

Gıda Emülsiyonları: Kolloidal Dağıtım Sistemleri

Dr. Öğr. Üyesi Cansu Ekin GÜMÜŞ

Ankara Üniversitesi

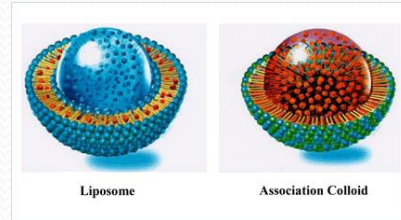
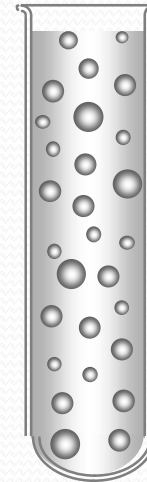
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı



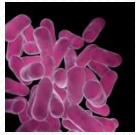
Kolloidal Dağıtım Sistemleri:

Nedir?

- **Tanım**– Kolloidal dispers sistemler, genel olarak dağılan fazın (dispers faz) sürekli faz (continuous phase) küçük parçacıklar halinde dağılması ile oluşan sistemlerdir
- Bir maddenin sıvı içerisinde asılı kalmasıyla oluşan heterojen karışımlardır. Dışarıdan bakıldığında homojen görünümlüdür.
- Parçacıklar tipik olarak birkaç nanometreden birkaç yüz mikrometreye kadar değişen boyutlara sahiptir.
- Fonksiyonel bileşenler aromalar, renklendiriciler, antimikrobiyaller, antioksidanlar, vitaminler, ilaçlar olabilir ...



Dağıtım sistemleri: Gıda endüstrisinde artan bir ihtiyaç



Probiyotikler



Omega-3 ürünleri



Fitosteroller



Mineraller



Vitaminler

Dağıtım sistemleri:

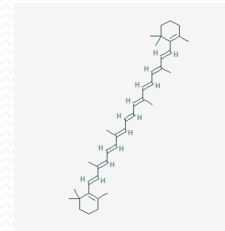
Malzemeler & Zorluklar

Lipitler

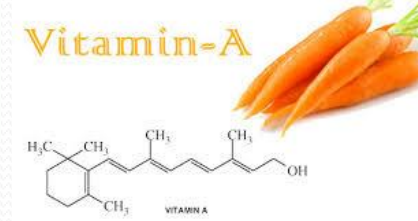
- Tatlandırıcılar (örneğin sitral, limonen)
- Doymamış Yağlar (örneğin, w-3, CLA)
- Fitosteroller ve Fitostanoller (örneğin, Sitostanol)
- Karotenoidler (örneğin, likopen, b-karoten, zeaksantin)
- Vitaminler (örneğin, A ve D vitamini)



CLA- c-9, t-11 Isomer

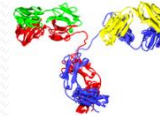


Vitamin-A



Biyopolimerler

- Diyet lifleri (örneğin, kitosan, gam maddeleri)
- Peptitler (örneğin, ACE inhibitörleri)
- Proteinler (örneğin immünoglobulinler)



Mikroorganizmalar

- Probiyotikler



Mineraller

- Kalsiyum, Demir



Potansiyel Zorluklar:

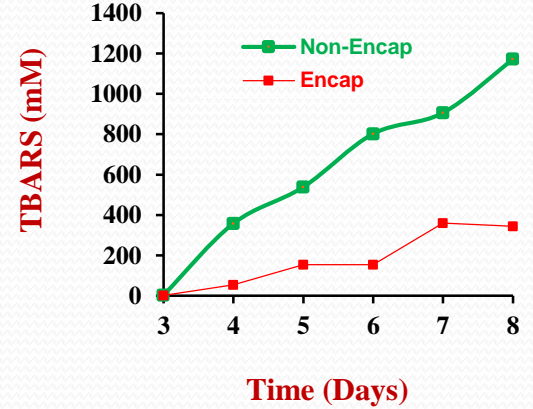
- Düşük su çözünürlüğü
- kristal yapı
- Kimyasal kararsızlık
- Düşük biyoyararlanım
- Lezzet (Aroma, Tat, Ağız hissi)
- Matris uyumluluğu

Spesifik İçerik Özelliklerini Anlama ve Spesifik Zorlukları Belirleme İhtiyacı

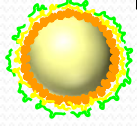
Dağıtım sistemleri:

Neden ihtiyaç duyulmakta??

- **Koruma** – kararsız bileşenleri kimyasal veya fiziksel bozulmaya karşı korur, örneğin; oksidasyon ve hidroliz
Etkinliği artırma- aktif bileşenlerin aktivitesini veya performansını arttırmak. Örneğin; antimikrobiyaller, aromalar
- **Kullanımı geliştirme**– Depolama ve üretim sırasında malzemelerin kullanımını kolaylaştırır
- **Matris uyumluluğunu artırma**- aktif bileşenleri gıda matrislerine dahil etme yeteneğini geliştirir
- **Kötü aromaları maskeleye**– aromaları maskeleyerek lezzet profilini iyileştirir



Dağıtım Sistemi Dizaynı: Performans Kriterlerini Oluşturma



Matris uyumluluğu

- Optik
- Reolojik
- Stabilite
- Lezzet

İşleme

- Isıtma
- Soğutma
- Kurutma
- Kesme

Depolama

- Sıcaklık
- Mekanik stres
- ışık
- Oksijen
- zaman

Tüketim

- Görünüm
- Tekstür
- Tat ve Aroma
- Kolaylık

Yeme

- sindirim
- emilim

Stabil

Stabil değil

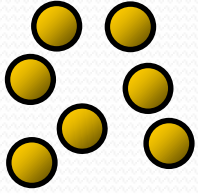
DAĞITIM SİSTEMİ KRİTERLERİ:

- Ekonomik işleme operasyonları kullanılarak gıda sınıfı malzemelerden üretilir.
- Gıda ürünü ve insan vücudundaki çok çeşitli koşullarda işlev göstermek üzere tasarlanmıştır.
- Duyusal kabul

