



模块一 肉品加工技术

项目一 肉的结构及性质

【知识目标】 掌握肉的概念及其形态、化学成分和物理性质，领会其对肉品质的影响。

【技能目标】 能熟练地鉴别原料肉的感官品质与肉质评定。

【素质目标】 提高学生的学习能力以及分析问题和解决问题的能力。

任务一 肉的概念及肉的形态结构

一、肉的概念

肉是指各种动物宰杀后所得可食部分的总称，包括肉尸、头、血、蹄和内脏部分。在肉品工业中，按其加工利用价值，把肉理解为胴体，即畜禽经屠宰后除去毛（皮）、头、蹄、尾、血液、内脏后的肉尸，俗称白条肉。它包括肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨组织。肌肉组织是指骨骼肌而言，俗称之“瘦肉”或“精肉”。胴体因带骨又称为带骨肉，肉剔骨以后又称其为净肉。胴体以外的部分统称为副产品，如胃、肠、心、肝等称为脏器，俗称下水；脂肪组织中的皮下脂肪称为肥肉，俗称肥膘。

在肉品工业中，把宰后不久、体温还没有完全散失的肉称为热鲜肉；经过一段时间冷处理，使肉保持低温（0~4℃）而不冻结的肉称为冷却肉；经低温（-23~-15℃）冻结的肉则称为冷冻肉；按不同部位分割包装的肉称为分割肉；将肉经过进一步的加工处理生产出来的产品称为肉制品。

二、肉的形态结构

肉（胴体）是由肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨组织四大部分构成。这些组织的结构、性质直接影响肉品的质量、加工用途及其商品价值，它依据动物种类、品种、性别、年龄和营养状况等因素而有很大差异。就成年动物的胴体而言，骨组织含量约占5%~20%；脂肪组织的变动幅度较大，低者仅为2%~5%，高者可达40%~50%，主要取决于育肥程度；肌肉组织占50%~60%；结缔组织占9%~12%。

（一）肌肉组织

肌肉组织，又称骨骼肌，是构成肉的主要组成部分，可分为横纹肌、心肌、平滑肌三种，占胴体的50%~60%，具有较高的食用价值和商品价值。



1. 肌肉组织的宏观结构

肌肉是由许多肌纤维和少量结缔组织、脂肪组织、腱、血管、神经、淋巴等组成。从组织学看，肌肉组织是由丝状的肌纤维集合而成，每 50~150 根肌纤维由一层薄膜所包围，形成初级肌束；再由数十个初级肌束集结并被稍厚的膜所包围，形成次级肌束。由数个次级肌束集结，外表包着较厚的膜，就构成了肌肉（见图 1-1-1）。

