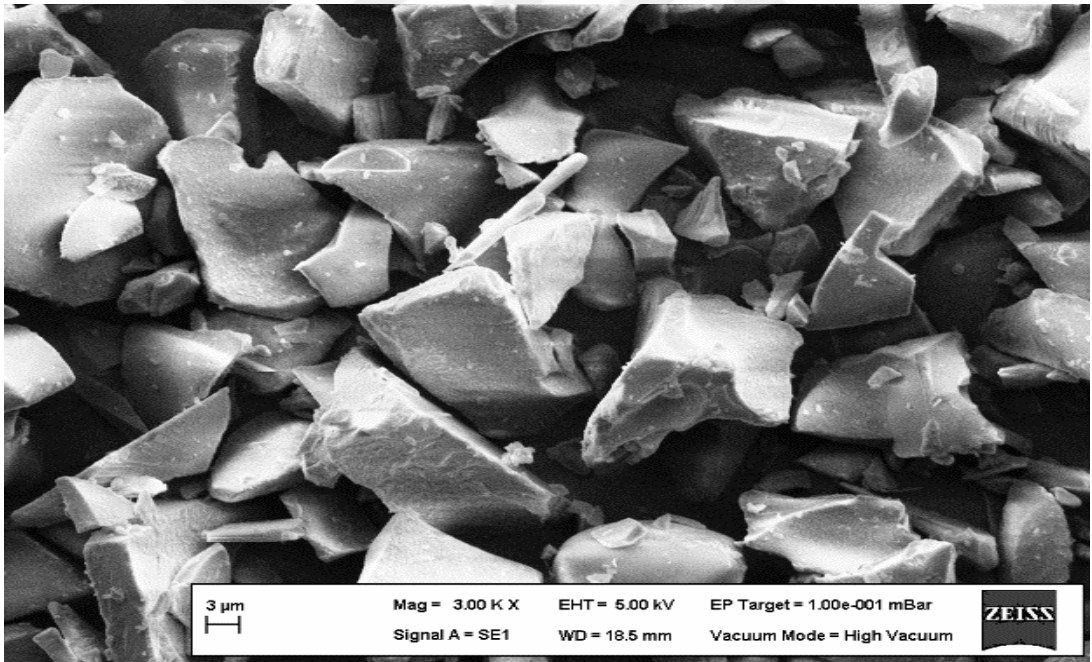
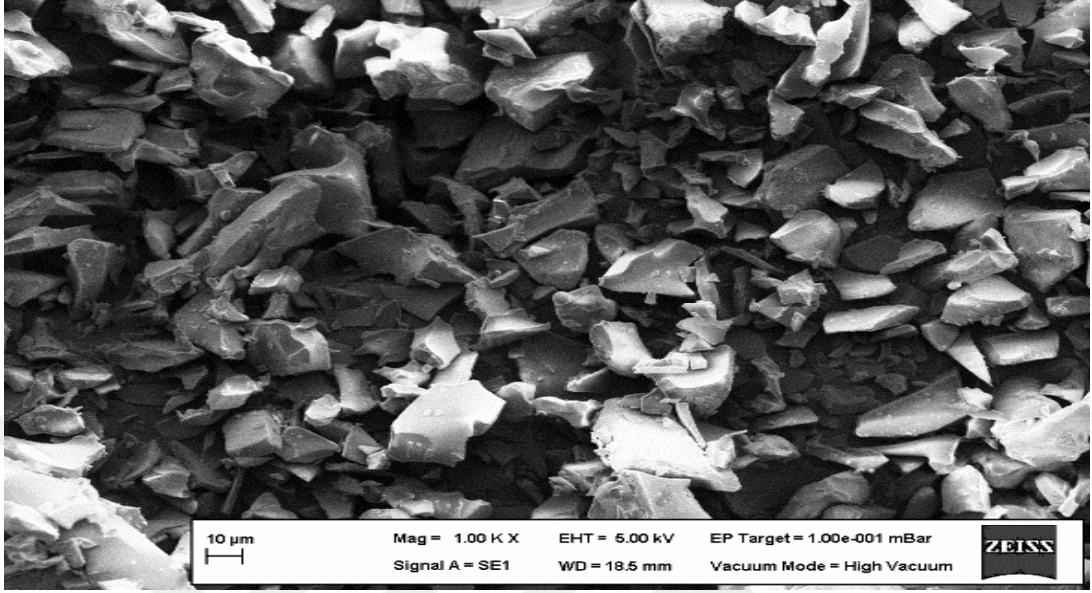
EK 4. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen geleneksel aroma tozlarının SEM görüntüleri



