

# 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



# 第四章 蛋白质营养

## Protein Nutrition

本章主要目的:

理解和掌握蛋白质的营养生理作用、蛋白质的消化吸收特点、必需与非必需氨基酸和限制性氨基酸的概念，蛋白质质量的评定方法，掌握反刍动物对非蛋白氮饲料的利用。了解蛋白质的化学组成，蛋白质、氨基酸的周转代谢。







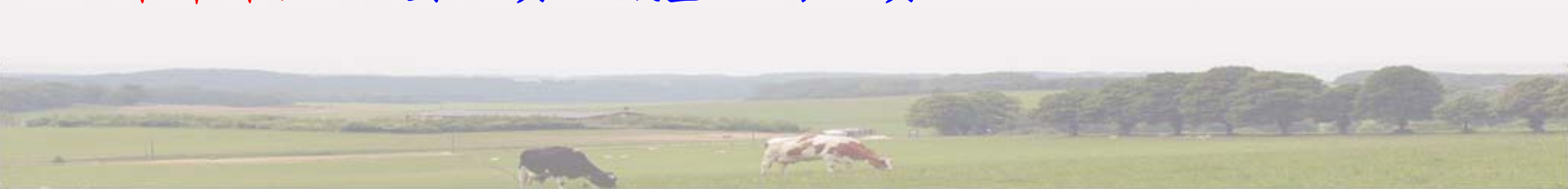
# 第四章 蛋白质营养

## Protein Nutrition

**本章重点：**

1. 非反刍动物与反刍动物体内的蛋白质消化、吸收代谢特点；
2. 与蛋白质、氨基酸品质有关的基本概念；
3. 评定蛋白质质量的常用方法；
4. 反刍动物非蛋白氮的利用。

**本章难点：** 蛋白质、氨基酸的品质。





# 第四章 蛋白质营养

第一节 蛋白质的组成

第二节 蛋白质的营养生理作用

第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

第四节 蛋白质、氨基酸的代谢

第五节 动物对非蛋白含氮物的利用





# 第一节 蛋白质的组成

## Chemical composition of protein

- 一、蛋白质的组成
- 二、蛋白质的结构
- 三、蛋白质的性质
- 四、蛋白质的分类
- 五、粗蛋白质



# 一、蛋白质的组成（复习）

## 1、元素组成

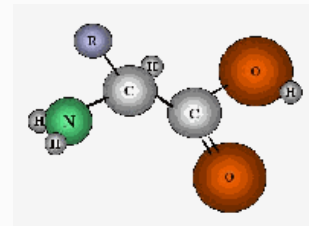
平均化学元素含量：

C 53%    H 7%    O 23%

N 16%    S+P <1%, Fe、Cu、I

蛋白质转换系数：6.25

蛋白质含量 (%) = 含N量 (%) × 6.25



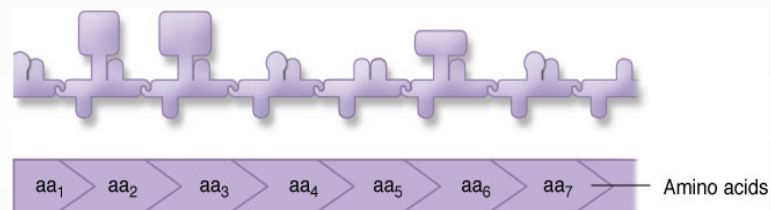
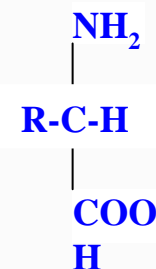
典型的蛋白质中N的含量15.5%~18.0%



# 一、蛋白质的组成（复习）

## 2、组成单位

$\alpha$ -氨基酸 20多种



按结构分为：脂肪族AA、芳香族AA、杂环AA

脂肪族AA按性质：酸性AA、碱性AA、中性AA和含S氨基酸





## 二、蛋白质的结构（复习）

蛋白质的结构：

一级、二级、三级和四级结构。





## 三、蛋白质的性质（复习）

### 1、胶体性质：

维持细胞新陈代谢

### 2、两性电解质：

pH, Pr分离提纯

### 3、变性性质：物理、化学等因素 消化



# 四、蛋白质的分类

1、分类 简单蛋白质与复合蛋白质

2、简单蛋白质 水解时分解最终的产物是AA

(1) 球状Pr: 清蛋白与球蛋白最广泛

清蛋白类: 血清Pr、乳清Pr、卵清Pr等

溶于水、加热、凝固。

球蛋白类: 构成肌肉Pr的主要成分

肌球Pr、血清球Pr

植物性球Pr: 种子的最重要贮备物质。

不溶或微溶于水。



# 四、蛋白质的分类

## 2、简单蛋白质

### (1) 球状Pr

**醇溶Pr:** 玉米醇溶Pr (无Lys)、麦醇溶Pr

不溶于水与无水乙醇，溶于70%~80%的乙醇。

**谷蛋白类:** 禾本科植物种子内，不溶于水或中性溶液。

**麦胶蛋白:** 禾本科作物种子中，与谷Pr一同存在。

含有大量的谷AA和脯AA，无赖AA。

**组Pr:** 碱性、溶于水。

**鱼精Pr:** 碱性AA多，溶于水。





# 四、蛋白质的分类

## 2、简单蛋白质

(2) 硬Pr类：角Pr、胶原Pr、弹性硬Pr

皮肤、韧带、结缔组织、骨组织的主要组成成分由简单Pr与非Pr物质结合而成。

**胶原蛋白**：是软骨、结缔组织的主要蛋白质，一般占哺乳动物体蛋白总量30%左右。

不溶于水，对动物消化酶有抗性，但在水或稀酸、稀碱中煮沸，易变成可溶的、易消化的明胶。

含有大量的羟脯氨酸和少量的羟赖氨酸，缺乏半胱AA、胱AA和色AA。



# 四、蛋白质的分类

## 2、简单蛋白质

### (2) 硬Pr类:

**弹性Pr:** 弹性组织中，如腱和动脉，不能转变成白明胶。

**角蛋白:** 羽毛、毛发、爪、喙、蹄、角、脑灰质、  
脊髓、视网膜神经。

不易溶解和消化，含较多的胱AA。

如：羽毛、猪毛等在高压、高温（120℃）处理1h，消化率可提高到70~80%，胱AA含量减少5%~6%



# 四、蛋白质的分类

## 3、复合蛋白质

由Pr和辅基结合而成，水解产物为AA与辅基。  
分布比简单Pr更广。

根据辅基种类不同，分为多种

Hb、血蓝Pr、  
叶绿Pr、黄素  
Pr、细胞色素

- 1) 色Pr类：辅基色素。
- 2) 核Pr类：辅基为核酸
- 3) 糖Pr类：辅基为糖类物质，即碳水化合物或其衍生物，多数为氨基已糖，也有葡萄糖醛酸。分布软骨组织、结缔组织，肝、肾、血液等。



