



高等职业院校核心课程“十三五”规划教材

GAODENG ZHIYE YUANXIAO HEXIN KECHENG “SHISANWU” GUIHUA JIAOCAI

畜产品 加工技术

XUCHANPIN
JIAGONG JISHU

主 编 林建和 陈张华
副主编 李福泉 刘 丹



西安交通大学出版社



高等职业院校核心课程“十三五”规划教材

畜产品加工技术

主 编 林建和 陈张华

副主编 李福泉 刘 丹

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

全书共分为三个模块：模块一介绍肉品加工技术，共有九个项目；模块二介绍乳品加工技术，共有四个项目；模块三介绍蛋品加工技术，共有两个项目。书中主要介绍了肉品、奶品、蛋品的贮藏和保鲜知识、制品加工的基本原理、加工工艺流程及加工生产技术等内容。本书力求以清晰的条理、通俗的语言来叙述畜禽产品加工的生产技术，做到重点突出，同时注重加工技术的先进性、实用性和可操作性。每个项目中均附有知识目标、技能目标、素质目标和思考题，有助于学生及时掌握和巩固相关知识要点。

本书可作为高职高专食品类、畜牧类专业教学用书，也可供从事畜产品加工的企业技术人员、肉制品加工作坊及餐饮企业的从业人员阅读学习，还可作为畜产品加工社区培训的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

畜产品加工技术 / 林建和，陈张华主编. —成都：
西南交通大学出版社，2019.2
高等职业院校核心课程“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-6775-6

I. ①畜… II. ①林… ②陈… III. ①畜产品 - 食品
加工 - 高等教育 - 教材 IV. ①TS251

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 029489 号

高等职业院校核心课程“十三五”规划教材

畜产品加工技术

主编 林建和 陈张华

责任编辑	张华敏
特邀编辑	陈正余 唐建明
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
邮政编码	610031
发行部电话	028-87600564
官网	http://www.xnjdcbs.com
印刷	四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸	185 mm× 260 mm
印张	10
字数	250 千
版次	2019 年 2 月第 1 版
印次	2019 年 2 月第 1 次
定价	36.00 元
书号	ISBN 978-7-5643-6775-6

课件咨询电话：028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

前 言

本教材是根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教育〔2006〕16号)的有关精神,以培养面向生产、建设、服务和管理一线需要的高素质技能型人才为目标,结合畜产品加工专业人才培养目标和基本要求,根据畜产品加工技术的理论体系和实践操作技能的要求编写而成,并确保教材内容与生产实际相结合。本教材采取项目化的形式编写,以任务驱动开展学习过程主线。

本教材强调基本原理和基本操作技术,重点对各种加工技术的工艺流程、技术要点等进行了介绍。全书包括三大模块,共15个项目,主要内容有:肉品加工技术,包括肉的结构及性质、畜禽的屠宰及分割、肉的贮藏与保鲜、肉制品加工常用辅料及其特性,腌腊肉制品加工、肠类制品加工、酱卤制品加工、熏烤制品加工、肉干制品加工的工艺流程及技术;乳品加工技术,包括乳的成分及性质、消毒乳加工、酸乳加工、乳粉加工;蛋品加工技术,包括蛋的品质与贮藏、蛋制品加工。书中还精选了11个典型实训项目以对学生能力训练。

本书由林建和、陈张华任主编,李福泉、刘丹任副主编。其中:模块一中的项目一、项目二、项目三、项目四、项目五及模块三由林建和编写;模块一中的项目七、项目八由陈张华编写;模块二由刘丹编写;模块一中的项目六、项目九由李福泉编写。全书由林建和统稿。

本书在编写过程中参考了同行和专家的相关成果和著作,在此向这些成果和著作的原作者表达诚挚的谢意!

