

## *Mikroenkapsülasyon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları*

***Sibel KANAT***

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD  
sibel.kanat@omu.edu.tr  
ORCID:0000-0002-6181-7239

***Göknur TERZİ GÜLEL***

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Besin Hijyeni ve Teknolojisi AD  
goknurt@omu.edu.tr  
ORCID:0000-0002-0011-0440

Geliş tarihi / Received: 24.07.2020

Kabul tarihi / Accepted: 30.10.2020

### **Öz**

Mikroenkapsülasyon, katı, sıvı ve gaz halindeki aktif maddelerin (aroma maddeleri, mikroorganizmalar, vitaminler ve mineraller vb.) kaplama materyalleri ile mikro boyutlarda kaplanması teknolojisidir. Mikroenkapsülasyon ilaç, tarım, tıp, kozmetik, kimya ve gıda endüstrisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde mikroenkapsülasyon, kaplanacak maddeyi sıcaklık, nem ve mikroorganizma gibi dış etkenlerden korumak, aktif maddenin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek, raf ömrünü uzatmak, işlevselliğini korumak, istenmeyen tat ve aroma maddelerini maskelemek, aktif maddenin uygulama alanını artırmak ve optimal dozu sağlamak amaçlarıyla kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon teknolojisinde organik veya inorganik kaplama materyallerinden başta karbonhidratlar (nişasta, maltodekstrin, sakkaroz ve maltoz) olmak üzere proteinler (jelatin, peynir altı suyu proteinleri, kazein ve kazeinatlar gibi proteinler) ve gıamlar (gam arabik) kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyonda aktif maddelerin kaplama materyali ile kaplanmasında püskürterek kurutma, püskürterek soğutma, ekstrüzyon, liyofilizasyon, koaservasyon gibi teknikler kullanılmaktadır. Bu makalede mikroenkapsülasyon tekniğinin gıdalarda kullanım amaçları, kullanılan bazı kaplama materyalleri ve kaplama metodları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

***Anahtar Kelimeler:*** *Gıda, kaplama materyalleri, kaplama metodları, mikroenkapsülasyon*

### **Microencapsulation and Its Uses in Food Industry**

#### **Abstract**

Microencapsulation is a packaging technology in which solid, liquid and gaseous active substances (aroma substances, microorganisms, vitamins and minerals, etc.) are coated with coating material

in micro dimensions. Microencapsulation is used in many fields such as pharmaceutical, agricultural, medical, cosmetic, chemical and food industries. In the food industry, microencapsulation is used for protecting the coated material from external factors such as temperature, humidity and microorganism, improving the functional properties of the active substance, extending its shelf life, preserving its functionality, masking the unwanted taste and aroma substances, increasing the application area of the active substance and providing the optimal dose. In the microencapsulation technology, organic or inorganic coating materials such as carbohydrates (starch, maltodextrin, sucrose and maltose), proteins (gelatin, whey proteins, casein and caseinates) and gums (gam arabic) are used. In microencapsulation, techniques such as spray drying, spray cooling, extrusion, lyophilization, coacervation are used to coat the active substance with coating material. This article aims to give information about the use of microencapsulation technique, some coating materials and methods in the food industry.

**Keywords:** *Food, coating materials, coating methods, microencapsulation*

## **GİRİŞ**

Mikroenkapsülasyon aktif maddelerin (aroma maddeleri, mikroorganizmalar, vitaminler ve mineraller vb.) bir veya daha çok kaplama materyali ile çevrelenerek kaplanmasını sağlayan bir teknolojidir (Desai ve Park, 2005; Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, Saurel, 2007). Mikroenkapsülasyon ilaç, tarım, tıp, kozmetik, kimya ve gıda endüstrisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde, katı ve sıvı yağlar, renklendiriciler, aroma bileşikler, mikroorganizmalar, vitamin, mineral ve enzimlerin kapsüllemesi amacıyla kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon, katı, sıvı ve gaz gibi bileşiklerin kaplama materyalleri ile kaplanması sonucu fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi ve raf ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır. Mikroenkapsülasyon teknolojisi gıda endüstrisinde; i) fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi, ii) raf ömrünün uzatılması (Kınık, Kavas, Yılmaz, 2003; Azeredo, 2005), iii) kaplanacak maddenin dış etkenlerden korunması (nem, sıcaklık, hava ve ışık gibi), iv) buharlaşarak kaybolmanın önlenmesi ve fiziksel özelliklerin korunması, v) taşımının kolaylaştırılması, vi) doğru yerde ve doğru zamanda salınmanın sağlanması, vii) kaplanacak maddede istenmeyen tat ve koku-

