

分类号：
学 号： 20202113015

密 级：公开
单位代码： 10759

石河子大学

硕 士 学 位 论 文



糖蜜对辣椒秸秆发酵效果、肉羊生产性能及肉品 质的影响

学 位 申 请 人	王 鹏
指 导 教 师	孙新文 副教授 王树杰 高级兽医师
申 请 学 位 类 别	专业硕士
专 业 名 称	农业
研 究 领 域	畜牧
所 在 学 院	动物科技学院

中国·新疆·石河子

2023 年 9 月

分类号：
学 号： 20202113015

密 级：公开
单位代码： 10759

石河子大学

硕 士 学 位 论 文



糖蜜对辣椒秸秆发酵效果、肉羊生产性能及肉品质 质的影响

学 位 申 请 人	王 鹏
指 导 教 师	孙新文 副教授 王树杰 高级兽医师
申 请 学 位 类 别	专业硕士
专 业 名 称	农业
研 究 领 域	畜牧
所 在 学 院	动物科技学院

中国·新疆·石河子

2023 年 9 月

**Effects of different proportions of molasses on fermentation effect of
chili pepper straw, production performance and meat quality of meat
sheep**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Agriculture

By

Wang Peng

(Animal Husbandry)

Dissertation Supervisor:

Associate Prof. Xin-wen Sun

Senior Veterinarian. Wang Shu-jie Wang

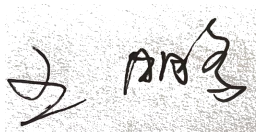
Sept. 2023

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：




时间： 2023 年 7 月 22 日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：



时间： 2023 年 7 月 22 日

导师签名：



时间： 2023 年 7 月 22 日

摘要

目的：当前环境下，随着饲草料资源越来越匮乏和养殖业高质量发展矛盾的日益凸显，充分地利用作物秸秆等农业废弃物是解决粗饲料短缺的有效途径。辣椒在新疆种植面积广阔，具有广阔的利用潜力，当前辣椒秸秆缺乏有效的利用技术。发掘其作为饲料的潜力。鉴于此，本研究以辣椒秸秆为原料，通过添加不同比例的糖蜜进行发酵。通过不同比例糖蜜对辣椒秸秆微贮感官评定、发酵品质测定、营养品质测定来评价辣椒秸秆微贮发酵效果，挑选出糖蜜的最优配比。运用裹包微贮的加工模式制备辣椒秸秆微贮饲料，替换以全株青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料，通过饲喂试验探究辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生长性能、屠宰性能、肉品质养分表观消化率的影响，为实际生产以辣椒秸秆微贮为饲料资源养殖育肥羊提供科学依据。

方法：本试验以辣椒秸秆为原料，试验设计采用单因素完全随机试验，设置糖蜜的不同添加比例（0%、2%、4%、6%），试验共分为4个组。在发酵过程第1、60天分别取样，对各组的微贮饲料进行感官评定和营养品质分析、发酵参数分析。并以此得到最优的糖蜜添加量配比，以裹包微贮的加工模式进行微贮发酵，并以此替换以全株青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料，探究其对育肥羊生长性能及肉品质的影响。

结果：（1）辣椒秸秆微贮在添加了糖蜜进行微贮后，各处理组感官评定均优于辣椒秸秆单独发酵。在各处理组中，6%糖蜜添加水平下辣椒秸秆微贮的感官评定最优。通过对辣椒秸秆原料中添加发酵底物糖蜜，随着发酵的进行，处理6%糖蜜添加组DM、CP、WSC、NDF、ADF的含量相较于对照组及其他处理组，均发生了显著的变化，即6%糖蜜添加组效果最优，其中NDF、ADF的含量降低。处理6%糖蜜添加组辣椒秸秆提高LA的含量的同时还降低了AA、PA的含量，因此选取为最优微贮外源添加处理。（2）辣椒秸秆微贮饲料替换对照组混合日粮中的粗饲料，6%甜蜜添加组辣椒秸秆微贮与对照组试验羊在生长性能上差异显著，羊日粮中使用有较好的日增重、采食量表现。其中辣椒秸秆微贮组育肥羊日增重达到238g，对照组试验羊日增重201g。养分表观消化率方面，辣椒秸秆组试验羊的DM、CP、NDF表观消化率显著高于以传统饲喂的对照组。辣椒秸秆微贮组与对照组在屠宰性能上并未产生显著差异，即辣椒秸秆微贮饲料替换以青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料，可显著提高育肥羊的生长性能及养分表观消化率。（3）取辣椒秸秆组试验羊的背腰最长肌，进行肉品质检测，辣椒秸秆微贮组肌肉蛋白质、肉色（红度 a^* ）、失水率与对照组差异显著，即饲喂辣椒秸秆微贮可以改善育肥羊肉色的红度与保水率，一定程度上提高了羊肉品质。

结论：添加糖蜜可改善辣椒秸秆微贮品质；糖蜜添加量为6%时，显著提高辣椒秸秆发酵品质，将其与糖蜜混合构成辣椒秸秆微贮发酵品质及营养品质最优的微贮模式，通过运用裹包微贮技术制成辣椒秸秆微贮饲料，替换以青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料，会提高育肥羊的生产性能、养分表观消化率及肉品质，具有广阔的开发潜力。

关键词：辣椒秸秆；糖蜜；微贮品质；育肥羊；生产性能

Abstract

Objective: Under the current environment, with the increasingly scarce forage resources and the increasingly prominent contradiction of high quality development of aquaculture industry, fully and reasonably using crop straw and other agricultural wastes is an effective way to solve the shortage of roughage. Pepper has a wide planting area in Xinjiang and has a broad utilization potential. At present, pepper straw lacks effective utilization technology. To explore its potential as a feed. In view of this, this study took pepper straw as raw material, by adding different proportions of molasses for fermentation. The fermentation effect of pepper straw microstorage was evaluated by sensory evaluation, fermentation quality measurement and nutritional quality measurement of different proportions of molasses, and the optimal ratio of molasses was selected. Wrapping microstorage was used to prepare pepper straw microstorage, and the coarse feed in the mixed daily feed of fattening sheep was replaced by whole silage corn. The effects of pepper straw microstorage on the growth, slaughter performance, nutrient apparent digestibility and meat quality of fattening sheep were investigated through feeding experiments, which provided scientific basis for the actual production of fattening sheep using pepper straw microstorage as feed resources.

Methods: In this experiment, pepper straw was used as raw material, and a single factor completely randomized experiment was used in the experiment design. Molasses were added in different proportions (0%, 2%, 4%, 6%). The experiment was divided into 4 groups. On the 1st and 60th day of fermentation, the microsilage of each group was sampled for sensory evaluation, nutritional quality analysis and fermentation parameter analysis. Based on this, the optimal molasses additive ratio was obtained, and the microstorage fermentation was carried out in the processing mode of wrapping microstorage, and the roughage in the mixed daily feed of fattening sheep, which was dominated by whole silage corn, was replaced by this method, and the effects on the growth performance and meat quality of fattening sheep were investigated.

Results: (1) After microstorage with molasses added, the sensory evaluation of each treatment group was better than that of capsicum straw fermentation alone. In each treatment group, the sensory evaluation of pepper straw microstorage under 6% molasses supplemental level was optimal. The contents of DM, CP, WSC, NDF and ADF in the 6% molasses group were significantly changed with the progress of fermentation by adding molasses substrate to the raw material of pepper straw, compared with the control group and other groups, that is, the 6% molasses group had the best effect, and the contents of NDF and ADF were reduced. Meanwhile, the content of AA and PA was decreased while the content of LA was increased in the 6% molasses addition group, so the exogenous treatment was selected as the optimal microstorage. (2) Pepper straw microstorage was used to replace roughage in the mixed diet of the control

group. The growth performance of sheep in 6% sweet addition group was significantly different from that in the control group, and the use of pepper straw microstorage in the sheep diet showed better performance of daily gain and feed intake. The daily gain of fattening sheep in the pepper straw microstorage group was 238g, while that in the control group was 201g. In terms of nutrient apparent digestibility, the apparent digestibility of DM, CP and NDF of sheep in pepper straw group was significantly higher than that in traditional feeding control group. There was no significant difference in slaughter performance between the pepper straw microstorage group and the control group, that is, replacing roughage in the mixed daily feed of fattening sheep with silage corn as the pepper straw microstorage feed could significantly improve the growth performance and nutrient apparent digestibility of fattening sheep. (3) The longissimus dorsi muscle of sheep in the chili straw group was taken for meat quality detection. The muscle protein, meat color (redness a*) and water loss rate in the chili straw microstorage group were significantly different from those in the control group, indicating that feeding chili straw microstorage could improve the redness and water retention rate of fattening mutton, and improve the quality of mutton to a certain extent.

Conclusion: Adding molasses could improve the microstorage quality of pepper straw. When the molasses content was 6%, the fermentation quality of pepper straw was significantly improved, and the optimal fermentation quality and nutritional quality of pepper straw was formed by mixing it with molasses. By using the wrapped microstorage technology, pepper straw microstorage was prepared to replace the coarse feed in the mixed daily feed of fattening sheep, which mainly consisted of silage corn. It can improve the performance, slaughter performance, nutrient apparent digestibility and meat quality of fattening sheep, and has broad development potential.

Key words: pepper straw; molasses; microstorage quality; fattening sheep; production performance

目录

摘要	I
Abstract	III
目录	V
英文缩略表	VII
第一章 绪论	1
1.1 研究目的与意义	1
1.2 文献综述	2
1.2.1 新疆省肉羊生产及饲草资源利用现状	2
1.2.2 农作物秸秆等非常规粗饲料资源在肉羊生产中的应用	4
1.2.3 辣椒秸秆、糖蜜的饲用价值与有效利用	5
1.2.4 微生物发酵饲料利用现状	7
1.3 本试验研究内容和技术路线	8
1.3.1 研究内容	8
1.3.2 技术路线	9
第二章 不同比例糖蜜对辣椒秸秆微贮营养品质和发酵品质的影响	10
2.1 材料与方法	10
2.1.1 材料	10
2.1.2 试验设计	11
2.1.3 测定指标及方法	11
2.1.4 数据统计与分析	11
2.2 结果分析	12
2.2.1 辣椒秸秆的营养成分	12
2.2.2 辣椒秸秆微贮发酵品质感官评定	12
2.2.3 辣椒秸秆微贮营养成分变化	13
2.2.4 辣椒秸秆微贮发酵品质的变化	14
2.3 讨论	16
2.3.1 糖蜜添加量辣椒秸秆微贮感官评定的影响	16
2.3.2 糖蜜添加量对辣椒秸秆微贮营养成分的影响	16
2.3.3 糖蜜添加量对辣椒秸秆微贮发酵品质的影响	17

2.4 小结	18
第三章 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生产性能的影响	19
3.1 材料与方法	19
3.1.1 试验地点与时间	19
3.1.2 试验设计与动物	19
3.1.3 饲养管理	19
3.1.4 基础日粮	20
3.1.5 测定指标和方法	21
3.1.6 数据统计分析	21
3.2 结果分析	21
3.2.1 辣椒秸秆微贮对育肥羊生产性能的影响	21
3.2.2 辣椒秸秆微贮对育肥羊营养表观消化率的影响	22
3.2.3 辣椒秸秆微贮对育肥羊屠宰性能的影响	23
3.3 讨论	23
3.3.1 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生产性能的影响	23
3.3.2 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊养分表观消化率的影响	24
3.3.3 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊屠宰性能的影响	24
3.4 小结	25
第四章 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊肉品质的影响	26
4.1 材料与方法	26
4.2 结果分析	26
4.3 讨论	27
4.4 小结	28
第五章 结论与创新点	29
5.1 结论	29
5.2 创新点	29
作者简介	39

英文缩略表

英文缩写	英文全称	中文
AA	Acetic Acid	乙酸
ADG	Average daily gain	平均日增重
ADF	Acid detergent fiber	酸性洗涤纤维
Ash	Crude ash	粗灰分
CP	Crude protein	粗蛋白
DM	Dry matter	干物质
DMI	Dry matter intake	干物质采食量
EE	Ether extract	粗脂肪
FW	Final weight	末重
FCR	Feed conversion ratio	饲料转化率
IW	Initial weight	始重
LA	Lactic acid	乳酸
NDF	Neutral detergent fiber	中性洗涤纤维
NH ₃ -N	Ammonia nitrogen	氨态氮
PA	Propanoic Acid	丙酸
WSC	Water soluble carbohydrates	可溶性碳水化合物

第一章 绪论

1.1 研究目的与意义

伴随着时代的进步,我国畜牧业也在逐渐进步,整体畜牧业的发展情况呈现良好势头。但是在畜牧业逐步发展过程中,越来越多的问题暴露在世人面前,例如:畜牧业的整体发展水平受到生产总量不足,饲草料供不应求这一问题的严重阻碍。尤其是饲草料的供需之间仍有巨大缺口,缺少饲草资源这一弊病,以严重阻碍了整个畜牧行业的进步。近年来,我国畜牧业发展欣欣向荣,粗饲料求过于供这一问题日益凸显,阻碍了草食畜牧业乃至整个现代畜牧行业的可持续发展,合理地利用农业废弃物既可以有效缓解环境污染又可以解决粗饲料短缺。

畜牧业作为新疆基础产业,具有鲜明的新疆本地特色。是新疆经济体组成的重要组成部分。与农业、林业、乃至食品加工行业等重要产业相关联,是新疆的支柱产业,承担着重要使命。作为畜牧业大区,畜牧业想要发展,饲草必先行。近年来,随着新疆养殖业的发展,2021年末全区牲畜存栏已4940万头,即新疆每年草料需求量约为2125万吨。新疆的主要饲草料来源是苜蓿、青贮玉米、棉花秸秆等作物秸秆,即使将它们充分利用新疆畜牧饲草仍存在约1000万吨缺口。