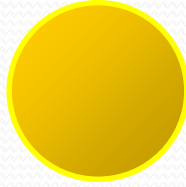
Gıdaya Uygun Dağıtım Sistemleri:

Bazı örnekler

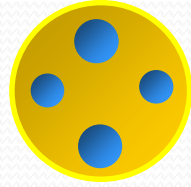
Nano-
damlacıklar



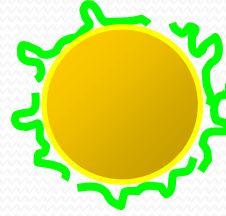
Micro-
damlacıklar



Doldurulmuş
Damlacıklar



Kaplanmış
Damlacıklar



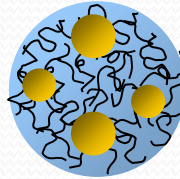
Katı Lipit
Parçacıklar



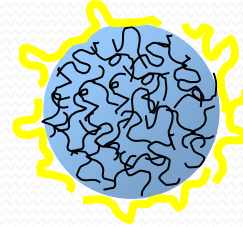
Hidrojel
Kürecikleri



Doldurulmuş
Kürecikler



Kaplanmış
Kürecikler



Katı parçacıklar



Miseller &
Mikroemülsiyonlar



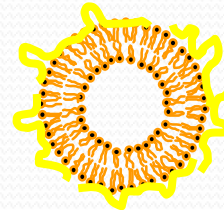
Lipozomlar



Doldurulmuş
Lipozomlar



Kaplanmış
Lipozomlar

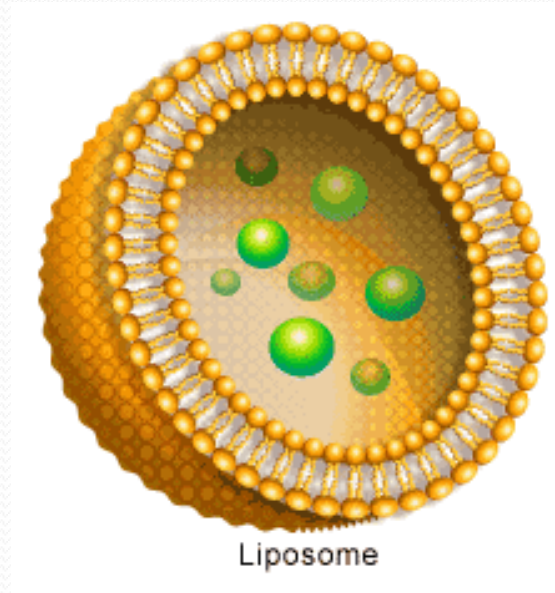


Gıdaya Uygun Dağıtım Sistemleri:

Parçacık Özellikleri

Parçacık Özellikleri

- kompozisyon
- şekil
- İç yapı
- Boyut
- Fiziksel durum
- Elektriksel yük
- geçirgenlik
- Çevresel duyarlılık
- Yükleme özellikleri
- Salınım özellikleri



Parçacık özellikleri ürün performansını belirler : Kontrol etmek, karakterize etmek ve tahmin etmek önemlidir

Dağıtım Sistemlerini Üretmek İçin Yaklaşımlar

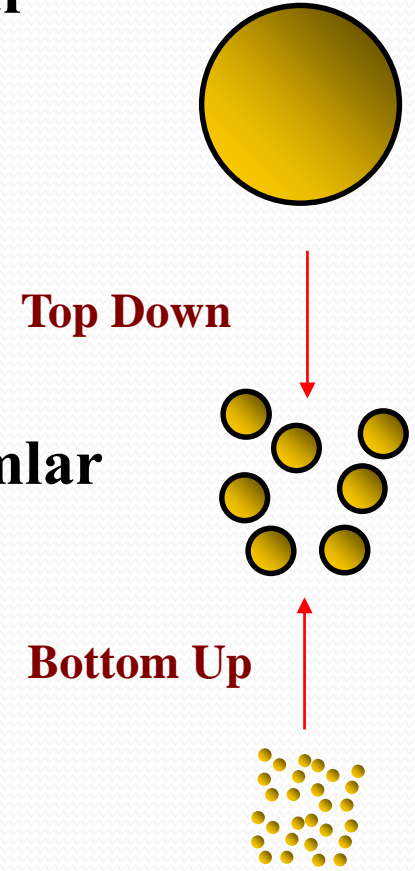
Yukarıdan Aşağıya (Proses İşlemi) Yaklaşımlar

- **homojenizasyon**
- **Ekstrüzyon**
- **Spreyle kurutma / soğutma**



Aşağıdan yukarıya (Fiziko-kimyasal) Yaklaşımlar

- **Kendiliğinden birleşme (TD stabil)**
 - Misel ve mikroemülsiyon oluşumu
- **Doğrudan birleşme**
 - Çekirdeklenme / kristalizasyon
 - Kontrollü kümelenme
 - Faz ayrımı



Dağıtım Sistemlerinin Üretimi:

Bottom Up

Kendiliğinden birleşme

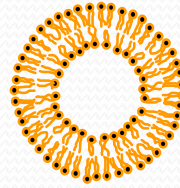
- Termodinamik olarak stabil



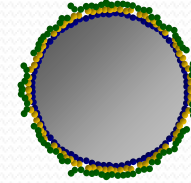
Miseller/
Mikroemülsiyonlar

Doğrudan birleşme

- Kinetik olarak stabil



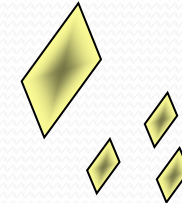
Lipozomlar



Çok katmanlılar



Hidrojel
parçacıkları



Kristaller

Nispeten karmaşık yapıya sahip parçacıklar

Dağıtım Sistemlerinin Üretimi:

