

优质安全羊肉

生产、加工及质量
控制关键技术

主 编 / 唐善虎 牛春娥

副主编 / 李思宁 曾维才 章轶峰

YOUZHI ANQUAN YANGROU

SHENGCHAN JIAGONG JI ZHILIANG

KONGZHI GUANJIANJISHU



科学出版社

优质安全羊肉生产、 加工及质量控制关键技术

主编 唐善虎 牛春娥
副主编 李思宁 曾维才 章轶峰

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在阅读大量国内外最新发表的科研成果的基础上,结合作者的科研成果,对我国优质安全羊肉生产及加工涉及的关键技术问题论述,系统提出优质安全羊肉生产、产品加工及安全控制的关键技术。全书主要介绍肉羊宰前营养调控和管理与肉质控制技术、肉羊屠宰加工与肉质控制关键技术、羊肉低温保藏与肉质控制关键技术、羊肉制品加工关键技术、肉副产物加工利用关键技术、优质安全羊肉及制品的质量保障体系等。本书能为我国的畜牧业和肉羊产业化发展提供技术支撑,对我国的羊肉加工具有理论意义。

本书可作为科研院所、高等院校和相关企业从事动物科学、食品科学及相关专业科学研究及产品开发人员的参考书,也可作为大专院校学生、政府相关部门的管理人员和决策人员、肉类企业技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

优质安全羊肉生产、加工及质量控制关键技术/唐善虎,牛春娥主编. —北京:科学出版社, 2018.5

ISBN 978—7—03—057124—3

I. ①优… II. ①唐… ②牛… 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 (2018) 第 074256 号

责任编辑:冯 铂 韩雨舟/责任校对:江 茂

责任印制:罗 科/封面设计:墨创文化

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本:16 (787×1092)

2018 年 5 月第一次印刷 印张:17.75

字数:400 千

定价:188.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《优质安全羊肉生产、加工及质量控制关键技术》

编 委

主 编 唐善虎(西南民族大学)

牛春娥(中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所)

副主编 李思宁(西南民族大学)

曾维才(四川大学)

章轶峰(成都中医药大学)

编 委 (按姓名拼音排序)

郭春华(西南民族大学)

郭婷婷(中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所)

黄宝龙(蒙羊牧业股份有限公司)

李思宁(西南民族大学)

牛春娥(中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所)

唐善虎(西南民族大学)

曾维才(四川大学)

章轶峰(成都中医药大学)

张正帆(西南民族大学)

前 言

羊为我国最早的六畜之一，早在母系氏族社会，我国北方草原地区的原始居民就已开始选择水草丰茂的沿河、沿湖地带牧羊狩猎。羊肉蛋白质含量高，脂肪和胆固醇含量低，肉质细嫩，容易消化，风味独特，是我国西北地区居民重要的食品资源，是改善我国城乡居民膳食结构、提高身体素质、优化生活品质的重要食材。我国的羊肉消费主要集中在新疆、内蒙古、宁夏、青海等西北地区。但随着消费的多元化发展，内地消费者对羊肉的需求越来越高，羊肉的消费量持续增加。

我国是羊肉生产大国，自 20 世纪 90 年代以来我国的羊存栏量、出栏量和羊肉产量均居世界首位。羊存栏量从 1990 年的 21002.1 万只上升至 2014 年的 30314.9 万只。1990~2014 年肉羊出栏总量方面，除个别年份有较大波动外，其余年份基本呈现稳定增长，由 8931.4 万只上升至 28343.0 万只，15 年间增长了 2.2 倍。在最近几年，我国肉羊存栏量基本保持在 28000 万~30000 万只，数量变化相对稳定；而出栏量却在持续增长，年均增长率达到 3.37%。据统计，我国 2003 年肉羊出栏率为 78.0%，2012 年为 96.7%，年均增长率为 2.42%；随着出栏率的提高，羊肉产量也保持了高速增长势头，羊肉消费水平也持续增长。据统计，2003 年国内羊肉消费总量为 306.8 万 t，2013 年增长至 433.7 万 t，年均增长率达到 3.52%；人均羊肉消费量从 2003 年的 2.35 kg 上升至 2013 年的 3.13 kg，年均增长率为 2.91%。2011 年我国居民人均羊肉消费量已超过世界平均消费量，略低于西亚和澳洲一些国家的消费量。从羊肉消费量占肉类总消费量的比例看，我国的羊肉消费比例基本维持在 5.0%~5.5%，过去 10 多年我国羊肉消费量年均增长率超过 4%。