辣椒作为人们餐桌上喜闻乐见的蔬菜,受到全世界人民的喜爱。在世界范围内被广泛栽培,是我国主要蔬菜作物。据中国统计年鉴统计^[1],最近几年我国栽种辣椒的面积日益增加并且趋于平稳,年种植面积稳定在81.5万 hm^2 以上,总产量达1965万t。按照辣椒产废系数计算,产出一吨辣椒大约伴随着360公斤的辣椒秸秆废弃物的产生。那么每年大约有705万t辣椒秸秆废弃物产生,而实际上,辣椒秸秆在我国的年产生量早已超过每年1000余万t^[2]。新疆维吾尔自治区全区2021年辣椒种植面积达9.627万 hm^2 ,辣椒年产量达395.45万t,其中蔬菜辣椒播种面积达2.219万 hm^2 ,其年产量为88.77万t,工业辣椒播种面积达7.409万 hm^2 ,其年产量为306.77万t^[3]。蔬菜辣椒的副产物主要为辣椒秸秆,工业辣椒的副产物主要为辣椒秸秆和辣椒粕。按生产1t辣椒产生360kg辣椒秸秆计算,1t工业辣椒产生800kg辣椒粕计算^[4],我国年产辣椒秸秆724.68万t,新疆年产辣椒秸秆142.36万t,辣椒粕245.52万t,其中,新疆地区蔬菜辣椒产出副产物为31.92万t,工业辣椒产出副产物为355.86万t。由此可见,辣椒副产物产量巨大,资源丰富。而辣椒秸秆及其副产物作为饲料资源利用前景十分可观。伴随着辣椒的种植产生的大量辣椒秸秆目前没有较好的利用方式。大多作为废弃物丢弃,部分辣椒秸秆通

过直接燃烧后还田,但这种方式也存在弊端,一是不仅会对环境造成污染,还浪费了辣椒秸秆中丰富的营养物质。二是在还田过程中,辣椒秸秆会产生化感物质,该物质会严重阻碍农作物的生长发育,因此可能会对来年的作物种植造成影响,造成减产等。因此不适宜直接还田^[5]。而辣椒秸秆通过直接点燃火烧法间接还田后能消除化感物质对作物抑制的影响,但会造成大气污染。因此寻找一种适宜,两全其美的利用方式,已迫在眉睫。辣椒秸秆中含水量高、营养物质丰富,非常适合做厌氧发酵做牲畜饲料。通过这种方法可以实现辣椒秸秆废弃物的有效利用与资源的回收处理的目标。

我国是辣椒的重要生产区,辣椒产量一直位居世界前列,但是在辣椒生产过程中诞生的大量秸秆如何利用,是一直让人头疼的问题。若按其现状不变任其发展,将造成令人触目惊心资源浪费和环境污染。大量研究都证实了微贮饲料能够提高作物营养价值,并且延长其保存时间。同时饲喂微贮饲料可以显著提高动物的生长速度和饲料利用率。鉴于此,本研究通过对新疆地区辣椒秸秆进行微贮发酵,对辣椒秸秆进行加工将其变为新型饲料,就微贮辣椒秸秆进行研究,分析辣椒秸秆微贮饲料的发酵品质和营养品质,筛选出最优的发酵配比进行对比实验,同时以日粮中添加同等质量的微贮辣椒秸秆代替肉羊日粮中的粗饲料,继而对肉羊生长性能等作为研究对象,运用常规概略养分分析技术和经典动物营养学、生理学等手段作为研究手段,从育肥羊生长性能、屠宰性能、养分表观消化率等方面着手,探索微贮裹包辣椒秸秆对羊生长性能和肉品质的影响,为开发微贮辣椒秸秆作为反刍动物绿色饲料提供理论依据。这一研究将为辣椒秸秆发酵提供新的方案,为辣椒秸秆的饲料利用提供新的指导,提高辣椒秸秆作为饲料的利用率,为解决饲草料短缺问题提供新的方案,也将为农牧民减轻饲料成本,增加经济效益,有现实的经济意义。

1.2 文献综述

1.2.1 新疆省肉羊生产及饲草资源利用现状

人们日益增长的生活水平需要同落后的社会生产之间一直是矛盾的,现在这种矛盾已经转换到对畜产品的需求上。人们对畜产品的要求也日益增大,需求也越来越高。人们的眼光也渐渐转向了畜产品的质量。肉羊产业我国畜牧业不可缺少的组分之一,随着我国畜牧业的快速发展,肉羊产业又需在时代进步的浪潮中找到自己的定位。2020-2029年的《中国农业展望报告》^[6]里指出,在最近的10年内,国内羊肉产量不能达到预计中国羊肉消费量年均增长达到2.1%这一数字,可是中国的羊肉年总产量相较于上述数字却些许匮乏,也就是说我国的产出羊肉量供不应求。若是想满足市场的需求,主要依赖进口。2022年新疆区内羊存栏量达4825.21万只,羊肉产量为60.72万吨,区

内羊存栏数和羊肉产量占全国羊存栏量总数和全国羊肉产量的 14.34%和 10.94%。新疆区内羊存栏量增长 2.1%，出栏量比上年增长 1.8%，肉羊产值在畜牧业产值中占据重要地位^[3]。新疆省位于我国西北地区，是我国农牧业大省，同时也是多民族聚居的省，当地的饮食习惯和风俗决定了新疆区内巨大的羊肉消费市场，肉羊产业仍具有更加值得挖掘的价值^[3]。粗饲料是肉羊饲养的基石，粗饲料在羊混合日粮中的占比通常能达到的 50%左右，高的甚至可以达到 70%。粗饲料为肉羊及肉羊体内的瘤胃微生物提供了源源不断的营养来源与能量。粗饲料的供不应求一定程度上影响了肉羊产业迅速发展。肉羊产业不能得到高速发展的重要原因之一就是粗饲料的供不应求。饲料成本通常占肉羊总养殖生产成本的 60%，高的可占肉羊总养殖成本的 70%，因此降低饲料成本，可直接加快肉羊养殖业的经济效益。通过发展非常规粗饲料并对其进行开发利用，可以有效缓解未来养殖业发展瓶颈。大量农作物废弃物在种植业的生产中伴生，这些副产物富含丰富的营养物质，可作为畜牧业生产中丰富的粗饲料来源，合理开发利用非常规饲料资源加工作为粗饲料，为新疆肉羊产业的发展加码加力奠定基础^[7]。

常规饲草料泛指在畜牧业生产过程中常用的饲草原料，其中包括玉米、麦麸、豆粕等。我国新疆、内蒙古等地拥有广阔的土地资源，近年来我国越来越重视对其土地资源的开发以及利用，通过对不同地域饲草种源开发、退耕还林还草的等政策施行，加快了我国畜牧业高质量发展的步伐^[8]。据统计我国目前可供牲畜食用的牧草品种有 4296 种。在可供牲畜使用的草料中，有 973 种禾本科植物，占中国草料种类的 22.06%。其他共有 2678 种，隶属于 146 科 697 属，如莎草科、藜科、菊科等^[9]。每种牧草都有自己的营养特点，也为牲畜提供了不同的牧草资源^[9]。改革开放以来，中国畜牧业的发展十分迅速。我国饲料原料的需求进口大国，作为世界主要的养殖生产国之一我国的饲草资源短缺的矛盾日益显著。目前，我国饲料原料生产加工行业发展滞后十分明显。饲料原料供不应求的矛盾制约着饲料工业的快速发展。牧草生产已成为世界一些发达国家的主要产业。例如，美国、加拿大是两个最大的饲草资源生产国，年产量牧草生产量达到 1 亿吨以上，产值更是超过 100 亿美元，且目前其牧草生产这一产业规模仍在扩大。

随着畜牧业的快速发展，饲草料资源匮乏这一问题日渐显露。“粮占草”等现象都成为限制畜牧业进一步发展的主要因素^[10]。2021 年全区牲畜存栏 7780.53 万羊单位，年草料需求量约为 5744.67 万吨；其中主要饲草料来源是天然打草（干重 558.7 万吨）、苜蓿及多年生牧草（干重 197.53 万吨）、青贮玉米（干重 1071.29 万吨）、作物秸秆（干重 2847.7 万吨）、农副产品（干重 882.02 万吨）等。引进种植新的牧草品种，提高牧草产量和粮草轮作，既能满足国内需求，又能减少裸地面积，大大减少雨水造成的水土流失，从而减少因为饲草缺乏而对畜牧业的影响^[11]。而合理利用作物秸秆也是解决饲草料短缺这一问题的有效方法。

1.2.2 农作物秸秆等非常规粗饲料资源在肉羊生产中的应用

大量研究表明,农作物秸秆经过加工调制后可作为粗饲料替代传统优质粗饲料资源进行饲喂,取得良好效果。同时合理开发利用农作物秸秆是缓解粗饲料缺乏的有效途径之一。现在影响农作物秸秆作为饲料资源的一大原因就是农作物秸秆中纤维素含量过高,同时木质程度高。而研究表明适当的增加绵羊混合日粮中的纤维原料含量,增加混合日粮中纤维素的含量,纤维类的饲料能够促进绵羊增加食欲,加快采食,能有效提高饲料转化率,降低料肉比。同时具有改善瘤胃微生物菌群结构的功效^{[11]-[13]}。袁翠林等^[14]通过混合一定比例的花生秧和豆秸;一定比例的花生秧与玉米秸秆。研究两者间的组合会产生怎样的配伍效应,表明豆秸和花生秧两种农作物秸秆能被有效利用,能有效提高饲料的消化利用率;冯文晓等^[16]的研究发现:用菌酶互作机制处理小麦秸秆后,饲喂肉羊,可以提高肉羊对农作物秸秆中营养物质的消化率,同时可以提高肉羊日增重,降低料重比;添加 30%桑树叶作物秸秆以粗饲料添加于肉羊的混合日粮中可以显著提高绵羊的表观消化率和肉品质,改善肉羊的瘤胃发酵^[15]。窦永芳等^[17]用玉米秸秆饲喂羔羊,使羔羊消化道内微生物菌群趋于稳定。在羔羊日粮中,用玉米秸秆替代一部分苜蓿干草,使羔羊对饲料的消化利用率得到优化,改善其生产性能^[18]。K.Sadri 等^[20]将一定比例的马铃薯秸秆与小麦秸秆进行混合青贮,然后替代羔羊的粗饲料进行饲喂,结果显示羔羊对 CP 的消化率显著增加。对 DM 和 EE 等营养成分的消化率没有影响。还有研究表明,青干草中加入了一定量加工后的豆秸,进行混合饲喂绵羊,可以显著优化日粮结构,作用效果与苜蓿相似^[19]。如表 1 主要牧草及秸秆营养价值成分表所示,农作物秸秆想作为粗饲料利用往往伴随着一些困难。一是适口性差、营养价值与饲用价值低等问题。二是农作物秸秆中往往 CP、WSC 含量少。导致试验动物农作物秸秆的利用效率低。因此,为使农作物秸秆的利用效率提升,以达到更加优异的饲喂效果。在生产实践中就必须对秸秆粗饲料实行合理的加工制作和预处理^[6]。合理的加工方式可以有效地利用农作物秸秆等非常规饲料,使农作物秸秆等非常规饲料加入到畜牧业粗饲料的大家庭中。而这种有效的加工方式就包括青贮发酵。

表 1-1 主要牧草及秸秆营养价值成分表^[21]

Table 1-1 Contents of nutritional value components of main pastures and straws

	苜蓿	小麦秸	玉米 秸秆	大豆秸	稻秸	多花 黑麦草	杂交狼尾草
粗蛋白 CP(%)	19.20	4.40	5.70	5.70	4.83	16.00	14.40
粗脂肪 EE(%)	2.50	1.40	16.00	2.00	3.20	3.20	3.30
中性洗涤纤维 NDF(%)	45.00	72.00	70.00	70.00	40.00	40.00	55.80
酸性洗涤纤维	35.00	55.00	44.00	54.00	28.51	28.51	31.30

ADF(%)							
粗灰分 Ash(%)	8.00	12.40	6.60	4.20	11.35	11.35	12.85
钙 Ca(%)	1.41	0.69	0.32	1.04	0.60	0.60	0.75
磷 P(%)	0.26	0.60	0.08	0.14	0.27	0.27	0.22

1.2.3 辣椒秸秆、糖蜜的饲用价值与有效利用

1.2.3.1 辣椒秸秆的营养价值

辣椒秸秆主要是辣椒种植过程中产生的废弃物。辣椒秸秆上主要含有辣椒的根、茎、叶和少量残余的辣椒果实。学者毕金华等^[21]对辣椒秸秆不同部位的营养成分进行了化学组分研究分析发现：辣椒秸秆中各营养成分含量如下全碳含量为 42.7%、氮含量为 2.28%、钾含量为 1.35%、磷含量为 0.55%、纤维素含量为 27.06%、半纤维素含量为 19.64%、木质素含量为 16.16%、粗蛋白 20.43%。通过他的研究发现辣椒秸秆中营养成分与其茎、叶中各的营养成分存在显著差异。其中辣椒叶中的水分含量显著高于根和茎，而辣椒秸秆中纤维素、木质素含量均低于根和茎。由此可见，同株辣椒秸秆中不同部位所含营养成分不同。陆相龙等^[22]通过测定不同生长阶段的辣椒秸秆营养成分，发现了辣椒在不同生长阶段，其辣椒秸秆中所含营养成分有显著不同，其中生长初期采收的辣椒秸秆纤维素、粗蛋白、木质素含量显著低于生长末期采收的辣椒秸秆粗纤维、粗蛋白、木质素含量。并且处于生长末期辣椒秸秆中所含有一定量的胡萝卜素和维生素 C。陆相龙发现^[22]辣椒秸秆中所含辣椒素和二氢辣椒素也高于生长初期。由此可见，辣椒秸秆的成分含量及其营养物质含量据研究者报道的不同，也存在明显差异。这可能是由于研究者当地种植的辣椒品种所导致。和采收的秸秆中主要包含根、茎、叶含量等差异有关。若想对当地辣椒秸秆进行合理应用，需对所使用当地辣椒秸秆的营养成分进行测定，可以更好地了解辣椒秸秆作为粗饲料资源的价值及为日后发酵提供理论依据。