nun önlenmesi ve viii) seçilmiş maddelerin etkinliğinin artırılması gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Desai ve Park, 2005; Koç, Sakin, Kaymak-Ertekin, 2010).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi sağlık alanında, gıdalara fenolik bileşiklerin eklenmesi ile kalp problemlerini engellemek, laktik asit üreten mikroorganizmaların katılmasıyla kolesterolü düşürmek, gıdalarda kalsiyum seviyesini artırarak osteoporozisi engellemek gibi amaçlarla da kullanılmaktadır (Peker ve Arslan, 2011; Mirzaei, Pourjafar, Homayouni, 2012).

Kullanılan kapsüller büyüklüklerine göre makrokapsül (>5.000 pm), mikrokapsül (0,2 ile 5.000 pm) ve nanokapsül (<0,2 pm) olarak, şekil ve yapılarına göre ise rezervuar tip, matris tip, düzensiz matris tip ve çift duvarlı matris tip olarak sınıflandırılmaktadır (Gharsallaoui vd., 2007).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi süt ve süt ürünlerinde otooksidasyona duyarlı çoklu doymamış yağ asitlerinin korunması, fermente et ürünlerinde ise starter kültürlerin (mikroorganizmaların) korunmasını sağlamaktadır (Gharsallaoui vd., 2007; Khan vd., 2011). Bu

derlemede mikroenkapsülasyon tekniğinin gıdalarda kullanım amaçları, kullanılan başlıca kaplama materyalleri ve metodları hakkında bazı hususlar ele alınmıştır.

### **Kaplama Materyalleri**

Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan polimerik kaplamalar (karbonhidrat ve proteinler gibi) kaplanacak maddeyi film tabakası ile koruyarak, ideal yerde ve zamanda özel bir uyararla kendini çözerek aktif maddenin serbest bırakılmasını sağlamaktadır (Suave vd., 2006). Mikroenkapsülasyon tekniğinde kullanılan başlıca materyaller; i) karbonhidratlar (nişasta, modifiye nişasta, dekstrin, sükröz, selüloz ve kitosan), ii) gamlar (gam arabik, aljinat ve karagenan), iii) lipidler (mum, parafin, monogliseritler, digliseritler, hidrojene yağlar ve katı yağlar), iv) inorganik maddeler (kalsiyum sülfat ve silikatlar) ve v) proteinler (gluten, kazein, jelatin ve albümin) gibi çeşitli doğal ve sentetik polimerlerden oluşmaktadır (Favaro-Triendade ve De Pinho, 2008).

Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan ideal duvar materyali; çekirdekle tepkimeye girmemeli, kapsül içinde çekirdeği olumsuz durumlara karşı maksimum oranda korumalı, ekonomik olmalı ve gıdanın tadını bozmamalıdır (Gharsallaoui vd., 2007; Nazzaro, Orlando, Fratianni, Coppola, 2012). Kullanılan bu polimerik kaplamalar çekirdeği izole etmek, film tabakayı korumak, ideal yerde veya zamanda özel bir uyararla kendini çözerek çekirdeğin serbest kalmasını sağlamaktadır (Suave vd., 2006). Mikroenkapsülasyon için çok sayıda madde bilinmesine rağmen gıda uygulamalarında genellikle güvenli olarak bilinen sınırlı sayıda materyal onaylanmıştır. Gıda katkı maddelerine yönelik yönetmelikler, kozmetik ve ilaç ürünlerine göre çok daha katı kurallara tabidir (Jackson

ve Lee, 1991; Gibbs, Kermasha, Alli, Mulligan, 1999; Desai ve Park, 2005; Wandrey, Bartkowiak, Harding, 2010).

### **Kaplama Metodları**

Mikroenkapsülasyon işleminde uygun mikroenkapsülasyon metodunun seçimi, aktif maddenin türüne (çekirdek materyali), mikroenkapsül tipine (matris veya rezervuar), mikroenkapsülün parçacık büyüklüğüne, çekirdeğin ve duvar materyalinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, salınım mekanizmalarına, üretim ölçeği ve maliyete bağlıdır (Suave vd., 2006).

