

# DERS-5

## VİSKOZİTE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

# Solusyon (Çözelti) viskozitesi

- Çözelti, emülsiyon ya da süspansiyon söz konusu olduğunda, solusyonun viskozitesi saf bir çözgenle kıyaslanarak ölçülür.
- Özellikle keçiboynuzu gamı, guar gam ve karboksimetil selüloz gibi biyopolimerlerin akış şeklinin anlaşılmasında solusyon viskozitesi kullanılır.
- Saf çözgenlerin ve süspansiyonların viskoziteleri ölçülüp, elde edilen verilerden değişik değerler hesaplanabilir.
- Relatif viskozite ve spesifik (özümlü) viskozite bunlardan en yaygın kullanılanlarıdır.

# Solusyon viskozitesi

- Relatif viskozite;

$$\eta_{\text{rel}} = \frac{\eta_{\text{süspansiyon}}}{\eta_{\text{çözgen}}} = 1 + kX_d^v \longrightarrow \text{Dispers fazın hacim fraksiyonu}$$

- Einstein tarafından küresel partiküllerin seyreltik çözeltileri için önerilen eşitlik;

$$\eta_{\text{rel}} = 1 + kC \longrightarrow C: \text{konsantrasyon}$$

- Spesifik (özgül) viskozite;

$$\eta_{\text{sp}} = \eta_{\text{rel}} - 1 = kC$$

# Solusyon viskozitesi

- İndirgenmiş (reduced) viskozite- Spesifik viskozitenin konsantrasyona oranıdır.

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{C}$$

- İçsel (intrinsic-gerçek) viskozite- konsantrasyon (C) 0'a yaklaşırken indirgenmiş viskozitenin limitidir.

$$\eta_{int} = \lim_{C \rightarrow 0} \left( \frac{\eta_{sp}}{C} \right)$$

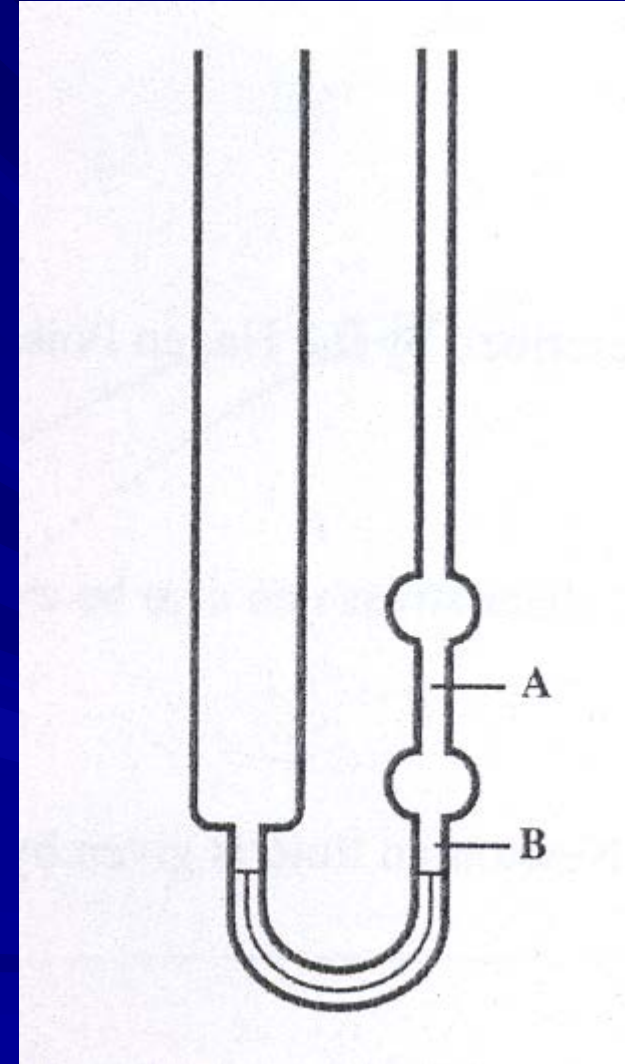
- İndirgenmiş ve içsel viskozitenin birimi m<sup>3</sup>/kg ya da ml/g'dir.