## 四、蛋白质的分类

### 3、复合蛋白质

(4) 磷 Pr: 辅基为磷酸。如酪 Pr、卵黄磷蛋白、胃蛋白酶

(5) 金属 Pr: 辅基为金属盐类。如血红 Pr (Fe) 铜蓝 Pr (Cu)。

(6) 脂 Pr: 以类脂为辅基，如卵磷脂、胆固醇等，和蛋白质结合形成。一般存在于脑组织中，血清中等。脂类的运输

如：卵黄球蛋白、 $\beta$ 脂-Pr





# 五、粗蛋白质CP

## 1、CP概念

饲料中的含N物质统称为粗Pr (CP)，真Pr和非蛋白含氮物。

## 2、非蛋白含氮物

**AA:** 含量最多

**酰胺类:** 主要天门冬酰胺和谷酰胺。

**NH<sub>3</sub>:** 一般饲料中含量非常少，产生NH<sub>3</sub>，饲料品质下降

**硝酸盐:** 青绿饲料中含量较高。如“燕麦”干草中毒症

**氰氢酸:** 巨毒物质，禾本科高粱和苏丹草在青饲时，易引起中毒，特别是青高粱。



# 五、粗蛋白质CP

## 2、非蛋白含氮化合物

**生物碱：** 特定的植物组织中，细胞核中的成分。

大多数物生碱对动物有毒，如马铃薯中的茄碱（龙葵精）、蓖麻籽中的蓖麻碱等，但有部分生物碱可以转化为对畜体有用的物质—胆碱。

**尿酸：** 禽类以尿酸作为N代谢的主要尾产物从尿中排出。多数哺乳动物先将尿酸氧化为尿素由尿排出。

**尿素：** 尿素是重要的非蛋白含氮化合物，是最好的反刍动物Pr补充饲料。尿素是Pr代谢的中间产物。



# 第二节 蛋白质的营养生理作用

## Function of protein in animals

### 一、营养生理作用

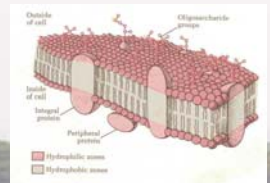
1. 机体和畜产品的重要组成部分—**结构物质**

除水外，含量最多，占干物质的50%

占无脂固形物的80%

2. 机体更新的必需养分—**修补物质**

动物体蛋白质每天约 0.25%-0.3%更新，约 6-12月全部更新。





## 第二节 蛋白质的营养生理作用

# Function of protein in animals

### 3. 生命活动的体现者，参与新陈代谢— 功能物质

(1) 血红蛋白、肌红蛋白： 运输氧

(2) 肌肉蛋白质： 肌肉收缩

(3) 酶、激素： 代谢调节

(4) 免疫球蛋白： 抵抗疾病

(5) 运输蛋白（载体）： 脂蛋白、钙结合蛋白、因子等

(6) 核蛋白： 遗传信息的传递、表达





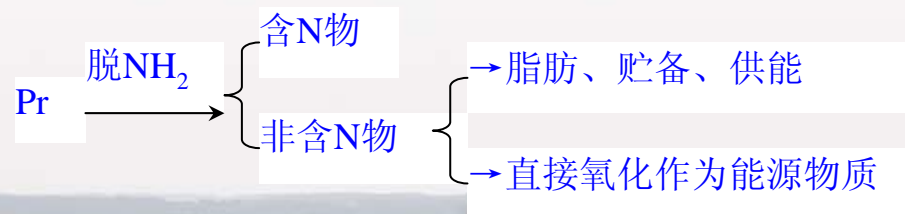
# 第二节 蛋白质的营养生理作用

## Function of protein in animals

### 4. 提供能量一

蛋白质可代替脂肪、碳水化合物的产热作用，供作能源物质，也可转化为糖和脂肪。

- (1) 当脂肪、碳水化合物的供能不足时。
- (2) 食入的饲料Pr过剩或品质低下时。





## 第二节 蛋白质的营养生理作用

# Function of protein in animals

### 4. 提供能量—

实际生产过程中并不把Pr用作能源物质：

- ①Pr价格昂贵，资源紧缺，用作能量是一种浪费。
- ②Pr用作能源，供能效率低（脱氨消耗ATP、体内氧化不完全）。
- ③对机体造成负担（肝、肾等）。



## 第二节 蛋白质的营养生理作用

# Function of protein in animals

### 蛋白质作用的重要性

Pr是动物机体内N的唯一来源，无论脂肪还是碳水化合物，均不能代替它。

Pr可补充动物脂肪和碳水化合物的不足，可部分代替它们作为能源物质。

因此当饲料中缺乏Pr时，动物就要分解体组织Pr，以维持正常生命。



# 第二节 蛋白质的营养生理作用

## Function of protein in animals

### 二、蛋白质不足对动物的影响

1、畜体出现负N平衡，食入N < 排出N

(1) 消化机能减退

(2) 生长缓慢，体重减轻

饥饿性水肿

2、繁殖机能紊乱

3、生产性能降低

4、抗病力减弱

5、组织器官的结构与功能异常

储备Pr能力有限，最多不超过体Pr总量5~6%，占食入Pr总量的50%



# 第二节 蛋白质的营养生理作用

## Function of protein in animals

### 二、蛋白质不足对动物的影响

造成不足的原因：

- (1) 供给不足
- (2) 供给充足，但动物本身消化功能紊乱，影响Pr消化
- (3) 饲料Pr的品质低，AA比例不平衡







## 第二节 蛋白质的营养生理作用

# Function of protein in animals

### 三、蛋白质过量对动物的影响

肝肾代谢负担增加

酸碱平衡紊乱，分解产物偏酸造成酸中毒

缓冲系统如 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 紊乱

体内酮体增多，造成酮尿、酮血，产生酮病

肝脏功能减弱，合成尿素功能受阻，造成畜体Pr中毒。



## 第二节 蛋白质的营养生理作用

# Function of protein in animals

### 三、蛋白质过量对动物的影响

**原因：** 过量Pr $\rightarrow$ AA $\rightarrow$ 脱NH<sub>2</sub>作用 $\rightarrow$ 含N部分、非含N部分

含N部分：转变为尿素，随尿排出体外，

无N部分：作为能源被利用。

但这种调节作用有限，当Pr过剩超过了机体的调节能力时，某些代谢产物排出量增加，增加了肝、肾的负担，代谢机能紊乱，肝脏结构和功能损伤

**总结：** 蛋白质的数量与质量对动物非常重要

蛋白质的营养与氨基酸营养密切相关



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 一、非反刍动物 Monogastrics

#### (一) 以猪为例

#### 1、消化部位

主要在胃和小肠上部, 20%在胃, 60-70%在小肠, 其余在大肠。

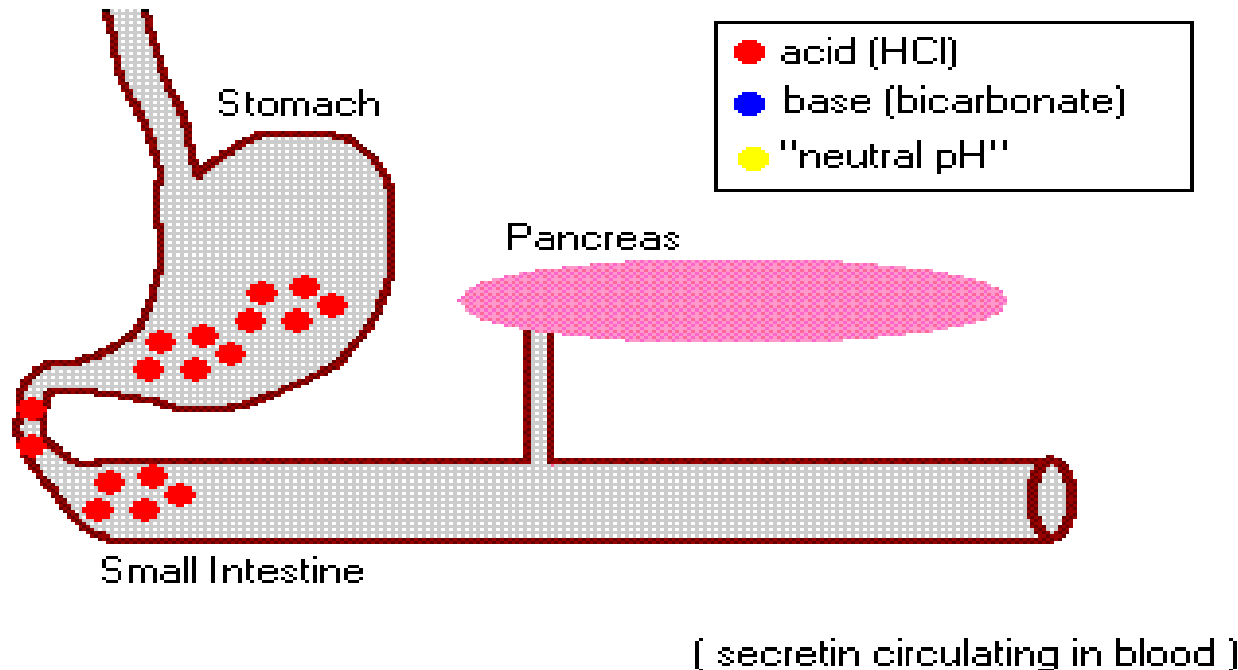




# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例

#### 2、消化道内主要蛋白酶类

种类	来源	分解底物	最终产物
胃蛋白酶	胃液	蛋白质	肽、胨
凝乳酶	胃液 (幼龄动物)	酪蛋白	酪蛋白钙、胨
胰蛋白酶	胰液	蛋白质、	胨、肽
糜蛋白酶	胰液	蛋白质、	胨、肽
羧基肽酶	小肠液	肽	氨基酸
氨基肽酶	胰液	二肽	氨基酸
	小肠液	、胨、肽	氨基酸
二肽酶	小肠液	、胨、肽	氨基酸





