

动物营养学

内蒙古农业大学

第一篇 动物营养原理

Nutritional Principle of Animal



第六章 脂肪的营养

Fat Nutrition

本章主要目的:

了解掌握脂类的理化特性，掌握营养作用、动物对脂肪的消化吸收和代谢过程、必需脂肪酸的概念、种类和作用。





第六章 脂肪的营养

Fat Nutrition

本章重点:

1. 非反刍动物与反刍动物对脂类消化、吸收及代谢特点的异同;
2. 有关脂类的基本概念;

本章难点: 脂类在反刍动物体内消化、吸收及代谢特点



第六章 脂肪的营养

Fat Nutrition

第一节 粗脂肪的组成、特征及营养作用

第二节 必需脂肪酸 (EFA)

第三节 脂肪在动物体内的消化、吸收





第一节 粗脂肪的组成、特征及营养作用

一、概念

也称醚浸出物（**EE**），利用乙醚或石油醚等有机溶剂，浸提饲料，凡溶于有机溶剂的物质统称为粗脂肪。包括真脂肪和类脂肪两大类，类脂肪主要有游离脂肪酸、蜡质、磷脂、固醇、色素等。



第一节 粗脂肪的组成、特征及营养作用

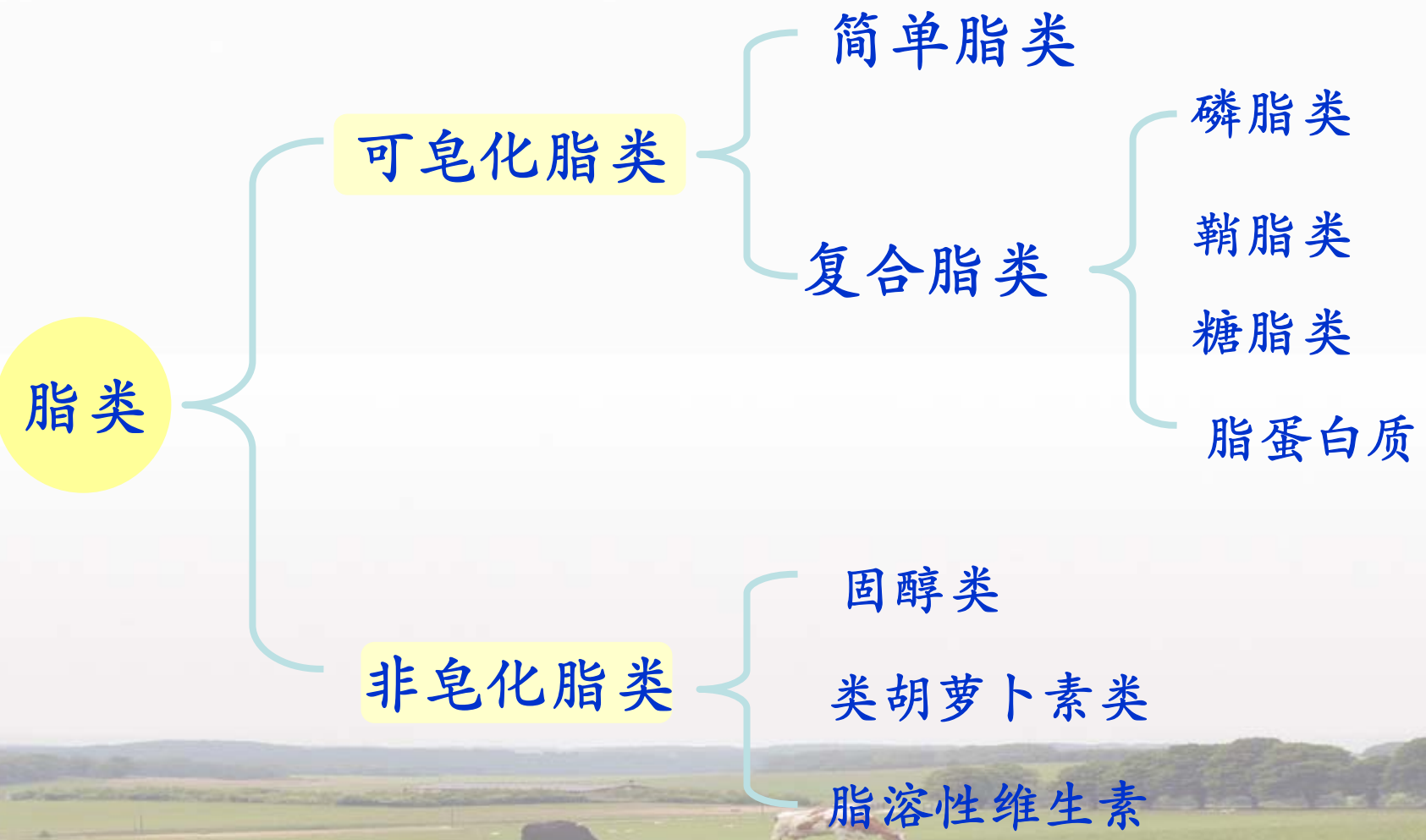
二、组成与分类

1、真脂肪：由三个分子脂肪酸与一个分子甘油结合而成的甘油三酯。不含N。

2、类脂肪：由脂肪酸、甘油及其它含N物质等结合而成。主要指含N或含糖的脂肪，糖脂和磷脂。此外，还有蜡质、固醇、色素、脂溶性维生素等。