### **Püskürtmeli Kurutma**

Püskürtmeli kurutma gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan mikroenkapsülasyon tekniğidir. 1950'lerin sonlarında gıdalarda bozulmayı önlemek, oksidasyona karşı aroma ve yağları korumak ve sıvıları toz haline dönüştürmek amacıyla kullanılmıştır (Desai ve Park, 2005; Madene, Jacquot, Scher, Desobry, 2006). Püskürtmeli kurutmanın diğer metodlara göre avantajları; geniş ve basit ekipmanlara sahip olması, çok çeşitli kaplama materyallerinin kullanılması, geniş ölçekli üretim potansiyeline sahip olması, ürün verimliliğinin yüksek olması, depolama, nakliye ve işlem maliyetinin düşük olmasıdır (Desai ve Park, 2005; Madene vd., 2006).

### **Püskürtmeli Soğutma**

Püskürtmeli soğutma, düşük sıcaklık kullanılarak yapılan en ucuz mikroenkapsülasyon teknolojisidir. Püskürtmeli soğutma mineraler, suda çözünür vitaminler, enzimler, asitleştiriciler ve bazı tatlandırıcılar gibi suda çözünen çekirdek malzemelerinin enkapsülasyonunda kullanılmaktadır. Püskürtmeli soğutma ile hazırlanan mikroenkapsüller, lipid kaplama nedeniyle suda çözünmezler. Bu tekniğin mikropartiküllerin düşük kapsülleme kapasitesine sahip olması ve depolama

sırasında çekirdeğin dışarı atılması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (Desai ve Park, 2005; Gamboa, Gonçalves, Grosso, 2011; Rathore, Desai, Liew, Chan, Heng, 2013).

### **Ekstrüzyon**

Ekstrüzyon düşük sıcaklıklarda uygulanan bir metoddur. Çözünmüş halde bulunan karbonhidrat polimerlerinin katı formdaki aktif maddelerin enkapsüllemesi esasına dayanır. Ekstrüzyon metodu uçucu ve stabil olmayan tat maddelerinin enkapsüllemesinde kullanılır (Gouin, 2004). Ekstrüzyon metodunda ısıya duyarlı maddeler kullanılır (Açu, Yerlikay, Kınık, 2014). Ekstrüzyon metodunun temel avantajı; oksijeni geçirmeyen bir bariyer sağlanmasından dolayı raf ömrünün uzaması ve oksidasyonun engellenmesidir. Bu metodun dezavantajı ise oldukça büyük parçacıkların (500-1.000 mm) kullanımının uygulamaları sınırlamasıdır. Ekstrüzyon metodu ile kapsüllemeye çok sınırlı duvar malzemeleri mevcuttur (Gouin, 2004).

### **Koaservasyon**

Koaservasyon, polimerlerin (kaplama materyali) çekirdeğin etrafındaki sıcaklık, iyonik kuvvet, pH ve polarite gibi fizikokimyasal özelliklerini değiştirerek birikmesini sağlayan bir metoddur (Azeredo, 2005). Koaservasyon, yüksek sıcaklık veya organik çözücüler gerektirmeyen nispeten basit, düşük maliyetli bir işlemdir. Genellikle aroma yağlarının enkapsülasyonu için kullanılır (Oliveira, Sivieri, Alegro, Saad, 2002; Sanguansri ve Augustin, 2006). Koaservasyon basit ve kompleks koaservasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Kompleks koaservasyonda iki veya daha fazla kaplama materyali kullanılırken basit koaservasyonda tek bir tip kaplama materyali kullanılmaktadır (Freitas, Merkle, Gander, 2005; Dias vd., 2015).

### **Liyofilizasyon**

Liyofilizasyon, bir vakum süblimasyon işlemi altında dondurulmuş malzemelerin dehidrasyonunu içeren bir metoddur. Numuneyi yüksek sıcaklıklara göndermeden bileşikten (aktif madde) su çıkarılmasını gerektirir (Chen ve Wang, 2007). Bu metod, yüksek sıcaklık ile ilişkili değişiklikleri en aza indirdiği için, mükemmel kalitede ürün sağlar. Yaygın olarak aroma verici ve tatlandırıcılarda kullanılır. Bununla birlikte, maliyetin yüksek olması ve işlem sürecinin uzun olması nedeniyle ticari uygulanabilirliği azalmaktadır (Marques, Silveira, Freire, 2006).

