

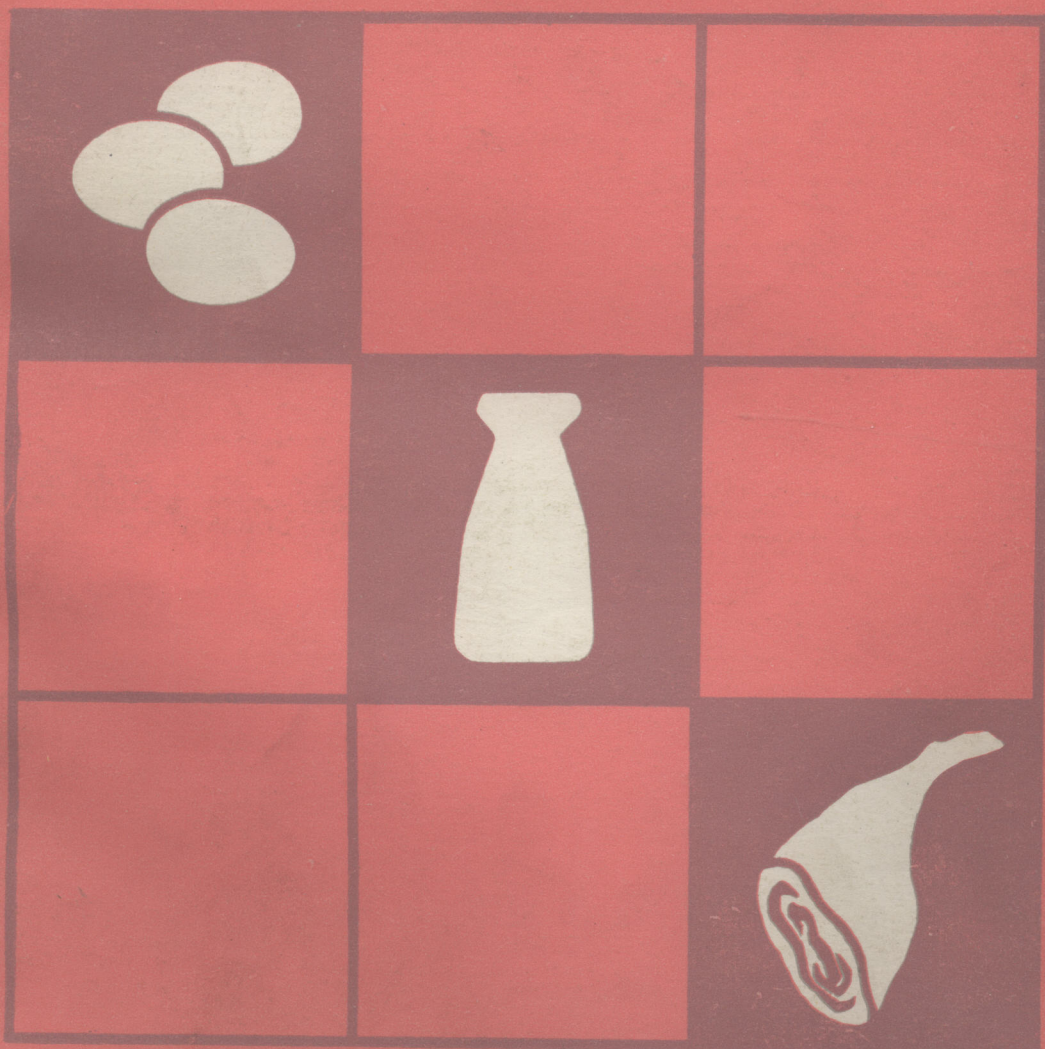
● 高道兴 主编

畜产品加工学

XUCHANPINJIAGONGXUE

- 肉及肉产品加工
- 乳及乳产品加工
- 蛋及蛋产品加工
- 其他畜产品加工

中国农业出版社



畜 产 品 加 工 学

高道兴 主编

中国农业出版社

(京)新登字060号

畜产品加工学

高道兴 主编

* * *

责任编辑 彭明喜 罗梅健

中国农业出版社出版发行(北京市朝阳区农展馆北路2号)

北京农业大学印刷厂印刷

787×1092mm16开本 18.125印张 450千字

1995年3月第1版 1995年3月北京第1次印刷

印数 1—5200册 定价:12.50元

ISBN 7-109-03350-5/S·2435

主 编 高道兴

副主编 张文正 杨宝进 田龙宾 陈钟鸣

编 者 (以姓氏笔划为序)

王三虎 王国强 王奎英 田龙宾

付 森 孙留昌 孙淑梅 许时堂

张文正 张敬礼 杨宝进 陈钟鸣

赵云焕 赵改名 侯永新 高道兴

康怀彬 崔增田 常景周 翟 文

前 言

本书是为高等农业院校食品、卫检、畜牧等专业编写的教材。

在编写本教材过程中，根据各专业对本门课程内容的要求，以及适应社会经济建设的要求，其内容力求由浅入深，循序渐进，既着重于基本理论的阐述，更重视于基本方法和基本技能的介绍。在保证教材的系统性、完整性的前提下，更注重本书的实用性和可读性。因此，本书不仅是有关院校的教材，而且可以作为食品科技工作者及生产企业技术人员的参考书，也可供乡镇企业领导和技术人员参阅。