尽管编者在编写过程中做了很多努力,但由于编者水平和经验有限,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2018年11月



目 录

模块一 肉品加工技术	1
项目一 肉的结构及性质	1
任务一 肉的概念及肉的形态结构	1
任务二 肉的化学组成	4
任务三 肉的食用品质及物理性质	7
任务四 肉的成熟与变质	12
任务五 各种畜禽肉的特征及品质评定	16
实训一 原料肉品质的评定	18
思考题	19
项目二 畜禽的屠宰与分割	20
任务一 畜禽宰前准备	20
任务二 屠宰加工	21
任务三 畜禽肉的分割	25
实训二 肉的分割	29
思考题	30
项目三 肉的贮藏与保鲜	30
任务一 肉的低温保藏	30
任务二 肉的辐照贮藏	38
任务三 肉的其他保鲜方法	40
思考题	41
项目四 肉制品加工常用辅料及其特性	41
任务一 调味料	41
任务二 香辛料	44
任务三 添加剂	47
实训三 肉品加工常用辅料识别	52
思考题	53
项目五 腌腊肉制品加工	53
任务一 腌制的基本原理	53
任务二 腌腊肉制品加工	59
实训四 四川腊肉加工技术	66
思考题	67
项目六 肠类制品加工	67
任务一 肠类制品加工要点	67
任务二 肠类制品加工	69
实训五 香肠制品的加工	72
思考题	76
项目七 酱卤制品加工	77
任务一 调味和煮制	77
任务二 酱卤制品加工工艺	78
实训六 五香牛肉	84
思考题	85



项目八 熏烤制品加工	85
任务一 熏烤制品概述	85
任务二 熏烤制品加工	88
实训七 烤鸡的加工	95
思考题	96
项目九 肉干制品加工	96
任务一 肉品干制的基本原理和方法	96
任务二 肉干制品加工	100
实训八 肉干制品加工	106
思考题	107
模块二 乳品加工技术	108
项目一 乳的成分及性质	108
任务一 乳的成分	108
任务二 乳中化学成分的性质	110
任务三 乳的物理性质	112
思考题	114
项目二 消毒乳加工	114
任务一 消毒乳的概念和种类	115
任务二 巴氏消毒乳加工	115
任务三 灭菌乳加工	117
任务四 再制乳和花色乳加工	118
思考题	120
项目三 酸乳加工	120
任务一 酸乳概述	120
任务二 发酵剂的选择与制备	121
任务三 酸乳的加工	123
实训九 酸奶加工	124
思考题	125
项目四 奶粉加工	126
任务一 乳粉概述	126
任务二 全脂乳粉的加工	127
任务三 脱脂乳粉的加工	131
任务四 配制乳粉	132
思考题	133
模块三 蛋品加工技术	134
项目一 蛋的品质与贮藏	134
任务一 蛋的构造	134
任务二 蛋的化学组成与特性	136
任务三 蛋的保鲜	140
任务四 蛋的质量指标与鉴别	143
实训十 鲜蛋的品质检验	147
思考题	148
项目二 蛋制品的加工	149
任务一 松花蛋的加工	149
任务二 咸蛋的加工	151
任务三 糟蛋的加工	152
实训十一 皮蛋加工	153
思考题	154
参考文献	155