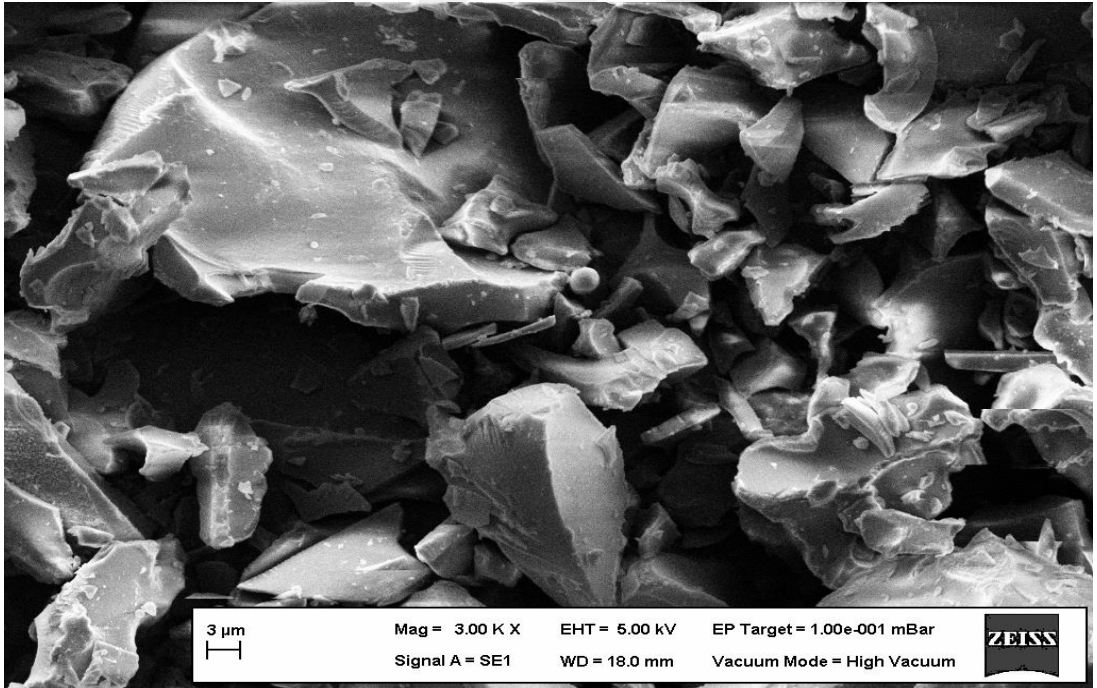
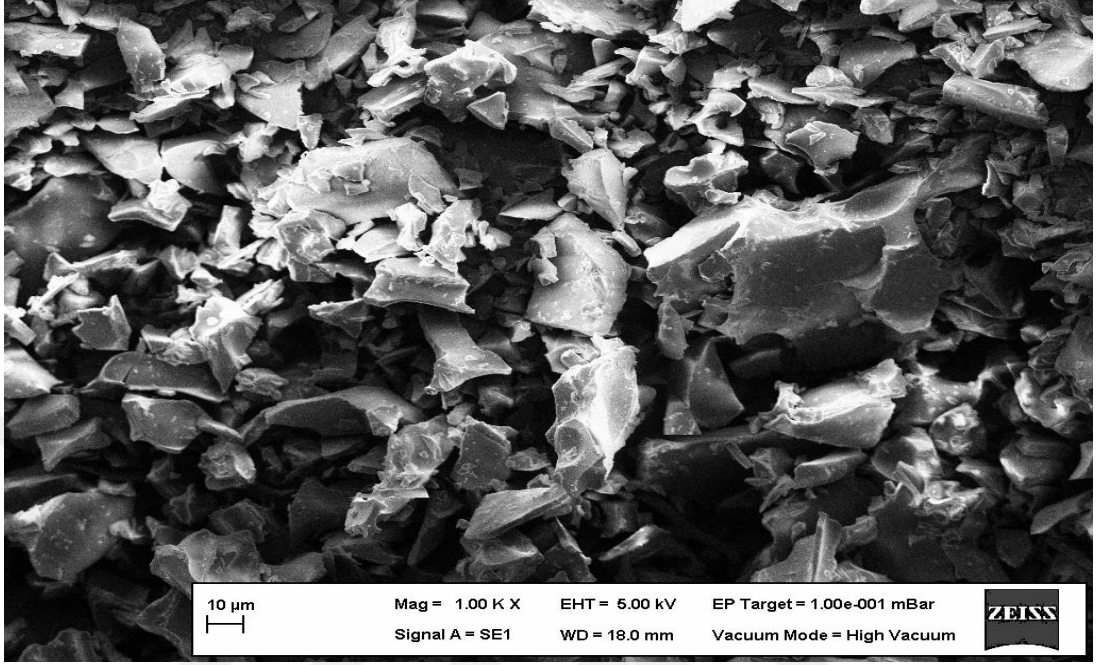
EK 5. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma tozlarının SEM görüntüleri



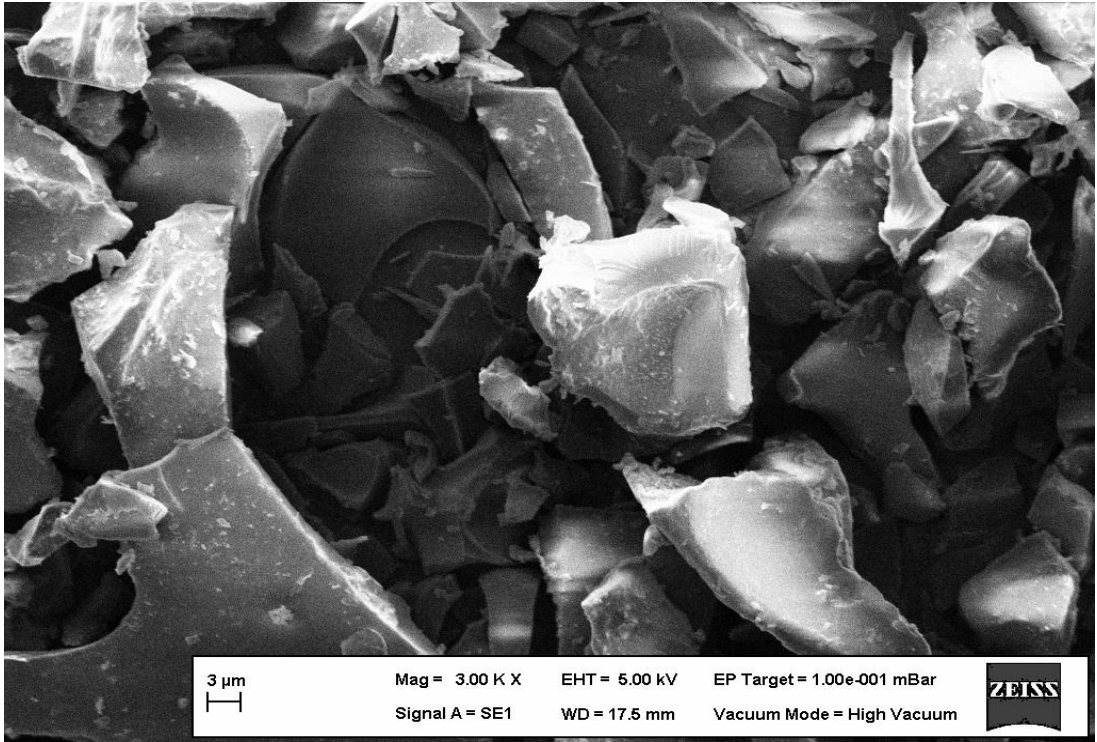
