

Physical chemistry in food systems

Kambiz Jahanbin

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

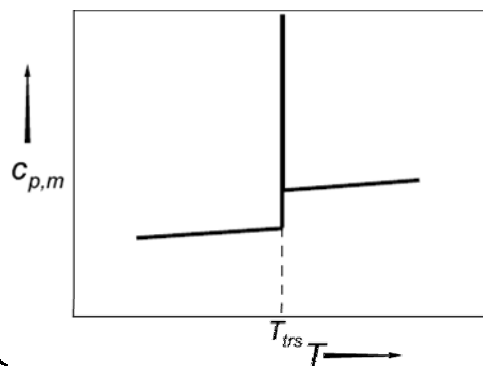
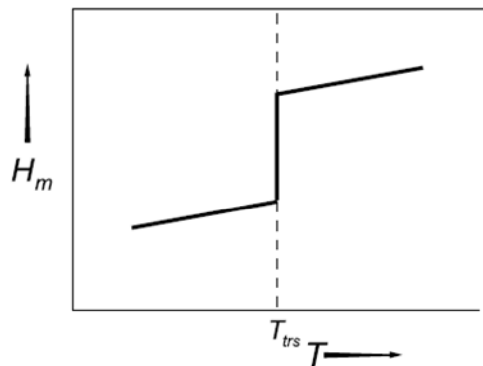
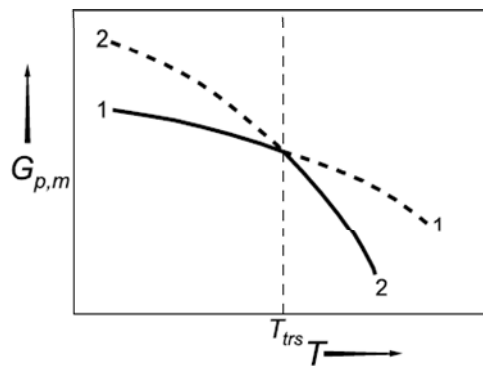
انتقال شیشه ای (ادامه)

- 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.

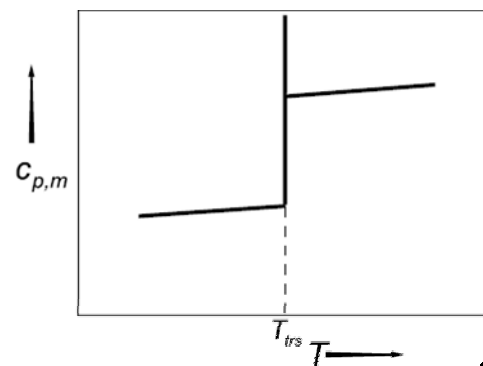
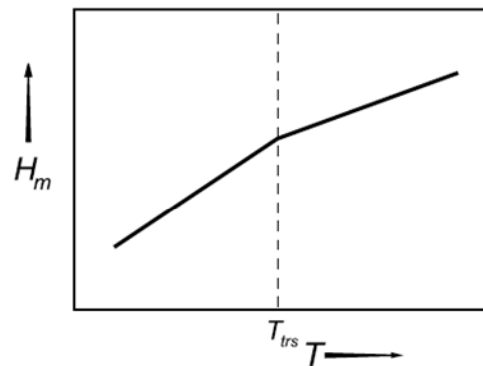
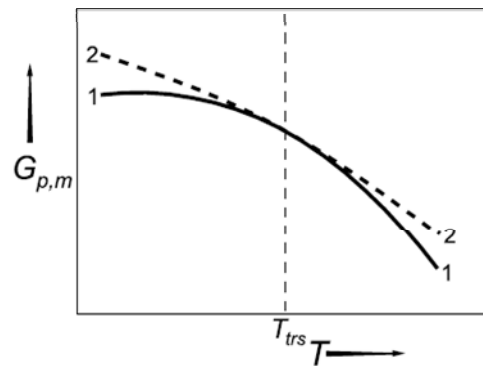
● اهمیت پدیده انتقال شیشه ای در مواد غذایی

