



全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

畜产食品工艺学

蒋爱民 主编
食品科学与工程专业用

中国农业出版社

第一篇 肉与肉制品

第二章 肉的组成及特性

- 第一节 肉的形态结构
- 第二节 肉的化学组成及性质 □
- 第三节 肉的物理性质
- 第四节 肉的成熟
- 第五节 肉的变质
- 第六节 肉的新鲜度检验

第一节 肉的形态结构

- 胴体:指畜禽屠宰后除去毛、皮、头、蹄、内脏(猪保留板油和肾脏,牛、羊等毛皮动物还要除去皮)后的部分称为胴体。
- 从狭意上讲,原料肉是指胴体中的可食部分,除去骨的胴体,又称其为净肉。

第一节 肉的形态结构

- 肉(胴体)主要是由四大部分构成:
- 肌肉组(50%~60%)
- 脂肪组织(15%~45%)
- 结缔组织(9%~13%)
- 骨组织(5%~20%)

一、肌肉组织

肌肉组织主要有两种：

- 一种是平滑肌，存在于内脏器官，诸如，肾脏、胃、肝等由平滑肌构成；
- 一种是横纹肌，附着于骨骼上，是食用和肉制品加工的主要原料，约占动物肌体的30~40%。

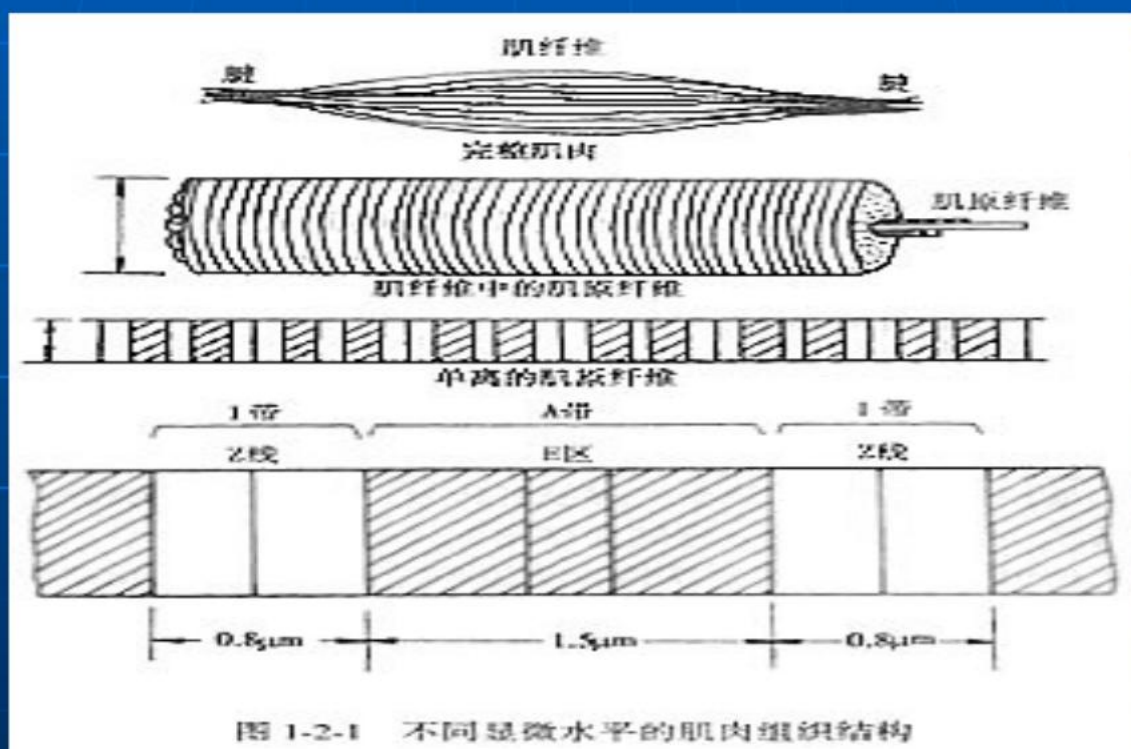
一、肌肉组织

- 横纹肌的构成单位是肌纤维，每50~150根肌纤维集聚成束，每个肌束的表面包围一层结缔组织薄膜，称为初始肌束。
- 肌纤维也叫肌纤维细胞，呈细长圆筒状，长度由数毫米到12厘米，直径只有10~100微米。
- 每个肌纤维由大约一千个肌原纤维排布而成，它们沿着长度方向形成规则明暗相间条纹。

