

دیسپر سیون ها

Kambiz Jahanbin

دیسپرسیون ها

● تعریف:

➤ فاز پراکنده (فاز داخلی) Dispersed (Internal)

➤ فاز پیوسته (محیط پراکنش یا فاز خارجی) Continues (External)

● نواحی تشکیل دهنده فاز: متصل و غیر متصل (منفصل)

● مولکول های دو فاز متفاوت: غیرهمنوع (آب و روغن) و همنوع (آب و یخ)

● اغلب سیستم های مورد استفاده در مواد غذایی: ناهمگون (Hetrogeneous)

دیسپرسیون ها (ادامه)

➤ جدا شدن فازها : لایه مرزی

- لایه سطحی (Surface): مرز بین گاز و مایع
- لایه بین سطحی (Interface): مرز بین مایع-مایع و جامد-مایع

➤ تشکیل دهنده کسر حجمی ناچیز نسبت به حجم کل دیسپرسیون

➤ اثر بسیار مهم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی دیسپرسیون

- پایداری

- رئولوژی

- بافت

دیسپرسیون ها (ادامه)

➤ تقسیم بندی دیسپرسیون ها

- محلول های حقیقی (مولکولی): ابعاد ذرات فاز پراکنده در آنها کمتر از ۱ نانومتر
محلول های قندی، محلول های ویتامینی و مواد معدنی
- محلول های کلوئیدی: حداقل ابعاد یکی از انواع ذرات بین ۱ میکرومتر تا ۱ نانومتر
مستعد تفکیک (ته نشینی و رونشینی)-مشاهده توسط میکروسکوپ الکترونی
- دیسپرسیون های حجیم (Coarse): ابعاد ذرات فاز پراکنده بزرگتر از ۱ میکرومتر

➤ قراردادی بودن محدوده اندازه ذکر شده برای سیستم های کلوئیدی

انواع سیستم های کلوئیدی

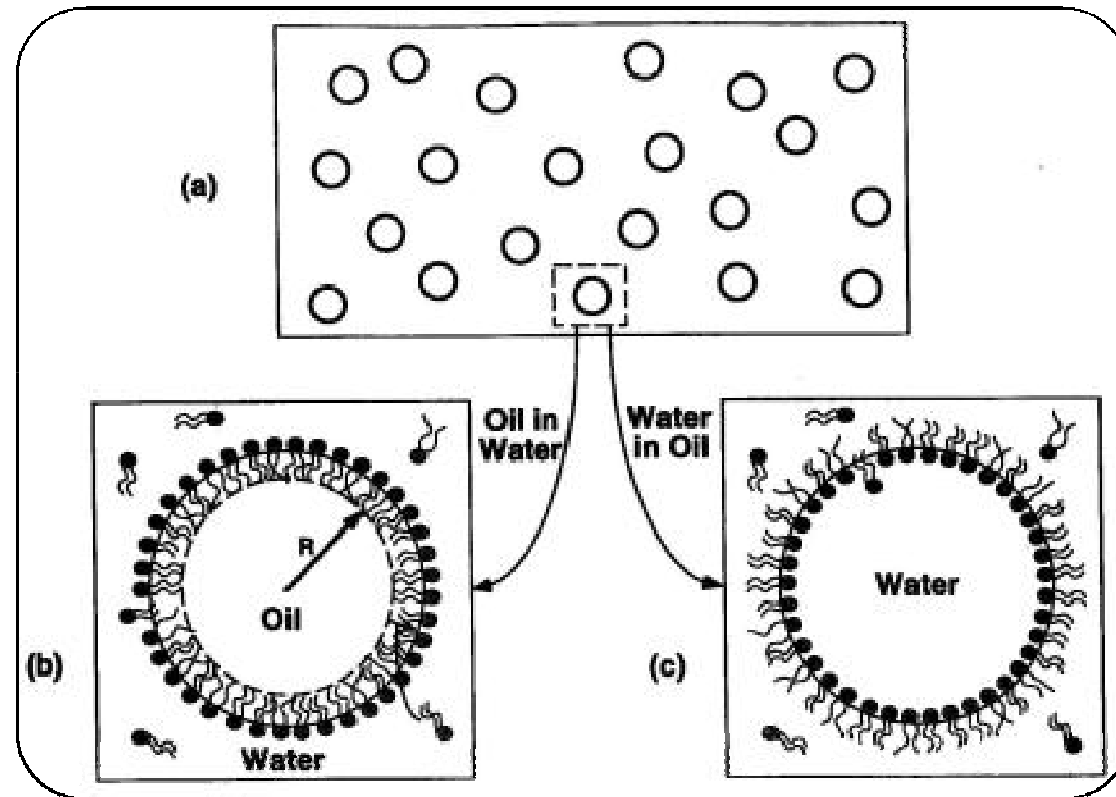
تقسیم بندی بر اساس حالت فاز پراکنده و پیوسته ➤

فاز پراکنده	فاز پیوسته	نام سیستم	مثال ها
مایع	مایع	امولسیون مایع	مایونز، کره و مارگارین
مایع	جامد	امولسیون جامد	بستنی منجمد
مایع	گاز	آئروسول مایع، مه	مولکول های مایع در خشک کن پاششی
جامد	مایع	سل، سوسپانسیون کلوئیدی	شیر شکلاتی، آب میوه های کدر
جامد	جامد	سل جامد	مروارید، شیشه رنگی
جامد	گاز	آئروسول جامد، دود	دوده
مایع	شبکه پلیمری و مایع	ژل، لاتکس	ژله های غذایی
سورفاکتانت، لیپید قطبی	مایع	کلوئید تجمع یافته	میکروامولسیون ها، لیپوزوم ها
گاز	مایع	کف، حباب	آبجو، تخم مرغ و خامه زده شده
گاز	جامد	کف جامد	کیک، نان، بستنی منجمد

امولسیون ها

- دیسپرسیون های مایع در مایع و به ندرت مایع در جامد (امولسیون جامد)
- اندازه قطر ذرات فاز پراکنده بین ۰/۰۱ تا ۱۰۰ میکرومتر
- ✓ ماکروامولسیون ها (امولسیون های متداول)
- ✓ نانوامولسیون ها: کمتر از ۰/۵ میکرومتر (۵۰۰ نانومتر) - برخی منابع (کمتر از ۱۰۰ نانومتر)
- امولسیون ها در مواد غذایی: روغن در آب (O/W) و آب در روغن (W/O)
- ✓ O/W: شیر، مایونز، خامه، برخی نوشابه ها و ...
- ✓ W/O : کره و مارگارین

امولسیون ها (ادامه)

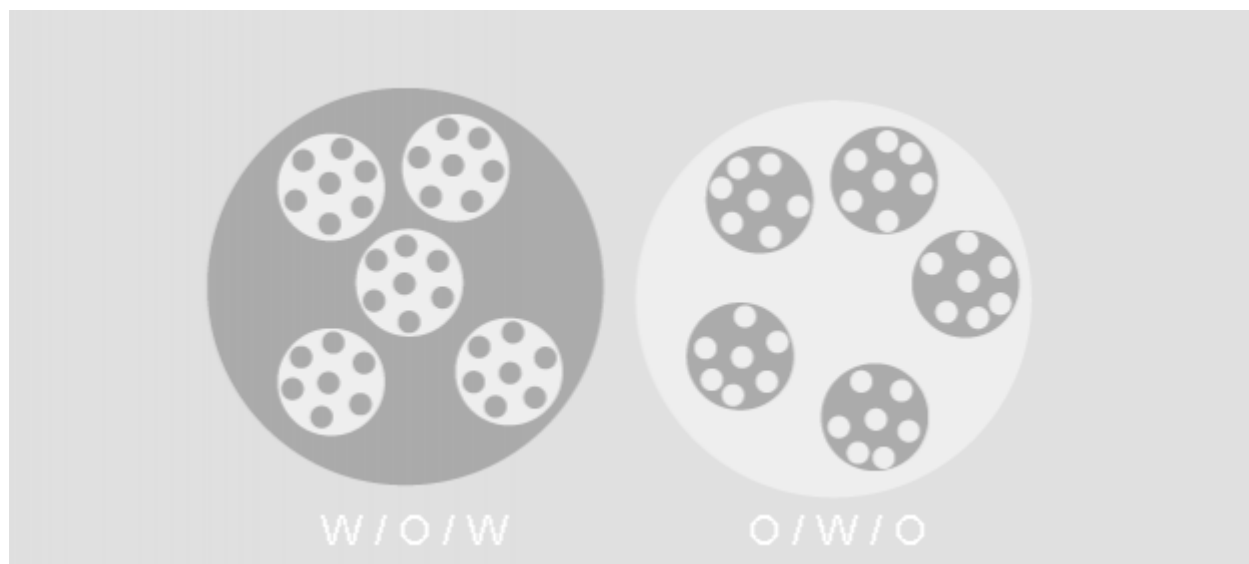


امولسیون ها (ادامه)

✓ امولسیون های چندگانه: قطرات فاز اول در فاز دوم و فاز دوم در فاز پیوسته

O/W/O ✓

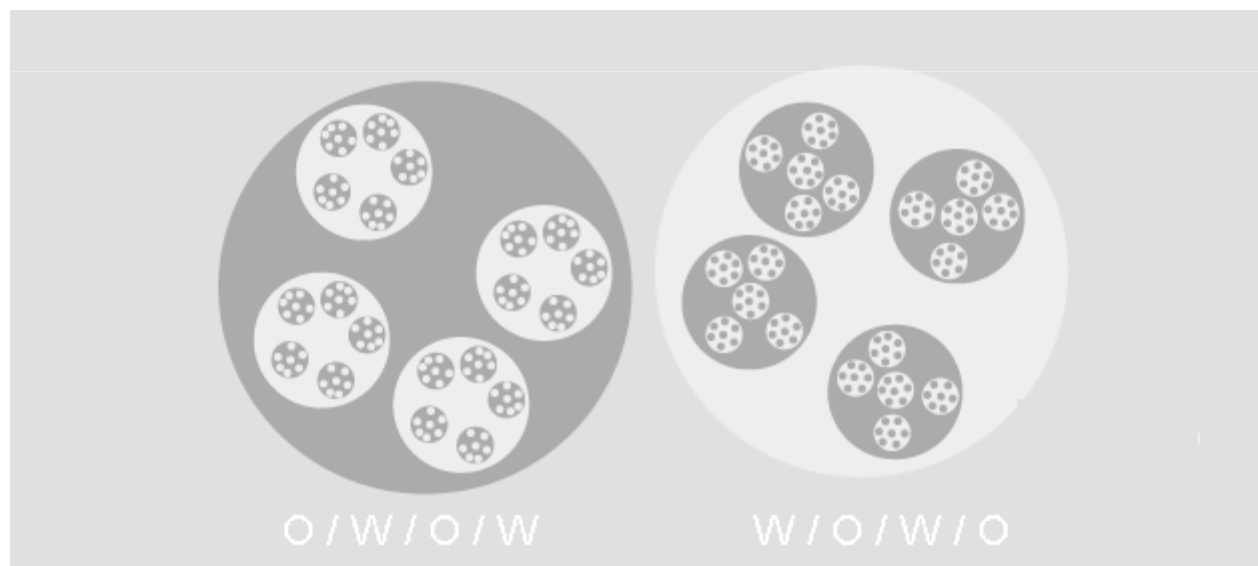
W/O/W ✓



امولسیون ها (ادامه)

O/W/O/W ✓

W/O/W/O ✓



سل ها (سوسپانسیون های کلوئیدی)

سیستم های جامد در مایع ➤

- شیر شکلاتی (ذرات شکلات در فاز پیوسته)
- شکلات مایع (ذرات کاکائو، شکر و پودر شیر در کره کاکائوی مایع)
- آب میوه های کدر (ذرات پالپ: سلولز، همی سلولز و پکتین در فاز آبی)
- محلول های ماکرومولکول ها در آب (به شرط عدم تشکیل ژل)

ژل ها و لاتکس ها

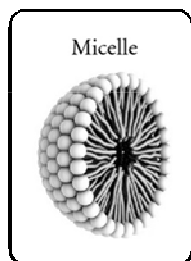
➤ نوعی کلوئید شبکه ای سه بعدی ناشی از تنیده شدن زنجیرهای بیوپلیمرها

- وجود ۲ فاز پیوسته: فاز پیوسته مایع و شبکه جامد
- ظاهر نیمه جامد و عدم جاری شدن در تنش های برشی پایین
- گرمانرم (ترموپلاستیک): ژل آگار و ژل های ژلاتینی
- گرماسخت (ترموست): ژل سفیده تخم مرغ
- هیدروژل (اکثر ژل های غذایی): آب سیال دام افتاده
- آئروژل: هوا سیال دام افتاده
- هیدروکلوئیدهای پلی ساکاریدی: نشاسته، آگار، ژلان، پکتین و کاراگینان
- هیدروکلوئیدهای پروتئینی: ژلاتین و وی پروتئین ها

Associated colloid

کلوئیدهای تجمع یافته

➤ ناشی از تجمع و تشکیل میسل ها توسط ترکیبات فعال سطحی (سورفاکتانت) و یا تجمع لیپیدهای قطبی در فاز آبی (لیپوزوم ها)



■ تشکیل میسل سورفاکتانت در بالای CMC

■ میسل سورفاکتانت-قطرات لیپید: میکروامولسیون

➤ میکروامولسیون ها

■ شبیه به نانوامولسیون ها (شفافیت و ظاهر) اما قابلیت تشکیل خود به خودی و پایدار از نظر ترمودینامیک

■ نسبت سورفاکتانت به فازپراکنده بیشتر از نانو و ماکروامولسیون ها

کلوئیدهای تجمع یافته (ادامه)

لیپوزوم ها

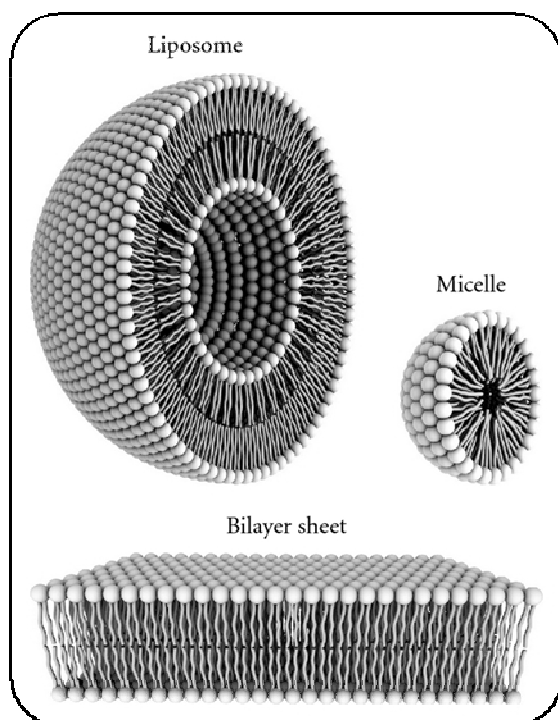
■ ذرات کروی حاصل از لیپیدهای قطبی (فسفولیپیدها و گلیکولیپیدها) یا ترکیبی از لیپیدهای قطبی با کلسترول یا ارگسترول