然而，现阶段我国的羊肉加工技术比较落后，羊肉加工以屠宰加工为主，大部分通过冻结保藏和贮运。深加工产品主要有冷鲜羊肉、酱卤羊肉、熏烧烤羊肉、羊肉干、羊肉香肠、羊肉灌肠制品、腌腊羊肉、风羊腿等产品。我国的羊肉加工业普遍存在加工装备简陋、加工方法简单、加工技术含量低等问题，作坊式加工普遍、标准化和规模化生产程度低、产品质量和安全难以有效控制，存在着各种产品质量安全隐患；最大特点是加工产品地方风味浓郁，以腌腊和肉干制品类产品为主导产品。随着我国经济生活水平的日益提高，消费市场对羊肉制品的品种和质量提出了更高的要求，产品加工方式与产品质量的缺陷日益明显。为了合理利用我国的肉羊资源，提升羊肉加工产业化程度，促

进产业发展，带动牧区脱贫致富，本书在查阅大量国内外研究成果的基础上，结合作者的科研成果和实际工作经验，全面剖析和总结肉羊的肉质控制及加工关键技术，为我国羊肉加工产业的标准化、现代化和安全保障提供坚实的基础。全书包括肉羊宰前营养调控和管理与肉质控制关键技术、肉羊屠宰加工与肉质控制关键技术、羊肉低温保藏与肉质控制关键技术、羊肉制品加工关键技术、羊肉副产物加工利用关键技术、优质安全羊肉及制品的质量保障体系等 6 部分内容。

第 1 章：主要针对羊肉组织结构及化学成分特点、肉羊饲养常用饲料特点、肉羊饲养与羊肉品质控制技术、肉羊宰前管理与羊肉品质控制技术等内容阐述肉羊宰前营养调控和管理与肉质控制关键技术。

第 2 章：从肉羊屠宰工艺入手，详细叙述肉羊屠宰加工方法与肉质控制技术、肉羊屠宰分割与分级和屠宰加工过程微生物控制技术等。

第 3 章：在归纳总结肉羊宰后羊肉品质变化特点的基础上，阐述冷却羊肉低温保鲜关键技术、羊肉冷冻保藏关键技术、羊肉包装与保藏关键技术等。

第 4 章：首先对羊肉制品加工需要的辅料进行分析和归纳，然后对腌腊羊肉制品加工、酱卤羊肉制品加工、熏烧烤羊肉制品加工、羊肉干制品加工、油炸羊肉制品加工、羊肉香肠制品加工、羊肉火腿加工、羊肉罐头制品加工和调理羊肉制品等肉制品加工关键技术进行阐述。

第 5 章：主要是对现阶段肉羊骨利用的关键技术、肉羊头和蹄及内脏利用的关键技术、肉羊其他副产品利用的关键技术进行剖析、分析和汇总。

第 6 章：主要介绍现有羊肉食用品质评价技术、优质安全羊肉生产质量认证体系、GAP 在羊肉生产中的应用、HACCP 在羊肉屠宰与加工中的应用以及羊肉品质检测技术、羊肉质量安全可追溯体系等优质安全羊肉及制品的质量保障体系。

本书是国家科技支撑计划项目“新丝路经济带少数民族地区畜产品优质安全技术 with 品牌创新模式研究及应用示范”（2015BAD29B02）的阶段性成果。本书的公开出版，得到了国家科技支撑计划科研基金的资助，在此表示感谢。

本书由唐善虎、牛春娥、李思宁、郑维才、章轶峰、张正帆、郭春华、郭婷婷等编著，研究生也参加了部分编写工作。

由于时间仓促、写作水平有限，本书存在一些不妥和疏漏之处，恳请同仁和读者批评指正。

编者

2018 年 2 月

目 录

第1章 肉羊宰前营养调控和管理与肉质控制技术	1
1.1 羊肉组织结构及化学成分	1
1.1.1 羊肉的组织结构	1
1.1.2 羊肉的化学成分	3
1.2 肉羊常用饲料及特点	5
1.3 肉羊饲养与羊肉品质控制技术	10
1.4 肉羊宰前管理与羊肉品质控制技术	18
1.4.1 装载和卸载	18
1.4.2 运输	19
1.4.3 宰前禁食管理	22
1.4.4 宰前电击晕	23
第2章 肉羊屠宰加工与肉质控制关键技术	24
2.1 肉羊屠宰加工工艺	24
2.2 肉羊屠宰加工与肉质控制技术	27
2.2.1 评价羊肉肉质的指标	27
2.2.2 屠宰加工方法对肉品质的影响	30
2.2.3 冷加工条件	34
2.3 肉羊屠宰分割与分级	35
2.3.1 肉羊屠宰分割	35
2.3.2 肉羊胴体分级	36
2.4 屠宰加工过程微生物控制技术	41
第3章 羊肉低温保藏与肉质控制关键技术	46
3.1 肉羊宰后羊肉品质变化	46
3.1.1 羊肉的品质	46
3.1.2 肉羊宰后羊肉胴体的成熟及品质变化	52
3.2 冷却羊肉低温保鲜关键技术	66
3.2.1 冷却羊肉冷藏保鲜	66