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）。

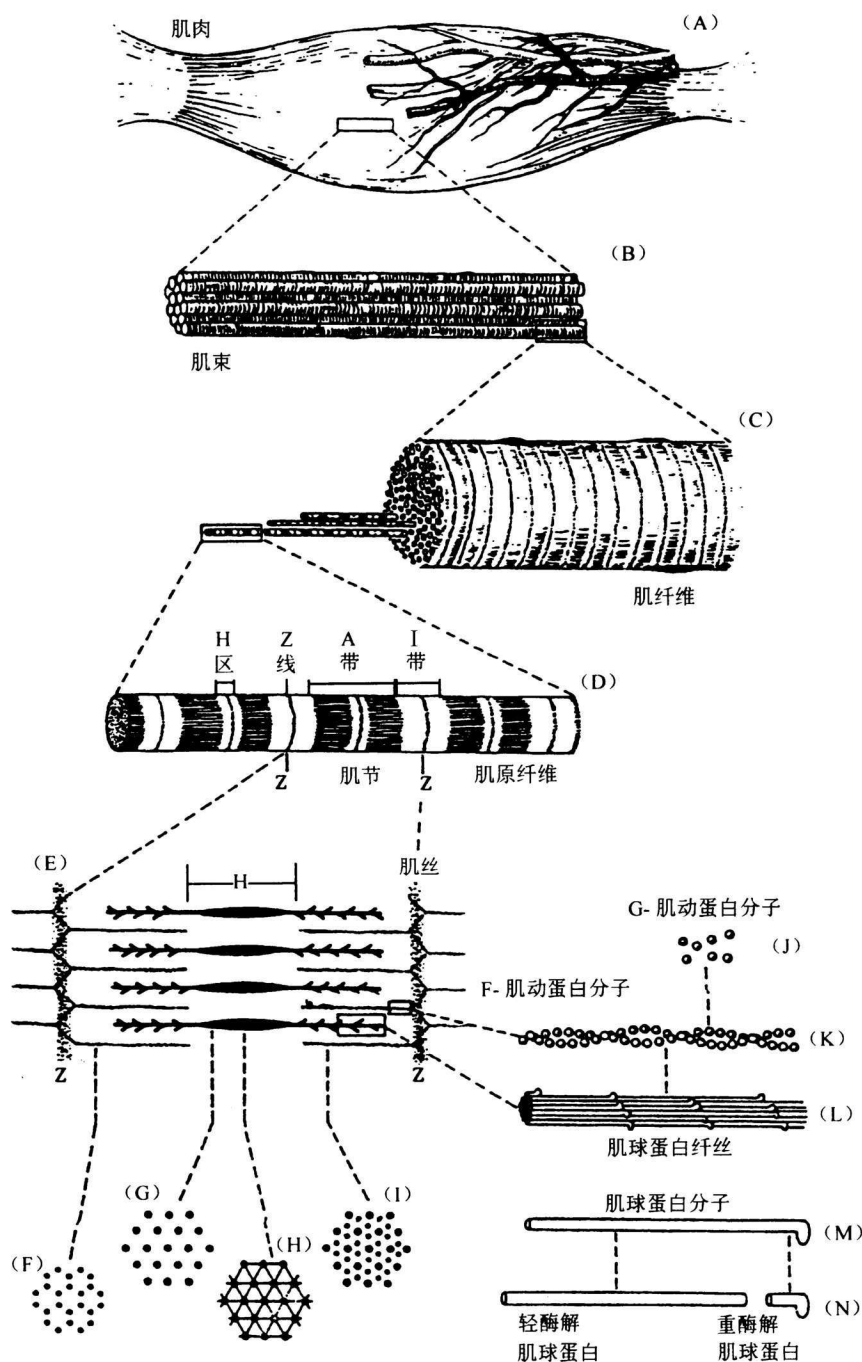


图 1-1-1 肌肉的构造



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，细胞核被挤到周遍。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。

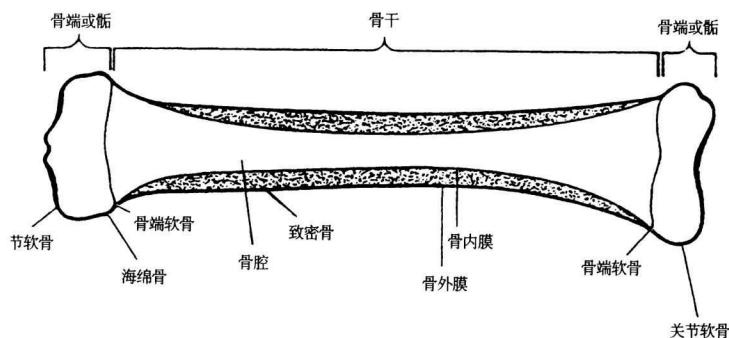


图 1-1-2 骨骼构成示意图

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 °C，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 °C 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%，依其构成位置和在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红素结合而成。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色泽、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) 肉的色泽