本书分为4篇26章，讲授以80学时计。第一篇肉与肉制品计划为28学时，第二篇乳与乳制品计划为22学时，第三篇蛋与蛋制品计划为18学时，第四篇其他畜产品加工计划为12学时。在使用本教材时，可根据各校各专业不同特点，结合当地具体情况，灵活掌握，酌情增减。本书内容比较广泛，书中有的内容仅供学生参阅，不一定全讲。

由于编写时间短促和编写人员业务水平有限，错误和欠妥之处，欢迎批评指正。

编 者

1994年11月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 肉与肉制品

第一章 肉的基础科学	3
第一节 肉的形态学与化学组成	3
第二节 肉的物理性状与肉质	8
第二章 畜禽屠宰分割与检验	13
第一节 畜禽屠宰加工	13
第二节 分割肉加工	18
第三章 屠宰后肉的变化	21
第一节 肉的尸僵	21
第二节 肉的成熟	22
第三节 肉的变质	24
第四章 肉类贮藏	27
第一节 肉的低温保藏	27
第二节 肉的辐射贮藏	32
第五章 干制品加工	36
第一节 干制的原理与技术	36
第二节 干制肉食品加工工艺	38
第六章 腌腊制品加工	41
第一节 腌制的作用	41
第二节 腌制技术	44
第三节 腌腊制品加工	46
第七章 熏烤制品加工	52
第一节 熏烤技术	52
第二节 熏烤制品加工工艺	53
第八章 灌制类产品加工	58
第一节 概述	58
第二节 灌制类产品加工	59
第九章 酱卤制品加工	68
第一节 酱卤制品加工技术	68
第二节 酱卤制品加工工艺	70
第十章 肉类罐头加工	74
第一节 罐头加工的基本过程	74
第二节 常见肉类罐头加工工艺	80

第十一章 其他肉食品加工	84
第一节 油炸制品	84
第二节 蜜渍制品	86
第三节 白烧制品	87

第二篇 乳与乳制品

第一章 乳的基础知识	90
第一节 乳的概念及化学组成	90
第二节 乳的物理性质	102
第三节 加工处理对乳的影响	107
第四节 其他动物乳	110
第二章 原料乳与消毒乳的生产	112
第一节 原料乳	112
第二节 消毒乳的生产	115
第三章 炼乳和奶粉的生产	122
第一节 炼乳的生产	122
第二节 奶粉的生产	133
第四章 酸奶和乳性饮料的生产	142
第一节 酸奶	142
第二节 乳性饮料	148
第五章 其他乳制品	160
第一节 冰淇淋	160
第二节 麦乳精	163
第三节 干酪和干酪素	167
第四节 奶油	168

第三篇 蛋与蛋制品

第一章 蛋的基本知识	171
第一节 蛋的结构与化学成分	171
第二节 蛋的理化性质与加工特性	177
第三节 蛋的品质鉴定	179
第四节 蛋的分级、包装和运输	182
第二章 鲜蛋的贮藏	185
第一节 鲜蛋在贮藏期间的变化	185
第二节 鲜蛋的贮藏方法	186
第三章 皮蛋的加工	191
第一节 皮蛋加工的原料及基本原理	191
第二节 皮蛋的加工方法	194
第三节 皮蛋在加工与贮存过程中的质量控制及营养价值	205
第四章 咸蛋和糟蛋的加工	211

第一节	咸蛋的加工	211
第二节	糟蛋的加工	213
第五章	干蛋、冰蛋与湿蛋制品的加工	218
第一节	干蛋制品的加工	218
第二节	冰蛋与湿蛋制品加工	221
第六章	其他蛋制品加工	224
第一节	熟制蛋品的加工	224
第二节	蛋饮料的加工	227
第三节	蛋黄酱的加工	228

第四篇 其他畜产品加工

第一章	毛皮加工工艺	230
第一节	原料皮	230
第二节	毛皮加工工艺	236
第三节	制革工艺	246
第二章	羽毛和猪鬃的加工	255
第一节	羽毛的加工	255
第二节	猪鬃的加工	256
第三章	肠衣、骨骼和血液的加工	263
第一节	肠衣的加工	263
第二节	动物骨骼的加工利用	267
第三节	血液的加工	269
第四章	畜禽脏器的加工利用	275
第一节	概述	275
第二节	畜禽脏器的加工工艺	276

绪 论

研究畜产品加工的科学理论知识和加工工艺技术的学问,叫做畜产品加工学。它的研究范围很广,凡是以畜禽产品为原料的加工生产,都属于畜产品加工学研究的内容。目前畜产品加工学主要是研究肉品、乳品、蛋品、毛皮和加工过程中的副产品(血、内脏、骨骼、鬃、毛等)的加工生产。