■ اندازه: ۱۰ نانومتر تا ۱۰ میکرومتر

■ ناپایدار از نظر ترمودینامیکی

■ انکپسوله کردن، تحویل و رهاسازی

■ آمفی فیلیک، آب دوست و چربی دوست



Foam

کف

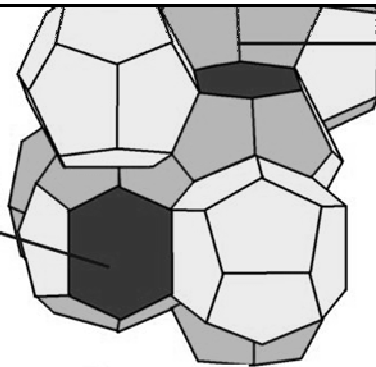
➤ سیستم های گاز در مایع (CO_2 در آب جو و نوشیدنی ها)

■ سیستم های گاز در جامد (هوا در کیک و نان)

■ پخت و انجماد: تبدیل کف مایع به جامد در فرآورده های غله ای و بستنی

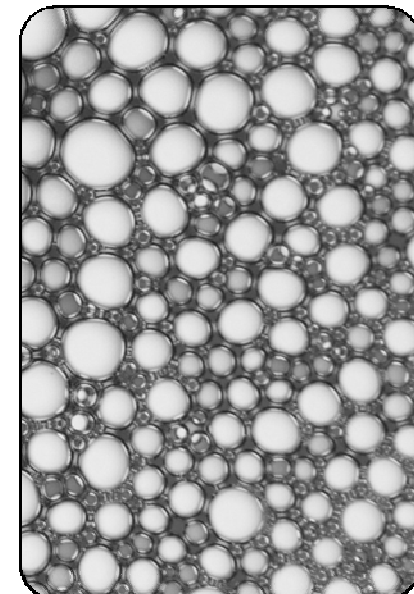
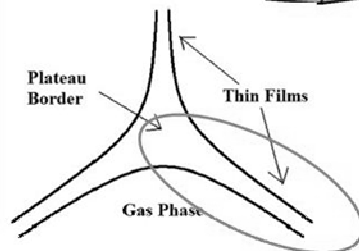
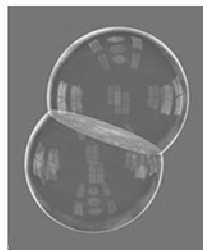
Lamella:

thin film separating the air bubbles within foam.



Plateau border:

three lamellae meet at 120° to form an edge.



کف (ادامه)

- اندازه حباب های کف بزرگتر از اندازه کلوئیدی ولی فاصله بین حباب ها (لاملا) در اندازه های کلوئیدی
- تقسیم بندی کف های مایع (شکل حباب گاز و کسر حجمی آن)
 - ✓ کف های حبابی یا رقیق (Bubbly): حجم کم گاز نسبت به مایع، حفظ شکل
کروی اولیه مانند کف بستنی مایع
 - ✓ کف های چندوجهی یا غلیظ (Polyhedral): بالا بودن حجم گاز نسبت به مایع، ایجاد شکل لانه زنبوری دوازده وجهی (هر وجه ۵ ضلعی): کف آبجو

کف (ادامه)

■ تقسیم بندی بر اساس کسر حجمی فاز پیوسته

✓ کف های غیر حقیقی: کسر حجمی مایع بیشتر از ۰/۲۶، حباب ها کاملا کروی

✓ کف های حقیقی: کسر حجمی مایع کمتر از ۰/۲۶، حباب ها کاملا کروی نیست

■ تقسیم بندی از نظر پایداری سینتیکی

✓ گذرا یا مرطوب: پایدار به مدت چند ثانیه تا چند دقیقه: مثل کف شامپاین

✓ نیمه پایدار یا خشک: پایدار به مدت چند ساعت مانند اکثر کف های چند وجهی

خواص کلوئیدی دیسپرسیون ها

■ ویژگی های دیسپرسیون (پایداری، رئولوژی، خواص نوری و حسی) تحت تاثیر خواص کلوئیدی (غلظت، اندازه، بارالکتریکی، برهمکنش بین ذرات و ویژگی های سطحی) آنهاست.

(۱) غلظت فاز پراکنده

✓ بیان بر حسب کسر حجمی

حجم اشغال شده توسط فاز پراکنده

$$\phi = \frac{\text{حجم اشغال شده توسط فاز پراکنده}}{\text{حجم کل دیسپرسیون}}$$

حجم کل دیسپرسیون

غلظت فاز پراکنده (ادامه)

$$\phi = \frac{V_D}{V_E}$$

$$\phi_m = \frac{m_D}{m_E}$$

■ رابطه بین کسر حجمی و جرمی

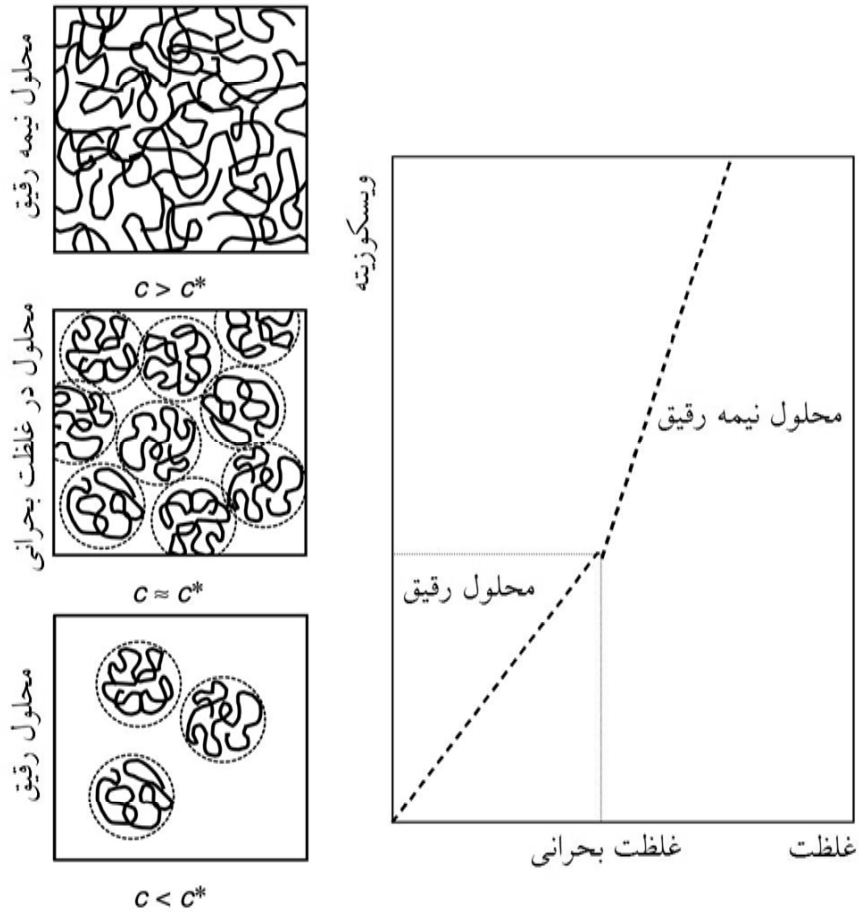
$$\phi = \phi_m \left[\phi_m + (1 - \phi_m) \frac{\rho_2}{\rho_1} \right]^{-1}$$

$$\phi_m = \phi \left[\phi + (1 - \phi) \frac{\rho_1}{\rho_2} \right]^{-1}$$

غلظت فاز پراکنده (ادامه)

- حداکثر کسر حجمی برای سیستم هایی حاوی ذرات کروی با ابعاد مساوی: 0.74
- در عمل: 0.64 به علت میزان کیپ شدن کمتر
- حداکثر کسر حجمی در سیستم هایی با اندازه ذرات نابرابر افزایش می یابد
- دست یابی به کسرهای حجمی بالاتر (امولسیون ها و کف های غلیظ): تغییر شکل ذرات، قطرات و حباب ها
- تبدیل رفتار از نیوتنی به ویسکوالاستیک و شبه جامد در مایونز

غلظت فاز پراکنده (ادامه)



■ دیسپرسیون ماکرومولکول ها

(پروتئین ها و پلی ساکاریدها)

■ غلظت بحرانی: تداخل و همپوشانی ماکرومولکول

ها و افزایش ویسکوزیته با شدت بالا

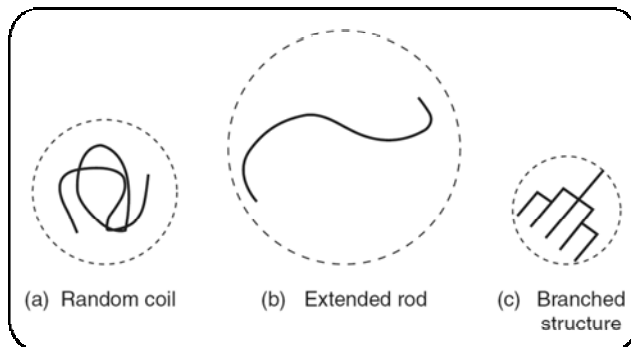
✓ محلول رقیق (زیر غلظت بحرانی)

✓ محلول نیمه رقیق (بالای غلظت بحرانی)

■ بستگی نداشتن رقت محلول به غلظت آن

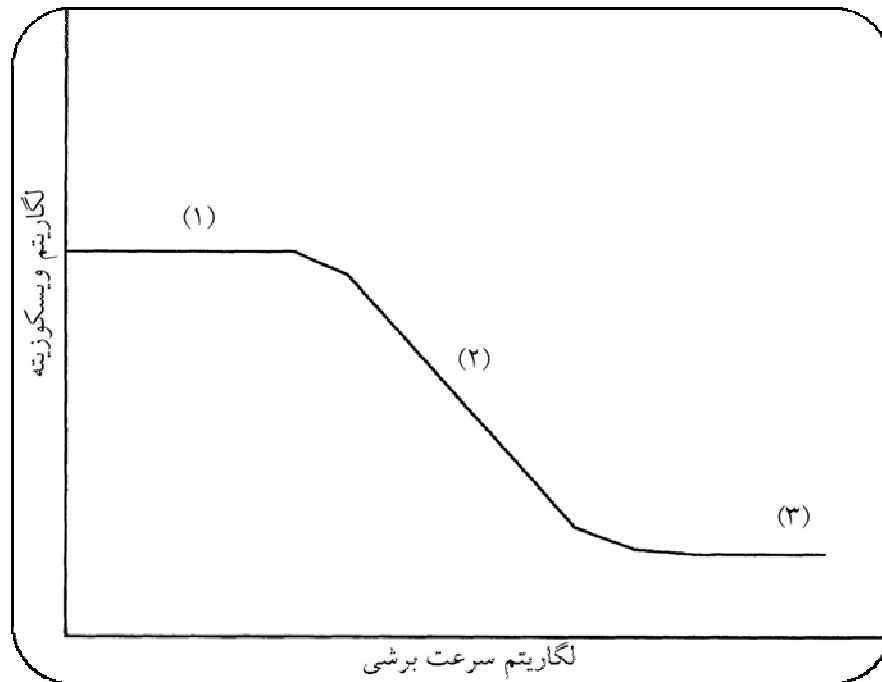
✓ فضای اشغال شده توسط بیوپلیمر

شکل، اندازه و نفوذپذیر بودن آن نسبت به حلال



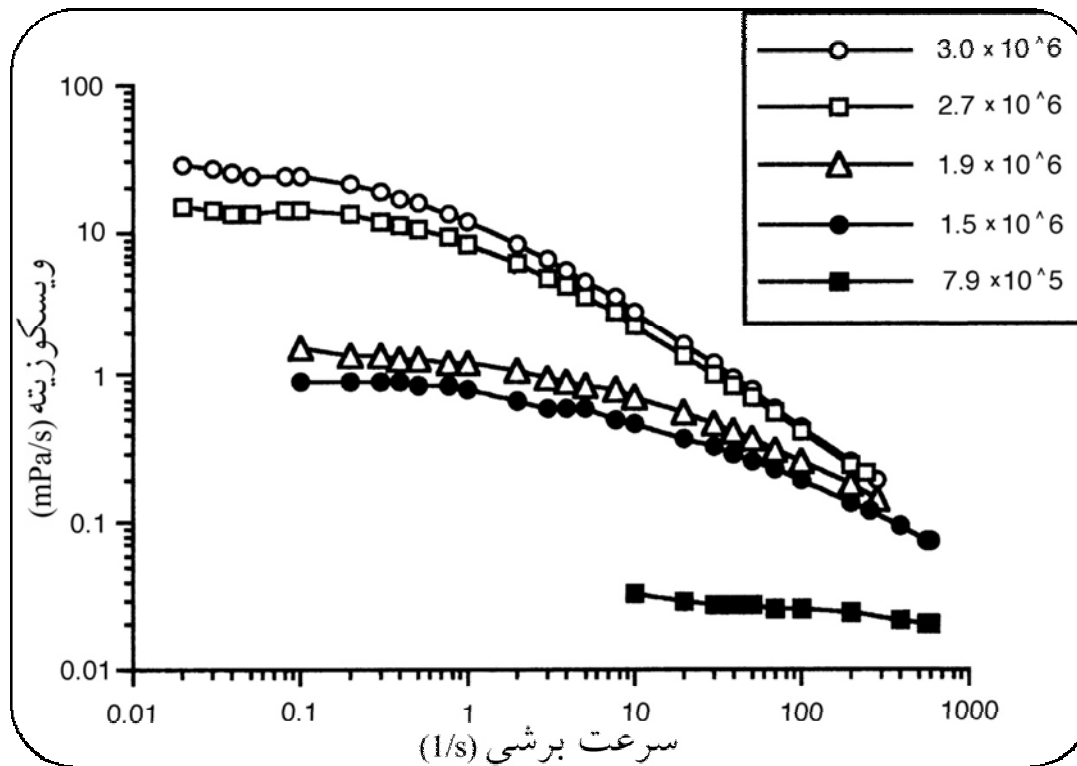
غلظت فاز پراکنده (ادامه)