1.2.3.2 糖蜜的营养成分

甘蔗、甜菜、石榴等在制糖过程中会产生副产物，这种副产物就是糖蜜。糖蜜大多为不宜流动的深棕色液体。糖蜜中所含的主要成分为碳水化合物。所含营养成分丰富^[23]。在畜牧业的生产中糖蜜被广泛使用，黄秋连^[27]研究发现，在羊草青贮中添加糖蜜可提升羊草青贮的营养品质，具体表现为粗提升蛋白含量并降低氨态氮含量。糖蜜可以被视作一种能量饲料，使动物的生产性能、生长性能和饲料转化效率得到提高^[24]。当其作为添加剂加入到青贮发酵中时，还能快捷的使青贮中的 pH 下降，阻碍了青贮发酵中丁酸的产生和蛋白水解，糖蜜的添加可以改善青贮饲料发酵品质^{[25]-[26]}。付锦涛^[28]研究发现，于全株构树与稻草混合青贮中添加适量糖蜜，不但可以使青贮中的中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)等纤维素类含量下降，而且可以降低混合青贮的 pH，进而使

青贮发酵品质更加优良。研究发现,在籽粒苋与稻秸混合青贮中添加一定量的糖蜜,可以有效减少混合青贮中的干物质的量的消耗,同时还可以提高乳酸含量^[29]。

1.2.3.3 辣椒秸秆饲料化利用现状

辣椒秸秆作为饲料利用的前提是其含有丰富的营养物质,其中包括辣椒秸秆中特有的辣椒素。辣椒素能改善禽畜食欲,提高畜禽采食量进而优化畜禽的生产性能和生长性能,还可以使禽畜健康状况和禽畜产品品质更上一层楼^[30]。辣椒秸秆中还含有胡萝卜素、维生素 C 和一些必需氨基酸等营养物质。当辣椒秸秆作为饲料利用时,可为动物提供营养。据研究表明,辣椒秸秆的营养成分与特定时期采收的苜蓿营养成分相仿,不仅可以被当作粗饲料饲喂食草动物,还能作为饲料原料饲喂一定时期的单胃动物^[31]。周松涛^[32]等通过将辣椒秸秆饲喂给生长阶段的獭兔,发现了辣椒秸秆中的主要营养物质能够被生长獭兔高效利用,可以提高生长獭兔的食欲,提高采食量继而加快生长速度。陆相龙^[33]通过对产蛋鸡饲料中加入一定量粉碎的辣椒秸秆发现采食添加辣椒秸秆饲料后会导致鸡蛋质量下降,产蛋率下降,破蛋率较对照组显著提高,蛋壳的质量明显下降。在产蛋鸡养殖上利用效果不理想,降低了其经济效益。显而易见,在辣椒秸秆被当作饲料原材料饲喂给不同畜禽时,其效果是具有显著差异性的,可能是由于禽畜的品种和添加量而导致。

通过使用青贮的方法,新鲜饲草料在加工后,不但使其品质得到提升,还将使用的年限大幅增加。秦爱琼等^[34]等研究了水分与添加剂等因素对辣椒秸秆青贮发酵品质的影响,研究表明当辣椒秸秆未经人工处理直接投入青贮发酵时,未获得品质优良的青贮饲料。显而易见,辣椒秸秆作为原料在投入微贮发酵前需经过人工调制,单一的辣椒秸秆不适宜做青贮饲料。在辣椒秸秆青贮发酵中,水分和添加剂作为非常重要的组成部分影响巨大,当辣椒秸秆中含水量为 75%左右时青贮质量最高。作物秸秆在青贮发酵后保存了其作物的新鲜和绝大部分的营养。青贮饲料还具有芳香的酸味、柔软多汁的特点。因其气味浓郁,具有浓厚酸香味的特点可以刺激家畜的唾液分泌,进而增加动物食欲,使动物采食量大幅增加,提高饲料的消化利用率^[35]。目前研究表明,要想使农作物秸秆在畜牧生产中利用最大化且提高饲用价值需要通过以下两点改进^[36]:第一是通过一些方法,打破农作物秸秆中坚硬的细胞壁组织结构,使其中的纤维素、木质素和半纤维素的含量及其复合程度大幅下降,并且在反刍动物的饲喂上,使纤维素被瘤胃微生物利用效率逐步提升、纤维素复合程度稳步下降^[36];第二是通过对作物秸秆进行加工调制等手段提高作物秸秆的适口性从而使反刍动物对秸秆的采食量增加^[37]。

1.2.3.4 糖蜜的开发与利用

饲草在青贮发酵过程中,可溶性碳水化合物的含量是发酵的关键因素,直接决定了发酵质量的优劣。可溶性碳水化合物可直接为微生物提供碳源,有益其生长繁殖。糖蜜总糖分含量较高,做为发酵原料添加,可以为发酵底物总体系增加可溶性碳水化合物,为乳酸菌、植物乳杆菌等有益菌的发酵提供充足底物,为其增长成为优势菌群提供了丰富的底物原料。抑制了梭菌、霉菌等有害微生物与乳酸菌、植物乳杆菌等竞争底物,避免了发酵底物的损失^[38]。糖蜜主要成分是糖类,可直接为微生物生长繁殖提供碳源。吕仁龙等^[39]人在发酵型全混合日粮中研究发现,将未经加工调制的甘蔗渣加入其中,不仅没有提高发酵品质,还使日粮中干物质的消化利用率显著下降。反而,在加入了5%糖蜜后,提高了发酵型全混合日粮的发酵品质和干物质消化率,且糖蜜的添加量不宜过多,以5%添加量最佳。陈育峰^[40]添加糖蜜及尿素发酵甘蔗尾,研究发现糖蜜与尿素组合添加不但使粗蛋白含量大幅增加,还将粗纤维含量显著降低了,而且发酵饲料的气味、色泽、质地和酸度均得到很大的改善,在添加糖蜜时,建议原料含水量控制在65%。

1.2.4 微生物发酵饲料利用现状

微生物发酵饲料主要是将多种原料经过发酵加工等手段进行调制之后,将其营养成分当中的抗营养因子等物质进行了分解,所形成的饲料更利于消化和吸收,而且还能够抗有毒物质。微生物发酵饲料是现代新型的健康型生态饲料,也受到现代养殖业的青睐。通过含水量的不同,可将微生物发酵饲料分为固体发酵饲料和液体发酵饲料^[41]。固体发酵饲料在我国被广泛使用,另外还有其他类型的代谢产物,例如氨基酸,菌体蛋白,饲料蛋,细胞蛋白等等,微生态制剂以及维生素等相关的类别^[42]。在固体发酵饲料当中又可以叫做固态发酵,主要是将粗饲料作为具体的发酵原材料,并且在此基础上加入一些有益菌种,如乳酸菌、植物乳杆菌、粪肠球菌等。进行加工和处理后,其发酵产物营养含量高、口感较好,并且能够对有害物质进行一定程度的分解。微生物发酵的菌种主要以酵母菌和乳酸菌为主,另外还有一些其他的细菌。液体发酵饲料和固体发酵饲料相比主要差别是液体发酵饲料的发酵原料的粒度较小,再水的作用下,可以使菌种和原料之间的接触面积在原来的基础上大幅增加,因此能够在一定程度上加快发酵速度,然而液体发酵中的经济性、有效性等现实的问题,在一定程度上阻碍了液体发酵饲料的进步及推广^[43]。

微贮饲料是使用牧草、作物秸秆、及农产品废弃物等作为原材料,通过成熟的技术以及专业的机器对其进行加工。使其变得更加蓬松柔软,通过加入一些有益的微生物,经由发酵过程来酿造一种散发出甜味、酸香气味、好吸收、利用率比较高、储藏方便的粗饲料^[44]。微贮技术的原料是多种多样的,对技术的要求也比较低:统筹比较秸秆发酵

饲料和尿素氨化饲料后,发现后者的成本显著低于前者。能够进一步提高秸秆的适口性:普遍情况下采食速度能够增加 30%,采食量能够提升 20%,长久使用也不会出现不良反应,是一种十分健康的饲料。提高消化速率以及营养功能:纤维素下降等于或者超过 10%,粗蛋白含量能够增加 5%-8%,干物质消化率能够提升四分之一,高达约为 60%,能够增加乳制品的乳脂率大约在 8%。能够降低牲畜生病的可能性,还可以控制痢疾杆菌、志贺氏菌、大肠杆菌等类型的致病菌的繁殖,来增加牲畜的免疫力^{[45]-[47]}。

1.3 本试验研究内容和技术路线

1.3.1 研究内容

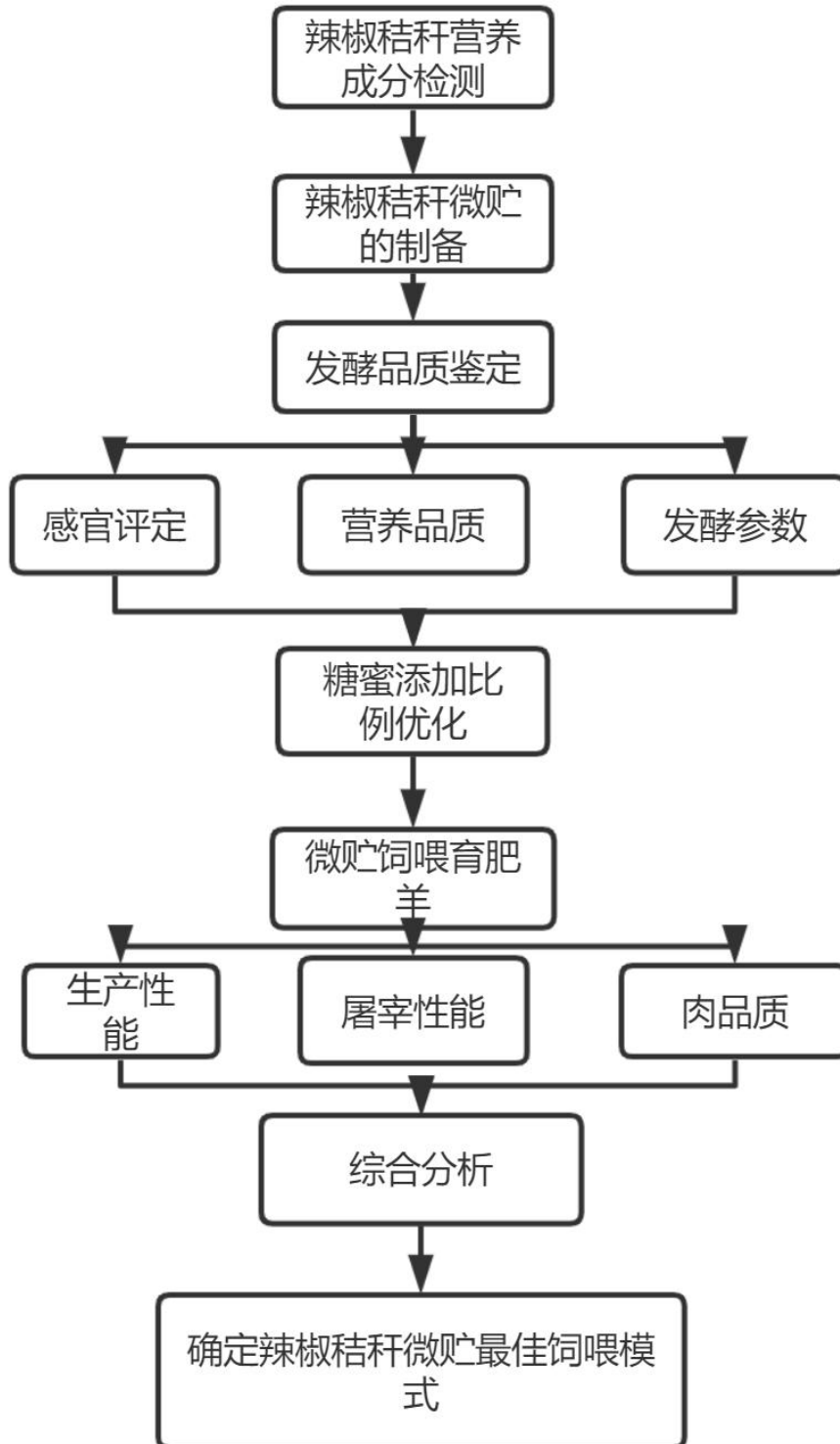
通过对新疆本地优势产业辣椒产业副产物辣椒秸秆及制糖副产物糖蜜进行有效利用。通过添加不同比例的糖蜜进行微贮处理,选择出较好的辣椒秸秆微贮中糖蜜的添加量,再进行育肥羊饲喂试验,比较与传统饲喂的差别。主要包括以下研究内容:

- 1.糖蜜对辣椒秸秆微贮感官评定、营养品质及发酵品质的影响,比较发酵效果,筛选出糖蜜的最优添加量。

- 2.辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生长性能、屠宰性能及养分表观消化率的影响。

- 3.辣椒秸秆微贮对育肥羊肉品质的影响。

1.3.2 技术路线



第二章 不同比例糖蜜对辣椒秸秆微贮营养品质和发酵品质的影响

人们对肉蛋奶等畜产品的需求也日益增长,养殖规模的不断扩大,饲料原料供不应求,导致饲料工业供需之间的矛盾与日俱增。在我国蛋白质类优质饲草资源的国外进口率高达 80%,严重制约了我国畜牧业的发展^[7]。随着新疆农区牛羊养殖规模的不断扩大,饲草料紧缺的问题在各地日益突显,尤其是在南疆的部分地区,牛羊饲草料的供求矛盾日益激化。据联合国粮食及农业组织统计数据,2021 年,我国辣椒的播种面积达到 82.7 万 hm^2 ,辣椒种植面积居我国蔬菜作物之首,可见辣椒在我国的受欢迎程度,2021 年我国辣椒总产量达 3677.15 万 t,辣椒秸秆产量约 1000 余万 t^[48]。新疆是我国重要的辣椒主产区,2020 年新疆辣椒的种植面积为 6.64 万 hm^2 ,产量为 275 万 t,辣椒秸秆年产量约 700 余万 t。辣椒秸秆中粗蛋白含量为 6.5%、纤维素含量 44.0%^[49]。由此可见,当前影响辣椒秸秆饲料化利用的主要原因,一是辣椒秸秆中木质化程度高,纤维含量过高,质地比较粗糙、坚硬,严重影响了其作为粗饲料的适口性,导致辣椒秸秆作为饲料的消化率与其他农作物秸秆相比较低。二是由于辣椒秸秆中可溶性碳水化合物含量较少。因此需要改善对辣椒秸秆的发酵方式来提高辣椒秸秆的发酵品质^[34]。