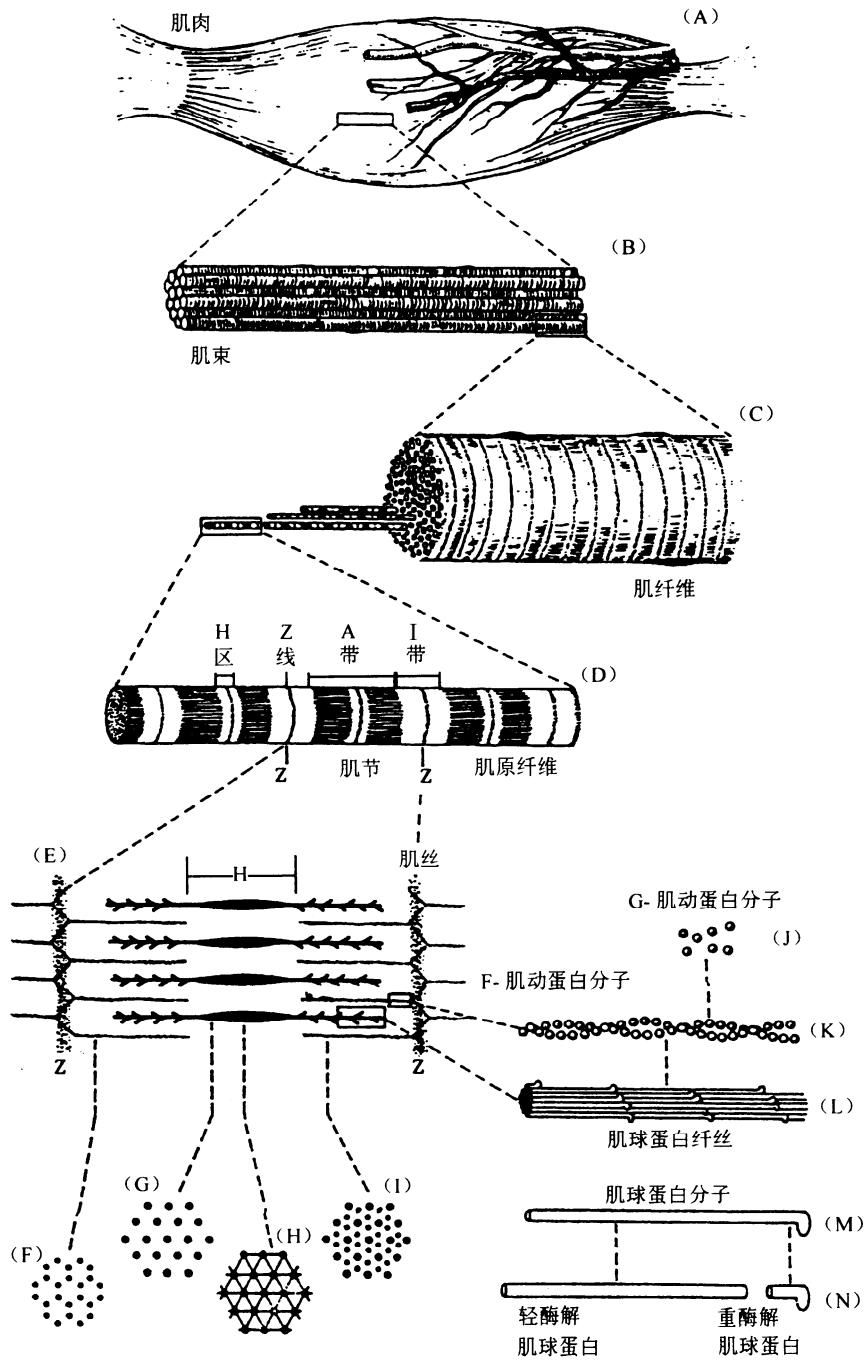


图 1-1-1 肌肉的构造



2. 肌肉组织的微观结构

构成肌肉的基本单位是肌纤维，也叫肌纤维细胞，是属于细长的多核的纤维细胞，长度由几毫米到 20 cm，直径只有 10 ~ 100 μm 。在显微镜下可以看到肌纤维细胞沿细胞纵轴平行地、有规则地排列的明暗条纹，所以称其为横纹肌。

肌纤维由肌原纤维、肌浆、细胞核和肌鞘构成。

肌原纤维是构成肌纤维的主要组成部分，直径为 0.5 ~ 3.0 μm 。肌肉的收缩和伸长就是由肌原纤维的收缩和伸长所致。肌原纤维具有和肌纤维相同的横纹，横纹的结构按一定周期重复，周期的一个单位叫肌节。肌节是肌肉收缩和舒张的最基本的功能单位，静止时的肌节长度约为 2.3 μm 。肌节两端是细线状的暗线，称为 Z 线，中间宽约 1.5 μm ，称为暗带（或称 A 带），A 带和 Z 线之间是宽约为 0.4 μm 的明带（或称 I 带）。在 A 带中央还有宽约 0.4 μm 的稍明的 H 区。这种结构形成了肌原纤维上的明暗相间的现象。

