

## Kekik Esansiyel Yağı ve Mikroenkapsülasyon Uygulamaları

Bülent BAŞYIĞIT<sup>1</sup>, İbrahim HAYOĞLU<sup>1</sup>, Ferit ATASOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

Geliş Tarihi/Received

05.01.2017

Kabul Tarihi/Accepted

03.02.2017

Yayın Tarihi/Published

06.02.2017

### ÖZ

Kekik tıbbi ve aromatik bitkiler sınıfından olup bitkinin tamamı, esansiyel yağı ve esansiyel yağ eldesinden geriye kalan kısım yaygın olarak kullanılmaktadır. Kekik esansiyel yağı ilaç, kozmetik ve gıda sektörlerinin önemli girdilerinden biridir. Fakat diğer esansiyel yağlarda olduğu gibi kekik esansiyel yağı da ısı, ışık gibi çevresel faktörlere karşı hassastır. Bu yüzden esansiyel yağların raf ömürleri kısadır. Esansiyel yağların raf ömürlerini arttırmaya yönelik farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biri de mikroenkapsülasyondur. Mikroenkapsülasyon aktif bir maddenin çevresinin bir veya daha fazla kaplama maddesi (duvar materyali) ile sarılıp mikrometre ile milimetre aralığında büyüklüğe sahip kapsüllerin (mikrokapsül) elde edilmesinde kullanılan yeni bir teknolojidir. Kimya, kozmetik, gıda gibi farklı alanlarda kullanımı yaygındır. Gıda sanayinde farklı amaçlar için kullanılsa da bitki esansiyel yağının mikroenkapsülasyonu bu alanda ön plana çıkmaktadır. Mikroenkapsülasyonun istenilen düzeyde gerçekleşmesi için uygun kaplama maddesi seçimi de önemlidir. Bu amaçla kaplama maddesi olarak karbonhidratlardan (maltodekstrin, arap zıncığı vb.) ve proteinlerden (peynir altı suyu vb.) yaygın olarak yararlanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon işlemi için püskürtmeli kurutma, sprey soğutma, havalı süspansiyon kaplama, ekstrüzyon, santrifüj ekstrüzyon, dondurarak kurutma, koaservasyon, rotasyonlu süspansiyon ayrılması, ara yüzey polimerizasyonu vb. gibi bir çok teknik mevcuttur. Ancak püskürtmeli kurutma yöntemi ucuz ve kullanımının uygun olması sebebiyle en çok tercih edilen yöntemdir.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroenkapsülasyon, püskürtmeli kurutma, esansiyel yağ, kaplama materyali

## *Origanum* Essential Oil and Applications of Microencapsulation

### ABSTRACT

*Origanum* is one of the medicinal plants of which all parts, essential oils and byproduct remained after obtaining essential oil have been widely used. *Origanum* essential oils are important ingredient of pharmaceutical, cosmetic and food industries. However, *Origanum* essential oil as other essential oils is susceptible to environmental factors such as heat, light. Therefore, essential oils have a short shelf life. Different techniques have been used to improve shelf life of essential oils. One of the these techniques is microencapsulation. Microencapsulation is a new technology. It is used to obtain capsules. Microencapsulation is an important technology of chemistry, cosmetics and food industry. It is used for different purpose in food industry but microencapsulation of essential oils are at the forefront. Wall material and ratio are an important issue for a good microencapsulation. Therefore, proper wall material should be chose. Carbohydras and proteins are used widely for microencapsulation. There are many techniques available such as spray drying, spray cooling, air suspension coating, extrusion, centrifugal extrusion, freeze drying, coacervation, rotational suspension separation, interfacial polymerization for microencapsulation. But spray drying is the most preferred technics because it is cheap and suitable for use.