3.2.2	冷却羊肉冰温保鲜	75
3.2.3	冷藏保鲜与冰温保鲜技术对羊肉品质影响的比较	78
3.3	羊肉冷冻保鲜关键技术	81
3.3.1	冷冻保鲜技术分类	81
3.3.2	冷冻技术分类	82
3.3.3	冷冻对羊肉品质的影响	87
3.3.4	肉品的解冻	90
3.3.5	冷冻保藏关键技术	93
3.4	羊肉包装与保藏关键技术	99
3.4.1	羊肉常用包装技术	99
3.4.2	羊肉常用包装保鲜材料	99
3.4.3	羊肉包装保鲜关键技术	100
第4章	羊肉制品加工关键技术	106
4.1	羊肉制品加工辅料	106
4.1.1	调味料	106
4.1.2	香辛料	110
4.1.3	添加剂	114
4.1.4	着色剂	116
4.2	腌腊羊肉制品加工	124
4.2.1	一般加工原理与方法	124
4.2.2	腌腊羊肉加工技术	125
4.2.3	影响腌腊羊肉制品品质的因素	128
4.3	酱卤羊肉制品加工	129
4.3.1	加工工艺	130
4.3.2	一种酱油卤羊肉制品的加工技术	131
4.3.3	影响酱卤羊肉品质的因素	132
4.4	熏烧烤羊肉制品加工	134
4.4.1	烤羊肉制品的一般加工原理与方法、加工技术及影响因素	134
4.4.2	熏制羊肉制品一般加工原理与方法、加工技术及影响因素	138
4.5	羊肉干制品加工	141
4.5.1	羊肉干制品的加工工艺	141
4.5.2	发酵羊肉干制作技术	142

4.5.3	影响羊肉干制品品质的因素	144
4.6	油炸羊肉制品加工	148
4.7	羊肉香肠制品加工	153
4.7.1	一般加工原理与方法	153
4.7.2	羊肉香肠加工技术	154
4.7.3	影响羊肉香肠制品品质的因素	155
4.8	羊肉火腿加工	158
4.8.1	一般加工原理与方法	158
4.8.2	羊肉火腿加工技术	158
4.8.3	影响罐头羊肉制品品质的因素	160
4.9	羊肉罐头加工	169
4.9.1	一般加工原理与方法	169
4.9.2	羊肉罐头加工技术	169
4.9.3	影响罐头羊肉制品品质的因素	172
4.10	调理羊肉制品加工	177
4.10.1	调理羊肉一般制作方法	177
4.10.2	调理肉制品加工技术	178
4.10.3	影响调理羊肉制品品质的因素	178
第5章	肉羊副产物加工利用关键技术	182
5.1	肉羊骨利用关键技术	182
5.1.1	肉羊骨加工概况	182
5.1.2	骨粉综合利用技术	182
5.1.3	骨油综合利用技术	184
5.1.4	骨泥综合利用技术	184
5.1.5	骨胶综合利用技术	186
5.1.6	骨素综合利用技术	187
5.2	肉羊角、蹄及内脏的利用关键技术	188
5.2.1	肉羊角、蹄的加工利用	188
5.2.2	肉羊脏器综合利用技术	189
5.3	肉羊其他副产品利用的关键技术	196
5.3.1	肉羊血液的加工利用	196
5.3.2	羊皮的加工技术	198

