

# Bakteriyofajların Enkapsülasyonu ve Potansiyel Uygulamaları



Gamze Koçer Alaşalvar<sup>1</sup>, Hamza Alaşalvar<sup>2</sup>, Zeliha Yıldırım<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, 11230, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, Türkiye

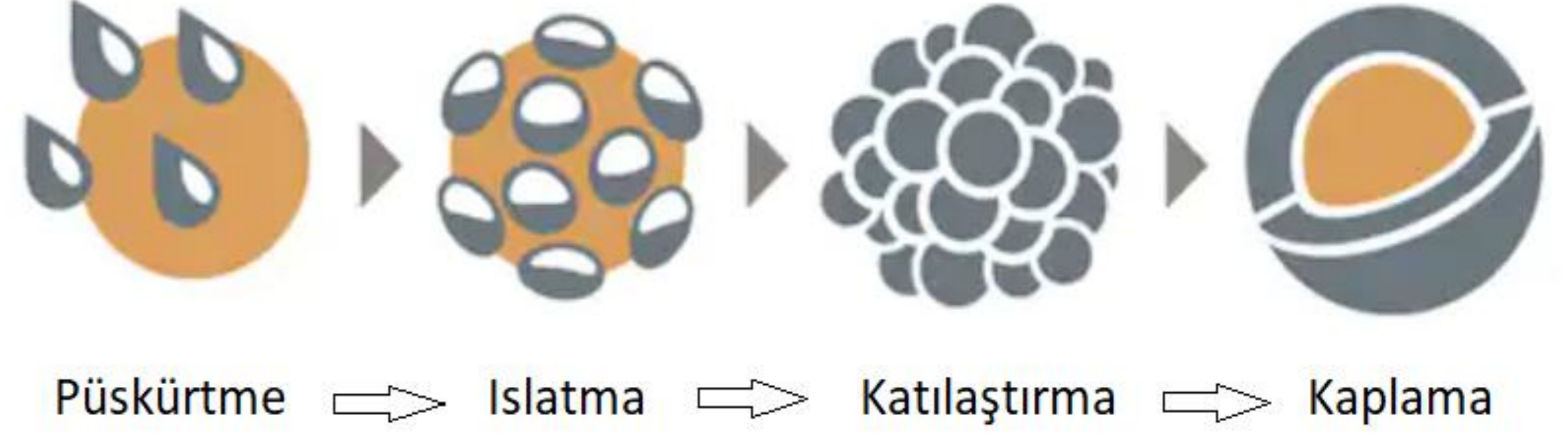
## Giriş

Bakteriyofajlar (fajlar), bakteri hücrelerini enfekte edip parçalama yeteneğine sahip bakteriye özgü virüslerdir (1). Fajların gerek bakteriyel insan patojenlerini tespit etmek için gerek biyokontrol ajanı olarak kullanılması, modern mikrobiyolojide oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bunların dışında faj kullanım alanları; faj terapisi, biyosanitasyon ve biyokorumadır (2). Fajların işlevlerini sürdürebilmesi için temel sınırlamalar sıcaklık, asitlik, tuzluluk, osmotik basınç ve çeşitli organik çözücülere karşı duyarlılık olarak sıralanabilir (3). Optimal laboratuvar koşulları altında çoğu faj lizatının günde yaklaşık % 1 aktivite kaybettiği bildirilmiştir (4). Fajların gıda uygulamalarında ve faj terapisinde sıvı formda kullanılması, faj etkinliğinin azalması gibi bazı dezavantajlara sahiptir (5). Faj etkinliğini koruyarak faj kullanımını daha cazip bir hale getirmek amacıyla enkapsülasyon teknikleri kullanılmaktadır (5). Böylece faj partikülleri çeşitli kaplama maddeleri içinde hapsedilerek dış etkenlerden korunabilmekte ve ayrıca faj salınımı kontrol edilebilmektedir. Faj enkapsülasyonu uygulamaları, gıda endüstrisinin yanı sıra tıp, eczacılık ve veterinerlik alanlarında yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır.

## Kaplama Maddeleri ve Enkapsülasyon Yöntemleri

Faj enkapsülasyonunda en yaygın kullanılan kaplama materyalleri: Aljinat, kitosan, peynir altı suyu proteini, etilselüloz, karboksimetil selüloz, karagenan, jelatin, pektindir. Faj enkapsülasyonunda en yaygın kullanılan yöntemler: Püskürterek kurutma, ekstrüzyon, emülsiyonlaştırma, dondurarak kurutma (liyoofilizasyon) ve polimerizasyon teknikleridir (5).