人类从生吞活剥、茹毛饮血到钟鸣鼎食,经历了漫长的岁月。我们的祖国是具有五千年悠久历史的文明古国,对人类社会的发展有许多卓著贡献。在畜产品加工方面,凝聚着我国人民数千年的智慧结晶。早在新石器时代,我们的祖先就已发明了炊具;山顶洞人的遗址中已发现用火开始熟食的痕迹;3000多年前的《周礼》就有“腊人掌于肉”、“肉脩之颁赐”的记载。从此看出,那时就有“腊人”这一类的职称;先秦诸子百家的著述中,与畜产品加工有关的“腊”、“腌”、“脯”、“熟”等字,更是屡见不鲜。如孔子曾说“自行束脩以上吾未尝无诲焉”;《左传·僖公三十三年》有“脯资餮牵竭矣”之说。两千多年前的汉文帝时代,就有“奶子酒”的记载。李时珍著的《本草纲目》中有这样的记述:“醍醐出酥油,乃酥油之精也。好酥一石有三、四升醍醐。热拌炼,贮器中待凝,使精出取之……”,这段话详细地介绍了奶油(醍醐)的加工过程。我国畜产品加工不仅历史悠久,源远流长,技艺精湛,经验丰富,而且在很多领域和许多方面,至今仍处于世界领先的地位。我国素有“烹饪王国”的誉称,在这个王国中,畜产品加工业是一个极大的不可缺少的重要组成部分。

一个国家的人民对畜产品(主要指肉、蛋、奶)的消耗数量,是衡量一个国家经济发达程度和人民生活水平高低的重要标志之一。因此,在大力发展我国畜牧业的同时,必须尽快发展我国的畜产品加工业,迅速增加我国人民肉蛋奶的消费数量,提高人民的健康水平。我国畜产品加工业的资源丰富,广大农区,不仅有着饲养畜禽的历史习惯和丰富的经验,而且还有着适宜的气候条件和充足的饲料资源;我国拥有草原60亿亩,若按20亩草原载养一头奶牛,可养3亿头。每头奶牛年产奶3000kg,可产鲜奶9000亿kg,这样我国年人均牛奶750kg。这样充足的奶源必须靠加工才能合理的利用。因此,发展我国畜产品加工业,不仅具有迫切的必要性,而且还具有很大的可能性。

畜产品加工学是一门应用技术课,基础知识范围十分广泛,包括生物学、生物物理、生物化学、营养学、医药学、微生物学、酶学和加工工艺的有关各学科。在学习这门课程的过程中,首先要学好基础理论,牢固掌握加工的科学原理,才能灵活有效地运用加工方法,制出优质产品。单靠抄记别人现成配方,往往是不能完全解决问题的。特别在开发新产品、解决生产中出现的疑难问题时,都必须运用基础理论和加工原理;其次要坚持理论联系实际的原则,勤于动手,勇于实践,多做多练,熟能生巧。产品加工中的许多加工技巧,大多是靠实践练出来的;再者我国畜产品加工历史悠久,我们的先辈给我们遗留下了许多极其宝贵的经验,又经过千百年的炉火锤炼,形成了许多各具地方特色的、脍炙人口的畜产食品种类。我

们应当继承和发扬祖国珍贵的文化遗产，认真学习，深刻领会，广泛收集各地的历史名、特产品，达到古为今用，更上一层楼的目的；我国畜产品加工业，尽管近年得到了长足的发展，但由于我国经济底子薄，实力差，所以在畜产品加工一些技术方面，与发达国家还有较大的差距。因此，在学习这门课程时，还要认真学习国外先进技术，吸收和借鉴国外的经验，尽快使我国的畜产品加工业全面赶上和超过世界先进水平。

第一篇 肉与肉制品

第一章 肉的基础科学

所谓肉从广义上来讲可理解为牲畜机体所有作为人类食品的部分。但根据研究对象和目的不同,有不同的解释。如从生物学观点出发,主要研究组织的结构和功能,把肉称作“肌”,即肌肉组织,它包括有横纹肌、心肌和平滑肌。在肉品工业生产中,从商品学观点出发,研究组织的加工利用价值,把肉理解为胴体,即动物宰杀放血后,除去毛或皮、头、蹄、尾、内脏的肉尸,俗称白条肉。它包括有肌肉、脂肪、骨、筋腱、韧带、神经、脉管、淋巴结等。

本章主要介绍肉的形态结构、化学组成和理化性质。

第一节 肉的形态学与化学组成

一、肉的形态学

形态学是研究肉各部分组织结构的一门学科。在食品加工中,原料品质的好坏对制品的质量起决定性作用。为了掌握原料的各个组成部分的基本情况,以便指导生产,很有必要对肉的形态学进行一些介绍。