目前仅有研究发现在青贮饲料中添加一定量的糖蜜可以改善羊草和全株构树等秸秆饲料的发酵品质^[50],并没有对于糖蜜对于辣椒秸秆微贮营养品质及发酵品质的相关研究。本试验以辣椒秋收后废弃的辣椒秸秆作为研究对象,将糖蜜作为微贮添加剂,旨在探讨糖蜜对辣椒秸秆微贮营养品质及发酵品质的影响,为辣椒秸秆微贮饲料的生产利用提供参考。

2.1 材料与方法

2.1.1 材料

(1) 辣椒秸秆:来自于新疆沙湾安集海镇,辣椒秸秆粗粉碎至 1~2cm,待贮。于石河子大学动物科技学院试验站进行微生物发酵处理。

(2) 糖蜜:购自新疆维吾尔自治区奎屯市奎屯糖厂。

(3) 微贮所用菌液:石河子大学动物科技学院饲草料综合利用团队自研。主要成分:乳酸杆菌 (*Lactobacillus*) $\geq 1.5 \times 10^7$ CFU/ml、产朊假丝酵母 (*Candida utilis*) $\geq 3.0 \times 10^5$ CFU/ml、枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) $\geq 2.0 \times 10^6$ CFU/ml、酿酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) $\geq 1.0 \times 10^6$ CFU/ml、白地霉菌 (*Geotrichum candidum*) $\geq 1.0 \times 10^5$ CFU/ml 等。

- (4) 尿素：为颗粒状农业尿素，含氮量 46%。
- (5) 食盐：为粗盐，颗粒状。
- (6) 发酵袋：单向膜发酵袋，规格 40×25cm、厚 1 毫米。
- (7) 真空封口机：欧信 OX-001 型，封口宽度 36cm。

2.1.2 试验设计

本试验采用单因素完全随机试验设计，以辣椒秸秆为制作原料。本试验共设置 3 个处理组，1 个对照组。本试验各组以干物质的量为基础，试验组糖蜜添加量分别为 2%（A 组）、4%（B 组）和 6%（C 组），对照组（CK）。糖蜜、食盐、尿素、菌液均以干物质基础添加。每个处理中定量添加 0.1% 食盐、尿素、菌液（干物质基础）。调整发酵底物含水率至 65%。各组混合均匀后装入厌氧发酵袋中，每袋装 500g 辣椒秸秆微贮样品。对照组及 3 个处理组各组设置 6 个重复，共计 24 袋。用真空封口机（欧信 OX-001 型）抽真空密封，于室温（25-30℃）下避光贮藏。60 d 后开袋取样，测定发酵指标。

2.1.3 测定指标及方法

2.1.3.1 感官评定

感官评定方法参照农业部《青贮饲料质量评定标准》和刘建新版^[51]青贮饲料的合理调制与质量评定标准分别对青贮饲料的气味（2~14 分）、质地（0~4 分）和色泽（0~2 分）进行等级评定。再根据三项评分标准进行综合评定，共划分 4 个等级为：1 级 16~20 分为优良、2 级 10~15 分为尚好、3 级 5~9 分为中等、4 级 0~4 分为腐败^[51]。

2.1.3.2 常规营养成分分析

采用烘干法测定 DM、凯氏定氮法测定 CP^[52]，范氏纤维洗涤法^[53]测定 NDF 和 ADF，蒽酮—硫酸比色法^[54]测定 WSC。

2.1.3.3 发酵品质分析

采用酸度计测定 pH，苯酚—次氯酸钠比色法^{[55][57]}测定 NH₃-N 含量，高效液相色谱法^[56]测定 LA、AA、PA、BA。

2.1.4 数据统计与分析

用 Excel 2020 整理试验数据，然后用 SPSS 22.0 对数据进行单因素方差分析，并用

Duncan 氏法进行多重比较, $P < 0.05$ 表示为显著差异, $P > 0.05$ 表示为差异不显著。

2.2 结果分析

2.2.1 辣椒秸秆的营养成分

测定微贮原料辣椒秸秆(辣椒秸秆取自新疆沙湾安集海镇)的营养成分, 如表 2-1 所示, 经检测辣椒秸秆的 CP、EE、Ash、NDF、ADF 和 WSC 的含量分别为 11.17%、4.00%、9.43%、44.32%、36.21%和 2.47%。

表 2-1 辣椒秸秆的营养成分(干物质基础)

Table 2-1 Nutrient composition of pepper straw (dry matter basis)

项目 Item	含量 Content (%)
粗蛋白 CP	11.17
粗脂肪 EE	4.00
粗灰分 Ash	9.43
中性洗涤纤维 NDF	44.32
酸性洗涤纤维 ADF	36.21
可溶性碳水化合物 WSC	2.47
钙 Ca	0.85
磷 P	0.26

2.2.2 辣椒秸秆微贮发酵品质感官评定

由表 2-2 可知各组的感官评定评分得分情况, 处理组 A、B、C 组的辣椒秸秆微贮感官评定得分均高于对照组 CK (13 分)。其中 A 组评分为 15 分、B 组得分为 16 分、C 组得分最高为 19 分。除 CK 组外, 其余各组辣椒秸秆微贮样品均有明显的酸香味, 其中 A 组酸香味较淡, 弱于 B、C 处理组。其中以 B 与 C 芳香气味最佳, 有较浓的酸香味; 各处理组微贮样品色泽明亮, 呈棕褐色; 质地品质上, 各微贮处理组样品茎叶结构均保持良好, 质地柔软, 未出现发霉现象。综合来看, CK 组评分等级中等, 为 3 级水产品; A 组微贮品质尚好, 等级评分为 2 级, 其余各组微贮感官评定均为 1 级, 微贮品质优良。

表 2-2 辣椒秸秆微贮感官评定

Table2-2 Sensory assessment of fermented pepper straw

处理	气味	色泽	结构质地	评分	等级
Treatment	Smell	Color	Texture and structure	Score	Grade
CK	无丁酸臭味, 无酸香味 (7)	棕褐色 (2)	保持良好 (4)	13	中等
A	无丁酸臭味, 较淡的酸香味 (9)	棕褐色 (2)	保持良好 (4)	15	尚好
B	无丁酸臭味, 较浓的酸香味 (11)	棕褐色 (2)	保持良好 (4)	16	优良
C	无丁酸臭味, 较浓的酸香味 (13)	棕褐色 (2)	保持良好 (4)	19	优良

注: CK (对照组); A (辣椒秸秆+2%糖蜜); B (辣椒秸秆+4%糖蜜); C (辣椒秸秆+6%糖蜜)。
Note: CK (control group); A (chili straw + 2% molasses); B (chili straw + 4% molasses); C (chili straw + 6% molasses).

2.2.3 辣椒秸秆微贮营养成分变化

由表 2-3 可知, 各组营养品质在微贮发酵过程中的变化。由表可知, 各组的 DM 在发酵开始时处理组 A、B、C 含量均显著高于对照组 (CK), 其中 C 组 DM 含量最高为 37.53%, 发酵进行 60 天后均有不同程度的降低。发酵第 60 天, 处理 A、B 干物质含量为 32.10%、32.53%, 二者无显著差异 ($P>0.05$), 均显著高于 CK 组 ($P<0.05$)。发酵结束时, C 组的 DM 含量极显著于 CK、A、B 组 ($P<0.01$)。

各组 CP 含量在发酵期间均有所降低。添加糖蜜组 A、B、C 组显著高于对照组 CK ($P<0.05$), 发酵结束时, 处理组 C 的粗蛋白含量为 12.61%, 极显著高于其他处理组 ($P<0.01$)。

各处理组在微贮发酵过程中 NDF 含量的变化如表 2-3 所示, 发酵起始阶段, 各组 NDF 含量变化不显著, CK 组与各处理组差异不显著 ($P>0.05$)。发酵 60 天后, 各组 NDF 含量均显著降低。对照组 CK 与处理组 A 之间差异不显著 ($P>0.05$)。处理组 C 的 NDF 含量极显著低于其余各处理组 ($P<0.01$), C 处理的 NDF 含量为 31.24%, 为各处理中最低。

各处理组在微贮发酵过程中 ADF 含量的变化如表 2-3 所示, 发酵开始时, 各处理组与对照组间差异不显著 ($P>0.05$); 到发酵 60 天时, 处理 C 组 ADF 含量极显著低于 A 组和 B 组及对照组 ($P<0.01$), CK 组与 A 组差异不显著 ($P>0.05$), CK 组 ADF 含

量极显著高于 B 组与 C 组 ($P<0.01$)。C 处理的 ADF 含量为 25.16%，为各处理中最低。

各处理组在添加糖蜜后 WSC 含量显著高于对照组，其中 C 组 WSC 含量显著高于 A、B 处理。对照组及各处理组在发酵期间可溶性碳水化合物 WSC 的含量都在持续降低。对照组 CK 水溶性碳水化合物 WSC 含量均低于处理组 A、B、C 组。各处理在 60 天内显著下降 ($P<0.05$)。发酵第 60 天，处理 C 组残余 WSC 含量最高达到 2.72%，且与处理 B 组差异不显著 ($P>0.05$)，与其余各组差异显著 ($P<0.05$)。

表 2-3 辣椒秸秆微贮发酵前后营养品质的变化

Table2-3 Changes in nutritional quality of pepper straw before and after microstorage and fermentation

指标 Index	时间 Time	组别 Groups				标准误 SEM	P值 P-value
		CK	A	B	C		
干物质%	0d	35.248d	36.166c	36.861b	37.528a	0.189	0.001
	60d	31.560c	32.095b	32.53b	33.026a	0.119	0.001
粗蛋白CP%DM	0d	11.333c	11.775b	12.856a	12.898a	0.133	0.042
	60d	11.100d	11.663c	12.035b	12.613a	0.118	0.006
中性洗涤纤维 NDF%DM	0d	44.018	44.346	44.506	44.681	0.115	0.217
	60d	32.838a	32.761a	31.945b	31.238c	0.155	0.004
酸性洗涤纤维 ADF%DM	0d	33.371	33.548	33.508	33.373	0.079	0.824
	60d	27.471a	27.375a	25.876b	25.160c	0.214	0.000
可溶性碳水化合 物WSC%	0d	3.220d	3.360c	3.570b	3.740a	0.029	0.024
	60d	2.21c	2.330b	2.640a	2.720a	0.041	0.014

注：表中 CK 表示对照组，A 表示 2%糖蜜添加量，B 表示加入 4%糖蜜添加量，C表示加入 6%糖蜜添加。SEM 为均值标准误差，同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)，相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

Note: CK in the table represents the control group, A represents 2% molasses addition, B indicates the addition of 4% molasses, and C indicates the addition of 6% molasses. SEM is the mean standard error, and different lowercase letters on peer data shoulder markers indicate significant differences ($P<0.05$), and identical or no letters indicate insignificant differences ($P>0.05$). The table below is the same.

2.2.4 辣椒秸秆微贮发酵品质的变化

由表 2-4 可知，对照组及各处理组在微贮发酵期间 pH 值均下降，pH 值总体处于动态变化趋势，且处理组 A、B、C 的 pH 值极显著低于对照组 CK ($P<0.01$)。发酵 60 天后，处理组 C 的 pH 值极显著低于处理组 A、B ($P<0.01$)。添加糖蜜处理组 pH 值在

发酵过程中总体下降。发酵结束时，C处理的pH值最低为4.17，且与其他各组差异极显著（ $P<0.01$ ）。

随着发酵的进行，各处理组乳酸的含量总体上升，发酵60天后，添加糖蜜的处理组A、B、C组乳酸含量均显著高于对照组CK（ $P<0.05$ ），处理组A、B、C组之间差异显著（ $P<0.05$ ）。处理组C乳酸含量最高，达到29.83g/kg，为各组最高。

随着发酵的进行，60d后各处理乙酸含量存在不同程度的增加，发酵60天对照组CK组乙酸含量极显著高于其余各处理组A、B、C组（ $P<0.01$ ）。处理组B、C处理显著低于A处理（ $P<0.01$ ），C处理中乙酸含量最低为9.63g/kg。

各处理组的丙酸含量均上升，发酵60天对照组CK组丙酸含量极显著高于其余各处理组A、B、C组（ $P<0.01$ ）。处理组B、C处理显著低于A处理（ $P<0.01$ ），C处理中丙酸含量最低为1.14g/kg。

由表2-4可知，各组NH₃-N在整个发酵60d内，NH₃-N总体含量上升。在发酵开始时，对照组CK的NH₃-N含量显著高于各处理组A、B、C组（ $P<0.05$ ）；而处理组A、C两组之间差异不显著。发酵60天后，对照组CK的NH₃-N含量极显著高于其余各处理组A、B、C组（ $P<0.01$ ）。处理组A、B处理显著高于C处理（ $P<0.05$ ），C处理中NH₃-N含量最低为0.56。

表 2-4 辣椒秸秆微贮发酵前后发酵品质的变化

Table 2-4 Changes in nutritional quality of pepper straw before and after microstorage and fermentation

指标	时间	组别 Groups				标准误	P值
Index	Time	CK	A	B	C	SEM	P-value
pH	0d	5.721	5.811	5.776	5.840	0.020	0.198
	60d	4.960a	4.798b	4.413c	4.175d	0.067	0.001
乳酸/LA (g/kg) FM	0d	2.578	2.473	2.490	2.738	0.045	0.142
	60d	25.420d	26.331c	27.773b	29.826a	0.352	0.021
乙酸/AA (g/kg) FM	0d	1.285b	1.355b	1.413ab	1.520a	0.027	0.008
	60d	11.120a	10.580b	10.140c	9.636d	0.117	0.004
丙酸/PA (g/kg) FM	0d	0.228	0.331	0.265	0.316	0.024	0.437
	60d	1.691a	1.561b	1.346c	1.135d	0.046	0.002
氨态氮 (NH ₃ -N) FM	0d	0.171a	0.078c	0.116b	0.080c	0.009	0.005
	60d	0.850a	0.780b	0.698c	0.561d	0.024	0.006