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1000多种,主要有醇、醛、酮、酸、酯、醚、呋喃、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,在大多数生物化学和食品化学书中均有陈述,此处不再一一列出。

(2) 脂质氧化。脂质氧化是产生风味物质的主要途径,不同种类风味的差异也主要是由



于脂质氧化产物不同所致。肉在烹调时的脂肪氧化（加热氧化）原理与常温时的脂肪氧化相似，但加热氧化由于热能的存在使其产物与常温氧化大不相同。总的来说，常温氧化产生酸败味，而加热氧化产生风味物质。

（3）硫胺素降解。肉在烹调过程中有大量的物质发生降解，其中硫胺素（维生素 B₁）降解所产生的 H₂S（硫化氢）对肉的风味，尤其是牛肉味的生成至关重要。H₂S 本身是一种呈味物质，更重要的是它可以与呋喃酮等杂环化合物发生反应生成含硫杂环化合物，赋予肉强烈的香味，其中 2-甲基-3-呋喃硫醇被认为是肉中最重要的风味物质。

（4）腌肉风味。亚硝酸盐是腌肉的主要特色成分，它除了有发色作用外，对腌肉的风味也有重要影响。亚硝酸盐（抗氧化剂）抑制了脂肪的氧化，所以腌肉体现了肉的基本滋味和香味，减少了脂肪氧化所产生的具有种类特色的风味。

（三）肉的嫩度

肉的嫩度是消费者最重视的食用品质之一，它决定了肉在食用时的口感，是反映肉的质地的指标。

我们通常所谓的肉嫩或肉老，实质上是对肌肉各种蛋白质结构特性的总体概括，它直接与肌肉蛋白质的结构及某些因素作用下蛋白质发生变性、凝集或分解有关。肉的嫩度总结起来包括以下四个方面的含义：

（1）肉对舌或颊的柔软性，即当舌头与颊接触肉时产生的触觉反应。肉的柔软性变动很大，可从软乎乎的感觉到木质化的结实程度。

（2）肉对牙齿压力的抵抗性，即牙齿插入肉中所需用的力。有些肉硬得难以咬动，而有的肉柔软得几乎对牙齿无抵抗性。

（3）咬断肌纤维的难易程度，指牙齿切断肌纤维的能力，首先要咬破肌外膜和肌束，因此这与肉的结缔组织含量和性质密切相关。

（4）嚼碎程度，可用咀嚼后肉渣剩余的多少以及咀嚼后到下咽时所需的时间来衡量。

1. 影响肌肉嫩度的因素

影响肌肉嫩度的因素主要是结缔组织的含量与性质及肌原纤维蛋白的化学结构状态，它们受一系列的因素影响而变化，从而导致肉嫩度的变化。影响动物肌肉嫩度的宰前因素也很多，主要有以下几项：

（1）畜龄。一般来说，幼龄家畜的肉比老龄家畜嫩，但前者的结缔组织含量反而高于后者。其原因在于幼龄家畜肌肉中胶原蛋白的交联程度低，易受加热作用而裂解。而成年动物的胶原蛋白的交联程度高，不易受热和酸、碱等因素的影响。例如肌肉加热时胶原蛋白的溶解度，牛犊为 19%~24%，2 岁阉公牛为 7%~8%，而老龄牛仅为 2%~3%，并且对酸解的敏感性也降低。

（2）肌肉的解剖学位置。牛的腰大肌最嫩，胸头肌最老。据测定，牛的腰大肌中羟脯氨酸含量比半腱肌少得多；经常参与活动的肌肉，如半膜肌和股二头肌，比不经常参与活动的肌肉（腰大肌）的弹性蛋白含量多。同一肌肉的不同部位嫩度也不同，猪的背部最长肌的外侧比内侧部分要嫩，牛的半膜肌从近端到远端嫩度逐降。