二、组成与分类





三、性质

- 1、水解特性：4~6C原子脂肪酸异味更浓
- 2、氧化酸败
- 3、脂肪酸氢化

在催化剂或酶作用下，不饱和脂肪酸的双键可以得到H，变成饱和脂肪酸，这种作用叫氢化作用。氢化后，转变为饱和脂肪酸，使脂肪硬度增加，不易氧化酸败，有利于储存，但也损失必需脂肪酸。



四、营养作用

1. 脂类的供能贮能作用

(1) 脂类是动物体内重要的能源物质；

1克脂肪氧化分解产生的能量相当于1克碳水化合物产生热量的2.25倍。





四、营养作用

(2) 脂类的额外能量效应。

禽饲粮添加一定水平的油脂替代等能值的碳水化合物和蛋白质，能提高饲粮代谢能，使消化过程中能量消耗减少，热增耗降低，使饲粮的净能增加，当植物油和动物脂肪同时添加时效果更加明显，这种效应称为脂肪的额外能量效应或脂肪的增效作用。





四、营养作用

2、体组织生长和修复的原料

神经肌肉、骨骼、血液等组织中均含有脂肪，主要是卵磷脂、脑磷脂、胆固醇、脑糖脂等。细胞中的糖脂

细胞脂肪不同于储存脂肪，它具有稳定的特有成份，任何时候均不受食入饲料脂肪的影响，多属类脂肪。





四、营养作用

3、脂溶性Vit的溶剂

4、脂肪是畜产品的组成成份

5、脂肪可以供给幼畜必需脂肪酸 (Essential Fatty Acid, EFA)

