

**Atf İçin:** Karakuş, M. Ş., Akalan, M., Başıyigit, B., Karaaslan, A. ve Karaaslan, M. (2023). Domates Kabuğu Fenolikleri: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu ve Mikroenkapsülasyonu. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 1755-1767.

**To Cite:** Karakuş, M. Ş., Akalan, M., Başıyigit, B., Karaaslan, A. & Karaaslan, M. (2023). Tomato Peel Phenolics: Microwave Assisted Extraction Conditions Optimization and Microencapsulation. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(3), 1755-1767.

### **Domates Kabuğu Fenolikleri: Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu ve Mikroenkapsülasyonu**

Mehmet Şükrü KARAKUŞ<sup>1</sup>, Merve AKALAN<sup>2</sup>, Bülent BAŞYİĞİT<sup>2</sup>, Asliye KARAASLAN<sup>3</sup>, Mehmet KARAASLAN<sup>2\*</sup>

#### **Öne Çıkanlar:**

- Gıda işleme atıklarının değerlendirilmesi
- Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi ile fenolik eldesi
- Fenolik bileşiklerin mikroenkapsülasyonu

#### **Anahtar Kelimeler:**

- Domates kabuğu
- Mikrodalga destekli ekstraksiyon
- Optimizasyon
- Mikroenkapsülasyon
- Antioksidan aktivite

#### **ÖZET:**

Bu çalışma mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE) sistemi kullanılarak domates kabuklarından fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu ve elde edilen fenoliklerin püskürtmeli kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonunu kapsamaktadır. Bu amaçla maksimum düzeyde geri kazanım için MDE koşulları (mikrodalga gücü: 250-500 W ve ekstraksiyon süresi: 1-60 dk) yanıt yüzey metodolojisi ile optimize edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı (TFM) (3.58 mg GAE/g) ve antioksidan kapasite (29.85 mmol TE/g) için en yüksek değerler mikrodalga gücünün 310 W ve ekstraksiyon süresinin 35 dk olduğu noktada elde edilmiştir. Optimum koşullarda elde edilen ekstraktlara maltodekstrin (ekstraktaki suda çözünür toplam katı madde miktarının maltodekstrine oranı: 1/1 w/w) ilave edilmiş ve nihai solüsyon püskürtmeli kurutma tekniği kullanılarak toz forma dönüştürülmüştür. Mikroenkapsülasyon prosesinin başarısı fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ile doğrulanmıştır. Mikrokapsüller için toz verimi, nem içeriği, su aktivitesi ve çözünürlük değerleri sırasıyla %63.45, 4.18, 0.19 ve %92.34 olarak belirlenmiştir. Nihai toz ürünlerin antioksidan kapasitesi TFM miktarı (3.17 mg GAE/g), DPPH (23.10 mmol TE/g), ABTS (75.83 mmol TE/g) ve FRAP (13.95 mmol TE/g) yöntemleri ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar atık materyallerin bertaraf edilmesinin veya ekonomik değeri düşük alanlarda kullanılmasının makul bir yaklaşım olmadığını, aksine katma değerli ürünlere dönüştürülme potansiyellerini ortaya koymuştur.

### **Tomato Peel Phenolics: Microwave Assisted Extraction Conditions Optimization and Microencapsulation**

#### **Highlights:**

- Evaluation of food processing wastes
- Obtaining phenolic by microwave assisted extraction method
- Microencapsulation of phenolic compounds

#### **Keywords:**

- Tomato peel
- Microwave assisted extraction
- Optimization
- Microencapsulation
- Antioxidant activity

#### **ABSTRACT:**

This study covered the phenolic compounds extraction from tomato peels using microwave assisted extraction (MAE) system and their microencapsulation by spray drying technique. For this purpose, MAE conditions (microwave power: 250-500 W and extraction time: 1-60 min) for maximum recovery were optimized by response surface methodology. The highest values for total phenolic content (TPC) (3.58 mg GAE/g) and antioxidant capacity (29.85 mmol TE/g) were obtained at the point where the microwave power was 310 W and the extraction time was 35 min. Phenolic extracts produced under optimum conditions were mixed with maltodextrin (the ratio of soluble solids in the extracts to maltodextrin: 1/1 w/w) and converted into powder form using spray drying technique. The success of the microencapsulation process was confirmed by fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Powder yield, moisture content, water activity and solubility values for microcapsules were determined as 63.45%, 4.18, 0.19 and 92.34%, respectively. The antioxidant capacity of the final powder products was investigated by TFM (3.17 mg GAE/g), DPPH (23.10 mmol TE/g), ABTS (75.83 mmol TE/g) and FRAP (13.95 mmol TE/g) methods. The results show that it is not a reasonable approach to dispose of waste materials or use them in field with low economic value. On the contrary, they have the potential to transform value-added products.

<sup>1</sup>Mehmet Şükrü KARAKUŞ (Orcid ID: 0000-0002-1805-8206), Harran Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM), Şanlıurfa, Türkiye

<sup>2</sup>Merve AKALAN (Orcid ID: 0000-0002-3926-245X), Bülent BAŞYİĞİT (Orcid ID: 0000-0002-6617-1836), Mehmet KARAASLAN (Orcid ID: 0000-0001-8097-9535), Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>3</sup>Asliye KARAASLAN (Orcid ID: 0000-0002-3834-0647), Harran Üniversitesi, Organize Sanayi Bölgesi Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Programı, Şanlıurfa, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mehmet KARAASLAN, e-mail: mk385@cornell.edu

## GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicon*), taze ve işlenmiş olarak tüketilen, dünyada en yaygın yetiştirilen meyvelerdendir (Coelho ve ark., 2023). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2020 yılı verilerine göre, domates üretiminde Çin 64.8 milyon ton ile Dünya'da ilk sırada yer alırken, ikinci sırada 20.6 milyon ton ile Hindistan, Türkiye ise 13.2 milyon ton domates üretimi ile üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Taze tüketimin dışında gıda sanayisinde salça, ketçap, sos, domates püresi, turşu ve konsantre domates suyu olarak da işlenmekte ve tüketiciye sunulmaktadır. Domateslerin ilgili ürünlere işlenmesi esnasında yüksek miktarda (yaklaşık %5-30) yan ürün (kabuk ve çekirdek) açığa çıkmaktadır (Gheonea ve ark., 2021). Domates ve yan ürünlerinin sahip olduğu bu bileşiklerden (karotenoidler, tokoferoller, polifenoller ve fenolik bileşikler) dolayı kanser hastalıkları ve koroner rahatsızlıklara karşı koruyucu etkisi olduğu rapor edilmiştir (Szabo ve ark., 2018). Domates işleme fabrikalarında açığa çıkan bu atıklar genellikle gübre, melas ve hayvan yemi gibi ekonomik değeri düşük alanlarda değerlendirilmekte veya herhangi bir geri dönüşüm işlemine dahil edilmeden bertaraf edilmektedir (Strati ve Oreopoulou., 2014). Domates atıkları (özellikle kabuğu), likopen formunda bulunan karotenoidler başta olmak üzere, biyolojik aktivite sergileme potansiyeli olan bileşikler yönünden zengindir (Knoblich ve ark., 2005). Dolayısıyla işleme esnasında açığa çıkan kabuk ve çekirdek ciddi ekonomik kayıplara ve çevresel problemlere neden olmaktadır. Bu amaçla belirtilen fonksiyonel yapıların uygun yöntemlerle ilgili materyallerden ekstrakt edilip katma değerli ürünlere dönüştürülmesi kabul edilebilir bir yaklaşımdır. Bilimsel literatürde de özellikle son 10 yılda gıda işleme yan ürünlerinden biyoaktif bileşenlerin geri kazanımına yönelik yürütülen çalışmalar da bu yaklaşımı desteklemektedir (Azabou ve ark., 2020). Kiraz dokuları (Yüksekkaya ve ark., 2021), nar kabuğu (Sharayei ve ark., 2019; García ve ark., 2021) ve mango kabuğu (Ajila ve ark., 2007) bunlara örnek olarak verilebilir.

Gıdalardan biyoaktif bileşiklerin elde edilmesinde ilk adım uygun şartlarda ekstraksiyon işleminin sağlanmasıdır. Ekstraksiyon işleminde klasik yöntemler, uzun işlem süresi ve fazla çözücü kullanımından dolayı çevre kirliliğine sebep olabilmektedir. Bu yüzden son yıllarda klasik yöntemler yerine daha etkili, hızlı, modern, organik çözücü miktarını azaltan ve ekstraksiyon verimini arttıran çevre dostu yeni yöntemler (mikrodalga, ultrases, enzimatik) geliştirilmiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon (MDE), meyve ve sebzelerden biyoaktif bileşiklerin ekstrakt edilmesi için geliştirilen çevre dostu yöntemlerdendir (Coelho ve ark., 2023). Bu yöntem hem bileşiklerin bozunma oranını düşürmesi hem de klasik ekstraksiyona göre daha kısa sürede gerçekleşmesinden dolayı avantajlıdır (Álvarez ve ark., 2017). Önceki çalışmalarda MDE'nin klasik ekstraksiyona göre daha etkili bir ekstraksiyon işlemi gerçekleştirdiği rapor edilmiştir (Pan ve ark., 2002; Karakuş ve ark., 2023). Fenolik bileşiklerin kararsız bir yapıda olduğu bilinmektedir. Bu yüzden ekstrakt edilen bileşenlerin stabilitesini arttırmak ve gıda ürünlerine dahil edilmelerini kolaylaştırmak için fenolikleri mikroenkapsülleme işlemi makul bir yaklaşım olarak görülmektedir (Çam ve ark., 2014). Mikroenkapsülasyon, kaplama materyali kullanılarak bir solüsyonun sıvı halden katı hale dönüştürülmesinde kullanılan işlemidir (Turchiuli ve ark., 2014). Yüksek ürün verimi, kısa işlem süresi ile püskürtmeli kurutucular mikroenkapsülasyon işleminde arzu edilen kalitede toz ürün eldesi için tercih edilmektedir (Çam ve ark., 2014; Başyigit ve ark., 2021; Li ve ark., 2022). Maltodekstrin düşük maliyeti, yüksek molekül ağırlığı ve çözünürlük özelliklerinden dolayı püskürtmeli kurutma işlemlerinde kaplama materyali olarak kullanılabilir (Zhang ve ark., 2018; Karakuş ve ark., 2023).

Tüm bu durumlar göz önünde bulundurularak bu çalışmada biyoaktif bileşenler açısından zengin domates kabuğundan MDE şartlarının yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyonu, daha sonra da optimum şartlarda elde edilen özütlerin kaplama materyali maltodekstrin kullanılarak püskürtmeli kurutma ile

mikroenkapsüle edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen mikroenkapsüle toz ürünün fenolik yapılarının FTIR ile doğrulanması, fizikokimyasal özelliklerinin ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Şanlıurfa ilinde yerel bir marketten satın alınan Harran ovası Karaaali köyünde yetiştirilen domatesler (*Solanum lycopersicum*) çalışmada başlangıç materyali olarak kullanılmıştır. Domateslerin kabukları bir soyacak yardımıyla manuel olarak ayrıldıktan sonra güneşte kurumaya (45-50 °C) bırakılmıştır. Kurutulan domates kabukları, bir öğütücü (DMS253, Demisan, Türkiye) yardımıyla toz haline getirilmiştir (max:1 mm). Polietilen torbalarda paketlenen domates kabuğu tozları analizlere kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Tüm kimyasallar ve reaktifler analitik saflıkta olup Sigma veya Merck firmasından temin edilmişlerdir.

### Klasik Ekstraksiyon

Klasik ekstraksiyon için 10 g domates kabuğu tozu üzerine 100 mL metanol ilave edilerek bir gece boyunca manyetik karıştırıcıda bekletilmiştir. Süre sonunda süpernatant 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlemeden (Nüve, NF 1200R, Ankara) sonra toplanmış ve analizlerde kullanılmıştır.

### Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Yanıt yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak, MDE işlemi için deneysel bir plan oluşturulmuştur. Bu aşamada, farklı mikrodalga gücü (W) ve ekstraksiyon süresi (dk) değişkenlerinin domates kabuğu tozlarının TFM miktarı ve DPPH üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel tasarım, 5 tekrarlı olmak üzere 13 noktadan oluşmuştur. Domates kabuklarından fenolik bileşiklerin mikrodalga ekstraksiyonu için sıcaklık kontrollü bir mikrodalga cihazı (Sineo, Mass II Plus, Şangay, Çin) kullanılmıştır. Domates kabuğu tozları distile su (1:10 w/v) ile karıştırılmıştır. Ekstraksiyon işlemi, deney planına göre sabit sıcaklıkta (50 °C), farklı mikrodalga gücü (250-500 W) ve ekstraksiyon süresinde (1-60 dk), 500 rpm karıştırma hızında yürütülmüştür. Mikrodalga işleminden sonra süpernatant 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlemeden (Nüve, NF 1200R, Ankara) sonra toplanmış ve analizlerde kullanılmıştır. Özütler her defasında taze hazırlanmıştır.

### Mikroenkapsülasyon

Domates kabuğu özütlerinin toplam suda çözünür katı madde içeriği (°Briks) refraktometre (5.0 °Briks) ile belirlenmiştir. Özütlere kaplama materyali olarak maltodekstrin (1:1 w/w) eklenerek bir ultraturrax homojenizatörü (IKA-T18 Basic, Japan) ile 10.000 rpm'de 10 dk boyunca homojenize edilmiş ve daha sonra püskürtmeli kurutucu (Unopex B15, Bak-On, Mak. Muh. Ltd. Sti., İzmir, Turkey) cihazına beslenmiştir. Püskürtmeli kurutma koşulları giriş sıcaklığı: 140 °C, akış hızı ise 8 mL/dk olarak belirlenmiştir (Cam ve ark., 2020).

### Analizler

#### FTIR Spektroskopisi

FTIR spektrumları, Shimadzu ATR cihazı (Shimadzu, Japonya) ile ölçülmüştür. Ölçüm parametreleri: spektral aralık, 400–4000 cm<sup>-1</sup>; tarama süreleri 32 sn; çözünürlük, 4 cm<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Arriola ve ark., 2019).

### Fizikokimyasal Analizler

Nihai toz ürünün verimi, nem içeriği, su aktivitesi, çözünürlüğü, Carr indeksi, Hausner oranı, ıslanabilirlik karakteri ve renk parametreleri gibi fizikokimyasal analizler Başyigit ve ark. 2020 tarafından yürütülen çalışma baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

### Likopen Tayini

Bir g örnek, 80 mL hekzan:etanol:aseton (2:1:1) ile karıştırılmış ve 30 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Ardından üzerine 10 mL distile su ilave edilmiş ve 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda örnekler süzölmüş (Whatmann grade, 113#) ve süpernatantın absorbanı bir UV-Vis spektrofotometre (Model UV-1700, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) kullanılarak 503 nm'de okunmuştur (Pieper ve Barrett., 2009). Likopen değeri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Likopen (mg/kg taze ağırlık)} = A_{503} \times 537 \times 8 \times 0.55 / 0.1 \times 172 \quad (1)$$

(537 g/mol likopenin moleköl ağırlığı, 8 mL solvent hacmi, 0.55 solventlerin üst fazdaki hacimsel oranı, 0.10 g domates örneğinin ağırlığı, 172 m/M hekzan içerisindeki likopen için sabit katsayısı)

### Toplam Fenolik Madde

Örneklerin TFM içerikleri için, 2 mL seyreltilmiş Folin-Ciocalteu'nun fenol reaktifi (1:9 v/v), 0.4 mL seyreltilmiş örnek numunesi veya gallik asit standardı (5-100 mg/L) ile karıştırılmıştır. Karışıma 1.6 mL'lik sodyum karbonat çözeltisi (% 7.5, w/v) ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında 1 sa bekletildikten sonra, absorban 765 nm'de okunmuş ve sonuçlar numunenin g başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir (Singleton ve Rossi., 1965).

### Antioksidan Aktivite

#### DPPH

DPPH testi için, uygun oranlarda seyreltilmiş (1:50) 0.1 mL örnek veya trolox standardı (5-250 mg/L) ile 3.9 mL DPPH metanolik çözeltisi karıştırılmış ve karanlıkta 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda çözeltilerin absorbanları 515 nm'de ölçölmüştür (Çam ve ark., 2009).

#### ABTS

ABTS testi için 7.5 mM ABTS (96 mg ABTS, 5 mL potasyum persülfat, 20 mL distile su) ve 2.45 mM potasyum persülfat (0.83 g potasyum persülfat, 250 mL distile su) içeren bir çözelti hazırlanarak 16 saat boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Özütlör 0.2 M sodyum fosfat tamponu (pH: 7.4) ile seyreltilmiştir. Seyreltilen (1:50) farklı miktarlardaki özütlör (20 µL, 40 µL, 60 µL ve 80 µL) veya trolox standardı (2.50-10 µg), 2 mL ABTS radikali ile karıştırılmış ve karanlıkta 6 dk inkübe edilmiştir. Özütlörün ve troloks çözeltilerinin absorbanları 734 nm'de ölçölmüştür (Çam ve ark., 2009).

#### FRAP

FRAP testi için, 25 mL 30 mM asetat çözeltisi, 2.5 mL 10 mM 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazin ve 2.5 mL 20 mM demir (II) klorür içeren FRAP tamponu hazırlanmıştır. Daha sonra tampon (2850 µL), 150 µL seyreltilmiş örnek (1:50) veya trolox standardı (10-75 mg/L) ile karıştırılarak 30 dk boyunca oda sıcaklığında inkübasyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda 593 nm'de absorban ölçölmüştür (Benzie ve Strain., 1996).