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例

#### 2、消化道内主要蛋白酶类

**总结：**胰蛋白酶作用最重要，胃蛋白酶作用相对较小，胃蛋白酶在Pr消化过程中的作用仅占到20%左右。





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例

#### 3、消化过程 (见图)





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

### Digestion and absorption of protein

#### (一) 以猪为例

**吸收部位：**主要在小肠，上2/3部位，即十二指肠。

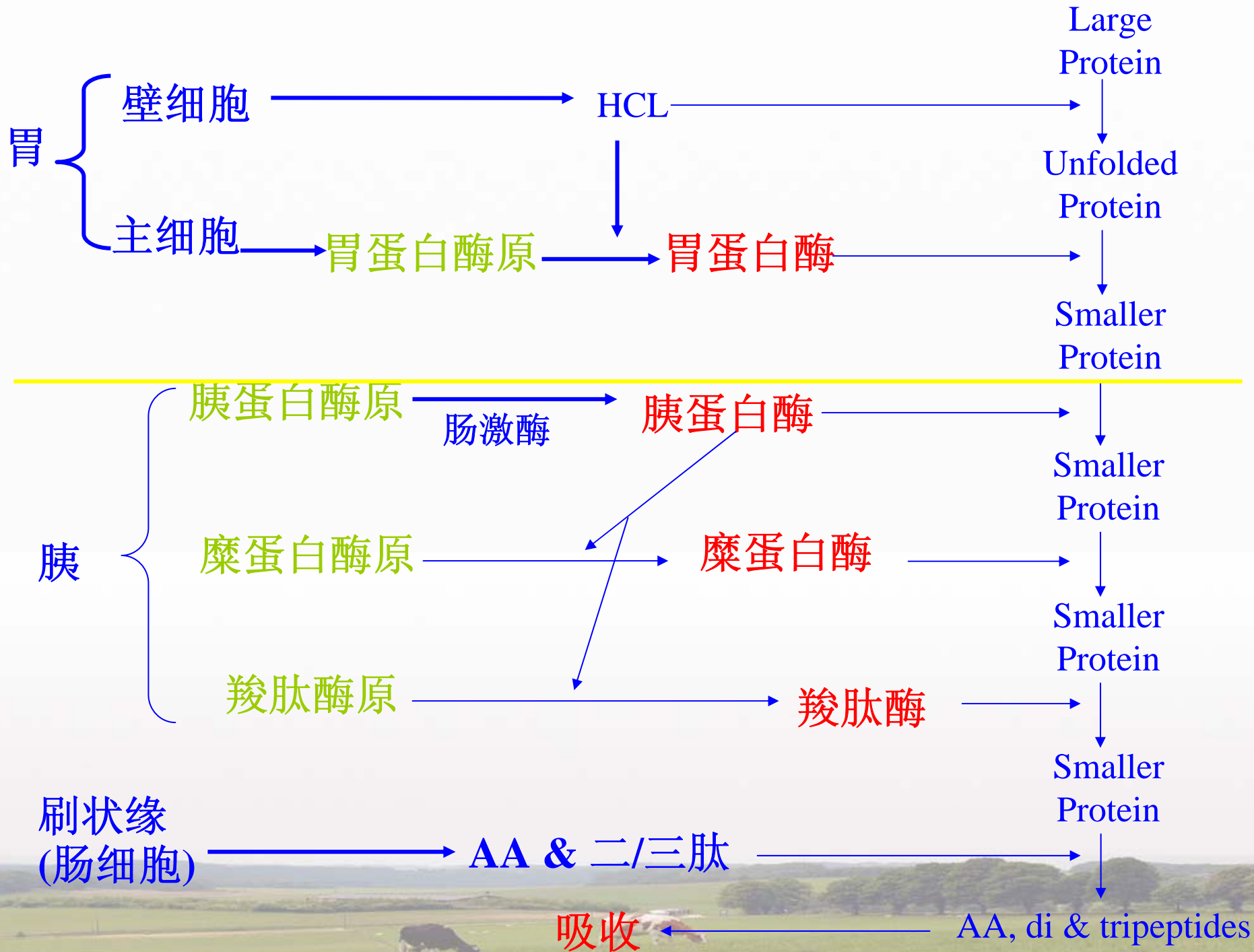
**对AA的吸收**受AA种类和构型的影响，受小肠部位的影响，吸收速度不相同。一些AA的吸收速度的顺序是：胱>色>亮>苯丙>赖>丝>天门冬>谷。

**吸收形式：**AA、寡肽。

**排出途径：**粪和尿，形式为菌体Pr，未消化Pr，尿素、尿酸等

**特殊之处：**新生的哺乳动物在出生后24~36小时内能直接吸收免疫球Pr。

**原因：**通道开放，初乳中含有抑制蛋白水解酶活性的因子，保护免疫球Pr免遭E的水解作用。



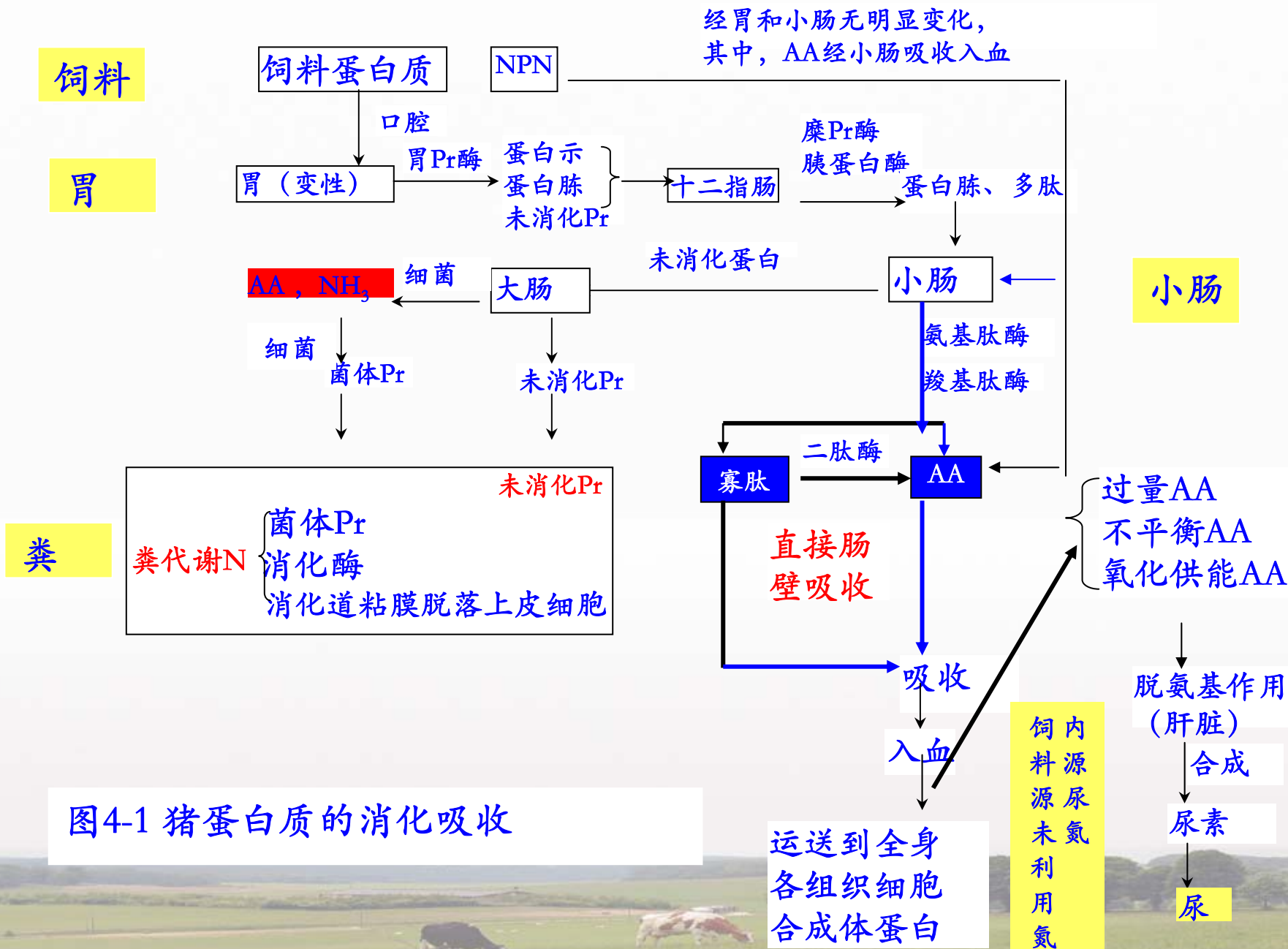


图4-1 猪蛋白质的消化吸收





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收 Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例

**吸收部位：**主要在小肠，上2/3部位，即十二指肠。

对AA的吸收受AA种类和构型的影响，受小肠部位的影响，吸收速度不相同。一些AA的吸收速度的顺序是：胱>色>亮>苯丙>赖>丝>天门冬>谷。

**吸收形式：**AA、寡肽。

**排出途径：**粪和尿，形式为菌体Pr，未消化Pr，尿素、尿酸等

**特殊之处：**新生的哺乳动物在出生后24~36小时内能直接吸收免疫球Pr。

**原因：**通道开放，初乳中含有抑制蛋白水解酶活性的因子，保护免疫球Pr免遭E的水解作用。



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### (一) 以猪为例

粪代谢氮:

尿内源氮: 饲料代谢产物的外源N 与组织降解产物的内源N





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收 Digestion and absorption of protein