胴体的组织结构可粗略地划分为4个部分:肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨组织。其组成比例依动物的种类、品种、年龄、性别、营养状况、肥瘦等不同而有差异。而且各不同组织的化学组成也不相同。因此,肉的形态结构不同,不仅决定了肉的性质,而且也决定了肉的营养价值和质量。一般来说,肌肉组织含量高,含蛋白质多,肉的营养价值就高。而脂肪组织数量越多,肉越肥,产热量就越大。相对地说,肉中骨骼数量少,肉的质量就高。

各组织占胴体的比例大致为:肌肉组织占50%—60%,脂肪组织占20%—30%,骨组织占15%—20%,结缔组织占9%—11%。除此之外,还有神经、淋巴、血管、腺体等,所占比例很少,对肉品加工没有什么大的价值。

(一)肌肉组织 是肉的主要组成部分,也是肉品加工的主要对象。但由于畜禽的种类、品种、性别、年龄、肥瘦、饲料和经济用途不同,占胴体的比例相差很大。肉用品种的畜禽肌肉组织比例高,幼龄比老龄高,公畜比母畜高。而且同一牲畜不同部位的分布相差更大,如臀部具有多量的肌肉组织。

1.肌肉组织的宏观结构 家畜的肌肉有横纹肌、心肌、平滑肌3种。用于食用和肉制品加工主要是横纹肌,约占胴体的30%—50%。横纹肌是附着在骨骼上的肌肉,故又称骨骼肌。因它可以随动物机体的意志伸长或收缩,从而完成了动物的运动机能,所以又叫随意肌。

横纹肌的构成除由多数的肌纤维组成之外，还有少量的结缔组织、脂肪组织、髓、血管、神经、淋巴或腺体等。

构成横纹肌的基本单位是肌纤维，也叫肌细胞，许多肌纤维集合起来形成肌纤维束（简称肌束）。肌束的周围被结缔组织的膜所包围，称为初级肌束，再由数十条初级肌束集结并被以较厚的结缔组织膜包围构成了二级肌束。由多个二级肌束集结，表面再包围很厚的膜，构成了大块肌肉。

初级肌束和二级肌束外表包围的肌膜叫肌束膜，肌肉最外面包围的膜叫肌外膜，这两种膜都是结缔组织。

通常所观察到的肌肉的纹理粗细与肌束的横断面有关，此外也与内外肌膜的厚度以及脂肪沉积量有关。肌束面积和肌束膜的厚度受动物的年龄、营养状态以及使役状况的影响。而脂肪沉积量则与动物的肥育状况有关。一般肥育良好的畜肉，由于脂肪的沉积，切面能呈现出大理石状的纹理。

2. 肌肉的微观结构 观察肌纤维的形态，肌纤维呈细长圆筒状，长度由数毫米到20cm，直径只有10—100 μm 。肌纤维的粗细随动物的种类、年龄、营养状况、肌肉的活动情况不同而有所差异。

在显微镜下观察，肌纤维沿着长度方向有排列规则的明暗条纹，所以称横纹肌。这些规则整齐排列的条纹，是由肌原纤维的排布所构成的。此外有少量的细胞核、线粒体、内基质网组织或称肌小胞体，并在肌原纤维之间充满肌浆。

肌原纤维是构成肌纤维的主要组成部分，直径0.5—2 μm ，是肌肉收缩的特有成分。肌肉的伸长和收缩是由肌原纤维的伸长和收缩而造成的。肌原纤维上的横纹，用电子显微镜观察，发现整齐规则的横纹有一定周期的重复，周期的一个单位称为肌节。静止状态时肌节的长度为2.3 μm 。肌节的两侧是细丝状的暗条线叫Z线。在肌节的中间为1.5 μm 的暗带或称A带。从A带和Z线中有宽约0.4 μm 的明带，也叫I带。A带中央有宽约0.4 μm 的稍明的H区（带）。详见图1-1-1。

当肌肉在静止状态A带和I带区域比为2 : 1，在肌肉拉伸时I带区幅宽增加，肌肉收缩时I带区幅宽缩小。

肌原纤维是由二种超原纤维丝构成的。一种是贯通A带较粗的超原纤维丝（简称粗丝），另一种是从Z线伸向两侧而止于H区处的细超原纤维丝（简称细丝）。如果观察肌原纤维不同部位的横断面，则发现在I带部位只有细丝，在H区只有粗丝。除H区以外的A带部位2种纤维丝同时存在。排列的方式以1条粗丝为中心，周围有6条细丝，成正六方形形状。而1条细丝的周围有3条粗丝，成正三角形。详见图1-1-2。