2.3 讨论

2.3.1 糖蜜添加量辣椒秸秆微贮感官评定的影响

感官评定微贮饲料品质的好坏是发酵饲料品质评定的常见方法。感官评定需要用检测者的嗅觉、触觉对待检测的微贮饲料进行主要包括对微贮的颜色、气味和质地结构方面进行综合评定等。微贮饲料中附着微生物的数量及活性决定了此次微贮的发酵质量，而微贮饲料中的含水量直接影响着微生物数量及微生物的活性。当微贮饲料中水分含量较高、微生物的活性高而含水量较低时，有利于发酵有益菌的快速生长繁殖，当有益菌含量过高时发酵过程中的酸度增长较快，从而形成酸性环境，有益发酵的进行。辣椒秸秆的木质素含量高，WSC 含量较低，不宜直接进行微贮，而糖蜜的营养特性正好与辣椒秸秆低 WSC、高纤维素特点互补。可以有效提高辣椒秸秆微贮品质；同时复合菌液的添加，能够快速促进乳酸菌等有益菌繁殖，继而降低微贮饲料的 pH。而 pH 的降低可以快速增加微贮原料中乳酸菌等有益菌的数量，使之充分利用原料中的可溶性碳水化合物等物质^[51]。根据农业部《青贮饲料质量评定标准》^[51]版本青贮饲料的合理调制与质量评定标准可知，评定青贮主要从微贮的气味、质地和色泽等方面对不同处理的辣椒秸秆微贮进行评分。从本试验来看，除 CK 组气味和色泽略有不足，其余各处理组微贮饲料发酵品质较好。CK 组及 A 组的芳香气味弱于糖蜜添加 4%、6% 组，原因可能是辣椒秸秆微贮在发酵过程中产生过多的甲酸，导致发酵整体的酸性较强。而乳酸菌等微生物的生长受到酸性环境的抑制，直接导致有益菌等的生长数量减少，致使微贮的芳香性气味较弱。于苏甫·热西提^[58]等人发现混贮发酵效果强于单贮。这可能由于糖蜜与辣椒秸秆中的可溶性碳水化合物等营养物质在一定程度上起到了互补的作用，促进了乳酸菌等有益发酵的微生物快速繁殖，从而加快了微贮的发酵进程。致使添加了一定比例糖蜜后，辣椒秸秆发酵的饲料品质优于单独发酵的品质，其中随着糖蜜的添加量的增加，微贮等级评分均随之升高，在本试验中，6% 糖蜜添加量组感官评分最高。

2.3.2 糖蜜添加量对辣椒秸秆微贮营养成分的影响

当微贮发酵 60 天时，各组 DM 的含量均有所下降。各组 DM 含量随着糖蜜添加量的增加而升高，如 2% 和 4% 糖蜜添加组辣椒秸秆的 DM 含量显著低于 6% 糖蜜添加组。A (2%)、B (4%)、C (6%) 三个处理组显著高于对照组 (CK)。这是因为添加糖蜜后，辣椒秸秆微贮整体中的发酵底物增加，进而加速了发酵进程，导致 pH 降低速度加快。发酵环境酸性程度增高从而抑制了有害微生物如腐败梭菌等对营养成分的降解，减少了 DM 的损失。这与郭旭升等人的研究结果相同，郭旭升等^[59]在用胡枝子废弃物制作青贮时添加糖蜜，结果在添加糖蜜处理后，胡枝子青贮中 DM 含量显著升高 ($P < 0.05$)，

DM 损失率低于 CK。本研究中, 各处理组 CP 的含量均极显著高于对照组 ($P<0.01$), 这是由于各处理组的 pH 极显著低于对照组, 整个过程中随着 pH 值含量的降低从而抑制了酶等蛋白质类物质的分解, 发酵结束后处理组 pH 在 4.8~4.2 之间, 但各处理组之间对于 CP 的含量也有着不同的差异, 其中处理 C 的效果最好结束后的 CP 可达到 12.61% 以上。发酵 60 天, CK 组粗蛋白含量均低于添加糖蜜处理, 这是因为添加糖蜜加速了发酵过程中 pH 的降低, 酸性程度的增高抑制了腐败菌的生长与对 CP 分解, 这与添加糖蜜后处理组氨态氮含量降低相映证。再者糖蜜本身含少量 CP, 使得糖蜜添加组的 CP 含量都高于对照组。李改英^[60]等人研究紫花苜蓿青贮中添加少量糖蜜发酵后, 也显示添加糖蜜处理后, 青贮中 CP 含量在发酵后高于对照组。本试验中辣椒秸秆属高纤维饲草, 研究显示 ADF、NDF 经发酵后都有所降低。本研究各处理组均对中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维产生了显著的差异, 其中添加 6%糖蜜的 C 组效果最为明显, 这是由于微贮发酵过程中, 添加适量的糖蜜会提高其发酵品质, 产酸也会随之增多, 促进了辣椒秸秆细胞壁的分解。发酵 60 天, 添加糖蜜处理辣椒秸秆微贮中的 ADF、NDF 均显著低于对照组 ($P<0.05$)。这是因为补充了可溶性糖, 促进发酵进程, 产生了更多有机酸, 如乳酸等, 有利于纤维成分的降解^{[61]-[62]}。刘婷婷^[63]等人研究结果显示添加 4%糖蜜对张杂谷青贮中 ADF、NDF 的降解效果更显著; 龚正发等研究表明添加糖蜜可以有效降低青贮中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量^[64]。这与本试验添加糖蜜后产生试验结果相同。Ash 中含较多矿物元素, 对动物生长发育具有重要作用。对于常规发酵饲料, Ash 含量越高, 则饲料品质越差^[65]。本试验 Ash 含量在微贮前后变化不大。

2.3.3 糖蜜添加量对辣椒秸秆微贮发酵品质的影响

微贮饲料的发酵品质通过 pH 值、乳酸含量和氨态氮含量可最直观的体现。秸秆饲料作物的秸秆中必须含有一定量的水溶性碳水化合物 (WSC) ($>10\%$ DM)^[45]才能用于制作微贮饲料。本试验发酵原料辣椒秸秆的碳水化合物 (WSC) 含量低, 含量仅为 3.20%, 导致辣椒秸秆作为发酵饲料很难发酵成功。试验选择添加碳水化合物含量丰富的糖蜜作为发酵底物进行发酵。对照组的 pH 最低降至 4.74, 糖蜜添加组 pH 最低为 4.16 (pH 值 <4.2), 这表明纯辣椒秸秆中可溶性碳水化合物含量不足, 单独发酵难以为乳酸菌等有益菌提供充足的发酵底物, 无法使 pH 值降至 4.2 以下。本试验中各处理组的 pH 值均显著低于对照组 CK, 其中添加糖蜜组 A 组、B 组、C 组的 pH 值均低于未添加糖蜜组 (CK), 说明在辣椒秸秆中添加糖蜜可以显著提升微贮的发酵品质, 其中糖蜜添加量 6%组效果更好。

添加不同比例的糖蜜处理后, 各处理组辣椒秸秆微贮中乳酸的含量均显著升高并显著高于对照组 ($P<0.05$), 当糖蜜添加量在 6%时, 辣椒秸秆微贮的乳酸含量达到最高,

可达 28.93%。这可能是因为糖蜜中丰富可溶性碳水化合物的作用, WSC 为乳酸菌等有益菌的生长发酵提供了充足的底物, 从而增加了辣椒秸秆微贮中乳酸的含量。主要是添加糖蜜为原料补充了碳源, 在发酵时使乳酸菌等迅速繁殖, 使其成为优势菌属, 产生大量乳酸, 从而 pH 快速下降, 微贮饲料快速进入稳定状态。乳酸总体呈上升趋势。yotota^[66] 等人在象草青贮中添加糖蜜, 可极大提高发酵品质。本试验添加 6% 糖蜜可显著提高辣椒秸秆微贮中 LA 含量。微贮饲料在发酵的过程中原料中的 WSC 大部分转化有机酸, 即 LA、AA、PA 等物质, 其中 LA 为主要产物, 有机酸中 LA 和 AA 含量可表明微贮的品质, 而且 LA 是青贮发酵过程中促进发酵的有益酸^[67]。乙酸和丙酸在微贮饲料中都可以促进微贮饲料形成酸性环境, 进而抑制微生物的生长活动, 反映微贮的有氧稳定性^[68]。本试验中各处理组的乙酸和丙酸含量均低于对照组 CK, 本研究表明, 单独添加糖蜜可改善微贮辣椒秸秆的发酵品质; 微贮过程进行至第 60 天时 AA 的含量显著下降, PA 的产量相较于对照组也明显降低, 这是因为微贮在发酵的过程中梭菌通过对 WSC 发酵产生 PA, 但随着 LA 的快速增高, pH 值也快速降低, 抑制了梭菌的活性, 降低其发酵产生 PA^[69]。本研究结果与曹阳等^[70]研究结果一致, 即通过对青贮饲料中添加发酵底物糖蜜, 从而改善青贮饲料的发酵品质, 使其营养物质更好的保存。

微贮饲料发酵的过程中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量与 CP 的含量呈负相关, 即当饲料中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量越高时表明腐败微生物分解 CP 产生的游离氨越多, 进而饲料中 CP 的损失也就越大^[71]。本研究中, 辣椒秸秆微贮处理组 A、B、C 与对照组在 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量上存在很大的差异, 其中在发酵进行至第 60 天时, C 组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量极显著低于对照组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量 ($P < 0.01$), 处理 C 组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量显著低于处理 A 组与处理 B 组 ($P < 0.05$), 这正与 CP 含量升高相印证。由此可知不同的处理组均降低了 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量, 提高了 CP 的含量, 通过对原料中添加糖蜜及有益菌, 如乳酸菌等的数量, 使其产生了大量的有机酸, 进一步抑制腐败微生物及酶的活性, 降低 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量^[72]。

2.4 小结

本试验通过对辣椒秸秆中添加不同比例糖蜜进行微贮处理, 随着发酵时间的延长, 处理 C 组 DM、CP、WSC、NDF、ADF 的含量相较于对照组即其他处理组, 均发生了显著的变化, 即处理组效果最优, 显著降低了 NDF、ADF 的含量, 显著提高了 DM、CP、WSC 的含量。通过不同处理寻找最优微贮模式, 以此改变辣椒秸秆的发酵品质, 其中处理 C 组效果最优。处理 C 组相较于其他处理组 A、B 及对照组 CK, 不仅提高 LA 的含量还降低了 AA、PA 的含量, 因此选取 C 组为最优处理, 即辣椒秸秆中添加 6% 糖蜜进行处理。

第三章 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生产性能的影响

辣椒秸秆由于秸秆中纤维含量多，适口性不佳，很难作为粗饲料资源。经过糖蜜添加处理进行混合微贮加工处理后，发酵底物的增多，明显改善辣椒秸秆的理化特性及其营养价值。并指定能显著提高辣椒秸秆的利用率与饲喂反刍动物获得的生产效益。使辣椒秸秆得到更充分的利用，来同时降低饲养成本^[73]。

合理的饲喂发酵饲料可有效提高肉羊体重、采食量，改善生产性能，随着对肉羊营养物质消化和吸收的深入研究，通过混合日粮去饲喂肉羊，不同饲料之间存在着不同的组合效应，正组合效应可提高其各项生产指标，而负效应则会滞后肉羊的生长发育。辣椒秸秆含有丰富的糖源、蛋白等、胡萝卜素等营养物质^[2]。试验一也以证明辣椒秸秆可以微贮成功，并可以大量保存其营养物质。借此本研究在试验一的基础上，即以 6%糖蜜作为添加剂添加至辣椒秸秆微贮中，然后进行裹包，替换以青贮玉米为主的育肥羊混合日粮中，探究其对育肥羊生长性能、屠宰性能、养分表观消化率的影响，为实际生产以辣椒秸秆微贮饲料为饲料资源养殖育肥羊提供科学依据。

3.1 材料与方法

3.1.1 试验地点与时间

本试验于 2022 年 5 月至 2022 年 6 月进行，其中预饲期 7d，正饲期 40 天。试验地点位于新疆维吾尔自治区石河子市 145 团三分场肉羊养殖场进行相关试验。

3.1.2 试验设计与动物

本试验选取 40 只 6 月龄且平均体重为 $45\pm 5\text{kg}$ ，健康状态良好的小尾寒羊。采用根据试验一的最优糖蜜添加量制作的辣椒秸秆裹包微贮（6%糖蜜）为粗饲料进行饲喂试验。采用单因素试验设计，将 40 只羊随机分为 2 组，每组 4 个重复，每个重复 5 只。1 组为以全株青贮玉米为主的混合日粮的对照组，处理组 2 为辣椒秸秆微贮饲料做粗饲料替代全株青贮玉米混合日粮中粗饲料的试验组（辣椒秸秆微贮饲料组）。测定两个处理组小尾寒羊的生长性能、屠宰性能、养分表观消化率等指标。

3.1.3 饲养管理

本试验对于试验羊进圈前，对试验羊及所处圈舍进行全面消毒及防疫。每只羊单栏

饲养，20 只羊为一组。首先在预饲期按不同日粮比例对其进行预饲喂试验，查看日粮的适口性及剩料情况。正饲期在每日的 08:00 和 16:00 进行投喂。

3.1.4 基础日粮

本试验的基础日粮参照《肉羊饲养标准》（NY/T 816-2021），按照各组日粮能氮平衡原则进行配置，精粗比为 6.8: 3.2。试验饲料组成及营养水平见表 3-1。

表 3-1 试验羊的基础日粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 basic diet composition and nutritional level of experimental sheep (dry basis)