### (二) 以马为例

**消化道结构：**单胃动物，盲肠、大结肠特别发达，有大量细菌繁殖，与瘤胃消化代谢特点相似。

**消化和营养生理特点：**介于杂食动物与反刍动物之间。

**Pr消化代谢特点：**

消化部位主要在小肠，其次是在盲肠和大结肠。

盲肠、大结肠中有微生物，可利用氨化物，纤维素。

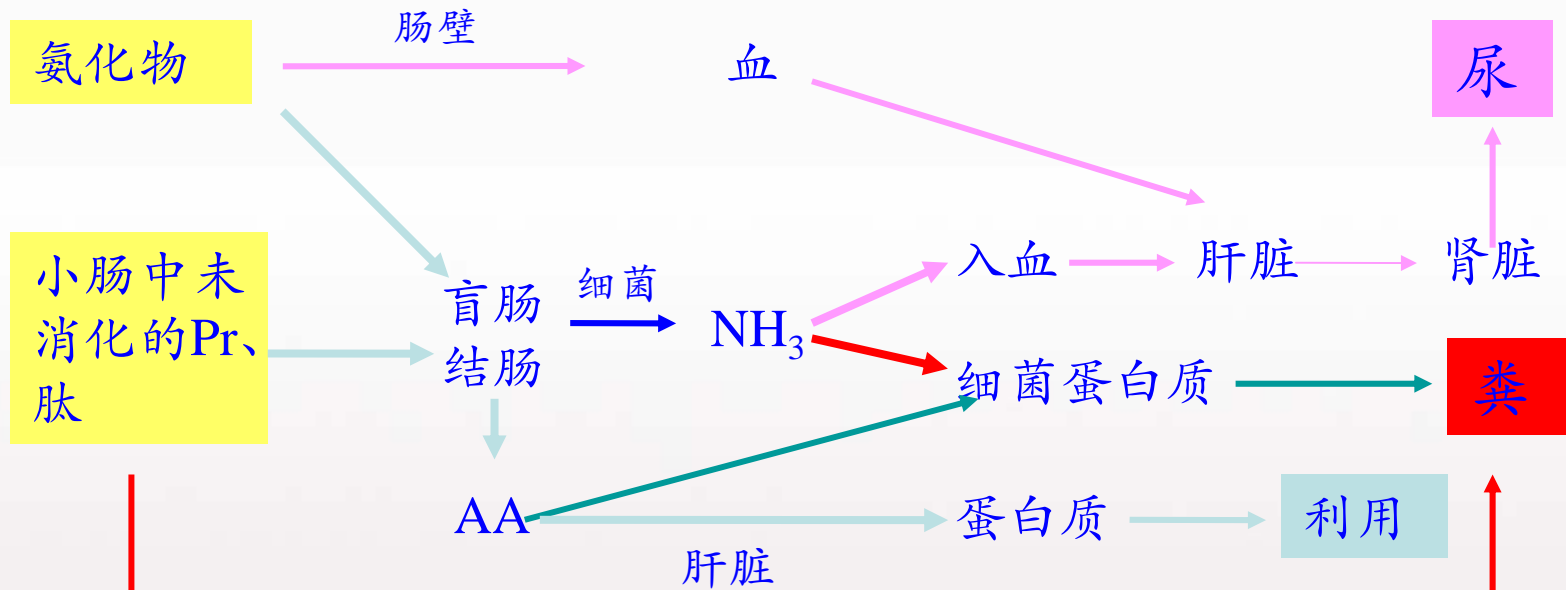
例如：马对于草中的Pr总消化率可达70.5%，41.1%在小肠中完成也，11.9%盲肠，13.6%大结肠；3.9%在小结肠和直肠。



## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收 Digestion and absorption of protein

### (二) 以马为例

与猪的不同之处：未消化的Pr进入盲肠和大结肠后的代谢过程不同。





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收 Digestion and absorption of protein

### (三) 影响蛋白质消化吸收的因素—自学

动物因素:

饲料因素:

**饲料加工：热损害**（棕色反应，**Maillard**反应）肽链上的某些游离 $\text{NH}_2$ ，特别是赖AA的 $\epsilon\text{-NH}_2$ 与还原糖的醛基发生反应，生成一种棕褐色的氨基糖复合物。Lys不能被动物消化、吸收。





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收 Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

**消化器官：**具有复胃（四个胃）、瘤、网、瓣、皱

**瘤胃微生物：**细菌、纤毛原虫及厌氧真菌

细菌： $10^9 \sim 10^{10}/\text{ml}$ 、 原虫 $10^5 \sim 10^6/\text{ml}$

真菌游动孢子数  $10^3 \sim 10^5/\text{ml}$

**微生物的底物特点：**

大部分细菌可以将 $\text{NH}_3$ （80%）作为生长的N源；

26%的细菌只能利用 $\text{NH}_3$ 作N源；

只有55%的细菌既可利用 $\text{NH}_3$ 也可利用AA作为生长的N源；

仅有少数细菌可以良好地利用肽作为N源。



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

摄入蛋白质的70% (40-80%) 被瘤胃微生物消化，其余部分 (30%) 进入真胃和小肠消化。

消化过程 (图)



# 日粮

真蛋白

NPN

唾液

蛋白质

滞留肽

尿素

NPN

瘤胃

肽

尿素

氨基酸

$\text{NH}_3$

菌体蛋白

肝脏

吸收肽

过瘤胃肽

皱胃

降解蛋白质

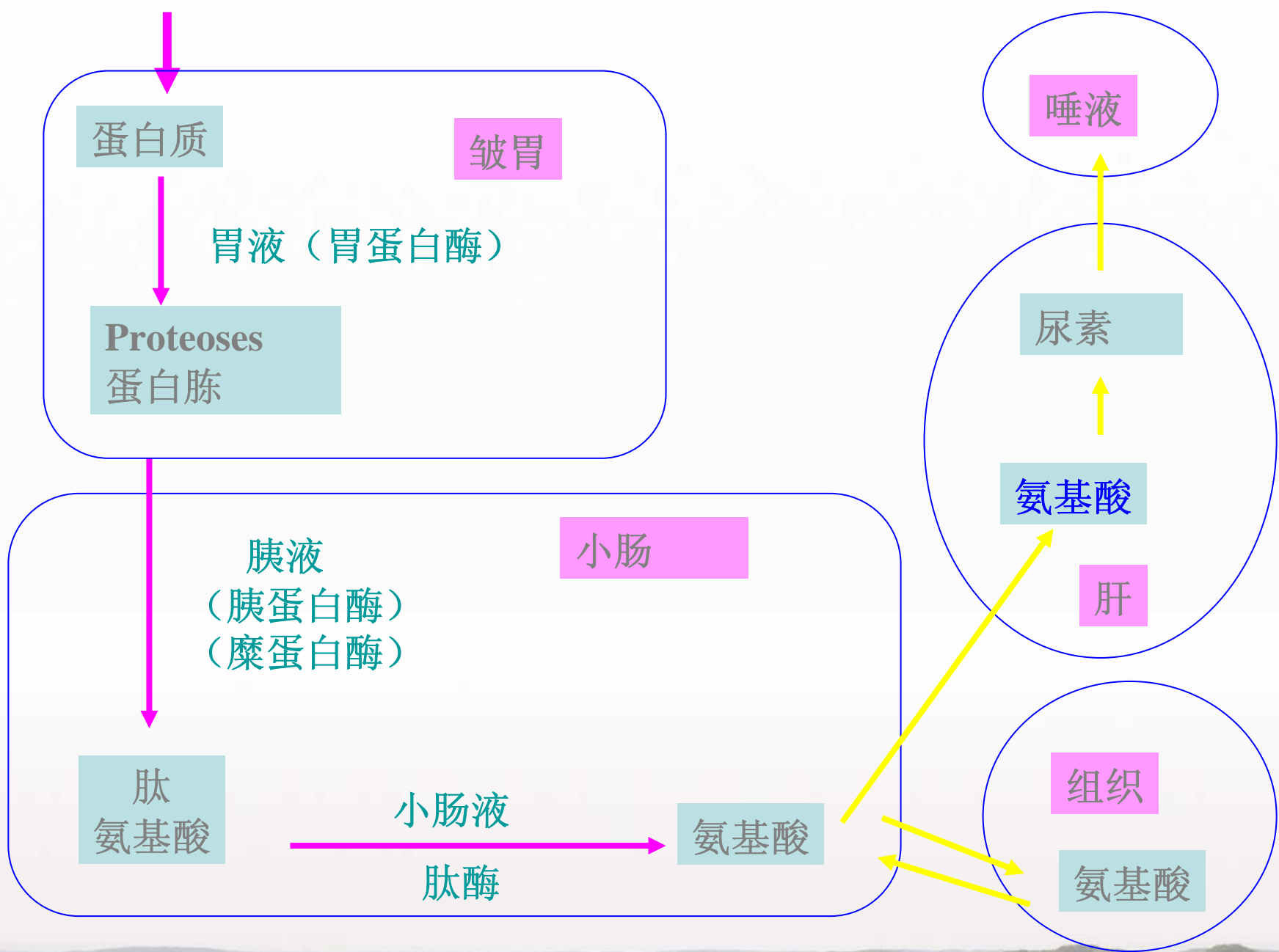


图 反刍动物对蛋白质的消化吸收



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

(1) 饲料蛋白质

瘤胃降解蛋白 (RDP)  
(微生物蛋白质)

瘤胃未降解蛋白  
(过瘤胃蛋白, UDP)

真胃与小肠

(2) 蛋白质降解率 (%) = RDP / 食入CP



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

##### (3) 肽的去路

游离AA.....