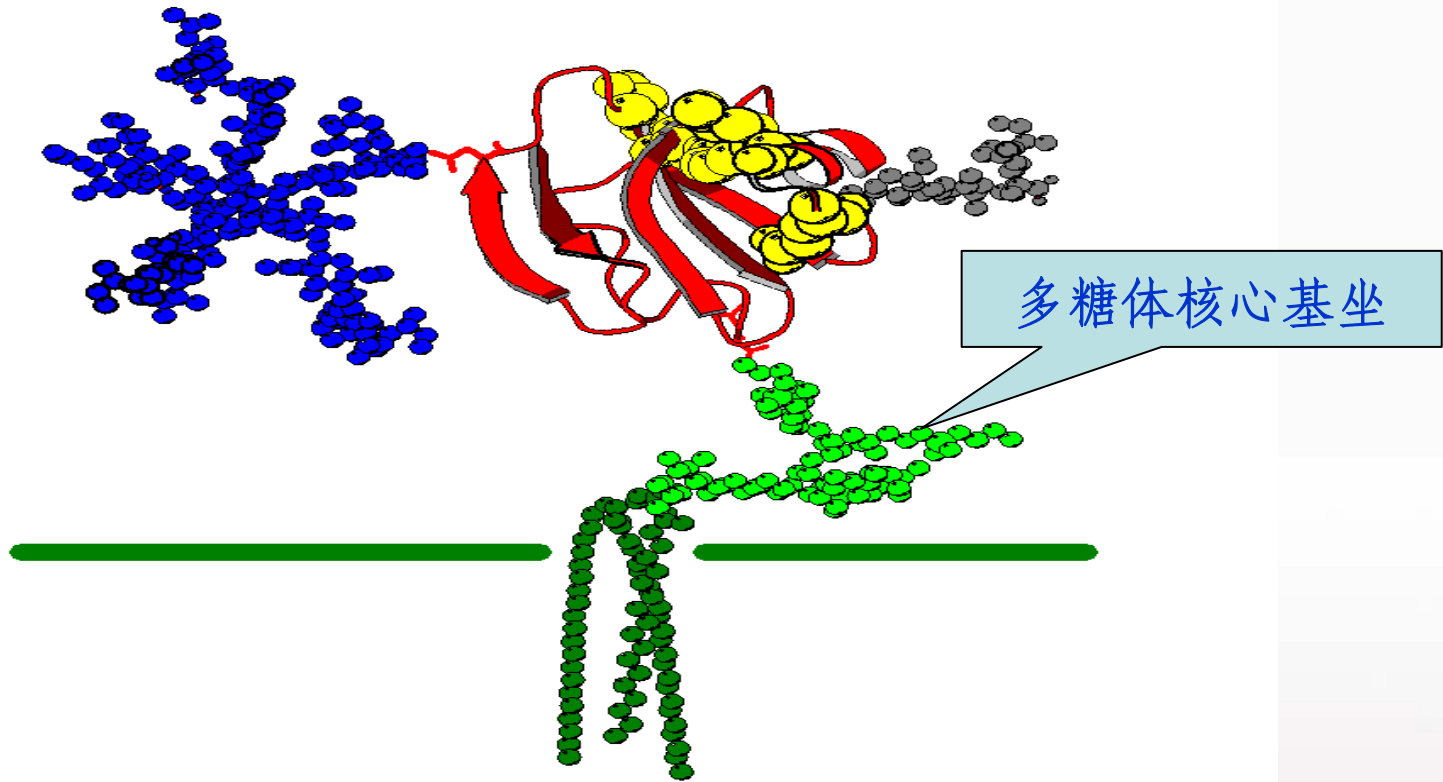
亚油酸 (十八碳二烯酸) 最重要

亚麻油酸 (十八碳三烯酸)

花生油酸 (二十碳四烯酸)

6、保持体温、保持器官的作用

7、其他作用：代谢水、磷脂的乳化特性、胆固醇



多糖体核心基坐

Oxford Glycobiology Institute

细胞膜

糖脂在细胞信号传递中的作用

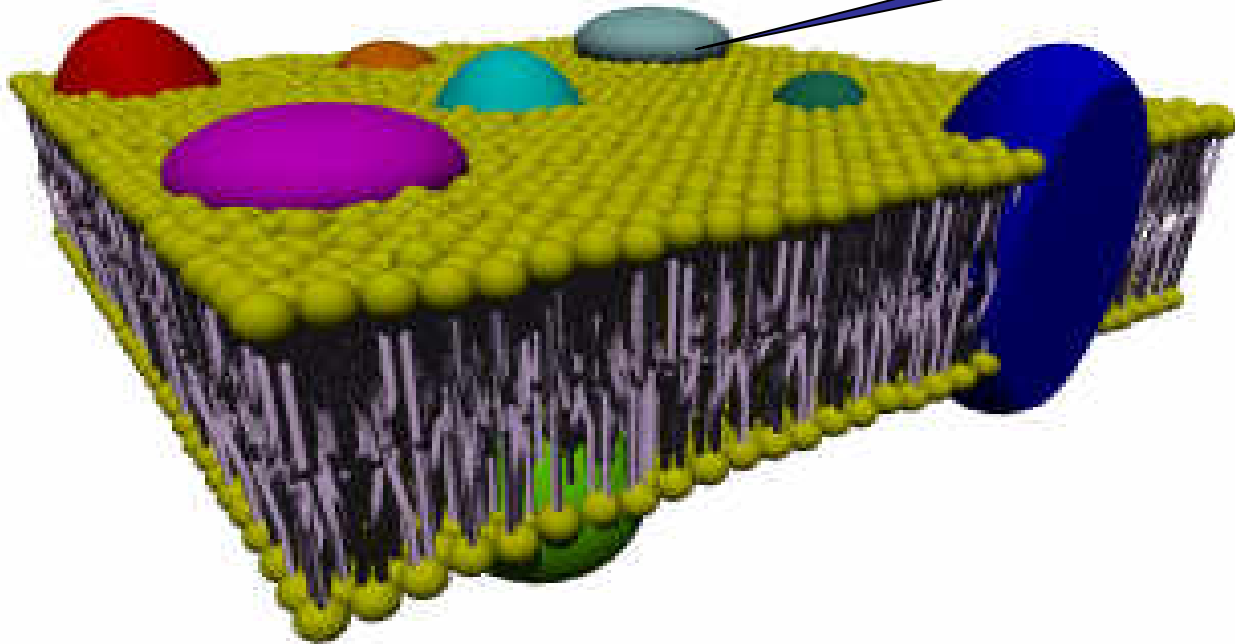




四、营养作用

脂类在体内物质合成中的作用

放大



细胞膜结构





第二节 必需脂肪酸 (EFA)