Top-Down



Homojenizasyon

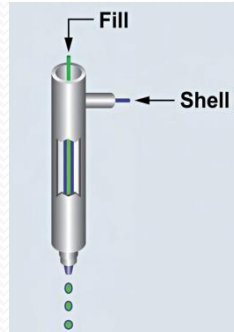
$d = 0.1$ to $100 \mu\text{m}$

$d = 20$ to $200 \mu\text{m}$



Sprey kurutma

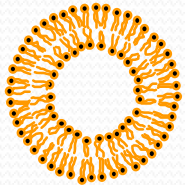
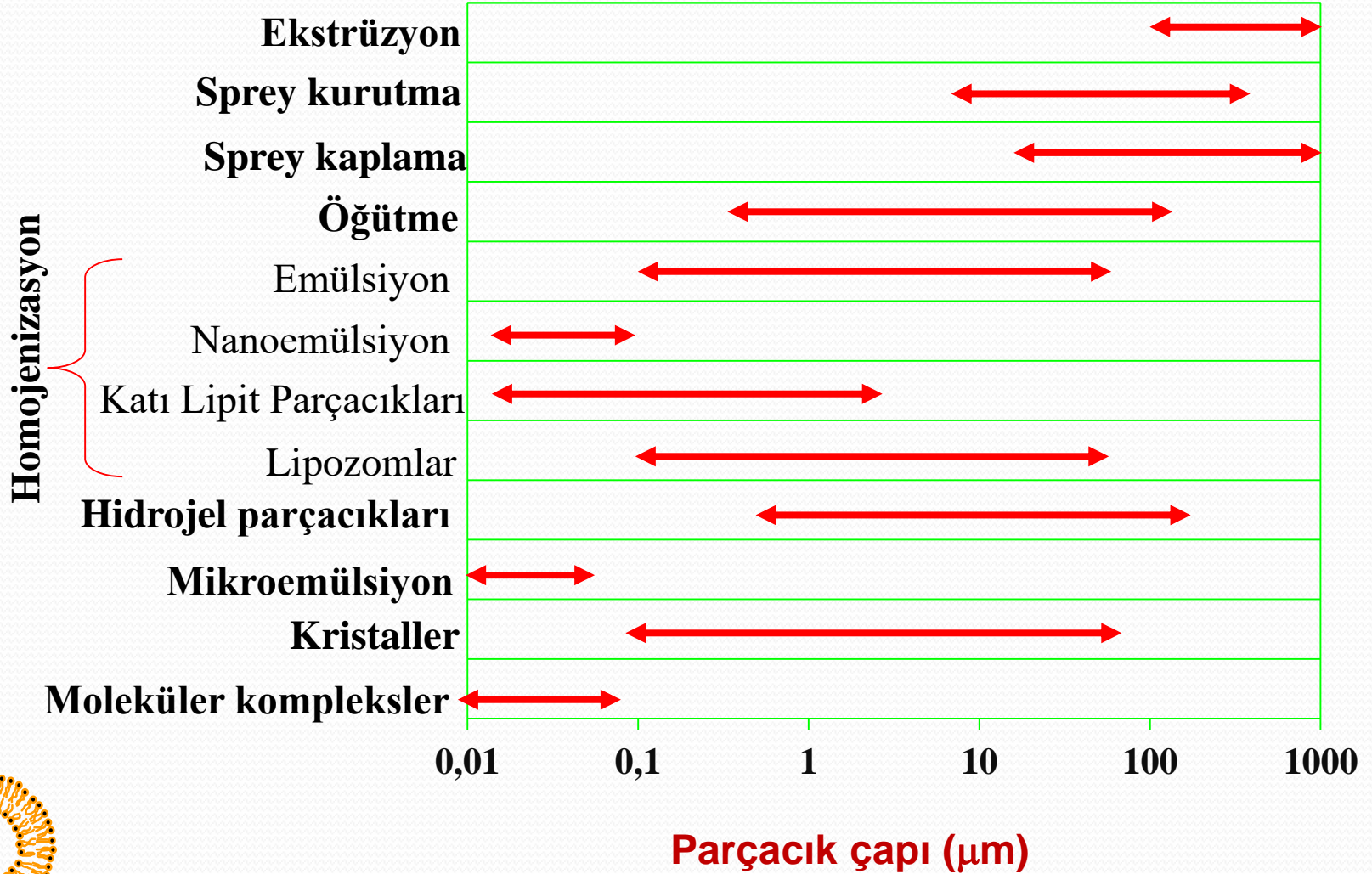
$d = 100$ to $1000 \mu\text{m}$



