

第四章

脂肪 1

中国农业大学
食品科学与营养工程学院

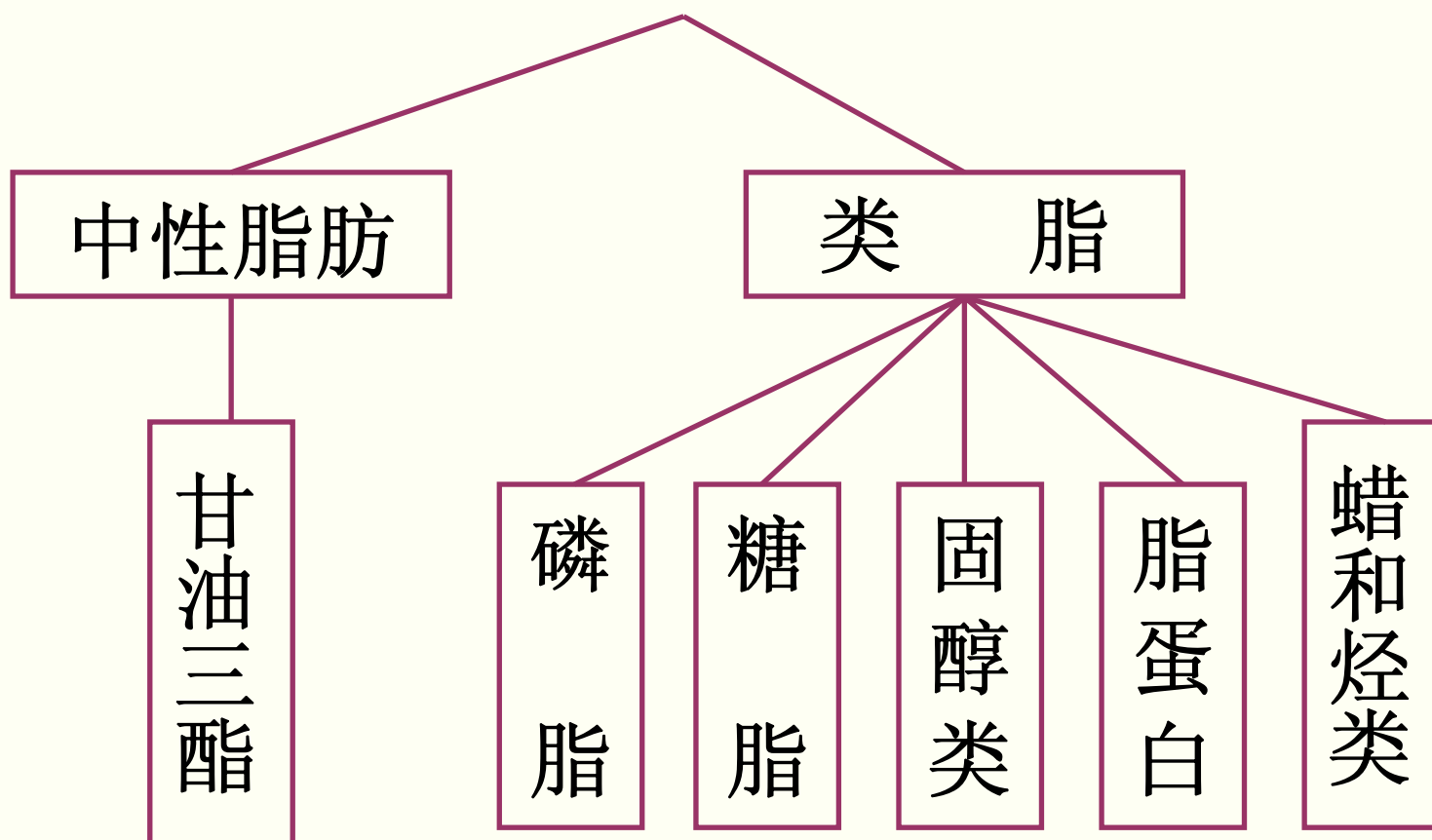
-
- 脂类的分类
 - 脂肪酸的分类、结构与命名
 - 酰基甘油的结构和命名
 - 脂肪的物理性质与功能性质

脂类 Lipid

- 脂类是食品中一大类不溶于水而溶于有机溶剂的物质。按存在状态叫做脂或油。
- 脂类是食品中重要的成分
 - 提供营养，还是维生素吸收的载体
 - 改善质地和口感，提供造型
 - 传递热量，帮助风味挥发
- 脂类按其组成可以分为
 - 简单脂质
 - 复合脂质
 - 衍生脂质