5.3.3	羊皮革的加工技术	200
5.3.4	羊软骨综合利用技术	202
5.3.5	相关生化制品综合利用	203
第6章	优质安全羊肉及制品的质量保障技术	207
6.1	羊肉食用品质评价技术	207
6.1.1	羊肉食用品质	207
6.1.2	羊肉食用品质评价技术	208
6.2	优质安全羊肉生产质量认证体系	211
6.2.1	无公害羊肉生产认证	211
6.2.2	绿色羊肉生产认证	217
6.2.3	有机羊肉生产与认证	225
6.3	GAP在羊肉生产中的应用	231
6.3.1	GAP认证的起源和发展	231
6.3.2	中国良好农业规范(ChinaGAP)	232
6.3.3	肉羊 GAP 认证标准	232
6.3.4	GAP 认证	232
6.4	HACCP在羊肉生产中的应用	235
6.4.1	HACCP在羊肉生产中的应用	235
6.4.2	HACCP体系认证	242
6.5	羊肉品质检测技术	244
6.5.1	近红外光谱技术	245
6.5.2	低场核磁共振技术	246
6.5.3	超声波技术	249
6.5.4	电子鼻	251
6.5.5	电子舌	253
6.5.6	分子生物学技术	254
6.6	羊肉质量安全可追溯体系	259
6.6.1	可追溯体系的起源	259
6.6.2	可追溯体系的定义	260
6.6.3	可追溯体系的技术特点	260
6.6.4	可追溯体系在国内的发展现状	262
	参考文献	264

第 1 章 肉羊宰前营养调控和管理与肉质控制技术

1.1 羊肉组织结构及化学成分

1.1.1 羊肉的组织结构

羊肉的组织结构（胴体）主要包括肌肉组织、脂肪组织、结缔组织和骨骼组织。其肌肉组织和结缔的组织含量分别为 49%~56%和 20%~35%，高于猪肉；而脂肪组织和骨骼组织的含量比猪胴体更低，分别为 4%~18%和 7%~11%（马俪珍等，2006）。羊肉各部分组织结构的组成比例因羊的品种、年龄、性别和饲料营养状况而异。

1. 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。羊胴体中几乎全部是骨骼肌，包括约 300 块骨骼肌肉，其基本结构大致相同。羊胴体中部分骨骼肌见图 1-1。