## **GIDA ENDÜSTRİSİNDE KULLANIM ALANLARI**

### **Askorbik asit (C vitamini) ve Demirin**

#### **Mikroenkapsülasyonu**

Askorbik asit (C vitamini) gıdalara antioksidan ve vitamin takviyesi olarak ilave edilmektedir. Askorbik asidin oksidasyonu sonucu yapısında birtakım bozulmalar meydana gelmektedir. Mikroenkapsülasyon teknolojisi; C vitaminini bozulmalara karşı korumak, gıda sistemine sızmasını önlemek ve gıdanın raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır (Picot ve Lacroix, 2004). Bebek mamalarında, ekmeklerde, tahıl barlarında ve süt ürünlerinde mikroenkapsülenmiş C vitamini kullanılarak C vitaminin stabilitesi sağlanmaktadır (Açu vd., 2014).

Demir, beslenme açısından önemli bir elementtir. Demirin biyoyararlanımı tanen, fitat ve polifenol gibi gıda bileşenleriyle etkileşmesi sonucu olumsuz etkilenmektedir. Demir gıdalardaki yağ asitleri, vitamin ve amino asitlerin oksidatif süreçlerini katalize ettiğinden dolayı gıdaların duyuşal özellikleri değişikliğe uğramakta ve besin değeri azalmaktadır. Bu reaksiyonları önlemek için demir mikroenkapsülleme tekniği ile kaplanarak

kullanılmaktadır. Süt az miktarda demir içermektedir. Demir, lipit oksidasyonunu katalize ederek sütte olumsuz tat, aroma ve koku oluşumu ve bunun sonucu acılaşılmaya (ransidite) neden olmaktadır. Demirin mikroenkapsülasyon teknolojisi ile kaplanması sonucu sütte istenmeyen okside tat ve kokunun giderilmesi sağlanmaktadır (Kwak, Yang, Ahn, 2003).

### **Probiyotiklerin Mikroenkapsülasyonu**

Probiyotikler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından, yeterli miktarda alındığında ko-nağa yarar sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (FAO/WHO, 2001). Probiyotikler sistemik immün yanıt, alerji, bağırsak bozuklukları ve inflamatuvar hastalıklar gibi sistemik bozukluklarda etkili olmaktadır (Martin, Lara-Villoslada, Ruiz, Morales, 2015). Probiyotiklerin etkili olabilmesi için, konakta hayatta kalması, çoğalması, ürün içinde metabolik olarak stabil ve aktif olması, mideden geçerek bağırsağa büyük miktarlarda ulaşması gerekmektedir (Sanz, 2007).

Probiyotiklerin olumsuz koşullara karşı direncini arttırmak amacıyla mikroenkapsülasyon teknolojisi kullanılmaktadır (Sarkar, 2010). Mikroenkapsülasyon probiyotikleri bir zar içinde tutarak onu zedelenmelere karşı korur, kayıpları azaltır ve bağırsakta uygun zamanda kaplama materyellerinin açılması sonucu ortama salınır (Sultana vd., 2000). Probiyotikler mikroenkapsülasyon ile bakteriyofajlardan korunur, dondurarak kurutma, donma ve depolama sırasında hayatta kalmaları sağlanır. Probiyotiklerin toz halinde kullanılmaları sonucu ürün içinde homojen olarak dağılımları sağlanır (Mortazavian, Razavi, Ehsani, Sohrabvandi, 2007).

### **Süt Ürünlerinde Mikroenkapsülasyon**

Peynir teknolojisinde olgunlaşma süresinin kısaltılması, tat ve aroma verici mikroorganiz-

maların ve enzimatik faaliyetlerin hızlandırılması amaçlanmaktadır. Günümüzde mikroenkapsülasyon teknolojisi ile enkapsülennmiş enzimlerin peynir türlerinde kullanılması ile peynirlerde tekstürel problemlerin ortadan kaldırılması, peynir üretim kapasitesinin artırılması, depolama süresinin ve peynirin olgunlaşma süresinin kısaltılması hedeflenmiştir (Kınık vd., 2003; Peker ve Arslan, 2011). Beyaz peynir üretimi sırasında *Bifidobacterium bifidum* BB-12 ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 suşlarının enkapsüle edilerek kullanılan peynirlerde enkapsüle edilmeyenlere göre daha uzun süre hayatta kaldıkları bildirilmiştir. Ayrıca asetaldehit ve diasetil gibi tat ve aroma maddelerinin enkapsüle edilmiş mikroorganizma içeren peynirlerde daha çok şekillendiği bildirilmiştir (Peker ve Arslan, 2011). Parmesan peynirinde kekik yağının enkapsülennmesi ve kaplama materyali olarak peynir altı suyu protein izolatu kullanılması sonucu depolama sonrasında peynirde mantar ve maya gelişmediği bildirilmiştir. Kekik yağının antimikrobiyal etkisi ve mikroenkapsüllerin kullanılması sayesinde antimikrobiyal aktivitenin sağlandığı bildirilmiştir (Fernandes, Antonio, Oliveira, Martins, Ferreira, 2012).