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan troloks standardı için okunan absorban değeri ile kalibrasyon grafikler oluşturulmuş ve DPPH, ABTS ve FRAP analiz sonuçları mmol TE/g olarak ifade edilmiştir.

## İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS istatistik paket (Windows, SPSS 22 Inc., Chicago, IL, ABD) programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler üç tekrar halinde gerçekleştirilerek, sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. Optimizasyon verilerini analiz etmek, birinci ve ikinci dereceden model denklemlerini araştırmak için Design-Expert yazılımı (Stat Ease, Design Expert 7.0, ABD) kullanılmıştır. Modelin geçerliliği, varyans analizi (ANOVA) çıktıları ile değerlendirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Mikrodalga Destekli Ekstraksiyonun Optimizasyonu

Fenolik bileşiklerin domates kabuğundan ekstraksiyonu için en uygun koşullar, mikrodalga gücü ve ekstraksiyon sıcaklığına bağlı olarak RSM'nin tahmin edici denklemleri kullanılarak elde edilmiştir. TFM ve DPPH, bağımlı değişkenler olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenlerin aralıkları ve elde edilen tüm deneysel veriler Çizelge 1'de sunulmuştur. Domates kabuğu özütlerinin MDE için TFM miktarları 2.28-3.90 mg GAE/g aralığında belirlenirken klasik ekstraksiyonda bu değer 2.19 mg GAE/g olarak saptanmıştır. Ayrıca klasik ekstraksiyona ait DPPH sonucu 15.23 mmol TE/g, mikrodalga ekstraksiyonda ise 10.21-33.54 mmol TE/g aralığında belirlenmiştir. Sonuçlar, mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresinin TFM miktarını ve antioksidan aktiviteyi etkilediğini göstermiştir. Mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresi arttıkça TFM ve antioksidan aktivite değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 1. Domates kabuğu mikrodalga ekstraksiyon parametreleri

Parametreler	Bağımsız değişkenler		Bağımlı değişkenler	
	Güç (W)	Süre (dk)	Toplam fenolik madde miktarı (TFM) (mg GAE/g)	Antioksidan aktivite (DPPH)(mmol TE/g)
1	375.00	30.50	3.90	33.54
2	250.00	30.50	3.07	24.38
3	375.00	60.00	3.48	23.20
4	375.00	30.50	3.62	32.49
5	250.00	60.00	2.23	18.54
6	500.00	60.00	3.38	15.23
7	500.00	30.50	3.73	21.20
8	375.00	30.50	3.71	28.16
9	375.00	30.50	3.87	30.03
10	375.00	1.00	2.93	17.49
11	250.00	1.00	2.80	14.43
12	500.00	1.00	2.28	10.21
13	375.00	30.50	3.77	30.26
<b>Klasik ekstraksiyon</b>			2.19	15.23

Domates kabuğu özütlerinin optimizasyon koşullarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Optimum koşullar belirlenirken  $R^2$ , ayarlanmış  $R^2$ , uyum eksikliği ve  $p$ -değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Modellemenin  $p$  değerlerinin ( $<0.0001$ ) çok düşük değerlerde olması, bu değerlerin modelleme için çok anlamlı olduğunu göstermiştir. Uyum eksikliği, modelin deneysel alandaki verileri regresyona dahil edilmeyen noktalarda temsil edememesini ölçmektedir. Modellemeye ait uyum eksikliği değerleri TFM ve DPPH için sırasıyla 0.2533 ve 0.8091 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca modellemenin uygunluğunun doğruluğunu tespit etmek için  $R^2$  ve ayarlanmış  $R^2$  değerleri belirlenmiştir. TFM ve DPPH miktarları için  $R^2$  değerleri sırasıyla 0.9805 ve 0.9717 bulunmuştur. Bu değerler modellemenin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Yanıtlar incelendiğinde toplam varyansın yaklaşık %3'ü modelleme tarafından açıklanamamıştır. Diğer bir ifadeyle, belirleme

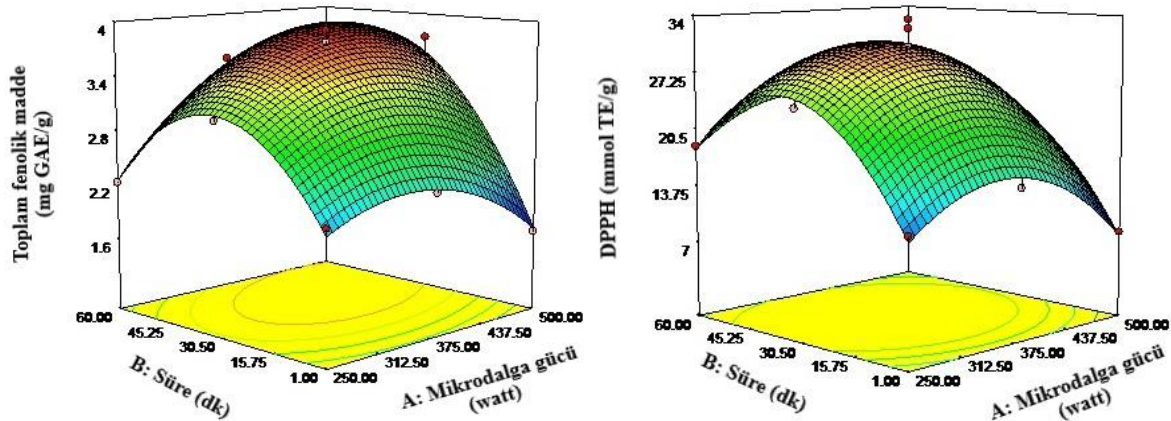
katsayısının ( $R^2$ ) yüksek bir değerde oluşu, gözlemlenen ve tahmin edilen veriler arasında yüksek bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Çizelge 2 incelendiğinde TFM ve DPPH için uygun modelin Kuadratik model olduğu saptanmıştır. Mikrodalga gücü ve ekstraksiyon süresi bağımsız değişkenlerinin TFM ve DPPH değerleri üzerindeki etkisini belirlemek için varyans analizi sonuçları irdelenmiştir (Çizelge 2). TFM ve DPPH değerleri üzerinde mikrodalga gücü ( $p<0.01$  ve  $p<0.05$ ) ve ekstraksiyon süresinin ise ( $p<0.001$  ve  $p<0.01$ ) istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Domates kabuğuna ait mikrodalga destekli toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ANOVA çıktıları

