

羊肉加工与质量控制

Mutton Processing and Quality Control

张德权◎主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

羊肉加工与质量控制

主 编 张德权
副主编 高 远
李 欣
王振宇

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

羊肉加工与质量控制/张德权主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5184-0788-0

I. ①羊… II. ①张… III. ①羊肉—食品加工②羊肉制品—质量控制 IV. ①TS251.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 002744 号

责任编辑: 贾 磊

文字编辑: 方朋飞 责任终审: 张乃东 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 17

字 数: 340 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0788-0 定价: 120.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151275K1X101ZBW

主编简介

张德权，研究员、博士生导师，全国农业科研杰出人才，国家农业科技创新工程肉品科学与技术创新团队首席科学家，国家肉羊产业技术体系加工研究室主任兼岗位科学家。现任中国畜产品加工研究会肉品专业委员会副理事长、农业部农产品加工标准化技术委员会肉蛋制品加工专业委员会副主任委员、国家食物与营养健康产业技术创新战略联盟副秘书长、中国保健协会食物营养与安全专业委员会副秘书长。



长期从事肉品科学与技术研发工作，在肉品品质调控、中式肉制品工业化、畜禽副产物高值化利用方面做出了创新性成绩。主持公益性行业（农业）科研专项、国家自然科学基金、国家科技支撑计划、国家肉羊产业技术体系等国家级和省部级科研项目 20 余项，获省部级奖励 12 项，其中中华农业科技一等奖 1 项、国家优秀专利奖 1 项、中国商业联合会科技进步特等奖 1 项；获国家授权专利 42 项；制定农业行业标准 9 项；发表论文 87 篇 [其中美国“科学引文索引”（SCI）、“工程索引”（EI）收录 20 篇]；主编、副主编图书 2 部。

序

SEQUENCE

过去 30 年，我国肉羊产业取得长足发展，产量稳步提高，2014 年产量达 428 万吨，消费量超过 450 万吨，均占全球的 1/3，连续 26 年居世界首位，是名副其实的羊肉生产与消费大国。肉羊产业在保供给、促稳定上做出了历史性贡献。

进入 21 世纪以来，随着我国经济、社会的快速发展和人民生活水平的稳步提高，消费者对安全、营养、健康、方便羊肉制品的需求日益增长，羊肉加工企业如雨后春笋般不断涌现，肉羊产业链快速向加工、贮藏、保鲜、物流、销售延伸。为此，亟须对羊肉加工理论和技术装备加以系统研究，以形成集理论、技术、装备、工艺、产品、标准于一体的成套技术体系，提高羊肉规模化、标准化、工业化加工和质量控制水平，推动我国肉羊屠宰与加工产业健康、可持续发展，满足人民日益增长的消费需求，增加农牧民收入，促进边疆经济发展及社会稳定与发展，提升我国肉羊产业的国际影响力。

“十二五”期间，国家肉羊产业技术体系成立了加工研究室，重点开展羊肉标准化加工与质量控制技术研究、示范与推广工作，加工研究室主任、体系岗位专家张德权研究员基于“十五”“十一五”和“十二五”期间的重要研究成果，立足肉羊产业发展实际，编写了《羊肉加工与质量控制》一书。该书从羊肉特性，肉羊屠宰、分级分割、贮藏、保鲜，羊肉制品加工、包装、杀菌、质量控制等方面，详细阐述了羊肉加工的原理、技术和质量控制体系，重点介绍了国内外先进的标准化、工业化加工新技术、新工艺、新装置、新产品，旨在提高我国羊肉加工与质量控制技术水平。该书内容丰富，资料翔实，是我国关于羊肉加工与质量控制方面的一部系统、全面的著作，无论对从事羊肉加工与质量控制研究的科技工作者，还是对从事肉羊生产与羊肉加工的企业技术人员、