肌浆是充满于肌原纤维之间的胶体溶液，呈红色，含有大量的肌溶蛋白质和参与糖代谢的多种酶类。此外，尚含有肌红蛋白。由于肌肉的功能不同，在肌浆中肌红蛋白的数量不同，这就使不同部位的肌肉颜色深浅不一。

（二）脂肪组织

脂肪组织是仅次于肌肉组织的第二个重要组成部分，具有较高的食用价值。对于改善肉质、提高风味均有影响。脂肪在肉中的含量变动较大，决定于动物种类、品种、年龄、性别及肥育程度。

脂肪的构造单位是脂肪细胞，脂肪细胞或单个或成群地借助于疏松结缔组织连在一起。细胞中心充满脂肪滴，细胞核被挤到周边。脂肪细胞外层有一层膜，膜由胶状的原生质构成，细胞核即位于原生质中。脂肪细胞是动物体内最大的细胞，直径为 30~120 μm ，最大者可达 250 μm ，脂肪细胞愈大，里面的脂肪滴愈多，因而出油率也愈高。脂肪细胞的大小与畜禽的肥育程度及不同部位有关。脂肪组织的成分，脂肪占绝大部分，其次为水分、蛋白质以及少量的酶、色素和维生素等。

（三）结缔组织

结缔组织是肉的次要成分，在动物体内对各个器官组织起到支持和连接作用，使肌肉保持一定弹性和硬度。结缔组织由细胞、纤维和无定形的基质组成。

结缔组织的含量决定于年龄、性别、营养状况及运动等因素。老龄、公畜、消瘦及使役的动物其结缔组织含量高；同一动物不同部位其结缔组织的含量也不同，一般来说，前躯由于支持沉重的头部因而结缔组织较后躯发达，下躯较上躯发达。羊肉各部位的结缔组织见表 1-1-1。

表 1-1-1 羊胴体各部位的结缔组织含量

部 位	结缔组织含量/%	部 位	结缔组织含量/%
前肢	12.7	后肢	9.5
颈部	13.8	腰部	11.9
胸部	12.7	背部	7.0

结缔组织为非全价蛋白，不易被消化吸收，能增加肉的硬度，降低肉的食用价值，可以用来加工胶冻类食品。比如，牛肉结缔组织的吸收率为 25%，而肌肉的吸收率为 69%。由于各部位的肌肉结缔组织含量不同，其硬度不同，剪切力值也不同。



(四) 骨组织

骨组织是肉的次要部分，食用价值和商品价值较低，在运输和贮藏时要消耗一定能源。成年动物骨骼的含量比较恒定，变动幅度较小。猪骨占胴体的 5%~9%，牛骨占胴体的 15%~20%，羊骨占胴体的 8%~17%，兔骨占胴体的 12%~15%，鸡骨占胴体的 8%~17%。

如图 1-1-2 所示，骨由骨膜、骨质和骨髓构成。骨膜是由结缔组织构成的覆盖在骨骼表面的一层硬膜，起着保护骨骼的作用，骨膜里面有神经、血管。骨骼根据构造的致密程度分为密致骨和松质骨，骨的外层比较致密坚硬，内层较为疏松多孔。骨骼按形状又分为管状骨和扁平骨，管状骨密致层厚，扁平骨密致层薄。在管状骨的管骨腔及其他骨的松质层空隙内充满着骨髓。骨髓分为红骨髓和黄骨髓。红骨髓含的化学成分包括：水分占 40%~50%，胶原蛋白占 20%~30%，无机质约占 20%。无机质的成分主要是钙和磷。