3.1.1 脂类的分类



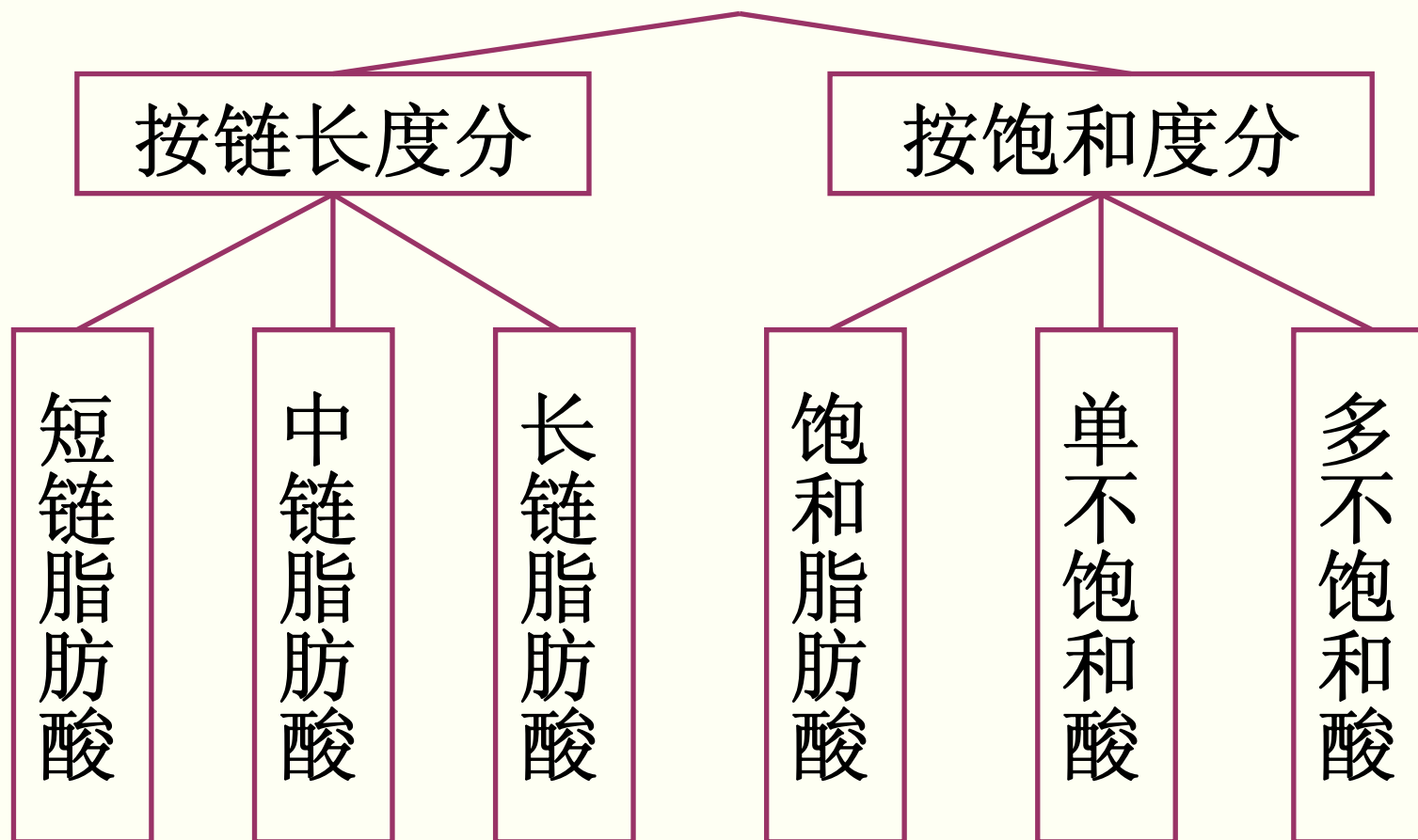
表：脂类的分类

大 类	亚 类	组 成
简单脂类	酰基甘油酯	甘油 + 脂肪酸（占脂类的 99% ）
	蜡	长链脂肪醇 + 长链脂肪酸
复合脂类	磷酸甘油酯	甘油 + 脂肪酸 + 磷酸 + 含氮物
	鞘磷脂类	鞘氨醇 + 脂肪酸 + 磷酸 + 胆碱
	脑苷脂类	鞘氨醇 + 脂肪酸 + 糖
	神经节苷脂	鞘氨醇 + 脂肪酸 + 碳水化合物
衍生脂类		脂溶性维生素、类固醇等

3.1.2 脂肪酸的结构和分类

- 大多数脂类物质的基本结构成分是脂肪酸(**fatty acid**)。脂肪酸的基本结构是**R-COOH**。
- 天然脂肪酸的**R**基多为直线烃基。脂肪酸的碳数绝大多数为双数。
- 脂肪酸的分类可以有几种方式：
 - 按碳链长短：短链、中链、长链、超长链
 - 按有无双键：饱和、单不饱和、多不饱和
 - 按双键位置： ω -3、 ω -6、 ω -7、 ω -9
- 天然脂肪酸中的双键构型均为顺式，两个双键之间相隔两个碳原子。

表：脂肪酸的分类



脂肪酸的数字命名法

- **n**: 脂肪酸碳链总数
- **m**: 脂肪酸双键总数
- **n:m** 表示脂肪酸的长度和饱和度
- **18: 1, 16: 1**
- **18: 2, 16: 2**
- **18: 3**
- **20: 4**
- **20: 5**
- **22: 6**

双键的位置：不饱和脂肪酸

- 从甲基端开始的第一个碳原子称为 ω 碳。从 ω 碳开始计数，按第一个发生双键的碳原子数分类。
- 单不饱和：**n-7, n-9**
- 多不饱和：**n-3, n-6**
 - **n-3**: α -亚麻酸, **EPA, DHA**
 - **n-6**: 亚油酸, γ -亚麻酸, 花生四烯酸
- 在膳食中**n-3**和**n-6**脂肪酸应各有一定比例。