Mikroenkapsülasyon teknolojisi yoğurttta da bazı fizyokimyasal özellikleri iyileştirilmek amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda mikroenkapsülennmiş *L. acidophilus* LA-5'in yoğurdun sertliği ve protein içeriğini iyileştirdiği, kendiliğinden peynir altı suyu ayrışmasını önemli ölçüde azalttığı ve yoğurdun fizyokimyasal özelliklerini geliştirdiği bildirilmiştir (Wang, Wang, Gao, Guo, 2018). *Lactobacillus acidophilus* LA-5'in polimerize peynir altı suyu proteini ile mikroenkapsülasyonu sonucu bakterilerin gastrointestinal kanalda daha yüksek oranda hayatta kaldığı tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışma-

da *Bifidobacterium breve* R070'in peyniraltı suyu proteinleri ile kaplandıktan sonra yoğurda katılması sonucu 28 günlük depolama süresince, *B. breve*'nin kaplama işlemi yapılmamış mikroorganizmalara göre canlılığını 2.6 log daha fazla koruduğu ifade edilmiştir (Madene vd., 2006). *Bifidobacterium BB-12*'nin inülin, oligofruktoz ve oligofruktoz-i-nülin karışımı maddeler ile muamele edilmesi ve püskürtmeli kurutma metodu ile mikroenkapsülasyonu sonrası 180 gün depolanması süresince *Bifidobacterium BB-12*'nin hayatta kalma oranının yüksek olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonunda mikroenkapsülasyon uygulamasının üründe fiziksel özellikleri depolama süresince koruduğu tespit edilmiştir (Fritzen-Freire vd., 2012).

### Et Ürünlerinde Mikroenkapsülasyon

Et ürünlerinde teknolojisinde en önemli problemler lipid ve proteinlerde şekillenen oksidasyon ve mikrobiyal kontaminasyondur. Bu problemlerin önlenmesi amacıyla gıda katkı maddeleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Et ürünlerinde mikroenkapsülasyon; gıda katkı maddeleri veya yararlı mikroorganizmaları dış etkenlere karşı koruyarak etkinliklerini daha uzun süre devam ettirmek amacıyla uygulanmaktadır (Burgain, Gaiani, Linder, Scher, 2011).

Fermente edilmiş et ürünlerinde probiyotik mikroorganizmaların mide asidini geçerek sindirim sistemine taşınması hedeflenmektedir. Sucuk üretiminde probiyotik mikroorganizmaların enkapsüle edilerek kullanılması ile mikroorganizmaların düşük pH ve safra tuzları gibi olumsuz koşullara karşı daha dirençli olmaları sağlanmıştır (Rivera ve Gallardo, 2010; Rouhi, Sohrabvandi, Mortazavian, 2013).

Fermente et ürünlerinde kullanılan starter kültür ve probiyotiklerin gelişmesinde nitrit-nitrat varlığı, tuz yoğunluğu, et-yağ oranı ve baharat gibi etmenler etkili olmaktadır. Bakterilerin fermentasyon kriterlerine adapte olmaları, fermentasyon sonunda starter kültür sayısındaki düşüşün azaltılması amacıyla mikroenkapsülasyon teknolojisinden yararlanılmaktadır (Bilenler, Karabulut, Candogan, 2017).

Yapılan bir çalışmada bakteriyosin üreticisi *L. curvatus* MBSa2 suşunun enkapsüle edilerek fermente et ürünlerine ilave edilmesi sonucu *L. monocytogenes* üzerine inhibitörük etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş grupların *L. monocytogenes* üzerine bir etkisi olmadığı, ancak enkapsüle edilmiş *L. curvatus* MBSa2'nin sayısının, depolama boyunca enkapsüle edilmemiş *L. curvatus* MBSa2'ye göre daha yüksek olduğunu bildirilmiştir (Barbosa, Todorov, Jurkiewicz, Franco, 2015).