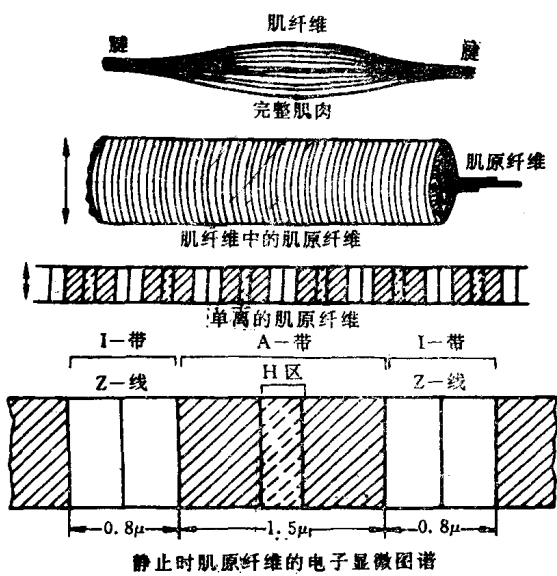


图1-1-1 不同显微水平的肌肉组织结构

肌鞘是包围肌纤维外表细胞膜的总称，是含有胶原纤维富有弹性的膜。分三层结构。内层厚为100Å均质物所构成，中间层厚为20—300Å的网状结构，外层厚为100—300Å的粒状结构。中间层和外表层互相结合构成复合的膜。

肌鞘弹性很大，能拉伸原长度的2.2倍，对酸、碱具有很强的稳定性，因此加热以后仍能保持纤维的一定性质。

肌浆是充满在肌原纤维之间的胶体溶液，呈红色、含有大量肌溶性蛋白质和参与糖代谢的多种酶类，还含有的肌红蛋白是肌肉红色的主要成分。由于肌肉的生理机能不同，使不同种动物肌肉或不同部位的肌肉颜色深浅出现差异。

(二) 结缔组织 结缔组织在动物体内分布极广。由无定形的基质及纤维所组成，包括腱、肌鞘、韧带及肌肉组织的内外肌膜等。结缔组织在胴体内的含量随动物种类、肥瘦、年龄、性别及经济用途的不同而异。其数量约占胴体重的9.7%—12.4%。

结缔组织纤维为胶原纤维和弹性纤维。这些物质属于非全价蛋白，具有坚硬、难溶、不易消化等特点，所以营养价值低。胶原纤维在70—100℃时变成明胶，而弹性纤维需在130℃以上的高温下才能水解。在通常烹调条件下不能使弹性纤维溶解，所以也不能被利用。因此，含多量结缔组织的肉，其质量低。

(三) 脂肪组织 脂肪组织是决定肉质量的第二个重要因素，存在于畜禽身体的各部分，是由退化的疏松结缔组织和大量脂肪细胞聚集所组成。胴体中脂肪数量变化范围很大，一般占活重的2%—40%。畜禽品种和种类不同，脂肪的分布也不同，一般多储积在皮下、肾脏周围和腹腔内。有时在肌肉中间形成大理石状，这种肉较嫩而多汁，营养丰富，因而食用价值很高。

动物脂肪组织沉积的部位、性质、化学成分与动物的种类、性别、年龄、饲料、脂肪层的深度等不同有很大差别。如老龄役用牲畜的脂肪多沉积于腹腔内和皮下，肌肉间少；幼龄和非役用型牲畜多积存在肌肉间，而皮下和腹腔内较少。另外同一动物体中不同部位的脂肪性质亦不相同。

脂肪对肉的风味有很大的影响，如果肌肉的内肌鞘和外肌鞘都有脂肪蓄积时，则结缔组织失去弹性，使肌束容易分离，而且容易咀嚼。当肌肉中有大量脂肪交错时，可以防止水分蒸发，使肉质柔软，也增加了风味。

(四) 骨组织 骨是动物机体的支柱组织。由骨膜骨密质和海绵状的骨松质内层所构成。骨的内腔和骨松质的中间充满着骨髓。红骨髓是造血组织，黄骨髓是脂肪。

骨中含有大量的钙盐，通常新鲜骨中约含磷酸钙85%、碳酸钙10%、磷酸镁1.5%、氯化钙0.2%。骨骼的加工利用价值，除了可以提炼骨油、明胶外，还可以制成骨泥、骨味素等产品添加在食品中。

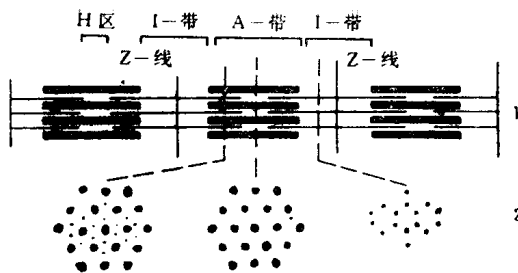


图1-1-2 肌原纤维的结构

1.纵断面 2.各部位横断面

二、肉的化学组成

(一) 水分 水分是肉中含量最多的组分，一般占70%—80%。畜禽肉越肥水分含量越少，老龄肉比幼龄的少。不同部位含水量亦不同。

肉中水分存在的状态，通常分为3种：即自由水、物理化学结合水和结合水。

1.自由水 指能自由流动的水，存在于细胞间隙及组织间隙，约占总水量的15%。

2.物理化学结合水 或称不易流动的水，指存在于肌原纤维之间和肌质网中的一部分水，肌肉中所含的水分绝大部分为此种状态，约占总水分的60%—70%。这些水能溶解盐类及其它物质，稍低于0℃即可结冰。肌肉pH发生变化，添加某些盐类（如食盐、聚磷酸盐等），可明显影响这种水的含量。