- رفتار محلول های بیوپلیمر زیر غلظت بحرانی: نیوتونی
- رفتار محلول های بیوپلیمر بالای غلظت بحرانی: غیر نیوتونی (عمدتاً رقیق شونده با برش)

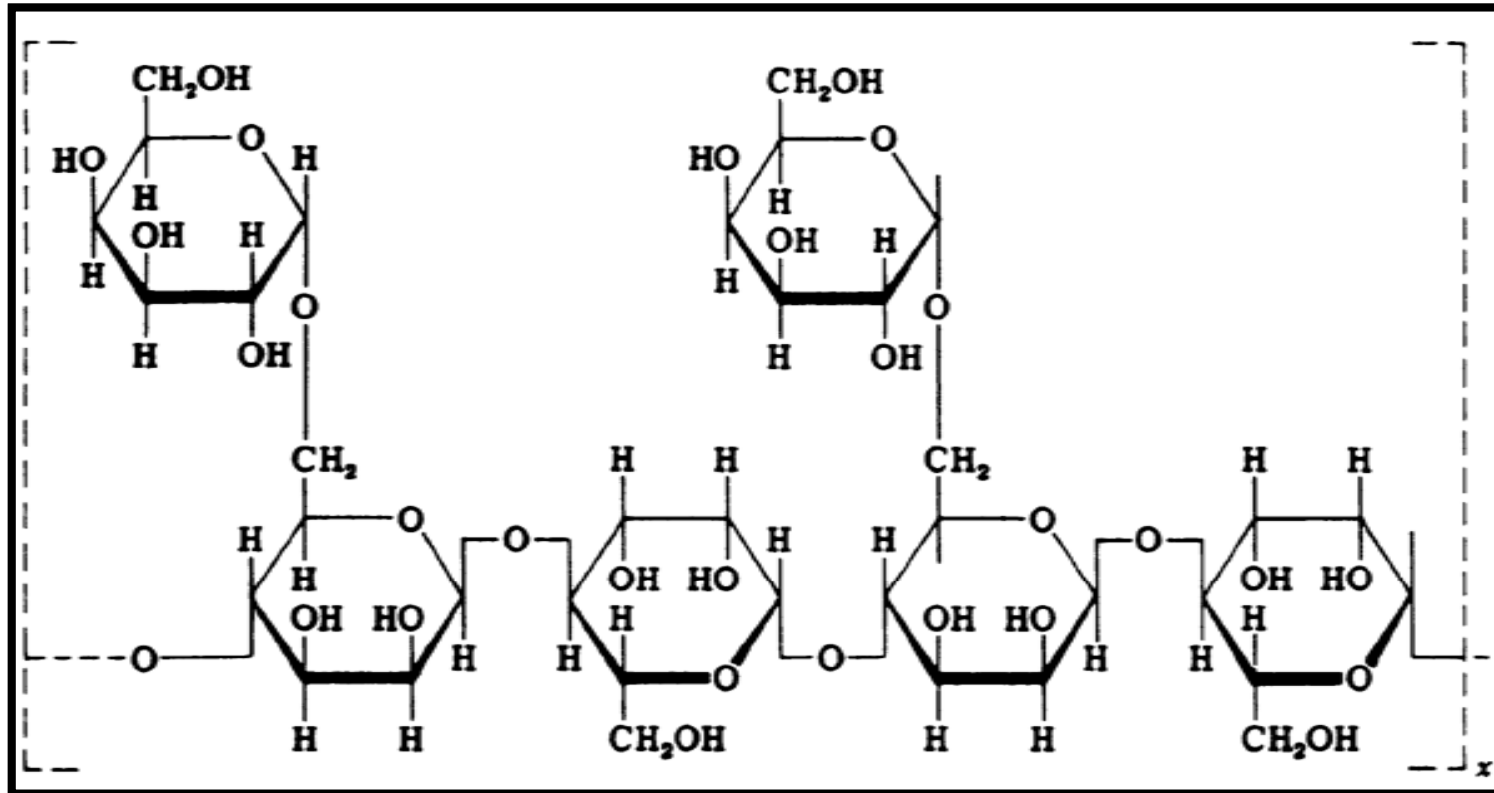


غلظت فاز پراکنده (ادامه)

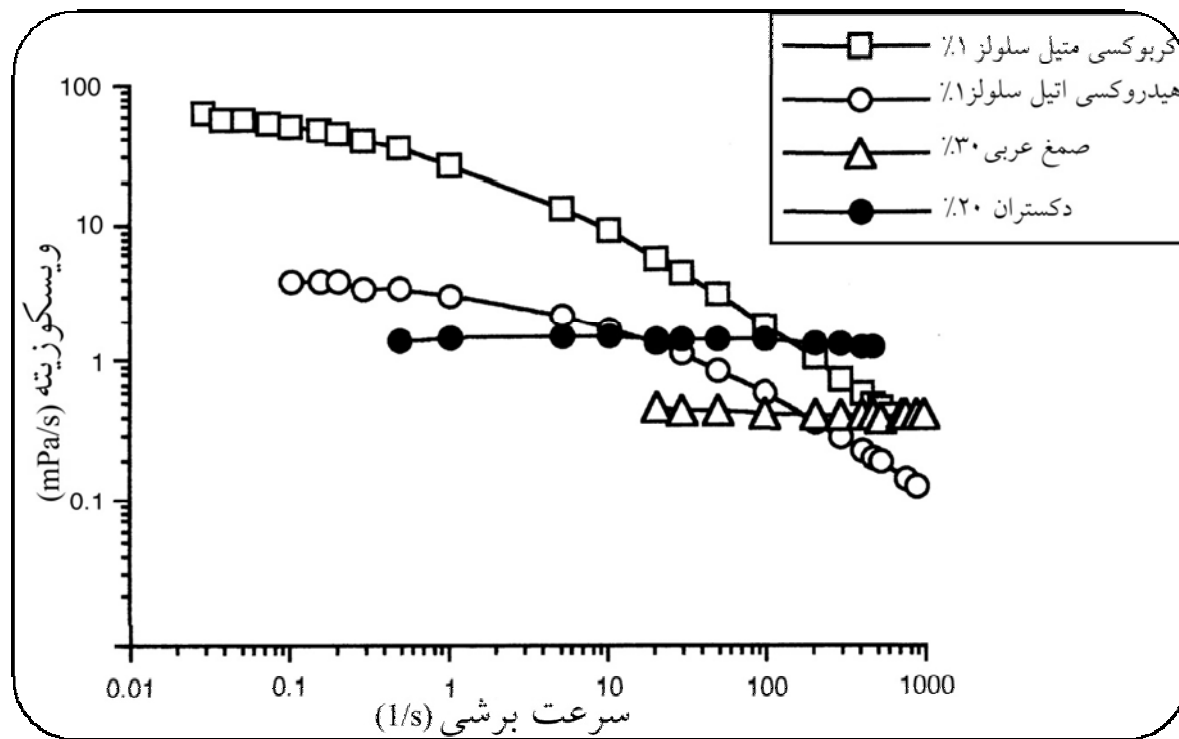
- وابستگی زیاد ویسکوزیته محلول های بیوپلیمری به وزن مولکولی
- محلول ۱٪ صمغ گوار



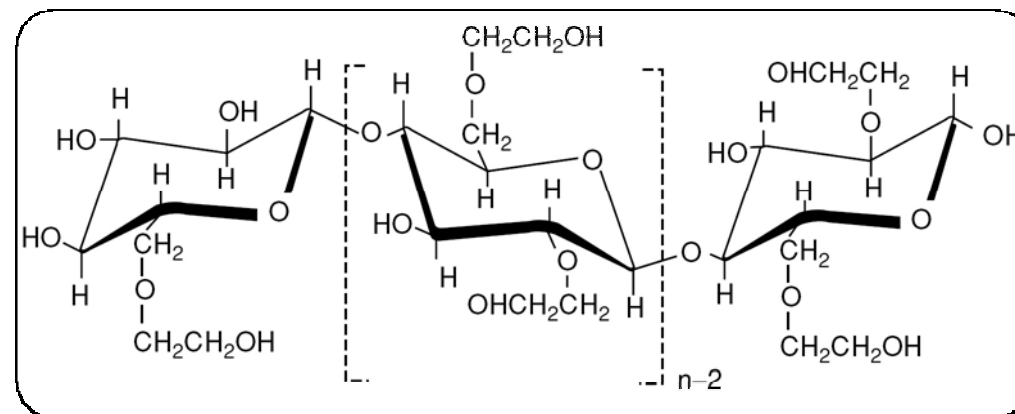
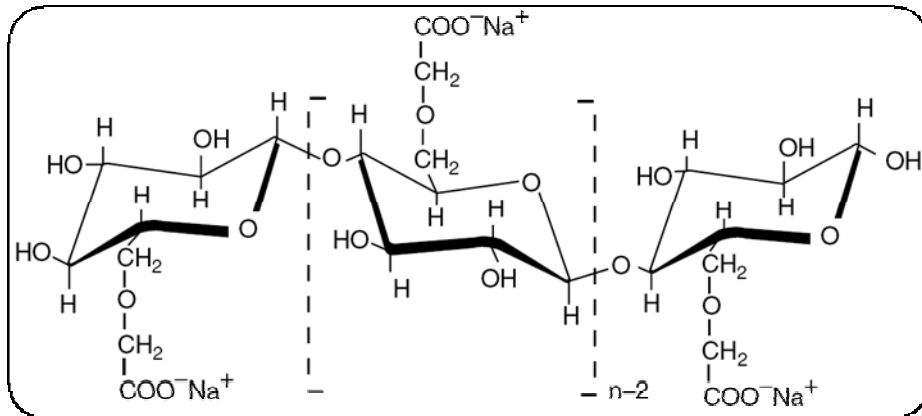
صمغ گوار



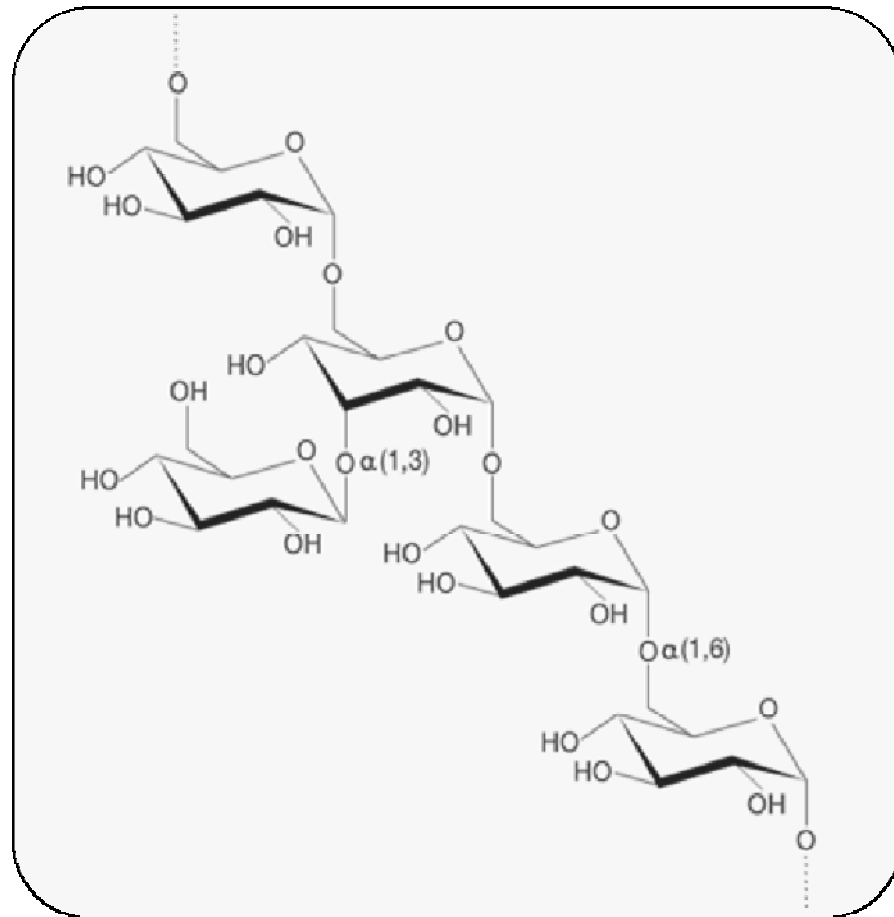
■ تاثیر شکل بر اندازه هیدرودینامیکی مولکول های بیوپلیمر