α -亚麻酸和 γ -亚麻酸

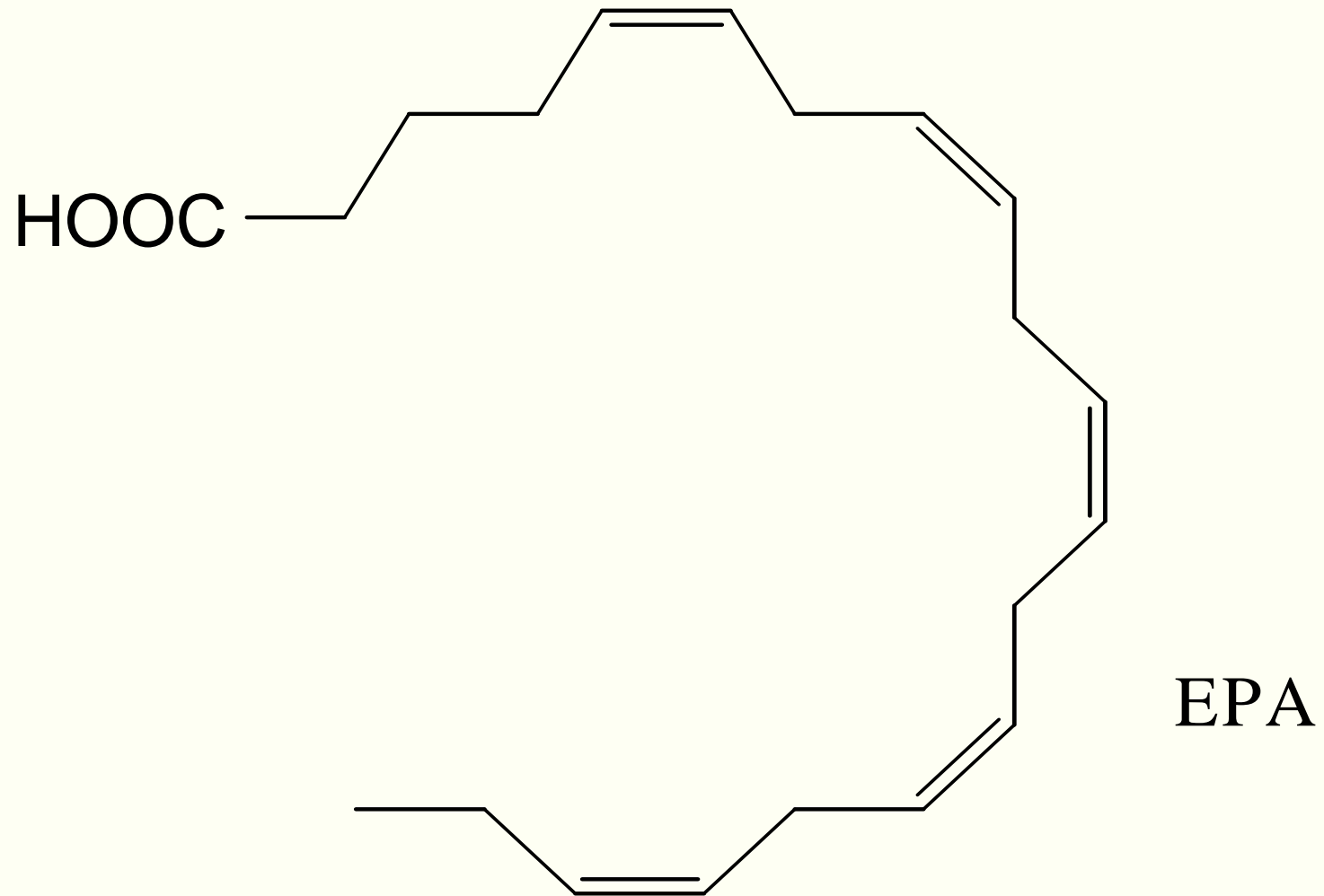
- α -亚麻酸属于n-3系列，其第一个双键从甲基端第3个碳原子开始。



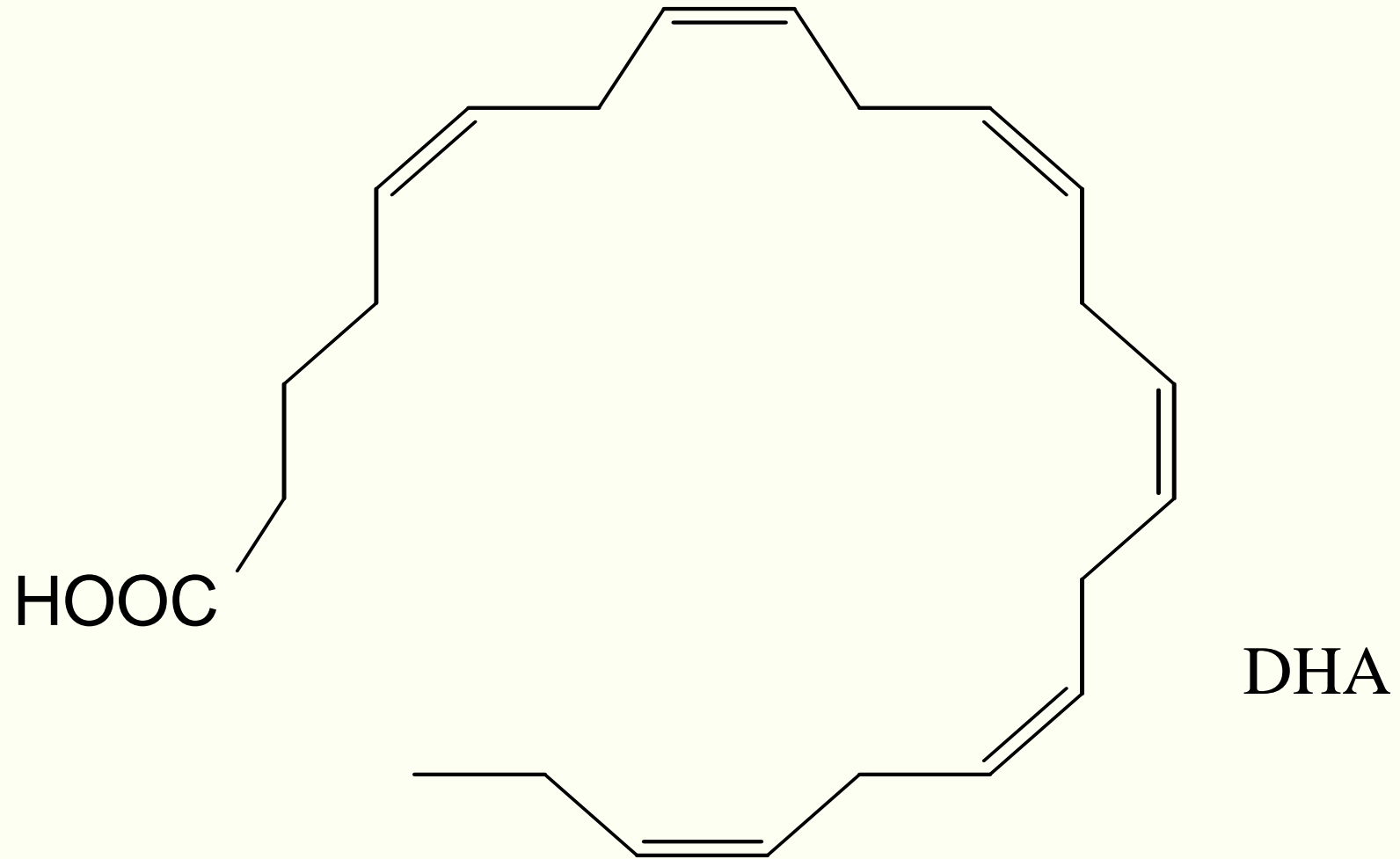
- γ -亚麻酸属于n-6系列，其第一个双键从甲基端第6个碳原子开始。



EPA (ω -3, 20:5)