生产者，该书都提供了不可多得的参考资料。相信这本书的出版发行将对我国羊肉加工标准化、现代化水平的提高和新技术的推广应用产生积极作用，为肉羊产业的发展提供技术支持。

国家现代肉羊产业技术体系首席科学家
中国工程院院士



2015 年 11 月 18 日

前言

PREFACE

羊肉是我国居民肉食品消费的重要组成部分，是内蒙古、宁夏、新疆、青海、西藏、甘肃等省区的回族、维吾尔族、藏族、蒙古族、哈萨克族等人民饮食的重要组成部分。大力发展羊肉加工业，对于有效利用饲草资源、增加农牧民收入、促进边疆社会经济发展、满足消费需求，具有极其重要的意义。

我国是羊肉生产大国，羊肉产量已连续 26 年居世界首位，2014 年达 428 万吨以上，占全球羊肉产量的 1/3，但我国并不是羊肉加工强国，90% 以上的企业都是中小型企业，90% 以上的产品都是生鲜羊肉，且存在屠宰技术装备落后、宰后损耗高、分级分割率低、精深加工率低、质量安全水平低等突出问题。其原因在于：我国缺乏对羊肉品质特性和加工特性的系统研究，缺乏适合我国肉羊品种特点、消费习惯和加工方式的羊肉分级分割技术，缺乏肉羊屠宰加工专用设备，传统羊肉制品机械化、标准化程度低，羊肉制品杀菌、包装、贮运保鲜技术落后，羊肉加工全程质量控制与追溯技术体系不健全。

“十五”以来，张德权博士带领的科研团队在国家现代肉羊产业技术体系、国家科技攻关计划、公益性行业（农业）科研专项、“948”计划、国家科技支撑计划、国家农业科技创新工程等项目的支持下，攻克了一批羊肉加工与质量控制关键技术，研制了一批重大装备，研发了一批新产品，取得了一系列重大科技成果，并在此基础上吸收了国内外有关专家学者的部分科研成果，编写了本书。本书重点从肉羊屠宰，分级分割、贮藏保鲜，羊肉制品加工、杀菌、包装和质量安全控制等方面，对羊肉加工与质量控制相关理论和技术进行了详细论述，可作为羊肉加工方面科研、教学、生产、管理、培训人员的参考书。

本书由张德权任主编，高远、李欣、王振宇任副主编。陈丽、康宁、倪娜、沈清武、侯成立、李铮、饶伟丽、夏安琪、潘晗、杨扬、何凡、陈立娟、

李培迪、刘越、李仲文、徐薇薇、杜曼婷、张彩霞、柳艳霞、李蒙、高玲玲参与了部分章节的编写。

鉴于编写人员水平所限以及羊肉加工与质量控制方面的研究成果日新月异，书中难免有不当或遗漏之处，恳请各位读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第一章 羊肉的特性	1
第一节 羊肉的组织结构和化学组成	1
一、羊肉的组织结构	1
二、羊肉的化学组成	9
第二节 羊肉的品质	17
一、羊肉的营养品质	17
二、羊肉的加工品质	20
三、羊肉的食用品质	23
四、羊肉的安全品质	25
五、影响羊肉品质的因素	29
第二章 肉羊的屠宰、分级与分割	34
第一节 肉羊宰前管理	34
一、装载和卸载	34
二、运输	35
三、宰前禁食管理	38
四、宰前检疫	39
第二节 肉羊屠宰技术	43
一、屠宰操作规程与要求	43
二、屠宰方式及其对羊肉品质的影响	48
第三节 羊胴体分级技术	53
一、国内外羊胴体分级标准	53
二、羊胴体分级技术	60
第四节 羊胴体分割标准	63

一、 国外羊胴体分割标准	63
二、 我国羊胴体分割标准	71
第五节 羊胴体的宰后成熟	77
一、 宰后骨骼肌的理化变化	77
二、 宰后成熟进程与羊肉品质的关系	82