Katsayı/Değer	Toplam fenolik madde (TFM) (mg GAE/g)	Antioksidan aktivite (DPPH) (mmol TE/g)
$\beta_0$	3.80	30.57
<b>Kuadratik</b>		
$\beta_1$ (Güç)	0.22**	-1.78*
$\beta_2$ (Süre)	0.48***	3.47**
<b>Etkileşimli</b>		
$\beta_{12}$ (Güç x süre)	0.42***	0.23
<b>İkinci derece</b>		
$\beta_{11}$ (Güç) <sup>2</sup>	-0.45**	-6.96***
$\beta_{22}$ (Süre) <sup>2</sup>	-0.95***	-10.41***
<b>Regresyon katsayıları</b>		
$R^2$	0.9805	0.9717
Ayarlanmış $R^2$	0.9666	0.9515
p-değeri	<0.0001	<0.0001
F-değeri	2.02	0.32
Standart sapma	0.14	1.80
Uyum eksikliği	0.2533	0.8091

**Model:** Toplam fenolik madde veya antioksidan aktivite =  $\beta_0 + \beta_1(\text{Güç}) + \beta_2(\text{Süre}) + \beta_{12}(\text{Güç} \times \text{Süre}) + \beta_{11}(\text{Güç} \times \text{Güç}) + \beta_{22}(\text{Süre} \times \text{Süre})$ . İstatistik önem dereceleri: \* $p<0.05$ ; \*\* $p<0.01$ ; \*\*\* $p<0.001$

Şekil 1 mikrodalga gücünün ve ekstraksiyon süresinin TFM ve DPPH verimi üzerindeki etkisini gösteren bir yanıt yüzey grafiğini ifade etmektedir. Mikrodalga gücü 309.21 W ve ekstraksiyon süresi 34.91 dk sabitlendiğinde, TFM ve DPPH için sırasıyla 3.58 mg GAE/g ve 29.85 mmol TE/g elde edilebileceği tahmin edilmiştir. Teorik ve deneysel veriler arasındaki farklılıkların önemli seviyelerde olmadığı tespit edilmiştir.

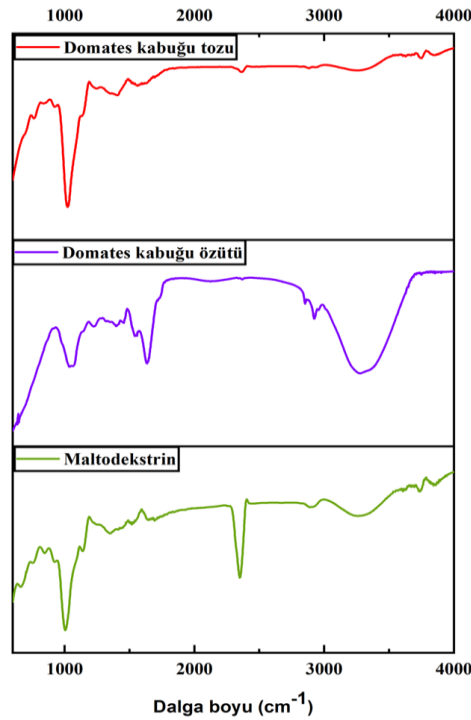


**Şekil 1.** Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite (DPPH) üzerine mikrodalga gücünün ve ekstraksiyon süresinin etkisi

### FTIR Spektroskopisi

FTIR analizi, maltodekstrin, domates kabuğu özütü ve domates kabuğu tozlarının spesifik kimyasal gruplarını karakterize etmek için gerçekleştirilmiş ve spektrumlar Şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 2 incelendiğinde tüm spektrumlar 3264-3286 dalga boyu aralıklarında ( $\lambda$ ) bir gerilme bandı sergilemişlerdir. Bu bantlar hidroksil (-OH) gruplarıyla ilişkilendirilmiştir. Domates kabuğu özütünde -OH bandı daha geniş ve yayvan olmasına rağmen toz üründe bu pikler düşüş eğilimindedir. Bu durum, püskürtmeli kurutma prosesinde numunelerdeki su moleküllerinin buharlaştığını ve kapsülleme işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermiştir. Tüm bunlara ek olarak 3100-3600  $\text{cm}^{-1}$  arasında yer alan bölgelerde domatesin alkoller, fenolik asitler ve amino asitler açısından zengin olduğunu ve bu nedenle sağlık üzerinde iyileştirici etkisi olabileceğini göstermektedir (Shwetha ve ark., 2018). Ayrıca yapılan TFM ve antioksidan aktivite tayinleri sonucunda ürünün biyolojik aktivite sergilediği belirlenmiştir. Domates kabuğu özütünde 1042  $\text{cm}^{-1}$  ve nihai fenolik toz üründe ise 1021  $\text{cm}^{-1}$  dalga boyunda elde edilen bantların piran halkası varlığını gösteren C-OH, C-O-C ve C-C germe titreşimlerine atfedilmiştir (Kadiroğlu, 2018; Li ve ark., 2019).