**Keywords:** Microencapsulation, spray drying, essential oil, wall material

### 1. GİRİŞ

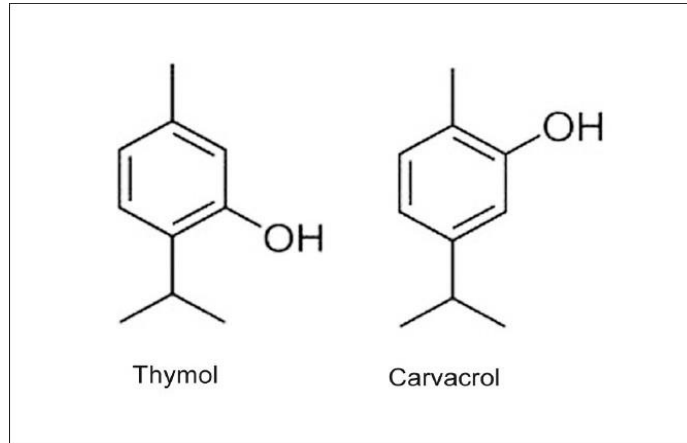
Tıbbi ve aromatik bitkiler antik çağlardan günümüze kadar hastalıkların tedavisi için kullanılmaktadır (Bayram ve ark., 2010). Bu bitkilerden, içerdikleri bileşenler nedeniyle ilaç, kozmetik ve gıda sektöründe, aroma verme, içecek hazırlama, renklendirici, koku verici özelliklerinden faydalanılmaktadır. *Lamiaceae* familyasına ait bitkilerin fonksiyonel özellikleri uzun yıllardan beri çalışılmaktadır. Gerek geleneksel tıpta kullanımları gerekse son dönem araştırmalar açısından bu familyanın üyeleri dikkat çekmektedir. Bu

familiyaya ait türlerden nane, adaçayı ve melisadan elde edilen bitkisel çaylar içerdikleri esansiyel yağlar nedeniyle dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar da çeşitli ilaç formülasyonlarında kullanılmaktadır (Fecka ve Turek, 2007).

Esansiyel yağlar bitkilerden elde edilen uçucu ve aromatik bileşiklerdir. Esansiyel yağlar bitkinin yaprak, gövde gibi özel hücre veya hücre gruplarında bulunmaktadır (Oussalah ve ark., 2007). Günümüzde bilinen yaklaşık 3000 adet esansiyel yağın 300 tanesi ilaç, gıda, kozmetik ve parfüm gibi farklı endüstrilerde kullanılmaktadır. Özellikle bazı uçucu bitki yağları tıbbi özellikler göstermekte ve çeşitli sistematik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Bakkali ve ark., 2008). Esansiyel yağlar monoterenler, sesquiterpenler ve bunların oksijen türevleri olarak bilenen fitokimyasallardır. Bu fitokimyasallar (Timol, anethol, mentol, karvakrol, fenolik asitler, flavonlar vb) bakteri ve fungal türlere karşı aktivite göstermekte olup (Souza ve ark., 2005) bu alanda uzun zamandır araştırmalar yapılmaktadır (Burt, 2004; Nychas, 1995). Ancak gıda endüstrisinde doğal antimikrobiyal olarak kullanımları son zamanlarda artmıştır (Du Plooy ve ark., 2009).

## 2. KEKİK ESANSİYEL YAĞI

Kekik pizza, et, sosis, salata, güveç, soslar ve çorba gibi gıdalara aroma vermek için geleneksel olarak kullanılan bir baharattır. Kekik'in sahip olduğu bu aroma, yapısında bulunan esansiyel yağ ve bu esansiyel yağda bulunan karvacrol ve timol (şekil 1),  $\gamma$  terpinene, *p*-cymene, linalool, terpinen-4-ol ve sabinene hydrate'den ileri gelmektedir (D'Antuono ve ark., 2000.; Skoula ve Harborne, 2002.; Azizi ve ark., 2009a, 2009b) Ayrıca, kafeik asit, rosmarik asit, hispidulin, apigenin gibi flavonoidler ve fenolik asitler kekikte en çok bulunan antioksidanlardır (Zheng ve Wang, 2001).



Şekil 1. Karvakrol ve Timol kimyasal yapısı

Kekikte karvacrol %80 ve timol %64'e kadar değişen oranlarda bulunmaktadır. Karvacrol ve timol kekikte majör bileşenlerdendir. Esansiyel yağlarda majör bileşenlerin oranı %85'e kadar ulaşmaktadır (Burt, 2004). Bu bileşikler kekik türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin *Origanum onites*'te %72,25-89,22 arasında Karvacrol bulunmasına karşın (Economou ve ark., 2011) bu oran *Origanum vulgare* için yaklaşık %23-79 karvacrol ve timoldür. Karvacrol *Lamiaceae* familyasında yer alan esansiyel yağlarda bulunan fenolik bir monoterependir (Baser, 2008). Karvacrol analjezik, anti-inflamatuar, antitümör gibi farmolojik etkilere sahiptir (Arunasree, 2010; Guimaraes ve ark., 2010). Son zamanlarda kanser ağırları üzerine farmolojik bir ajan olduğu belirtilmiştir (Guimaraes ve ark., 2014).