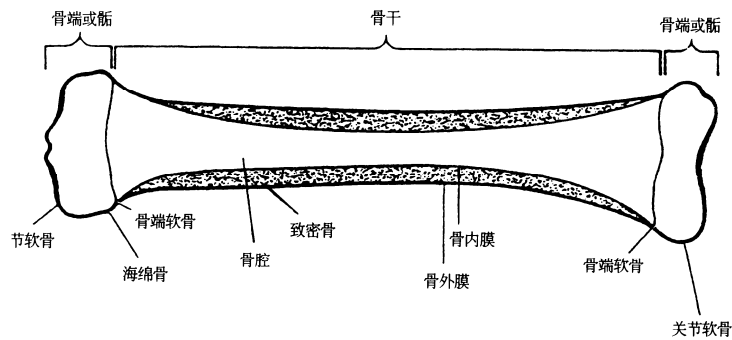


图 1-1-2 骨骼构成示意图

将骨骼粉碎可以制成骨粉，作为饲料添加剂，此外还可以熬制骨油和骨胶。利用超微粒粉碎机制成的骨泥，是肉制品的良好添加剂，也可以用于其他食品以强化钙和磷的成分。

任务二 肉的化学组成

肉的化学组成主要是指肌肉组织中的各种化学物质，包括水分、蛋白质、脂类、碳水化合物、含氮浸出物及少量的矿物质和维生素等（见表 1-1-2）。

表 1-1-2 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	6186.4
羊肉	75.17	16.35	7.98	0.31	1.92	5893.8
肥猪肉	47.40	14.54	37.34	—	0.72	13731.3
瘦猪肉	72.55	20.08	6.63	—	1.10	4869.7
马肉	75.90	20.10	2.20	1.33	0.95	4305.4
鹿肉	78.00	19.50	2.25	—	1.20	5358.8
兔肉	73.47	24.25	1.91	0.16	1.52	4890.6
鸡肉	71.80	19.50	7.80	0.42	0.96	6353.6
鸭肉	71.24	23.73	2.65	2.33	1.19	5099.6
骆驼肉	76.14	20.75	2.21	—	0.90	3093.2



一、水分

水是肉中含量最多的成分，不同肉组织其水分含量差异很大，其中肌肉含水量为 70%~80%，皮肤为 60%~70%，骨骼为 12%~15%。畜禽越肥，其水分含量越少，老年动物的含水量比幼年动物的含水量少。肉中水分含量的多少及存在状态影响肉的加工质量及贮藏性。肉中水分的存在形式大致可分为结合水、不易流动水、自由水三种。

结合水通常是在蛋白质等分子周围，借助分子表面分布的极性基团与水分子之间的静电引力而形成的一薄层水分，约占肉中水分总量的 5%。结合水与自由水的性质不同，它的蒸汽压极度低，冰点约为 -40℃，不能作为其他物质的溶剂，不易受肌肉蛋白质结构或电荷的影响，甚至在施加外力的条件下，也不能改变其与蛋白质分子紧密结合的状态。通常这部分水分分布在肌肉的细胞内部。

不易流动水是指存在于纤丝、肌原纤维及膜之间的一部分水分，约占肉中水分总量的 80%。这些水分能溶解盐及溶质，并可在 -1.5~0℃ 的温度下结冰。不易流动水易受蛋白质结构和电荷变化的影响，肉的保水性能主要取决于此类水的保持能力。

自由水是指存在于细胞外间隙中能够自由流动的水，约占水分总量的 15%。

二、蛋白质

肌肉中除水分外主要成分是蛋白质，占肌肉组织的 18%~20%，占肉中固形物的 80%，依其构成位置和盐溶液中的溶解度可分成三种，即：肌原纤维蛋白质，肌浆蛋白质，肉基质蛋白质。

肌原纤维是肌肉收缩的单位，由丝状的蛋白质凝胶所构成。肌原纤维蛋白质的含量随肌肉活动的增加而增加，并因肌肉静止或萎缩而减少。而且，肌原纤维中的蛋白质与肉的某些重要品质特性（如嫩度）密切相关。肌原纤维蛋白质占肌肉蛋白质总量的 40%~60%，它主要包括肌球蛋白、肌动蛋白、肌动球蛋白和 2~3 种调节性结构蛋白质。