DHA (ω -3, 22: 6)

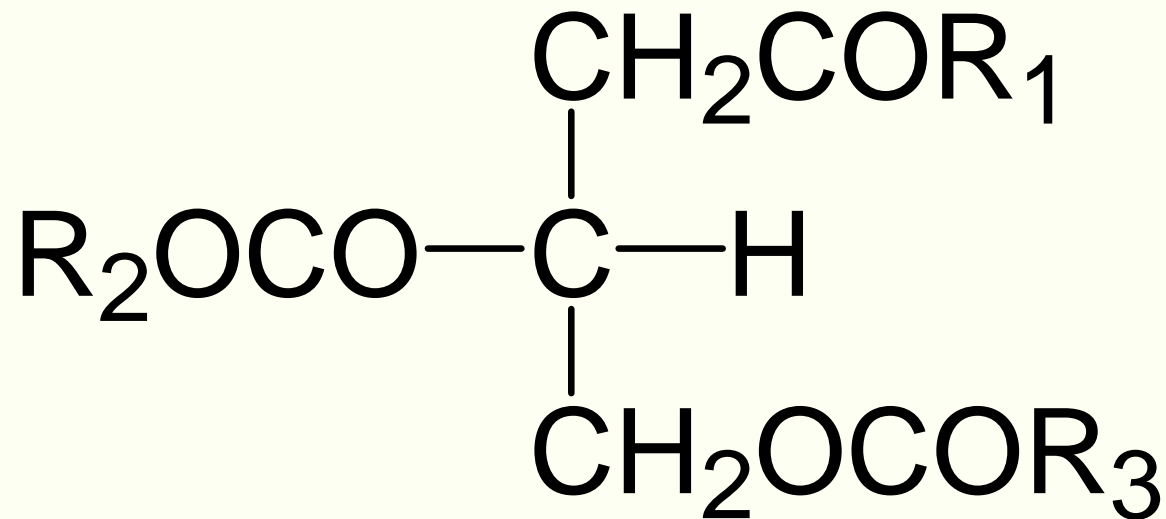


要求：了解常见脂肪酸

- 掌握脂肪酸命名的主要方法
 - 系统命名法
 - 数字命名法
 - 俗名
 - 英文缩写
- 记住常见脂肪酸的碳链长度、双键数、双键位置和名称。

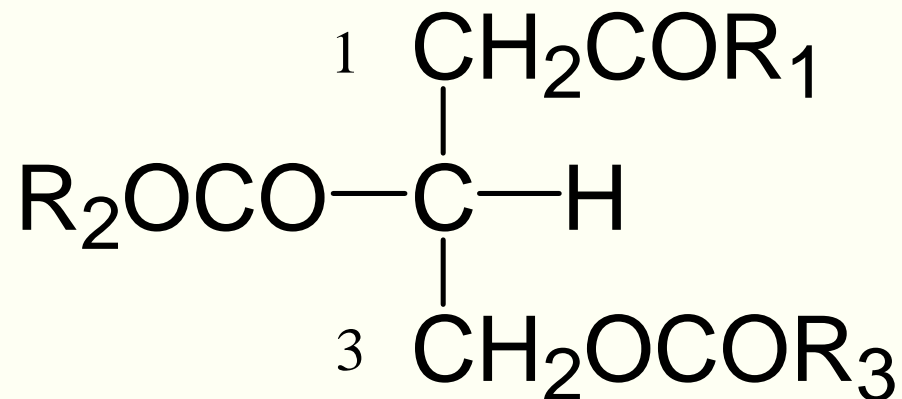
2 酰基甘油 (Acylglycerols)

- 油脂的主要成分是甘油与脂肪酸形成的三酰基甘油，也称甘油三酯。
- 注意其空间构型，2号碳往往具手性，多为L型。



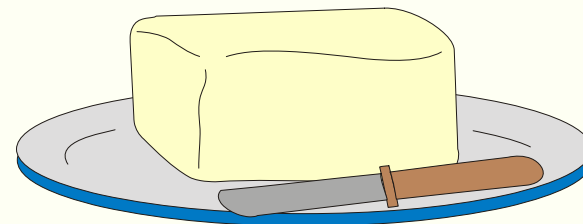
酰基甘油的命名

- **Hirschman**立体有择位次编排命名法 (**Sn**)
中，碳原子自上而下编号，三酰甘油命名法为：
 - 数字命名法: **Sn-16:0-18:1-18:0**
 - 英文缩写法: **Sn-POSt**
 - 中文命名法: **Sn-甘油-1-棕榈酸酯-2-油酸酯-3-硬脂酸酯**



食品油脂的脂肪酸构成

- 天然油脂为各种酰基甘油的混合物。含量最高的是**18**碳和**16**碳脂肪酸，油酸和亚油酸最丰富。
- 三个酰基的酯化位置有一定规律。其中不饱和脂肪酸倾向于**2**位，一些油脂中硬脂酸倾向于**1**位。
- 动物脂肪比植物脂肪的饱和脂肪酸含量高。
- 陆地食品多不饱和脂肪酸中**n-6**占优势，而水产食品中**n-3**长链脂肪酸含量相对丰富。



3 油脂的物理性质

- 气味：气味来自挥发性脂肪酸和其中的风味成分，或者脂肪氧化产物。
- 色泽：色泽来自脂溶性色素，如类胡萝卜素
- 熔点：脂肪没有确定的熔点，只有一个温度范围。分子间作用力强，则熔点提高。不饱和脂肪酸的熔点低于饱和脂肪酸。顺式低于反式，三酰基低于单酰基(为什么?)。
- 烟点：油受热之后冒烟的温度。杂质和游离脂肪酸增多，则烟点下降。