- ✓ 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

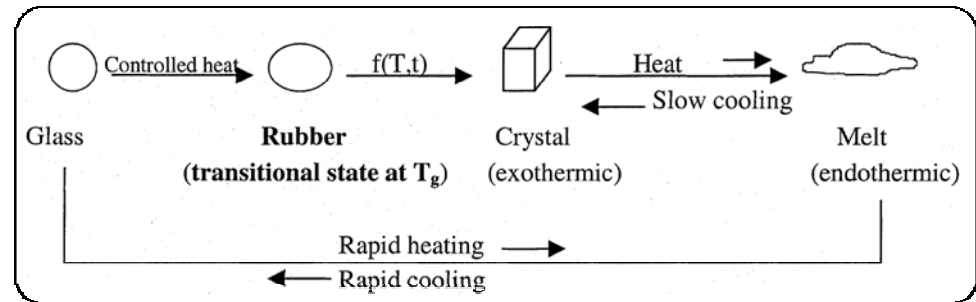
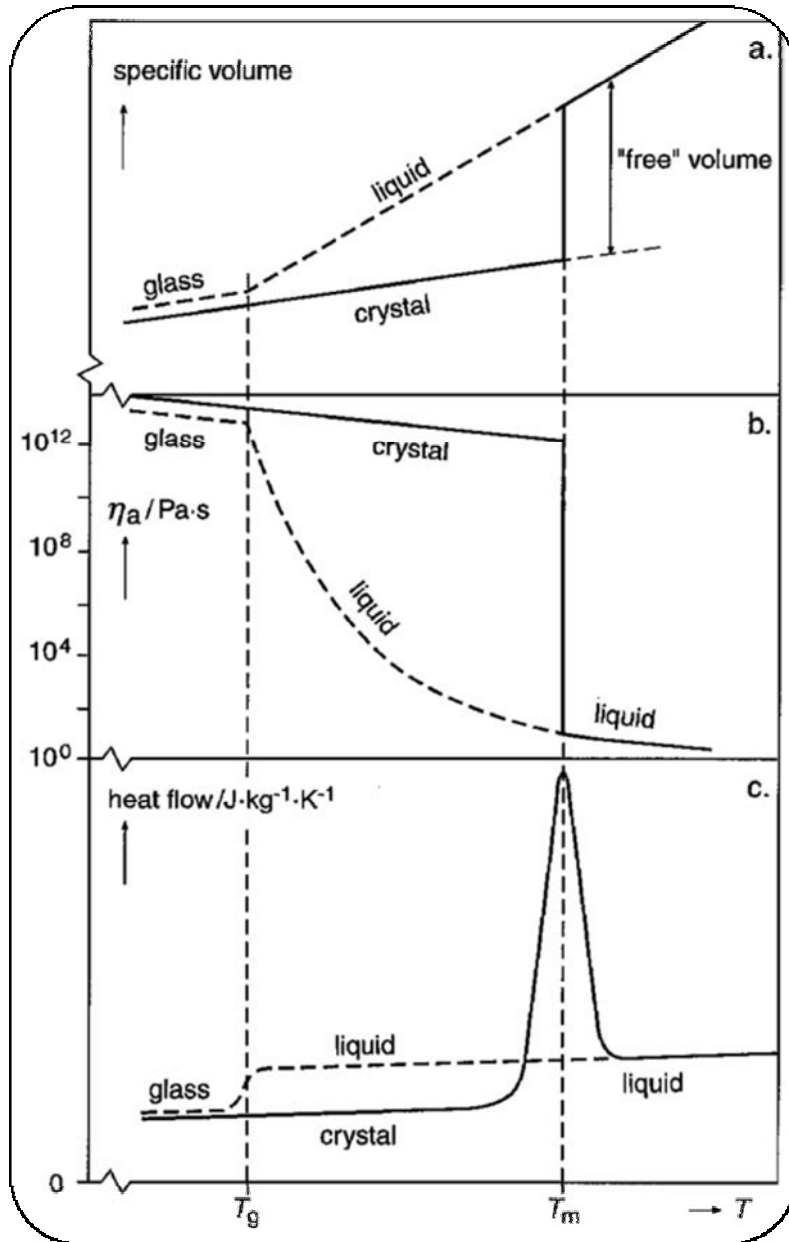
first order phase transition ($n=1$)



second order phase transition ($n=2$)