第三章 羊肉贮藏保鲜..... 87

第一节 羊肉冻藏保鲜	87
一、 羊肉冷冻原理与技术	87
二、 冷冻对羊肉品质的影响	90
三、 冻羊肉解冻原理与技术	92
四、 解冻对羊肉品质的影响	96
第二节 羊肉冷藏保鲜	98
一、 羊肉冷藏保鲜原理和技术	99
二、 羊肉常用的其他贮藏保鲜技术	100
第三节 羊肉冰温保鲜	102
一、 冰温保鲜技术概述	102
二、 冰温保鲜原理	103
三、 冰点	104
四、 羊肉冰温保鲜技术	106
五、 羊肉冰温保鲜设备	108
第四节 羊肉包装保鲜	108
一、 羊肉常用包装保鲜技术	109
二、 羊肉常用包装保鲜材料	112

第四章 羊肉加工技术 116

第一节 羊肉制品呈色机制与控制技术	116
一、 羊肉制品的呈色机制	116
二、 羊肉制品加工中的色泽控制技术	119
第二节 羊肉制品膻味形成机制与除膻技术	123
一、 羊肉膻味形成机制	124
二、 羊肉制品加工中的除膻技术	128
第三节 羊肉腌制技术	131
一、 羊肉腌制的基本原理	131
二、 羊肉制品腌制技术	136
三、 腌腊羊肉制品加工技术	145

第四节	羊肉卤制技术	147
一、	羊肉酱卤原理	147
二、	传统酱羊肉加工技术	150
三、	传统酱羊肉加工技术的弊端	152
四、	酱卤羊肉的定量卤制技术	154
第五节	羊肉风干技术	158
一、	风干的目的	158
二、	热风风干的原理	159
三、	风干过程中的羊肉脱水规律	160
四、	影响羊肉脱水干燥的因素	162
五、	风干羊肉加工工艺	165
六、	风干羊肉节能风干技术	168
第六节	羊肉烤制技术	171
一、	羊肉烤制原理	172
二、	烤羊肉加工技术	174
三、	烤羊肉加工中存在的问题	177
四、	烤羊肉绿色加工技术	179
第七节	羊肉凝胶机理与控制技术	182
一、	羊肉凝胶形成的物质基础	182
二、	羊肉凝胶形成机制	184
三、	羊肉凝胶调控新技术	188
四、	凝胶类羊肉制品开发	196
第五章	羊肉制品杀菌与包装	205
第一节	羊肉制品杀菌技术	205
一、	羊肉制品的菌群构成	205
二、	羊肉制品的热杀菌技术	208
三、	羊肉制品的非热杀菌技术	210
第二节	羊肉制品包装技术	219
一、	羊肉制品包装的主要目的	219
二、	羊肉制品常用包装材料	220
三、	羊肉制品常用包装技术	225
第六章	羊肉加工质量安全控制	230
第一节	羊肉加工中的质量安全问题	230
一、	疫病对羊肉质量安全的影响	230

二、化学危害物对羊肉质量安全的影响	231
三、加工危害物对羊肉质量安全的影响	233
四、微生物腐败变质对羊肉质量安全的影响	235
五、其他因素对羊肉质量安全的影响	237
六、假羊肉	237
第二节 羊肉加工中的质量安全控制技术	238
一、危害分析与关键控制点体系	238
二、追溯与鉴别技术	247

第一章 羊肉的特性

第一节 羊肉的组织结构和化学组成

一、羊肉的组织结构

羊胴体指经放血，去除头、蹄、皮、内脏及附着的脂肪组织后剩余的部分，主要包括肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨骼组织，其组成比例因品种、年龄、性别和营养状况而异。羊胴体肌肉组织所占比例最大，为 49% ~ 56%；成年羊的骨骼组织含量比较恒定，为 7% ~ 11%；脂肪组织的变动幅度较大，低者 4%，高者可达 18%，主要取决于肥育程度；羊胴体的结缔组织含量相对猪、牛胴体来说比例较大，为 20% ~ 35%。由表 1-1 可见，与猪胴体相比，羊胴体肌肉组织和结缔组织含量高，而脂肪组织和骨骼组织含量低（马俪珍，2013）。