3.结合水 存在于蛋白质大分子的周围，借助于分子表面的极性基团与水分子之间的静电引力而存在，结合的非常牢固，不易蒸发，更不易冻结。通常这部分水含量约占总水量的15%—20%。

水的存在状态直接关系到肉类制品的质量好坏。

(二) 蛋白质 肌肉中蛋白质，依其构成的位置和盐溶液中溶解的程度，分下面三类：构成肌原纤维与肌肉收缩松弛有关的蛋白质约50%，存在于肌原纤维之间溶解在肌浆中的蛋白质约30%，构成肌鞘、毛细血管等结缔组织的基质蛋白质约20%。这些蛋白质在肌肉组织中的含量依家畜的种类不同而异。

1.肌浆中的蛋白质 肌浆是浸透于肌原纤维内外的液体，它含有各种有机物与无机物。将新鲜肌肉绞碎后压榨或离心可分离出肌浆。肌浆中的蛋白质有肌溶蛋白、肌红蛋白、肌白蛋白和球蛋白X等。这些蛋白质易溶于水和低离子强度的中性盐溶液中，称可溶性蛋白质。肌浆蛋白的主要功能是参与肌肉纤维中的物质代谢。

(1) 肌溶蛋白。约占肌浆蛋白的22%左右，易溶于水，不稳定，等电点为6.3，加热52℃时凝固，为全价蛋白质。

(2) 肌白蛋白。溶于水和中性盐溶液中，等电点为3.3，约占肌浆蛋白质的1%。肌球蛋白X是不溶于水、溶于中性盐溶液的球蛋白类，等电点为5.2，约占2%左右。

(3) 肌红蛋白。是由球蛋白及辅基血红素所组成的一种含铁的结合蛋白质。它是肌肉呈红色的主要成分。

2.肌原纤维中的蛋白质 是肌肉的结构性蛋白质，主要有肌球蛋白、肌动蛋白和肌动球蛋白。此外，还有原肌球蛋白、肌钙蛋白和2—3种调节性蛋白。

(1) 肌球蛋白。占肌原纤维蛋白质的50%。在离子强度0.2以上的盐溶液中溶解，在0.2以下则呈不稳定的悬浮状态。有粘性，易成凝胶。在pH6.5时加热到45℃凝固。其多分子聚合体构成了肌节的粗丝。等电点为5.4。肌球蛋白具有ATP酶的活性，此酶的活性受 Mg^{2+} 所抑制，并可被 Ca^{2+} 激活，ATP被肌球蛋白的ATP酶作用分解生成ADP、无机磷酸，放出能量。此能量使肌球蛋白与肌动蛋白结合，生成肌动球蛋白。

(2) 肌动蛋白约占肌纤维蛋白质总量的25%左右。它有两种存在形式，即球状肌动蛋白和纤维状肌动蛋白。在一定条件下两种形式可以互变。两个纤维状肌动蛋白相互结合在一起再结合原肌球蛋白和肌钙蛋白，则构成了肌原纤维的细丝。肌动蛋白溶于水，凝固温度为

30—35℃。

(3) 肌动球蛋白是由肌球蛋白和肌动蛋白结合而成的。也具有ATP酶的活性，但与肌球蛋白ATP酶有所不同， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 都能使其活化。

3. 基质蛋白质 肉基质蛋白质主要有胶原蛋白、弹性蛋白和网状蛋白等，是构成肌纤维的坚硬部分的主要成分。

(1) 胶原蛋白。是含量最多的蛋白质，约占胶原纤维固形物的85%，占弹性纤维固形物的20%。胶原蛋白性质稳定，不溶于水和稀盐溶液，在酸、碱溶液中则吸水膨胀，加热70—100℃时形成明胶，易被胃蛋白酶水解，不被胰蛋白酶水解。胶原蛋白含有较多的甘氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸及少量羟赖氨酸，后两种为胶原蛋白所特有，可和其它蛋白质区别。

(2) 弹性蛋白。约占弹性纤维固形成分的25%。多分布在韧带和血管壁。有很强的弹性，不溶于水，对化学物质稳定，加热时也不变成明胶，不被胃蛋白酶和胰蛋白酶水解，只有加热到130—160℃时才能分解。

(3) 网状蛋白。其氨基酸组成和性质，基本与胶原蛋白相似，它常与脂类和糖类相结合存在。对酸、碱、蛋白酶等均较稳定。

以上3种蛋白质，均属非全价硬性蛋白质，营养价值及消化吸收率均极低。

(三) 脂肪 动物脂肪中主要包括甘油酯、磷酸酯和固醇酯3种。甘油酯是由丙三醇和高级脂肪酸所构成的酯类，任何酯中的丙三醇都相同，只是由于结合的脂肪酸不同而形成酯的性质不同。