### 2.1. Kekik Esansiyel Yağı Biyoaktif Özellikleri ve İlgili Çalışmalar

Son 20 yıldır hayvansal gıdalarda yem katkı maddesi olarak kekiğinde içinde yer aldığı aromatik bitkilerin kullanımında artış görülmektedir. Bunun sebeplerinden biri 2006'dan beri Avrupa Birliği'nde antibiyotik büyüme faktörleri tamamıyla yasaklanmış ve bunun yerine kekiğın alternatif olarak kullanımı bu artışın görülmesini kaçınılmaz kılmıştır (Franz ve ark., 2010). Bu bitkiler antimikrobiyal, antifungal ve antioksidan etkiye sahiptirler. Bu yüzden toplum tarafından daha fazla ilgi görmektedirler (Chun ve ark.,

2005; Bozin ve ark., 2006). Bu özellikler esansiyel yağın kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak değişmektedir (Mechergui ve ark., 2016). Ayrıca son yıllarda gıda endüstrisinde BHA, BHT gibi sentetik antioksidanların yerine doğal antioksidan kullanımına yönelik çalışmalar artma eğiliminde olduğundan bu bitkiler üreticilerin de dikkatini çekmiştir (Camire ve Dougherty, 1998). Fakat esansiyel yağlar genel olarak gıdalarda BHT gibi sentetik antioksidanlardan daha az antioksidan aktiviteye sahiptir (Olmedo ve ark., 2009, 2012a, 2012b, 2008). Hatta BHT den daha yüksek konsantrasyonda esansiyel yağ kullanıldığında gıda ürünlerinde müşterinin kabul edilebilirliğini negatif yönde etkileyen yoğun bir aroma oluşumuna sebep olduğu belirtilmiştir (Olmedo ve ark., 2009, 2008). Bununla birlikte, *Lamiaceae* türleri arasında, kekik en yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarla ispatlanmıştır. 27 mutfak ve 12 tıp bitkisi arasında yapılan bir çalışmada kekiğin toplam fenolik madde miktarı 12 mg gallik asit/g örnek olduğu belirlenmiştir (Zheng ve Wang, 2001).

Zhang ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada kekik esansiyel yağını peyniraltı suyu, gam arabik, lesitin ve bunların eşit karışımlarıyla emülsifiye etmişler ve bu emülsiyonların *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* ve *Listeria monocytogenes*'a karşı antimikrobiyal aktivitelerini incelemişler. Tüm emülsiyonların minimum önleyici ve minimum bakteri öldürücü konsantrasyonu etanolde çözündürülmüş sade kekik yağından daha düşük bulmuşlardır.

Olmedo ve ark. (2013), krem peyniri ve krem peynirinin kekik ve biberiye esansiyel yağları ilave ederek karşılaştırdığı çalışmada esansiyel yağ ilaveli örneklerin daha uzun raf ömrüne ve daha düşük peroksit değerine sahip olduklarını saptamıştır.

United States and Drug Administration kekik esansiyel yağının güvenli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca kekik esansiyel yağının bağırsak mikroflorası (Jamroz, ve ark., 2005; Jang ve ark., 2007) yem kullanımı (Lee ve ark., 2003b) ve sindirim enzimi stimülasyonu üzerine pozitif bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Hashemipour ve ark., 2013). Bu amaçla hayvanlarda yapılan çalışmalarda Hack ve Alagawany (2015), tavukların rasyonlarına çeşitli miktarlarda kekik ilavesi yapmış ve bağışıklık fonksiyonları ve antioksidan enzim aktivitelerinde pozitif bir gelişme görmüşlerdir. Fakat bu çalışmada hayvanların canlı ağırlığında, yem tüketiminde ve yemden yararlanmasında herhangi bir gelişme görülmemiştir.

