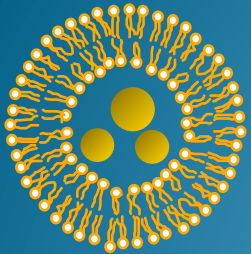


Taşıyıcı Sistemler olarak Emülsiyonlar: Emülsiyon Teknolojisi ile İyileştirilmiş Performans

Dr. Öğr. Üyesi Cansu Ekin GÜMÜŞ

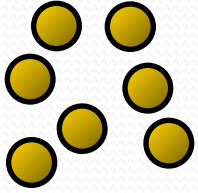
Ankara Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

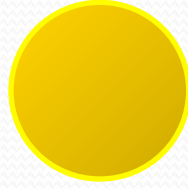


Gıdaya Uygun Dağıtım Sistemleri: Bazı örnekler

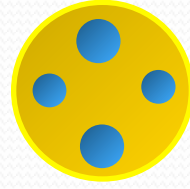
Nano-
damlacıklar



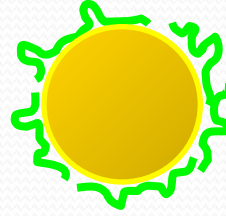
Micro-
damlacıklar



Doldurulmuş
Damlacıklar



Kaplanmış
Damlacıklar



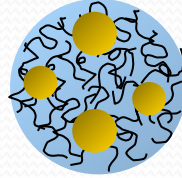
Katı Lipit
Parçacıklar



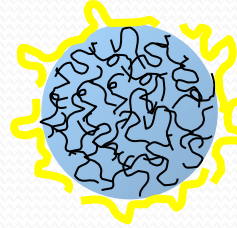
Hidrojel
Kürecikleri



Doldurulmuş
Kürecikler



Kaplanmış
Kürecikler



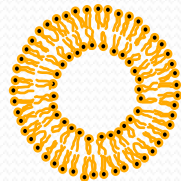
Katı parçacıklar



Miseller &
Mikroemülsiyonlar



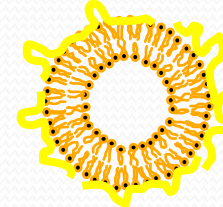
Lipozomlar



Doldurulmuş
Lipozomlar



Kaplanmış
Lipozomlar



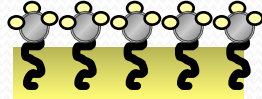
Yiyecek ve İçeceklerde Başarıyla Kullanılmadan Önce Kapsüllemesi Gereken Aktif Madde Örnekleri

Active Ingredient	Examples	Potential Advantages of Encapsulation
Flavors	Citrus oils Natural extracts	Allow incorporation into aqueous medium Facilitate storage and utilization Retard chemical degradation Control release profile
Antimicrobials	Essential oils	Improve matrix compatibility Facilitate storage and utilization Retard chemical degradation Mask undesirable off-flavors Increase potency
Antioxidants	Tocopherols Carotenoids Flavonoids Phenolics	Allow incorporation into aqueous medium Facilitate storage and utilization Retard chemical degradation Increase efficacy
Bioactive peptides	Milk peptides Meat peptides Plant peptides	Retard degradation in stomach Reduce bitterness and astringency Control release profile and bioactivity
Oligosaccharides and fibers	Prebiotics Chitosan	Avoid adverse ingredient interactions Improved product texture Control delivery in GI tract
Minerals	Iron Calcium	Avoid undesirable oxidative reactions Prevent precipitation Enhance bioavailability
Vitamins	Vitamins A, D, E Vitamin C	Allow incorporation in aqueous medium Improve ease of utilization Prevent chemical degradation
Bioactive lipids	ω -3 fatty acids CLA	Allow incorporation in aqueous medium Improve ease of utilization Avoid chemical degradation (oxidation) Controlled delivery in GIT
Probiotics	Lactic-acid bacteria	Improve cell viability in product Avoid degradation in GIT

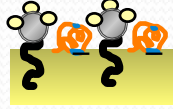
Emülsiyon Performansının Kontrolü

Arayüzey Mühendislik Yöntemleri :

- Tek emülgatör

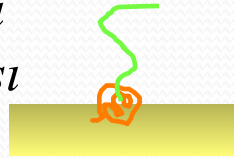


- Karışık emülgatörler



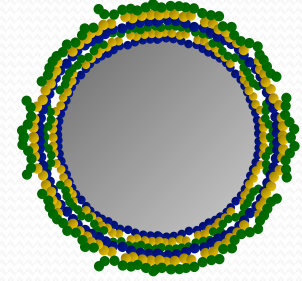
- Kovalent Emülgatör-Polimer Kompleksleri

- *Homojenizasyon Öncesi*
- *Homojenizasyon Sonrası*



- Fiziksel Emülgatör-Polimer Kompleksleri

- *Homojenizasyon Öncesi*
- *Homojenizasyon Sonrası*

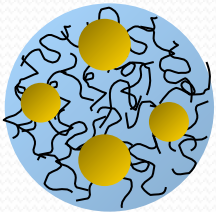


Arayüzey Özellikleri

- kompozisyon
- Kalınlık
- Elektriksel yük
- geçirgenlik

Emülsiyon Bilimi ve Teknolojisi : Gıda Endüstrisinde Önemi

- **Emülsiyon Bazlı Gıda Ürünlerinin Geliştirilmesi**
 - Doku, Görünüm, Lezzet, Raf ömrü
 - Maliyet, Sağlıklılık, Etiket Dostu
- **Fonksiyonel Bileşenlerin Kapsüllenmesi, Korunması ve Taşınması**
 - Hassas İçeriklerinin Korunması
 - Kontrollü veya Tetiklenmiş Serbest Bırakma



Gıda Emülsiyonları



Süt ve İçecekler



Soslar



**Mayonez &
Salata sosları**



**Tereyağı ve
Sürülebilir yağlar**



**Dondurma &
Tatlılar**



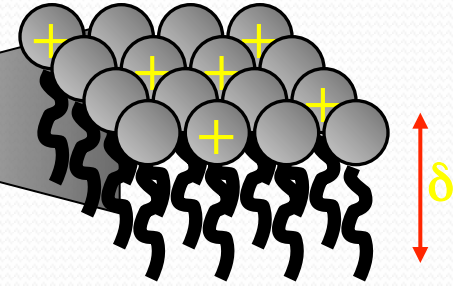
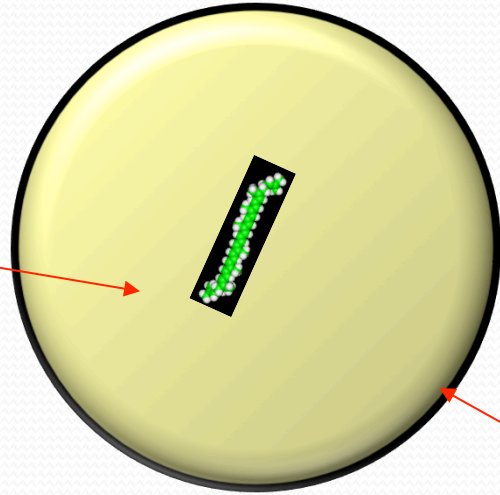
**Toz Ürünler
(Krema, çorba, et suyu)**

Çeşitli görünümleri, dokuları, stabiliteleri ve tatları olan fakat yapısal benzerlikleri olan çeşitli ürünler grubu

Gıda Emülsiyonları: İşlevsellik Tasarımı

Parçacık Özellikleri :

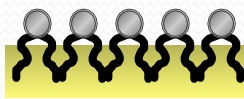
- **Lipit bileşimi**
 - Polarite
 - Suda çözünürlüğü
 - viskozite
- **Boyut dağılımı**
- **Fiziksel durum**
 - *Katı vs sıvı*
- **Yükleme kapasitesi**



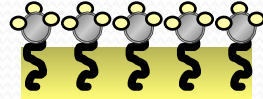
Arayüz özellikleri :

- **Kalınlık**
- **yüzey Kimyası**
- **geçirgenlik**
- **Elektriksel yük**
- **duyarlılık**

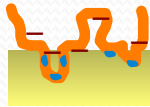
Sınırlı sayıda Gıda Sınıfı Emülgatör



Fosfolipitler



Sümfaktanlar



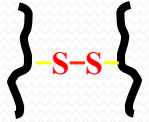
Polisakkaritler ve Proteinler

Fonksiyonel Bileşenler

Sümfaktan



Polimer



1. “Emülgatör”

- Bir yağ-su arayüzüne adsorbe olan ve koruyucu bir membran oluşturan yüzey aktif bir molekül

2. “Doku değıştirici” (texture modifier)

- **Kıvamaştırıcı ajan:** Büyük moleküler boyutları nedeniyle viskoziteyi artıran veya jeller oluşturan bir bileşen
- **Jelleştirici:** Moleküller arası çapraz bağlar nedeniyle viskoziteyi artıran veya jeller oluşturan bir bileşen

3. “Ağırlaştırma maddesi” (weighting agent)