项目 (Item)	组别(Groups)	
	对照组	辣椒秸秆组
原料 Ingredients (%)		
全株玉米青贮 Cornsilage	18.00	-
裹包微贮 Wrapped silage	-	30.00
玉米 Corn	45.50	45.50
玉米秸秆 Corn stalks	12.00	-
豆粕 Soybean meal	9.00	9.00
棉粕 Cotton meal	9.00	9.00
预混料 Premix	5.00	5.00
碳酸氢钠 NaHCO ₃	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.50	0.50
合计 Total	100	100
营养水平 Nutrient level		
代谢能 ME (MJ/kg)	9.95	9.62
粗蛋白 CP (%)	14.33	15.06
中性洗涤纤维 NDF (%)	23.94	22.00
酸性洗涤纤维 ADF (%)	12.85	12.28
钙 Ca (%)	0.24	0.32
磷 P (%)	0.30	0.31

注：（1）预混料为每千克饲粮提供The Premix provided the following per kg of diets: VA 150000~200000IU, VD3 45000~80000IU, VE \geq 200mg, Cu 100~200mg, Fe 800~1600mg, Mn 1000~3000mg, Zn 1000~2000mg, Se 4.0~8.0mg, Ca 10.0%~20%, P \geq 1.8%, 食盐 5.0~10.0%。

（2）代谢为计算值，其他营养水平均为实测值。ME was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

3.1.5 测定指标和方法

3.1.5.1 生长性能测定

见附录一

3.1.5.2 养分表观消化率

见附录一

3.1.5.3 屠宰性能测定

见附录一

3.1.6 数据统计分析

用 Excel 2020 整理试验数据，用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行 T 检验， $P < 0.05$ 表示为显著差异， $P > 0.05$ 表示为差异不显著。

3.2 结果分析

3.2.1 辣椒秸秆微贮对育肥羊生产性能的影响

由下表 3-2 可知，辣椒秸秆微贮组初始体重显著高于对照组正常饲喂组 ($P < 0.05$)，而辣椒秸秆组终末体重极显著高于对照组正常饲喂组 ($P < 0.01$)。辣椒秸秆组试验羊平均日采食量与料重比与对照组显著差异 ($P < 0.05$)，辣椒秸秆组试验羊平均日增重与对照组试验羊差异显著 ($P < 0.05$)，平均日增重之差可达到 36.5g。对照组日均采食量为 1.80 千克，平均日增重为 201.07g，料重比为 8.97；辣椒秸秆组日均采食量为 1.88 千克，平均日增重为 238.02g，料重比为 7.90。

表 3-2 辣椒秸秆微贮对肉羊生长性能的影响

Table 3-2 Effect of micro-storage of pepper straw on the growth performance of meat sheep

项目(Item)	组别(Groups)		标准误 SEM	P 值 P-value
	对照组	辣椒秸秆组		
初始体重 IBW/kg	45.23	48.56	0.426	0.024
终末体重 FBE/kg	51.27	55.70	0.615	0.003
平均日采食量 ADFI/g	1804.26	1880.16	11.033	0.047
平均日增重 ADG/g	201.07	238.02	0.342	0.032
料重比 F/G	8.97	7.90	0.539	0.247

注：SEM为均值标准误差，同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ），相同或无字母表示差异不显著（ $P>0.05$ ）。下表同。

Note: SEM is the mean standard error, and different lowercase letters of the peer data shoulder mark indicate significant differences ($P<0.05$), and the same or no letters indicate insignificant differences ($P>0.05$). The table below is the same.

3.2.2 辣椒秸秆微贮对育肥羊营养表观消化率的影响

由表 3-3 可知，辣椒秸秆组干物质采食量显著高于对照组（ $P<0.05$ ），且辣椒秸秆组试验羊的 DM 表观消化率、CP 表观消化率、NDF 表观消化率均显著高于对照组（ $P<0.05$ ）。而辣椒秸秆组试验羊的 EE、ADF 与对照组无显著差异（ $P>0.05$ ）。

表 3-3 辣椒秸秆微贮对育肥羊养分表观消化率的影响

Table 3-3 Effects of micro-storage of pepper straw on apparent digestibility of nutrients in fattening sheep

项目(Item)	组别(Groups)		标准误 SEM	P 值 P-value
	对照组	辣椒秸秆组		
干物质采食量 (g/d)	1354.14	1427.36	0.102	0.075
粪干物质量 (g/d)	497.54	519.00	0.023	0.975
DM 表观消化率 (%)	63.64	68.27	0.475	0.024
CP 表观消化率 (%)	72.28	74.90	0.452	0.014
EE 表观消化率 (%)	73.28	72.74	0.161	0.383
NDF 表观消化率 (%)	60.18	62.41	0.251	0.022
ADF 表观消化率 (%)	51.56	51.17	0.094	0.474

3.2.3 辣椒秸秆微贮对育肥羊屠宰性能的影响

由下表 3-4 可知，辣椒秸秆组试验羊宰前活重显著高于对照组试验羊 ($P<0.05$)，其中辣椒秸秆组试验羊宰前活重在 54kg 左右，高于对照组试验羊的 50kg。辣椒秸秆组试验羊胴体重显著高于对照组试验羊 ($P<0.05$)，其中辣椒秸秆组试验羊胴体重在 26kg 左右，高于对照组的 23kg。对照组与辣椒秸秆微贮饲料组在屠宰率与 GR 值上差异不显著 ($P>0.05$)；说明辣椒秸秆微贮饲料替换正常饲喂粗饲料，并未对屠宰率这一屠宰性能指标产生显著差异。

表 3-4 辣椒秸秆微贮对育肥羊屠宰性能的影响

Table 3-4 Effect of micro-storage of pepper straw on the slaughter performance of fattening sheep

项目(Item)	组别(Groups)		标准误 SEM	P 值 P-value
	对照组	辣椒秸秆组		
宰前活重 SBW (kg)	49.67	54.28	0.460	0.031
胴体重 Carcass weight (kg)	23.25	26.39	0.238	0.042
屠宰率 Dressing percentage/%	46.81	48.61	0.173	0.081
胴体脂肪含量值 (GR)/mm	9.67	9.84	0.083	0.124

3.3 讨论

3.3.1 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊生产性能的影响

动物对摄入的饲料中的营养物质的吸收利用效率可通过生长性能最直观地反映，而生产性能又受到试验动物饲养管理的水平和试验动物的年龄、品种及健康状况的直接影响^[74]。粗饲料可以通过微贮的方式提高其营养价值和利用效率继而可以安全、有效的使用在反刍动物上。研究均表明辣椒秸秆微贮能够提升饲料的日均采食量以及日增重。辣椒秸秆微贮组饲喂育肥羊的平均日采食量和日增重均有显著提升 ($P<0.05$)，说明辣椒秸秆微贮较传统饲喂更具优势，同时具有巨大的发展潜力。饲喂辣椒秸秆微贮组的平均日采食量和日增重最高，料重比最低。说明辣椒秸秆微贮可以改善粗饲料的适口性，增加动物的采食量，增加了饲料转化率。肉羊的日增重能够直观地反映动物对饲料的利用效率，由此可以看出，辣椒秸秆微贮在饲用效果上有巨大利用空间。张志和^[77]在“一种速成羊全日混合颗粒饲料及其制备方法”的专利中提到，肉羊饲料中添加 5% 的辣椒秸秆能够显著降低料重比，有效提高肉羊的日增重及饲料利用率。徐敬龙^[75]在“一种牛羊

发酵饲料及其制备方法的”专利中提到, 饲料中添 3%~8%的辣椒粕能够有效提高鲁西牛及绵羊的料重比及平均体增重, 有助于提高其生产性能。辣椒粕能提高饲料利用率, 改善动物的生产性能的作用机制可能是由于辣椒粕中含有一定量的辣椒碱, 其能够提高动物空肠寡肽转运蛋白 (oligopeptide transport 1, PepT1) 和 B0 系统中性氨基酸转运载体 (system B0 neutral amino-acid transporter, B0AT) mRNA 表达量^[76], 进而促使肠道对营养物质的吸收。此次试验中, 辣椒秸秆组试验羊的日增重和日均采食量均显著高于对照组 ($P<0.05$), 其中辣椒秸秆组试验羊的日增重达到 238g/d, 便可能是辣椒秸秆微贮中糖蜜的添加改善了辣椒秸秆的适口性, 降低了辣椒秸秆中纤维素的含量, 增加了试验动物的食欲, 刺激了唾液的分泌, 增加了其采食量。并且辣椒秸秆中含有的辣椒碱也产生了一定作用, 促进了其肠道对饲料中营养物质的吸收, 具体表现为采食量及日增重的增加。

3.3.2 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊养分表观消化率的影响

衡量饲草营养价值和饲养价值的重要指标是动物对饲草中粗蛋白、纤维类等营养物质的消化利用情况。而这个指标便是养分的表观消化率^[78]。研究表明, 反刍动物饲料中 NDF 含量增加时会降低 CP、DM、EE 等营养物质的表观消化率^[79]。周松涛等^[31]在獭兔饲料中添加 15%的辣椒秸秆, 发现獭兔能够很好利用辣椒秸秆中的营养成分, 其中对辣椒秸秆中 CP、NDF、EE、Ca 和 P 的表观消化率分别为 62.47%、32.55%、77.50%、64.37% 和 22.48%。在本试验中辣椒秸秆微贮组 DM、CP、NDF 的表观消化率显著高于对照组, 可能是由于辣椒秸秆在微贮时添加了富含可溶性碳水化合物的糖蜜, 导致辣椒秸秆微贮在动物瘤胃内的降解率增高, 这间接促进了瘤胃微生物的生长繁殖, 帮助维持了瘤胃内环境的稳定。一些报道显示, 在日粮中添加有益微生物如酵母菌等可改善瘤胃的发酵情况, 进而提高日粮在动物体内的表观消化率^[80], 本试验中辣椒秸秆微贮组试验羊的表观消化率增高, 推测这可能与辣椒秸秆微贮中含有大量有益微生物有关。本试验中辣椒秸秆微贮组的干物质、粗蛋白、中性洗涤纤维的表观消化率显著升高, 可能是由于辣椒秸秆微贮中含有大量酵母菌、乳酸菌等有益微生物, 在试验羊的肠道内形成了优势菌群, 改善了瘤胃发酵, 促进了表观消化率的提升。

3.3.3 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊屠宰性能的影响

屠宰性能可以直观体现出动物的经济价值, 同时也可以判断出动物生长发育情况。动物屠宰性能又由试验动物的饲喂方式和试验动物的年龄、宰前活重等因素直接影响。

研究表明,绵羊的日龄以及宰前活重对屠宰性能有显著的影响^[81]。同时屠宰性能也是最直观的体现动物从饲料中获取营养物质利用情况^[82]。胴体重、屠宰率、GR 值均是体现屠宰性能的重要指标。屠宰后的 GR 值则是最容易体现胴体脂肪含量的指标,研究表明 GR 值会随饲料能量水平变化而变化^[83]。不同的饲养管理条件、饲料营养水平以及品种则是制约肉羊屠宰性能的重要因素^[84]。本研究试验结束时,辣椒秸秆微贮饲料组与对照组宰前活重为 49.67kg 和 54.28kg,在宰前活重这一指标上二者显著差异,是由于饲喂前初始体重差异导致。辣椒秸秆微贮饲料组试验的胴体重为 26.39kg,屠宰率为 48.61%,这与对照组胴体重 23.25kg、屠宰率 46.81%。其中两组胴体重存在显著差异,这是由于宰前活重差异导致。而屠宰率无显著差异 ($P>0.05$),说明辣椒秸秆微贮替换对照组中粗饲料,并未对屠宰率这一个屠宰性能指标产生显著差异。辣椒秸秆微贮饲料组的 GR 值为 9.84mm,对照组 GR 值为 9.67mm。虽然辣椒秸秆微贮饲料组 GR 值要高于对照组,但未产生显著差异,说明辣椒秸秆微贮饲料组替换部分对照组中粗饲料,并未对 GR 值这一屠宰性能指标并未造成影响,从而可以得出结论,用辣椒秸秆微贮饲料替换对照组粗饲料,并没有影响育肥羊的胴体脂肪含量以及产肉性能。综上可得辣椒秸秆微贮饲料替换青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料,并未影响其屠宰性能。

3.4 小结

辣椒秸秆微贮作为育肥羊的粗饲料,与对照组在生长性能、养分表观消化率上产生显著差异。即辣椒秸秆微贮可以提高育肥羊的生产性能和养分表观消化率的同时并不影响其屠宰性能。

第四章 辣椒秸秆微贮饲料对育肥羊肉品质的影响

我国是羊肉的生产和消费大国，从羊肉产量来看，我国羊肉产量从 439.9 万吨增长到 492.3 万吨^[1]。随着时代的进步，越来越多的人，对肉品质的要求由吃饱到吃好的转变，越来越多的人对肉、蛋、奶等动物产品的需求变为了对产品质量及营养品质需求的转变。日粮能量水平影响动物肉品质，高能量日粮会加快动物的生长发育，加快蛋白和脂肪等物质沉积，从而影响肉品质^[84]。日粮的组成会影响动物对饲料中营养物质的消化吸收，从而影响营养物质在肉中的沉积。孟梅娟^[90]等人研究表明：不同来源的粗饲料被羊采食后，可以显著影响肉中蛋白含量有影响羊采食。试验二皆以证明了辣椒秸秆微贮可以对试验羊的生产性能、表观消化率产生积极影响。本研究在试验一、二的基础上加以研究，即对饲喂辣椒秸秆微贮对育肥羊的肉品质进行分析，探究辣椒秸秆微贮饲喂育肥羊对其肉品质的影响。为实际生产以辣椒秸秆微贮饲料为饲料资源养殖育肥羊提供科学依据。

4.1 材料与方方法

见附录二

4.2 结果分析

由表 3-3 可知，辣椒秸秆组背最长肌肌肉中的蛋白质含量及失水率显著高于对照组试验羊的背最长肌肌肉蛋白质含量及失水率 ($P<0.05$)，辣椒秸秆组的肉色 a^* (红度) 较对照组显著提高 ($P<0.01$)。由表可知辣椒秸秆组的肌肉内蛋白质含量较对照组提高了 1.45% ($P<0.05$)。脂肪、胆固醇等营养物质辣椒秸秆组与对照组之间无显著差异，其中辣椒秸秆组试验羊背最长肌肌肉中脂肪和胆固醇的含量分别为 1.74%、73.76%。肌肉的 pH 在 24 小时内下降较多，其中辣椒秸秆组 pH 值在 24 小时内从 6.40 下降至 5.63。各组的 pH_{45min} 、失水率、剪切力、 pH_{24h} 、肉色 L (亮度)、肉色 b (黄度) 均无显著差异 ($P>0.05$)。