一、肌肉组织

- 肌纤维外都覆盖结缔组织——肌膜，内部有少量细胞核，线粒体、内质网组织。肌原纤维则由两种蛋白质构成，一种是构成细超原纤维丝的肌动蛋白
- 另一种是构成粗超原纤维丝的肌球蛋白，它们之间相互作用构成肌肉的运动。肌原纤维之间充满肌浆。

肌肉的组织形态



二、脂肪组织

- 脂肪在肉中的含量变化较大，约 1.5%~4.5%，取决于动物种类。
- 脂肪的构造单位是脂肪细胞，它是动物体内最大的细胞，直径为 30~120 μm ，最大可达 250 μm 。
- 脂肪细胞大、脂肪滴多，出油率高。脂肪在体内的蓄积，依动物的种类肉呈大理石状，肉质较好。

二、脂肪组织

- 脂肪的功能
- 一是保护组织器官不受损伤
- 二是供给体内能源。
- 脂肪组织中脂肪约 87%~92%，水分 6~10%，蛋白质 1.3%~1.8%。
另还有少量的酶、色素及维生素等。

三、结缔组织

- 结缔组织是由细胞、纤维和无定形基质组成,一般占肌肉组织的9.7%~12.4%。
- 结缔组织的主要纤维有胶原纤维、弹性纤维、网状纤维三种,但以前二者为主。

四、骨组织□

- 猪骨约占胴体的 5%~9%，牛占 15%~20%。
- 骨由骨膜、骨质及骨髓构成。骨髓分红骨髓和黄骨髓。红骨髓细胞较多，为造血器官，幼龄动物含多。



四、骨组织□

- 黄骨髓主要是脂肪，成年动物含量多。
- 骨中水分约占40%~50%，胶原约20%~30%，无机质占20%。无机质主要是羟基磷灰石。



第二节 肉的主要化学成份

- 肉主要成份是水，其次按重要程度有蛋白质、含氮化食物、脂肪、矿物质、维生素、有机酸等。
- 肉中常见的矿物质有Na, K, Ca, Fe和P。这些成份因动物的种类、品种、性别、年龄、季节、饲料，使役程度，营养和健康状态等不同而有所差别(表1.2.1和表3.1)

畜禽肉的化学组成

成

表 1-2-1 畜禽肉的化学组成

名称	含量 (%)					热量 (J/kg)
	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	灰分	
牛肉	72.91	20.07	6.48	0.25	0.92	6 186.4
羊肉	75.17	16.35	7.98	0.31	1.92	5 893.8
肥猪肉	47.40	14.54	37.34	—	0.72	13 731.3
瘦猪肉	72.55	20.08	6.63	—	1.10	4 869.7
马肉	75.90	20.10	2.20	1.33	0.95	4 305.4
鹿肉	78.00	19.50	2.50	—	1.20	5 358.8
兔肉	73.47	24.25	1.91	0.16	1.52	4 890.6
鸡肉	71.80	19.50	7.80	0.42	0.96	6 353.6
鸭肉	71.24	23.73	2.65	2.33	1.19	5 099.6
骆驼肉	76.14	20.75	2.21	—	0.90	3 093.2

表3.1 不同肉的化学成份

肉 (中等质量)		不可食部分%	可食部分			
			水%	蛋白质%	脂肪%	灰分%
牛肉	胴体	16	60	17.5	22	0.87
	肋条	7	65	18.6	16.7	0.88
	腰肉	14	57	16.9	25	0.84
	后大腿肉	11	67	19.3	13	0.95
	臀部	24	53	15.5	31	0.77
猪肉	胴体	12	42	11.9	45	0.6
	腹肉	7	34	9.1	56	0.5
	腰肉	19	34	16.4	25	0.9
	后大腿	14	53	15.2	31	0.8
羊肉	胴体	22	55.8	15.7	27.7	0.8
	腿肉	17	63.7	18.0	17.5	0.9
	腰肉	15				
	肋肉	24	51.9	14.9	32.4	0.8
	肩肉	20	58.3	15.6	25.3	0.8
鸡肉	鸡胸肉		75	21	0.9	