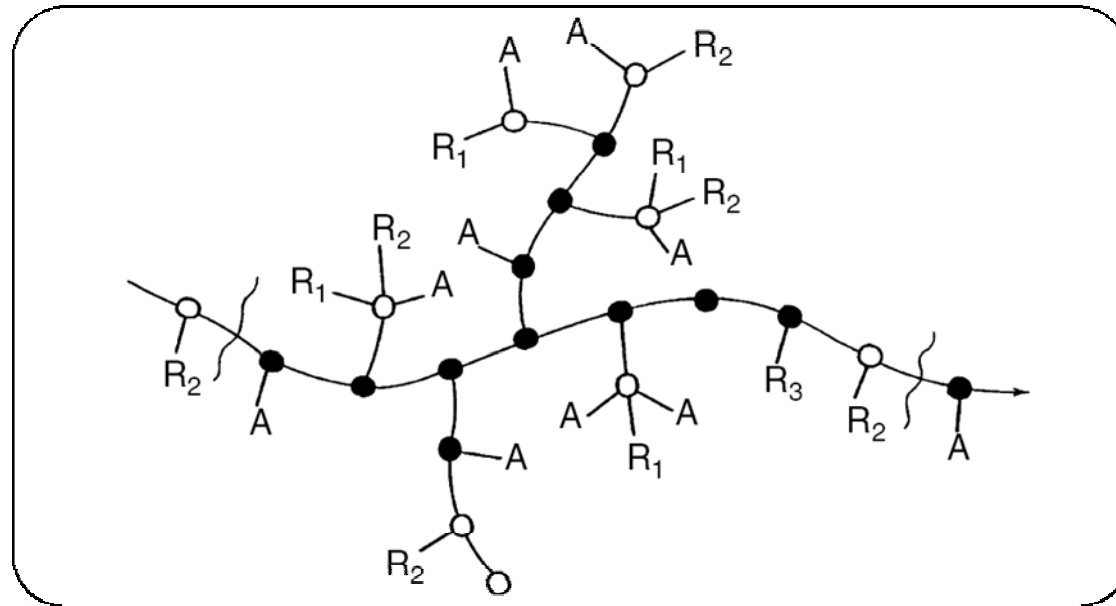
مشتقات سلولزی



دکستران

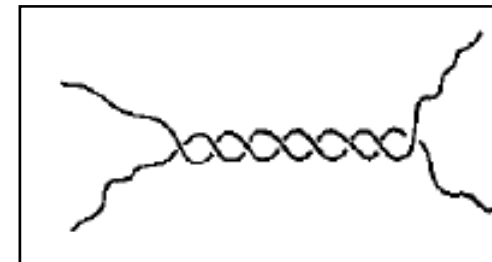
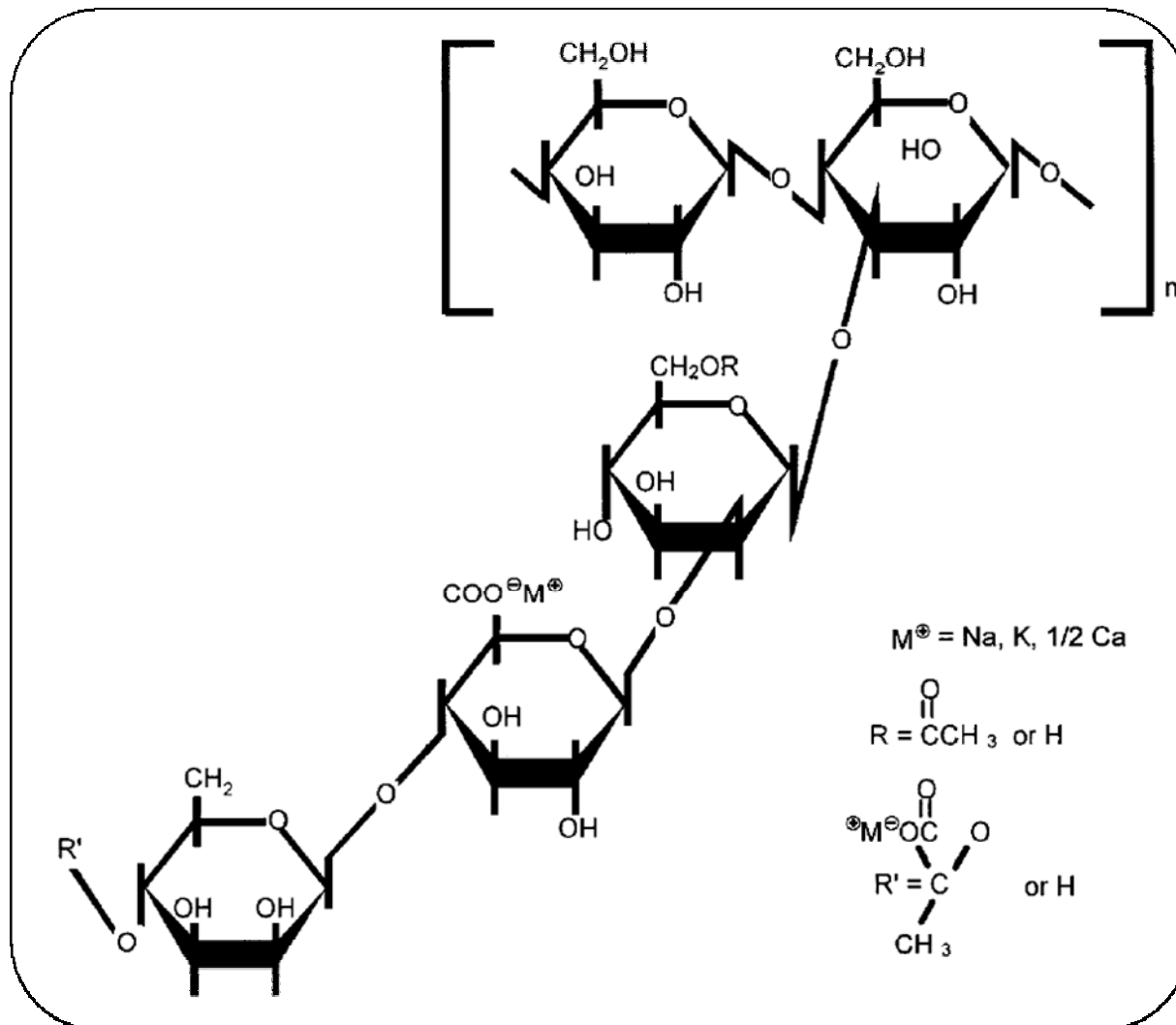


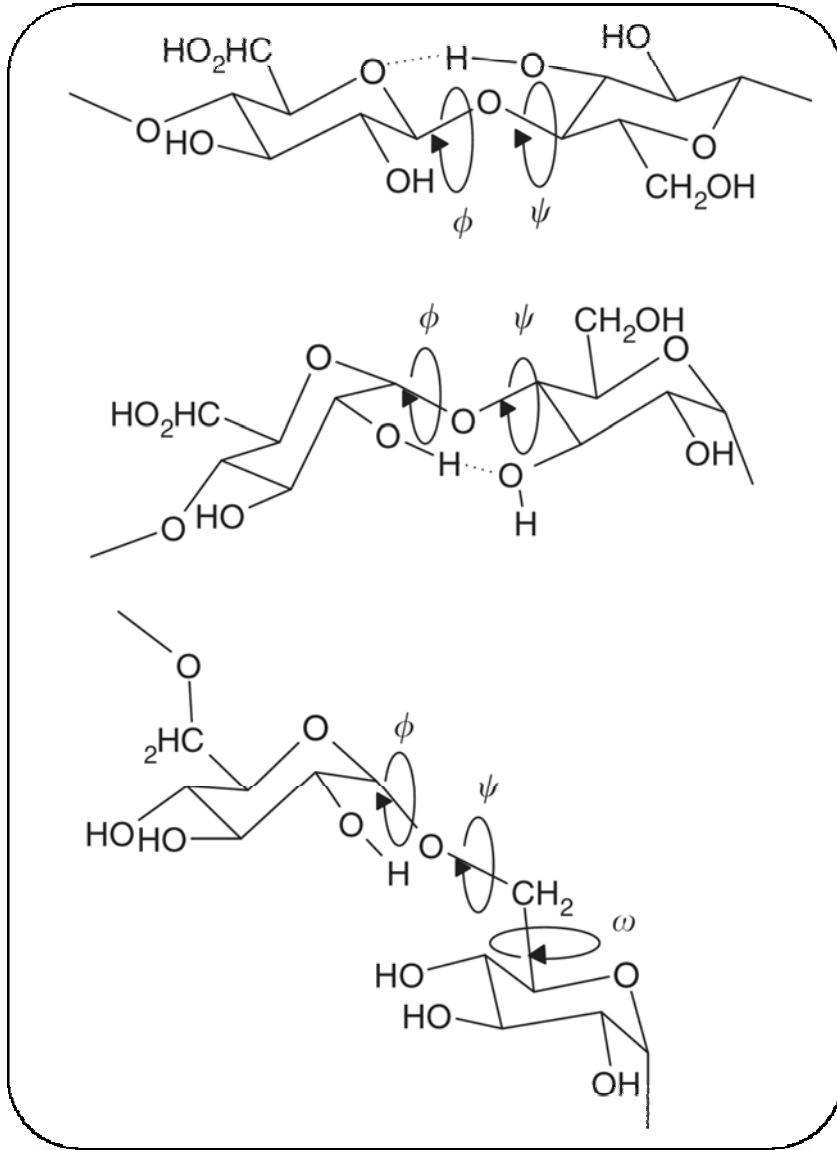
صمغ عربي



{●} = 3-linked *Galp* (*Galp* attached); {○} = 6-linked *Galp* (*Galp* or *GlcA* attached), or end group;
 R1 = Rha-4Glc (Rha occasionally absent, or replaced by Me or by *Araf*); R2 = Gal-3Ara;
 R3 = Ara-3Ara-3 Ara; A = arabinosyl.

زانتان





✓ سلولز

✓ آمیلوز

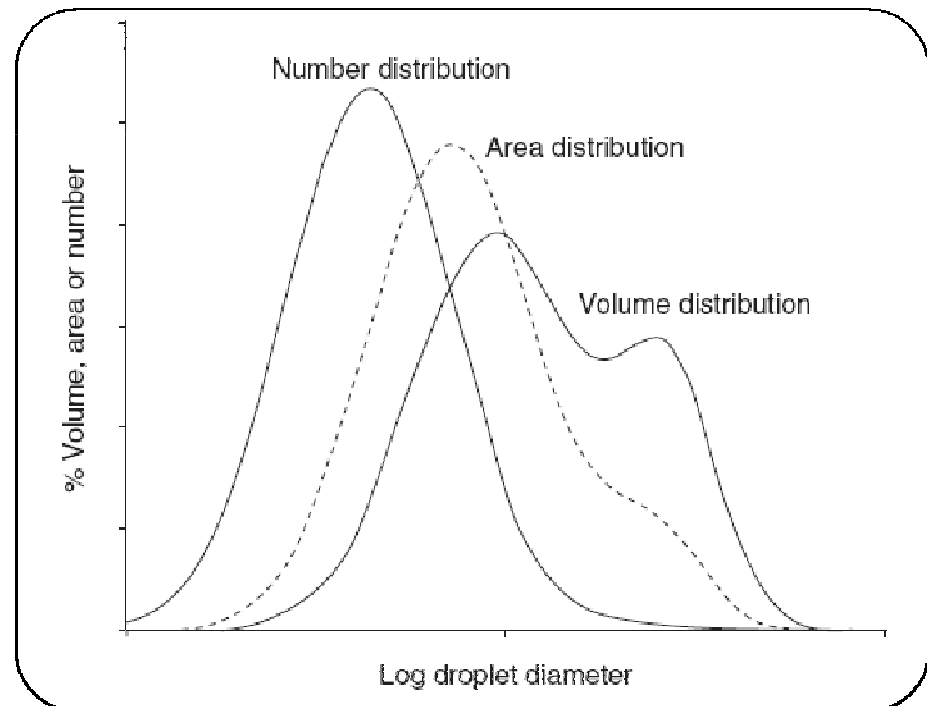
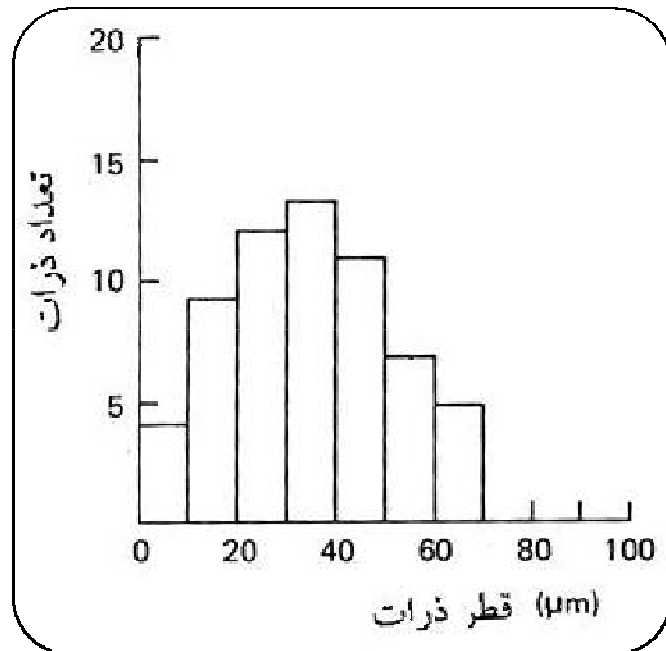
✓ دکستران

اندازه ذرات فاز پراکنده

- تک پخش (Monodisperse): ذرات دارای اندازه های تقریبا یکسان
- کمی پخش (Paucidisperse): برخی از ذرات دارای اندازه و شکل متفاوت
- چند پخش (Polydisperse): اندازه ذرات متفاوت (واقعیت)

- ✓ وجود توزیع اندازه ذرات (Particle size distribution) در دیسپرسیون های چندپخش
- ✓ دسته بندی ذرات بر اساس اندازه (محور افقی)
- ✓ تعیین فراوانی هر دسته به صورت عددی، سطحی و حجمی (محور عمودی)
- ✓ اشکال به صورت هیستوگرام یا منحنی (در صورت گستردگی محدوده اندازه)

اندازه ذرات فاز پراکنده (ادامه)



اندازه ذرات فاز پراکنده (ادامه)

■ روش های تعیین توزیع اندازه ذرات

✓ میکروسکوپی: توزیع عددی

✓ آنالیز تصاویر: توزیع عددی

✓ پراکنش نور لیزر (رایج ترین روش): توزیع حجمی

◆ گزارش نتایج در صنایع غذایی و دارویی بیشتر بر اساس توزیع حجمی

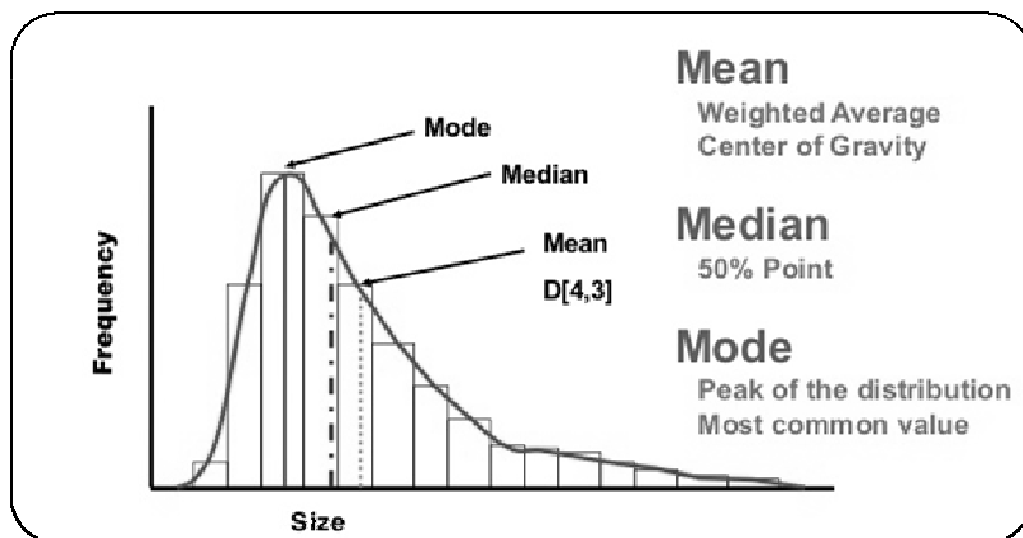
اندازه ذرات فاز پراکنده (ادامه)