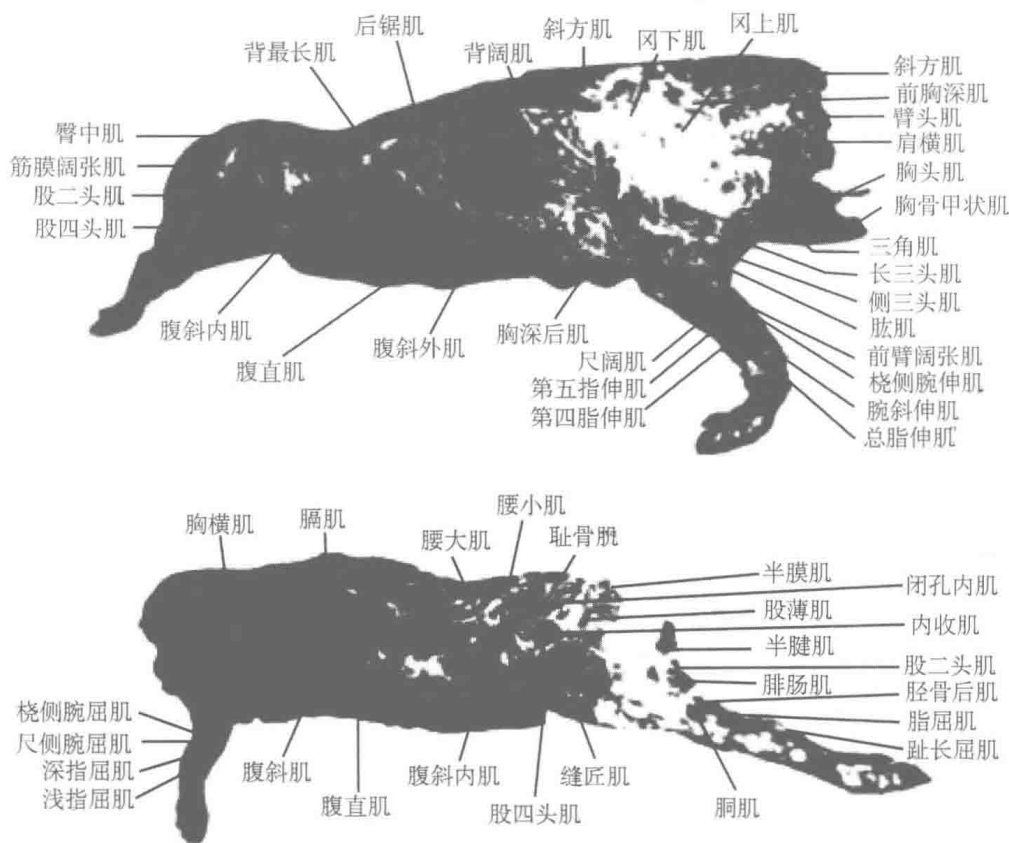


图 1-1 羊胴体中骨骼肌示意图（周光宏，2008）

1) 肌肉的一般结构

肌肉组织和其他组织一样,由细胞即肌纤维构成,是决定肉类质量的重要因素。一般肉羊随着育肥时间的延长,肌肉组织比例会下降,公畜的比母畜的高。同一个体不同部位的肌肉组织比例也有差异,如臀部、腰部和背部的肌肉组织较其他部位多。肉羊的肌肉组织结构见图 1-2。

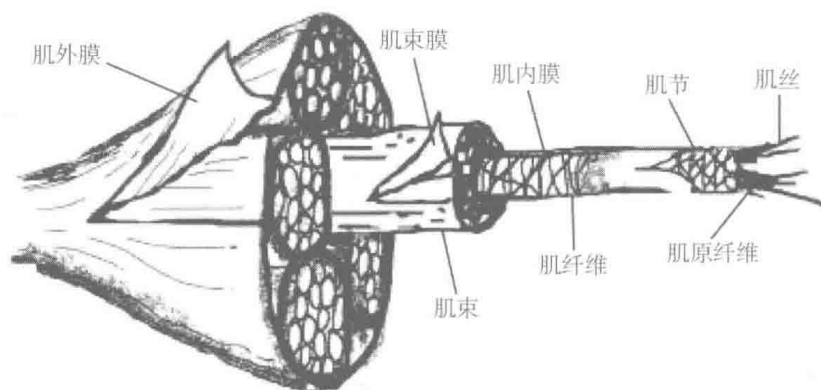


图 1-2 羊肌肉结构示意图 (尹靖东, 2011)

2) 肌肉的微结构

肌肉的微结构由肌纤维、肌膜、肌原纤维、肌浆和肌细胞核组成。

(1) 肌纤维。通常肌纤维根据其所含色素不同可分为红肌纤维、白肌纤维和中间型纤维三类。羊肉的肌纤维大多数是由两种或三种肌纤维混合而成。肌纤维大小受羊的品种、年龄、性别、部位和营养状况影响。动物在生长过程中,肌纤维数目不变,随着年龄和体重的增长,肌纤维变粗,如初生羔羊的肌纤维直径约为 $11\ \mu\text{m}$, 5 月龄之前,肌纤维直径快速增加,从 6 月龄开始增长速度变缓,至成年时肌纤维直径可达 $50\ \mu\text{m}$ 。肌纤维直径与肉品质密切相关,肌纤维越细肉越嫩。

(2) 肌膜。肌纤维本身具有的质膜叫肌膜,由蛋白质和脂质组成,具有很好的韧性,因而可承受肌纤维的伸长和收缩。

(3) 肌原纤维。肌原纤维是肌细胞独特的器官,也是肌纤维的主要成分,约占肌纤维固形成分的 $60\%\sim 70\%$,是肌肉的伸缩装置。一根羊肉肌纤维含有 $1000\sim 2000$ 根肌原纤维。肌原纤维由粗丝和细丝两种肌丝组成,两者整齐平行地排列于肌原纤维中。

(4) 肌浆。肌纤维的细胞质称为肌浆,填充于肌原纤维间和肌核细胞周围,是细胞内的胶体物质,含水 $75\%\sim 80\%$ 。肌浆内富含肌红蛋白、细胞核、高尔基体、肌糖原及其代谢产物和无机盐类等。

2. 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,其含量取决于动物的品种、年龄、去势与否、性别及肥育程度。脂肪的构造单位是脂肪细胞。脂臀尾型羊的脂肪主要蓄积在臀部,如大脂尾羊和小脂尾羊;短瘦尾羊和长瘦尾羊的脂肪主要蓄积在内脏、

皮下及肌间；幼龄羊的脂肪多蓄积在肌间，皮下及内脏较少；老龄羊的脂肪多蓄积在皮下及内脏，肌间较少；去势羊比不去势羊更容易蓄积脂肪。

脂肪对肌肉组织的风味有很大影响，脂肪过多则油腻，过少则肉质粗糙。适宜的肌间脂肪和肌内脂肪可以防止水分蒸发，使肉质细嫩，增加羊肉风味。

3. 结缔组织

结缔组织是肉的次要成分，在动物体内对各器官组织起支持和连接作用，使肌肉保持一定的弹性和硬度。结缔组织包括筋腱、肌内膜、韧带、血管、淋巴、神经、毛皮等，由细胞、纤维和无定形基质组成。