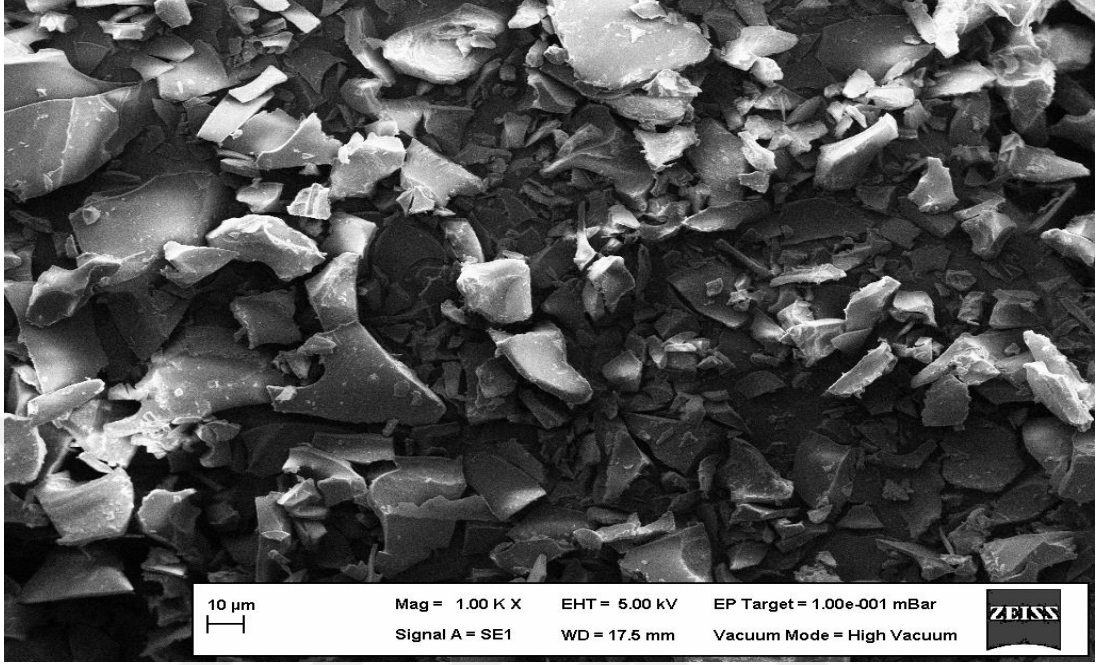
EK 6. Dondurarak kurutma ile elde edilen maserasyon ekstre tozlarının SEM görüntüleri



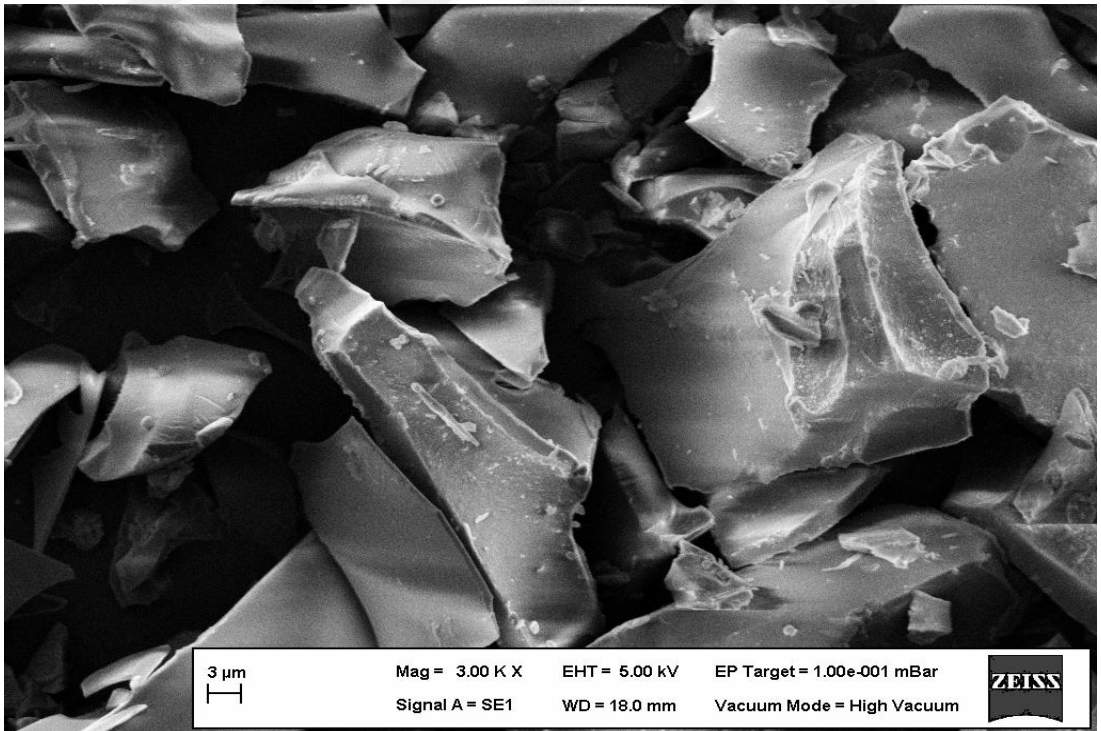