表 1-1 不同畜种各组织部位占胴体质量的比例 单位:%

组织部位	羊胴体	牛胴体	猪胴体
肌肉组织	49 ~ 56	57 ~ 62	39 ~ 58
脂肪组织	4 ~ 18	3 ~ 16	15 ~ 45
结缔组织	20 ~ 35	9 ~ 12	6 ~ 8
骨骼组织	7 ~ 11	17 ~ 29	10 ~ 18
血液	0.8 ~ 1	0.8 ~ 1	0.6 ~ 0.8

（一）肌肉组织

肌肉组织在组织学上可以分为骨骼肌、心肌和平滑肌三类。骨骼肌主要通过肌腱附着于骨骼上（图 1-1），也有些通过韧带、筋膜和软骨而间接附着于骨骼。羊胴体中几乎全部是骨骼肌，包括约 300 块形状、大小各异的骨骼肌肉，

其基本结构大致相同，图 1-2 为羊胴体中部分骨骼肌示意图。羊胴体的肌肉分为浅肌和深肌，大小、形态各不相同，附着于不同组织，其血液供应和神经支配不同，与其他组织的连接方式不同。生产中依据不同部位骨骼肌的特性对胴体进行分割。

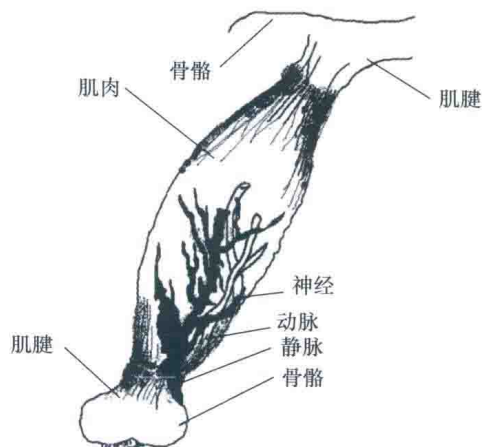


图 1-1 骨骼肌及其与血管、神经、肌腱的关系 (尹靖东, 2011)