羊胴体结缔组织的含量取决于羊的年龄、性别、营养状况及运动等因素。老龄、公畜、消瘦及使役的动物，结缔组织含量高。同一羊胴体不同部位的结缔组织含量也不同，胴体前半部分比后半部分多，下半部分比上半部分多。

4. 骨组织

骨组织的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。成年羊骨骼的含量比较恒定，变动幅度较小，占胴体的8%~17%。

1.1.2 羊肉的化学成分

羊肉的化学成分主要是指肌肉组织中各种化学物质的组成，包括水分、蛋白质、脂类、碳水化合物及少量的矿物质和维生素等。通常水占75%、蛋白质占18%~20%、脂肪占3%、碳水化合物占1%、矿物质占1%，还有一些维生素。

1. 水分

水分在羊肉中占绝大部分，一般肌肉含水70%、皮肤含水60%、骨骼含水12%~15%，脂肪组织含水很少，所以育肥日龄越长，羊胴体水分含量越低。

羊肉中水分含量的多少及存在状态影响羊肉的加工质量及贮藏时间。水分多容易导致细菌、霉菌繁殖，引起肉的腐败变质。肉脱水干缩不仅使肉品失重，而且影响肉的颜色、风味和组织状态，并引起脂肪氧化。

羊肉中的水分以结合水、不易流动水和自由水组成。其中，结合水占肌肉总含水量的5%，不易流失，不能被微生物利用；不易流动水占肌肉总含水量的80%，通常肌肉系水力及其变化主要指这部分水，存在于细胞内；自由水占肌肉总含水量的15%，指存在于细胞外间隙中能自由流动的水，加工过程易流失。

2. 蛋白质

羊肉中蛋白质占12%~20%，占肉中固形物的80%。蛋白质按其在肌肉组织中的位置可分为三类：肌原纤维蛋白、肌浆蛋白和结缔组织蛋白，分别占总蛋白质的40%~50%、20%~30%、10%。

(1) 肌原纤维蛋白。肌原纤维蛋白质是构成肌原纤维的蛋白质，通常利用离子强度0.5以上的高浓度盐溶液抽出，被抽出后，即可溶于低离子强度的盐溶液中。属于这类

蛋白质的有肌球蛋白、肌动蛋白、原肌球蛋白、肌原蛋白、肌动蛋白素等。

(2) 肌浆蛋白。肌浆中的蛋白质为可溶性蛋白质，溶于水，因此在加工和烹调过程中容易流失。肌浆蛋白质不是肌纤维的结构成分，主要包括：肌红蛋白、肌溶蛋白、肌浆酶、肌粒蛋白等。

(3) 结缔组织蛋白。结缔组织蛋白质是构成肌内膜、肌束膜、肌外膜和腱的主要成分，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。

3. 脂肪

脂肪对肉的食用品质影响很大，主要影响肌肉的嫩度、多汁性和风味。羊胴体粗脂肪含量一般为 16%~17%，在育肥阶段可达 30%~40%。家畜的脂肪组织中 90% 为中性脂肪，此外还有少量的磷脂和固醇脂。

肉类脂肪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。其中硬脂酸是造成羊肉膻味的重要脂肪酸，放牧时间延长羊肉膻味会随之增加。癸酸是造成羊肉膻味的另一个重要脂肪酸。羊脂肪的脂肪酸组成见表 1-1。

肌肉内磷脂占全组织脂肪的 25%~50%，肥育后磷脂含量减少，中性脂肪含量增高。磷脂的氧化会导致肉在空气中暴露后发生颜色和气味的改变。由于磷脂中多不饱和脂肪酸比脂肪高，所以肉类的氧化在含磷脂的部分比在仅含中性脂肪的部分更大。

表 1-1 羊脂肪的脂肪酸组成

脂肪酸种类	硬脂酸	油酸	棕榈酸	亚油酸
脂肪酸占比/%	34.7	31.0	23.2	7.3

4. 碳水化合物

碳水化合物在动物体内含量很少，它们以游离或结合的形式广泛存在于动物组织或组织液中，如葡萄糖是动物体组织中肌肉收缩能量的来源、核糖是细胞核的组成部分、糖原是葡萄糖的聚合体。动物体的能量贮藏形式与肉的风味有关。