# Viskozite ölçümleri

- En yaygın viskozite ölçüm cihazları;
  1. Kapilar viskometre
  1. Delik tip viskometre
  1. Düşen bilye viskometre
  1. Döner (rotational) viskometre

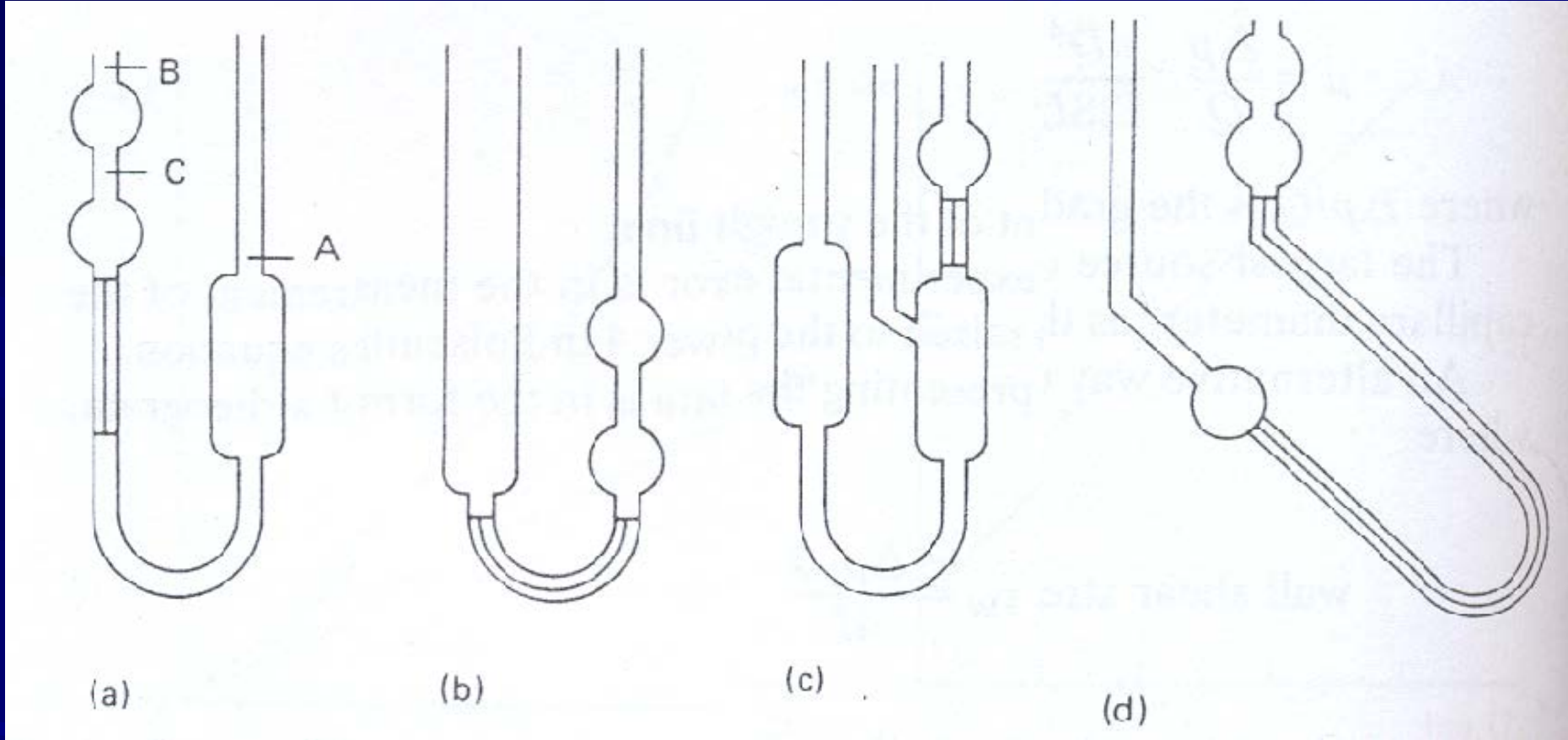
# Kapilar viskometreler

- Genellikle “U” tp Őeklindedirler.
- Farklı tasarlanmıŐ tipleri vardır.
- Basit, ucuz ve düşük viskoziteli gıdalar için uygundur.
- Belli hacimdeki akışkanın uzunluğu bilinen bir kılcal borudan geçiŐ süresi ölçülür.
  - Süre ne kadar fazla ise viskozite de o derece düŐüktür.