■ نمایش نقطه مرکزی توزیع اندازه ذرات

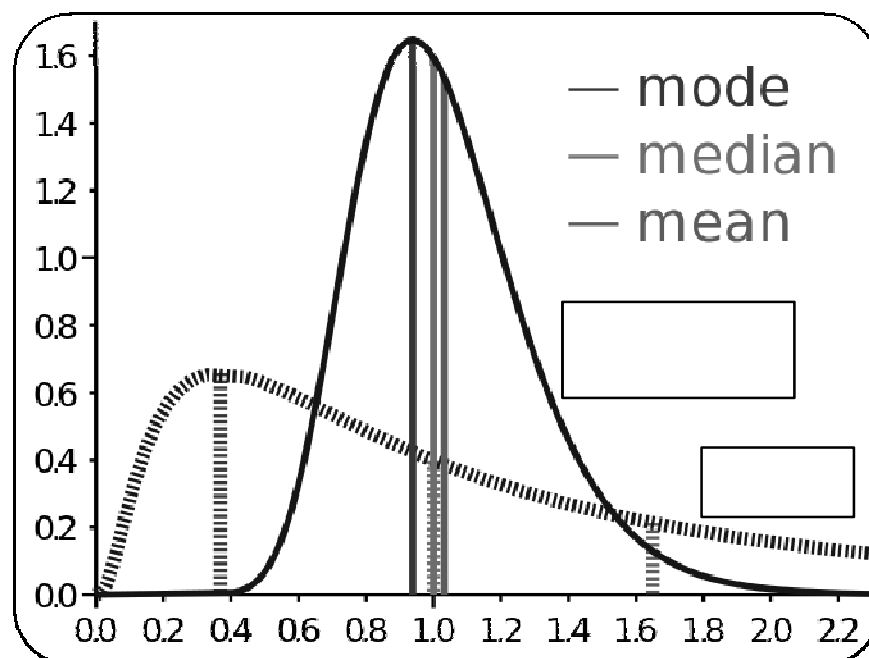
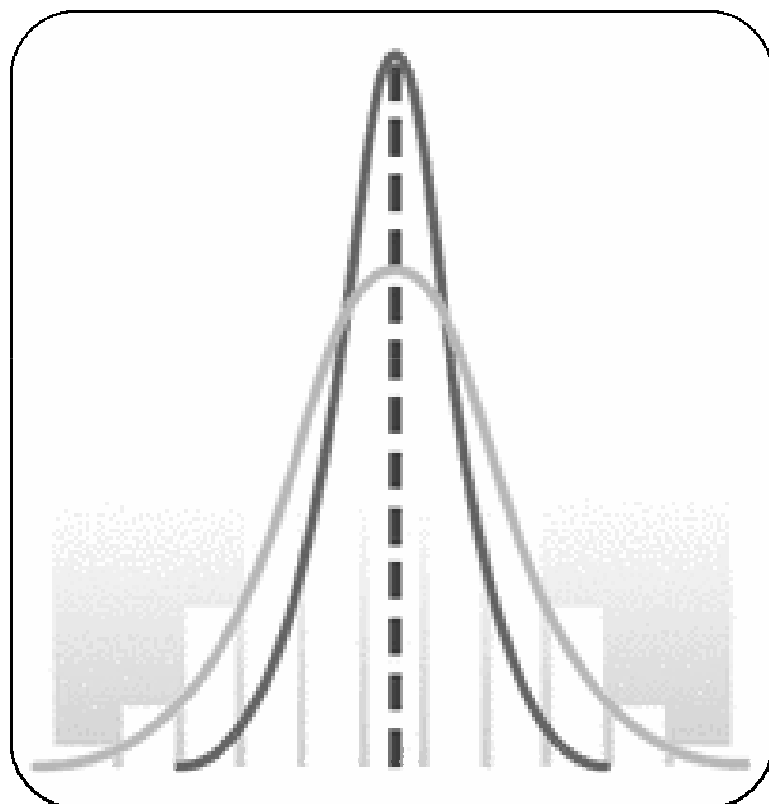
✓ مُد (Mode)

✓ میانگین (Mean)

✓ میانه (Median)



اندازه ذرات فاز پراکنده (ادامه)

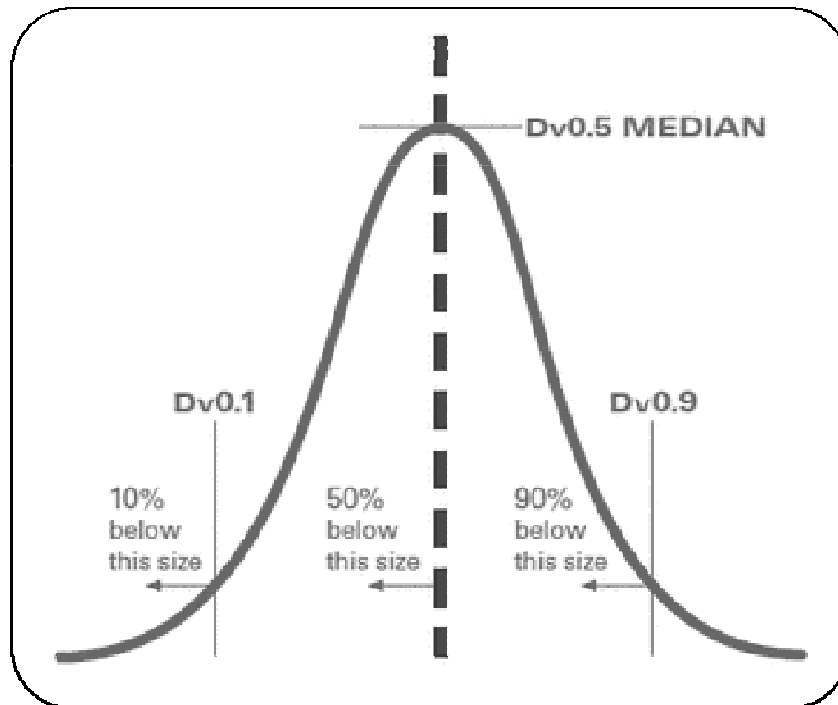


اندازه ذرات فاز پراکنده (ادامه)

✓ میانه (Median)

✓ $D[0.9]$

✓ $D[0.1]$

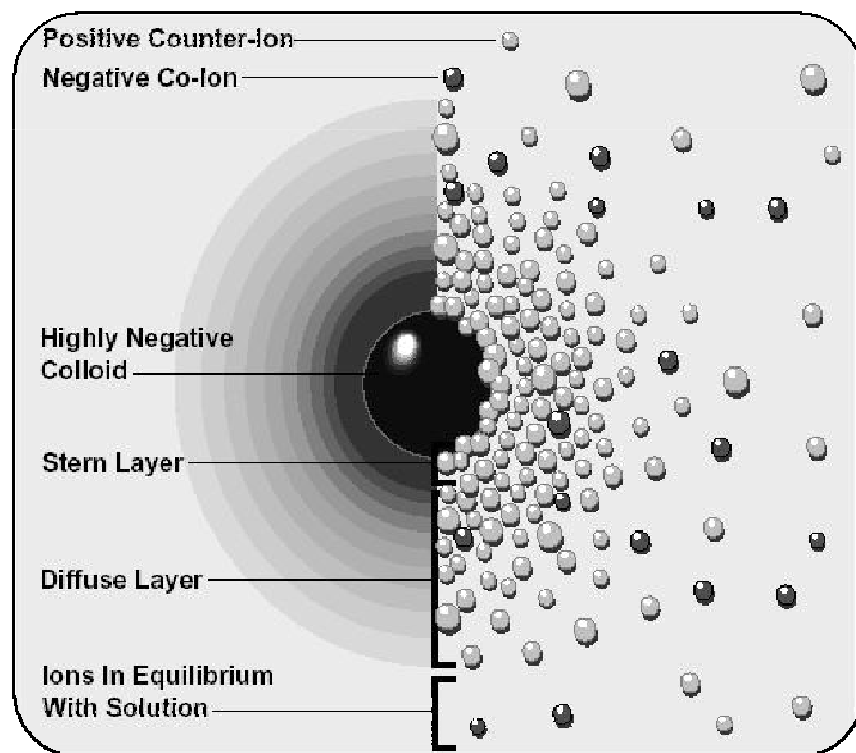


بار ذرات فاز پراکنده

■ باردار بودن اکثر ذرات (قطرات) در دیسپرسیون های غذایی

✓ بار سطح خود ذره

✓ بار مربوط به ترکیبات فعال سطحی



■ بستگی داشتن مثبت یا منفی بودن بار:

• نوع ذره یا ترکیب فعال سطحی

• ترکیب یونی حلال

• pH

✓ نظریه Helmholtz-Gouy

بار ذرات فاز پراکنده (ادامه)

✓ چگالی بار الکتریکی سطحی (σ): مقدار بار الکتریکی در واحد سطح لایه سطحی ذرات (تعداد گروه های باردار در ذره یا قطره و تعداد مولکول های سورفاکتانت در سطح)

✓ پتانسیل الکتریکی سطحی (ψ): اختلاف پتانسیل بین سطح فاز پراکنده و هر نقطه در فاز پیوسته. (انرژی لازم برای انتقال یون ها از هر فاصله ای در فاز پیوسته به سطح ذرات یا قطرات)

✓ پتانسیل استرن: اختلاف پتانسیل لایه استرن و بقیه فاز پیوسته

✓ درون لایه انتشار، مرزی وجود دارد که یون های درون این مرز با حرکت ذره در مایع، حرکت خواهند کرد و اما یون های بیرون مرز، ساکن باقی می ماندند. این مرز صفحه لغزش (Slipping plane) نامیده می شود.

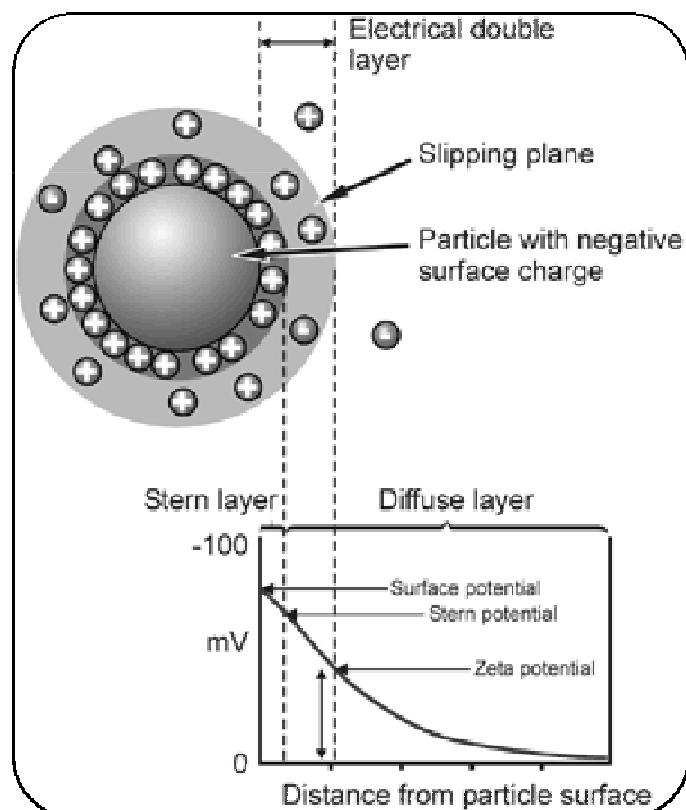
بار ذرات فاز پراکنده (ادامه)

✓ پتانسیل زتا (ζ): اختلاف پتانسیل دو طرف صفحه لغزش (Slipping plane) که در طرف داخلی این لایه یونهای مخالف به ذره چسبیده شده‌اند و همراه با ذره جابجا می‌شوند. اختلاف پتانسیل لایه باردار ساکن و بقیه فاز پیوسته

✓ بهترین شاخص برای تعیین وضعیت الکتریکی سطحی دیسپرسیون‌ها.

✓ بیانگر میزان تجمع بار در لایه غیرمتحرک و شدت جذب یون‌ها مخالف به سطح ذره

✓ اندازه‌گیری راحت‌تر نسبت به سایر پارامترها



بار ذرات فاز پراکنده (ادامه)



✓ عدم اندازه گیری مستقیم (تحرک الکتروفورتیک)

✓ Zeta Potential Analyzer

✓ کاهش پتانسیل زتا به زیر نقطه بحرانی با افزودن الکترولیت ها: درهم ریختن لایه دوگانه و لخته شدن

وضعیت پایداری کلوئید	زتا پتانسیل (میلی ولت)
لخته شدن و توده شدن سریع	۰ تا ± 5
نسبتاً پایدار	± 10 تا ± 25
پایداری متوسط	± 25 تا ± 40
پایداری خوب	± 40 تا ± 60
پایداری عالی	± 61

برهم کنش بین ذرات فاز پراکنده

■ خواص رئولوژیکی بسیاری از دیسپرسیون های غذایی متأثر از:

✓ میزان توده ای شده ذرات یا قطرات فاز پراکنده

✓ ویژگی های لخته یا توده تشکیل شده

■ برهم کنش بین ذرات: منفرد ماندن یا توده ای شدن ذرات و تاثیر بر ویژگی های لخته (اندازه، شکل، تخلخل، سفتی و ...)