- Dağınık ve sürekli fazların yoğunluklarını eşitleyen bir bileşen

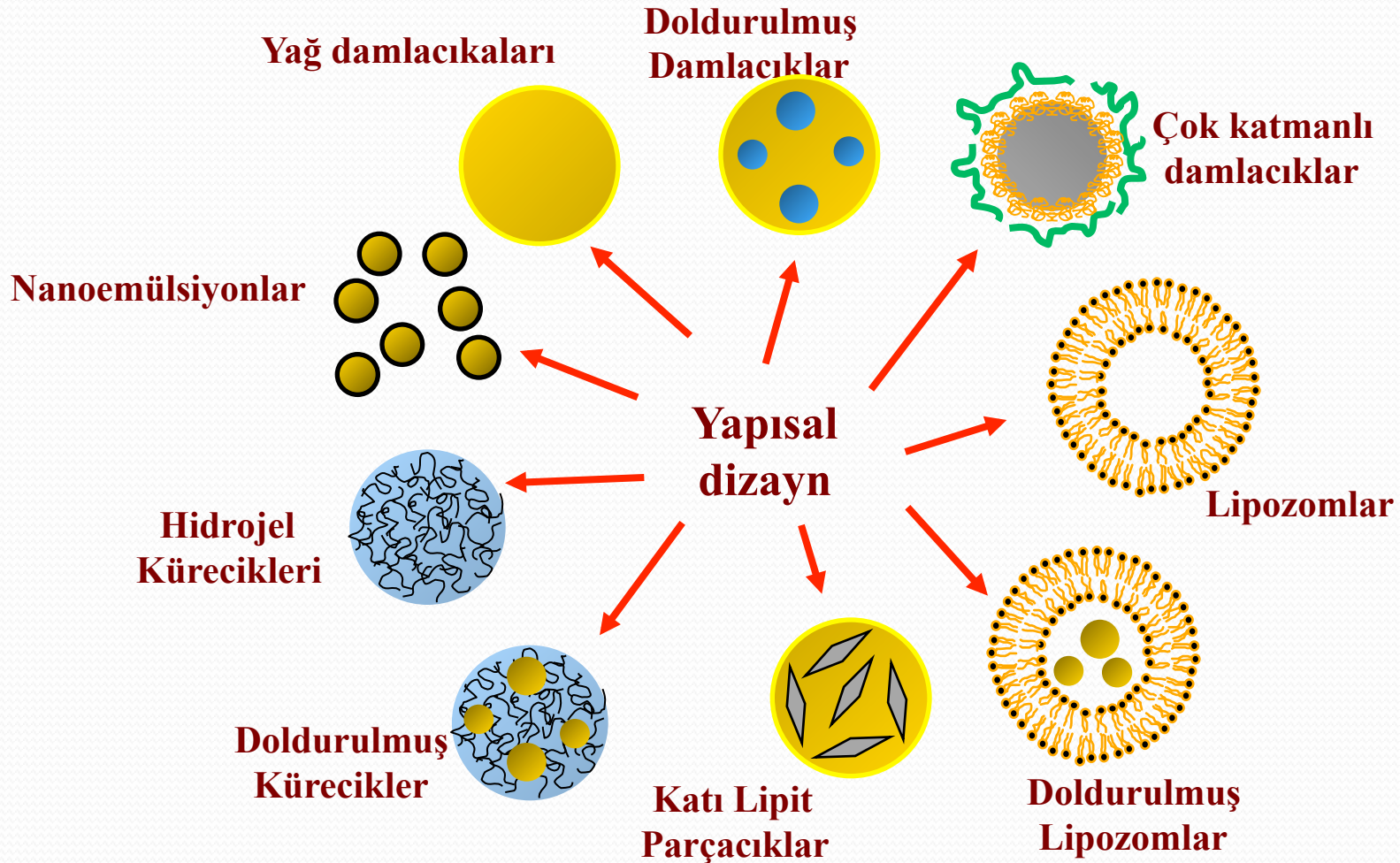
4. “Olgunlaşma İnhibitörü” (ripening inhibitor)

- Emülsiyon damlacıklarına eklendiğinde Ostwald olgunlaşma oranını azaltan bir bileşen

“Stabilizör”

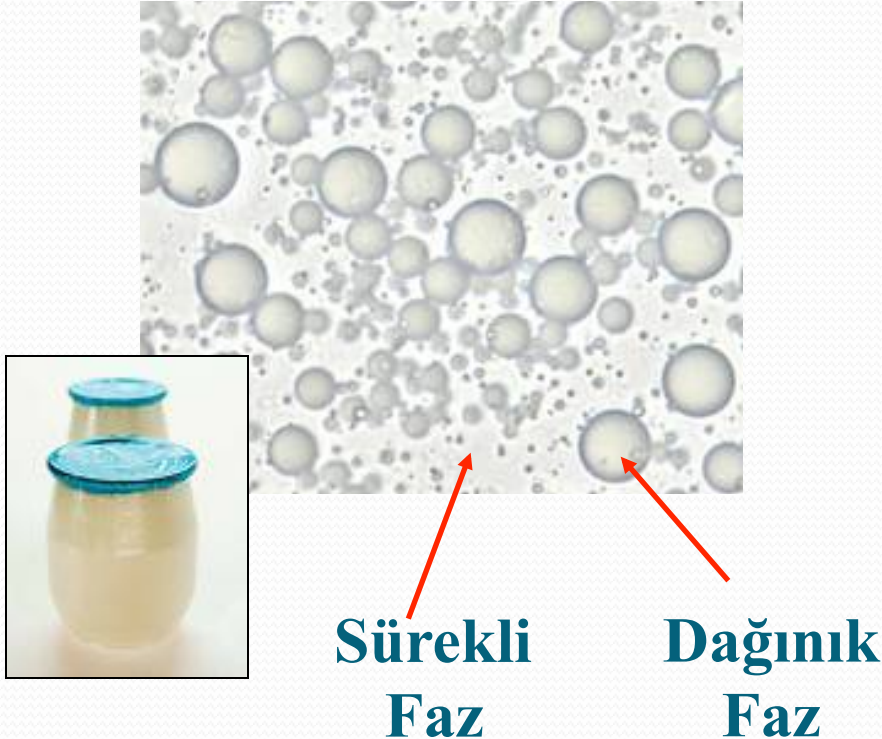
- Bir emülsiyonun stabilitesini artıran herhangi bir bileşen (yukarıdaki 4 sınıfın hepsi stabilizör olarak isimlendirilebilir)

Yapılandırılmış emülsiyonlar: Emülsiyon Bazlı Taşıyıcı Sistemler



Emülsiyonlar

Bir emülsiyon iki karışmaz sıvıdan oluşur (genellikle yağ ve su). Bir sıvı diğer sıvıda küçük küresel damlacıklar halinde dağılmış halde bulunur.

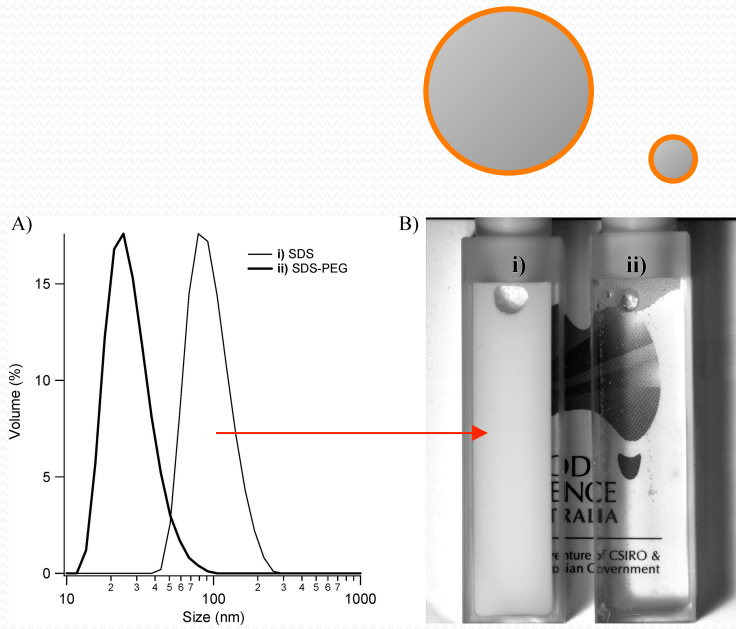


Özellikleri :

- Termodinamik olarak *kararsız*
- Parçacık Çapı (0,1 ila 100 μm)
 - Optik olarak opak
- Düşük Yüzey Aktif Madde-Yağ oranı (<1:10)
 - Yüksek Yüzey Alanı (3 m^2/g)
(daha yüksek yüzey alanı, daha çok sürfaktan gerektirir)

Nanoemülsiyonlar

Bir nanoemülsiyon, birbirine karışmayan iki sıvıdan (genellikle yağ ve su) oluşur; bir sıvı diğer sıvı içinde **çok küçük** küresel damlacıklar halinde dağılır.



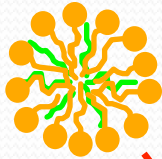
(Wooster TJ et al, Langmuir 2008)

Özellikleri :

- Termodinamik olarak ***kararsız***
- Parçacık Çapı (10 to 100 nm)
 - Optik olarak şeffaf
- Orta Yüzey Aktif Madde Yağ Oranı
($\approx 1:1$)
- Yüksek yüzey alanı ($30 \text{ m}^2/\text{g}$)

Mikroemülsiyonlar

Bir mikroemülsiyon, kolloidal agrega içeren bir yağ, su ve yüzey aktif madde karışımıdır.

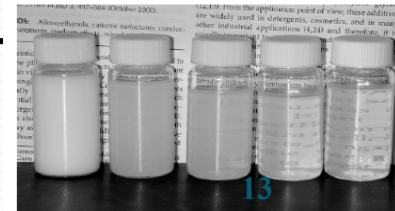


Özellikleri :

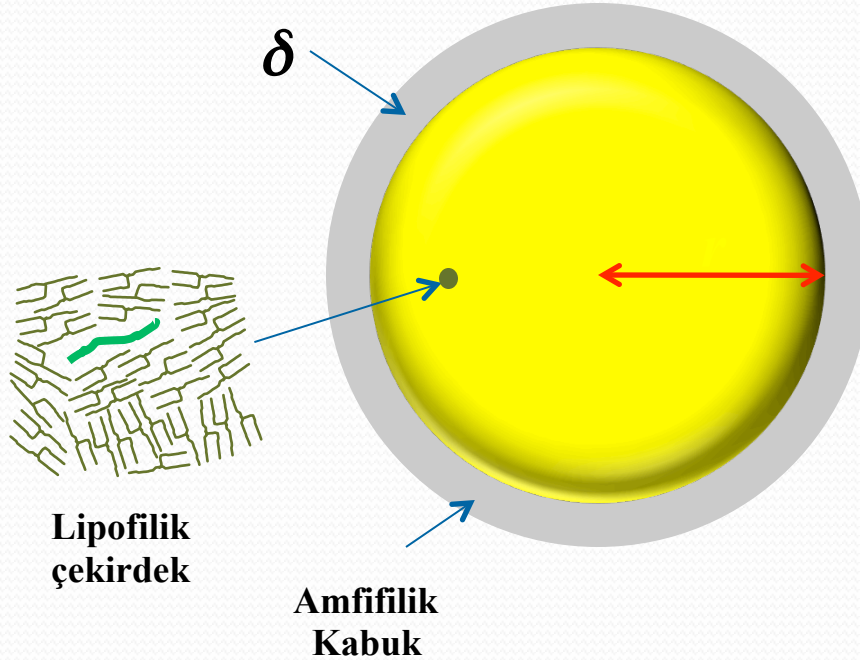
- Termodinamik olarak *kararlı*
- Parçacık Çapı (5 to 50 nm)
 - Optik olarak şeffaf
- Yüksek Aktif Madde Yağ Oranı (> 1:1)
 - Çok yüksek yüzey alanı (300 m²/g)