5. 浸出物

浸出物广义为煮肉时浸出的物质；狭义为与风味有关的物质。浸出物包括有含氮浸出物和无氮浸出物。

1) 含氮浸出物

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、核苷酸类及肌苷、尿素等。这些物质能左右肉的风味，是香气的主要来源，如 ATP 除供给肌肉收缩的能量外，迫于逐级降解为肌苷酸，肌苷酸是肉香的主要成分；磷酸肌酸分解成肌酸，肌酸在酸性条件下加热则为肌酐，可增强熟肉的风味。

2) 无氮浸出物

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。其中，糖类化合物主要有糖原、葡萄糖、麦芽糖、核糖、糊精；有机酸主要有乳酸及少量的甲酸、乙酸、丁酸、延胡索酸等。

6. 矿物质

矿物质是指一些无机盐类和元素，这些物质在羊肉中有的以游离形式存在，如 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等；有的以螯合形式存在；有的以与糖蛋白和脂结合的方式存在，如硫、磷有机物。不同品种羊肉中的矿物质含量和不同部位羊肉中的矿物质含量见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 不同品种羊肉中的矿物质含量（杨树猛等，2009） 单位：mg/kg

品种	钾	铁	锌	铜
藏羊	372	32	3	0.25
滩羊	281	2	3	0.24
小尾寒羊	316	3	2	0.25
蒙古羊	396	28	3	0.37

表 1-3 苏尼特羊不同部位的矿物质含量（罗玉龙等，2016） 单位：mg/kg

部位	钙	钾	钠	锰	锌	铁
股二头肌	4.17	239.13	393.37	1.12	8.46	4.56
臂三头肌	4.25	230.61	383.01	0.12	8.53	4.32
背最长肌	4.23	238.46	371.03	0.12	5.42	4.14

7. 维生素

羊肉中的维生素主要有维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K、烟酸、叶酸等，其中脂溶性维生素较少，水溶性维生素较多。羊肉中维生素的含量见表 1-4。

表 1-4 羊肉中的维生素含量（周光宏，2009） 单位：mg/kg

品种	维生素 A	维生素 D	维生素 E	维生素 K	维生素 B ₁₂
藏羊	30.90	23.17	2.22	0.96	0.18
小尾寒羊	30.73	21.23	2.08	0.28	0.02

1.2 肉羊常用饲料及特点

1. 青绿饲料

青绿饲料种类很多，包括牧草（天然牧草和人工栽培牧草）、蔬菜、水生植物、树叶及青饲作物等。青绿饲料的水分一般都在 60% 以上。禾本科牧草和蔬菜的粗蛋白含量为 1.5%~3.0%，豆科牧草的粗蛋白含量为 3.2%~4.4%。按干物质基础计算，粗纤维含量为 1%~30%。维生素含量丰富。一般青绿饲料钙含量为 0.25%~0.50%，磷含量为 0.20%~0.35%，比例较适中。其中，豆科牧草钙含量较高。因此，提供充足的青绿饲料基本上能满足肉羊对钙的需要。因牧草含钠少，放牧羊需补给适量食盐。

1) 干草

干草是青绿饲料经自然晒制或人工干燥至水分含量为 14%~17% 时,制成的一种饲料。

青饲料干制过程中营养物质损失 5%~20%,高于青贮过程的损失。干草粗蛋白含量变化较大,平均为 7%~17%,个别豆科牧草的粗蛋白含量高达 20%;粗纤维含量为 20%~35%,但其中纤维素的消化率高达 70%~80%。

2) 秸秆

秸秆粗纤维含量一般都在 30% 以上,质地坚硬,粗蛋白含量一般不超过 10%,粗灰分含量高。可用作肉羊饲料的秸秆主要有玉米秸秆、稻草、花生藤、红苕藤、大豆秆、豌豆秆、胡豆秆、油菜秆等。

2. 青贮饲料

青贮饲料是由高水分青绿饲料进行厌氧发酵而制成。饲料经过青贮后,营养物质有所减少。青贮技术越好,营养物质总量损失越小。用添加剂青贮的饲料损失的营养物质总量比自然青贮损失的更小,其损失总量一般低于 6%。

3. 能量饲料

能量饲料主要有四类:①谷类籽实;②糠麸;③块根、块茎及瓜果类;④油脂。能量饲料在精料补充料中所占比例最大,一般为 50%~70%。

1) 谷类籽实

(1) 玉米。玉米适口性好,有效能值高,可大量用于反刍动物精料补充料。但玉米容重大,通常与容重小的糠麸配合使用。用于牛、羊饲料时不宜粉碎过细,宜磨碎或破碎后饲喂。对于青年期反刍动物,整粒玉米饲喂比粉碎效果好。