Altıok ve ark. (2010), kekik yağı ilave edilmiş kitosan esaslı filmler üzerine yaptıkları çalışmada *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* ve *S. aureus*'a karşı minimum antimikrobiyal etki dozunun %1.2 kekik yağının ilave edilmiş filmlerde olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bu konsantrasyonda eklenen kekik yağının yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

### 3. MİKROENKAPSÜLASYON

Mikroenkapsülasyon tekniği, katı, sıvı veya gaz olarak bulunan gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin minyatür kapsüller içerisinde tutulması olarak tanımlanabilir (Shahidi ve Han, 1993; Gibbs ve ark., 1999). Mikroenkapsülasyon enkapsüle materyalin stabilizasyonu, oksidasyon kontrolü, kontrollü salınım, renk, tat ve koku maskeleyici içeren gıdanın birçok alanında kullanılmaktadır (Anal ve Singh, 2007). Asıl amaç dış çevrenin sebep olduğu bozulmalara karşı enkapsüle edilecek materyali korumak ve kompozisyonundaki belirli maddelerin kontrollü salınımını yapmaktır (Greay ve Hammer, 2011). Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon uygulamaları birçok nedenden dolayı önem kazanmıştır, bunlar;

- Enkapsüle edilecek maddenin çevre koşulları (ışık, oksijen, su) ile etkileşimini azaltmak,
- Maddenin dış çevreye olan evaporasyonunu azaltmak,
- Maddenin kullanılabilirliğini kolaylaştırmak (topaklanmayı engellemek, sıvı formdan katı forma dönüştürmek vb.),

- İstenilen koşullarda ortama kontrollü olarak salınımını sağlamak,
- Maddenin tat ve kokusunu maskeleyerek,
- Katılacağı ortamda homojen dağılımını sağlamak olarak sıralanabilir (Shahidi ve Han, 1993).

### 3.1. Mikroenkapsülasyon Teknikleri

Mikroenkapsülasyon teknikleri farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Desai ve Park, (2005) mikroenkapsülasyon tekniklerinin farklı proseslere sahip olduğunu belirtmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Bazı mikroenkapsülasyon teknikleri ve prosesleri

Mikroenkapsülasyon Tekniği	Mikroenkapsülasyodaki Önemli Adımlar
Püskürtmeyle kurutma	a- Dispersiyonun hazırlanması b- Dispersiyonun homojenleştirilmesi c- Besleyici dağılımın atomizasyonu d- Atomize parçacıkların dehidrasyonu
Lipozom sıkışması	a- Mikroakışkanlaştırma b- Ultrasonikasyon c- Ters fazlı buharlaştırma
Koaservasyon	a- üç kimyasal fazların oluşumu b- Kaplamanın çökmesi c- Kaplamanın katılaştırılması
Liyofilizasyon	a- Çekirdeğin bir kaplama çözeltisi içinde karıştırılması b- Karışımın dondurularak kurutulması
Püskürtme-soğutma	a- Dispersiyonun hazırlanması b- Dispersiyonun homojenleştirilmesi c- Besleyici dağılımın atomizasyonu
Akışkan yataklı kaplama	a- Kaplama çözeltisinin hazırlanması b- Çekirdek parçacıklarının akışkanlaştırılması c- Çekirdek parçacıklarının kaplanması

Mikroenkapsülasyon püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yatakta kaplama: püskürtmeli dondurma, ekstrüzyon tekniklerle gerçekleştirilebilmektedir (Desai ve Park, 2005). Bu yöntemler içinde püskürtmeli kurutucunun kullanımı en çok tercih edilen yöntemdir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak bulunan bu ekipman ile geniş çapta üretimler yapılması mümkündür (Eichler, 2003). Kurutma masrafları dondurarak kurutma işlemine göre 30-50 kat daha düşüktür (Moreau ve Rosenberg 1996). Püskürtmeli kurutucuda gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemi sonucunda kaplama maddesinin duyarlı gıda bileşenini tutması, çevresel faktörlerden izole etmesi ve oksidasyona karşı koruması sağlanmaktadır (Desorby ve ark., 1997).

Aroma maddelerinin kaplanmasında en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Aroma mikroenkapsülasyonu çalışmalarının %85' lik bir bölümü bu teknik ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlem esnasında çözücüü buharlaştırmak amacıyla kullanılan sıcak hava 150-200 °C dolaylarında olmasına rağmen bu sıcaklık ile aktif bileşenin temas süresinin kısa olma (1-5 saniye) ve elde edilen ürünün sıcaklığının 50-80 °C civarında olması bu bileşenlerin termal degradasyonunu sınırlamaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007).

### 3.2. Mikroenkapsülasyonda Kaplama Materyalleri

Mikroenkapsülasyonda kaplama maddesi olarak kullanılacak çok fazla bileşen mevcut ise de bunları karbonhidrat (maltodekstrin, gam arabik, Hi-cap, Capsul-TA vb.) ve protein (sodyum kazeinat, peyniraltı suyu vb) başlığı altında toplamak mümkündür.