肉中常见的脂肪酸由棕榈酸、油酸和硬脂酸等所组成。此外还有亚油酸、挥发酸、不皂化物、甘油和微量脂溶性维生素。内脏脂肪中还含有卵磷脂、脑磷脂及胆甾醇等。脂肪的性质随动物的种类而异，主要受各种脂肪酸含量及性质影响，如动物脂肪在常温时多呈凝固状态，这是因为其中含有大量高级饱和脂肪酸所致。反之，如含熔点低的油酸或低级脂肪酸多时，则呈柔软或流体状态。

脂肪的物理化学性质，与消化性能有很大关系，脂肪的熔点越高则越难消化。并且随动物的种类、品种、年龄、性别、季节、饲养管理及健康状况而有显著差异，即使同一个体，由于所处部位不同也不一致。

(四) 碳水化合物 肉中的碳水化合物主要以糖元的形式存在，含量较少，一般不足1%，只有马肉在2%以上。肉中糖元含量多少与动物种类、肥育情况、疲劳程度及宰前状态有关，并对肉的质量有直接影响。

肉中还含有少量的有机酸，主要是乳酸，另外有微量的甲酸、乙酸、丙酸、丁二酸及反丁烯二酸（延胡索酸），这些酸类对增进肉的风味具有密切的关系。

(五) 含氮浸出物 肌肉中含有各种含氮浸出物，主要有肌酸、磷酸肌酸（CP）、游离氨基酸、核苷酸类物质、肌肽、尿素、胆碱等。这些物质与肉的风味有很大的关系。

(六) 肉中的矿物质 肉中的矿物质主要有Na、K、Ca、Mg、Fe、Cl、P、S等，含量约为1%—2%，除少数矿物质（S、P）外，大多数以无机盐和电解质的形式存在。由于这些物质的生物有效性较高，因此易被吸收利用。

(七) 色素及维生素 肉的色素，除了本身的色素外，还包含有毛细血管中的血色素。肉本来的色素，包括有脂溶性胡萝卜素、胡萝卜素醇、水溶性核黄素、细胞色素及肌红蛋白

等。

此外还有少量的维生素A、B、C、D、E、PP等。

第二节 肉的物理性状与肉质

肉的物理性状包括许多内容，最重要有颜色、气味、嫩度、持水性、酸度等。这些性状的变化，在一定程度上决定了肉质的优劣，对制品的质量影响很大。现分述如下。

一、颜色

一般肉颜色以肌肉和脂肪组织的颜色来决定。兽类的肌肉颜色均呈红色，但颜色深浅不一。兽类的脂肪颜色有白色（如猪）、有黄色（如黄牛、兔）。家禽的肌肉有红白两种，腿肉为红色、胸脯肉为淡白色。家禽的脂肪呈黄色。

颜色的产生是因为肉中含有色素物质。脂肪呈黄色是因为脂肪中有胡萝卜素等色素物质。肌肉中也含有多种色素物质，包括肌红蛋白、血红蛋白、过氧化物酶、细胞色素、黄素等。其中，肌红蛋白和血红蛋白含量最高，对肌肉颜色影响也最大。动物宰后残留血液中的血红蛋白对肉的颜色有直接影响。但是，肌肉的固有颜色是肌浆中肌红蛋白的红色所决定的。一般来说肉的颜色越深，肌红蛋白含量也越多。

肌红蛋白的分子结构如图1-1-3所示。其结构包括蛋白质、非蛋白质部分。蛋白质部分为珠蛋白，非蛋白质部分为血红素。血红素由两部分组成，即铁原子和一个被称为卟啉的平面环。卟啉是由4个杂环吡咯靠亚甲桥联结而成。珠蛋白和血红素借侧链和处于核心的铁络合在一起，形成肌红蛋白。

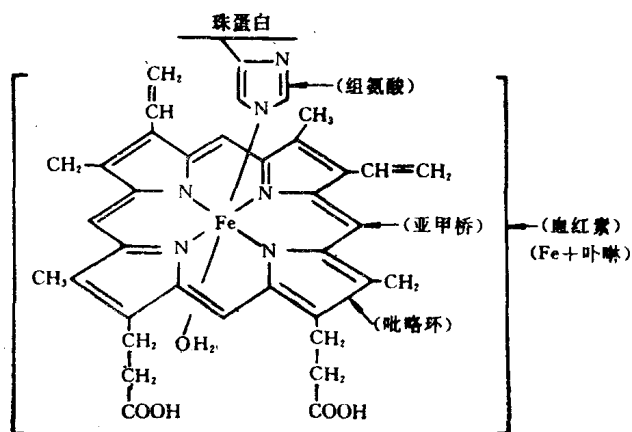


图1-1-3 肌红蛋白分子结构图

据的位置所连接基团的状态，决定了肌红蛋白和血红蛋白的色泽。图1-1-4表明了肌红蛋白分子核心中铁的状态和与它相联的基团变化以及对肌肉颜色的影响。

血红素的铁能以二价 (Fe^{+2}) 或三价 (Fe^{+3}) 的状态，即以共价键或离子键的形式存在。含有共价键的色素呈现鲜红色，所以鲜肉的氧合肌红蛋白 (MbO_2)、腌肉中的NO—肌红蛋白等都是亮红色的色素。如果没有能够构成共价键的强力电子对的物质存在时，那么在