第二节 肉的主要化学成份

- 一、蛋白质
- 二、脂肪
- 三、浸出物
- 四、矿物质
- 五、维生素
- 六、水

一、蛋白质

- 肌肉蛋白质的组成，依其构成的位置和在盐溶液中溶解性，分三种蛋白质：肌原纤维蛋白质占50%，肌浆中蛋白质约30%，基质蛋白质约20%。
- 肌原纤维蛋白质主要包括肌球蛋白和肌动蛋白。肌球蛋白分子量为50~60万，在pH值6.5时加热到45℃凝固

一、蛋白质

肌球蛋白是构成肌原纤维微观结构中粗纤维丝，所以粗纤维丝也称肌球蛋白纤维丝，在构成肌球蛋白纤维丝中，轻酶解肌球蛋白为骨架，重酶解肌球蛋白碎片（A）为突起，其结构如图所示

一、蛋白质

- 肌动蛋白以球状肌动蛋白（G-肌动蛋白）和纤维状肌动蛋白（F-肌动蛋白）的形式存在。
- G-肌动蛋白在ATP、KCl和Mg²⁺离子共同作用下聚合成F-肌动蛋白。
- F-肌动蛋白为长1~5微米的丝状结构，两条F-肌动蛋白扭和在一起与原肌球蛋白，肌钙蛋白等结合构成了肌动蛋白纤维丝。

一、蛋白质

- 细纤维丝是两条F-肌动蛋白与13个G-肌动蛋白而扭转一周的螺旋结构。
- 原肌球蛋白与肌钙蛋白是调节蛋白质，它们可以调节肌肉的运动。

一、蛋白质

- 结缔组织蛋白质主要由胶原蛋白（Collagen）和弹性蛋白构成。
- 胶原蛋白是由三条多肽聚合在一起形成的螺旋结构。多肽链上主要氨基酸有：甘氨酸、脯氨酸和羟氨酸，从营养角度考虑是不完全蛋白质。
- 皮、骨、腱等含有的胶原蛋白经部分水解后，得到的高分子天然多肽聚合物是明胶。可用动物的皮、骨、腱制作胶原蛋白的水解物产物—明胶。

一、蛋白质

- 弹性蛋白在很多结缔组织中与胶原蛋白共存，它是构成黄色弹性纤维蛋白质，在韧带组织和大动脉壁含量最多，它的结构基础不是螺旋状，本身具有黄色。
- 甘氨酸主要是组成成份占氨基酸总量的1/3。它弹性较强，强度却不及胶原蛋白。
- 角质蛋白是头发，指甲和皮肤的主要成份，一般由三个螺旋性蛋白链成一个大螺旋（原纤维），11个原纤维形成一个微纤维。

肌肉中蛋白质的构成比例

表 1-2-3 肌肉中蛋白质的构成比例

种类	肌原纤维蛋白质 (%)			肌浆蛋白质 (%)	基质蛋白质 (%)
	肌球蛋白	肌动蛋白	肌动球蛋白		
家兔肉	2	18	31	34	15
家兔肉*	38	14	—	28	20
小牛肉	30	20	1	24	25
猪肉	19	32	32	20	29
马肉	4	9	35	16	36

* 不同资料来源。

二、脂肪

- 随着动物种类的不同及胴体上部位的不同，肌肉中脂肪的含量是不同。
- 脂肪可分为四类：肌肉间脂肪（可见的并可分割出来），肌肉内脂肪（不可见的），细胞间脂肪（使肉呈现大理石状），细胞内脂肪（不可见的）。

二、脂肪

- 大多数可见脂肪是丙二醇与高级脂肪酸构成的甘油三酯
- 最常见的脂肪酸有软脂酸 C16: 0 (32%)，硬脂酸 C18: 0，亚油酸 C18: 2 及油酸 C18: 1 (62%)
- 不可见脂肪大多是类脂类物质。