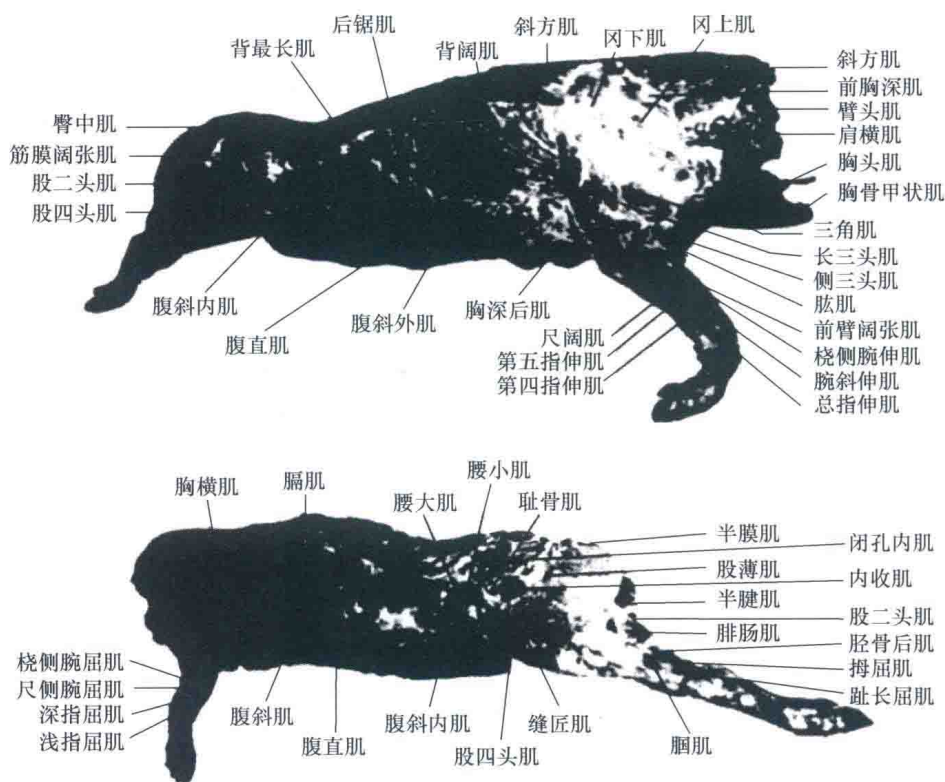


图 1-2 羊胴体中部分骨骼肌示意图 (周光宏, 2009)

1. 肌肉的一般结构

肌肉的基本结构单元是肌纤维，是决定羊肉质量的重要因素。以肉用羊品种为例，其肌肉组织比例比非肉用羊品种高，未肥育的比肥育的比例高，幼龄的比老龄的高，公畜的比母畜的高。同一个体不同部位肌肉组织比例也有差异，如臀部、腰部、背部的肌肉组织较其他部位多。

肌纤维也称肌细胞，呈细长圆筒状，长度由数毫米到数厘米，直径为 $10 \sim 100 \mu\text{m}$ ，肌纤维的粗细随品种、年龄、性别、部位和营养状况而异（表 1-2）。绵羊和山羊肌肉组织的肌纤维数目在羊出生后就已固定，随着个体发育、年龄和体重的增长，肌纤维变粗，如羔羊初生肌纤维的直径约为 $11.3 \mu\text{m}$ ，成年时肌纤维的直径可达 $50.4 \mu\text{m}$ 。不同部位肌纤维的直径也不一样，背最长肌肌纤维直径为 $29 \sim 30 \mu\text{m}$ ，而股二头肌肌纤维直径为 $32 \sim 36 \mu\text{m}$ 。羔羊在 5 月龄之前，肌纤维直径急剧增加，而从 6 月龄开始缓慢增粗，至 9~12 月龄时肌纤维直径基本停止增加。肌纤维直径与肉品质密切相关，肌纤维越细肉越嫩，肌纤维越粗肉越老，越难煮熟，肉质越差。

表 1-2 不同绵羊品种背最长肌肌纤维直径与
肌纤维密度（帕提姑·阿布都克热，2012）

品种	肌纤维直径/ μm	肌纤维密度/（根/ mm^2 ）
德科萨尔羊	30.34 ± 5.51	636.08 ± 63.13
中国美利奴新疆军垦型羊	31.39 ± 1.39	536.45 ± 19.42
湖羊	34.11 ± 7.52	357.49 ± 77.47

每两条肌纤维之间有一层很薄的结缔组织膜将肌纤维围绕隔开，即肌内膜；每 50~150 条肌纤维聚集成束，称为肌束，肌束外包一层结缔组织鞘膜，称为肌束膜或初级肌束膜；由较厚的结缔组织膜包裹数十条初级肌束就形成了次级肌束或二级肌束，许多二级肌束集结在一起即形成肌肉块。分布在肌肉中的结缔组织膜既起着支架作用，又起着保护作用，如图 1-3 所示。