(2) 小麦。小麦是牛、羊等反刍动物良好的能量饲料,但用量不宜超过 50%,否则易引起消化障碍,引起瘤胃酸中毒。饲喂时以粗碎为宜,整粒或粉碎过细均不好,压片和糊化处理可以提高其利用率。

(3) 大麦。肉羊对大麦中的葡聚糖有较高的利用率,用于育肥时与玉米能量价值相近。

(4) 燕麦。燕麦饲喂肉牛、肉羊只有玉米价值的 85%。

(5) 稻谷。稻谷饲喂反刍动物时应粉碎后使用,其饲喂价值相当于玉米的 80%,但糙米的饲喂价值可与玉米等同。

(6) 高粱。高粱是反刍动物良好的能量饲料,与玉米的营养价值相当,整理饲喂效果较差,压扁、水浸、蒸煮、膨化或粉碎后可以提高反刍动物对其 10%~15% 的利用率。

2) 糠麸类饲料

谷物籽实经加工后形成的一些副产品统称为糠麸类饲料。其中,制米的副产物通常称为糠,制面粉的副产物一般称为麸,主要包括小麦麸、大麦麸、米糠、玉米糠等。

(1) 小麦麸。小麦麸是牛、羊等草食动物良好的饲料，在草食动物的日粮中用量可达25%~30%。

(2) 次粉。次粉容重比小麦麸高，能量价值高，饲喂反刍动物时宜搭配部分体积大的饲料。

(3) 米糠。米糠是反刍动物的良好饲料，适口性好，有效能值高。

3) 块根、块茎及瓜果类饲料

甘薯是反刍动物良好的能量来源，能取代能量饲料的50%左右，但需补充蛋白质饲料与合成氨基酸。马铃薯可添加到反刍动物的精料补充料中，与尿素等非蛋白氮配合使用效果更佳。木薯用于反刍动物时，使用量不宜超过30%。

4) 油脂

油脂的有效能值高于其他能量饲料，绵羊利用油脂，有效能值可达34.3 MJ/kg。冷季时，在日粮中添加油脂可以降低动物的热增耗，提高日粮能量水平，改善能量利用率，减轻动物冷应激。反刍动物日粮中禁止使用动物油脂。油脂在反刍动物日粮中可用到5%，添加比例过高会引起纤维素消化率降低，导致乳脂率降低。

4. 蛋白质饲料

蛋白质饲料也是精饲料的一种，是指干物质中粗蛋白质含量大于或等于20%，粗纤维含量低于18%的饲料。为防止疯牛病的传播，我国禁止使用动物性蛋白质饲料。

(1) 大豆。大豆用作反刍动物饲料时，用量不宜超过50%，需配合胡萝卜素含量高的饲料使用。生大豆不宜与尿素通用。大豆膨化处理后，大部分抗营养因子失活，可提高大豆营养物质利用率，改善反刍动物组织的脂肪酸组成，提高共轭亚油酸含量。

(2) 豌豆。豌豆不宜生喂。乳牛精料可用20%以下，肉牛不宜超过12%，肉羊应在25%以下。

(3) 豆饼/粕。豆饼/粕是反刍动物优质的蛋白质饲料，各阶段动物都可使用，适口性好，饲喂效果优于生大豆。

(4) 菜籽饼/粕。菜籽饼/粕是我国最具潜力的蛋白质饲料，其氨基酸组成平衡，蛋氨酸含量丰富，与豆粕配合使用，可以补充和促进氨基酸平衡，饲喂效果优于单独使用。适度加热、焙炒、膨化等方法可提高动物对菜籽饼/粕的利用率。目前，经过育种选育已得到低硫苷、低芥酸的双低菜粕。

(5) 棉籽饼/粕。棉籽饼/粕对反刍动物不存在中毒问题，是反刍动物良好的蛋白质来源。配合软便性饲料使用时，可占精料的20%~40%。

(6) 花生饼/粕。花生饼/粕有效能值在饼/粕类饲料中最高，约为12.26 MJ/kg。花生饼/粕易感染黄曲霉，在使用中应避免使用霉变饲料，防止动物出现黄曲霉毒素中毒。

(7) 玉米蛋白粉。玉米蛋白粉可用作反刍动物部分蛋白质饲料，用量不宜超过30%，使用时应注意黄曲霉毒素。

(8) 酱油渣。酱油渣多用于牛、羊精料补充料中，用量可达20%，饲喂时应配合高