三、浸出物

- 浸出物是指蛋白质、盐类、维生素等能溶于水的浸出性物质，包括含氮浸出物和无氮浸出物。
- 浸出物成分中含有的主要有机物为核苷酸、嘌呤碱、胍化合物、氨基酸、肽、糖原、有机酸等。□

四、矿物质

- 肉类中的矿物质（灰分）是指一些无机盐类和元素，其含量一般为0.8%~1.2%。
- 这些无机盐在肉中有的以游离状态存在，肉是磷的良好来源。
- 肉的钙含量较低，而钾和钠几乎全部存在于软组织及体液之中。
- 钾和钠与细胞膜通透性有关，可提高肉的保水性。肉中尚含有微量的锰、铜、锌、镍等。其中锌与钙一样能降低肉的保水性。□

五、维生素

- 肉中维生素含量不多，主要有A、B₁、B₂、PP、叶酸、C、D等。
- 其中脂溶性维生素较少，但水溶性B族维生素含量较丰富。

六、水

- 肌肉含水约 70~80%，皮肤为 60~70%，骨骼为 12~15%。□
- A: 畜禽肥，水分的含量愈少；
- B: 老年动物比幼年动物含量少。□
- 肉中的水分存在形式大致可分为三种：
 - A: 结合水
 - B: 不易流动的水(准结合水)
 - C: 自由水



第三节 肉的物理性质

一、肉的颜色

肉色为红色，其深浅程度受内因和外因的影响：

(一) 影响肉颜色的内在因素

1. 动物种类、年龄及部位 □
2. 肌红蛋白 (Mb) 的含量
3. 血红蛋白 (Hb) 的含量
深红色 (还原肌红蛋白和亚铁血色素结合) (为氧合肌红蛋白) 鲜红色 (亚铁血色素的2价铁被氧化为3价铁) 褐色。

(二) 影响肌肉颜色的外部因素

1. 环境中的氧含量

2. 湿度

3. 温度

4. pH值动物宰前糖原消耗多，宰后最终pH值高，DFD肉，表现在牛肉则称为DCB (**Dark Cutting Beef**)，切面颜色发暗。

5. 微生物污染细菌会分解蛋白质使肉色污浊；污染霉菌，则在肉表面形成白色、红色、绿色、黑色等色斑或发生荧光。

三、肉的热学性质

(一) 肉的比热和冻结潜热

(二) 肉的冰点

- 肉中水分开始结冰的温度称做冰点，也叫冻结点。它随动物种类、死后的条件不同而不完全相同。
- 另外，肉的冰点还取决于肉中盐类的浓度。浓度越高，冰点越低。通常猪肉、牛肉的冰点在 $-0.6 \sim -1.2$ °C之间。

(三) 肉的导热系数

四、肉的嫩度

肉的嫩度：影响肉嫩度的因素很多

- 遗传因子
- 肌肉纤维的结构
- 肌肉纤维的粗细
- 结缔组织的含量及构成
- 热加工
- 肉的pH □

五、肉的保水性□

(一) 保水性的概念

(二) 影响保水性的主要因素

1. 蛋白质 (网状结构、带的净电荷)
2. pH值 (pH值在 5.0 左右时, 保水性最低)
3. 金属离子
4. 动物因素
5. 宰后肉的变化
6. 添加剂

(1) 食盐

(2) 磷酸盐



第四节 肉的成熟

成熟过程可分为尸僵和自溶两个过程

一、尸僵

二、自溶

一、尸僵□

(一) 尸僵及其主要变化

1. ATP的变化

(1) 维持肌质网微小器官机能的ATP水平降低, 势必使肌质网机能失常, 肌小胞体失去钙, Ca^{2+} 失控逸出而不被收回。高浓度的 Ca^{2+} 激发了肌球蛋白ATP酶的活性, 从而加速ATP的分解。□

(2) 同时使 Mg^{2+} -ATP解离, 最终使肌动蛋白与肌球蛋白结合形成肌动球蛋白, 引起肌肉的收缩, 表现为僵硬。□

一、尸僵□

(一) 尸僵及其主要变化

2. pH值的变化

乳酸，磷酸肌酸, 磷酸

3. 冷收缩和解冻僵直

- 牛、羊、鸡在低温条件下也可产生急剧收缩
- 该现象红肌肉比白肌肉出现得更多一些，尤其以牛肉最为明显，称为冷收缩 (Cold□ shortening)