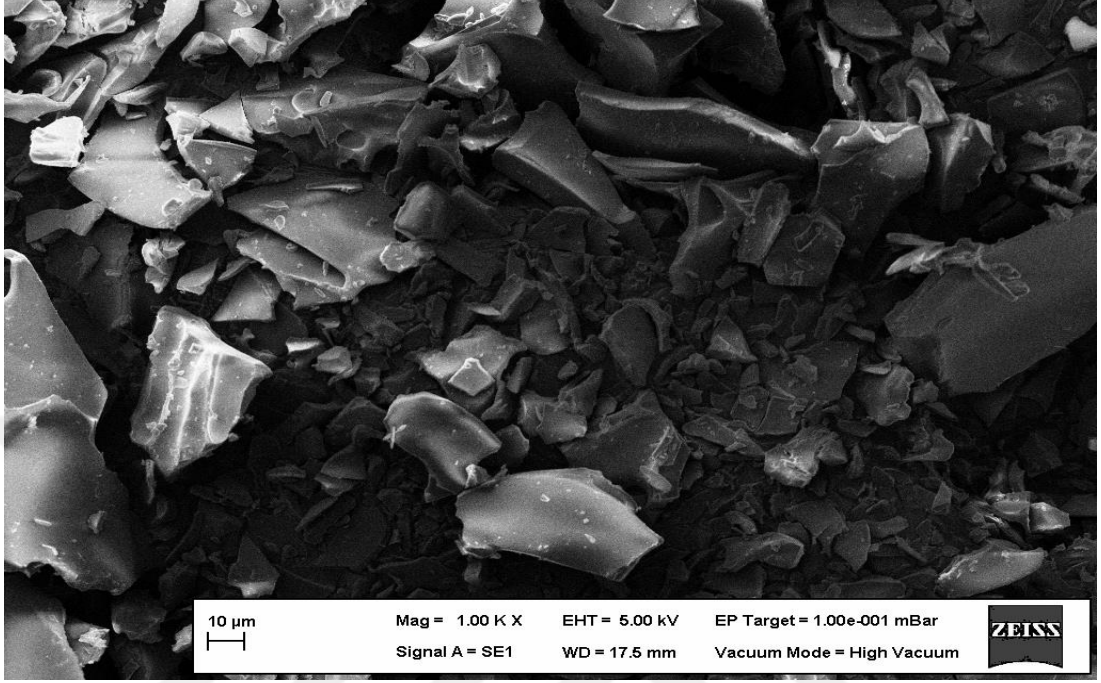
EK 7. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga ekstre tozlarının SEM görüntüleri



EK 8. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel ekstre tozlarının SEM görüntüleri



EK 9. Dondurarak kurutma ile elde edilen geleneksel aroma tozlarının SEM görüntüleri



EK 10. Dondurarak kurutma ile elde edilen mikrodalga aroma tozlarının SEM görüntüleri