**TERS AKIM VİSKOMETRESİ**

# Kapilar viskometre örnekleri



(a) Oswald viskometre, (b) Ters akım viskometresi,  
(c) "Suspended level" viskometre, (d) Canon-Fenska viskometresi

# OSWALD VİSKOMETRE

2- Akışkan, kılcal boru aracılığıyla diğer uca emdirilir (B işaretinin üstüne kadar).

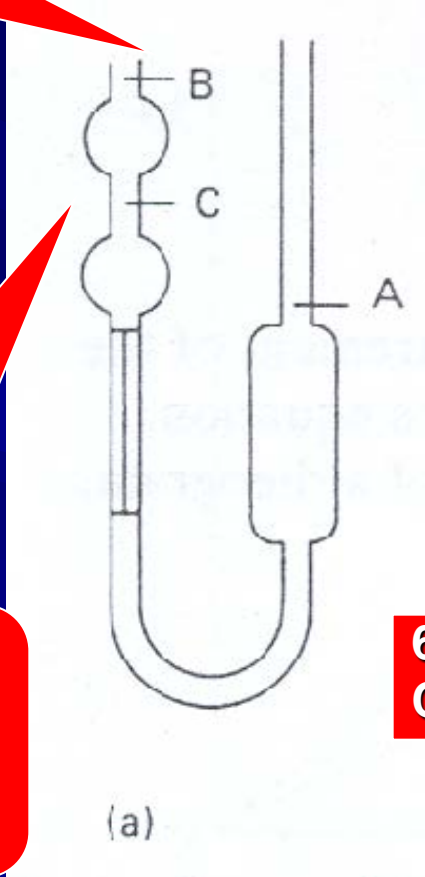
3- Akışkan, uygulanan basıncın etkisiyle kılcal borudan akar.

4- Akışkanın kılcal borudan akarken B çizgisinden C çizgisine kadar düşmesi için gerekli süre (t) kaydedilir.

1- Viskometre test edilecek akışkan ile A seviyesine kadar tam doldurulur.

5- Bu süre (t) cihaz sabitiyle çarpılarak, akışkanın kinematik viskozitesi hesaplanır.

6- Kinematik viskozite ( $\text{ms}^{-2}$ ) = Cihaz sabiti ( $\text{m}^2\text{s}^{-2}$ ) x süre (s)





# Delik tip viskometreler

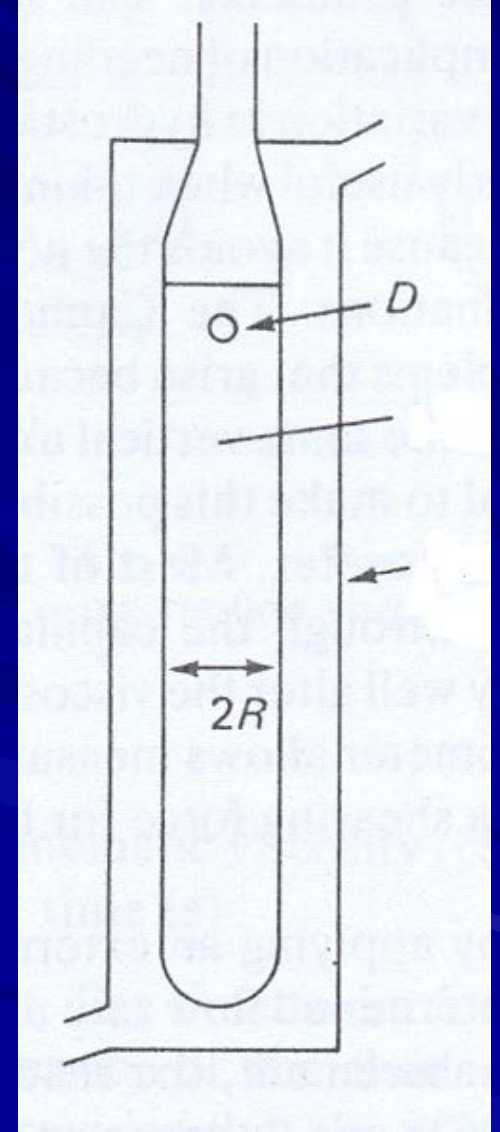
- Newtonsal ya da Newtonsala yakın akışkanlar için kullanılır.
- Standart hacimdeki bir akışkanın bir delikten akması için gerekli süre ölçülür.
- Gıda endüstrisinde en yaygın kullanılanı Zahn viskometresidir.
  - 44 mL kapasitedeki paslanmaz çelik bir kap ve kabın tabanındaki yuvarlak bir delikten ibarettir.