(二) 尸僵开始和持续时间

- 尸僵的时间，根据动物种类、宰前状态、温度、宰杀方法而不同。僵直发生的时间：放血致死为4.2 h，电致死为2.0 h，药物致死为1.2 h。
- 肉在达到最大尸僵以后，即开始软化进入自溶阶段

二、自溶

(一) 自溶过程

- 尸僵1~3 d后即开始缓解，肉的硬度降低并变得柔软，持水性回升。
- 未解僵状态的肉加工后，咀嚼有如硬橡胶感，充分解僵的肉，才能成为作为食品的所谓“肉”。

(二) 自溶机理

1. 钙离子说

- 屠宰后肌质网机能被破坏， Ca^{2+} 从网内脱出，使肌浆中 Ca^{2+} 浓度增高。
- 高浓度 Ca^{2+} 长时间作用于Z线，使Z线蛋白质变性而脆弱，会因冲击和牵引而发生断裂

2. 蛋白酶说

- 蛋白酶—即肽链内切酶
- 组织蛋白酶
- 溶酶体酶

三、成熟的温度和时间

- 原料肉成熟温度和时间不同肉的品质也不同。通常在1 °C、硬度消失80%的情况下，肉成熟成年牛肉需5~10 d，猪肉4~6 d，马肉3~5 d，鸡1/2~1 d，羊和兔肉8~9 d成熟的时间愈长，肉愈柔软，但风味并不相应地增强。
- 牛肉以1 °C、11 d成熟为最佳；猪肉由于不饱和脂肪酸较多，时间长易氧化使风味变劣。羊肉因自然硬度(结缔组织含量)小，通常采用2~3 d成熟。

四、影响肉成熟的因素

(一) 物理因素

- 温度 (43 °C时24 h即完成成熟)
- 电刺激
- 机械作用

(二) 化学因素

- pH

四、影响肉成熟的因素

(三) 生物学因素

- 肉内蛋白酶可以促进软化。
- 用微生物酶和植物酶也可使固有硬度和尸僵硬度减小。
- 目前国内外常用的是木瓜酶。木瓜酶的作用最适温度 ≥ 50 °C，低温时也有作用。

五、成熟对肉质量的影响

(一) 持水性的变化

- pH值在5.5左右时水合率为40%~50%；最大尸僵期以后pH值为5.6~5.8，水合率可达60%。
- 因在成熟时pH值偏离了等电点，肌动球蛋白解离，扩大了空间结构和极性吸引，使肉的吸水能力增强，肉汁的流失减少。

五、成熟对肉质量的影响

(二) 蛋白质的变化

- (1) 成熟时肌肉中盐溶性蛋白质的浸出性增加
- (2) 伴随肉的成熟，蛋白质在酶的作用下，肽链解离，使游离的氮端基增多，肉水合力增强，变得柔嫩多汁。□

(三) 风味的改善

- 肉的滋味：肌苷酸和游离氨基酸。□□

六、PSE肉和DFD肉 □

(1) PSE

- 如果屠宰后因pH降低很快，但胴体温度仍很高，使与蛋白质结合的水减少，而导致PSE肉的产生(Pale, Soft, Exudative)。
- 一般将屠宰后45 min内背最长肌pH低于5.8的猪肉定为PSE肉。 □

(2) DFD肉

- 如果肌肉中糖原含量较正常低，则肌肉最终pH值会由于乳酸积累少而比正常情况高些(pH约为6.0)。
- 因结合水增加和光被吸收，使肌肉外观颜色变深，产生DFD(Dark, Firm, Dry)肉。这种情况主要出现在牛肉中，故又称深色牛肉切块
- 产生DFD肉的主要原因是宰前长期处于紧张状态，使肌肉中糖原含量减少所致。