Aroma ve yağların mikroenkapsülasyonunda karbonhidratlardan maltodekstrinler, hidrolize nişasta, modifiye nişasta, siklodekstrinler, ve gamlar kullanılmaktadır. Proteinlerden ise süt proteinleri, peynir suyu proteinleri ve soya proteinleri gibi kaplama maddeleri yaygın olarak kullanılmıştır. Belirtilen kaplama maddelerinden hiçbiri tek başına optimum fayda sağlamaz bunun yerine değişik grup kaplama maddelerinin kombinasyonu tercih edilmesi uygun görülmektedir. Yağların ve aroma maddelerinin mikroenkapsülasyonunda kaplama materyalleri arasında gam arabik ön plana çıkmaktadır. Özellikle uçucu nitelikte olan aroma maddeleri söz konusu olduğu zaman gam arabikin daha efektif sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Gam arabikin önemli bir diğer özelliği de su fazında apolar bileşikler için emülsiyon oluşturma kapasitesinin yüksek olmasıdır (Jafari ve ark., 2008). Ancak maltodekstrin yüksek konsantrasyonlarda düşük viskozite, düşük fiyat, iyi çözünürlük, doğal aroma ve tatta ve düşük emülsiyon kapasitesine sahip olduğu için diğer kaplama materyalleri ile kombine edilerek kullanılmaktadır (Madene ve ark., 2006).

İdeal bir kaplama materyali;

- Yüksek konsantrasyonda reolojik özellikleri iyi olmalı ve kapsülleme işlemi esnasında kolay işlenebilmeli,
- Çekirdek materyal ile kaplama işlemi esnasında ve depolama sırasında çekirdek materyalin özelliğini bozacak şekilde reaksiyona girmemeli,
- Çekirdek materyalini kaplayabilmeli,
- İstenilen çözgüde çözünebilmelidir (Desai ve Park, 2005).

### 3.3. Mikroenkapsülasyonun Uygulanması

Koku verici uçucu bileşenler ve esansiyel yağların stabilitesi mikroenkapsülasyon tekniği ile önemli derecede artırılmaktadır. Mikroenkapsülasyon, gıda üretim prosesleri esnasında uçucu bileşiklerin buharlaşması ve oksidasyonunu önlemede kullanılabilir. Aynı zamanda mikroenkapsülasyon tekniği ile yeni/farklı işlenmiş gıdalar üretilebilmektedir. Diğer avantajlar ise mikrokapsül ürünlerin katı gıdalara kolayca uygulanabilmesi, enkapsüle edilmiş aktif maddenin zamanla kontrollü salınımı, gelişmiş/düzeltilmiş tat sağlaması ve ürünün raf ömrünün uzatılmasıdır (Wojtowicz ve ark., 2010).

Literatürde tıbbi ve aromatik bitkilerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur. Almeida ve ark. (2013), süper kritik akışkan teknolojisi kullanarak 2 farklı nişasta türü ile kekik esansiyel yağını mikroenkapsüllemişlerdir. Benzer şekilde (Beirão-da-Costa ve ark. (2012), kekik yağının enkapsülasyonu için inülin potansiyelini belirleyeme yönelik çalışma yapmışlardır. Guimaraes ve ark. (2015), kekik esansiyel yağında bulunan bir monoteren olan karvakrolü b-cyclodextrin kullanarak enkapsüle etmişler. Farklı yağlarda yapılan enkapsülasyon işlemlerinde, Tontul ve Topuz, (2013) keten tohumu yağını mikroenkapsüle etmişlerdir. Mikroenkapsülasyon için farklı kaplama materyalleri kullanmışlar en iyi mikroenkapsülasyon verimliliğinin Hi-cap-Gum Arabic-Peynir altı suyu (4:0:1) ile hazırlanmış emülsiyonda olduğunu saptamışlar. Kaplama materyali olarak maltodextrin-Gum Arabic-Peynir altı suyu (4:0:1) kullanıldığı emülsiyonda ise en iyi oksidasyon stabilitesi belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise Badee ve ark., (2012) nane esansiyel yağının mikroenkapsülasyonunda en iyi kaplama materyalinin gam arabik olduğunu ve taşıdığı yağa göre verimin %81 olduğu saptanmıştır. Ayrıca, mikroenkapsülasyon sonucu nane esansiyel yağının kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir.