Boekel Zahn Cup  
Viskometresi

# Düşen bilyeli viskometreler

- Dikey bir tüp içinde yerçekimi etkisiyle bir bilyenin düşmesi için geçen süre ölçülür.
- Viskoz akışkanlar için uygundur.
- Bilye ne kadar büyükse o kadar çabuk düşer.
- Bilyenin çapının uygun seçilmesi gerekir.



# Düşen bilyeli viskometreler

- Bilye akışkan içine düşerken 3 farklı kuvvete maruz kalır ve bu kuvvetler bir denge oluşturur.

$$\text{Net kuvvet (F}_{\text{Net}}) = \text{Yerçekimi kuvveti (Gravitational)} - \text{Yüzdürme kuvveti (Buoyancy)} - \text{Sürüklenme kuvveti (Drag)}$$

- Denge sağlandığında aşağı ve yukarı doğru etkili kuvvetler dengededir ve bilye sabit bir hızla (terminal hız) hareket eder.
- Bu viskometreler terminal hızı düşük olan viskoz akışkanlar için daha uygundur,
  - Düşük viskoziteli akışkanlar için özel bilyeler kullanılabilir.

# Düşen bilyeli viskometreler

- Stoke Kanunu (Stoke's law):

$$\mu = \frac{D_p^2 (\rho_p - \rho_f) g}{18v_t}$$

$\mu$ : dinamik viskozite

$D_p$ : bilyenin çapı (m)

$\rho_p$ : bilyenin yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

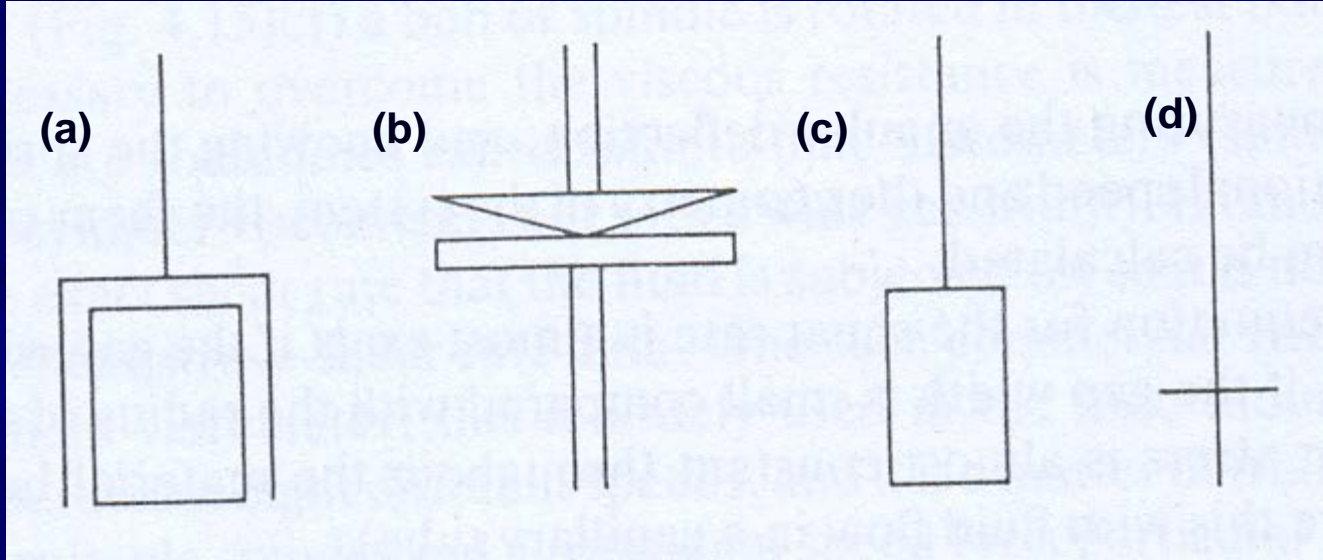
$\rho_f$ : akışkanın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$v_t$ : terminal hız;  $g$ : yerçekimi ivmesi