吸收肽经瘤胃壁、瓣胃壁直接吸收

可直接用于合成微生物Pr

过瘤胃肽

滞留肽





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

##### (3) AA的来源与去路

来源：蛋白质降解、NPN

去路：可直接用于合成微生物Pr

分解产生 $\text{NH}_3$ 等





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

##### (4) $\text{NH}_3$ 的来源与去路

**来源：**蛋白质、AA与NPN降解

**去路：**可直接用于合成微生物Pr  
吸收入血合成**尿素**



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

#### (4) 尿素的来源与去路

来源：NPN、瘤胃尿素循环

去路：随尿排出

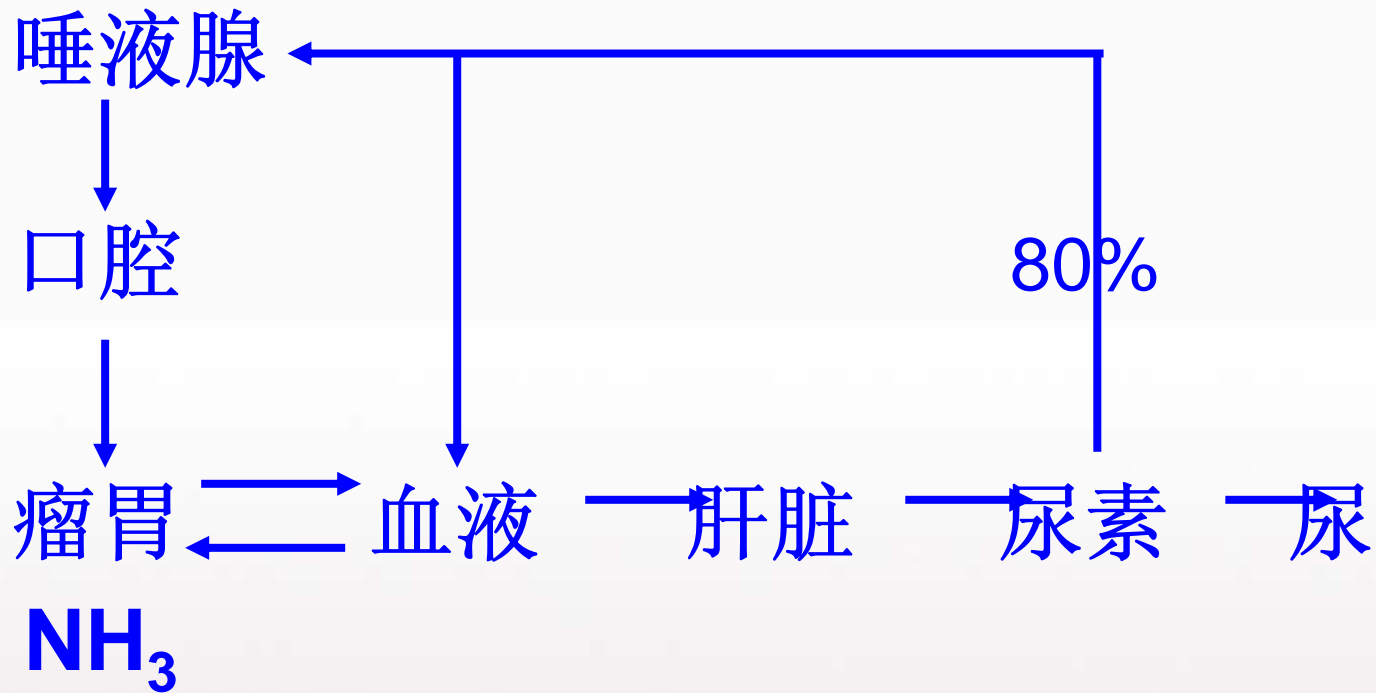
瘤胃尿素循环





# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein



图瘤胃的氮素循环



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 1、瘤胃内的消化

##### 瘤胃尿素循环

**含义：**一部分进入肾脏，随尿排出体外，另一部分运送到唾液腺，随分泌出的唾液又吞咽进入瘤胃或通过瘤胃壁从血液扩散进入瘤胃，再次被细菌利用产生 $\text{NH}_3$ ，部分 $\text{NH}_3$ 被细菌再利用合成细菌Pr，部分 $\text{NH}_3$ 又经瘤胃壁吸收入血送入肝脏，合成尿素，周而复始，反复不断循环，这一现象叫做瘤胃—肝脏的N素循环或瘤胃尿素循环。

**意义：**减少饲料Pr的损耗，可使饲料中Pr尽量转化为菌体Pr，对Pr营养代谢具有实际意义。



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 2、真胃和小肠内的消化

类似于单胃动物，依靠消化道分泌的各种蛋白酶消化。

小肠前半部主要分泌消化酶

后半部主要分泌吸收。（以AA和肽形式）

大肠主要吸收水分

3、真胃、小肠中未被消化的Pr，进入盲肠、大肠，之后又随粪排出体外。





## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

### Digestion and absorption of protein

## 二、反刍动物

### 总结

A、饲料Pr进入瘤胃后，分为降解蛋白质（大约有2/3）与非降解蛋白质。

通过瘤胃而未经瘤胃微生物消化分解的蛋白质叫做过瘤胃Pr（by pass proteins）。

B、进入真胃与小肠的Pr有微生物Pr（大部分）与非降解蛋白质。因此，反刍动物的Pr营养特点实际上就是微生物Pr的营养。

C、瘤胃微生物对反刍动物蛋白质的供给具有一种调节作用，劣→优，优→降低。



## 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

### Digestion and absorption of protein

#### 二、反刍动物

#### 总结

C: 吸收主要在瘤胃和小肠，瘤胃可吸收小肽及 $\text{NH}_3$ ，尤其对 $\text{NH}_3$ 具有强烈的吸收能力。

小肠主要是吸收AA

D、反刍动物胃肠中未被消化的Pr进入盲肠和大肠后与猪等单胃杂食动物相似。

E、粪N也包括饲料来源的N和粪代谢N。

F: 尿中N也包括两部分：内源N和外源N。



# 第三节 蛋白质在动物体内的消化吸收

## Digestion and absorption of protein

### 二、反刍动物

#### 总结

**瘤胃NH<sub>3</sub>吸收:** NH<sub>3</sub>浓度低于10mg%时, 吸收少, 细菌可有效利用NH<sub>3</sub>, 大于50mg%时, 大量吸收, 易引起中毒, 上升到80mg%/ml, 血NH<sub>3</sub>浓度超过5mg%/ml可出现中毒。