## 4. SONUÇ

Ülkemiz tıbbi ve aromatik bitkiler açısından hatta endemik bitkiler açısından zengindir. Hali hazırda bu bitkiler esansiyel yağ elde edilmesinde kullanılmaktadır. Ancak tıbbi ve aromatik bitkilerin yeterince işlendiği türev ürünlerin oluşturularak katma değeri yüksek ürünlere dönüştürüldüğü söylenemez. Ayrıca,

esansiyel yağlar gıda, ilaç, kozmetik gibi sektörler için çok kıymetli ürünler olup daha ziyade buhar distilasyonu ile elde edilip yurt dışına pazarlanmaktadır.

Püskürtmeli kurutma, sprey soğutma, havalı süspansiyon kaplama, ekstrüzyon, santrifüj ekstrüzyon, dondurarak kurutma, koaservasyon, rotasyonlu süspansiyon ayrılması, ara yüzey polimerizasyonu önemli enkapsülasyon teknikleridir. Ancak püskürtmeli kurutma yöntemi ucuz ve kullanımının uygun olması sebebiyle en çok tercih edilen mikroenkapsülasyon yöntemidir. Günümüzde birçok alanda kullanılan mikroenkapsülasyon tekniklerinde ürünlerin raf ömürlerini artırmak ve biyoaktif özelliklerini korumak için yararlanılmaktadır. Gıda sanayinde de mikroenkapsülasyon birçok alanda kullanılmasına rağmen yaygın olarak bitki esansiyel yağlarının enkapsülasyonunda kullanılmaktadır. Bitki esansiyel yağları mikroenkapsüle edilerek, elde edilen ürünler meyve suları ve diğer içecek gruplarının zenginleştirilmesinde kullanılabilir. Bu ise fonksiyonel gıda pazarı için bir girdi oluşturmaktadır. Asıl amaç ise raf ömrü kısa olan, sıcaklık, ışık vb. parametrelere çok hassas davranış sergileyen çekirdek materyal olarak kullanılan esansiyel yağların stabilitesi mikroenkapsülasyon ile iyileştirilebilmektedir. Mikroenkapsülasyon için kaplama materyali karbonhidratların, gamların ve proteinlerin reolojik, emülsiyon, dispersiyon vb. gibi özellikleri dikkate alınarak seçilir. Bir çok alternatif olmasına rağmen kaplama materyali seçiminde genellikle değişik grupların kombinasyonundan yararlanılmaktadır.

## Kaynakça

- Almeida, A.P., Rodríguez-Rojo, S., Serra A.T., Vila-Real, H., Simplício, A.L., Delgadillo, I., Da Costa, S., Da Costa, L.B., Nogueira I.D., Duarte, C.M.M. (2013). Microencapsulation of *oregano* essential oil in starch-based materials using supercritical fluid technology, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20, 140–145.
- Altıok, D., Altıok, E., Tıhminlioğlu, F. (2010). Physical, Antibacterial and Antioxidant Properties of Chitosan Films Incorporated with *Thyme* Oil for Potential Wound Healing Applications, *The Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 21, 2227-2236.
- Anal, A.K., Singh, H. (2007). Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, *Trends Food Sci. Technol*, 18 (5), 240–251.
- Arunasree, K.M. (2010). Anti-proliferative effects of carvacrol on a human metastatic breast cancer cell line, MDA-MB 231, *Phytomedicine Int. J. Phytother. Phytopharm*, 17, 581–588, <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2009.12.008>.
- Azizi, A., Wagner, C., Friedt, W., Honermeier B. (2009a). Intraspecific diversity and relationship between subspecies of *Origanum vulgare* revealed by comparative AFLP and SAMPL marker analysis, *Plant Syst. Evol*, 281, 151–160.
- Azizi, A., Yan, F., Honermeier, B. (2009b). Herbage yield, essential oil content and composition of three *oregano* (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply, *Ind. Crop. Prod*, 29, 554–561.
- Badee, A.Z.M., Amal, E., El- Kader, A., Hanan, M.A. (2012). Microencapsulation Of Peppermint Oil By Spray Drying, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(12), 499-504.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar I. (2008). Biological effects of essential oils – A review, *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475..
- Baser, K.H.C. (2008). Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils, *Curr. Pharm. Des*, 14, 3106–3119.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S., Telci, İ. (2010). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Arttırılması Olanakları, Türkiye Ziraat Müh. 7. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010 Ankara, Bildiri Kitabı I, 437-456.
- Beirão-da-Costa, S., Duarte, C., Bourbon, A.I., Pinheiro, A.C., Januário M.I.N., Vicente A.A., Beirão-Da-Costa, M.L., Delgadillo, I. (2012). Effect of the matrix system in the delivery and in vitro bioactivity of microencapsulated *Oregano* essential oil, *Journal of Food Engineering*, 110, 190–199.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N., Anackov G. (2006). Characterization of the volatile composition of essential oils of some *Lamiaceae* spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils, *J. Agric. Food Chem*, 54,1822–1828.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods: A review, *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223–253.
- Camire, M.E., Dougherty, M.P. (1998). Added phenolic compounds enhance lipid stability in extruded corn, *J. Food Sci*, 63, 516–518.
- Chun, S.S., Vattem, D.A., Lin, Y.T., Shetty K. (2005). Phenolic antioxidants from clonal *oregano* (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*, *Process Biochem*, 40, 809–816.