Şekil 2. Maltodekstrin, domates kabuğu özütü ve domates kabuğu tozunun FTIR spektrumları

### Fizikokimyasal Analizler

Domates kabuğu fenolik tozuna ait fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 3'te gösterilmiştir. Püskürtmeli kurutma sonucunda elde edilen toz veriminin ekonomik ve teknik açıdan başarılı sayılabilmesi için %50'den daha yüksek olması gerektiği bildirilmiştir (Bhandari ve ark., 1997). Prosesin toz verimi %63.45 olarak belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutmada giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki ısı-kütle transferleri ve ürünün çepere yapışması gibi faktörlerin işlemin nihai verimi üzerinde önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Romano ve ark., 2020). Tozların nem içeriği ve su aktivitesi değerleri sırasıyla %4.18 ve 0.19 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Çalışma sonunda elde edilen bu değerler, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden olumsuzluğa neden olabilecek limitlerin altında tespit edilmiştir (Vardin ve Yasar., 2012). Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Souza ve ark., 2018; Ishrat ve ark., 2020). Domates tozu diğer meyvelere kıyasla şeker ve karotenoidler gibi yağda çözünür maddeler bakımından zengin olması nedeniyle suda çözünürlüğü düşüktür (Aswathy ve ark., 2019). Düşük çözünürlük, hazır gıdalarda kullanımı sınırlandırmaktadır. Bu yüzden tozların çözünürlük değerinin yüksek olması arzu edilmektedir (Bezerra ve ark., 2013). Çözünürlüğü arttırmak amacıyla maltodekstrin

gibi yardımcı kurutma materyalleri kullanılarak bu problemin çözülebileceği bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen çözünürlük değeri %92.34 olarak tespit edilmiştir. Domates tozu üzerine yapılan çalışmalarda da benzer değerler bildirilmiştir (Aswathy ve ark., 2019; Ishrat ve ark., 2020). Mikrokapsüllerin Carr indeksi (akışkanlık) ve Hausner oranı (yapışkanlık) değerleri sırasıyla 41.61 ve 1.42 olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Bu parametreler, örneğin zayıf akışkanlığa ve yüksek koheziona sahip olduğunu belirtmektedir (Karrar ve ark., 2021). Elde edilen sonuçlar literatürde yer alan diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Ishrat ve ark., 2020; Manjula ve ark., 2023). Numunenin ıslanabilirlik değeri 236 sn olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). Maltodekstrin ilavesine bağlı olarak kuru madde oranında meydana gelen artış ile ıslanabilirlik sürelerinin uzayabileceği bildirilmiştir (Caliskan ve Dirim., 2013).

**Çizelge 3.** Domates kabuğu tozuna ait fizikokimyasal analiz sonuçları

Analizler	Domates kabuğu fenolik tozu
Verim (%)	63.45±0.03
Nem içeriği (%)	4.18±0.01
Su aktivitesi	0.19±0.00
Çözünürlük (%)	92.34±0.21
Carr İndeksi	41.61±0.39
Hausner oranı	1.42±0.01
Islanabilirlik (sn)	236±0.10
Likopen miktarı (mg/kg)	212.15±0.04
L*	86.11±0.05
a*	1.28±0.02
b*	19.07±0.16

Likopen, domates ve ürünlerinin ana karoten bileşeni olması ve sağlık üzerine yararları nedeniyle önemli bir bileşendir (Southon., 2000). Bu çalışmada elde edilen mikrokapsüllerin likopen içeriği 212 mg/kg olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Likopen değeri sonucu literatürle benzeşmektedir (Lavecchia ve Zorro, 2008; Konwarh ve ark., 2012; Ranveer ve ark., 2013). Numunenin L\* (parlaklık), a\* (yeşil/kırmızı) ve b\* (mavi/sarı) değerleri sırasıyla 86.11, 1.28 ve 19.07 olarak belirlenmiş ve Çizelge 3'te verilmiştir. Mikrokapsüllerin L\* değerinin yüksek olması, kurutma prosesinde yardımcı kaplama materyali olarak kullanılan parlak renge sahip maltodekstrine atfedilebilir (Jaya ve ark., 2006). Ayrıca yapılan bir çalışmada maltodekstrinin L\* değerini arttırdığı (Chong ve Wong., 2017) ve buna bağlı olarak a\* ve b\* değerlerini azalttığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar literatürde yer alan önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2010; Aswathy ve ark., 2019).

### Toplam Fenolik Madde Miktarı Ve Antioksidan Aktivite

Toz örneğin TFM değeri 3.17 mg GAE/g olarak bulunmuş ve Çizelge 4'te sunulmuştur. Optimum noktada elde edilen özütlerin TFM miktarı (3.58 mg GAE/g) mikrokapsüllerin TFM miktarından yüksek bulunmuştur. Bu durumun kurutma prosesinde kullanılan maltodekstrin kullanımına bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir. Özüt içerisine maltodekstrin ilavesiyle toplam katı madde içeriğinde artış olmakta ve bu durum özütten gelen biyoaktif bileşenlerin seyrelmesine neden olduğundan TFM değeri daha düşük bulunmuştur (Quek ve ark., 2007). TFM miktarı önceki çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir (Jorge ve ark., 2018; Farid ve ark., 2022). Yapılan çalışmada örneğin antioksidan aktivitesi DPPH, ABTS ve FRAP olmak üzere 3 farklı yöntemle ölçülmüştür. DPPH ve ABTS radikal süpürücü aktivite yöntemleri, radikallerin (DPPH ve ABTS<sup>+</sup>) bir antioksidan tarafından nötralize edilmesi prensibine dayanmaktadır (Bozkurt ve ark., 2020). Antioksidan aktivite sonuçları mmol TE/g olarak Çizelge 4'te sunulmuştur. Domates kabuğu tozunun DPPH ve ABTS serbest radikal süpürme



aktivite sonuçları sırasıyla 23.10 ve 75.83 mmol TE/g, FRAP antioksidan indirgeme gücü sonucu ise 13.95 mmol TE/g olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.** Domates kabuğu tozuna ait toplam fenolik ve antioksidan aktivite sonuçları

Analizler	Domates kabuğu fenolik tozu
TFM (mg GAE/g)	3.17±0.01
DPPH (mmol TE/g)	23.10±0.3
ABTS (mmol TE/g)	75.83±0.49
FRAP (mmol TE/g)	13.95±0.03

Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Souza ve ark., 2018; Aswathy ve ark., 2019). Bu antioksidatif davranış ham maddenin sahip olduğu yüksek likopen ve fenolik içeriğine bağlanabilir (Elbadrawy ve Sello, 2016).