用NH<sub>3</sub>与发酵有机物间的关系来表达瘤胃内环境比用最适NH<sub>3</sub>浓度更切合实际。

**影响反刍动物对含N化合物消化和吸收的因素:** ①饲料组成降解率; ②蛋白质的损害 (酸性洗涤不溶N) 。



## 第四节蛋白质、氨基酸的代谢

### The metabolism of protein and AA

#### 一、AA代谢 amino acid metabolism

吸收后的AA：体蛋白的合成，分解供能，转化为G、酮体等其它物质。

AA代谢过程中的反应：转氨基反应、脱氨基反应、脱羧基反应等。

生成的产物：酮酸、氨、胺化物和必需AA。

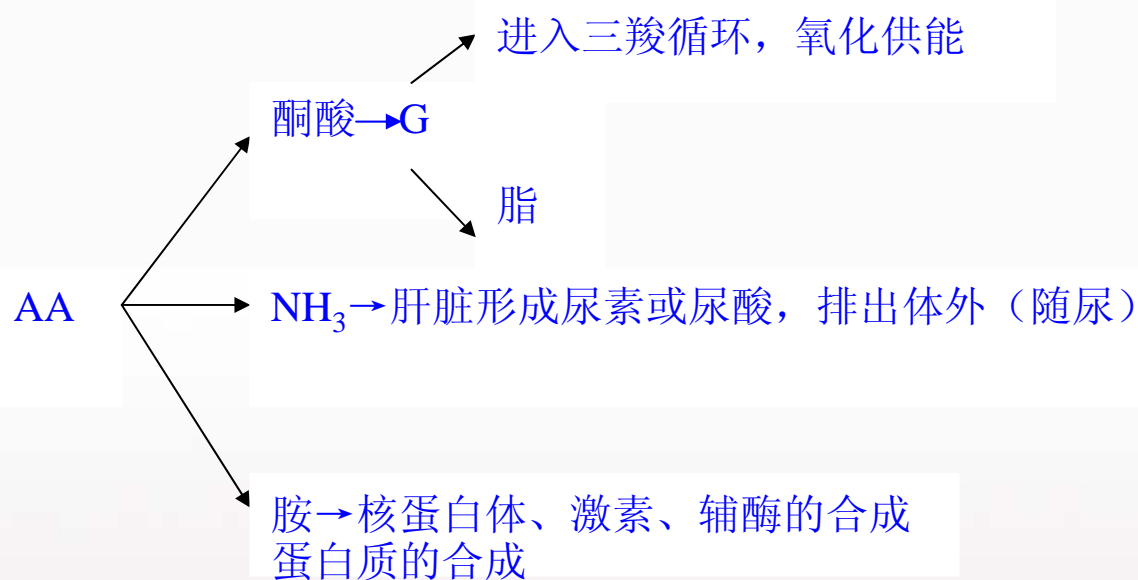




# 第四节 蛋白质、氨基酸的代谢

## The metabolism of protein and AA

### 一、AA代谢 amino acid metabolism

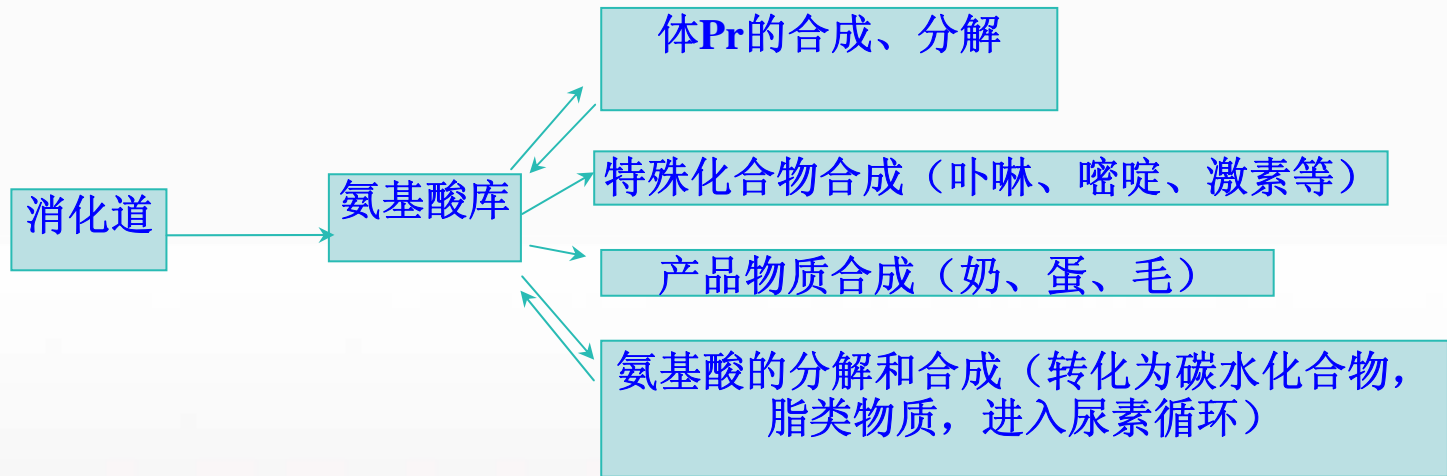




# 第四节蛋白质、氨基酸的代谢

## The metabolism of protein and AA

### 一、AA代谢 amino acid metabolism



机体AA代谢图





# 第四节蛋白质、氨基酸的代谢

## The metabolism of protein and AA

### 二、蛋白质的合成（自学）





# 第五节 蛋白质、氨基酸的品质与利用

## Quality and utilization of protein and amino acids

### 一、蛋白质、氨基酸的品质

#### 1、必需氨基酸与非必需氨基酸 (essential amino acids and non-essential amino acids)

饲料Pr中的AA按对动物营养上的来源分为两大类（从营养价值角度），必需和非必需AA。

**必需AA (EAA)**：在动物体内不能合成或合成的速度及数量不能满足动物的正常需要，必须由饲料提供的AA。

**非必需AA (NEAA)**：动物体可以合成且合成较多，不需由饲料供给亦能够满足动物的需要。



## 一、蛋白质、氨基酸的品质

从代谢的角度，无必需与非必需之分，所有AA均属必需，均参与代谢，用于维持和生产畜产品。

从饲料来源或AA供给的角度，有的AA必须由饲料中供给才能满足，有的则不必供给也能满足，有必需和非必需之分。动物的种类、年龄、生理状态不同，其EAA和NEAA的种类虽然相似，但亦有差异。

成年动物的必需AA有8种，分别是赖、蛋、色、苯丙、亮、异亮、苏、缬AA

幼龄动物：生长除8种之外，还需精AA和组AA，共10种。

雏鸡正常生长：13种，除以上10种外，还有甘AA、胱AA、酪AA。



## 一、蛋白质、氨基酸的品质

反刍动物本身不能合成必需氨基酸，但瘤胃微生物能合成宿主动物所需的几乎全部的必需与非必需氨基酸。

然而，生产性能高的反刍动物瘤胃微生物能合成的数量与质量则不能完全满足需要，需以过瘤胃蛋白或过瘤胃氨基酸的形式由日粮提供。



# 一、蛋白质、氨基酸的品质

## 2、半必需氨基酸

某些种类的必需AA是动物体内合成非必需AA的前体，故增加日粮中某些非必需AA的供给，就可减少某些必需AA的需要量。或在一定条件下能代替或节省部分必需氨基酸的氨基酸。

丝氨酸 → 甘氨酸（部分）

胱氨酸 → 蛋氨酸（50%）

酪氨酸 → 苯丙氨酸（30-50%）



# 一、蛋白质、氨基酸的品质

## 3、条件性必需氨基酸

特定条件下必需由饲料供给的AA.

如:对仔猪, Arg、Glu、脯AA是条件性EAA

妊娠母猪: His

丝氨酸 → 甘氨酸 (部分)

胱氨酸 → 蛋氨酸 (50%)

酪氨酸 → 苯丙氨酸 (30-50%)





# 一、蛋白质、氨基酸的品质

## 4、限制性AA (limiting amino acids)

**定义：**指一定饲料或饲料所含的EAA含量与动物所需EAA的量的比值，比值偏低的AA为限制性AA。

或Pr的最大营养价值是受动物必需的最缺少AA的限制，这种最缺少的必需AA叫限制性AA；**指饲料AA对动物的满足程度。**

或指饲料一种或几种EAA的含量较动物最快生长所需要的AA量少的必需AA，而且由于它们的不足，限制了动物对其它必需、非必需AA的利用。

通常饲料中最缺少的AA（不能满足动物需要的）称第一限制性AA，其次缺少的为第二限制性AA，依次确定。



## 一、蛋白质、氨基酸的品质

**确定：**氨基酸化学评分 = 饲料EAA含量 / 动物EAA需要量 × 100

表4-2 仔猪玉米——豆粕型日粮（粗蛋白18%）的氨基酸化学评分

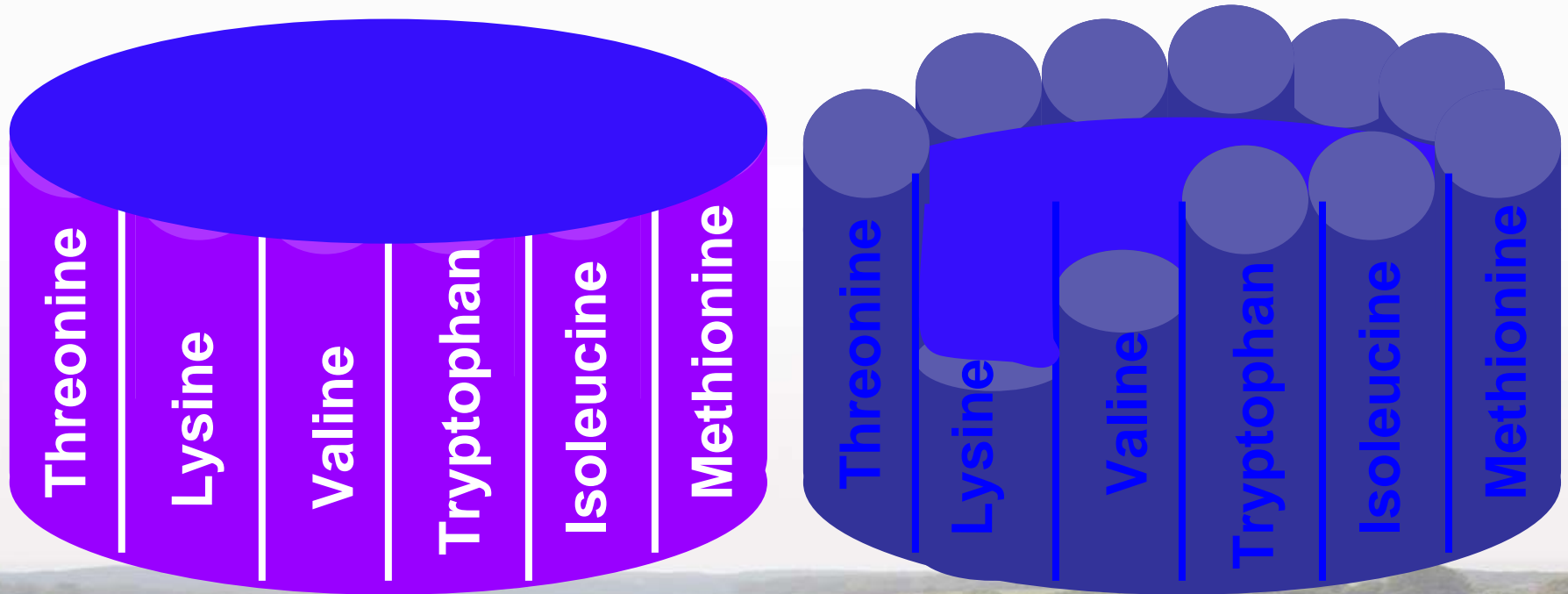
必需氨基酸种类	仔猪需要量 (%)	饲料中含量 (%)	氨基酸的化学评分 (%)
精氨酸	0.20	0.77	385
组氨酸	0.18	0.30	166
异亮氨酸	0.50	0.58	116
亮氨酸	0.60	1.31	218
赖氨酸	0.70	0.50	71.4
蛋氨酸+胱氨酸	0.45	0.48	106
苯丙氨酸+酪氨酸	0.70	1.24	177
苏氨酸	0.46	0.81	118
色氨酸	0.12	0.10	83
缬氨酸	0.50	0.59	118



# 一、蛋白质、氨基酸的品质

## 4、限制性AA (limiting amino acids)

水桶效应





# 一、蛋白质、氨基酸的品质

## 4、限制性AA (limiting amino acids)

不同的饲料由于各AA含量有差别，故限制性AA也有所不同，见表4-2

相同的饲料用于不同的动物，限制性AA亦不完全相同

尽管饲料中限制性AA种类因饲料和动物不同而异，但在常用的植物性饲料中，通常赖、蛋、色AA三种AA不能满足动物需要，限制性AA是赖、蛋或色AA。而且一般猪--赖AA、禽--蛋氨酸为第一限制性AA。