- D'antuono, L.F., Galleti, G.C., Bocchini, P. (2000). Variability of essential oil content and composition of *Origanum vulgare* L. populations from a North Mediterranean Area (Liguria Region, Northern Italy), *Ann. Bot.*, 86, 471–478.
- Desai, K.G.H., Park, H.Y. (2005). Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients, *Drying Technology*, 23, 1361–1394.
- Desorby, S.A., Netto, F.M., Labuza, T.P. (1997). Comparison of Spray-drying, Drum-drying and Freeze-drying for beta carotene Encapsulation and Preservation, *Journal of Food Science*, 62, 1159–1162.
- Du Plooy, W., Regnier, T., Combrinck, S. (2009). Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management, *Postharvest Biology and Technology*, 53, 117–122.
- Economou, G., Panagopoulos, G., Tarantilis, P., Kalivas, D., Kotoulas, V., Travlos, I.S., Polysiou, M., Karamanos, A. (2011). Variability in essential oil content and composition of *Origanum hirtum* L., *Origanum onites* L., *Coridothymus capitatus* (L.) and *Satureja thymbra* L. populations from the Greek island Ikaria, *Ind. Crops Prod.*, 33, 236–241, <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.021>.
- Eichler, K. (2003). Trend in the European Encapsulation Market, *Food Marketing and Technology*, 17, 42–44.
- Fecka, I., Turek S. 2007. Determination of water-soluble polyphenolic compounds in commercial herbal teas from *Lamiaceae*: Peppermint, melissa, and sage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10908–10917.
- Franz, C., Baser, K.H.C., Windisch, W. (2010). Essential oil and aromatic plants in animal feeding—a European perspective, *A review, Flavour Fragr. J.*, 25: 327–340.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. (2007). Saurel, R., Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview, *Food Research International*, 40, 1107–1121.
- Gibbs, B.F., Kermasha S., Intez A, Mulligan N. (1999). Encapsulation in the Food Industry: A review, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 50, 213–224.
- Greay, S.J., Hammer, Ka. (2011). Recent developments in the bioactivity of monoand diterpenes: anticancer and antimicrobial activity, *Phytochem. Rev.* DOI: 10.1007/s1110101192126.
- Guimarães, A.G., Oliveira, G.F., Melo, M.S., Cavalcanti, S.C.H., Antonioli A.R., Bonjardim L.R., Et Al. (2010). Bioassay-guided evaluation of antioxidant and antinociceptive activities of carvacrol, *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.*, 107, 949–957, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1742-7843.2010.00609.x>.
- Guimaraes, A.G., Oliveira, M.A., Alves, R.D.S., Menezes, P.D.P, Serafini, M.R., Adriano Araujo, A.D.S., Bezerra D.P., Junior L.J.Q. (2015). Encapsulation of carvacrol, a monoterpene present in the essential oil of *oregano*, with b-cyclodextrin, improves the pharmacological response on cancer pain experimental protocols, *Chemo-Biological Interactions*, 227, 69–76.
- Guimaraes, A.G., Scotti, L., Scotti, M.T., Mendonca Juniori F.J.B., Melo, N.S.R., Alves R.S, Et Al. (2014). Evidence for the involvement of descending pain-inhibitory mechanisms in the attenuation of cancer pain by carvacrol aided through a docking study, *Life Sci*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2014.08.020>.
- Hack, E.A.M., Alagawany, M. (2015). Performance, egg quality, blood profile, immune function, and antioxidant enzyme activities in laying hens fed diets with thyme powder, *Journal of Animal and Feed Sciences*, 24, 127–133.
- Hashempour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., Veldkamp T. (2013). Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens, *Poult. Sci.*, 92, 2059–2069.
- Jafari, S. M., Assadpoor E., He, Y., Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying, *Drying Technology*, 26(7), 816–835.
- Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wartelecki, T., Orda, J., Skorupinska, J. (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals, *Br. Poult. Sci.*, 46, 485–493.
- Jang, I.S., Ko, Y.H., Kang, S.Y., Lee C.Y. (2007). Effect of a commercial essential oil on growth performance: digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 134, 304–315.
- Lee, K.W., Everts, H., Kappert, H.J., Yeom, K.H., Beynen, A.C. (2003b). Dietary carvacrol lowers body weight gain but improves feed conversion in female broiler chickens, *J. Appl. Poult. Res.*, 12, 394–399.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. (2006). Flavor encapsulation and controlled release – A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 4, 1–21.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Coelho, J.A., Serra, M.C., Khouja, M.L. (2016). Biological activities and oil properties of *Origanum glandulosum* Desf: A review. *Phytotherapie*, 14 (2), 102–108.
- Moreau, D.L., Rosenberg, M. (1996). Oxidative Stability of Anhydrous Microencapsulated Whey Proteins, *Journal of Food Science*, 61, 39–43.
- Nychas, G. J. E. (1995). Natural antimicrobials from plants. In G.W. Gould (Ed.), *New methods of food preservation* (pp. 58–89). London: Blackie Academic Professional.
- Olmedo, R.H., Asensio, C., Mestrallet, M.G., Grosso, N.R. (2009). Chemical and sensory stability of fried-salted peanuts flavored with oregano essential oil and olive oil, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2128–2136.
- Olmedo, R.H., Nepote, V., Grosso, N.,R. (2012a). Sensory and chemical stability in coated peanuts with the addition of essential oils and synthetic antioxidants, *International Journal of Fat and Oils*, 63(1), 5–13.