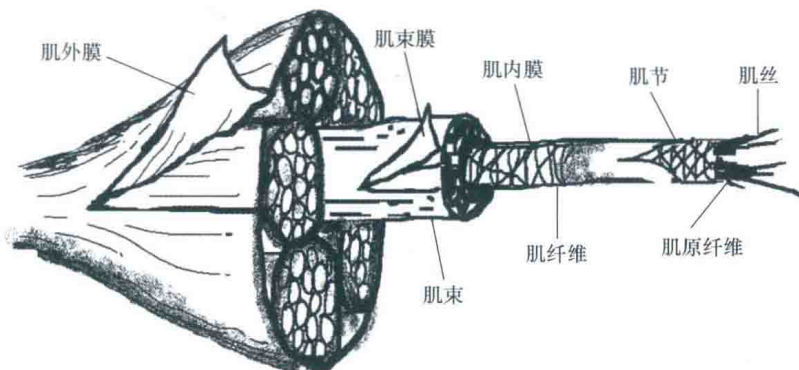


图 1-3 羊肌肉结构示意图（尹靖东，2011）

2. 肌肉的微结构

肌纤维（图1-4）的质膜称为肌膜。在肌膜之内是一种红色黏滞的液体，称为肌浆。肌浆中含有肌原纤维、细胞核、线粒体、高尔基体、肌红蛋白、糖原和脂肪等。肌原纤维被包围在由肌质网和横小管（T小管）所组成的细胞内膜网络之中。骨骼肌细胞为多核细胞，每条肌纤维所含核的数目不定，一条几厘米的肌纤维可能有数百个核。核呈椭圆形，位于肌纤维的边缘，紧贴在肌纤维膜下，呈有规律分布，核长约 $5\mu\text{m}$ 。

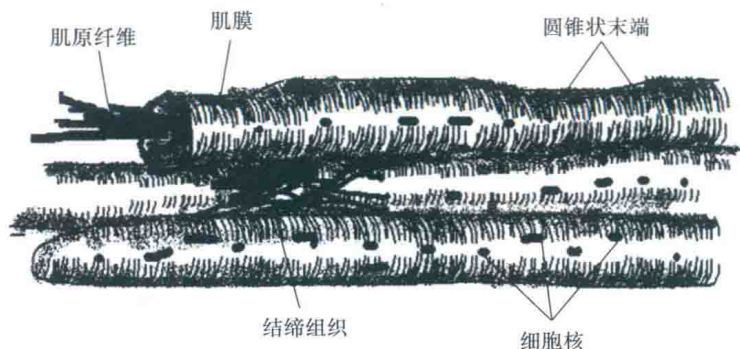


图1-4 羊骨骼肌纤维结构示意图（刘伟娟，2009）

（1）肌原纤维 肌原纤维是肌细胞独有的细胞器，占肌纤维固形成分的60%~70%，是肌肉的伸缩装置。羊肉一根肌纤维（图1-5）含有1000~2000根肌原纤维，呈细长的圆柱状结构，其长轴与肌纤维的长轴平行并浸润于肌浆中。肌原纤维又由粗丝和细丝这两种肌丝组成，两者均平行整齐地排列于整个肌原纤维中。粗丝与细丝在某一区域形成重叠，在透射电镜下观察时呈现出有规律的明暗相间条纹，即横纹。光线较暗的区域称为暗带（A带），A带的中央有一颜色较浅的区域，称为H带，它的中央有一条暗线将A带平分为左右两半，

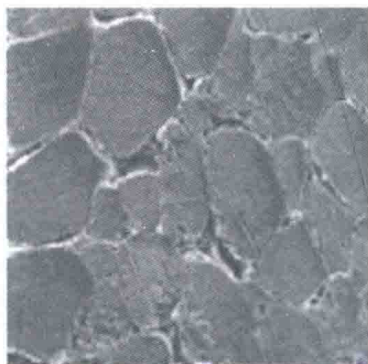


图1-5 羊肉肌纤维（500×）
（张春晖，2013）

H带的这条暗线称为M线。光线较亮的区域称为明带（I带），I带的中央有一条暗线，称为Z线，它将I带从中间平分为左右两半。两个相邻Z线间的肌原纤维称为肌节，它包括一个完整的A带和两个位于A带两边的半个I带。肌节是肌原纤维的重复构造单位，也是肌肉收缩、松弛交替发生的基本单位。肌节的长度取决于肌肉所处的收缩状态，平均长度是 $1.0\sim 2.5\mu\text{m}$ ，当肌肉收缩时，肌节变短；松弛时，肌节变长。