## Enkapsülasyon İşlemi



Enkapsüle Bakteriyofaj	Hedef Patojen Bakteri	Kullanılan Gıda Ürünü	Mikrobiyal Azalma	Kaynak
T4 fajı (kolifaj) içeren peynir altı suyu proteini filmi	<i>E. coli</i>	Marul yaprağı	5 log	Vonasek vd., 2014
Lipozom- enkapsüle <i>E. coli</i> O157:H7 fajı içeren kitosan film	<i>E. coli</i> O157:H7	Sığır eti	4,45 log	Cui vd., 2017
Peynir altı suyu proteini + trehaloz ile enkapsüle SLP004, SLP005 ve SLP050 fajları	<i>S. Enteritidis</i>	Tavuk eti Ayçiçeği filizi	0,57 log 0,86 log	Petsong vd., 2019
	<i>S. Typhimurium</i>	Tavuk eti Ayçiçeği filizi	1,78 log 1,2 log	

Bakteriyofaj	Kaplama Maddesi	Enkapsülasyon Yöntemi	Enkapsülasyon Etkinliği	Partikül Boyutu	Kaynak
<i>Staphylococcus</i> fajı	Na-aljinat	Ekstrüzyon	%45 %99	~0,5 mm ~2,0 mm	El Haddad vd., 2018
UAB_Phi20, UAB_Phi78 ve UAB_Phi87 <i>Salmonella</i> fajları	Aljinat/CaCO <sub>3</sub>	Ekstrüzyon	~%99	Ortalama 138 µm	Colom vd., 2017
<i>S. Enteritidis</i> fajları	Na-aljinat	Püskürterek kurutma	Ort. %84,26	41,40 µm	Soykut vd., 2019
<i>S. Typhimurium</i> fajları			Ort. %95,59	29,80 µm	
<i>B. subtilis</i> fajları			Ort. %90,03	29,99 µm	
Felix O1 fajı ( <i>Salmonella</i> fajı)	Trehaloz Eudragit S100	Püskürterek kurutma	~%100 ~%50	1-10 µm	Vinner vd., 2019
SPT 015 fajı ( <i>Salmonella</i> fajı)	Peynir altı suyu proteini +trehaloz	Dondurarak kurutma	%57,1-91,9	µm ölçekte	Petsong vd., 2020
CA933P fajı ( <i>E.coli</i> fajı)	Na-aljinat Pektin	Emülsiyonlaştırma	~%80 ~%50	µm ölçekte	Dini vd., 2012
T4 fajı (kolifaj)	Elektro-eğirilmiş nanofiber (etilen oksit/selüloz diasetat)	Elektro lif çekim yöntemi	-	1,35-2,48 µm	Korehei ve Kadla, 2014
T4 fajı (kolifaj)	Peynir altı suyu proteini	Yenilebilir film	-	1.5 cm x 214 µm	Vonasek vd., 2014
<i>E.coli</i> O157:H7 fajı	Lipozom	Dispersiyon	%57.66	150.1 nm	Cui vd., 2017

## Sonuç

Faj enkapsülasyonundaki önemli noktalar; fajların optimal işlevini sürdürmesi için tutuklanması gereken ortam koşulları, proses boyunca ve depolama süresince faj etkinliğini korumak, kapsül boyutu ve elbette toksik etki barındırmaması olarak sıralanabilir. Faj enkapsülasyonundaki zorluklar ise çekirdek materyalin stabilizasyonu, sürekli veya kontrollü salım sağlama, oksidatif reaksiyonu kontrol etme, renkleri, tatları veya kokuları maskeleyen, raf ömrünü uzatma ve bileşenleri besin değeri kaybına karşı koruma ile ilgilidir (5). Sonuç olarak, çeşitli enkapsülasyon yöntemlerindeki işlem koşullarının faj gereksinimleri göz önüne alınarak uyarlanması ve optimize edilerek genel olarak kullanılabilir bir enkapsülasyon tekniği geliştirmek esas olmalıdır.

## Kaynaklar

- Greer, G. G. (2005). Bacteriophage control of foodborne bacteria. *Journal of food protection*, 68(5), 1102-1111.
- Sillankorva, S. M., Oliveira, H., Azeredo, J. (2012). Bacteriophages and their role in food safety. *International Journal of Microbiology*, 1-13.
- Choińska-Pulit, A., Mituła, P., Śliwka, P., Łaba, W., & Skaradzińska, A. (2015). Bacteriophage encapsulation: Trends and potential applications. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 212-221.
- Wang, Q., & Sabour, P. M. (2010). Encapsulation and controlled release of bacteriophages for food animal production. In *Bacteriophages in the control of food-and waterborne pathogens* (pp. 237-255). American Society of Microbiology.
- Petsong, K., Benjakul, S., & Vongkamjan, K. (2019). Evaluation of storage conditions and efficiency of a novel microencapsulated *Salmonella* phage cocktail for controlling *S. enteritidis* and *S. typhimurium* in-vitro and in fresh foods. *Food microbiology*, 83, 167-174.