一、概念

高度不饱和或多不饱和脂肪酸 (Polysaturated Fatty Acid, PUFA) : 含有二个或两个以上双键的脂肪酸。

必需脂肪酸: 有几种高度不饱和脂肪酸在体内不能合成, 必须由饲料供给, 或能通过体内特定前体物形成, 对机体正常机能和健康具有重要保护作用。



第二节 必需脂肪酸（EFA）

结构特点：

分子中至少有二个或二个以上双键；

双键必须是顺式构型（双键两侧的两个原子或原子团相同）；

距离羧基最远的双键应在末端数起的第六与第七碳原子间。

种类： 三种：亚油酸、亚麻油酸、花生油酸。



第二节 必需脂肪酸 (EFA)

亚油酸和 α -亚麻油酸：最重要，必须由饲料供给。

γ -亚麻油酸和花生油酸可以通过足量的亚油酸由体内进行转化形成。





第二节 必需脂肪酸 (EFA)

C18: 2 ω -6 (亚油酸)



C18: 3 ω -6 (γ -亚麻油酸)



C20: 3 ω -6



C20: 4 ω -6 (花生四烯酸)



C22: 4 ω -6

亚油酸系列: ω 6或n-6

该系列PUFA中第一个双键位于“ ω ”第6和第7位碳原子之间。第一个成员为亚油酸,可以合成该系列的其它PUFA



第二节 必需脂肪酸 (EFA)

C18: 3 ω -3 (α - 亚麻油酸)

C18: 4 ω -3

C20: 4 ω -3

C20: 5 ω -3

C22: 5 ω -3

C22: 6 ω -3

α 亚麻油酸系列: ω 3或n-3

该系列PUFA中第一个双键位于“ ω ”第3和第4位碳原子之间。第一个成员为 α -亚麻油酸，可以合成该系列的其它PUFA

ω 3系列脂肪酸防水损失的效能最差。

因此，动物营养需要考虑 ω 6系列中亚油酸的需要，但冷水鱼对 ω 3系列的需要比 ω 6更重要。





第二节 必需脂肪酸 (EFA)

生理意义:

1、参与磷脂的合成，以磷脂形式存在于线粒体膜、细胞膜与质膜等生物膜中。

动物缺乏，影响磷脂代谢，膜结构异常。皮肤细胞对水的通透性加强，毛细血管的脆性加强，通透性加强，引起皮肤病变，水肿，皮下出血等。

动物繁殖性能下降，出现不孕症。



第二节 必需脂肪酸 (EFA)