（3）营养状况。凡是营养良好的家畜，肌肉脂肪含量高，大理石纹丰富，肉的嫩度好（肌



肉脂肪有冲淡结缔组织的作用);而消瘦的动物其肌肉脂肪含量低,肉质老。

(4)尸僵和成熟。宰杀后尸僵发生时,肉的硬度会大大增加。因此,肉的硬度又有固有硬度和尸僵硬度之分,前者为刚宰杀后和成熟时的硬度,而后者为尸僵发生时的硬度。肌肉发生异常尸僵时,如冷收缩和解冻僵直,肌肉发生强烈收缩,从而使硬度达到最大。一般肌肉收缩时短缩度达到40%时,肉的硬度最大,而超过40%反而变为柔软,这是由于肌动蛋白的细丝过度插入而引起Z线断裂所致,这种现象称为“超收缩”。僵直解除后,随着成熟的进行,硬度降低,嫩度随之提高,这是由于成熟期间尸僵硬度逐渐消失,Z线易于断裂之故。

(5)加热处理。加热对肌肉嫩度有双重效应,它既可以使肉变嫩,又可使其变硬,这取决于加热的温度和时间。加热可引起肌肉蛋白质变性,从而发生凝固、凝集和短缩现象。当温度在65~75℃时,肌肉纤维的长度会收缩25%~30%,从而使肉的嫩度降低,但另一方面,肌肉中的结缔组织在60~65℃会发生短缩,而超过这一温度会逐渐转变为明胶,从而使肉的嫩度得到改善。结缔组织中的弹性蛋白对热不敏感,所以有些肉虽然经过很长时间的煮制但仍很老,这与肌肉中弹性蛋白的含量高有关。

2. 肉的嫩化技术

(1)电刺激。近十几年来,人们对宰杀后用电直接刺激胴体以改善肉的嫩度进行了广泛的研究,尤其对于羊肉和牛肉,通过电刺激提高肉的嫩度的机制尚未充分明了,主要是加速肌肉的代谢,从而缩短尸僵的持续期并降低尸僵的程度,此外,电刺激可以避免羊胴体和牛胴体产生冷收缩。

(2)酶法。利用蛋白酶类可以嫩化肉,常用的酶为植物蛋白酶,主要有木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶和无花果蛋白酶,商业上使用的嫩肉粉多为木瓜蛋白酶。酶对肉的嫩化作用主要是对蛋白质的裂解所致,所以使用时应控制酸的浓度和作用时间,如酶解过度,则肉品会失去应有的质地并产生不良的味道。

(3)醋渍法。将肉在酸性溶液中浸泡可以改善肉的嫩度,据试验,溶液pH介于4.1~4.6时嫩化效果最佳,用酸性红酒或醋来浸泡肉较为常见,它不但可以改善肉的嫩度,还可以增加肉的风味。

(4)压力法。给肉施加高压可以破坏肉的肌纤维中的亚细胞结构,使大量 Ca^{2+} 被释放,同时也释放组织蛋白酶,使得蛋白水解活性增强,一些结构蛋白质被水解,从而导致肉的嫩化。

(5)碱嫩化法。用肉质量的0.4%~1.2%的碳酸氢钠或碳酸钠溶液对牛肉进行注射或浸泡腌制处理,可以显著提高牛肉的pH和保水能力,降低烹饪损失,改善熟肉制品的色泽,使结缔组织的热变性提高,从而使肌原纤维蛋白对热变性有较大的抗性,所以肉的嫩度提高。

(四)肉的保水性

肉的保水性即持水性、系水性,指肉在压榨、加热、切碎搅拌等外界因素的作用下,保持原有水分和添加水分的能力。肉的保水性是一项重要的肉质性状,这种特性对肉品加工的质量和产品的数量都有很大影响。