肌浆是浸透于肌原纤维内外的液体，含有机物与无机物，一般占肉中蛋白质含量的 20%~30%。通常将磨碎的肌肉压榨便可挤出肌浆。它包括肌溶蛋白、肌红蛋白、肌球蛋白 X 和肌粒中的蛋白质等。这些蛋白质易溶于水或低离子强度的中性盐溶液，是肉中最易提取的蛋白质，故称之为肌肉的可溶性蛋白质。其中肌红蛋白与肉及其制品的色泽有直接关系。

肌红蛋白是一种复合性的色素蛋白质，是肌肉呈现红色的主要成分。肌红蛋白由一条肽链的珠蛋白和一个分子的亚铁血色素结合而成。肌红蛋白有多种衍生物，如呈鲜红色的氧合肌红蛋白、呈褐色的高铁肌红蛋白、呈鲜亮红色的 NO 肌红蛋白等。肌红蛋白的含量，因动物的种类、年龄、肌肉的部位不同而不同。

基质蛋白质亦称间质蛋白质，是指肌肉组织磨碎之后在高浓度的中性溶液中充分抽提之后的残渣部分。基质蛋白质是构成肌内膜、肌束膜和腱的主要成分，包括胶原蛋白、弹性蛋白、网状蛋白及黏蛋白等，存在于结缔组织的纤维及基质中，它们均属于硬蛋白类。

三、脂肪



脂肪对肉的营养品质影响甚大，肌肉内脂肪的多少直接影响肉的多汁性和嫩度。动物的脂肪可分为蓄积脂肪和组织脂肪两大类。蓄积脂肪包括皮下脂肪、肾周围脂肪、大网膜脂肪及肌间脂肪等；组织脂肪为脏器内的脂肪。动物性脂肪的主要成分是甘油三酯（三脂肪酸甘油酯），约占 90%，还有少量的磷脂和固醇脂。肉类脂肪有 20 多种脂肪酸。其中饱和脂肪酸以硬脂酸和软脂酸居多；不饱和脂肪酸以油酸居多，其次是亚油酸。磷脂以及胆固醇所构成的脂肪酸酯类是能量来源之一，也是构成细胞的特殊成分，它对肉类制品的质量、颜色、气味具有重要作用。不同动物脂肪的脂肪酸组成不一致，相对来说鸡肉的脂肪和猪肉的脂肪含不饱和脂肪酸较多，牛肉的脂肪和羊肉的脂肪中含不饱和脂肪酸较少。

四、浸出物

浸出物是指除蛋白质、盐类、维生素外能溶于水的浸出性物质，包括含氮浸出物和无氮浸出物。

含氮浸出物为非蛋白质的含氮物质，如游离氨基酸、磷酸肌酸、核苷酸类（ATP、ADP、AMP、IMP）及肌苷、尿素等。这些物质左右肉的风味，为肉的香气的主要来源。例如，ATP 除了供给肌肉收缩的能量外，还逐级降解为肌苷酸，这是肉香的主要成分；磷酸肌酸分解成肌酸，肌酸在酸性条件下加热则为肌酐，肌酐可增强熟肉的风味。

无氮浸出物为不含氮的可浸出的有机化合物，包括糖类化合物和有机酸。糖类化合物主要是糖原、葡萄糖、麦芽糖、核糖、糊精，有机酸主要是乳酸及少量的甲酸、乙酸、丁酸、延胡索酸等。

糖原主要存在于肝脏和肌肉中，肌肉中含 0.3%~0.8%，肝脏中含 2%~8%。如果宰杀前的动物消瘦、疲劳及病态，其肉中储备的糖原就少。肌肉中糖原含量的多少对肉的 pH、保水性、颜色等均有影响，并且影响肉的贮藏性。

五、矿物质

矿物质是指一些无机盐类和微量元素，含量占 1.5% 左右。这些无机盐在肉中有的以游离状态存在，如镁、钙离子；有的以螯合状态存在，如肌红蛋白中含铁、核蛋白中含磷。肉中尚含有微量的锰、铜、锌、镍等。肉中的主要矿物质含量见表 1-1-3。