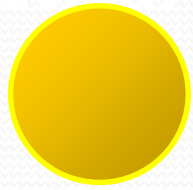
Ekstrüzyon

Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

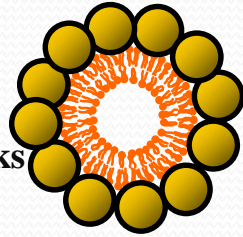
Parçacık Büyüklüğü Aralığı



Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

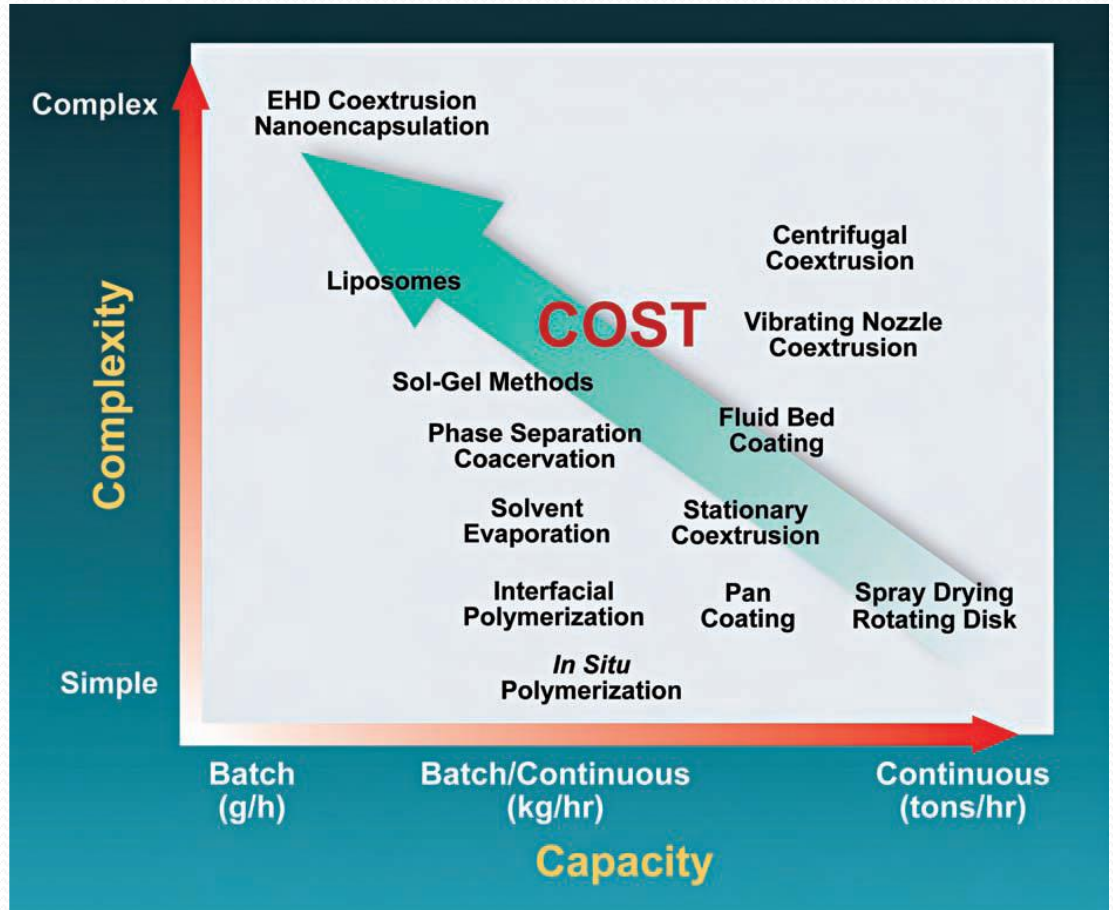


Basit



Kompleks

- malzemeler
- Maliyet
- Üretim yöntemi
- Kapasite
- sağlamlık



Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

1. Yükleme özellikleri

Yükleme Kapasitesi - Kapsüllenebilecek aktif bileşen miktarı:

$$LC = 100 \times m_E/m_P$$

m_E = kapsüllenmiş aktif bileşen kütlesi

m_P = toplam parçacık kütlesi ($=m_C + m_E$)

m_C = taşıyıcı matris kütlesi

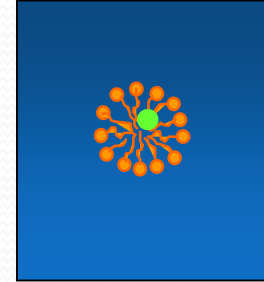
Enkapsülasyon Verimliliği—

Kapsüllenebilecek aktif bileşen yüzdesi

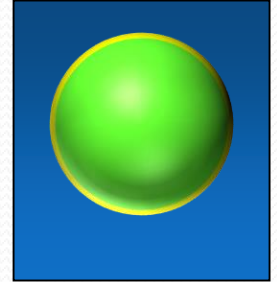
$$EE = 100 \times m_E/m_T$$

m_E = kapsüllenmiş aktif bileşen kütlesi

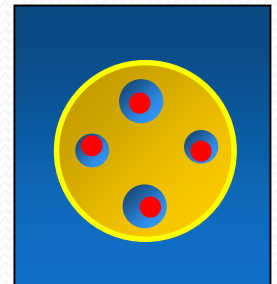
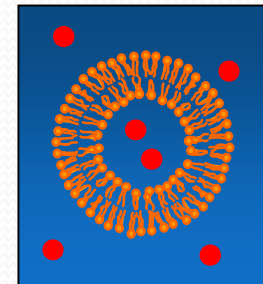
m_T = sistemdeki toplam aktif bileşen kütlesi



Düşük



Yüksek



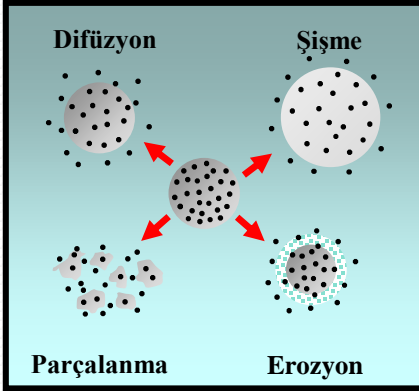
Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

2. Kullanım Kolaylığı

Akışkan



Toz



Dağılım özellikleri



Dağılım tetikleyici:

- pH, T, I

Dağılım mekanizması

- Matris dispersiyonu, çözünme, şişme veya parçalanma

Dağılım oranı

- salınım vs zaman

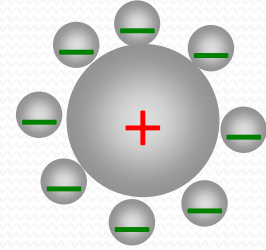
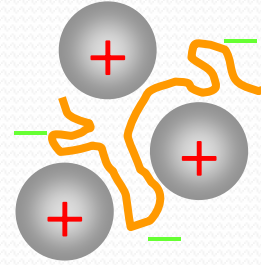
Üretim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

3. Matris uyumluluğu



Potansiyel sorunlar

- pH ve İyon şiddeti
- Malzeme Etkileşimleri
- Ağız Etkileşimleri



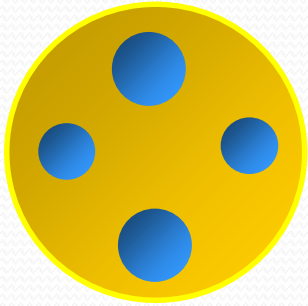
Etkileşimler: Elektrostatik, Hidrofobik, Hidrojen bağı



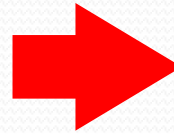
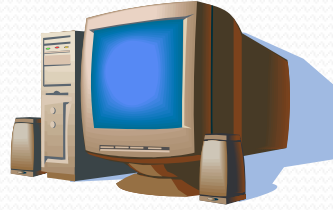
Dağıtım sistemi parçacıkları diğer bileşenlerle etkileşime girebilir. Bu da fonksiyonel performanslarını veya gıda kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir.

Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri

Parçacık özellikleri



- kompozisyon
- yapı
- konsantrasyon
- Boyut dağılımı
- Elektrik yükü
- Arayüz özellikleri
- Fiziksel durum



Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri

Ürün Performansı



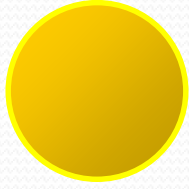
- Görünüm
- Doku
- Raf ömrü
- Lezzet
- Beslenme

Parçacık özelliklerini kontrol etmek, ölçmek ve anlamak gerekir!

Parçacıkların Salınım Özelliklerine Etkisi

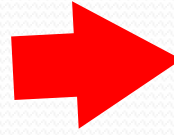
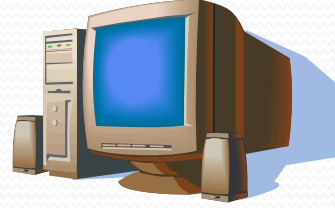
Tat ve Biyoaktivitenin Kontrolü

Parçacık Özellikleri



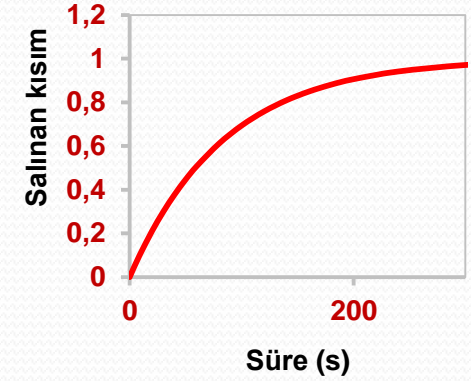
?

Hangi parçacık özellikleri önemli?

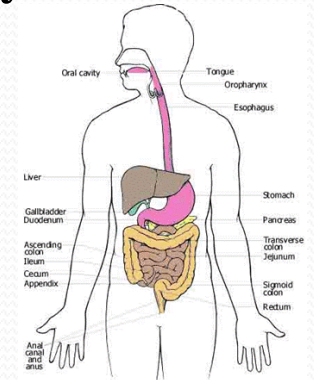


Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri

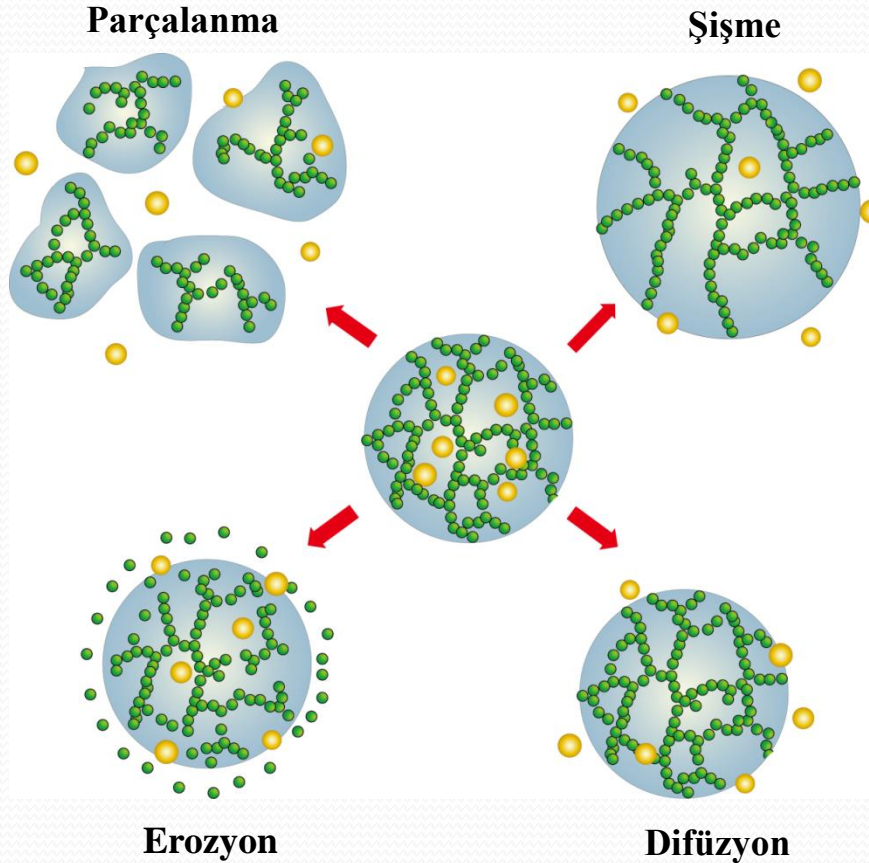
Salınım Özellikleri



- Salınım Konumu veya Tetikleyiciyi
- Konsantrasyon-zaman Profili



Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri: Serbest Bırakma (salınım) Mekanizmasının Belirlenmesi



• İçerik performansı hakkında önceden bilgi sahibi olmak

• Uygulamada serbest bırakmanın deneysel ölçümü

Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri

Salınımın modellenmesi

**Fizikokimyasal
Mekanizmayı
Tanımla**

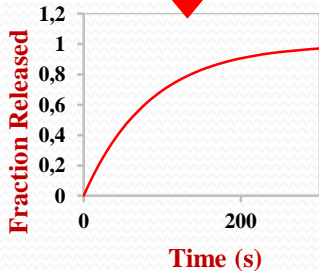
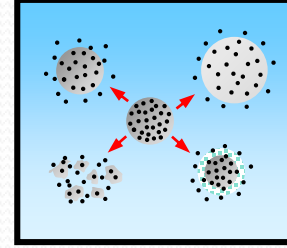
Deneme