表 4-1 辣椒秸秆微贮对育肥羊肉品质的影响

Table 4-1 Effect of micro-storage of chili pepper straw on the quality of fattening mutton

项目 (Item)	组别 (Groups)		SEM	P 值
	对照组	辣椒秸秆组		P-value
蛋白质 %	21.21	22.66	2.473	0.042
脂肪 %	1.80	1.74	0.726	0.473
胆固醇 mg/100g	72.89	73.76	3.313	0.051
pH _{45min}	6.37	6.40	0.078	0.358
pH _{24h}	5.62	5.63	0.028	0.246
失水率 %	30.71	35.45	0.112	0.028
剪切力 N	21.64	21.33	1.366	0.628
蒸煮损失 %	44.53	43.30	0.598	0.571
亮度 L*	36.35	36.73	0.635	0.795
红度 a*	16.68	19.46	1.004	<0.001
黄度 b*	20.95	21.24	0.722	0.062

4.3 讨论

肉品质的评定主要跟肌肉中 pH、肉色、肌肉剪切力、失水率和蒸煮损失等指标有关。肉品质可以被影响的因素有很多,如可被试验羊日粮营养水平、试验羊的品种、年龄、宰前应激和宰后处理等因素影响^[85-86]。屠宰前后胴体 pH 的变化是检验羊肉品质好坏的关键性指标之一^[87]。羊在屠宰后肌肉的 pH 越低,肉质就越差。这是因为屠宰后肌肉在无氧糖酵解的作用下,肌肉中糖原分解生成为乳酸,乳酸的含量的增加直接导致肌肉的 pH 值降低,进而降低肉品质。羊屠宰后的肌肉 pH 值保持在 5.8-6.8 区间内的羊肉较为优质^[88]。本试验中,在 45min 内各组的 pH 均在优质范围内,但无显著性差异($P>0.05$),结果说明使用辣椒秸秆微贮作为粗饲料替代正常饲喂组不影响肌肉的 pH。

通常认为,肉色中的亮度 (L*) 值越低,红度 (a*) 值越高,黄度 (b*) 值越低,肉色越好^[93]。本试验中,各组试验羊的肉质的亮度 (L*) 和黄度 (b*) 无显著性差异,但辣椒秸秆饲料组的红度 (a*) 显著高于对照组 ($P<0.01$),表明辣椒秸秆微贮组饲喂的肉羊肌肉肉色较好。肉色可被肌肉中的肌红蛋白和血红蛋白的含量直接影响。本试验中试验羊饲喂辣椒秸秆使其背最长肌肉色红度 (a*) 的值显著高于其他各组,说明辣椒秸秆微贮组试验羊肌肉中肌红蛋白和血红蛋白的含量明显增高,用辣椒秸秆微贮做饲料

可以改善羊肉的肉色。

在肉品质的评比中，嫩度是其中一种重要指标，剪切力的大小可以直接评判肌肉的嫩度^[89]。本试验中，辣椒秸秆组试验羊肌肉间的剪切力与对照组试验羊差异不显著，说明饲喂辣椒秸秆微贮不会影响试验羊肌肉的剪切力。失水率也称系水力，肌肉系水力越高，肉品质就越好^[89]。辣椒秸秆组试验羊肌肉的失水率较对照组降低明显，说明辣椒秸秆微贮能够提高羊肉的系水力，使试验羊肌肉嫩度更高，即饲喂辣椒秸秆微贮后，可一定程度改善羊肉品质。蒸煮损失率指在蒸煮过程中肌肉保水能力，熟肉率越高蒸煮损失率越小^{[91]-[94]}。辣椒秸秆组试验羊肌肉的蒸煮损失较对照组差异不显著。肉中蛋白质的良好范围在 18.5%-23.4% 的范围内表示肉质良好。本试验中两组试验羊的肉质中的蛋白含量均在范围内。孟梅娟等^[90]研究表明，不同的粗饲料被羊采食后，对肉中粗蛋白含量有影响。辣椒秸秆微贮作为纤维来源与对照组无显著差异。说明辣椒秸秆微贮饲料作为纤维来源对肌肉中蛋白质含量无显著差异。综上所述，辣椒秸秆微贮作为粗饲料进行饲喂育肥羊有利于提高肉羊肌肉内蛋白质的含量以及肌肉的肉色和保水能力，即可以提高羊肉的嫩度，改善了肉羊的肉品质。

4.4 小结

饲喂辣椒秸秆微贮可以改善育肥羊肉色的红度与保水率，一定程度上提高了羊肉品质。

第五章 结论与创新点

5.1 结论

本论文通过试验研究，得出以下结论：

1.通过对发酵原料辣椒秸秆中添加不同比例发酵底物糖蜜及复合菌进行微贮，随着发酵时间的延长，处理组 C 添加了 6%糖蜜组的 DM、CP、WSC、NDF、ADF 的含量相较于对照组及其他处理组，均发生了显著的变化，即处理 6%糖蜜组效果最优，显著降低了 NDF、ADF 的含量，显著提高了 DM、CP、WSC 的含量。通过不同处理寻找最优发酵配比模式，以此改变辣椒秸秆微贮的发酵品质，其中处理 6%糖蜜组效果最优。C 组相较于其他处理组及对照组，不仅提高 LA 的含量还降低了 AA、PA 的含量，因此选取为最优微贮处理。即 6%糖蜜添加量可以改善辣椒秸秆微贮发酵效果。

2.辣椒秸秆微贮饲料组作为粗饲料替换部分对照组中粗饲料的混合日粮试验群，与对照组在日均采食量、平均日增重、DM 表观消化率、CP 表观消化率上产生显著差异，即辣椒秸秆微贮饲料替换以青贮玉米为主的育肥羊混合日料中的粗饲料，可提高育肥羊的生长性能、及养分表观消化率。辣椒秸秆微贮有利于育肥羊采食和消化吸收，可以有效提升育肥羊的采食量，对肉羊生长发育有较好的促进作用。辣椒秸秆微贮饲料在提高育肥羊生产性能及养分表观消化率的同时不影响其屠宰性能。

3.辣椒秸秆微贮饲料作为育肥羊粗饲料饲喂育肥羊显著提高了育肥羊肌肉肉色（红度）与失水率，即辣椒秸秆微贮饲料作为粗饲料，提高了羊肉品质。

5.2 创新点

本试验以新疆辣椒秸秆与糖蜜为切入点，目前，新疆地区对辣椒秸秆利用方式单一，并未出现辣椒秸秆微贮类似产品，本试验有效结合了目前新疆辣椒秸秆的利用问题，不仅在糖蜜添加量上提供了新的思路，降低了资源浪费的同时有效弥补了现有青贮资源的缺口。具有广阔开发前景。如将辣椒秸秆废弃物进行高效利用制作辣椒秸秆微贮饲料，将产生巨大的经济价值。

参考文献

- [1] 《中国统计年鉴-2022》编委会和编辑出版人员《中国统计年鉴-2022》编委会和编辑出版人员[Z]. 中国统计年鉴, 2022: 4-5.
- [2] 毕金华, 陈广银, 陈乐, 等. 辣椒秸秆不同部位化学组分及厌氧发酵产沼气潜力[J]. 中国环境科学, 2016, 36(7): 2073-2078.
- [3] 《新疆生产建设兵团统计年鉴—2021》编辑委员会《新疆生产建设兵团统计年鉴—2021》编辑委员会[Z]. 中国统计出版社, 2021: 5.
- [4] 赵静, 王燕. 辣椒粕分离蛋白酶解工艺条件的优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 162-166.
- [5] 侯永侠, 周宝利, 吴晓玲, 等. 辣椒秸秆腐解物化感作用的研究[J]. 应用生态学报, 2006, 27(4): 4699-4702.
- [6] 张心钊. 燕麦草与稻秸混合裹包青贮制作及其对湖羊瘤胃发酵、生长性能和羊肉品质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2021
- [7] 杨春森. 利用饲草资源发展草食畜牧业的意义解析[J]. 当代畜牧, 2015, 14(35): 31-32.
- [8] 何昌茂. 关于加快发展我国草原畜牧业的对策建议[J]. 四川草原, 1995, 2(3): 1-5, 33.
- [9] 马进. 我国饲草饲料资源开发及其利用前景[J]. 四川草原, 2000, 7(1): 17-21.
- [10] 孙洪仁, 赵雅晴, 曾红, 等. 青贮玉米施肥的理论和技術[J]. 中国奶牛, 2018, 33(12): 55-59.
- [11] Paraic C. Ryan, Mark G. Stewart. Cost-benefit analysis of climate change adaptation for power pole networks[J]. Springer Science and Business Media Llc, 2017, 143(3): 519-533.
- [12] Nagalakshmi D. , Reddy D. Narasimha, Prasad M. Rajendra. Effect of feeding expander extruder processed sunflower heads based complete diets on performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of lambs[J]. Agricultural Research Communication Center, 2016, 44(6): 1666-1672.
- [13] ESSI EVANS. AN EVALUATION OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN DIETARY PARAMETERS AND RUMEN SOLID TURNOVER RATE[J]. Canadian Science Publishing, 1981, 61(1): 97-103.
- [14] 袁翠林, 于子洋, 王文丹, 等. 豆秸、花生秧和青贮玉米秸间的组合效应研究[J]. 动物营养学报, 2015, 27(2): 647-654.
- [15] 罗阳. 桑树叶与羊草的组合效应及其对绵羊瘤胃发酵、生长性能、脂肪沉积和肉品质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2019.
- [16] 冯文晓, 陶莲, 王玉荣, 等. 菌制剂和酶制剂处理小麦秸秆对肉用绵羊生长性能和屠宰性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2017, 44(6): 1666-1672.

- [17] 窦永芳, 文生萍, 汪正英. 玉米秸秆替代苜蓿干草对育肥羔羊生长性能和屠宰性能的影响[J]. 中国饲料, 2018, 38(16): 62-66.
- [18] 刘洁, 张英杰, 刘月琴, 等. 豆秸对绵羊体重和能量、蛋白及脂肪消化率的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2009, 42(21): 45-46.
- [19] 贺瑶. 苕麻的饲用价值评定及其在山羊生产中的利用方法和效果研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [20] Sadri, Y. Rouzbehan, H. Fazaeli, *et al.* Influence of dietary feeding different levels of mixed potato-wheat straw silage on the diet digestibility and the performance of growing lambs[J]. Elsevier Bv, 2018, 159: 84-89.
- [21] 中国饲料数据库. 中国饲料成分及营养价值表(2018 年第 29 版)[J]. 中国饲料, 2018, 15(21): 64-73.
- [22] 陆相龙, 董青, 邵涛, 等. 辣椒秸秆辣椒素和营养成分含量测定[J]. 中国草食动物科学, 2012, 32(5): 24-27.
- [23] 杨云东, 王倩, 张佳婵, 等. 糖蜜及其发酵制品的应用研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(3): 232-236.
- [24] Attilio Luigi Mordenti, Elisa Giaretta, Luca Campidónico, *et al.* A Review Regarding the Use of Molasses in Animal Nutrition[J]. Animals: an Open Access Journal From Mdpi, 2021, 11(1): 115-115.
- [25] M.K.-Kyum, S. M. E. -Rahman, M. R. -Islam, *et al.* A Study on the Growth Performance of Crossbred Growing Bull Calves Fed by Supplementing Molasses with Straw Based Diets and Conventional Concentrates[J]. Science Alert, 2002, 3(1): 26-31.
- [26] 张娟利, 莫放, 姚刚, 等. 日粮添加甜菜糖蜜提高能量进食水平对新疆褐牛增重性能和瘤胃发酵的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(4): 153-158.
- [27] 黄秋连, 周昕, 王健, 等. 添加乳酸菌、糖蜜和无机酸对羊草青贮饲料发酵品质及体外干物质消失率的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(1): 420-427.
- [28] 付锦涛, 王学凯, 倪奎奎, 等. 添加乳酸菌和糖蜜对全株构树和稻草混合青贮的影响[J]. 草业学报, 2020, 29(4): 121-128.
- [29] 穆麟, 李顺, 曾宁波, 等. 添加糖蜜、乳酸菌制剂对籽粒苋与稻秸混合青贮品质的影响[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 482-487.
- [30] 曲涛, 张永齐, 李瑞霞. 辣椒在畜牧兽医上的运用[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2007, 33(5): 82.
- [31] 叶英林, 陈娟, 张西露, 等. 国内辣椒秸秆废弃物资源化利用研究进展[J]. 长江蔬菜, 2020, (24): 48-52.
- [32] 周松涛, 戴冉, 杨冠宇, 等. 辣椒秸秆对生长獭兔的营养价值评定[C]. 中国畜牧兽医学会养兔学分会成立大会暨第一届学术交流大会论文集, 2015: 52.
- [33] 陆相龙. 辣椒秸秆成分及其饲喂产蛋鸡效果研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [34] 周娟娟, 魏巍, 秦爱琼, 等. 水分和添加剂对辣椒秸秆青贮品质的影响[J]. 草业学报,