## SONUÇ

Endüstriyel üretimde domatesin işlenmesi sonrası açığa çıkan atık/yan ürünlerin değerlendirilmesi, katma değerli ürünlere dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla çalışmada domates kabuklarındaki fenolik bileşiklerin maksimum düzeyde geri kazanımı için mikrodalga destekli ekstraksiyon sistemi kullanılmış, optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. Domates kabuğu fenolik bileşiklerinin ekstrakt edilmesinde mikrodalga destekli ekstraksiyon sisteminin klasik ekstraksiyona göre daha etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Elde edilen fenolik özütler püskürtmeli kurutma ile mikroenkapsüle edilerek nihai toz ürünündeki fenolik bileşikler FTIR spektroskopisi ile doğrulanmıştır. Sonuçlar, üretilen fenolik toz kapsüllerin antioksidanca zengin fonksiyonel bir bileşen olarak insan beslenmesinde katma değerli bir bileşen olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

## Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Ajila, C., M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., & Rao, U. P. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food chemistry*, 105(3), 982-988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Álvarez, A., Poejo, J., Matias, A. A., Duarte, C. M., Cocero, M. J., & Mato, R. B. (2017). Microwave pretreatment to improve extraction efficiency and polyphenol extract richness from grape pomace. Effect on antioxidant bioactivity. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 162-170. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.007>
- Arriola, N. D. A., Chater, P. I., Wilcox, M., Lucini, L., Rocchetti, G., Dalmina, M., ... & Amboni, R. D. D. M. C. (2019). Encapsulation of stevia rebaudiana Bertoni aqueous crude extracts by ionic gelation—Effects of alginate blends and gelling solutions on the polyphenolic profile. *Food chemistry*, 275, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.086>
- Aswathy, S., Suresha, G., Sneha, N., & Sadananda, G. (2019). Microencapsulation of lycopene rich cherry tomato powder using spray drying. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 2270-2277

- Azabou, S., Sebi, H., Taheur, F. B., Abid, Y., Jridi, M., & Nasri, M. (2020). Phytochemical profile and antioxidant properties of tomato by-products as affected by extraction solvents and potential application in refined olive oils. *Food Bioscience*, 36, 100664. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100664>
- Başığit, B., Sağlam, H., Kandemir, Ş., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2020). Microencapsulation of sour cherry oil by spray drying: Evaluation of physical morphology, thermal properties, storage stability, and antimicrobial activity. *Powder Technology*, 364, 654-663. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.02.035>
- Başığit, B., Yüce, M., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2021). High efficiency microencapsulation of extra virgin olive oil (EVOO) with novel carrier agents: Fruit proteins. *Materials Today Communications*, 28, 102618. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102618>
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bezerra, C. V., Amante, E. R., de Oliveira, D. C., Rodrigues, A. M., & da Silva, L. H. M. (2013). Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed—Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. *Industrial crops and products*, 41, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.035>
- Bhandari, B. R., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying technology*, 15(2), 671-684. <https://doi.org/10.1080/07373939708917253>
- Bozkurt, E., Sıcak, Y., Oruç-Emre, E. E., Iyidoğan, A. K., & Öztürk, M. (2020). Design and bioevaluation of novel hydrazide-hydrazones derived from 4-acetyl-N-substituted benzenesulfonamide. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 46, 702-714. <https://doi.org/10.1134/S1068162020050052>
- Caliskan, G., & Dirim, S. N. (2013). The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. *Food and Bioprocess Technology*, 91(4), 539-548. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.06.004>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.011>
- Cam, M., Başyigit, B., Alasalvar, H., Yilmaztekin, M., Ahmed, A., Sagdic, O., ... & Telci, I. (2020). Bioactive properties of powdered peppermint and spearmint extracts: Inhibition of key enzymes linked to hypertension and type 2 diabetes. *Food Bioscience*, 35, 100577. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100577>
- Chong, S. Y., & Wong, C. W. (2017). Effect of spray dryer inlet temperature and maltodextrin concentration on colour profile and total phenolic content of Sapodilla (*Manilkara zapota*) powder. *International Food Research Journal*, 24(6), 2543-2548
- Coelho, M. C., Rodrigues, A. S., Teixeira, J. A., & Pintado, M. E. (2023). Integral valorisation of tomato by-products towards bioactive compounds recovery: Human health benefits. *Food Chemistry*, 410, 135319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135319>
- Çam, M., Hışıl, Y., & Durmaz, G. (2009). Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food chemistry*, 112(3), 721-726. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.009>