**Uygun Modeli
Tanımla**

Modelleme

**Uygun giriş
Parametrelerine
Karar ver**

Literatür
Ve/veya
Deneme

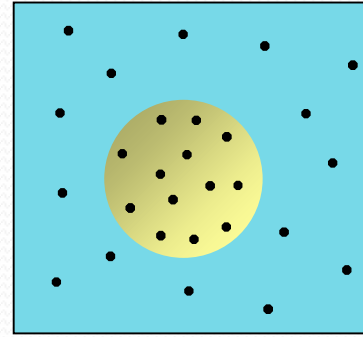
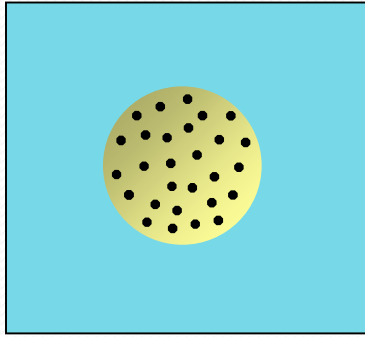


**Serbest Kalma Profilini
Tahmin Et**

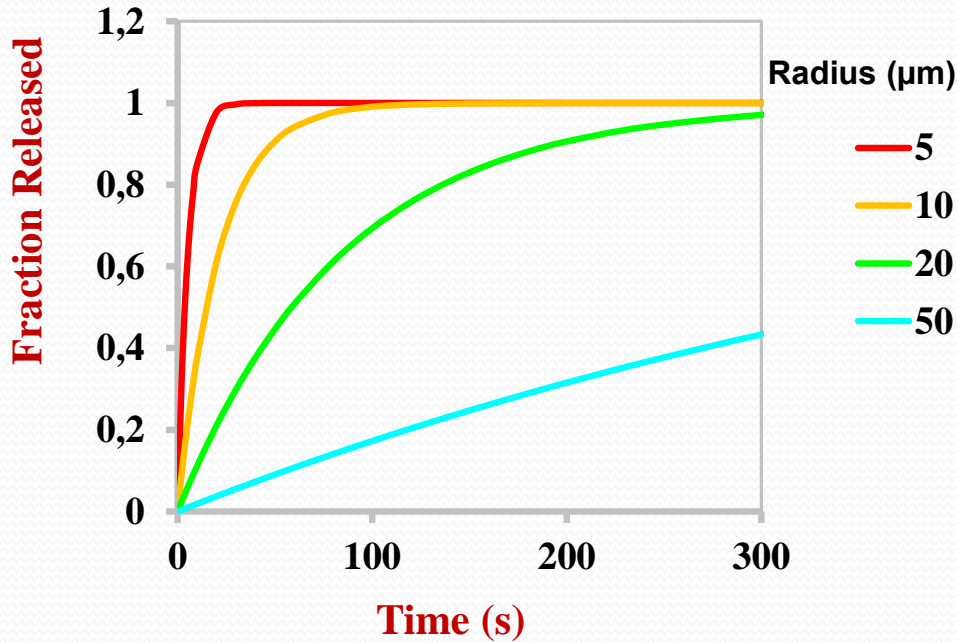
**Modeller, DİZAYNa yardımcı olan
önemli yapı-işlev ilişkilerini ölçmeye
yardımcı olur.**

Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri

Salınım hızını modelleme



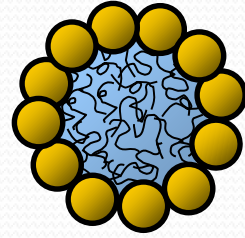
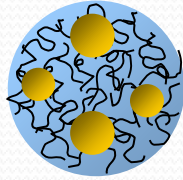
**Kontrollü
Difüzyon**



Modeller, DİZAYNa yardımcı olan önemli yapı-işlev ilişkilerini ölçmeye yardımcı olur.

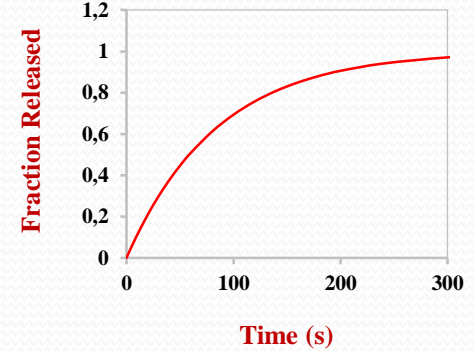
Parçacıkların Serbest Bırakma Özelliklerine Etkisi

Yapılandırılmış Parçacıklar



Birçok dağıtım sistemi karmaşık yapılara sahiptir:

- Küresel olmayan
- Birden fazla bileşen
- Yapısal olarak heterojen

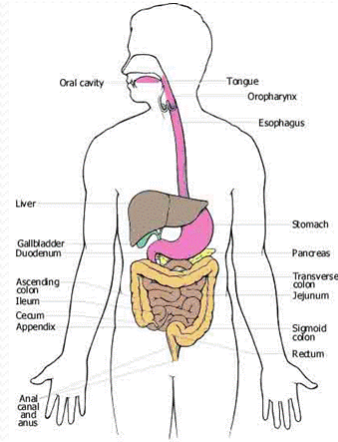
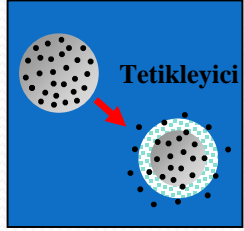


Sorunlar: Şekli, difüzyon katsayılarını, geçirgenliği tanımlamak zor.