1. 肉的保水性的理化基础

肌肉中的水是以结合水、不易流动水和自由水三种形式存在的。其中不易流动水主要存在于细胞内、肌原纤维及膜之间,度量肌肉的保水性主要指的是这部分水,它取决于肌原纤



维蛋白质的网状结构及蛋白质所带的净电荷的多少。蛋白质处于膨胀胶体状态时，网状空间大，保水性就高；反之处于紧缩状态时，网状空间小，保水性就低。

2. 影响肉的保水性的因素

(1) 肉的 pH 对保水性的影响

肉的 pH 对保水性的影响实质是蛋白质分子的静电效应。蛋白质分子所带的净电荷对蛋白质的保水性具有两方面的意义：其一，净电荷是蛋白质分子吸引水的强有力的中心；其二，由于净电荷使蛋白质分子间具有静电斥力，因而可以使其结构松弛，增加保水效果。对肉来讲，净电荷如果增加，保水性就得以提高，净电荷减少，则保水性降低。

添加酸或碱来调节肌肉的 pH，并借助加压的方法测定其保水性能时可知，肉的保水性随 pH 的高低而发生变化。当 pH 在 5.0 左右时，肉的保水性最低。保水性最低时的 pH 几乎与肌动球蛋白的等电点一致。如果稍稍改变 pH，就可引起保水性的很大变化。任何影响肉 pH 变化的因素或处理方法均可影响肉的保水性，尤以猪肉为甚。在肉制品加工中常采用添加磷酸盐的方法来调节 pH 至 5.8 以上，以提高肉的保水性。

(2) 动物因素

畜禽的种类、年龄、性别、饲养条件、肌肉部位及屠宰前后的处理等因素对肉的保水性都有影响。兔肉的保水性最佳，依次为牛肉、猪肉、鸡肉、马肉。就年龄和性别而论，牛肉的保水性依次是去势牛>成年牛>母牛>幼龄牛>老龄牛，成年牛随体重的增加而保水性降低。试验表明：猪的网上肌保水性最好，依次是胸锯肌>腰大肌>半膜肌>股二头肌>臀中肌>半腱肌>背最长肌。其他骨骼肌较平滑肌为佳，颈肉、头肉比腹部肉、舌肉的保水性好。

(3) 尸僵和成熟

当 pH 降至 5.4~5.5，达到了肌原纤维的主要蛋白质肌球蛋白的等电点，即使没有蛋白质的变性，其保水性也会降低。此外，由于 ATP 的丧失和肌动球蛋白的形成，使肌球蛋白和肌动蛋白间的有效空隙大为减少，这种结构的变化也使肉的保水性大为降低。而蛋白质的某种程度的变性，也是动物死后不可避免的结果。肌浆蛋白质在高温、低 pH 的作用下沉淀到肌原纤维蛋白质之上，进一步影响了后者的保水性。

僵直期后（约 1~2 d），肉的水合性逐渐升高，肉僵直逐渐解除。一种原因是蛋白质分子分解成较小的单位，引起肌肉纤维渗透压增高所致；另一种原因可能是引起蛋白质净电荷（实效电荷）增加及主要价键分裂，使蛋白质结构疏松，有助于蛋白质水合离子的形成，因而肉的保水性增加。

(4) 无机盐

一定浓度食盐具有增加肉的保水能力的作用。这主要是因为食盐能使肌原纤维发生膨胀。肌原纤维在一定浓度食盐存在下，大量氯离子被束缚在肌原纤维间，增加了负电荷引起的静电斥力，导致肌原纤维膨胀，使保水力增强。另外，食盐腌肉使肉的离子强度增高，肌纤维蛋白质数量增多。在这些纤维状肌肉蛋白质加热变性的情况下，将水分和脂肪包裹起来凝固，使肉的保水性提高。通常肉制品中食盐含量在 3% 左右。

磷酸盐能结合肌肉蛋白质中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，使蛋白质的羧基被解离出来，由于羧基间负电荷的相互排斥作用使蛋白质结构松弛，提高了肉的保水性，较低浓度的磷酸盐就具有较高的离子强度，使处于凝胶状态的球状蛋白质的溶解度显著增加，提高了肉的保水性。焦磷酸盐和三聚磷酸盐可将肌动球蛋白解离成肌球蛋白和肌动蛋白，使肉的保水性提高。肌球蛋白