■ جذبی و دفعی بودن برهم کنش ها بسته به ماهیت آن ها و فواصل بین ذرات

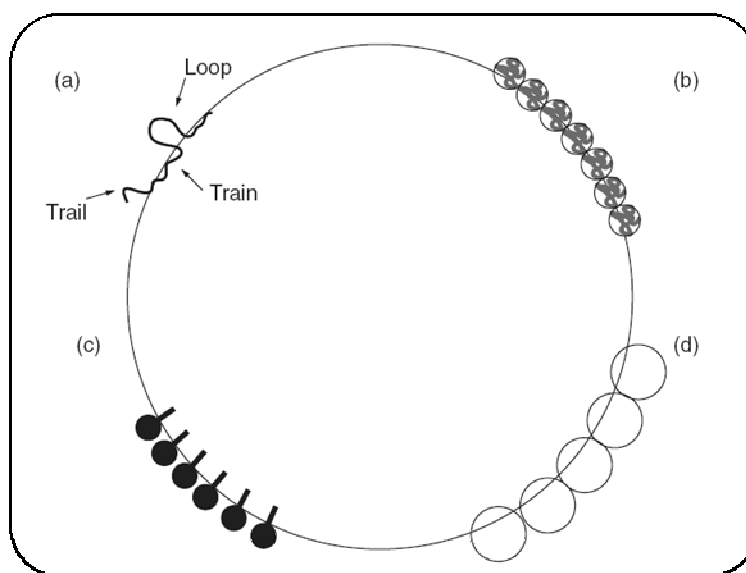
■ غالب بودن نیروی جذبی: توده شدن

■ غالب بودن نیروی دفعی: منفرد ماندن

پایدارکننده ها

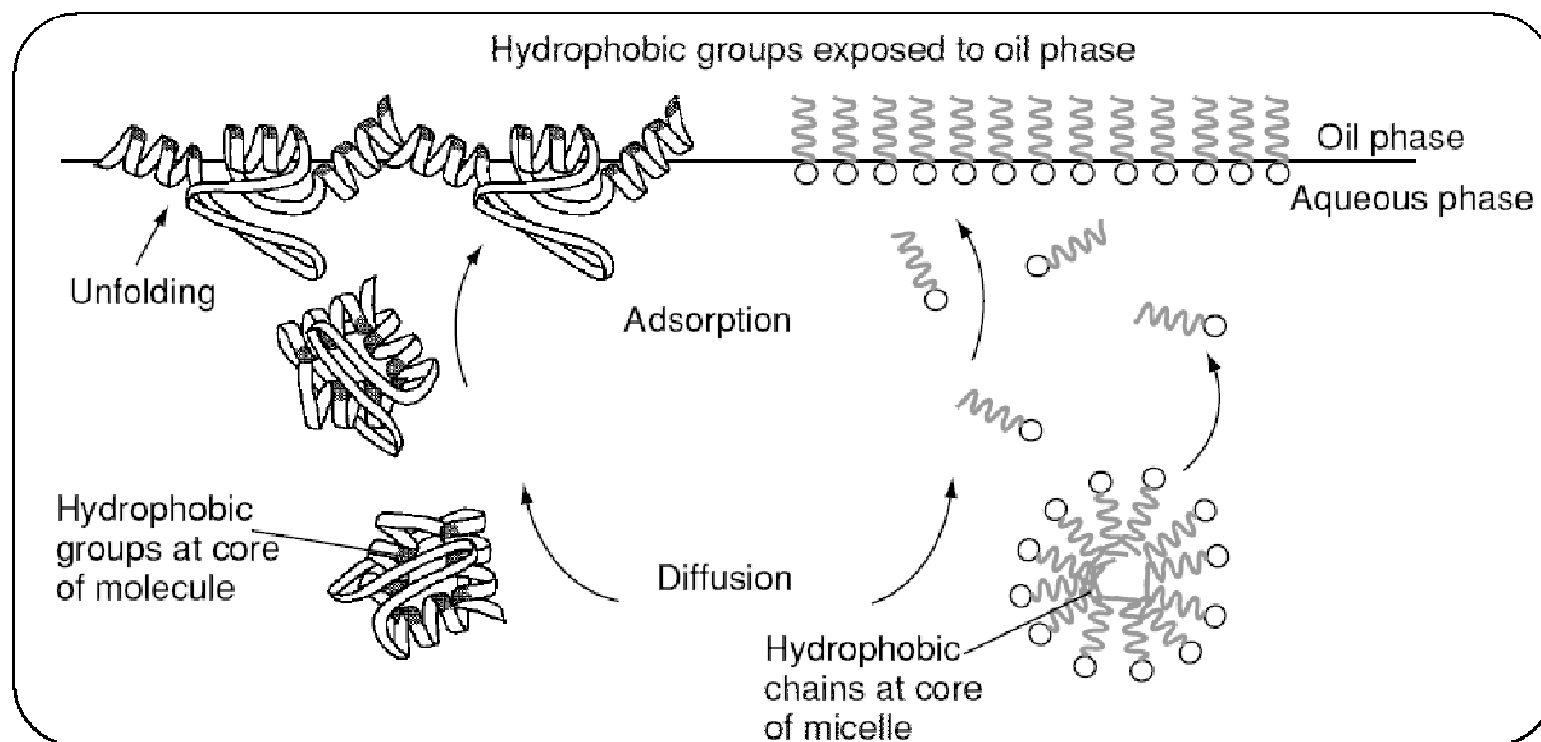
■ ۱- ترکیبات فعال سطحی (سورفاکتانت ها یا امولسیفایرها)

- ✓ مکانیسم عمل: جذب سطحی به لایه سطحی بین دو فاز و کاهش کشش سطحی
- ✓ کاهش تمایل به پیوستن ذرات فاز پراکنده و دور شدن از فاز پیوسته: دارا بودن بخش های قطبی و غیر قطبی



پایدارکننده ها (ادامه)

- ✓ امولسیفایر: سورفاکتانت مورد استفاده برای پایدارسازی امولسیون
- ✓ کف کننده: سورفاکتانت مورد استفاده برای پایدارسازی سیستم های کف
- ✓ طبقه بندی سورفاکتانت ها: ریز مولکول یا درشت مولکول (بیوپلیمر) و باردار یا بدون بار



پایدارکننده ها (ادامه)

- ✓ رایج ترین ریز مولکول های مورد استفاده در صنایع غذایی:
فسفولیپیدها، مونوگلیسیریدها، اسیدهای آلی مونو و دی گلیسیریدها، استرهای سوربیتول (اسپان ها)، استرهای پلی اکسی اتیلن سوربیتول (توین ها)
- ✓ رایج ترین درشت مولکول های مورد استفاده در صنایع غذایی:
پروتئین ها، نشاسته های اصلاح شده، پکتین های کم استر و برخی از صمغ ها (صمغ عربی و کتیرا)
- ✓ مکانیسم پایداری توسط بیوپلیمرهای غیر یونی (نشاسته های اصلاح شده):
ممانعت فضایی (تاثیرپذیری کمتر از pH و قدرت یونی محیط)
- ✓ قدرت امولسیفایری سورفاکتانت ها تحت تاثیر:
 - توانایی در پوشش دادن سطح
 - قدرت بر هم کنش بین بخش غیرقطبی سورفاکتانت با فاز آبگریز (روغن یا هوا)
 - قدرت بر هم کنش بین بخش قطبی سورفاکتانت با فاز آبی
 - قدرت یونی، pH، حضور یون های دو ظرفیتی در فاز پیوسته، دما

پایدارکننده ها (ادامه)

■ ۲- استابیلایزرها (Stabilizers)

- ✓ مکانیسم عمل: کاهش حرکت ذرات و قطرات (جنبش های ناشی از حرکت براونی و نیروی گرانش)
- جذب آب و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته یا تشکیل ژل در فاز پیوسته
- ✓ شامل ترکیبات بیوپلیمری (درشت مولکول ها) و هیدروکلئیدها
- ✓ رایج ترین هیدروکلئیدهای پلی ساکاریدی مورد استفاده در صنایع غذایی:
- صمغ های کاراگینان، زانتان، گالاکتومانان های گوار و خرنوب، کتیرا، آلژینات، آگار و کربوکسی متیل سلولز
- ✓ رایج ترین هیدروکلئیدهای پروتئینی مورد استفاده در صنایع غذایی:
- ژلاتین و کازئین

پایدارکننده ها (ادامه)

■ ۳- ثقیل کننده ها (Density adjusting agents or Weighting agents)

✓ چگالی بالاتر از فاز روغنی

✓ افزایش چگالی فاز پراکنده و نزدیک کردن آن به چگالی فاز پیوسته

✓ مهمترین ثقیل کننده ها:

✓ brominated vegetable oil (BVO)

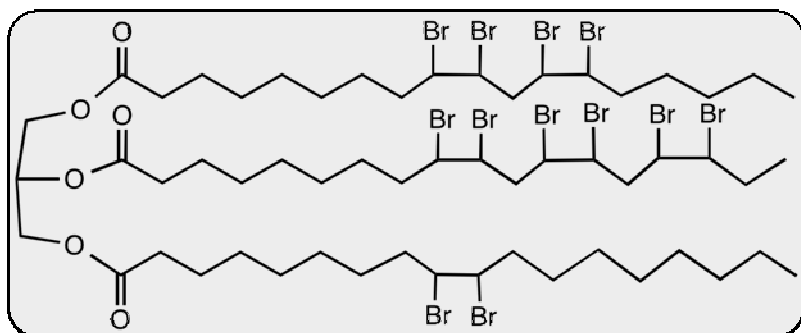
✓ ester gum (EG): استریفیکاسیون rosin چوب با گلیسرول

✓ damar gum (DG): ترشحات طبیعی بوته های تیره ارغوان (Caesalpinaceae) و ...

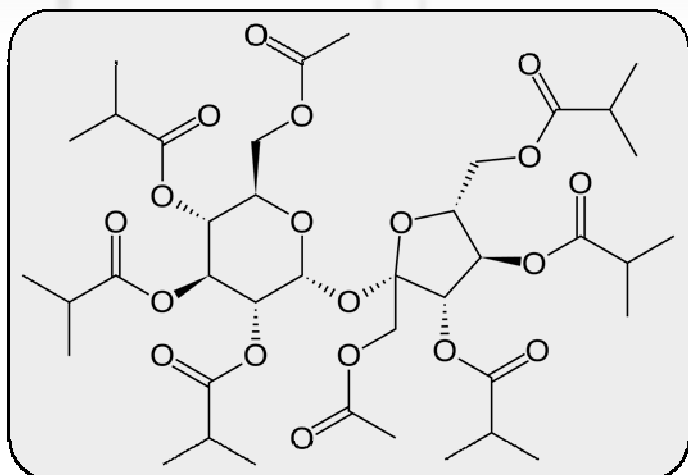
✓ sucrose acetate isobutyrate (SAIB)

پایدار کننده ها (ادامه)

brominated vegetable oil (BVO) ✓



sucrose acetate isobutyrate (SAIB) ✓



✓ محدودیت مصرف: مشکلات مربوط به ایمنی و حساسیت اکسیداتیو

پایدارکننده ها (ادامه)

■ ۴- ذرات جامد (کریستال های چربی)

✓ جلوگیری از ناپایداری با جذب ذرات جامد به لایه سطحی دور قطرات (Pickering stabilization)

✓ پایداری مایونز بوسیله کریستال های چربی موجود در زرده تخم مرغ و مارگارین

✓ پایداری حباب های هوا در بستنی و خامه زده شده

✓ ایجاد مانع فیزیکی با تشکیل لایه سفت با ویسکوزیته بالا

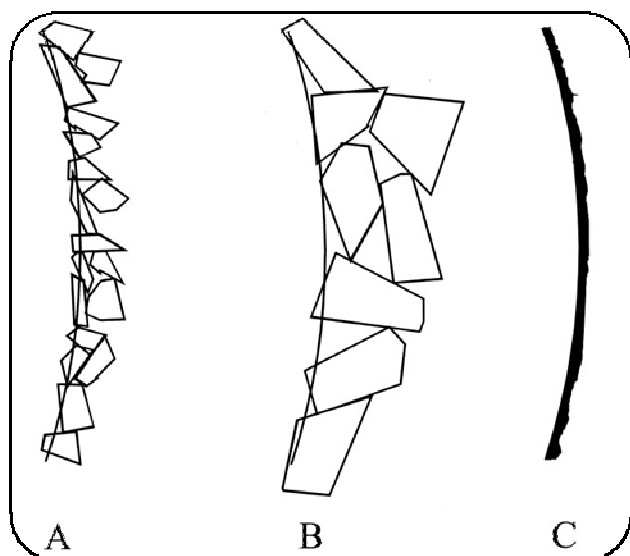
✓ عوامل موثر:

○ قابلیت جذب سطحی کریستال ها

○ جایابی و موقعیت قرار گرفتن

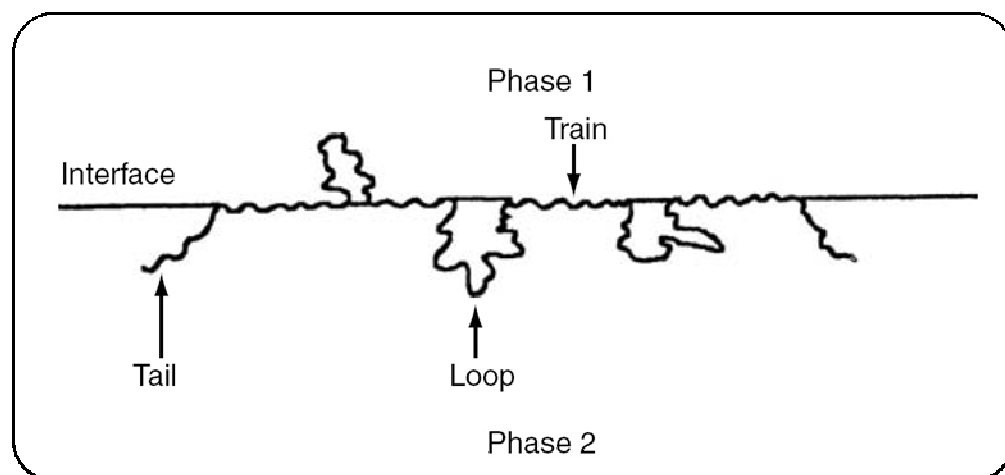
○ ریز ساختار کریستال ها و ...