表 1-1-3 肉中的主要矿物质含量

单位：mg/100 g

矿物质	钙	镁	锌	钠	钾	铁	磷	氯
含量	2.6~8.2	14~31.8	1.2~8.3	36~85	451~297	1.5~5.5	10.~21.3	34~91
平均	4.0	21.1	4.2	38.5	395	2.7	20.1	51.4

六、维生素

肉中的维生素主要有维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 PP、叶酸、维生素 C、维生素 D 等。其中脂溶性维生素较少，但水溶性 B 族维生素含量丰富。猪肉中维生素 B₁ 的含量比其他肉类要多得多，而牛肉中叶酸的含量比猪肉和羊肉高。此外，动物的肝脏中几乎



各种维生素含量都很高。肉中的主要维生素含量见表 1-1-4。

表 1-1-4 肉中主要维生素含量

单位：mg/100 g

畜 肉	V _A	V _{B1}	V _{B2}	V _{PP}	泛酸	生物素	叶酸	V _{B6}	V _{B12}	V _D
牛 肉	微量	0.07	0.20	5.0	0.4	3.0	10.0	0.3	2.0	微量
小牛肉	微量	0.10	0.25	7.0	0.6	5.0	5.0	0.3		微量
猪 肉	微量	1.0	0.20	5.0	0.6	4.0	3.0	0.5	2.0	微量
羊 肉	微量	0.15	0.25	5.0	0.5	3.0	3.0	0.4	2.0	微量

任务三 肉的食用品质及物理性质

肉的食用品质及物理性状主要是指肉的颜色、气味、嫩度、肉的保水性以及肉的 pH、容重、比热、肉的冰点等。这些性质在肉的加工贮藏中直接影响肉品的质量。

一、肉的食用品质

(一) 肉的颜色

肉的颜色对肉的营养价值并无多大影响，但在某种程度上影响食欲和商品价值。如果是微生物引起的色泽变化则影响肉的卫生质量。

1. 形成肉色的物质

肉的颜色本质上是由肌红蛋白 (Mb) 和血红蛋白 (Hb) 产生的。肌红蛋白为肉自身的色素蛋白，肉色的深浅与其含量多少有关。血红蛋白存在于血液中，对肉颜色的影响视放血是否充分而定。在肉中血液残留多则血红蛋白含量也多，肉色深。放血充分的肉色正常，放血不充分或不放血 (冷宰) 的肉色深且暗。

2. 肌红蛋白的变化

肌红蛋白本身为紫红色，与氧结合可生成氧合肌红蛋白，为鲜红色，是新鲜肉的象征；肌红蛋白和氧合肌红蛋白均可以被氧化生成高铁肌红蛋白，呈褐色，使肉色变暗；肌红蛋白与亚硝酸盐反应可生成亚硝基肌红蛋白，呈亮红色，是腌肉加热后的典型色泽。

3. 影响肌肉颜色变化的因素

(1) 环境中的氧含量。环境中氧的含量决定了肌红蛋白是形成 MbO₂ 还是 MMb，从而直接影响到肉的颜色。

(2) 湿度。环境中的湿度越大，则肉氧化得越慢，因为在肉的表面有水汽层，影响了氧的扩散。如果环境中的湿度低并且空气流动快，则会加速高铁肌红蛋白的形成，使肉色快速变成褐色。例如，牛肉在 8℃ 冷藏时，相对湿度为 70% 时，2 d 变成褐色；相对湿度为 100% 时，4 d 变成褐色。

(3) 温度。环境温度高会促进肉氧化，温度低则肉氧化得慢。如牛肉在 3~5℃ 贮藏时 9 d 变成褐色，0℃ 贮藏时 18 d 才变成褐色。因此，为了防止肉变褐氧化，应尽可能在低温下贮藏。