油脂的物理性质(续)

- 粘度：粘度随分子量的增加而上升。氧化劣变或热聚合之后粘度显著上升。
- 折光率：随碳原子数和双键数的增加而上升。因此可以由此观察脂肪的纯度和氧化还原状态。
- 溶解性：短链脂肪酸能溶于水，链长度增加则在有机溶剂中溶解度上升，水中溶解度下降。经常用乙醚、石油醚、苯、己烷等有机溶剂提取脂肪和其它酯类物质。

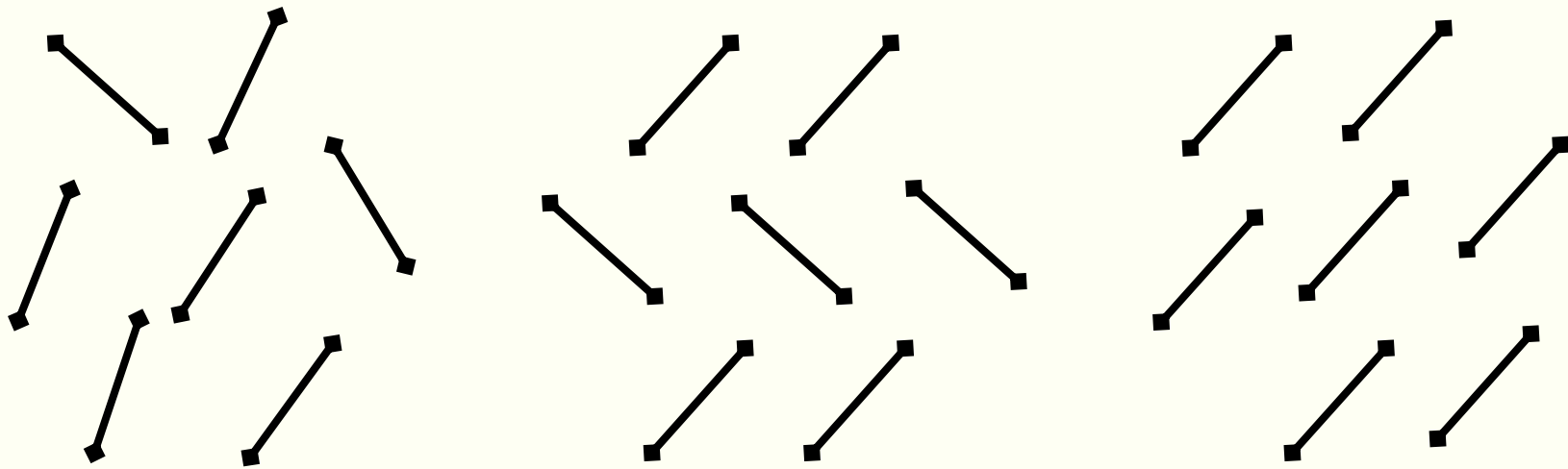
油脂的物理性质：结晶特性

- 油脂可以形成结晶，但具有同质多晶现象，即化学组成相同，而结晶状态不同。
- 各晶型具有不同稳定性，不稳定晶型会自发向给定条件下的最稳定状态转变。
- 脂肪的主要晶型有三种：
 - α 型：六方结晶
 - β 型：三斜结晶
 - β' 型：正交结晶
- 不同的脂肪酸结构倾向于形成不同最稳定晶型。

三种主要晶型的比较

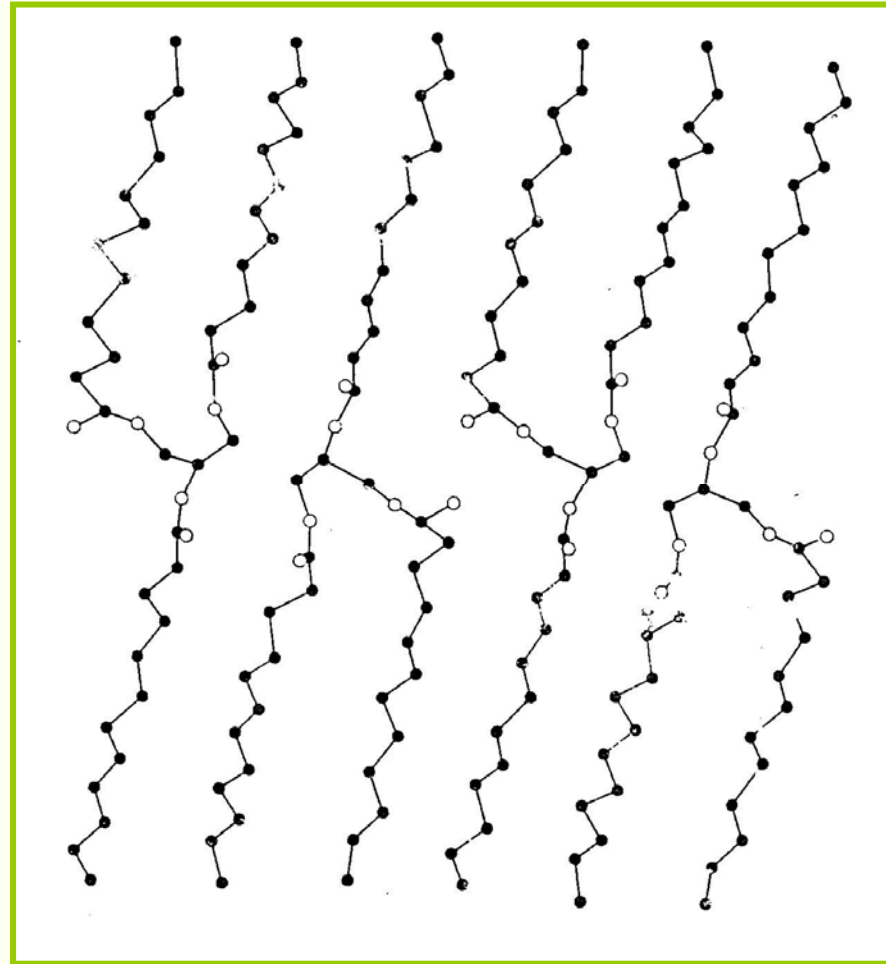
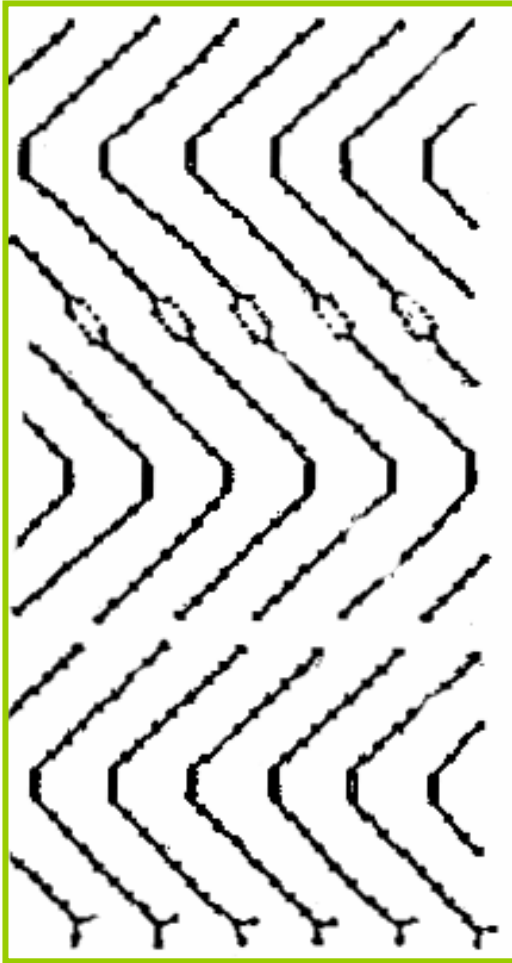
特征	α 型	β' 型	β 型
密度	最小	中间	最大
熔点	最低	中间	最高
链堆积形状	六方形	正交	三斜
有序性	最无序	中间	最有序
稳定性	不稳定	中间态	最稳定
形成条件	快速冷却	混合物	缓慢降温