Emülsiyonlar, Mikroemülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar

Emülsiyon tipi	Çap	T/D Stabilite	Görünüm	Sürfaktan: Yağ oranı
<i>Emülsiyon</i>	0.1 -100 μm	Hayır	Opak	< 1:10
<i>Nano-Emülsiyon</i>	10 – 100 Nm	Hayır	Şeffaf-Bulanık	\approx 1:1
<i>Mikro-Emülsiyon</i>	5 – 50 nm	Evet	Şeffaf-Bulanık	> 1:1



Emülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar : Özelliklerin karşılaştırılması

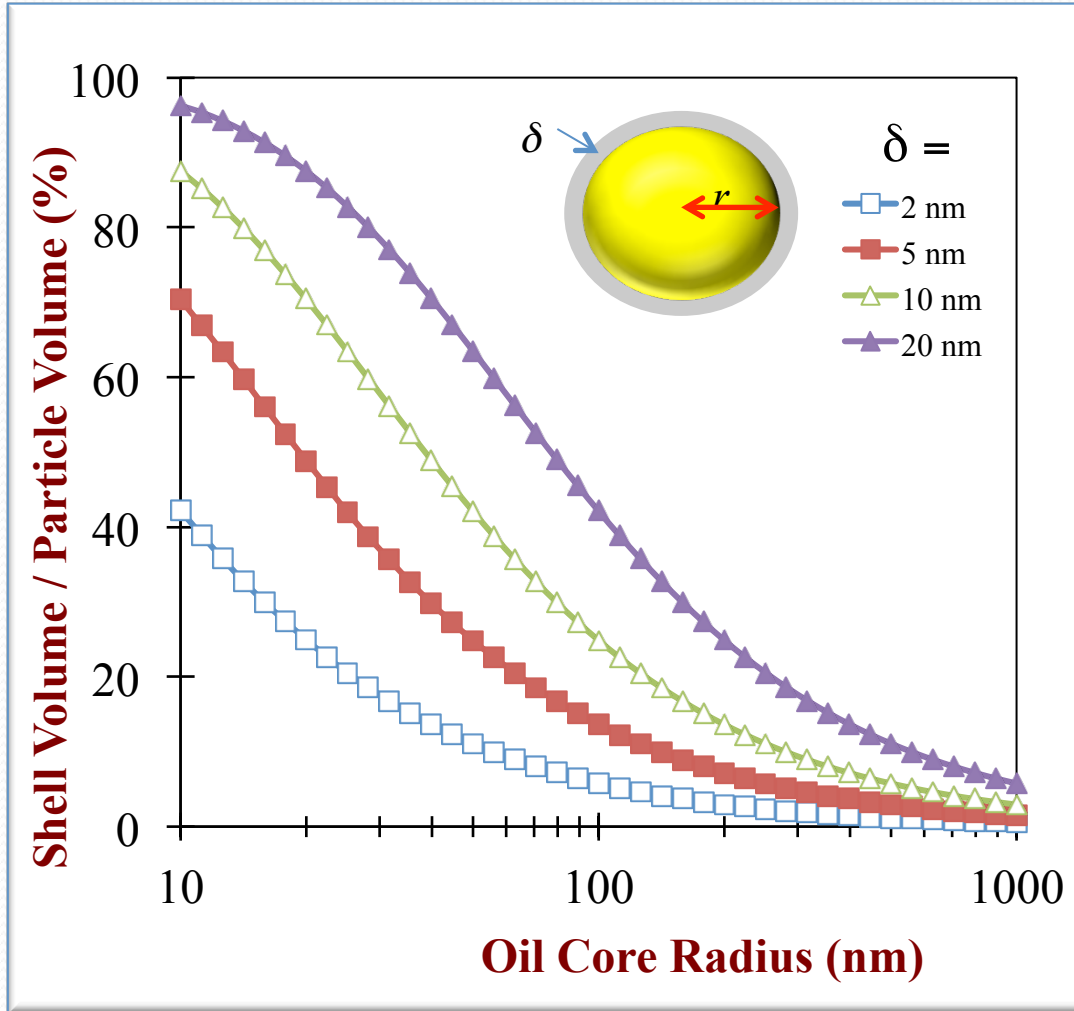


**Kabuk, bir nanoemülsiyon
içindeki partikülün büyük
bir kısmını oluşturur.**

Emülsiyonlardaki parçacıkların bir çekirdek-kabuk (core-shell) yapıdan oluştuğu düşünülebilir. :

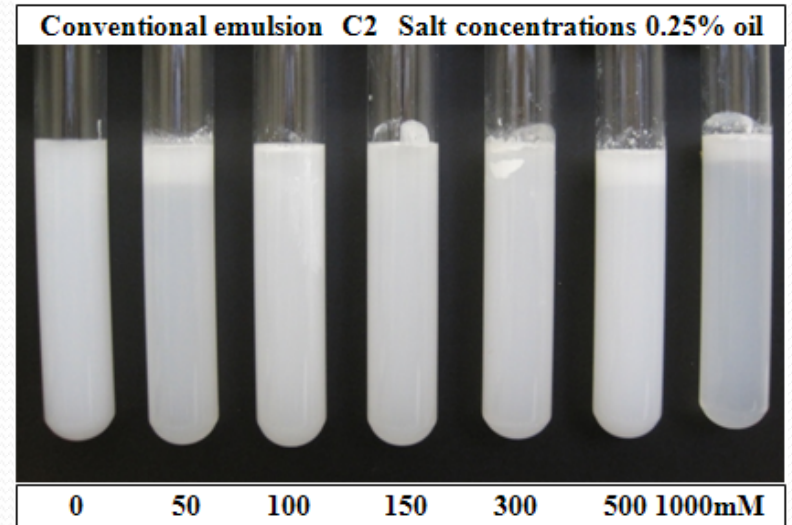
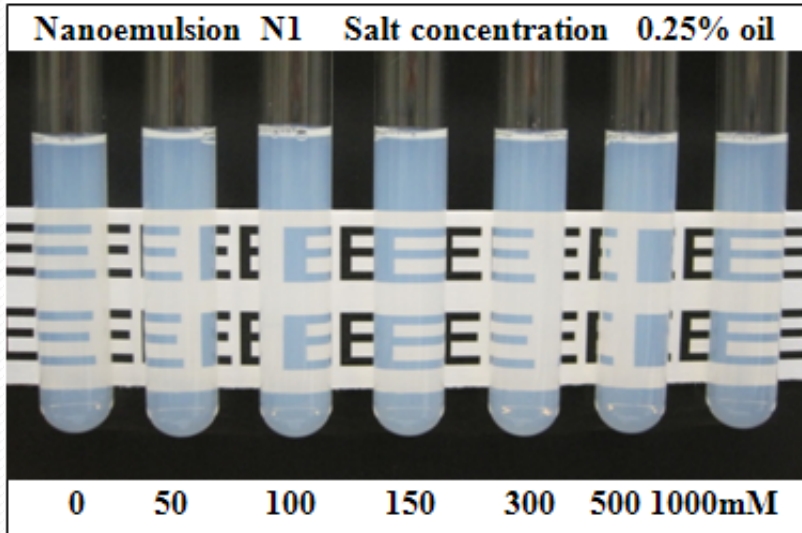
- Core = Yağ fazı
- Shell = Arayüz tabakası

Emülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar : Parçacık Kompozisyonu



Kabuk, bir nanoemülsiyon içindeki partikülün büyük bir kısmını oluşturur.

Emülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar : Görünüm

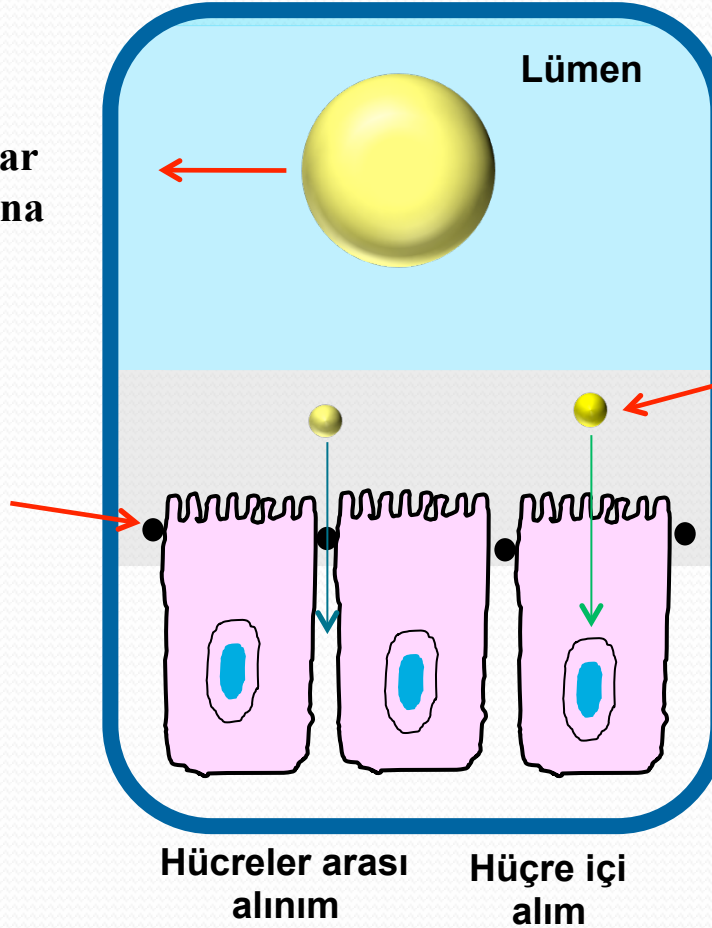


Emülsiyon görünümü partikül boyutuna bağlıdır.

Emülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar : Biyoyararlanım

Büyük parçacıklar
mukoza tabakasına
giremeyebilir.

Sıkı bağlantılar



Mukoza tabakası

Nanopartiküller, mukoza
tabakasında tutulabilir
(tutma sürelerini artar).