### SONUÇ

Mikroenkapsülasyon teknolojisi gıda endüstrisi için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Kullanılan kaplama materyallerinin çoğunun istenen özelliklerin hepsini bir arada taşımadığından dolayı birden fazla biyoaktif maddenin birlikte kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Kullanılan biyoaktif maddelerin ürünü sıcaklık, nem ve mikroorganizma gibi dış etkenlerden koruması, aktif maddenin fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi, istenmeyen tat ve aroma maddelerinin maskelenmesi hedeflenmektedir. Mikroenkapsülasyon teknolojisi özellikle süt endüstrisinde büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Peynirlerin olgunlaşma sürelerinin kısaltılması, organoleptik özellikleri yüksek ürünlerin elde edilmesi, dondurulmuş süt ürünlerinde tat ve aromasının korunması sağlanmıştır. Yine

mikroenkapsülasyon teknolojisi probiyotik mikroorganizmaların canlılığı, gelişimi ve dayanıklılığını artırmada önemli sonuçlar kaydetmiştir. Et endüstrisinde kullanılan starter kültür ve probiyotiklerin enkapsülasyonu ile mikroorganizmaların özelliklerini kaybetmeden sayılarının maksimum düzeyde korunması sağlanmıştır. Sonuç olarak mikroenkapsülasyon tekniği gelecekte gıdaların fonksiyonel özelliklerinin korunması, raf ömrünün uzatılması ve ürünlerin geliştirilmesinde önemli alternatif bir teknoloji olacaktır.

#### KAYNAKÇA

- Açu, M., Yerlikay, O., Kınık, Ö. (2014).** Mikroenkapsülasyon ve süt teknolojisindeki yeri. *Akademik Gıda*, 12, 97-107.
- Azeredo, H. M. C. (2005).** Encapsulação: Aplicação à tecnologia de Alimentos. *Alimentos e Nutrição*, 16, 89-97.
- Barbosa, M. S., Todorov, S. D., Jurkiewicz, C. H., Franco, B. D. (2015).** Bacteriocin production by *Lactobacillus curvatus* MBSa2 entrapped in calcium alginate during ripening of salami for control of *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 47, 147-153.
- Bilenler, T., Karabulut, I., Candogan, K. (2017).** Effects of encapsulated starter cultures on microbial and physicochemical properties of traditionally produced and heat treated sausages (sucuks). *LWT-Food Science and Technology*, 75, 425-433. <https://doi.org/10.3153/FH19023>
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., Scher, J. (2011).** Encapsulation of probiotic living cells: from laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104, 467-483. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031>
- Chen, G., Wang, W. (2007).** Role of freeze drying in nanotechnology. *Drying Technology*, 25, 29-35. <https://doi.org/10.1080/07373930601161179>
- Desai, K. G. H., Park, H. J. (2005).** Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23, 1361-1394.
- Dias, M. I., Ferreira, I. C. F. R., Barreiro, M. F. (2015).** Microencapsulation of bioactives for food applications. *Food Function*, 6, 1035-1052. <https://doi.org/10.1039/C4FO01175A>
- FAO/WHO. (2001).** Evaluation of health and nutritional properties of powder milk and live lactic acid bacteria. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization Expert Consultation Report 2001.
- Favaro-Trindade, C. S., De Pinho, S. C. (2008).** Revisão: Microencapsulação de ingredientes alimentícios. *Brazilian Journal of Food Technology*, 11, 103-112.
- Fernandes, A., Antonio, A. L., Oliveira, M. B. P. P., Martins, A., Ferreira, I. C. F. R. (2012).** Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 135, 641-650. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.136>
- Freitas, S., Merkle, H. P., Gander, B. (2005).** Microencapsulation by solvent extraction/evaporation: reviewing the state of the art of microsphere preparation process technology. *Journal of Controlled Release*, 102, 313-332.
- Fritzen-Freire, C. B., Prudencio, E. S., Amboni, R. D. M. C., Pinto, S. S., Murakami, A. N. N., Murakami, F. S. (2012).** Microencapsulation of Bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. *Food Research International*, 45, 306-312.