图：三酰基甘油的三种晶型

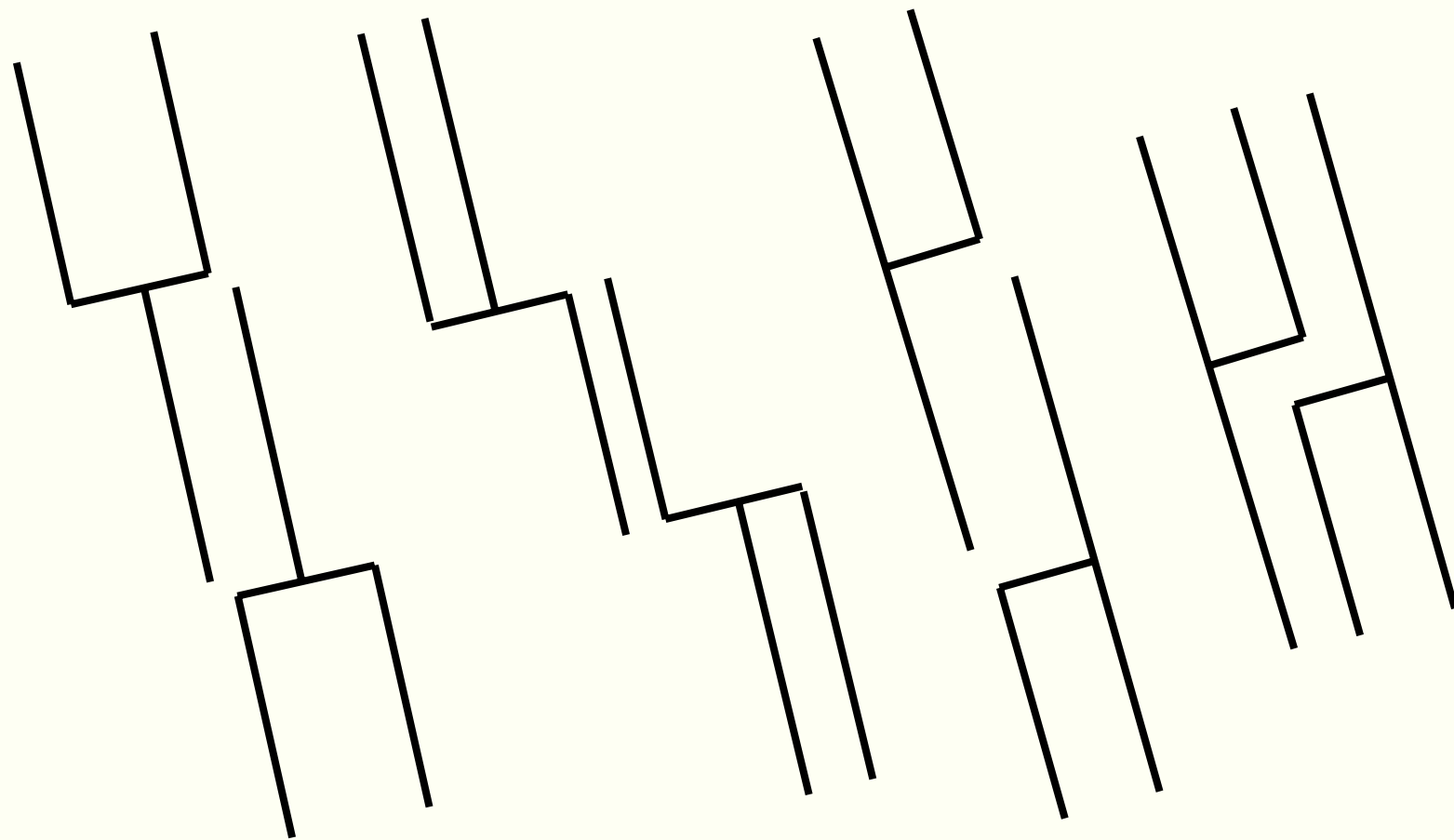


□ 左至右分别为 α 型、 β' 型和 β 型。

油酸和三月桂酸酰基甘油晶体排列



图：酰基甘油的可能分子排列



三种晶型的转化

- α 型加热至熔点— β 型；熔点上几度— β' 型； β' 型熔融— β 型。
- 同酸三酰甘油容易形成稳定 β 型结晶，而不同酸三酰甘油由于碳链长度和形状不同，常常呈现 β' 型状态。
- β' 型油脂往往是人造奶油、起酥油、最理想的结晶状态。控制结晶温度、时间和速度可达到最理想结晶状态。