- Olmedo, R.H., Nepote, V., Grosso, N.R. (2012b). Aguaribay and cedron essential oils as natural antioxidants in oil-roasted and salted peanuts, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(12), 2195–2205.
- Olmedo, R.H., Nepote, V., Grosso, N.R. (2013). Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using *oregano* and *rosemary* essential oils, *LWT - Food Science and Technology*, 53, 409-417.
- Olmedo, R.H., Nepote, V., Mestrallet, M.G., Grosso, N. R. (2008). Effect of the essential oil addition on the oxidative stability of fried-salted peanuts, *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1935–1944.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., Lacroix, M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*, *Food Control*, 18, 414–420.
- Shahidi, F., Han, X.Q. (1993). Encapsulation of Food Ingredients, *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 501-547.
- Skoula, M., Harborne, J.B. 2002. Taxonomy and Chemistry. In: Kintzios, S.E. (Ed.), *Oregano: The Genera Origanum and Lippia*. Medicinal and Aromatic Plants–Industrial Profiles 25. Taylor & Francis/CRC Press, pp. 67–108.
- Souza, E.L.D., Lima, E.D.O., Freire, K.R.D.L., Sousa, C.P.D. (2005). Inhibitory action of some essential oils and phytochemicals on the growth of various moulds isolated from foods, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 245-250.
- Tontul, İ., Topuz, A. (2013). Mixture Design Approach in Wall Material Selection and Evaluation of Ultrasonic Emulsification in Flaxseed Oil Microencapsulation, *Drying Technology*, 31(12), 1362-1373.
- Wojtowicz, E., Zawirska-Wojtasiak, R., Adamiec, J., Wasowicz, E., Przygońskii, K., Remiszewski, M. (2010). Odor active compounds content in spices and their microencapsulated powders measured by SPME, *Journal of Food Science*, 75(8), S441-S445.
- Zhang, Y., Ma, Q., Critzer, F., Davidson, P.M., Zhong, Q., 2016. Organic thyme oil emulsion as an alternative washing solution to enhance the microbial safety of organic cantaloupes, *Food Control*, 67, 31-38.
- Zheng, W., Wang, S.Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs, *J. Agric. Food Chem.*, 49(11), 5165–5170.