# 一、蛋白质、氨基酸的品质

**表4-3 饲料AA的限制顺序**

	猪			禽		
	第一	第二	第三	第一	第二	第三
玉米	Lys	Trp	Thr	Lys	Arg	Ile
小麦	Lys	Thr	Val	Lys	Thr	Arg
大麦	Lys	Thr	SAA	Lys	Arg	SAA
玉米蛋白粉	Lys	Trp	Thr	Lys	Trp	Arg
米糠	Lys	SAA	Thr	Lys	SAA	Ile
麦麸	Lys	Thr	SAA	Lys	SAA	Thr



## 一、蛋白质、氨基酸的品质

表4-4 饲料AA的限制顺序

	猪			禽		
	第一	第二	第三	第一	第二	第三
豆粕	SAA	Thr	Lys	SAA	Thr	Val
棉饼	Lys	SAA	Thr	SAA	Lys	Ile
菜饼	SAA	Lys	Trp	SAA	Arg	Ile
鱼粉	Trp	Thr	SAA	SAA	Arg	Thr
血粉	Ile	SAA	Thr	Ile	SAA	Thr
肉粉	Trp	SAA	Thr	SAA	Trp	Thr





## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### 1、AA 平衡

定义：日粮Pr中各种AA的组成、比例与动物维持、生长、繁殖或泌乳等生产所需的蛋白质组成、比例相符合，包括必需氨基酸之间以及必需氨基酸与非必需氨基酸之间的组成与比例，则该日粮AA比例平衡。



## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### 2、AA 不平衡

1) 概念：饲料氨基酸的相互比例与动物的需求比例不一致，过低或过高。

2) 氨基酸失衡的结果：

- 蛋白质利用率下降
- 能量利用率下降
- 有机物利用率下降
- 生产水平和效益降低



## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### (1) 氨基酸的缺乏

1) 概念：某种或几种氨基酸含量不足，不能满足动物需要，而影响动物的生产性能。

2) 缺乏症：氨基酸的缺乏引起其他氨基酸脱氨、氧化分解供能，使蛋白质利用率下降，产生蛋白质缺乏症，个别氨基酸产生特异性症状，如赖氨酸使禽类的有色羽毛白化等。

3) 特点：缺乏的氨基酸常常是EAA；常发生在低蛋白饲料和生长快、高产的动物；缺乏症可过补充所缺乏的氨基酸而缓解或纠正。



## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### (2) 氨基酸中毒

由于饲料中某种氨基酸含量过高而引起动物生产性能下降，添加其他氨基酸可部分缓解中毒症，但不能完全消除。

在必需氨基酸中，蛋氨酸最容易发生。





## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### (3) 氨基酸拮抗作用

1) 概念：由于某种氨基酸含量过高而引起另一种或几种氨基酸需要量提高。

2) 拮抗作用的实质：干扰吸收-----竞争相同的吸收载体，或影响代谢-----影响酶活性

3) 常见类型：赖氨酸与精氨酸

亮氨酸与异亮氨酸、缬氨酸



## 二、蛋白质、氨基酸的利用

### (4) 氨基酸互补作用

由于各种饲料所含EAA种类、含量、限制的程度不同，多种饲料混合可起到AA取长补短的作用。互补作用也可能发生在不同时间饲喂的多种饲料中，但随间隔时间增长，互补作用减弱。

实践意义：提高蛋白质利用率的有效途径，是配合饲料生产的理论基础之一。

	Ile	Lys	Met	Trp
Legumes	Orange	Orange	White	White
Grains	White	White	Orange	Orange
Together	Orange	Orange	Orange	Orange

© 1993 Wadsworth Publishing Company/ITP





## 三、理想蛋白质模式

### 1、概念

AA间平衡最佳、利用效率最高的蛋白质。理想蛋白中各种氨基酸(包括NEAA)具有等限制性,不可能通过添加或替代任何剂量的任何氨基酸使蛋白质的品质得到改善。



## 三、理想蛋白质模式

### 2、必要性

- 1) 资源开发及优质蛋白饲料替代品的利用所必需
- 2) 成本高
- 3) 提高生产性能，减少N排泄量的环境污染。
- 4) 过量AA或蛋白质既造成能量的损失，又增加机体的负担，影响动物健康
- 5) 合理利用合成AA





## 三、理想蛋白质模式

### 3、理想蛋白的表达方式

1) g/16gN

2) 以Lys为100 的EAA相对比例——理想 A A 模式

原因:

- Lys的分析测试简单易行;
- Lys的主要功能是合成蛋白质;
- Lys需要量大, 且常是日粮的第一、二LAA;
- Lys有关研究资料最多;
- 配制日粮时可应用价格便宜的合成Lys。



## 三、理想蛋白质模式

### 3、理想蛋白的表达方式

#### E A A 与 N E A A 的比例

猪:       ARC (1981) :       45 : 55

Fuller (1989):       50 : 50

Colin (1993):       43.5 : 56.5

Wang (1989):       45 : 55

肉鸡:       55: 45



### 三、理想蛋白质模式

表4-5 生长猪AA平衡模式

	ARC 1981	NRC 1988	Wang 1990	Baker 1992	Whitemore 1993
精氨酸		33		42	
赖氨酸	100	100	100	100	100
组氨酸	33	29		32	36
蛋+胱氨酸	50	57	61	60	57
异亮氨酸	55	61	60	60	57
亮氨酸	100	80	111	100	107
苯丙+酪氨酸	96	88	120	95	107
苏氨酸	60	64	64	65	64
色氨酸	15	16	20	18	21
缬氨酸	70	64	75	68	71



### 三、理想蛋白质模式

表 2 家禽 AA 平衡模式

	产蛋鸡	0-3 周 肉鸡	3-6 周 肉鸡	火鸡	鸭	雉鸡
精氨酸	106	120	120	96	94	96
赖氨酸	100	100	100	100	100	100
组氨酸	25	29	30	35	43	28
蛋+胱氨酸	86	78	72	58	83	75
异亮氨酸	78	67	70	65	78	75
亮氨酸	114	113	118	115	133	130
苯丙+酪氨酸	125	112	117	108	144	139
苏氨酸	70	67	74	60	66	79
色氨酸	22	19	18	15	19	17
缬氨酸	86	68	72	72	89	73





### 三、理想蛋白质模式

表 4 - 7 生长猪可消化AA平衡模式

	Yen 等 (1986a)	Yen 等 (1986b)	Wang 等 (1990)
赖氨酸	100	100	100
组氨酸	43	46	
蛋氨酸	37	39	
蛋+胱氨酸	52	58	60
异亮氨酸	73	76	60
亮氨酸	130	140	111
苯丙氨酸	86	95	120
苏氨酸	64	67	66
色氨酸	19	21	19
缬氨酸	90	97	75

### 三、理想蛋白质模式

表 4 - 8 猪的维持和体蛋白沉积所需的  
最佳AA平衡模式

	维持	体蛋白沉积
赖氨酸	100	100
蛋氨酸	25	28
蛋+胱氨酸	136	53
异亮氨酸	44	63
亮氨酸	64	115
苯丙氨酸	50	60
苯丙+酪氨酸	103	124
苏氨酸	147	69
色氨酸	31	18
缬氨酸	56	77

**表 4 - 9 生长猪不同阶段可消化AA平衡模式**

	<b>5-20Kg</b>	<b>20-50Kg</b>	<b>50-100Kg</b>
赖氨酸	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
精氨酸	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>30</b>
组氨酸	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
蛋氨酸	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
蛋+胱氨酸	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>
异亮氨酸	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
亮氨酸	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
苯丙+酪氨酸	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
苏氨酸	<b>65</b>	<b>67</b>	<b>70</b>
色氨酸	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
缬氨酸	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>68</b>

表 4 - 10 肉鸡不同阶段可消化AA平衡模式

	1-21 日 龄	21-42 日 龄
赖 氨 酸	100	100
精 氨 酸	105	105
组 氨 酸	32	32
蛋 氨 酸	36	37
蛋 + 胱 氨 酸	72	75
异 亮 氨 酸	67	67
亮 氨 酸	109	109
苯 丙 氨 酸	105	105
苏 氨 酸	67	70
色 氨 酸	16	17
缬 氨 酸	77	77



## 三、理想蛋白质模式

### 4、理想蛋白的应用

- 建立动物 AA 需要量
- 指导饲粮配制及合成氨基酸的应用，充分合理利用饲料资源。
- 预测生产性能— 实现日粮低N化，降低日粮成本，降低N排泄量，减少环境污染。



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 1、蛋白质的营养价值

**定义：** Pr被动物机体吸收利用后满足动物对Pr营养需要的程度

**Pr营养价值：** 主要取决于Pr中EAA的数量、种类及其比例，即蛋白质的全价性





## 四、蛋白质品质的评定方法

### 2、单胃动物蛋白质质量评定体系

- (1) CP: 应用较早, 但只能反应日粮本身所含氮的多少。
- (2) DCP、CP消化率: 优于CP, 但受多因素的影响。
- (3) BV、TBV: 生物学价值 (biological value), 真实生物学价值, 反映了可吸收N的利用情况。

$$BV = (\text{食入N} - \text{粪N} - \text{尿N}) / (\text{食入N} - \text{粪N}) \times 100\%$$

$$TBV = [\text{食入N} - (\text{粪N} - \text{粪代谢N}) - (\text{尿N} - \text{尿内源N})] / [\text{食入N} - (\text{粪N} - \text{粪代谢N})] \times 100\%$$