可可脂的脂肪酸和甘油三酰酯

脂肪酸	含量%	甘油三酰酯	组成%
软脂酸P	25.5	GS3	2.5
硬脂酸S	34.0	POS	51.9
		SOS	18.4
油酸O	35.3	POP	6.5
亚油酸L	3.4	SOO	12.0
其他	2.0	POO	8.4

可可脂的晶型与熔点

晶型	γ	A	$\alpha + \gamma$
熔点	16-18	21-24	25.5-27.1
晶型	β''	β'	β
熔点	27-29	30-33.8	34-36.2

各种同质多晶体的熔点

化合物	α 型	β' 型	β 型
StStSt	55	63.2	73.5
PPP	44.7	56.6	66.4
OOO	-32	-12	4.5-5.7
PPO	18.5	29.8	34.8
POP	20.8	33	37.3
POSt	18.2	33	39
PStO	26.3	40.2	--
StPO	25.3	40.2	--

图：脂肪的 β' 晶型

- 下图为脂肪经过长时间陈放形成的 β 型粗大结晶。图中每一小格为**18**微米。加入结晶调整剂往往可以避免这种现象的发生。

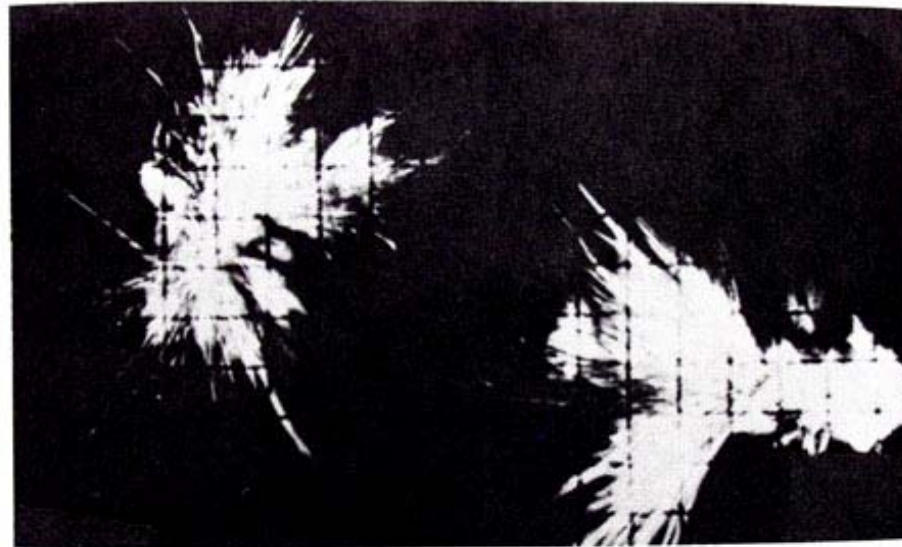
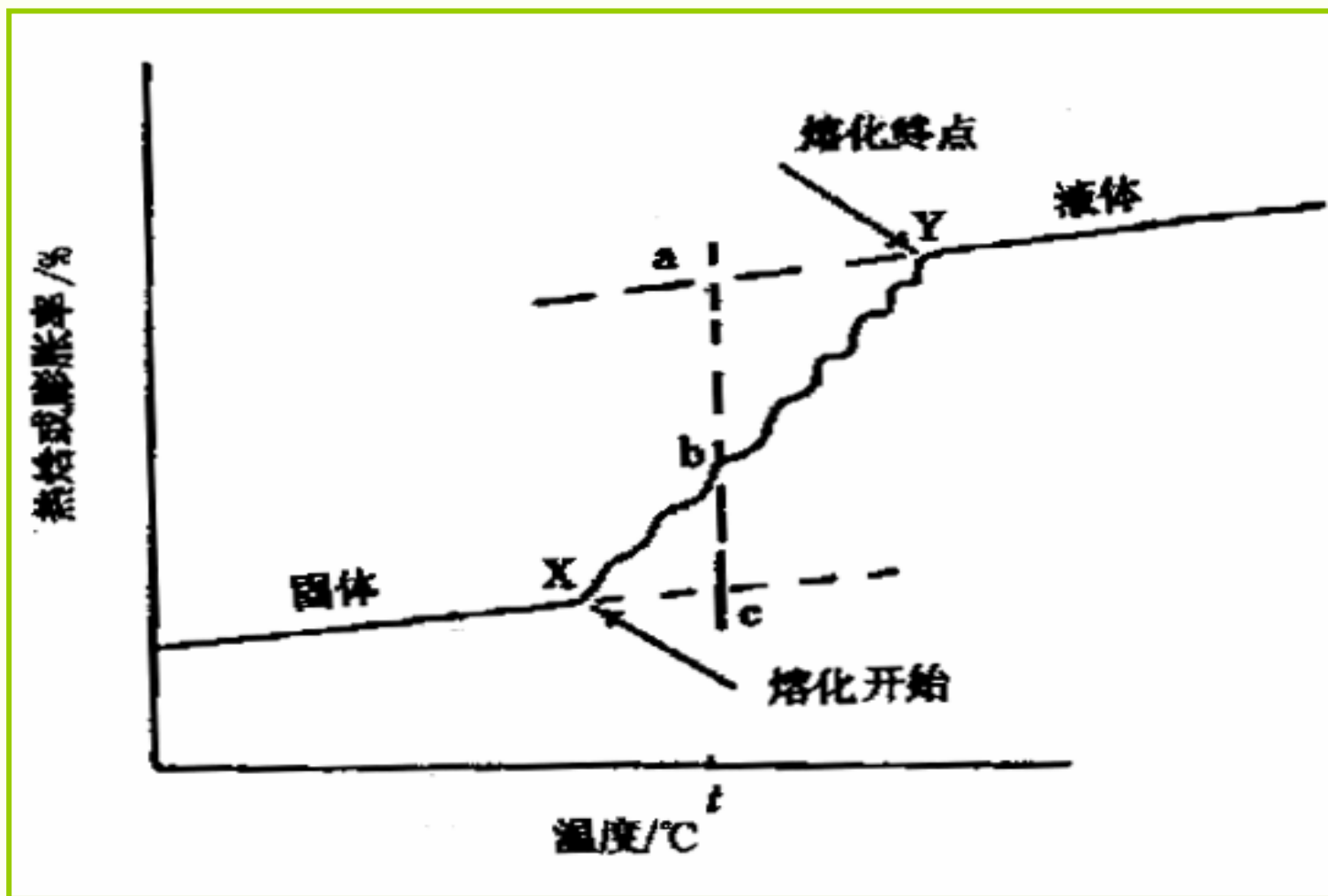