(4) pH。动物在宰杀前糖原消耗过多，尸僵后肉的极限 pH 高，易出现生理异常肉。例如，牛肉会出现 DFD 肉，其肉的颜色较正常肉深暗；猪肉会出现 PSE 肉，其肉色变得苍白。

(5) 微生物。肉在贮藏时污染微生物，会使肉的表面颜色发生改变。污染细菌，分解蛋白质使肉色污浊；污染霉菌则在肉的表面形成白色、红色、绿色、黑色等色斑或发出荧光。

(二) 肉的风味

肉的风味又称味质，指的是生鲜肉的气味和加热后肉制品的香气和滋味。它是肉中固有成分经过复杂的生物化学变化，产生各种有机化合物所致。其特点是成分复杂多样、含量甚微，用一般方法很难测定，除少数成分外，多数无营养价值，不稳定，加热易破坏和挥发。呈味性能与其分子结构有关，呈味物质均具有各种发香基团，如羟基—OH，羧基—COOH，醛基—CHO，羰基—CO，巯基—SH，酯基—COOR，氨基—NH₂，酰胺基—CONH，亚硝基—NO₂，苯基—C₆H₅。这些肉的味质是通过人的高度灵敏的嗅觉和味觉器官反映出来的。

1. 气味

气味是肉中具有挥发性的物质，随气流进入鼻腔，刺激嗅觉细胞通过神经传导反映到大脑嗅区而产生的一种刺激感。愉快感为香味，厌恶感为异味、臭味。气味的成分十分复杂，有 1 000 多种，主要有醇、醛、酮、酸、酯、醚、味喃、吡咯、内酯、糖类及含氮化合物等。

影响肉的气味的因素有：动物种类、性别、饲料等。生鲜肉散发出一种肉腥味，羊肉有膻味，狗肉有腥味，特别是晚去势或未去势的公猪、公牛及母羊的肉有特殊的性气味，在发情期宰杀的动物肉散发出令人厌恶的气味。

某些特殊气味如羊肉的膻味，来源于挥发性低级脂肪酸，如 4-甲基辛酸、壬酸、癸酸等，存在于脂肪中。

喂鱼粉、豆粕、蚕饼等饲料会影响肉的气味，饲料中含有硫丙烯、二硫丙烯、丙烯-丙基二硫化物等会转移在肉内，发出特殊的气味。

肉在冷藏时，由于微生物繁殖，在肉的表面形成菌落成为黏液，而后产生明显的不良气味。长时间的冷藏，脂肪自动氧化，解冻肉汁流失，肉质变软使肉的风味降低。

肉在不良环境中贮藏和与带有挥发性物质如葱、鱼、药物等混合贮藏，会吸收外来异味。

2. 滋味

滋味是由溶于水的可溶性呈味物质刺激人的舌面味觉细胞——味蕾，通过神经传导到大脑而反映出来的味感。舌面分布的味蕾可感觉出不同的味道，而肉的香味就是靠舌来感觉的。

肉的鲜味成分来源于核苷酸、氨基酸、酰胺、肽、有机酸、糖类、脂肪等前体物质。关于肉前体的分布，近年来研究较多。例如，把牛肉中的风味前体物质用水提取后，剩下溶于水的肌纤维部分几乎不存在香味物质。另外，在脂肪中人为地加入一些物质，如葡萄糖、肌苷酸、含无机盐的氨基酸（谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、异亮氨酸），在水中加热后，结果生成和肉一样的风味，从而证明这些物质为肉风味的前体。

肉风味的产生途径：

(1) 美拉德反应。人们很早就知道将生肉汁加热就可以产生肉香味，通过测定成分的变化发现在加热过程中随着大量的氨基酸和绝大多数还原糖的消失，一些风味物质随之产生，这就是所谓的美拉德反应：氨基酸和还原糖反应生成香味物质。此反应较复杂，步骤很多，