# Döner (rotational) viskometreler

- Ölçüm cihazının iki kısmından döndürülür. Kayma oranı dönme hızına bağlı olarak değişir.
  - Genelde Newtonsal olmayan ve zamana bağlı akış davranışını karakterize etmek için kullanılır.
1. Konsantrik (eşmerkezli) viskometreler
  2. Konik ve plaka viskometreler
  3. Paralel plaka viskometreler
  4. Tek milli viskometreler (Brookfield viskometresi)

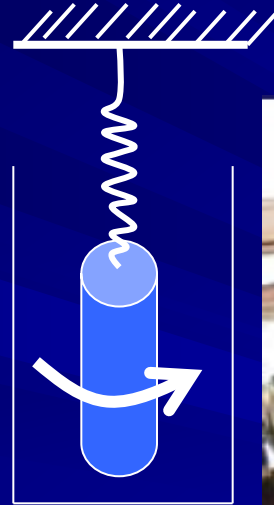
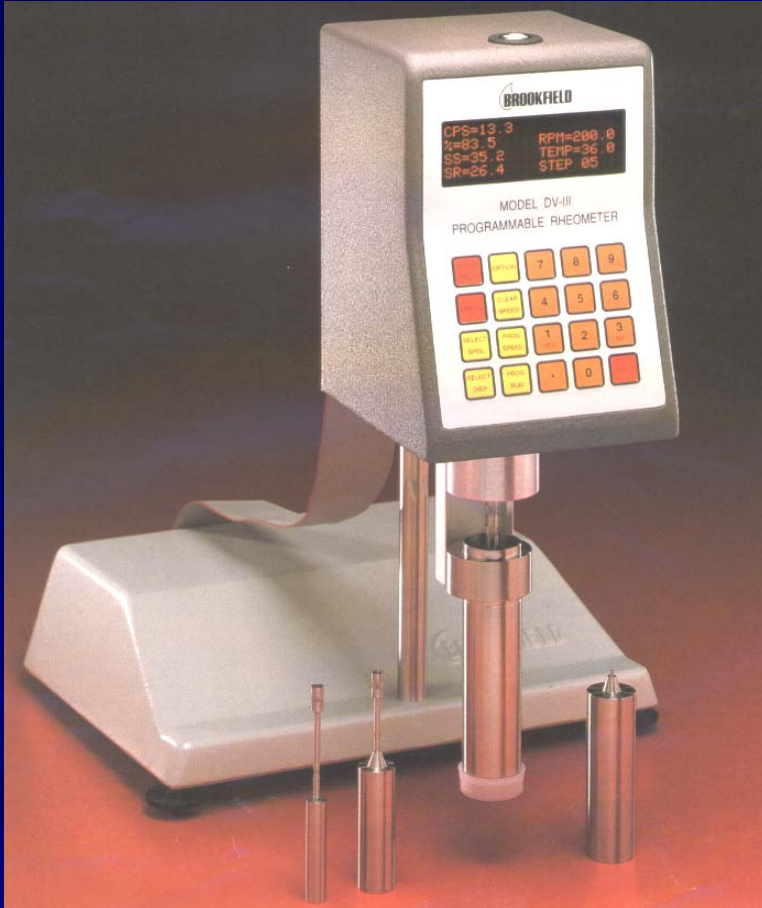
# Döner (rotational) viskometreler



(a) Konsantrik (eşmerkezli) viskometre, (b) Konik ve plaka viskometre, (c) Tek milli viskometre, (d) T-milli viskometre

# Brookfield viskometre (tek milli viskometre)

Akışkan içinde mil döndürülür ve viskoz direncin ortadan kalkması için gerekli dönme kuvveti ölçülür.



# Brookfield viskometre (tek milli viskometre)

- Farklı hızlarda ve farklı boyutlardaki miller değişik amaçlar için kullanılabilir.
- Cihaz Newtonsal akışkanların viskozitesini direkt verir.
  - Çünkü Newtonsal yağlarla kalibre edilmiştir.
- Farklı hızlarda (shear rate-kayma oranında) görünür viskozite belirlenir.
  - Sonuç, belli bir dönme hızına karşı görünür viskozite olarak verilir.
- Bir akışkanın zamana bağlı akış karakteri gösterip göstermediği bu viskometreyle belirlenebilir.