- Elbadrawy, E., & Sello, A. (2016). Evaluation of nutritional value and antioxidant activity of tomato peel extracts. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S1010-S1018. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.11.011>
- FAO, 2020. Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Farid, E., Mounir, S., Talaat, E., Elnemr, S., & Siliha, H. (2022). Effect of foaming parameters on the physical and phytochemical properties of tomato powder. *Food Science and Biotechnology*, 31(11), 1423-1431. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01125-9>
- García, P., Fredes, C., Cea, I., Lozano-Sánchez, J., Leyva-Jiménez, F. J., Robert, P., ... & Jimenez, P. (2021). Recovery of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) peel using pressurized liquid extraction. *Foods*, 10(2), 203. <https://doi.org/10.3390/foods10020203>
- Gheonea, I., Aprodu, I., Cîrciumaru, A., Râpeanu, G., Bahrim, G. E., & Stănciuc, N. (2021). Microencapsulation of lycopene from tomatoes peels by complex coacervation and freeze-drying: Evidences on phytochemical profile, stability and food applications. *Journal of Food Engineering*, 288, 110166. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110166>
- Ishrat, S. A., Naik, H. R., Zargar, I. A., Wani, S. M., & Altaf, U. (2020). Investigation of the physical properties of tomato powder prepared by spray drying technology. *IJCS*, 8(1), 1071-1074. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1n.8395>
- Jaya, S., Das, H., & Mani, S. (2006). Optimization of maltodextrin and tricalcium phosphate for producing vacuum dried mango powder. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 13-24. <https://doi.org/10.1080/10942910500217666>
- Jorge, A., Sauer Leal, E., Sequinel, R., Sequinel, T., Kubaski, E. T., & Tebcherani, S. M. (2018). Changes in the composition of tomato powder (*Lycopersicon esculentum Mill*) resulting from different drying methods. *Journal of food processing and preservation*, 42(5), e13595. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13595>
- Kadiroğlu, P. (2018). FTIR spectroscopy for prediction of quality parameters and antimicrobial activity of commercial vinegars with chemometrics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4121-4127. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8929>
- Karakuş, M. Ş., Akalan, M., Yüce-tepe, M., Akay, K. B., Karaaslan, A., Başıyigit, B., & Karaaslan, M. (2023). Kullanıma hazır suda çözünebilir keçiyoynuzu kabuğu tozu üretiminin yanıt yüzey yöntemi ile çift aşamalı optimizasyonu. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2), 1-1. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1205063>
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Ahmed, I. A. M., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gürum seed oil using a spray-drying method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.045>
- Knoblich, M., Anderson, B., & Latshaw, D. (2005). Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(7), 1166-1170. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2091>
- Konwarh, R., Pramanik, S., Devi, K. S. P., Saikia, N., Boruah, R., Maiti, T. K., ... & Karak, N. (2012). Lycopene coupled 'trifoliolate' polyaniline nanofibers as multi-functional biomaterial. *Journal of Materials Chemistry*, 22(30), 15062-15070. <https://doi.org/10.1039/C2JM32530F>
- Lavecchia, R., & Zuurro, A. (2008). Improved lycopene extraction from tomato peels using cell-wall degrading enzymes. *European Food Research and Technology*, 228, 153-158. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0897-8>

- Li, J., Pettinato, M., Casazza, A. A., & Perego, P. (2022). A Comprehensive Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction for Lycopene Recovery from Tomato Waste and Encapsulation by Spray Drying. *Processes*, 10(2), 308. <https://doi.org/10.3390/pr10020308>
- Li, Q., Li, J., Li, H., Xu, R., Yuan, Y., & Cao, J. (2019). Physicochemical properties and functional bioactivities of different bonding state polysaccharides extracted from tomato fruit. *Carbohydrate polymers*, 219, 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.020>
- Liu, F., Cao, X., Wang, H., & Liao, X. (2010). Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder Technology*, 204(1), 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.08.002>
- Manjula, B., Pooja, M. R., Aruna, R., Leelavathi, N., Rekha, A. K., & Shiny, G. (2023). Development of instant tomato powder using different drying technology. *The Pharma Innovation Journal*, 12(1): 2686-2690
- Pan, X., Niu, G., & Liu, H. (2002). Comparison of microwave-assisted extraction and conventional extraction techniques for the extraction of tanshinones from *Salvia miltiorrhiza bunge*. *Biochemical Engineering Journal*, 12(1), 71-77. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00039-6)
- Pieper, J. R., & Barrett, D. M. (2009). Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(2), 177-194. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3437>
- Ranveer, R. C., Patil, S. N., & Sahoo, A. K. (2013). Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. *Food and Bioproducts Processing*, 91(4), 370-375. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.01.006>
- Romano, N., Ureta, M. M., Guerrero-Sánchez, M., & Gómez-Zavaglia, A. (2020). Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) spray-dried powdered extract. *Food Research International*, 129, 108884. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108884>
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.06.020>
- Sharayei, P., Azarpazhooh, E., Zomorodi, S., & Ramaswamy, H. S. (2019). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel. *Lwt*, 101, 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.031>
- Shwetha, M. S., Sinija, V. R., Durgadevi, M., Yadav, B. K., & Shanmugasundaram, S. (2018). Functional and Morphological Studies of Organic and Inorganic Tomatoes. *Pharmacognosy Journal*, 10(4). <https://doi.org/10.5530/pj.2018.4.119>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Southon, S. (2000). Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potential health benefits. *Food Research International*, 33(3-4), 211-217. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00036-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00036-3)
- Souza, A. L., Hidalgo-Chávez, D. W., Pontes, S. M., Gomes, F. S., Cabral, L. M., & Tonon, R. V. (2018). Microencapsulation by spray drying of a lycopene-rich tomato concentrate: Characterization and stability. *LWT*, 91, 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.053>
- Strati, I. F., & Oreopoulou, V. (2014). Recovery of carotenoids from tomato processing by-products—a review. *Food research international*, 65, 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.032>

- Szabo, K., Cătoi, A. F., & Vodnar, D. C. (2018). Bioactive compounds extracted from tomato processing by-products as a source of valuable nutrients. *Plant foods for human nutrition*, 73, 268-277. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0691-0>
- Turchiuli, C., Munguia, M. J., Sanchez, M. H., Ferre, H. C., & Dumoulin, E. (2014). Use of different supports for oil encapsulation in powder by spray drying. *Powder Technology*, 255, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2013.08.026>
- Vardin, H., & Yasar, M. (2012). Optimisation of pomegranate (*Punica Granatum L.*) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(1), 167-176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02823.x>
- Yüksekkaya, Ş., Başığit, B., Sağlam, H., Pekmez, H., Cansu, Ü., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2021). Valorization of fruit processing by-products: Free, esterified, and insoluble bound phytochemical extraction from cherry (*Prunus avium*) tissues and their biological activities. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 1092-1107. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00698-5>
- Zhang, L., Zeng, X., Fu, N., Tang, X., Sun, Y., & Lin, L. (2018). Maltodextrin: A consummate carrier for spray-drying of xylooligosaccharides. *Food research international*, 106, 383-393. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.004>