肌红蛋白和血红蛋白在结构上的根本差别就在于肌红蛋白每一分子仅有一个血红素基团，而血红蛋白每一分子就有4个血红素基团。

卟啉环中心的铁原子不能提供任何电子，但能接受来自其他原子的6对电子，其中5对来自N，1对来自O。提供电子对的N原子有4个在卟啉环上，另一个是珠蛋白氨基酸内组氨酸中咪唑基团上的N。在血红素的铁原子上被OH₂占

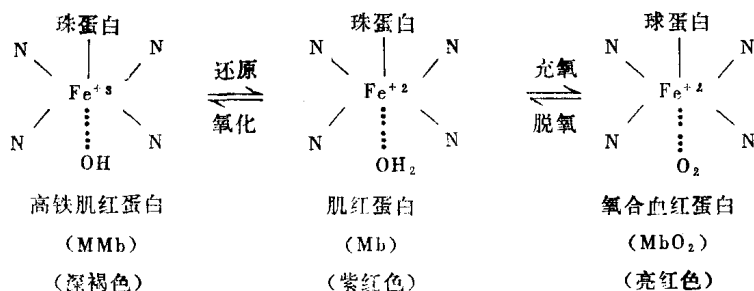


图1-1-4 血红素内铁的状态和不同相连基团对肉色泽的影响

溶液中肌红蛋白将和水构成离子键，故成紫红色。氧化状态的色素即高铁肌红蛋白(MMb)会呈现不同的褐红色。

新鲜的肉在空气中经过一段时间后会由红色→鲜红色→红褐色的变化，冷却或冻结并经长期贮藏的肉也会见到有颜色变化。这就是由于肌红蛋白与氧结合生成了鲜红色的氧合肌红蛋白，但长期与氧接触，色素蛋白被强烈氧化，形成褐色的氧化型肌红蛋白。实验证明，氧化型肌红蛋白数量超过50%时肉就变成了褐色。

肉的颜色变化中，褐变是经常发生的。此外在个别情况下有变绿、变黄、发荧光等变化，这是由于细菌、霉菌的生长繁殖造成的。

二、肉的味质

肉的味质即风味，包括滋味和气味两个方面，是肉质量优劣的条件之一，也是消费者十分重视的。肉的呈味物质是肉中有机化合物发生化学变化后产生的。种类很多，但数量极少，造成研究上的困难。况且肉的风味与动物种类、年龄、性别、饲料、屠宰和加工等条件都有一定的关系。风味的产生包括了多种成分互作的结果。因此准确确定风味物质的呈味作用是不容易的。尽管用近代气相色谱分析，可以精确地测出食品中的挥发性物质，但常常结论也不一致，被分离出的化合物与主观反映的气味也不一样。

一般认为气味的反映是肉中挥发性物质进入鼻腔刺激嗅觉细胞，再通过嗅觉神经传到大脑而引起。据现有研究结果，牛肉香气成分有300多种，主要有醇、醛、酸、酯、醚、呋喃、吡咯、内酯、糖类及含氮物等。滋味的产生是肉中的呈味物质刺激口腔味蕾细胞引起，其前体物质主要有核苷酸、氨基酸、酰胺、肽、有机酸、糖类、脂肪等。

影响肉的味质的因素很多，如大量饲喂含有硫丙烯、二硫化物的鱼粉、豆饼、蚕蛹等饲料的家畜家禽，肉中会产生特有的异味；晚去势或未去势的公畜有特殊的腥臭；长期低温贮藏的制品会使风味减弱；一定剂量的γ-射线照射，会使肉产生辐射味（焦腥味）；不良环境中贮藏肉会吸收异味（如消毒药水味、鱼腥味等）。此外，到达成熟年龄后肉的香气增加，与幼畜肉之间产生香气差。

动物种类之间引起味质差异还与遗传有关。但需指出，由家畜种类引起的香气差别，不是从水提取物中产生，而是来自脂肪部分。有人进行了实验，把脱脂的猪肉、牛肉烹调后进行风味鉴定，发现无味质区别。羊肉膻味与带支链化合物以及不饱和C₈₋₁₀脂肪酸有密切关系。研究证明，羊肉膻味主要与C₁₀脂肪酸有关，C₁₀脂肪酸如果下降到原羊肉中的35%—