第五节 肉的变质□

一、变质的概念：肉类的变质 (Spoilage) 是成熟过程的继续。

(1) 肌肉中的蛋白质在组织酶的作用下，水溶性蛋白肽及氨基酸成熟胺、氨、硫化氢、酚、吲哚、粪臭素、硫化醇腐败。□

(2) 脂肪的酸败和糖的酵解

二、变质的原因□

- (1) 许多微生物均优先利用糖类作为其生长的能源。
 - 好气性微生物在肉表面的生长，通常把糖完全氧化成二氧化碳和水。
 - 如果氧的供应受阻或因其他原因氧化不完全时，则可有一定程度的有机酸积累，肉的酸味即由此而来。

二、变质的原因 □

(2) 微生物对脂肪可进行两类酶促反应:

- A: 一是由其所分泌的脂肪酶分解脂肪, 产生游离的脂肪酸和甘油。
- B: 另一种则是由氧化酶通过 β 氧化作用氧化脂肪酸。 □

二、变质的原因

- (3) 微生物对蛋白质的腐败作用
蛋白质水解酶，水解明胶和胶原的明胶酶和胶原酶，以及水解弹性蛋白质和角蛋白质的弹性蛋白酶和角蛋白酶。



二、变质的原因

- (4) 有许多微生物不能作用于蛋白质，但能对 游离氨基酸及低肽起作用，将氨基酸氧化脱氨生成氨和相应的酮酸。
- 另一种途径则是使氨基酸脱去羧基，生成相应的氨。
 - 此外，有些微生物尚可使某些氨基酸分解，产生吲哚、甲基吲哚、甲胺和硫化氢等。



第六节 肉的新鲜度检验

一、感官及理化检验

感官及理化检验是新鲜度检查的主要方法。主要从以下几个方面进行：

①视觉；②嗅觉；③味觉④触觉；⑤听觉——检查冻肉、罐头的声音的清脆、混浊及虚实等

二、细菌污染度检验

三、生物化学检验

理化指标

表 1-2-7 鲜猪肉理化指标 (GB2722-81)

项目	一级鲜度	二级鲜度
挥发性盐基氮 ($\times 10^{-5}$) (mg/100g)	≤ 15	≤ 25
汞 ($\times 10^{-6}$) (mg/kg, 以汞计)	≤ 0.05	

表 1-2-9 鲜牛肉、鲜羊肉、鲜兔肉的理化指标

项目	一级鲜度			二级鲜度		
	牛	羊	兔	牛	羊	兔
挥发性盐基氮 ($\times 10^{-5}$) (mg/100g)	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 25	≤ 25	≤ 25
汞 ($\times 10^{-6}$) (mg/kg, 以汞计)	≤ 0.05					

感官指标

表 1-2-6 鲜猪肉的感官指标 (GB2724-81)

项目	一级鲜度	二级鲜度
色泽	肌肉有光泽, 红色均匀, 脂肪洁白	肌肉色暗, 脂肪缺乏光泽
黏度	外表微干或微湿润, 不黏手	外表干燥或黏手, 新切面湿润
弹性	指压后的凹陷立即恢复	凹陷恢复慢或不完全
气味	正常	稍有氨味或酸味
肉汤	透明澄清, 脂肪团聚于表面, 具有香味	稍有混浊, 脂肪呈小滴浮于表面, 无鲜味

表 1-2-8 鲜牛肉、鲜羊肉、鲜兔肉的感官指标

项目	一级鲜度	二级鲜度
色泽	肌肉有光泽，红色均匀，脂肪洁白或淡黄色	肌肉色稍暗，切面没有光泽，脂肪缺乏光泽
黏度	外表微干或有风干膜，不黏手	外表干燥或黏手，新切面湿润
弹性	指压后的凹陷立即恢复	指压后的凹陷恢复慢，且不完全恢复
气味	具有鲜牛肉、鲜羊肉、鲜兔肉正常的气味	稍有氨味或酸味
煮沸后肉汤	透明澄清，脂肪团聚表面，具特有香味	稍有浑浊，脂肪呈小滴浮于表面，香味差或无鲜味

思考题

1. 从宏观角度上看，肌肉是如何构成的？
2. 肌肉中的蛋白质分为哪几类？各有何特性？
3. 脂肪的组成如何？影响其特性的因素有哪些？
4. 肌球蛋白和肌动球蛋白的特性有何异同？
5. 肌肉中的糖主要有几种？对肉的质量有何影响？