Salınım Mekanizmaları

Salınım konumu ve hızının kontrolü

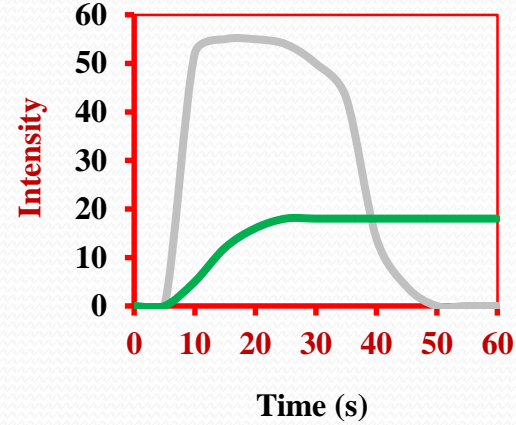
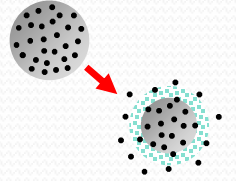
Salınım Konumunu Kontrol etme



Salınım tetikleyicileri:

- pH
- İyonik güç
- Enzim aktivitesi
- Sıcaklık
- seyreltme

Salınım hızını kontrol etme



- bir anda dağılan Patlamalı salım
- sürekli salınım (yavaş salınım)

Salınım profilleri:

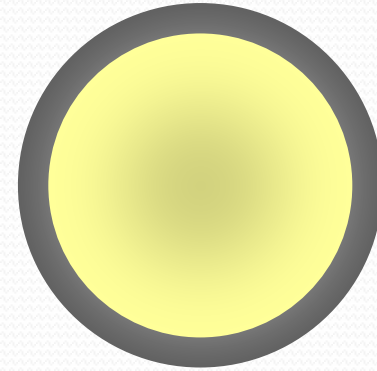
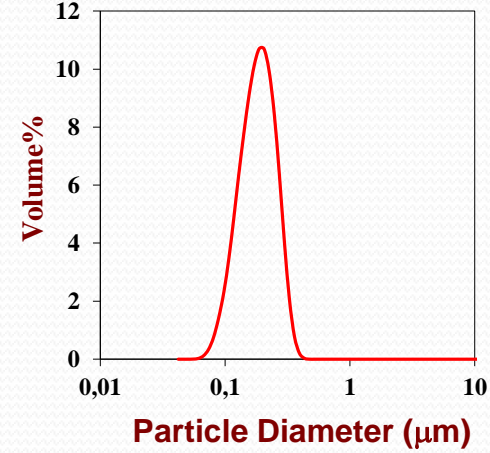
- Serbest Bırakma Mekanizması
- boyut
- Kompozisyon
- İç yapı

Hangi Parçacık Özellikleri Salınım Karakteristiklerini Etkiler?

- Parçacık bileşimi
- Parçacık konsantrasyonu (ϕ)
- Parçacık boyutu dağılımı (PSD)
- Difüzyon Katsayıları (D)
- Dağılım katsayıları (K_{ow})
- Bariyer Özellikleri (P)



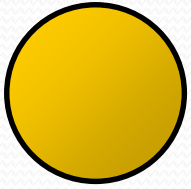
Serbest bırakma mekanizmasını ve uygun modelleri tanımlamak için



Parçacıkların Optik Özelliklere Etkisi

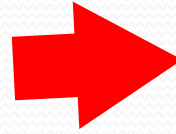
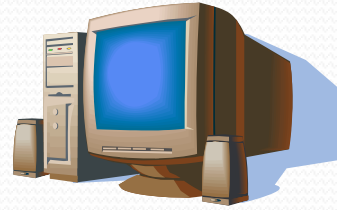
Görünümün kontrolü

Parçacık Özellikleri



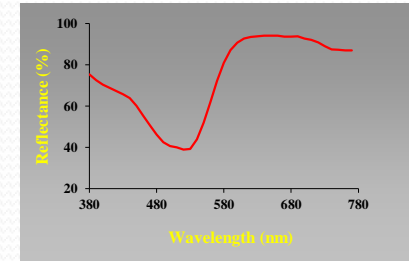
?

Hangi parçacık özellikleri önemli?



Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri:
Işık saçılma teorisi
(*light scattering*)

Optik özellikler



•L,a,b değerleri



Transparan



Bulanık

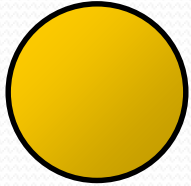


Opak

Parçacıkların Reolojiye Etkisi

Tekstürün kontrolü

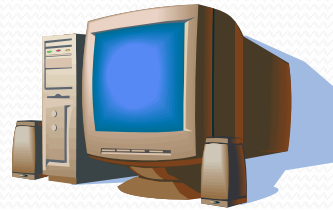
Parçacık Özellikleri



?

Hangi parçacık özellikleri
önemli?

**Kantitatif Yapı-İşlev
İlişkileri :**
Etkin ortam Kuramı



Sıvı

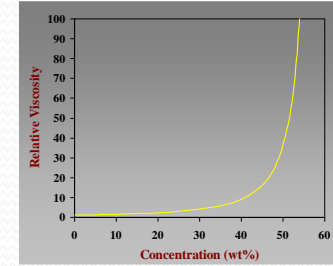


Visko-plastik



Katı

Reolojik Özellikler

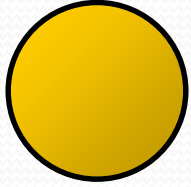


•Viskozite

Parçacıkların Stabiliteye Etkisi

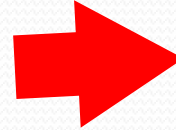
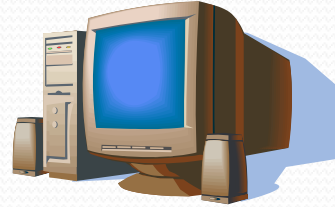
Raf ömrünün kontrolü

Parçacık Özellikleri



?

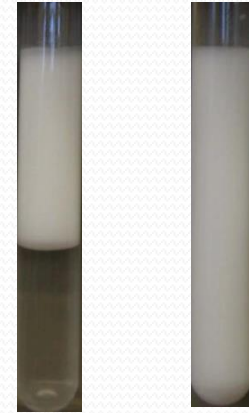
Hangi parçacık özellikleri önemli?