انتقال شیشه ای (ادامه)

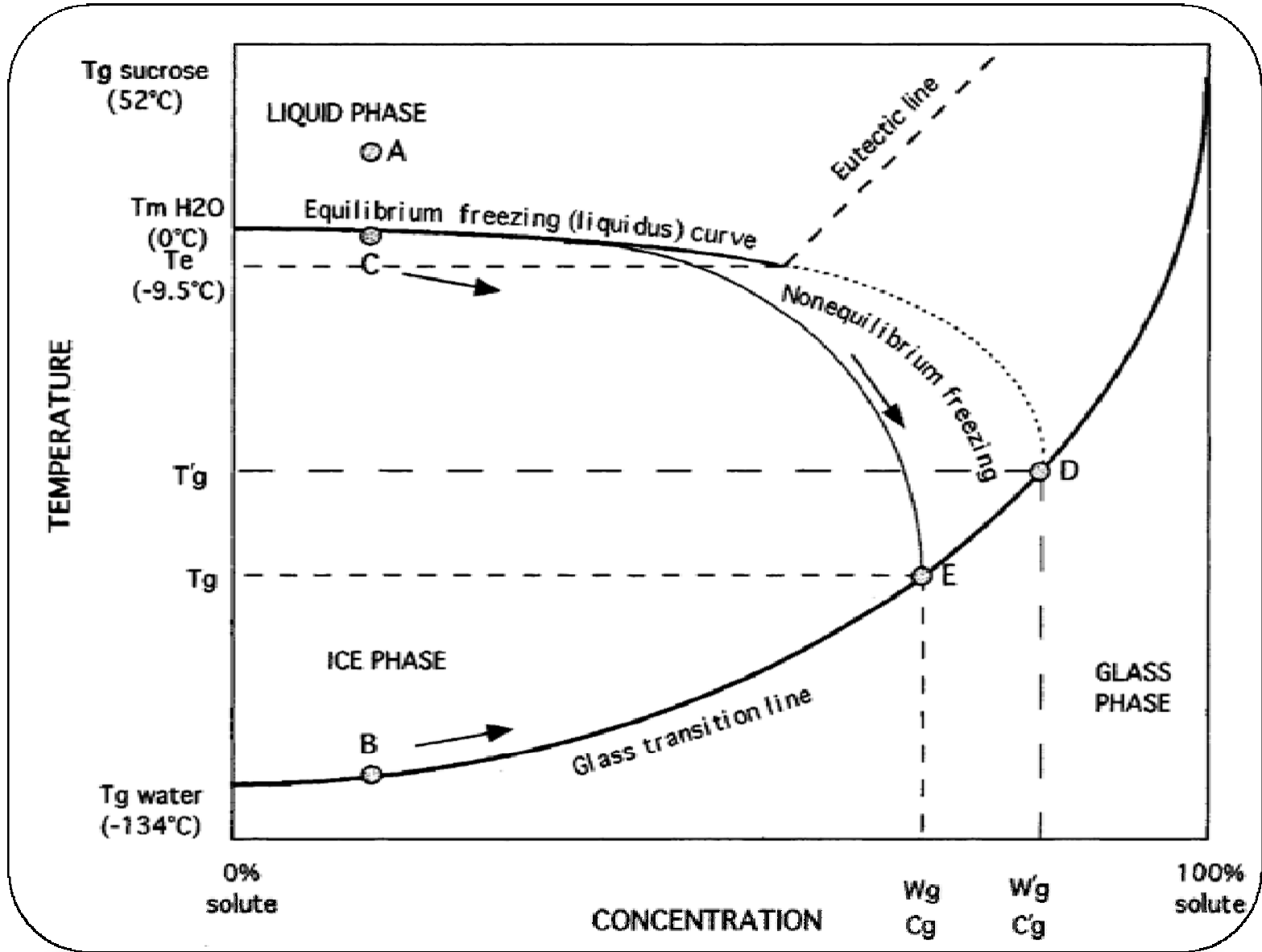


انتقال شیشه ای در مواد غذایی

- 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.