Figure 11-5 Photomicrograph of beta (β) fat crystals after long aging (using polarized light and $\times 200$). Grid lines represent 18 microns. (Courtesy of C. W. Hoerr.)

油脂的物理性质： 固体脂肪指数

- 油脂在通常温度下往往是固体和液体的混合物。
- 固体脂肪指数：一定温度下的固液混合物中，固体脂肪和液体脂肪所占比例的比值，称为**SFI**。

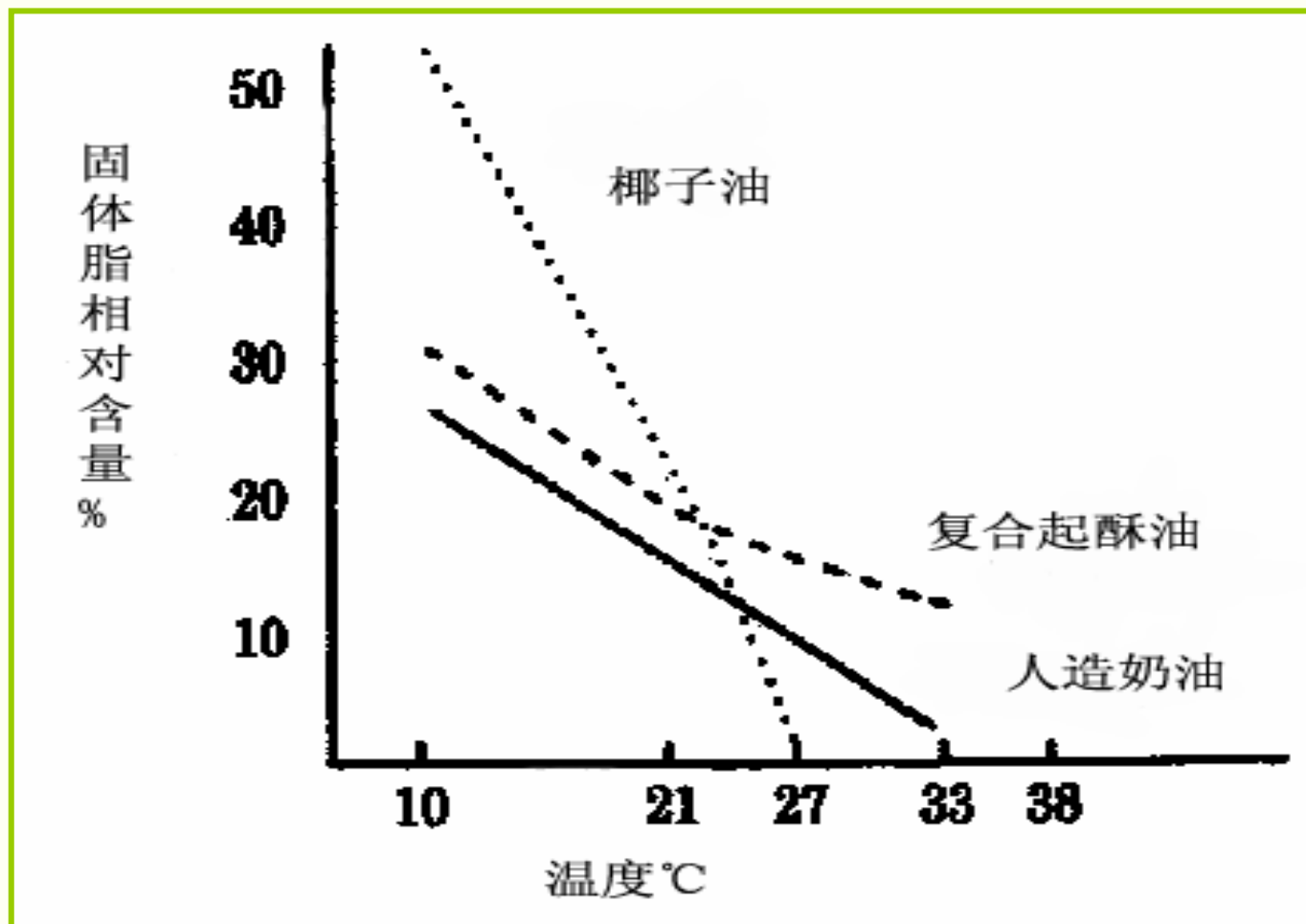
图：甘油酯混合物的膨胀融化曲线



脂肪的可塑性和起酥性

- 油脂的塑性表示半固态油脂保持一定外形和柔性的能力。可以用**SFI**来表示。**SFI**在一定数值时（**10%-30%**固体），塑性达到最佳状态。
- β' 晶型可引入较多气泡，塑性较佳。
- 熔化温度范围大则塑性较好。
- 塑性有利于焙烤食品的起酥性。

不同脂肪的固体脂相对含量



思考题

- 如果要制作一种起酥性很好的油脂，你预期其原料的脂肪酸构成特点如何？