Emülsiyonlar ve Nanoemülsiyonlar :

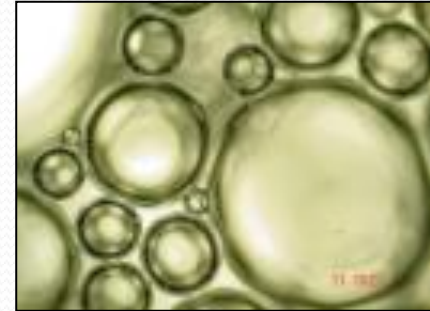
Avantajlar & dezavantajlar

• **Avantajlar**

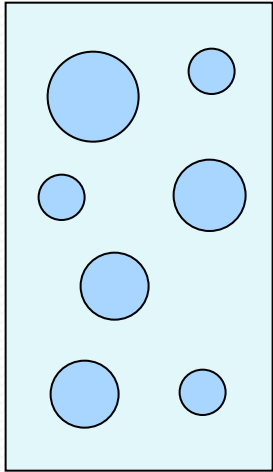
- Nispeten basit ve imal edilmesi ucuz
- Zaten yaygın olarak kullanılan teknolojiye uygun
- Yüksek yükleme kapasitesine sahip (yağ emülgatör oranı)
- Parçacık boyutunu kontrol ederek şeffaf veya opak hale getirilebilir
- Çeşitli malzemeler kullanılarak hazırlanabilir
- Arayüzey özelliklerini kontrol edebilir

• **Dezavantajlar**

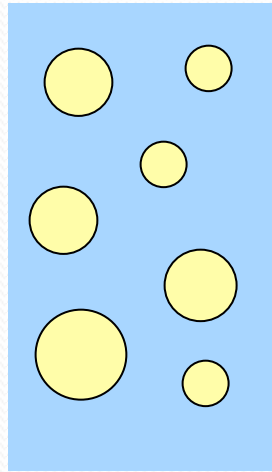
- Termodinamik olarak kararsız - zamanla kırılır
- Taşıma mekanizmalarını kontrol etmek için sınırlı kapsam



Emülsiyon tipi

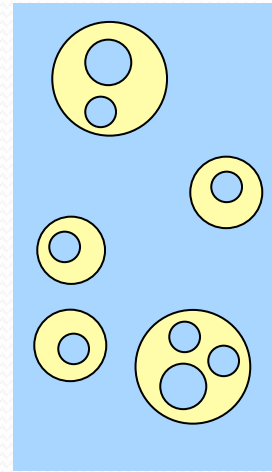


Yağda su
(W/O)

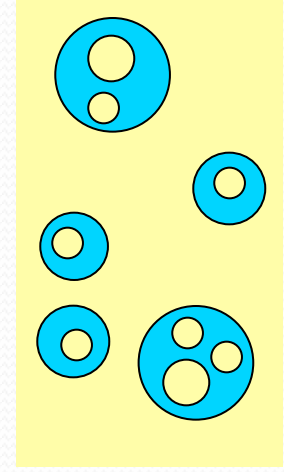


Suda yağ
(O/W)

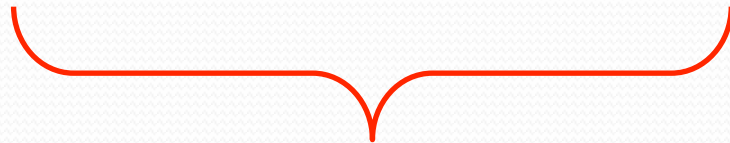
Benzer
özellikler



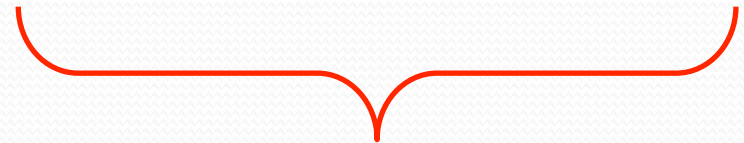
Suda yağda su
(W/O/W)



Yağda suda yağ
(O/W/O)