2、降低血液胆固醇水平

3、是体内合成重要生物活性物质的前体，如前列腺素等类激素。

4、维持皮肤和其他组织对水分的不通透性

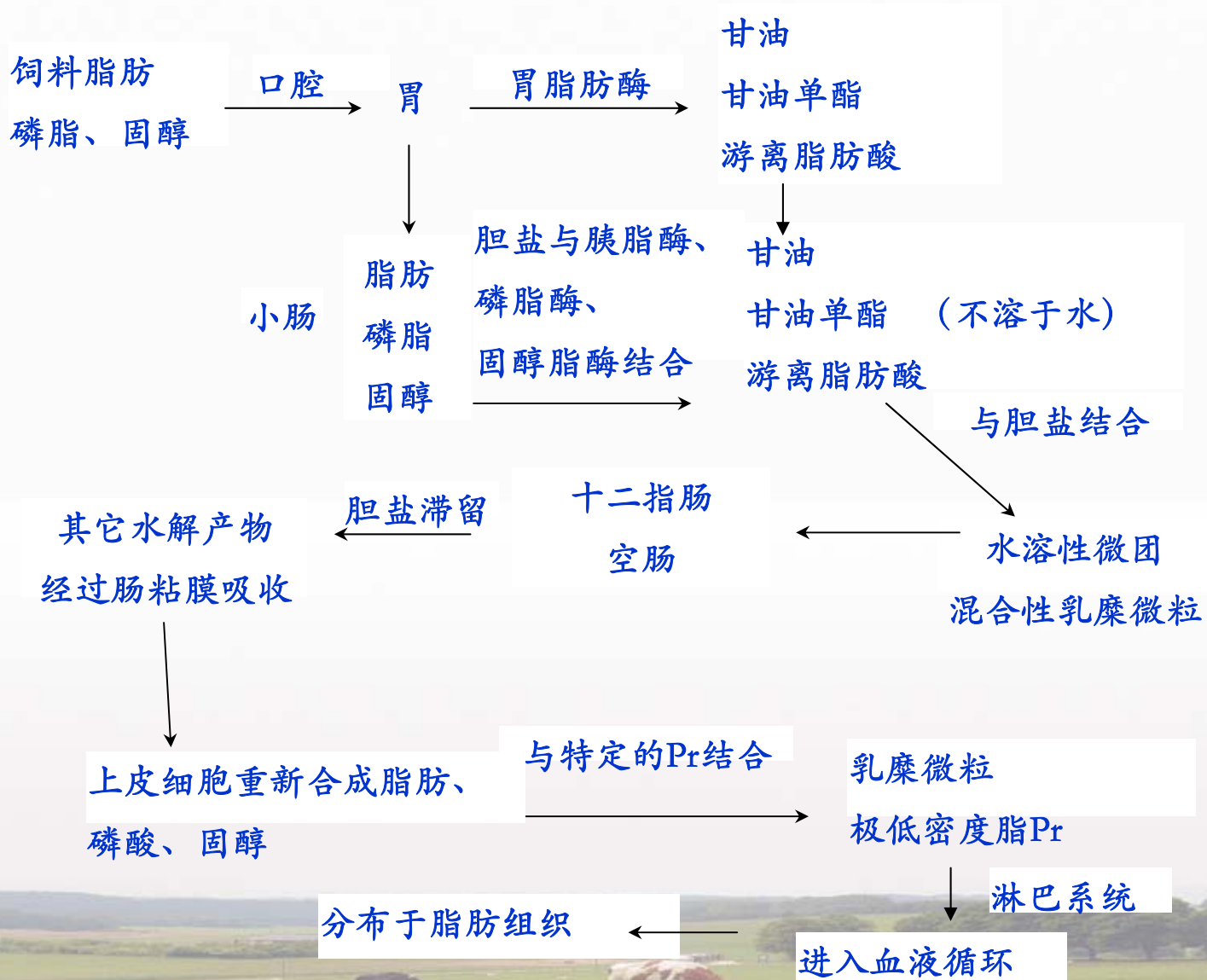
缺乏**EFA**：皮肤损害，出现角质鳞片。体内水分经皮肤损失增加。毛细管变得脆弱。动物免疫力下降，生长受阻。繁殖力下降，产奶减少，甚至死亡。幼龄和生长动物反应更敏感。



第三节 脂肪在动物体内的 消化、吸收



一、非反刍动物





一、非反刍动物

◆ **脂肪消化**：开始于胃，胃底腺可分泌胃脂酶，此酶可抑制胃蛋白酶的活性，并使胃酸的作用失效，胃脂酶水解日粮甘油三酯（TG）的10-30%。

TG水解产物：甘油一酯，甘油和游离脂肪酸。

◆ **脂类水解** → 水解产物形成可溶的微粒 → 小肠黏膜摄取这些微粒 → 在小肠黏膜细胞中重新合成甘油三酯 → 甘油三酯进入血液循环





一、非反刍动物

◆ **肠肝循环：**胆汁在帮助脂肪消化吸收后再回到食糜，进入回肠末端，重吸收入血通过门脉入肝，再入胆中贮存，最后释放入十二指肠，叫肠肝循环，每分子胆汁每天循环约10次。