Kantitatif Yapı-İşlev İlişkileri :
Stokes Kanunu

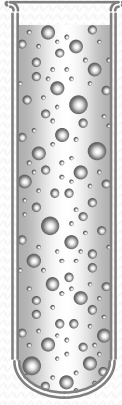
$$v = - \frac{2gr_{particle}^2(\rho_{particle} - \rho_0)}{9\eta_0}$$

Stabilite



- Kremalaşma hızı
- Toplanma (kümeleşme) hızı

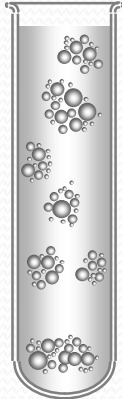
Fiziksel Kararlılık Mekanizmaları



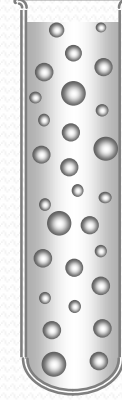
Stabil sistem



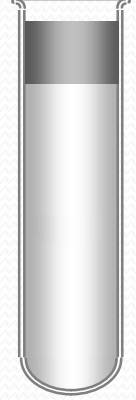
Yerçekimsel Ayırışma
(Stokes kanunu)



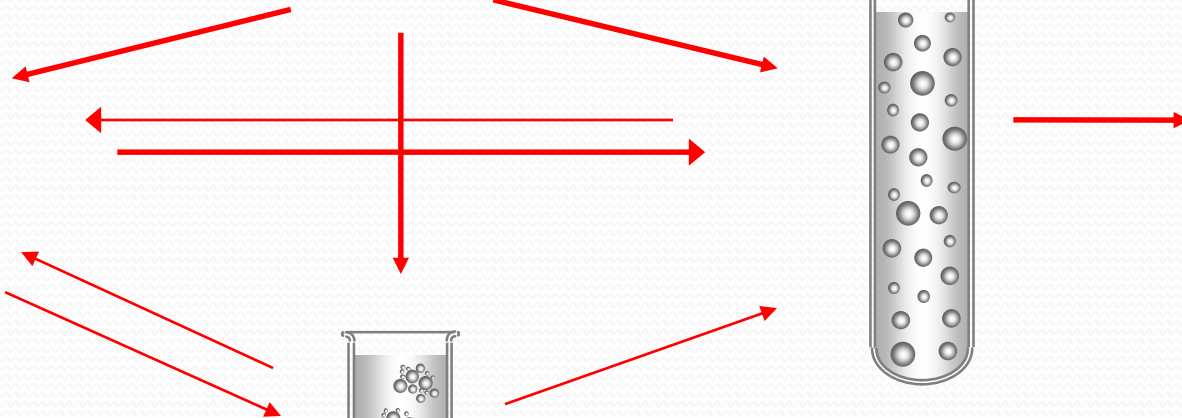
Flokülasyon



Koalesans
veya
Ostwald
birleşmesi



Faz ayrımı



Başlıca Kararsızlık Mekanizmalarının Tanımlanmasının Önemi

- Her gıda eşsizdir!
- Genel olarak stabiliteyi artırmak için tek bir strateji kullanılamaz
- İlgili gıda için ana kararsızlık mekanizmasının belirlenmesi çok önemlidir.
- Kolloid bilim ve teknoloji bilgisi problem çözmeyi kolaylaştırır



Stabilite testleri:

Teşhis Yaklaşımı

- Faz ayrımı
- Yağ ayrımı
- Acılaşma
- Kremalaşma
- Flokülasyon
- Koalesans
- Ostwald birleşmesi
- İşlem
- İçerik
- Depolama

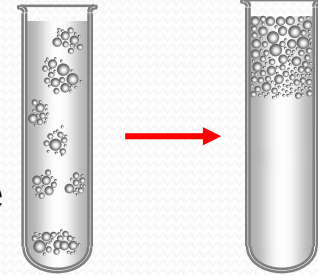
Makroskopik Özellikler

Ürün kusurunu karakterize et



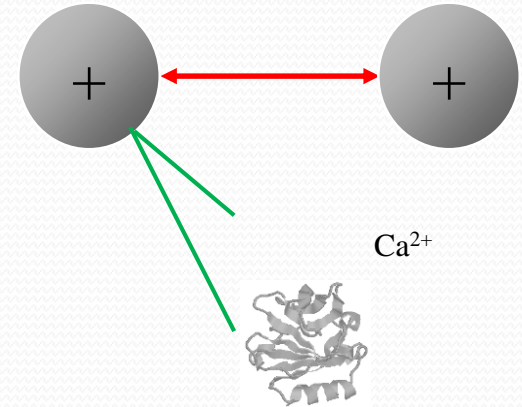
Kararsızlık Mekanizması

Kararsızlık mekanizmalarını belirle



Fizikokimyasal Köken

Kökeni tanımla



Çözüm

Dağıtım Sistemlerinin Akılcı Seçimi

- Polarite
- Fiziksel durum
- Stabilité
- biyoaktivitesi

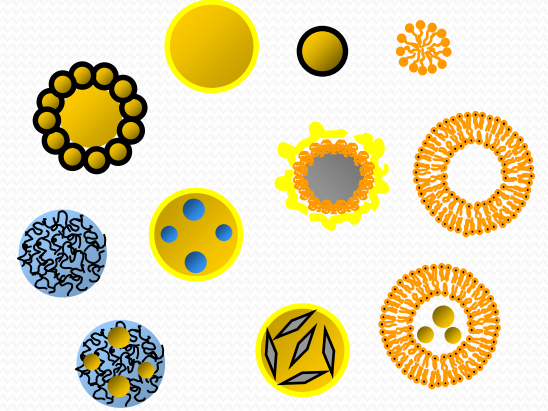
**Aktif Bileşen Özellikleri
ve Zorlukları Belirtme**

**Gıda Matrisi
Özelliklerini Belirtme**

- Optik
- Reolojik
- Tat
- Stabilité

- uygunluk
- Yükleme kapasitesi
- Salınım profili
- Üretim kolaylığı
- Bileşenler
- sağlamlık

**En basit dağıtım
sistemini tanımlayın**



Genel bakış

- Kolloidal dağıtım sistemleri, **bottom up (aşağıdan yukarıya)** veya **top down (yukarıdan aşağıya)** yaklaşımlar kullanılarak geliştirilebilir
- Bu sistemler genellikle basit işlemler kullanılarak gıda sınıfı bileşenlerden tasarlanabilir.
- Ekonomi, işlevsellik ve sağlamlık, gerçek gıda uygulamalarında test edilmelidir