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 2、单胃动物蛋白质质量评定体系

(4) NPU—净蛋白利用率 (net protein utilization), 反映了日粮N的利用情况。

$$\text{NPU} = \text{沉积N (CP)} / \text{食入N (CP)} \times 100\%$$

$$= \text{BV} \times \text{N的消化率}$$

(5) PER—蛋白质效率比 (protein efficiency ratio)

$$\text{PER} = \text{体增重} / \text{N (CP) 的食入量} \times 100\%$$

(6) 化学比分 (CS) Chemical score

$$\text{CP} = \text{待测蛋白质的EAA含量} / \text{标准蛋白质的EAA含量} \times 100\%$$



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 2、单胃动物蛋白质质量评定体系

#### (7) 必需AA指数 (EAAI, essential AA index)

饲料蛋白质中EAA含量与标准蛋白质中相应EAA含量之比的几何平均数。 $EAAI = (b_1/a_1 \times b_2/a_2 \times \dots \times b_n/a_n)^{1/n}$

$b_1, b_2, \dots, b_n$  为待测饲料蛋白质的各种EAA的含量， $a_1, a_2, \dots, a_n$  为标准蛋白质相应EAA的含量， $n$  为参与计算的EAA的个数。

EAAI只能说明EAA含量与标准蛋白质相比接近的程度，未考虑限制性AA的因素，可粗略预测几种饲料配合时AA互补的总效果，几种饲料AA组成差异很大时可能含有相同或接近的EAAI。即EAAI值相同，其AA组成不一定相似。



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 2、单胃动物蛋白质质量评定体系

上述七种指标可不同程度地说明各种蛋白质质量的好坏，但缺乏可加性，由于AA互补作用，当几种饲料混在一起后，用上述任一指标评定混合饲料的结果不等于单个饲料评定结果之和。因此难以与动物需要量挂勾，形成需要与供给之间能统一的一种体系。



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 2、单胃动物蛋白质质量评定体系

#### (8) 可消化、可利用和有效AA

可消化AA—消化实验（被吸收的AA）

可利用AA：食入饲料蛋白质中能够被动物消化吸收并可用于蛋白质合成的AA。

有效AA：指对可消化、可利用AA的总称。可消化、可利用和有效AA也无严格的区分。



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 3、反刍动物蛋白质质量评定体系

(1) : CP、DCP、ADIN、蛋白质当量

不能真实地反映反刍动物N代谢的实质。

(2) : 蛋白质评定新体系:

实质将反刍动物对蛋白质的需要分为：瘤胃微生物需要、宿主需要两部分。降解蛋白质与非降解蛋白质需要





## 四、蛋白质品质的评定方法

### 3、反刍动物蛋白质质量评定体系

**核心：**测定饲料Pr在瘤胃中的降解率

比较有代表性的是：美国可代谢Pr体系、

英国瘤胃降解（RDP）与非降解Pr（UDP）体系。

RDP—微生物降解的Pr，80% - 100%可合成菌体Pr

UDP—瘤胃未降解Pr

饲料蛋白质降解率 =  $1 - [(\text{十二指肠非氨N} - \text{微生物N})] / \text{食入的饲粮N} \times 100\%$

饲料蛋白质降解率 =  $1 - [(\text{十二指肠非氨N} - (\text{微生物N} + \text{内源N}))] / \text{食入的饲粮N} \times 100\%$



## 四、蛋白质品质的评定方法

### 3、反刍动物蛋白质质量评定体系

**测定关键：**十二指肠N流量、微生物N量、内源N

**测定法：**

**体内法in vivo**（十二指肠瘘管术结合同位素标记测定法、瘤胃造瘘术结合尼龙袋培养法）

饲料蛋白质降解率 =  $(\text{初始含N量} - \text{瘤胃内培养后含N量}) / \text{初始含N量} \times 100\%$

**体外法in vitro：**是在体外人工模拟瘤胃条件下测定其降解率，原理与体内法类似。培养液的来源：直接取自瘤胃液、模拟配制，二者各有优缺点。



## 五、提高蛋白质营养价值的方法

### 1、利用Pr的互补作用（进行合理的日粮配合）

配合日粮应该尽量多样化

例：用三组日粮（CP水平相同，但组成不同）饲喂雏鸡进行饲养试验，Pr含量为20%。

日粮类型	增长速度
I 组豆饼	84%
II 组芝麻饼	21%
III 组豆饼+芝麻饼	100%



## 五、提高蛋白质营养价值的方法

### 2、控制日粮中Pr水平（含量）

过高、过低的影响

### 3、合理的饲料加工调制方法

过瘤胃处理

避免热损害

### 4、适当的能量蛋白比——同步变化

能量蛋白比=[消化能 (kcal) /kg]/粗蛋白质 (g/kg)

或[代谢能 (kcal) /kg /粗蛋白质 (g/kg)

能量过高、过低的影响

### 5、使用某些添加剂

### 6、抗氧化剂



## 第五节 动物对非蛋白质含N物的利用

### The utilization of ruminant animals on NPN

#### 一、反刍动物的利用

##### 1、尿素利用机制



利用NPN的意义：节约蛋白质、降低成本



## 一、反刍动物的利用

### 2、NPN中毒-----氨中毒

原因:

NPN释放氨的速度大大超过微生物利用氨的速度,使血液氨浓度大大增加。

100g瘤胃内容物能在1小时内把100mg尿素转化为 $\text{NH}_3$ 。





## 一、反刍动物的利用

### 2、NPN中毒-----氨中毒

血氨浓度:

>8ppm : 出现中毒, 表现神经症状, 肌肉震颤;

>20ppm: 呼吸困难、强直性痉挛, 运动失调;

>50ppm: 死亡。





## 一、反刍动物的利用

### 3、合理利用NPN的途径

#### (1) 延缓NPN的分解速度

选用分解速度慢的NPN，如双缩脲等

采用包被技术

使用脲酶抑制剂

#### (2) 增加微生物的合成能力

提供充足的可溶性碳水化合物、矿物元素、维生素

$N:S = 15:1$ ，即100g尿素加3g S



## 一、反刍动物的利用

### 3、 合理利用NPN的途径

#### (3) 正确的使用技术

- ❖用量：不超过总氮的20-30% 或不超过饲粮干物质的1%  
不超过精料补充料的2-3%  
每100kg体重20-30g
- ❖适应期：2-4周
- ❖不能加入水中饲喂
- ❖制成舔砖
- ❖不与含脲酶活性高的饲料混合：生大豆或生豆粕
- ❖尿素青贮



## 一、反刍动物的利用

### 4、应用尿素时应注意的问题

- 1、限制饲喂的尿素量
- 2、减缓 $\text{NH}_3$ 释放速度，避免 $\text{NH}_3$ 中毒。
- 3、尿素不应与生豆饼或任何豆类籽实配合饲喂。
- 4、饲喂尿素时喂量应逐渐由小到大，最后达到标准饲喂量。
- 5、切忌不应将尿素在饮水中饲喂。



## 一、反刍动物的利用

### 5、UFP (Urea Fermentational Potential)

究竟尿素的利用量是多少，才可使反刍动物经济、合理、有效地利用尿素N呢？

美国提出用UFP来估计日粮尿素的适宜添加量，它是以前饲料蛋白质在瘤胃中的降解率为基础的。

$$UFP = (0.1044TDN - B) / 2.81$$

UFP-尿素发酵潜力, 2.81-每g尿素能合成的蛋白质当量

B-每kg日粮蛋白质的含量(g)与降解率的积

10.44-瘤胃中每100gTDN微生物能合成的菌体蛋白克数;

TDN-每kg所用日粮的可消化总养分(g);



## 二、非反刍动物的利用

### 1、猪

猪的胃肠粘膜存在有尿素酶及特异性的谷酰胺酶和天门冬酰胺酶，故尿素可在胃肠道中被分解，释放的N素可作为合成必需氨基酸N源。条件性，量少

### 2、禽

研究证明，简单含N化合物如尿素、磷酸氢铵和柠檬酸铵均可作为N源被家禽用来合成必需AA如谷AA、天门冬AA、丙AA

### 3、草食动物

可以利用，但意义不大。





# 寡肽

- 1、营养性寡肽
- 2、功能性寡肽





## 本章参考题

1. 单胃动物与反刍动物在蛋白质消化、吸收特点的异同？
2. 如何反刍动物对NPN的利用效率？如何利用？需注意哪些方面？
3. 蛋白质的营养作用及其重要性体现在哪些方面？
4. 蛋白质的性质与营养生理功能有何联系？
5. 必需AA、非必需AA、限制性AA、条件性必需AA、半必需AA、理想蛋白质的概念，与蛋白质的品质有何联系？如何评定和提高蛋白质的营养价值？



## 本章参考题

6. 蛋白质作为一种能源物质是否经济？为什么？什么情况下蛋白质作为一种能源物质供能？如何避免？
7. 何谓瘤胃N素循环？其意义是什么？
8. 反刍动物日粮中尿素的使用剂量是多少？根据UFP如何确定尿素的用量？



谢谢!