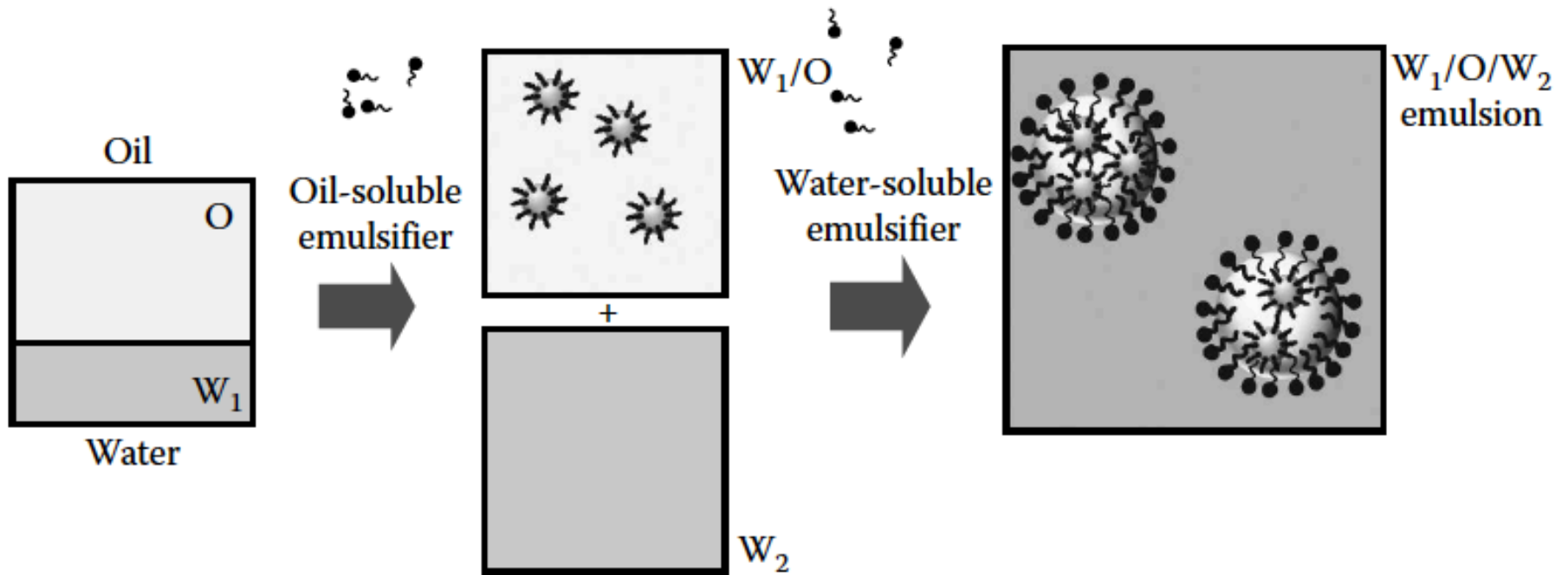


Geleneksel emülsiyonlar

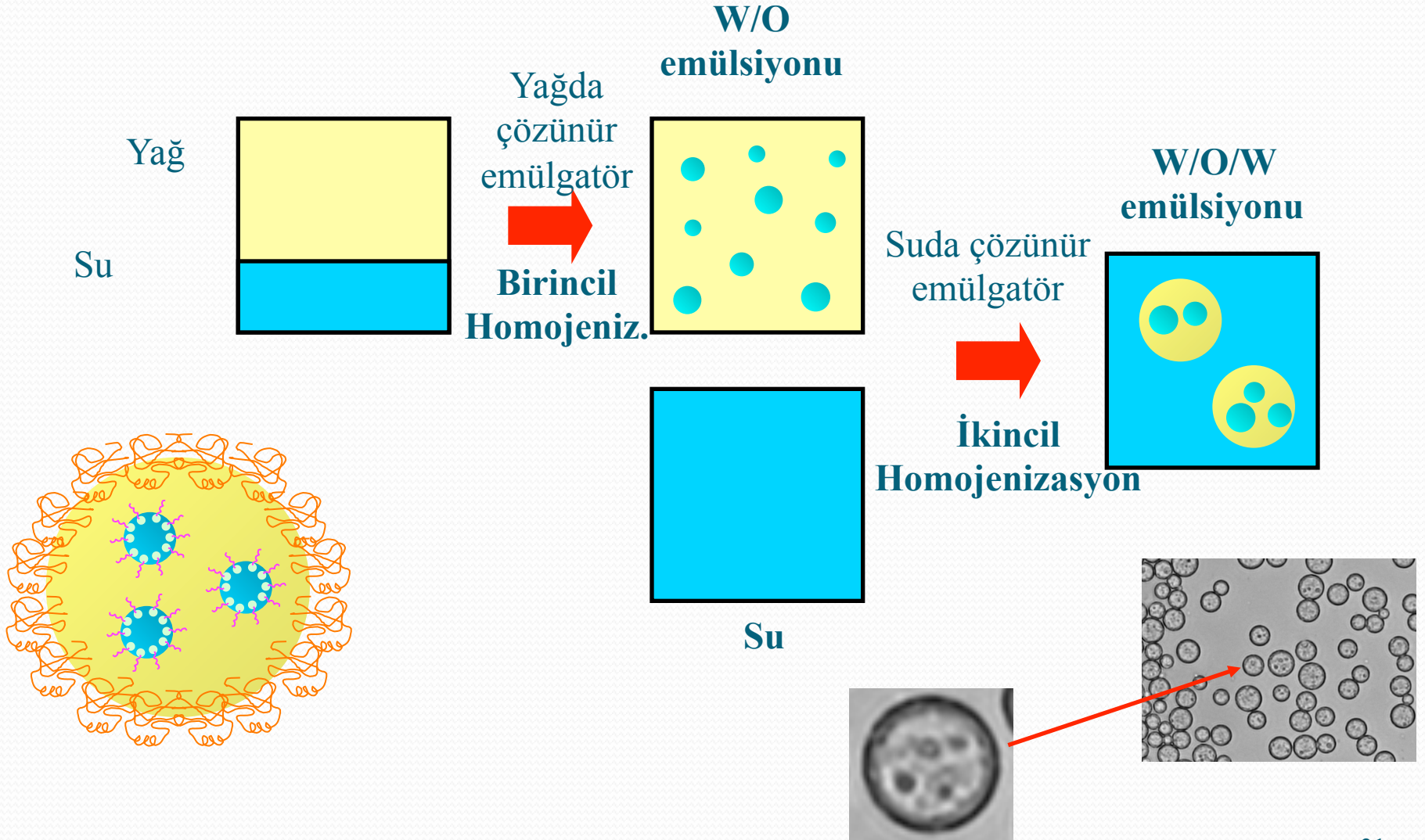


Çoklu emülsiyonlar

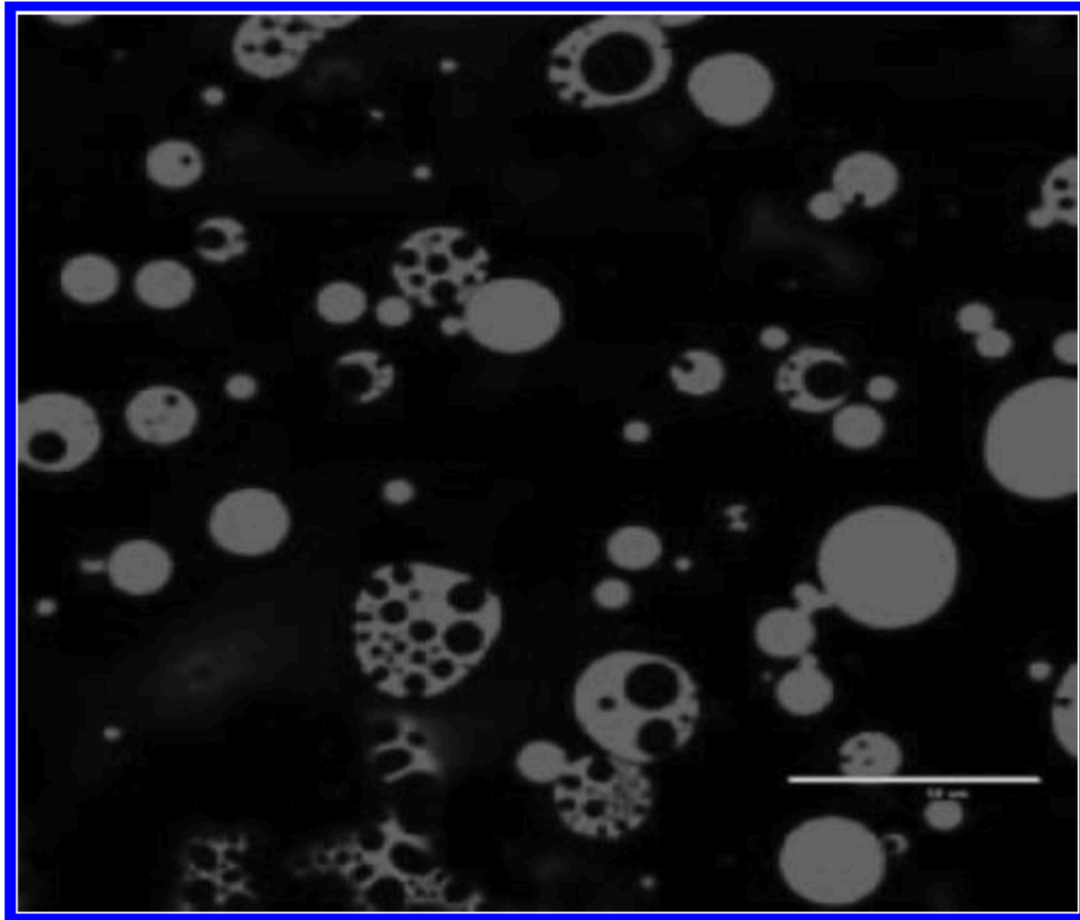
Çoklu emülsiyon (W / O / W) oluşumu



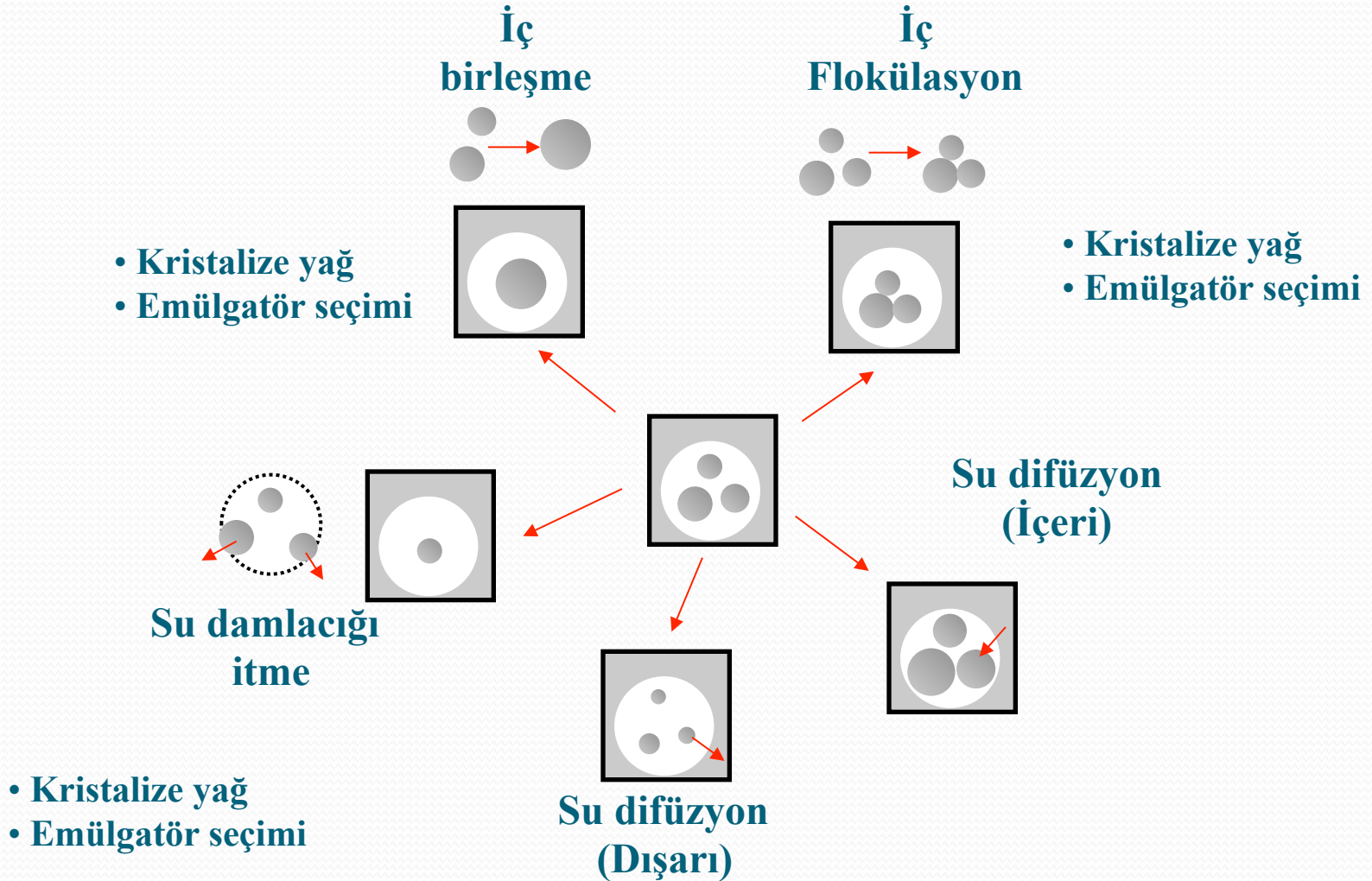
Çoklu emülsiyonlar : Hazırlık



W / O / W emülsiyonunun mikroskopi görüntüleri



Çoklu emülsiyonlar : Kararsızlık mekanizmaları



Çoklu emülsiyonlar :

Potansiyel Avantajlar

- **Yağı Azaltılmış Ürünler**

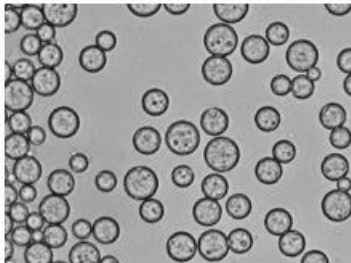
- Kalite özelliklerini korurken bazı yağlar su ile değiştirilebilir

- **Reaktif Maddelerin Korunması**

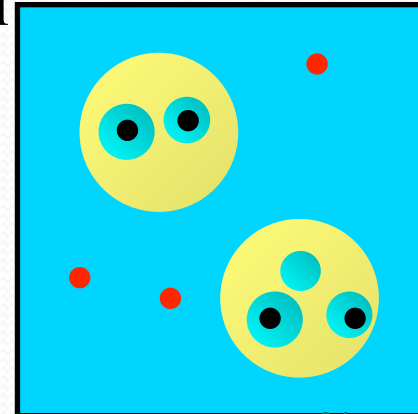
- Reaktif suda çözünür maddeler (örneğin, Demir, pH gradyanları), iç ve dış sulu fazlarda bölümlendirilebilir

- **Kontrollü salınım**

- Bileşenin belirli bir konumda serbest bırakılması

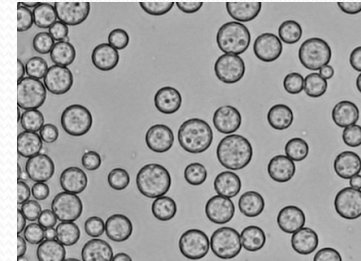
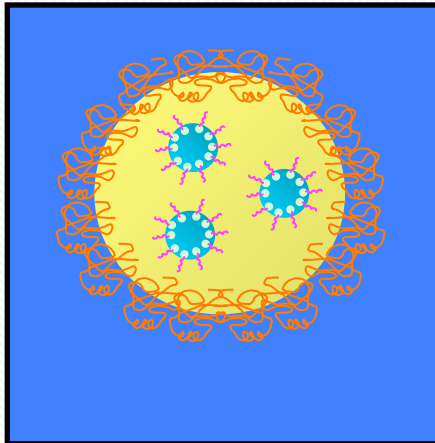