A带主要由平行排列的粗丝构成，另外有部分细丝插入。粗丝主要由肌球蛋白组成，故

又称为肌球蛋白丝，直径为10nm，长约1.5μm。每条粗丝中间段略粗，形成显微镜下的M线及H带。粗丝上有很多横突伸出，这些横突实际上是肌球蛋白分子的头部。I带主要是细丝，由肌动蛋白、肌钙蛋白和原肌球蛋白分子组成，肌动蛋白是主要成分，所以被称为肌动蛋白丝，直径约为7nm，自Z线向两旁各扩张约1.0μm。每条细丝从Z线上伸出，插入粗丝间一定距离。在细丝和粗丝交错穿插的区域，粗丝上的横突分别与6条细丝相对。因此，从肌原纤维的横断面上看，I带只有细丝，呈六角形分布；但在A带两种微丝交错穿插的区域，横截面可以看到每一条粗丝周围有6条细丝，呈六角形包绕，而A带的H带则只有粗丝，呈三角形排列，如图1-6所示。

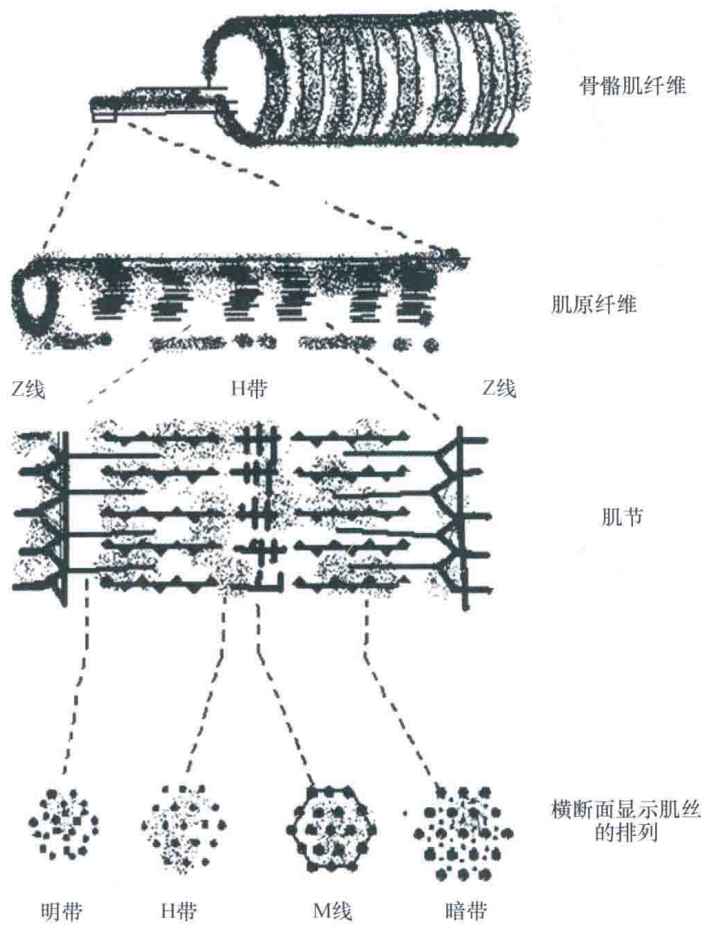


图 1-6 羊肉肌纤维示意图（周光宏，2009）

肌原纤维包含 30 多种蛋白质，这些蛋白质以非共价键相互作用，组装成晶格结构的肌原纤维（表 1-2）。肌原纤维的分离可采用匀浆离心法。在肌原纤维的制备中，可先将骨骼肌在 0.1mol/L 的盐溶液中匀浆，用纱布过滤去除大块肌肉、一些结缔组织和脂肪，然后对滤过物进行离心，沉淀即为肌原纤维蛋白。