✓ پایداری بالاتر کریستال های β' نسبت به β



پروتئین‌ها در سیستم‌های کلوئیدی

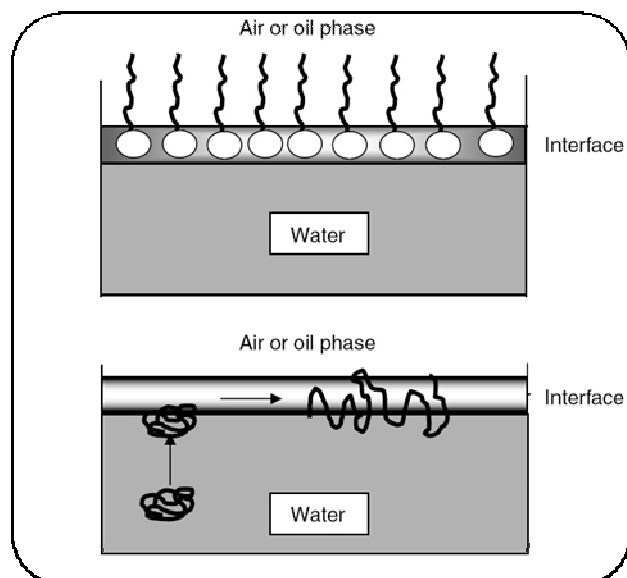
- ✓ از مهم‌ترین ترکیبات فعال سطحی و عوامل کف‌کننده
- ✓ تغییر ماهیت بخش رشته پروتئین‌ها (Train) در سطح
- ✓ بخش عمده شامل حلقه (Loop) و دم (Tail) در فازهای قطبی و غیرقطبی (هوا یا روغن)
- ✓ افزایش غلظت پروتئین‌ها-حلقه و دم بیشتر-فشرده‌گی بالاتر- تشکیل فیلم ویسکوالاستیک
- تشکیل فیلم چند لایه- توقف جذب پروتئین‌ها به علت ممانعت فضایی و دفع الکترواستاتیک



پروتئین ها در سیستم های کلوئیدی (ادامه)

✓ عوامل موثر بر میزان فعالیت سطحی پروتئین ها

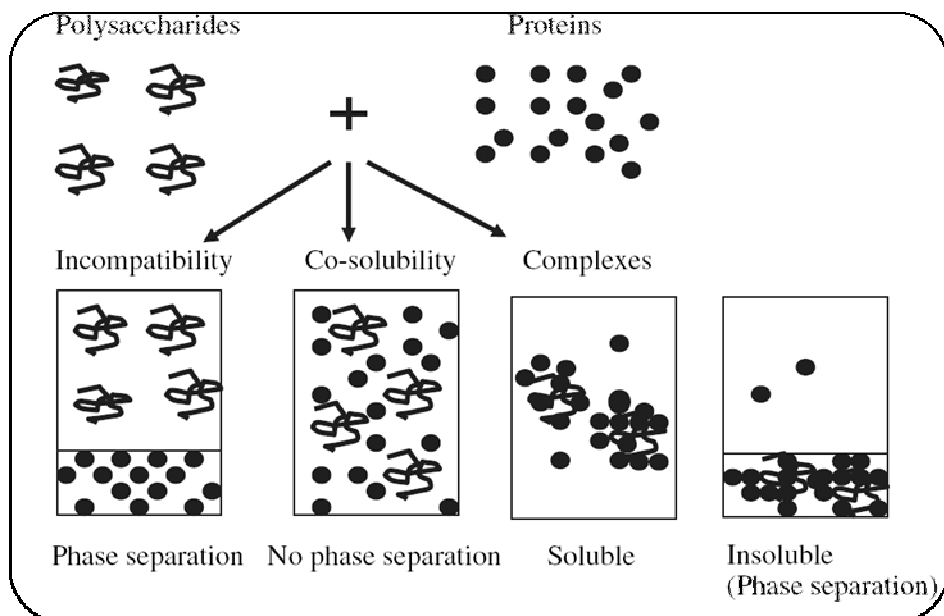
- انعطاف پذیری زنجیرهای پروتئین: پروتئین های رشته ای بهتر از کروی
- میزان اسیدهای آمینه آبگریز: با افزایش آن شدت جذب به سطح افزایش می یابد
- نحوه توزیع گروه های آبدوست و آبگریز
- وزن مولکولی پروتئین ها
- شرایط محیطی: pH، دما، سایر ترکیبات



برهم کنش پروتئین ها با پلی ساکاریدها

✓ نقش مهم این برهم کنش در ویژگیهای کیفی سیستم های کلوئیدی
✓ ایجاد کمپلکس یا عدم ایجاد آن بستگی به:

○ بار الکتریکی موجود بر روی هر دو بیوپلیمر، pH، قدرت یونی
✓ تشکیل کمپلکس:



غلبه برهم کنش جذبی بر دفعی

○ کمپلکس محلول (Coaservation)

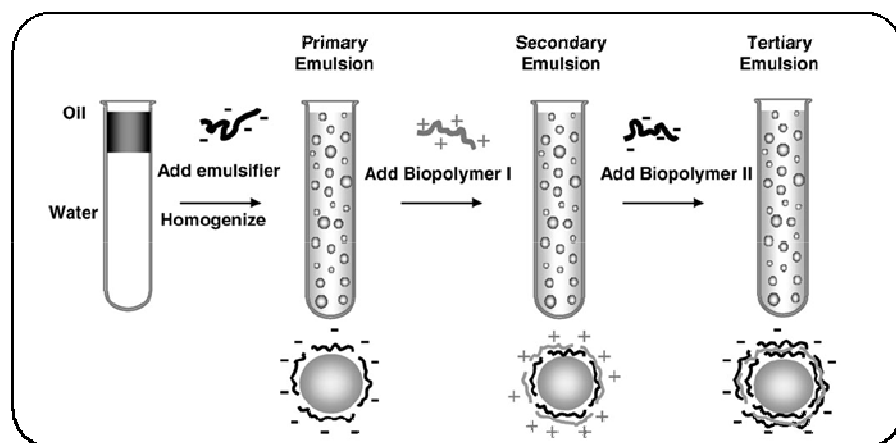
○ کمپلکس نامحلول (Coperipitation)

✓ عدم تشکیل کمپلکس:

غلبه برهم کنش دفعی بر جذبی

برهم کنش پروتئین ها با پلی ساکاریدها (ادامه)

✓ برهم کنش در لایه سطحی امولسیون ها و کف های پایدار شده با پروتئین ها



○ تولید امولسیون چندلایه

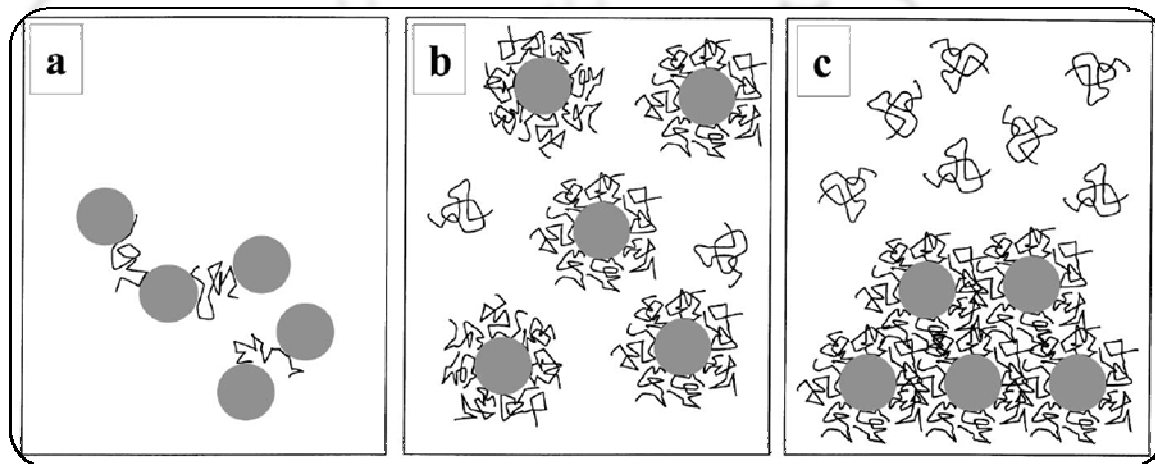
• پایداری بالاتر:

- دفع الکترواستاتیک بیشتر

- ممانعت فضایی بیشتر

✓ Bridging Flocculation

✓ Depletion Flocculation



مکانیسم ناپایداری سیستم های کلوئیدی

- اندازه ذرات و قطرات، ماهیت لایه سطحی، فاز پراکنده و فاز پیوسته
- ✓ تفکیک گرانشی (Gravitational Separation)
- تفاوت در اختلاف چگالی فاز پیوسته و پراکنده

$$(\text{ Stokes' formula }) \quad v = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_s - \rho_f) \cdot g \cdot D^2}{\mu}$$

- رونشینی (Creaming): خامه
- ته نشینی (Sedimentation): ذرات لخته شده کازئین در شیر

مکانیسم ناپایداری سیستم های کلوئیدی (ادامه)

○ توه ای شدن (Aggregation)

○ انبوهش (Flocculation)

○ ادغام (Coalescence)

- معادل نشت در کف ها

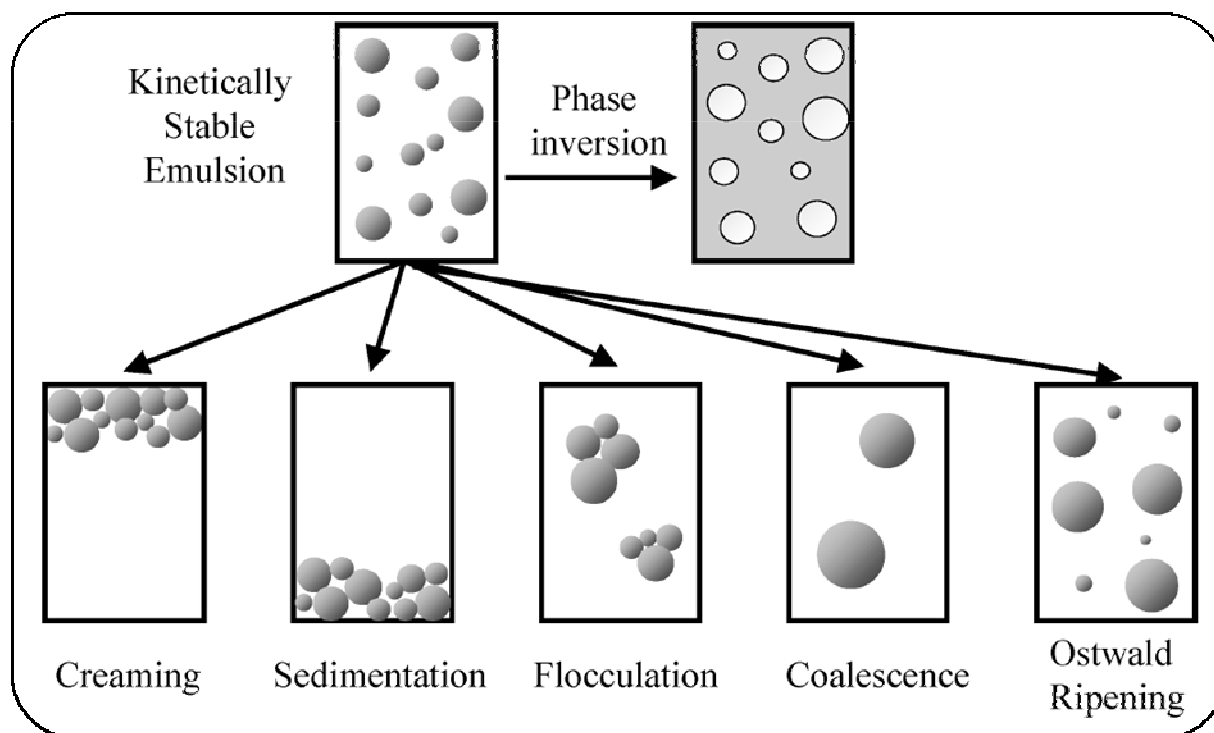
○ رسیدگی استوالد

(Ostwald ripening)

- معادل درشت شدن در کف ها

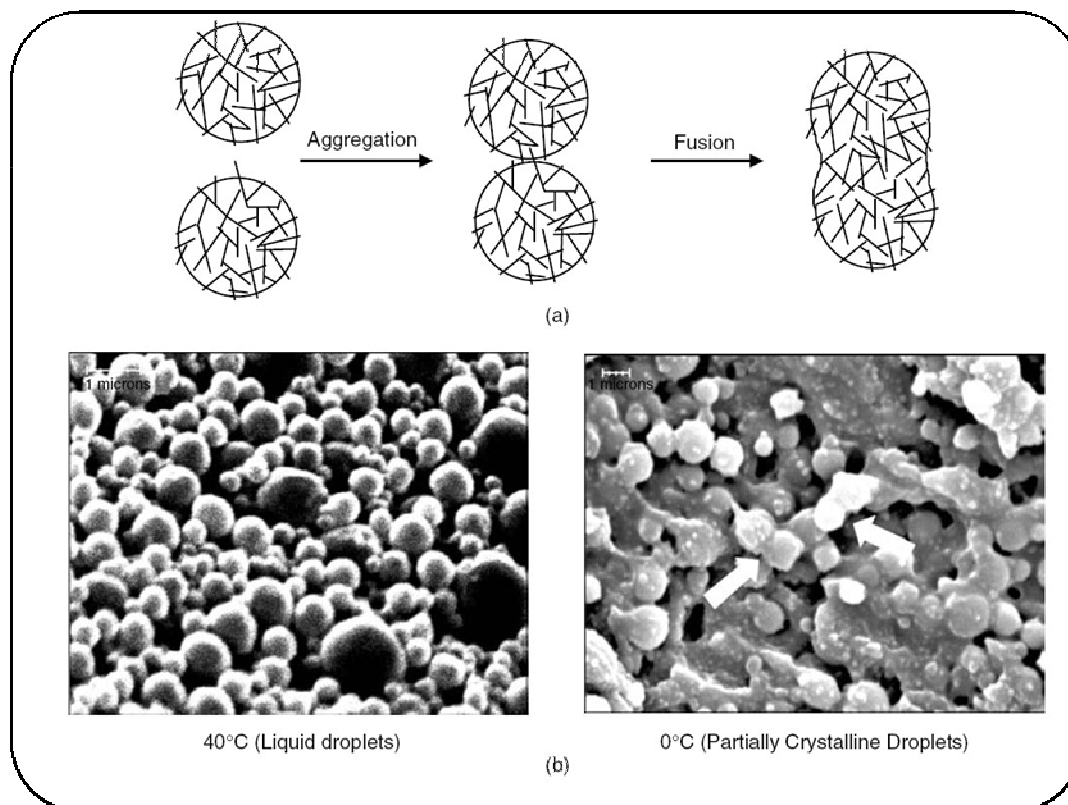
○ وارونگی فاز

(Phase inversion)



مکانیسم ناپایداری سیستم های کلوئیدی (ادامه)

○ ادغام جزئی (Partial C.)