W/O/W
Emülsiyonu

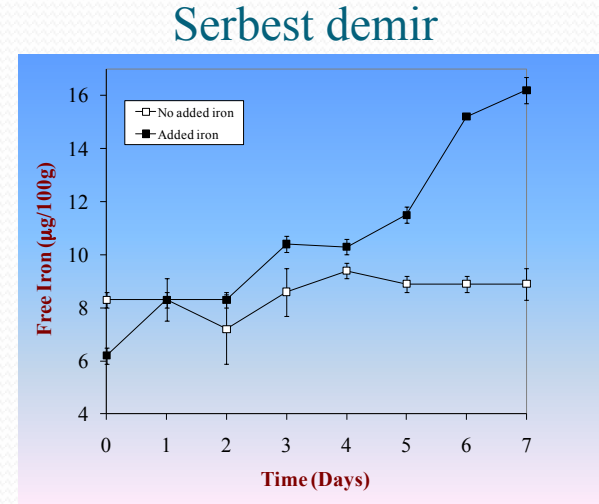
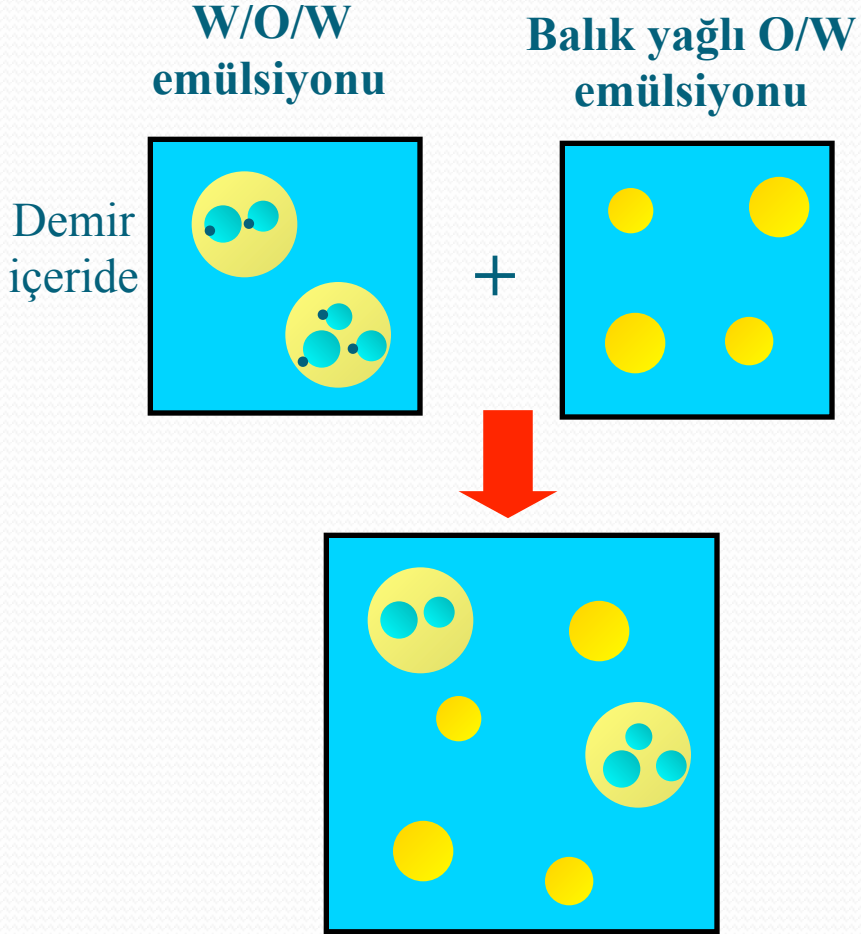


Çoklu Emülsiyonların Mevcut Durumu

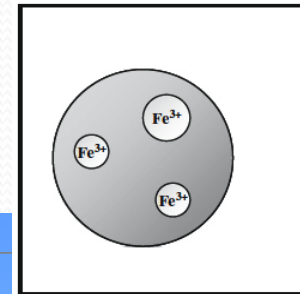
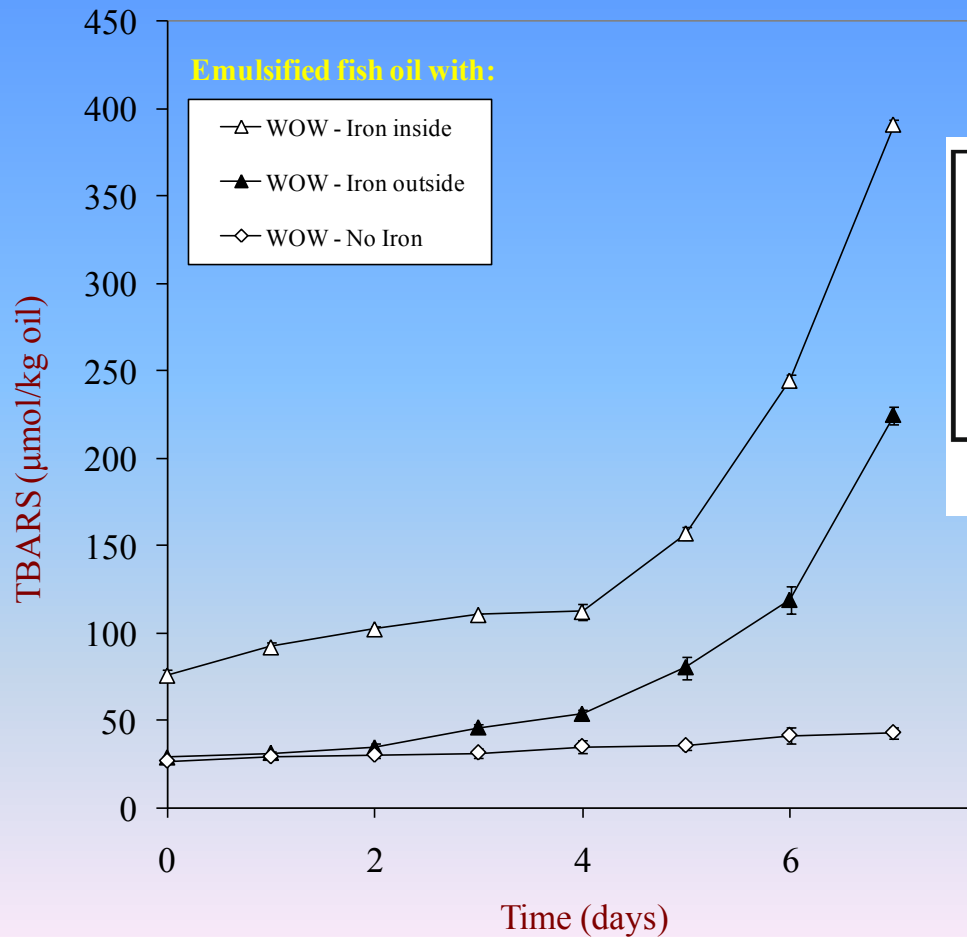
- Bu sistemler, düşük yağlı ürünler, kararsız bileşenlerin korunması veya **kontrollü salınım** uygulamaları için birçok potansiyel uygulamaya sahiptir.
- Maliyet etkin bir şekilde kararlı sistemler üretme problemleri nedeniyle gıda ürünlerinde kullanılan çoklu emülsiyonun sadece birkaç başarılı örneği vardır.



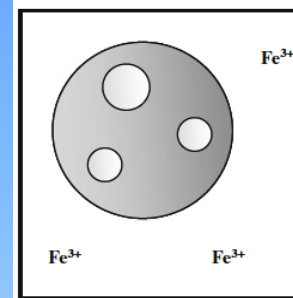
Çoklu emülsiyonlar : Demir enkapsülasyonu



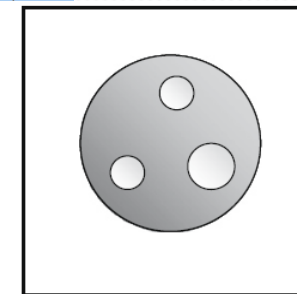
Oksidasyon



Iron in internal aqueous phase



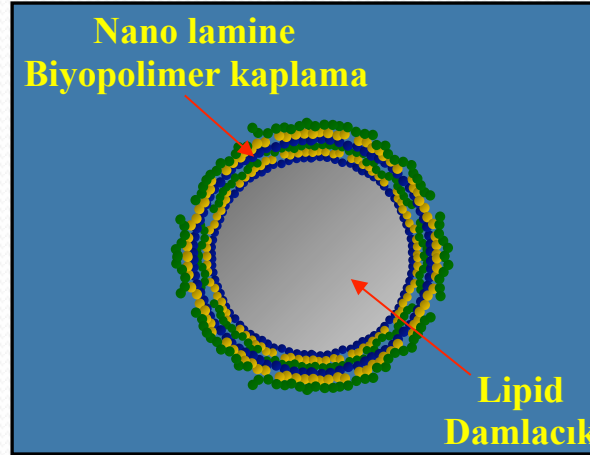
Iron in external aqueous phase



No added iron

Çok Katmanlı Emülsiyonlar

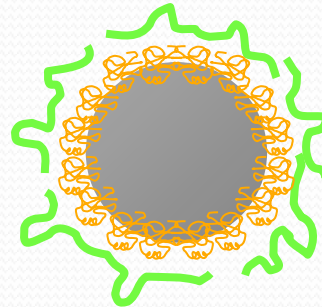
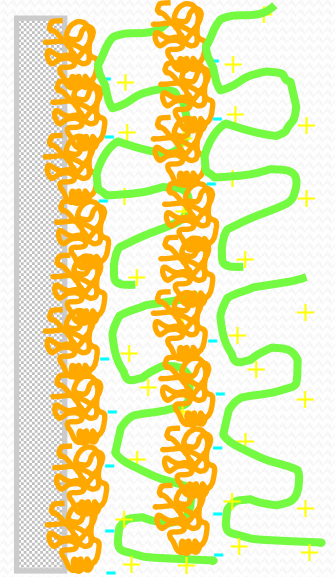
Nanolamine biyopolimer tabakaları ile çevrili lipid damlacıklarından oluşan çok katmanlı bir emülsiyon.



- Kararsız bileşenlerin korunması
- Çevresel faktörlere karşı artan kararlılık
- Kontrollü salınım

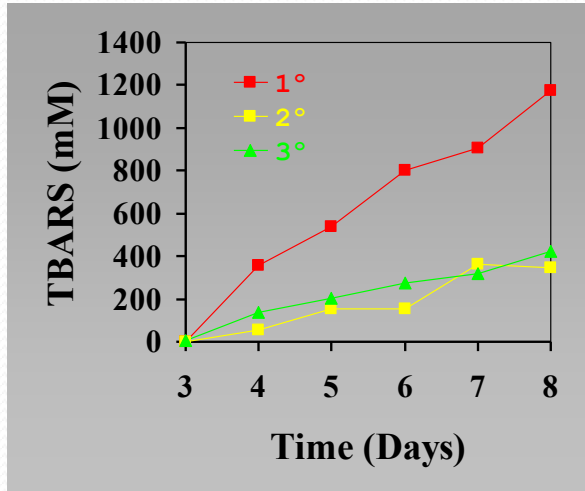
Çok Katmanlı Yaklaşımın Avantajları

- **Arayüzey Özelliklerinin Kontrolü**
 - Yük işareti ve yoğunluğu
 - Kalınlık
 - Seçici geçirgenlik
 - Reoloji
- **Emülsiyon Özelliklerinin Geliştirilmesi**
 - Raf Ömrünü Artırın
 - Kontrollü salınım
 - Tetiklenen salınım