- Gamboa, O. D., Gonçalves, L. G., Grosso, C. F. (2011).** Microencapsulation of tocopherols in lipid matrix by spray chilling method. *Procedia Food Science*, 1, 1732-1739.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., Saurel, R. (2007).** Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 1107-1121.
- Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I., Mulligan, C. N. (1999).** Encapsulation in the food industry: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50, 213-224.
- Gouin, S. (2004).** Microencapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 330-347.
- Jackson, L. S., Lee, K. (1991).** Microencapsulation and the food industry. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 24, 289-297.
- Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Sameen, A., Aneeq-Ur-Rehman., Gill, W. T. (2011).** Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Research International*, 44, 3125-3133.
- Kıncık, Ö., Kavas, G., Yılmaz, E. (2003).** Mikroenkapsülasyon tekniği ve süt teknolojindeki kullanım olanakları. *Gıda*, 28, 401-407.
- Koç, M., Sakin, M., Kaymak-Ertekin, F. (2010).** Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 77-86.
- Kwak, H. S., Yang, K. M., Ahn, J. (2003).** Microencapsulated iron form ilk fortification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7770-7774.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. (2006).** Flavour encapsulation and controlled release- A review. *International Journal of Food Science Technology*, 41(1), 1-21.
- Marques, L. G., Silveira, A. M., Freire, J. T. (2006).** Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24, 457-463.
- Martin, M. J., Lara-Villoslada, F., Ruiz, M. A., Morales, M. E. (2015).** Microencapsulation of bacteria: A review of different technologies and their impact on the probiotic effects. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 27, 15-25.
- Mirzaei, H., Pourjafar, H., Homayouni, A. (2012).** Effect of calcium alginate and resistant starch microencapsulation on the survival rate of *Lactobacillus acidophilus* La5 and sensory properties in Iranian white brined cheese. *Food Chemistry*, 132, 1966-1970.
- Mortazavian, A., Razavi, S. H., Ehsani, M. R., Sohrabvandi, S. (2007).** Principles and methods of microencapsulation of probiotic microorganisms. *Iranian Journal of Biotechnology*, 5(1), 1-18.
- Nazzaro, F., Orlando, P., Fratianni, F., Coppola, R. (2012).** Microencapsulation in food science and biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 23, 182-186.
- Oliveira, M. N., Sivieri, K., Alegro, J. H. A., Saad, S. M. I. (2002).** Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. *Revista Brasileira Ciências Farmaceuticas*, 32, 1-21.
- Peker, H., Arslan, S. (2011).** Mikroenkapsülasyon ve süt teknolojisinde kullanım alanları. *Akademik Gıda*, 9, 70-80.
- Picot, A., Lacroix, C. (2004).** Encapsulation of bifidobacteria in whey protein-based microcapsules and survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Dairy Journal*, 14, 505-515.



- Rathore, S., Desai, P. M., Liew, C. V., Chan, L. W., Heng, P. W. S. (2013).** Microencapsulation of microbial cells. *Journal of Food Engineering*, 116, 369-381.
- Rivera-Espinoza, Y., Gallardo-Navarro, Y. (2010).** Non-dairy probiotic products. *Food Microbiology*, 27, 1-11.
- Rouhi, M., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A. M. (2013).** Probiotic fermented sausage: viability of probiotic microorganisms and sensory characteristics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 331-348.
- Sanguansri, P., Augustin, M. A. (2006).** Nanoscale materials development – a food industry perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 547-556.
- Sanz, Y. (2007).** Ecological and functional implications of the acid-adaptation ability of *Bifidobacterium*: A way of selecting improved probiotic strains. *International Dairy Journal*, 17(11), 1284-1289.
- Sarkar, S. (2010).** Approaches for enhancing the viability of probiotics: A review. *British Food Journal*, 112(4), 329-349.
- Suave, J., Dall’agnol, E. C., Pezzin, A. P. T., Silva, D. A. K., Meier, M. M., Soldi, V. (2006).** Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, 7(2), 12-20.
- Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P., Kailasapathy, K. (2000).** Encapsulation of probiotic bacteria with alginate–starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, 62(1-2), 47-55.
- Wandrey, C., Bartkowiak, A., Harding, S. E. (2010).** Materials for Encapsulation. In: Zuidam, N.J., Nedović, V.A. (eds.), Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing (pp. 31-100). London: Springer. New York Dordrecht Heidelberg.
- Wang, M., Wang, C., Gao, F., Guo, M. (2018).** Effects of polymerised whey protein-based microencapsulation on survivability of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and physiochemical properties of yoghurt. *Journal of Microencapsulation*, 35, 504-512.