消化部位：主要在小肠

吸收部位：十二指肠、空肠70-80%吸收

吸收形式：主要是游离脂肪酸。





一、非反刍动物

脂肪的消化主要是在小肠中胰脂酶的作用下完成，而且必须有胰液和胆汁的参与。

脂肪酸中不饱和脂肪酸不经氢化直接转化为体脂肪。

饲料脂肪的性质直接影响畜体脂肪的品质。

对短链脂肪酸和不饱和脂肪酸的吸收率高于长链脂肪酸和饱和脂肪酸。

举例：猪的肥育后期软脂胴体



脂肪

脂蛋白

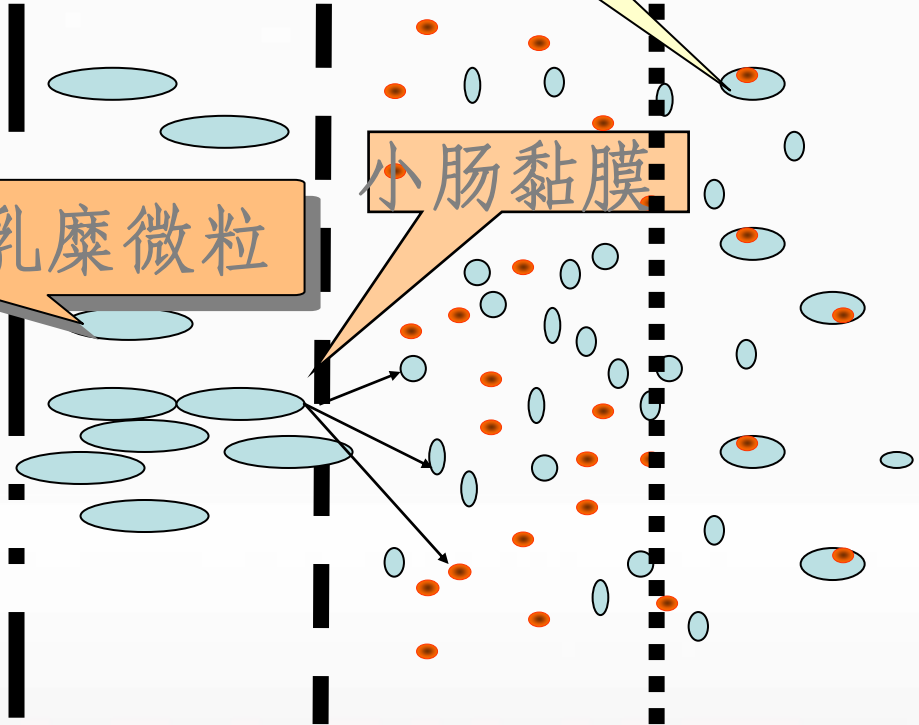
乳糜微粒

小肠黏膜

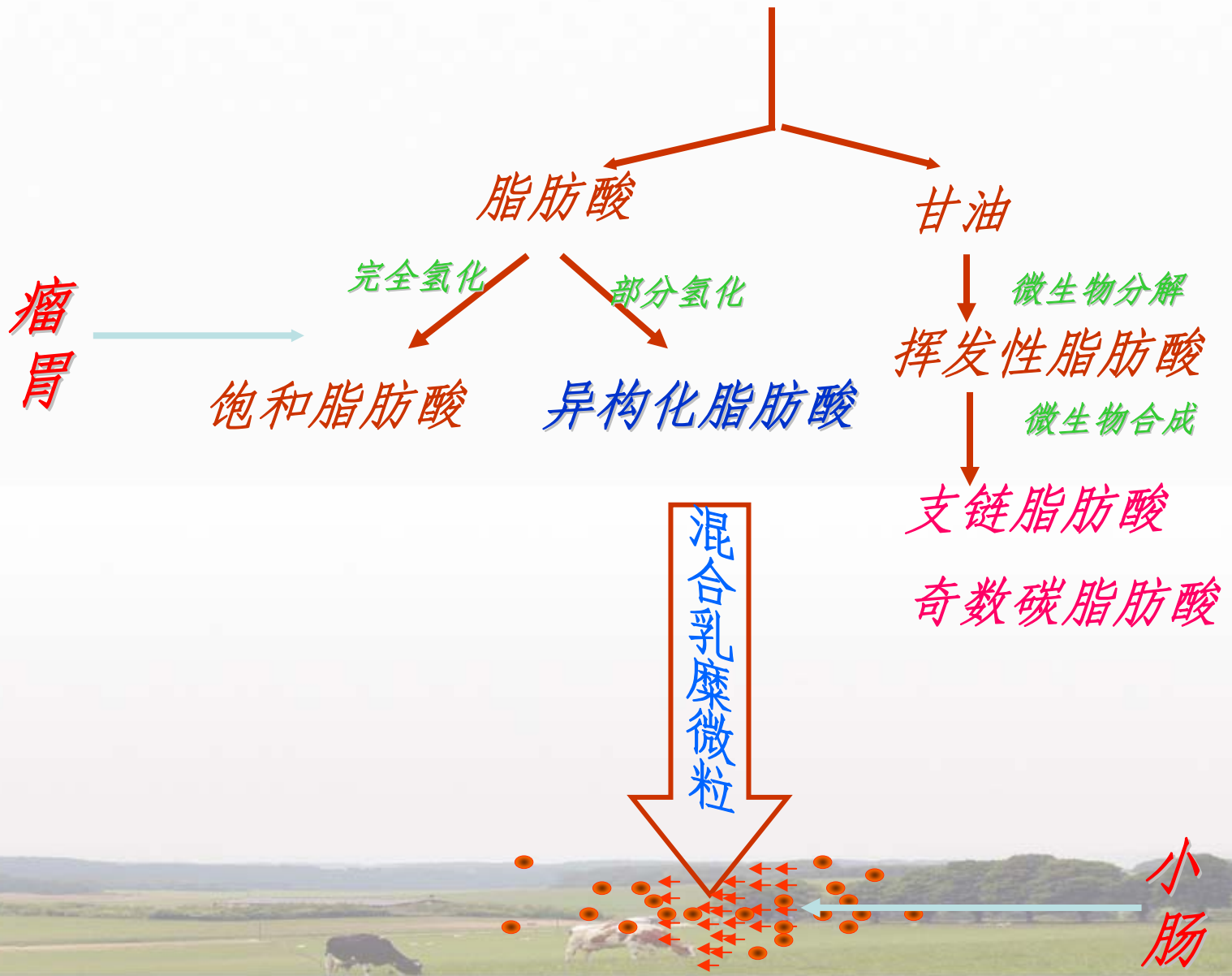
十二指肠

空肠

血液



二、反刍动物





二、反刍动物

1、瘤胃内的消化

(1) 饲料脂肪在瘤胃微生物的作用下水解产生甘油和各种脂肪酸（包括饱和和不饱和脂肪

(2) **氢化作用**：反刍动物的瘤胃微生物可将大部分不饱和脂肪酸转变为饱和脂肪酸。

H来源于NADPH 或内源电子供给体。

(3) 瘤胃中产生的短链脂肪酸主要通过瘤胃壁吸收。其余相互产物进入小肠吸收。

故反刍动物体脂肪中，饱和脂肪多于不饱和脂肪，质硬、熔点高。



二、反刍动物

2、小肠内的消化

进入十二指肠的脂肪酸总量大于摄取量（损失小，日粮脂肪、微生物脂类）

经胰脂酶作用水解，水解部位主要在小肠后部。

小肠前部酸度高，不利于脂肪的乳化。一般脂肪消化产物在小肠前部只吸收15 - 26%，主要是长链脂肪酸，其余大部分脂肪酸，主要在空、肠的后四分之三部位吸收。





二、反刍动物

2. 脂类在小肠内的消化

反刍动物对各种脂肪酸吸收率很高，有别于单胃，不仅可以吸收不饱和脂肪酸、短链脂肪酸；而且对于饱和脂肪酸和长链脂肪酸均能良好地加以吸收。对长链C原子脂肪酸（C16—C18）吸收比非反刍动物更有效。此外，对反刍动物，因瘤胃微生物的氢化作用，因此，饲料脂肪的性质对体脂肪的品质影响不大。