انتقال شیشه ای (Glass Transition)

- انتقال فاز: تغییر در حالت فیزیکی ماده به علت تغییر در فشار و دما
- تقسیم بندی انتقال فاز
- ✓ مرتبه اول: انجام تبادل گرما بین سیستم و محیط، تغییرات تند در آنتالپی، انتروپی و حجم ویژه در دمای تغییر فاز (ذوب، کریستالیزاسیون، تبخیر، تصعید، میعان، تغییرات پلی مورفیک در چربیها، ژلاتینه شدن نشاسته، دناتورده شدن حرارتی پروتئین ها)
- ✓ مرتبه دوم: عدم تبادل گرما بین سیستم و محیط، تغییرات تند در ظرفیت گرمایی (انتقال شیشه ای) انجام در یک گستره دمایی و تغییرات تدریجی در خواص فیزیکی
- تقسیم بندی مواد جامد بر اساس آرایش مولکولی
- ✓ آمورف (بی شکل، شیشه ای)
- ✓ بلوری (کریستالی)
- ✓ نیمه آمورف-نیمه بلوری: اکثر پلیمرها، بیوپلیمرها و مواد غذایی

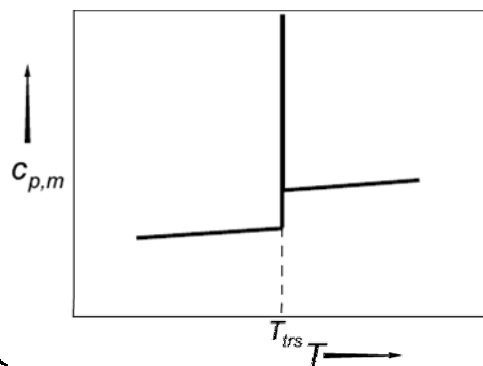
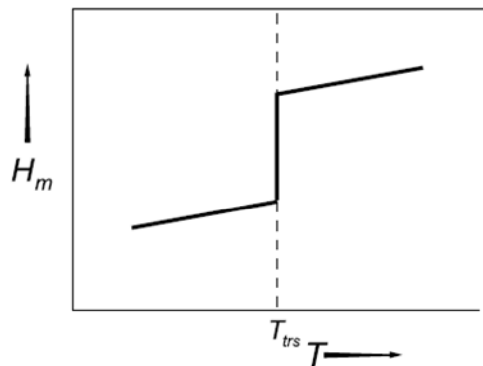
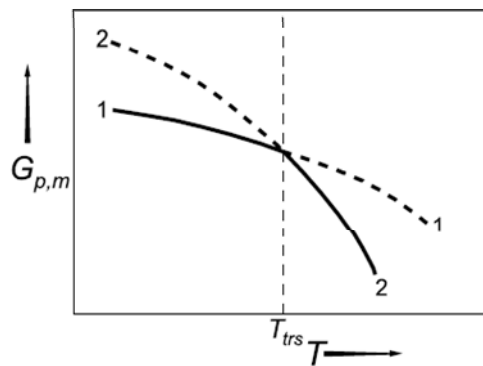
انتقال شیشه ای (ادامه)

- انتقال شیشه ای: آمورف و نیمه آمورف
- تعریف: پدیده ای که در دمایی موسوم به انتقال شیشه ای، در اثر گرمایش ماده بخش های آمورف ماده از حالت شیشه ای به شکل لاستیکی (Rubbery) یا ویسکوز درمی آیند و یا برعکس.

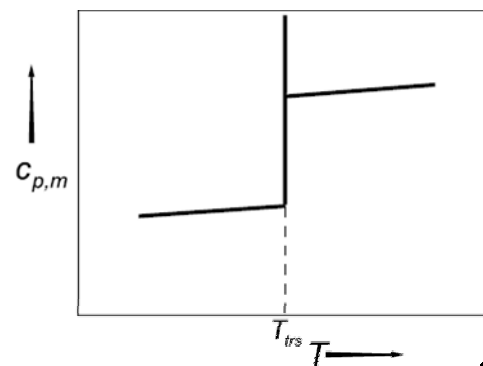
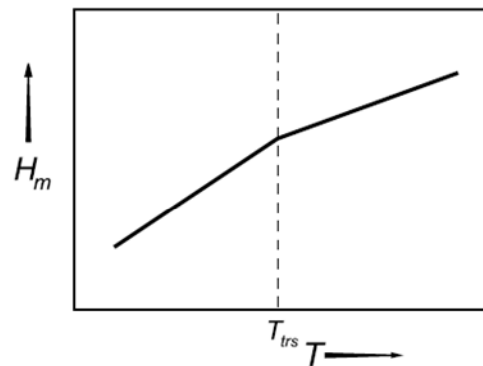
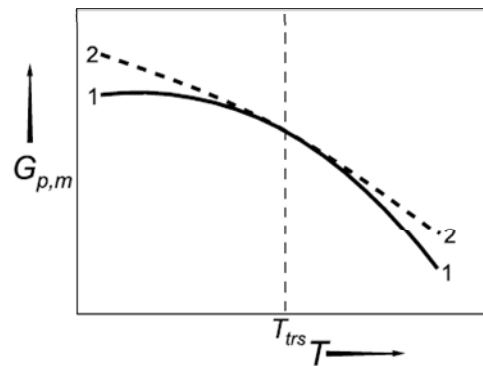
● اهمیت پدیده انتقال شیشه ای در مواد غذایی

- ✓ ماندگاری و نگهداری مواد غذایی
- ✓ فرآوری مواد غذایی
- ✓ شناسایی تقلب در مواد غذایی
- ✓ نفوذپذیری بسته بندی های پلیمری
- ✓ مهاجرت مونومرها و مواد افزودنی از پلیمر به مواد غذایی

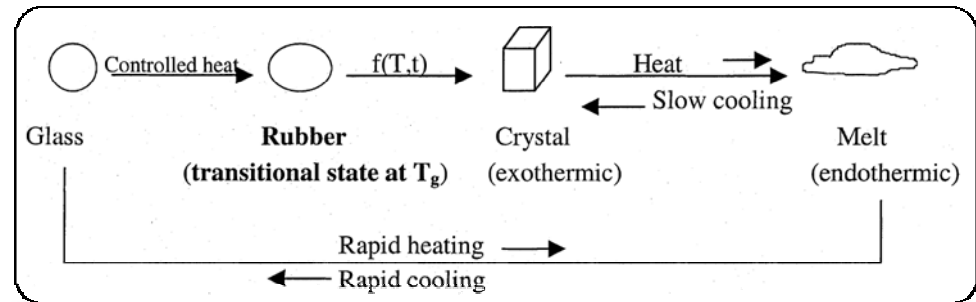
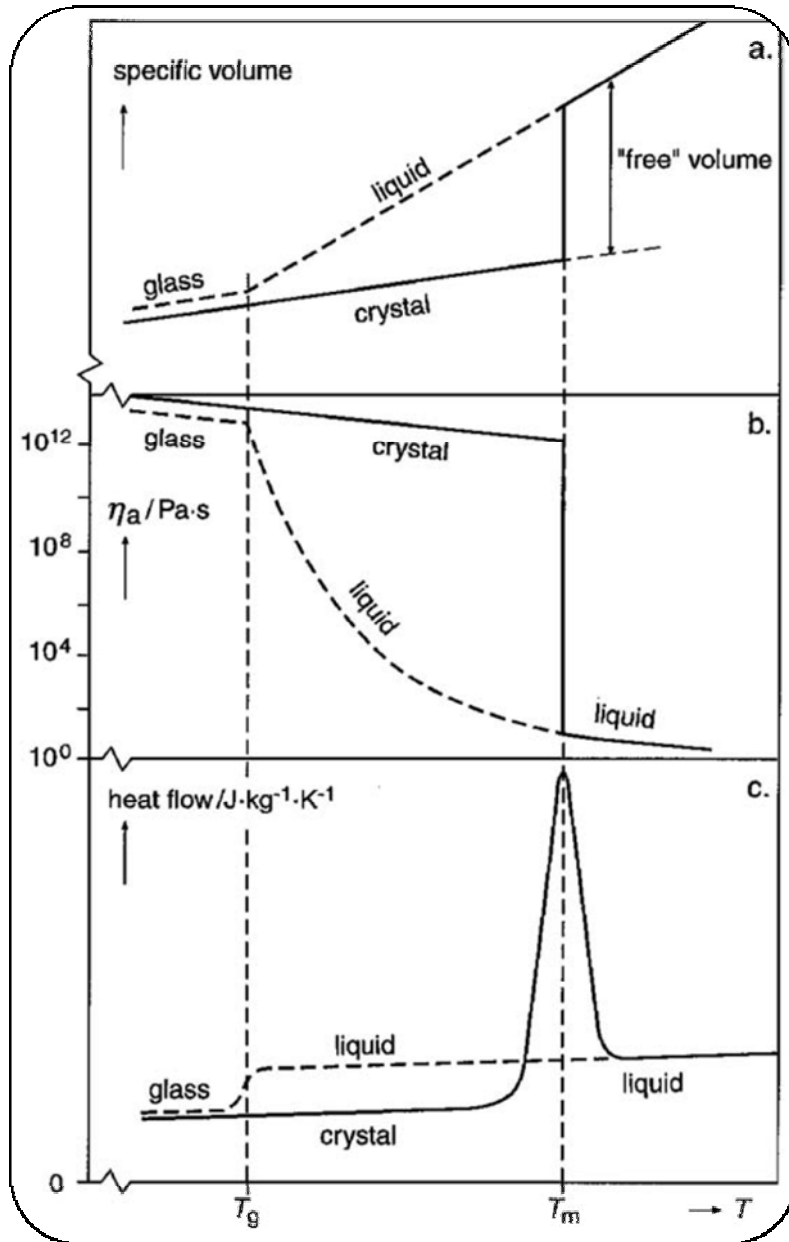
first order phase transition ($n=1$)



second order phase transition ($n=2$)



انتقال شیشه ای (ادامه)

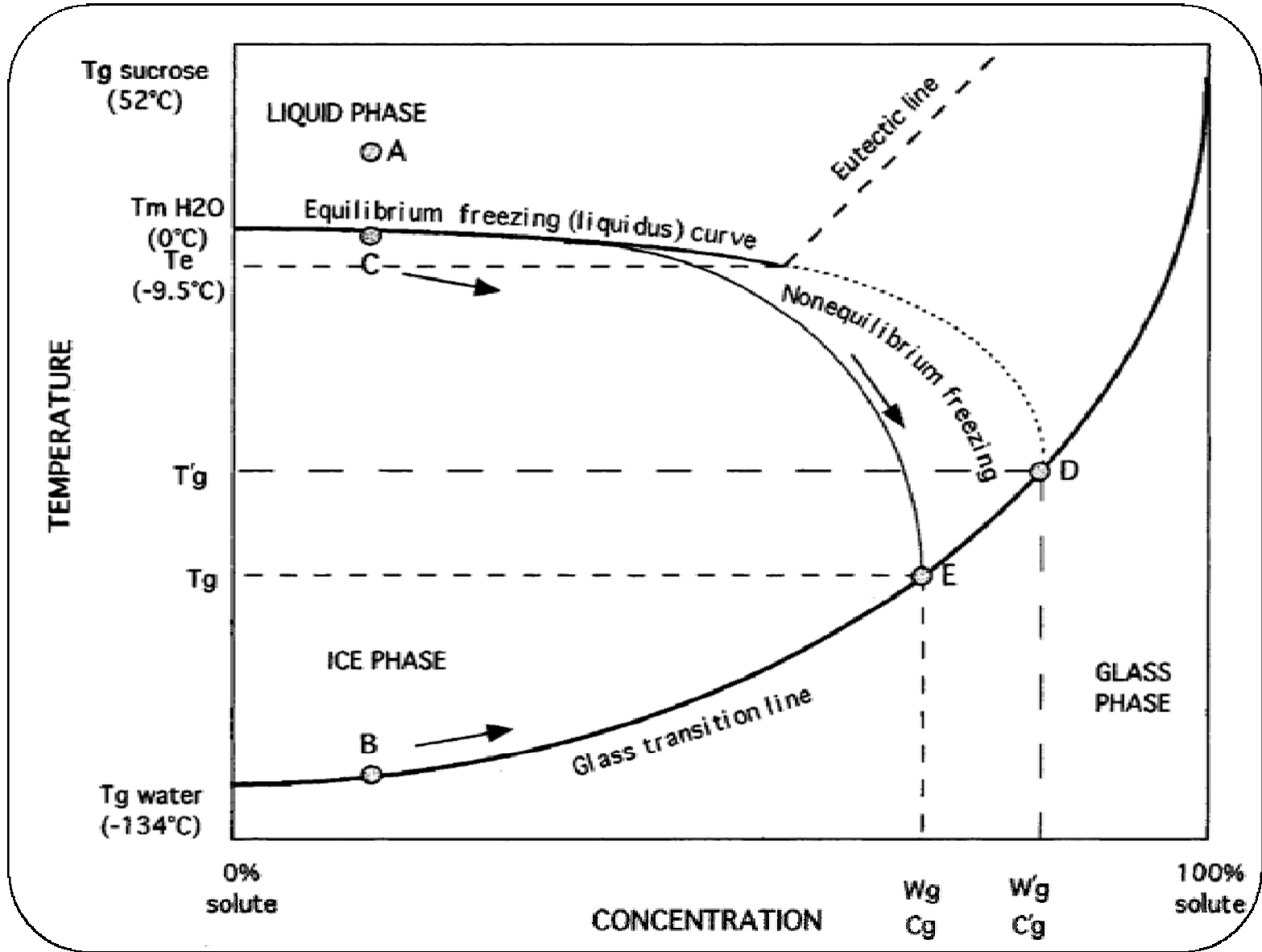


انتقال شیشه ای در مواد غذایی

- مهم بودن انتقال شیشه ای در مواد غذایی از دیدگاه ماندگاری و فرایند
- تخمین T_g در مواد غذایی دشوار است و معمولاً یک گستره دمایی در نظر گرفته می شود
- بالا بودن T_g مواد غذایی خشک
- در دماهای پایین تر از T_g تشکیل شکل بلوری میسر نیست اما در دماهای بالای آن وجود دارد
- تشکیل شکل آمورف در سیستم های بیولوژیکی و غذایی طی سرمایش، خشک کردن و انجماد
- تولید جامدات شیشه ای در مواد غذایی
- ✓ سرد کردن سریع مواد مایع یا ذوب شده
- ✓ جدا کردن سریع حلال از مواد غذایی

انتقال شیشه ای در مواد غذایی (ادامه)

- مهمترین مواد غذایی تولید شده در شکل شیشه ای
 - ✓ پودر شیر پس چرخ که حاوی بیش از ۵۰٪ لاکتوز است (۴٪ آب، پروتئین های کازئینی، مواد معدنی و چربی ها)
 - ✓ شیرینی های قندی تولید شده طی جوشاندن محلول های قندی
 - ✓ چیپس و ورقه های میوه ها و سبزی ها
 - ✓ فرآورده های غله ای خشک (به علت نشاسته)
 - ✓ پاستا مانند ماکارونی: تبدیل نشاسته شیشه ای به لاستیکی در طی پخت
 - ✓ بیسکوئیت ها و نان های خشک



انتقال شیشه ای در مواد غذایی (ادامه)

Compound		Dry systems			Freeze concentration	
Name	M , Da	T_m , °C	T_g , °C	$(T_g/T_m)^a$	T_g' , °C	$\psi_{w'}$
Water	18	0	-137	0.50		
Glycerol	92	18	-93	0.62	-65	
Fructose	180	125	7	0.70	-42	0.14
Glucose	180	158	31	0.71	-43	0.16
Sucrose	342	192	70	0.74	-33	0.17
Maltose	342		87		-32	0.17
Lactose	342	214	101	0.77	-28	0.15
Maltohexose	991		134		-14	
Gelatin	10^6	25^b			-12	
Starch ^c	$>10^7$	$(255)^b$	(122)	0.8	-6	0.26

^aAbsolute temperatures.

^bOf crystallites.

^cGelatinized.