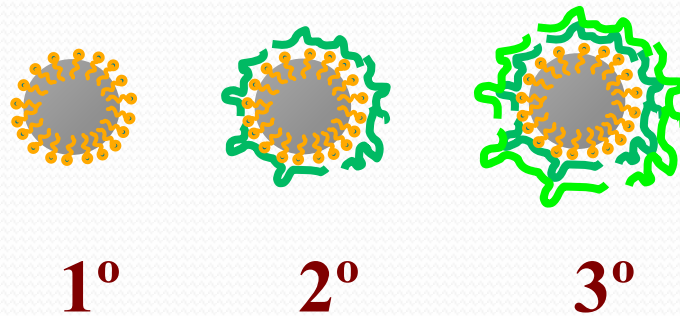
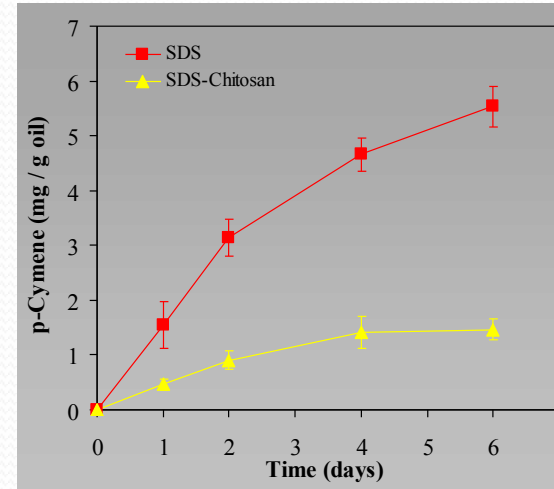


Çok Katmanlı Emülsiyonlar: Kimyasal Kararlılığı İyileştirme

Emülsifiye ω -3 oksidasyonu



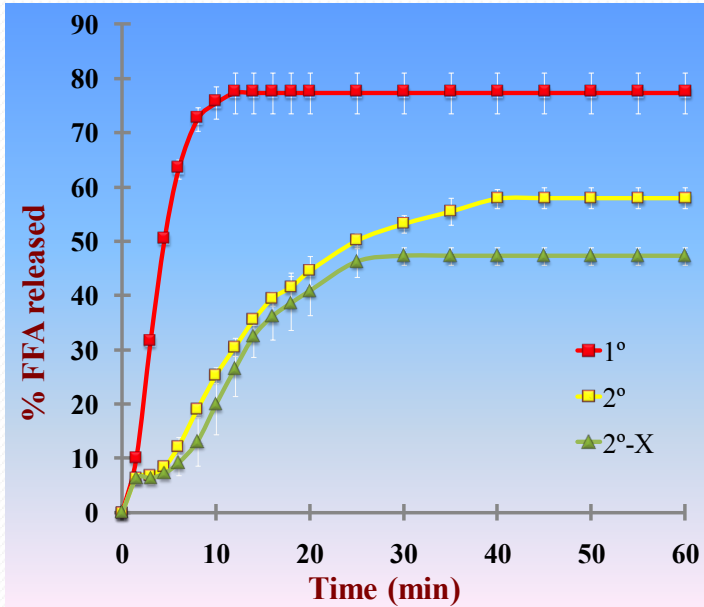
Sitral Bozulması



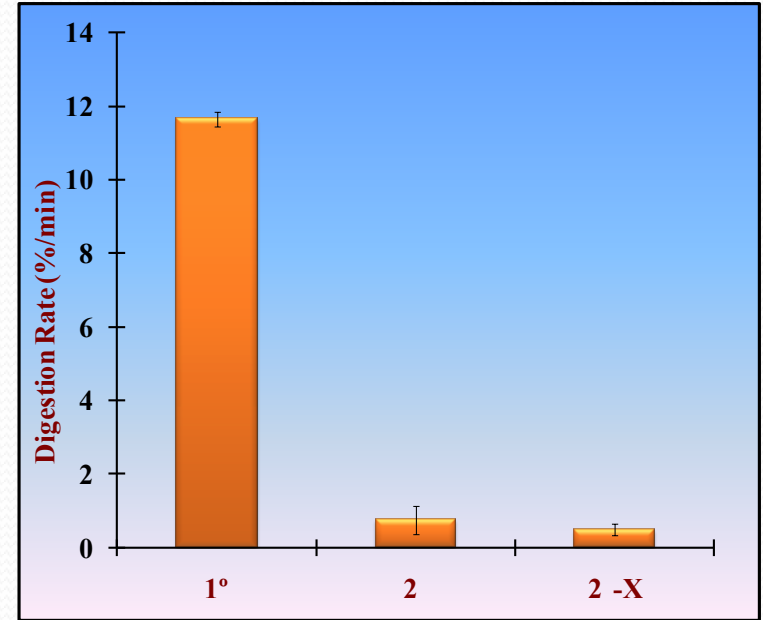
Lipid Sindirilebilirliğini Kontrol Etme

Kitosanı Çapraz bağlamanın Etkisi

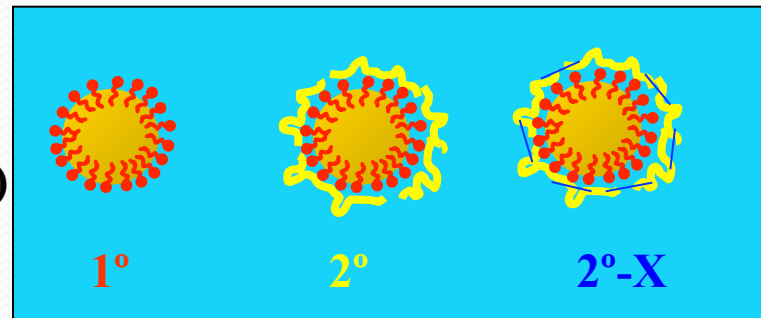
Serbest yağ asidi salınımı



Sindirim hızı



- Lesitin
- Kitosan
- Tripolifosfat (TPP)



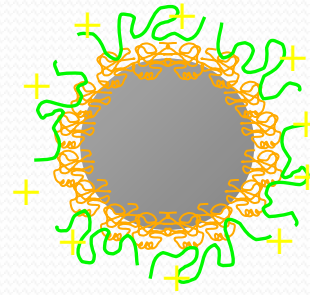
Emülsiyon Kararlılığını İyileştirme

- Birçok gıda emülsiyonunun çevresel strese karşı stabilitesini arttırmak için çok katmanlı teknoloji kullanılabilir

Çevresel stres

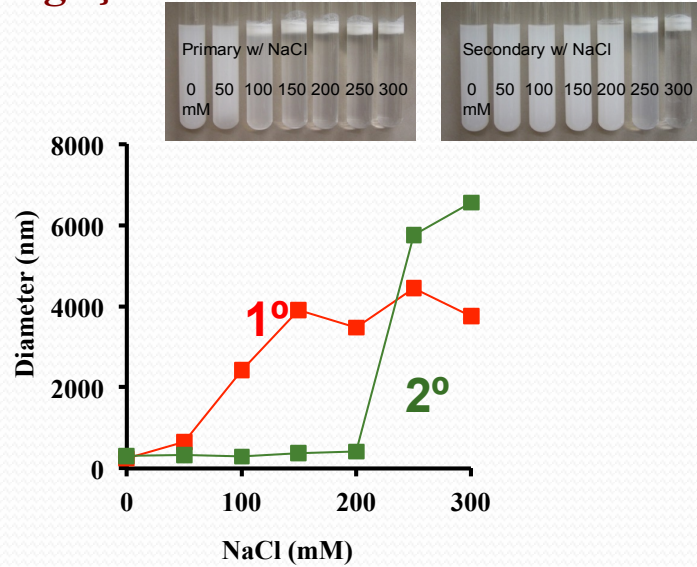
- pH, İyonik güç
- Isıl işlem, soğutma, donma
- Kurutma

gibi çevresel streslere karşı kararlılığı artırır.

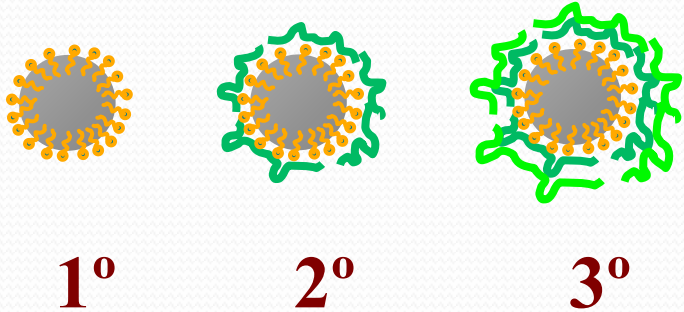
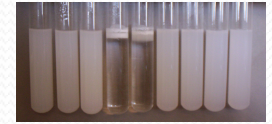
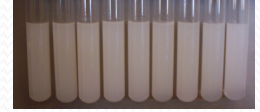
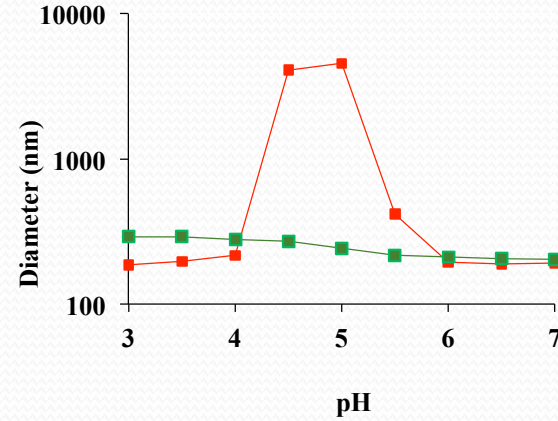


Matris Uyumluluğu, İşleme ve Depolama : Fiziksel stabilite

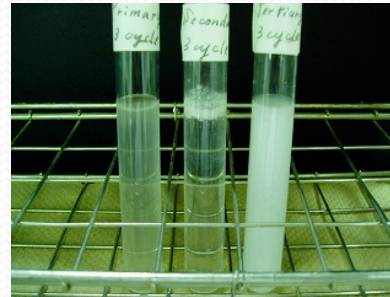
İyonik güç



pH



Donma-Çözülme



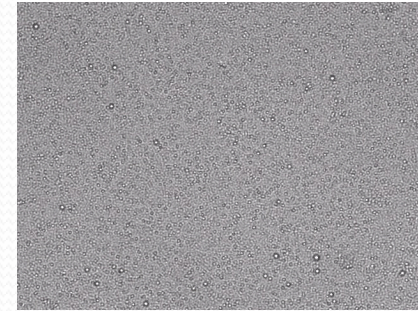
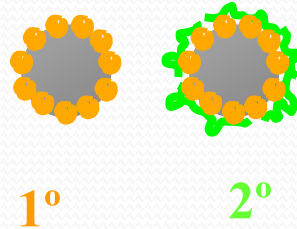
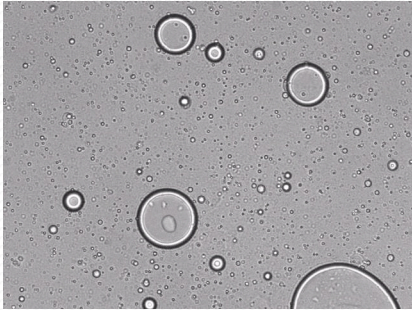
Analitik Yöntemler:
Parçacık boyutu
Ç-Potansiyel
Kremalaşma
Mikroyapı
DSC