三、动物脂肪的合成与转运

1、体脂的合成

饲料中的碳水化合物、蛋白质、脂肪等均可转化为体脂，合成的部位因动物而异。饥饿条件下以氧化分解代谢为主。

猪、反刍动物----主要在脂肪组织；

禽-----完全在肝；

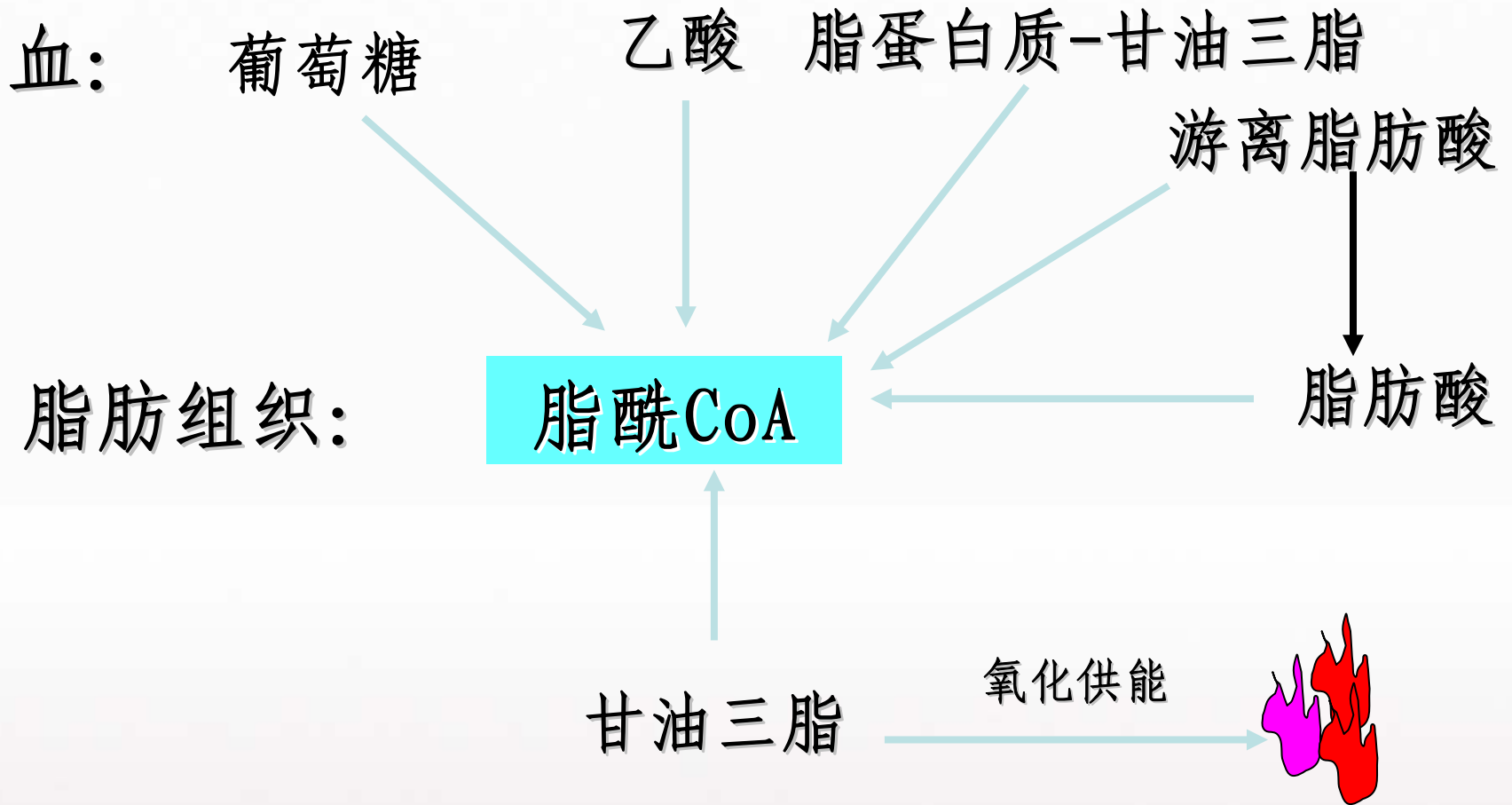
鼠、兔-----肝脏、脂肪组织。

二、反刍动物

脂肪沉积效率

营养素（前体）	脂肪（产物）	效率%
饲料脂肪	体脂肪	70-95
乙酸	棕榈酸酯	72
葡萄糖	三棕榈酸酯	80
蛋白质（鱼粉）	体脂肪	65

二、反刍动物



脂肪组织中脂肪的代谢



三、动物脂肪的合成与转运

反刍动物不能将**G**转化为脂肪，缺乏**2**个关键酶：

ATP柠檬酸裂解酶：草酰乙酸与乙酰**COA**

NADP - 柠檬酸脱氢酶：苹果酸与丙酮酸

幼龄反刍动物可以转化**G**为脂肪。



三、动物脂肪的合成与转运

2、乳脂的合成

由甘油和脂肪酸构成，并且大约一半为4 ~ 6 C原子的短链脂肪酸，另一半由18 C或18 C以上的饱和及不饱和脂肪酸组成。其中所含的挥发性脂肪酸能反映乳脂的特点，按其含量确定黄油特征。



三、动物脂肪的合成与转运

2、乳脂的合成

乳脂的硬度、熔点与饲料种类密切相关。但正常日粮脂类含量低，对乳脂影响较小。

增加脂类用量，对乳脂产生影响较大。

植物脂肪含软脂较多，因而所形成的乳脂也较软，直接影响黄油特征。即：饲料种类对黄油特征的影响主要取决于饲料中脂肪。因为饲料脂肪在一定程度上可直接进入乳中，脂肪的某些组成部分可不经变化用以形成乳脂。



三、动物脂肪的合成与转运

2、乳脂的合成

例如：大豆及其加工副产品因含脂量不同对乳脂有显著的影响。

大豆含脂肪**18%**，形成乳脂的碘价**41.3**，大豆饼含脂肪仅**6%**，形成乳脂的碘价**32.1%**，因此，喂大豆的乳牛所得黄油质地较软；喂大豆饼的乳牛所得黄油质地较硬。



本章思考题:

1. 脂肪、必需脂肪酸的概念
2. 非反刍动物、反刍动物对脂肪消化、吸收、代谢特点有何异同?
3. 脂类物质的主要营养生理作用
4. 反刍动物十二指肠中的脂肪酸含量为何高于食入的脂肪酸?





谢谢!