Çok Katmanlı Emülsiyon Özellikleri : Dehidrasyon Kararlılığının Geliştirilmesi

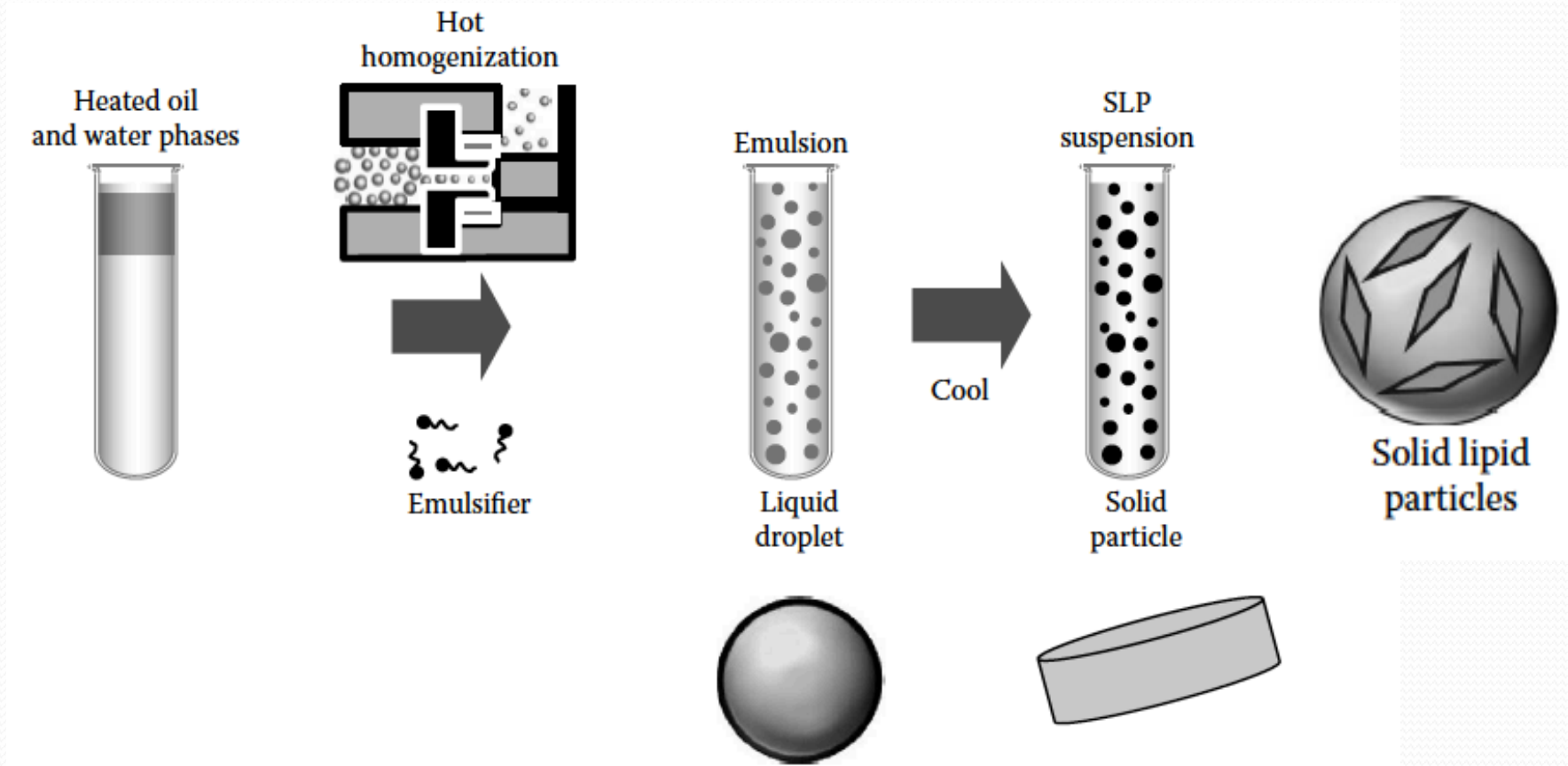
Birincil



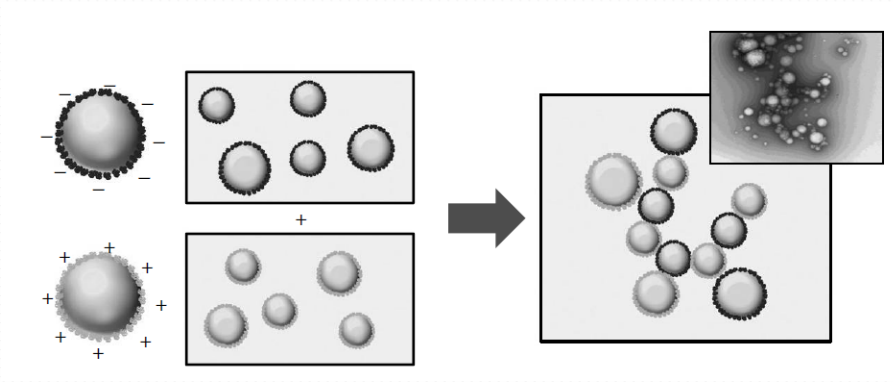
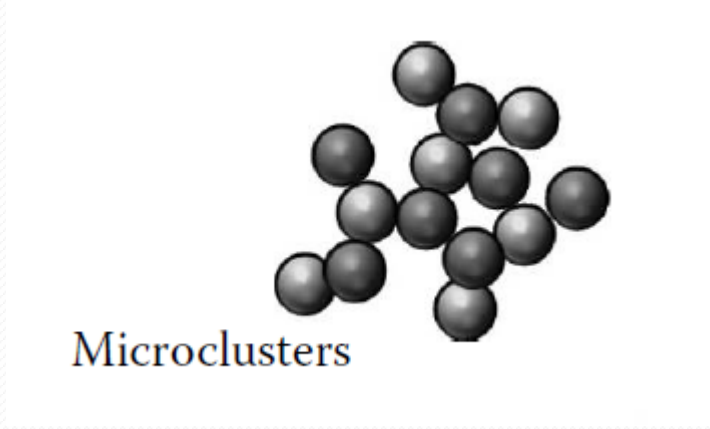
İkincil



Katı lipit parçacıklar

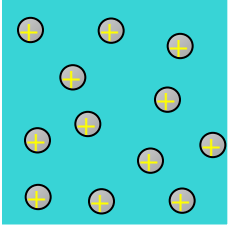


Mikrokümeler

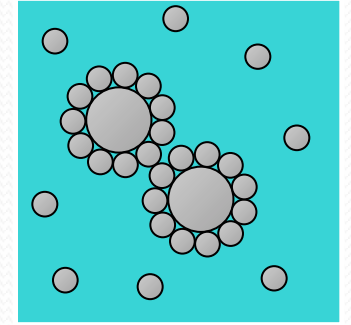
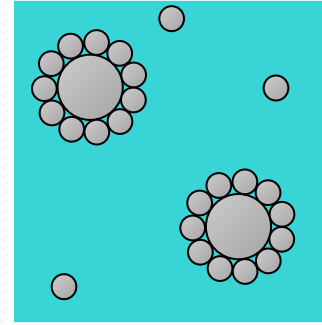
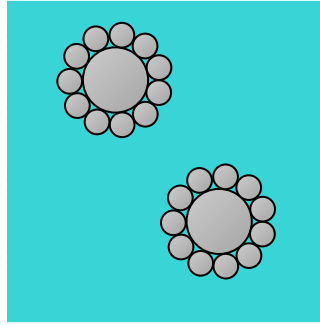
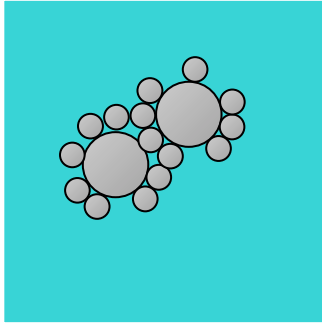


Mikro kümeler, karşılıklı yüklü damlacıklar içeren iki emülsiyonun bir arada karıştırılmasıyla heteroaggregasyon nedeniyle oluşturulabilir.

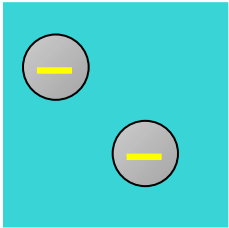
Kolloidozomlar: Hazırlık



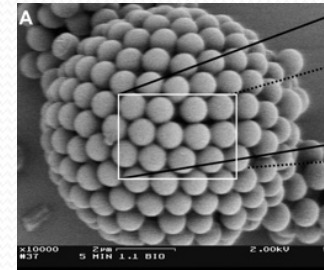
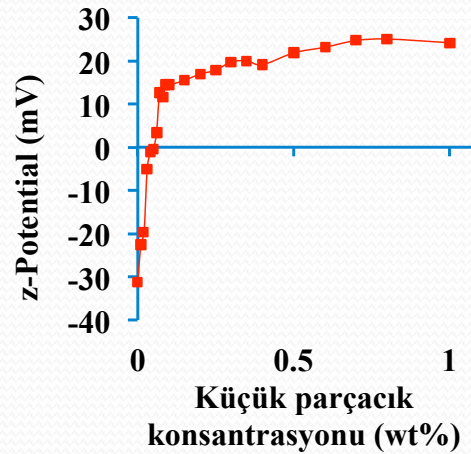
Küçük Parçacık Konsantrasyonunu Artırma



Stabil



Emülsiyon 1

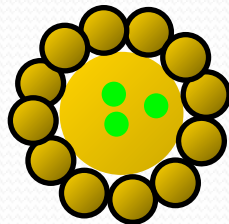


Dinsmore et al

Kolloidozomlar :

Potansiyel Avantajlar

- **Parçacık özelliklerinin kontrolü**
 - Yoğunluk, optik özellikler, geçirgenlik
- **Reaktif Maddelerin Korunması**
 - Reaktif maddeler koruyucu bir kabuk içinde tutulabilir
- **Kontrollü salınım**
 - Kabuğu parçalayarak / eriterek tetiklemeye yanıt olarak sıkışmış bileşeni serbest bırakır



Sinterleme