- 2016, 25(2): 231-239.
- [35]卢德勋. 反刍动物葡萄糖营养调控理论体系及其应用[J]. 畜牧与饲料科学, 2010, 31(2): 402-409.
- [36]华金玲. 添加乳酸菌对整株水稻秸青贮发酵品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006
- [37]杨皓. 棉花秸秆经生物发酵后饲喂牛羊的试验结果[J]. 当代畜牧, 2003,38 (7): 40-41.
- [38]原现军, 王奇, 李志华, 等. 添加糖蜜对青稞秸秆和多年生黑麦草混合青贮发酵品质及营养价值的影响[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 116-123.
- [39]吕仁龙, 曾庆羚, 李茂, 等. 不同比例甘蔗渣在糖蜜添加下对发酵型全混合日粮品质和干物质消化率的影响[J]. 饲料工业, 2022, 43(5): 45-50.
- [40]陈育峰, 刘艳芬, 万江虹, 等. 添加尿素和糖蜜对甘蔗尾打捆青贮品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 17(2): 20-22.
- [41]余宝, 兰小燕, 何志军, 等. 我国微生物发酵饲料研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2019, (10): 6-8.
- [42]张爱忠, 许威, 赵芳芳, 等. 微生物发酵饲料在动物生产中应用的研究进展[J]. 动物营养学报, 2022, 34(10): 6429-6435.
- [43]张转弟, 张巧娥, 王庆, 等. 微生物发酵饲料在反刍动物生产中的研究进展[J]. 中国饲料, 2022, 14(9): 1-5.
- [44]王岩. 微生物发酵饲料对奶牛生产性能、非特异性免疫功能及抗氧化能力的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021.
- [45]韩启春, 吴国芳, 王磊, 等. 微生物发酵饲料在畜禽养殖中的应用[J]. 家畜生态学报, 2021, 42(1): 83-85.
- [46]何涛. 秸秆微贮饲料的应用研究[J]. 中国畜牧业, 2023, 12(3): 48-49.
- [47]高祎妍, 陈光, 杨文艳, 等. 菌群组合效应对玉米秸秆微贮饲料发酵品质及营养价值的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2022, 44(3): 372-378.
- [48]陶莎, 张峭, 张晶. 2019 年中国饲料市场回顾及 2020 年展望[J]. 农业展望, 2020, 16(4): 12-17.
- [49]王立浩, 张宝玺, 张正海, 等. “十三五”我国辣椒育种研究进展、产业现状及展望[J]. 中国蔬菜, 2021, 3(2): 21-29.
- [50]郭刚, 原现军, 林园园, 等. 添加糖蜜与乳酸菌对燕麦秸秆和黑麦草混合青贮品质的影响[J]. 草地学报, 2014, 22(2): 409-413.
- [51]刘建新, 杨振海, 叶均安, 等. 青贮饲料的合理调制与质量评定标准[J]. 饲料工业, 1999, 12(3): 4-7.
- [52]国家技术监督局实验动物配合饲料常规营养成分的测定 GB/T149249-2001[S].北京: 中国标准出版社,2001.
- [53]Van Soest P.J, Robertson J.B, Lewis B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent

- Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition[J]. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74(10): 3583-3597.
- [54]高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [55]Broderick G.A, Kang J.H. Automated Simultaneous Determination of Ammonia and Total Amino Acids in Ruminal Fluid and In Vitro Media[J]. *Journal of Dairy Science*, 1980, 63(1):64-75.
- [56]张英,周汉林,刘国道,等.利用 HPLC 法测定王草青贮饲料中的有机酸[J].*热带作物学报*,2013,34(02):377-381.
- [57]Glen A. Broderick. Alfalfa Silage or Hay Versus Corn Silage as the Sole Forage for Lactating Dairy Cows[J]. *American Dairy Science Association*, 1985, 68(12): 3262-3271.
- [58]于苏甫·热西提,艾尼瓦尔·艾山,伊斯拉依·达吾提.不同混合比例及时间对番茄渣与苜蓿干草混贮效果的影响[J].*当代畜牧*, 2013, 6(12): 29-32.
- [59]丁武蓉,干友民,郭旭生,等.添加糖蜜对胡枝子青贮品质的影响[J].*中国畜牧杂志*, 2008, 12(1): 61-64.
- [60]李改英,高腾云,傅彤,等.不同糖蜜添加量对紫花苜蓿青贮品质和发酵进程的影响[J].*华中农业大学学报*, 2008, 32(5): 625-628.
- [61]Taylan Aksu, Erol Baytok, M. Akif Karshi, *et al.* Effects of formic acid, molasses and inoculant additives on corn silage composition, organic matter digestibility and microbial protein synthesis in sheep[J]. *Elsevier Bv*, 2006, 61(1): 29-33.
- [62]李文娟,刁其玉.肉羊日粮干物质采食量及其影响因素的研究进展[J].*中国畜牧兽医文摘*, 2016, 32(12): 4-5.
- [63]刘婷婷,张振威,岳春旺,等.添加糖蜜和青贮添加剂对“张杂谷”全株青贮发酵品质的影响[J].*中国畜牧兽医*, 2017, 44(5): 1382-1387.
- [64]李龙兴,龚正发,黎俊,等.糖蜜和乳酸菌对去穗玉米秸秆青贮发酵品质的影响[J].*草地学报*, 2018, 26(4): 1026-1029.
- [65]Webster. *The Biochemistry of Silage (Second Edition)*. By P. McDonald, A. R. Henderson and S. J. E. Heron. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications, (1991), pp. 340, £49.50, ISBN 0-948617-225[J]. *Cambridge University Press (cup)*, 1992, 28(1): 125-125.
- [66]Yokota, T. Okajima, M. Ohshima. Nutritive value of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) silage ensiled with molasses by goats[J]. *Asian Australasian Association of Animal Production Societies*, 1992, 5(1): 33-37.
- [67]詹发强,包慧芳,崔卫东,等.玉米青贮过程中乳酸菌动态变化[J].*微生物学通报*, 2010, 37(6): 834-838.
- [68]Danner, M. Holzer, E. Mayrhuber, *et al.* Acetic Acid Increases Stability of Silage under Aerobic Conditions[J]. *American Society for Microbiology*, 2003, 69(1): 562-567.
- [69]辛鹏程,原现军,郭刚,等.添加丙酸对青稞秸秆和多年生黑麦草混合青贮发酵品质

- 及有氧稳定性的影响[J]. 草地学报, 2015, 23(3): 594-600.
- [70]张养东, 杨军香, 王宗伟, 等. 青贮饲料理化品质评定研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(12): 37-42.
- [71]周昕, 黄秋连, 王健, 等. 添加乳酸菌剂和糖蜜对不同含水量食叶草青贮发酵品质及体外干物质消失率的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(3): 1594-1606.
- [72]黄峰, 张露, 周波, 等. 青贮微生物及其对青贮饲料有氧稳定性影响的研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(1): 82-89.
- [73]邱小燕, 姚元枝, 潘润泽, 等. 双乙酸钠和糖蜜对秸秆 TMR 青贮发酵品质及有氧稳定性的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(10): 2705-2713.
- [74]周瑞. 饲料中燕麦干草含量对绵羊营养物质消化代谢及瘤胃微生物区系的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [75]徐敬龙. 一种牛羊发酵饲料及其制备方法[P]. 山东省: CN110236002A, 2019-09-17.
- [76]范秋丽, 谭淑君, 李辉, 等. 辣椒碱对 818 肉鸡生长性能、血浆生化指标以及肠道健康的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(2): 855-864.
- [77]张志和. 一种速成羊全日混合颗粒饲料及其制备方法[P]. 安徽省: CN114376083A, 2022-04-22.
- [78]张毕阳. 饲料中添加燕麦干草对绵羊生产性能、消化代谢及瘤胃微生物区系的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.
- [79]王柏渊. 施肥和刈割对黔南区轮作多花黑麦草产草量及体外消化的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2009.
- [80]张俊瑜, 桑断疾, 张志军, 等. 饲料中棉秆比例对绵羊生长性能和消化性能的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(9): 3535-3542.
- [81]Amanda Camila Poppi, Gustavo Lazzari, Ana Luiza Mendonça Gomes, *et al.* Effects of feeding a live yeast on rumen fermentation and fiber degradability of tropical and subtropical forages[J]. Wiley, 2021, 101(15): 6220-6227.
- [82]王志军. 饲草组合优化及其发酵品质评价[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016.
- [83]C. Promkot, P. Nitipot, N. Piamphon, *et al.* Cassava root fermented with yeast improved feed digestibility in Brahman beef cattle[J]. Csiro Publishing, 2017, 57(8): 1613.
- [84]Cam M.A., Olfaz M., Soydan E.. Body Measurements Reflect Body Weights and Carcass Yields in Karayaka Sheep[J]. Science Alert, 2010, 5(2): 120-127.
- [85]万凡, 马涛, 马晨, 等. 不同饲养标准对杜寒杂交肉用绵羊生产和屠宰性能的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(11): 3483-3492.
- [86]李宏, 吴建平, 宋淑珍, 等. 相对饲养水平对阿勒泰羊生长性能、屠宰性能、器官发育及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(4): 1927-1935.
- [87]买坎·沙力, 高丽. 新疆育肥羊养殖技术要点[J]. 养殖与饲料, 2021, 20(10): 41-42.
- [88]别雪, 杨万彪, 田晓雨, 等. 不同贮存方式和时间对滩羊肉品质的影响[J]. 饲料研究,

- 2023, 29(2): 109-112.
- [89]索效军, 杨前平, 张年, 等. 不同青贮饲料对肉羊生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J]. 中国草食动物科学, 2023, 43(1): 29-34.
- [90]孟梅娟, 涂远璐, 白云峰, 等. 饲料中补饲非常规饲料对育肥羊屠宰性能、血液生化指标及肉品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(2): 390-398.
- [91]惠文斌. 核桃果实养分积累动态研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2021
- [92]殷雨洋, 蒋永清, 黄杰, 等. 青贮饲用油菜对湖羊生长性能、屠宰性能、瘤胃发酵及器官发育的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 1153-1162.
- [93]M.R.A. Redoy, A.A.S. Shuvo, L. Cheng, *et al.* Effect of herbal supplementation on growth, immunity, rumen histology, serum antioxidants and meat quality of sheep[J]. Elsevier Bv, 2020, 14(11): 2433-2441.
- [94]原永海. 全株玉米青贮对肉羊生产性能的影响[J]. 中国畜牧业, 2022, 25(22): 60-61

附录一

生长性能测定

正饲期第 1d 晨饲前空腹称重，为试验羊的初始体重；第 40d 晨饲前空腹称重，为试验羊的终末体重，试验羊的总增重和日增重根据初始体重和终末体重计算。正饲期间每次饲喂前收集各试验羊料槽内剩料并分别称重，每天记录每只试验羊精粗料的投料量与剩料量，用于计算试验羊的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）以及料重比（F/G）等数据。

净增重=终末体重-初始体重

平均日增重（ADG）=净增重 / 试验天数

平均日采食量（ADFI）=（总投料量-总剩料量） / 正饲期天数

料重比（F/G）=平均日采食量 / 平均日增重

养分表观消化率

粪样的采集：每组选取 3 只体况健康的试验羊采用全收粪法收集粪样进行消化代谢试验。贮存用于 DM、CP、EE、NDF、ADF 含量的测定。

饲料样品的采集：每天采集饲料样品一次，精料、粗饲料各采集 100g。贮存用于 DM、CP、EE、NDF、ADF 含量的测定。

养分表观消化率(%)=[(摄入养分量—排出养分量)/摄入养分量]×100

屠宰性能测定

见附录一正饲期结束后每组抽取 3 只试验羊进行禁食 12h，禁水 2h，之后称量其重量记为宰前活重。进行宰杀时要充分放血，去除头、内脏、蹄。并剥离皮毛，测定屠宰性能指标，包括胴体重、屠宰率、GR 值。测定指标方法及公式如下：

胴体重：羊屠宰后，放血去头、皮、蹄和内脏，保留其肾脏和脏脂的重量。

屠宰率：(胴体重/宰前活重)×100%；

GR 值：将胴体从第 12 根肋骨切断，第 12 和第 13 肋骨之间距离背脊中线 11 cm 处组织的厚度。

附录二

屠宰后,取 10g 左右试验羊背最长肌,并剔除附着在肌肉上的脂肪和筋膜。用于 pH、肉色、失水率、蒸煮损失等指标检测,用于后续的测定。

肌肉 pH: 选取肌肉部位的 pH 值用雷磁 (PHBJ-260F) 型 pH 计测定,屠宰后 45min 对肉样进行第一次测定,屠宰后 24h 进行第二次测定,每个肉样做 3 个重复,取其平均值。

肉色: 肌肉肉色用 CR-310 型色差计测定,以标准白板为标准,测肉块的反射色,测出羊肉的颜色亮度 (L^*)、红度 (a^*) 及黄度 (b^*) 值。每个样品测定 3 次,取平均值。

失水率: 取宽厚约为 1.0cm 背最长肌肉样,用 0.01 的天平称重 (M_0),在压缩仪上用 35kg 的压力加压并保持 5min,撤除压力后,立即再称肉样重 (M_1)。

$$\text{失水率}(\%) = (M_0 - M_1) / M_0 \times 100\%$$

蒸煮损失: 沿肌纤维方向将 24h 测定肉色后的肌肉切成适当大小的肉块称重 (W_0),装入自封袋中排出空气置于沸水煮 30min,取出晾干后再次称重 (W_1)。

$$\text{蒸煮损失}(\%) = (W_0 - W_1) / W_0 \times 100\%$$

剪切力: 使用沃布氏嫩度仪测定肌肉的剪切力大小,每个样品 3 个重复,记录并取平均值。

屠宰后,切取背最长肌用于肉样常规检测,其蛋白质参照《食品中蛋白的测定》(GB5009.5-2016)^[91],脂肪参照《食品中脂肪的测定》(GB5009.6-2016),胆固醇参照《食品中胆固醇的测定》(GB5009.128-2016)^[91]。

致谢

时光荏苒，岁月如梭，转眼间身处研究生的两年学习生涯一晃而过，回首往昔，有对问题的迷茫，也有对试验的浮躁，但更多的是收获了知识的快乐以及丰富多彩的研究生生活，值此毕业论文完成之际，我谨向所有关心我、帮助我的人致以最诚挚的谢意和最美好的祝愿。

首先要感谢我的导师孙新文老师，本论文是在孙新文老师的悉心指导下完成的，深深感谢孙老师对我两年以来的循循善诱的指导。在毕业论文的选题、试验设计、开题、试验以及论文的完成过程中给予我的帮助，在论文的修改过程给了我莫大的帮助，在我最迷茫的时候指引着我前行，老师严谨的治学态度和忘我的工作作风永远是我学习的榜样。感谢孙老师和王老师在学习中、生活中对我的关心和帮助。祝愿两位老师身体健康、家庭美满、工作顺利。

除此之外，本论文的完成也离不开其他的老师、同学和朋友们的关心。感谢王新峰老师在生活、实验上给予的帮助，其次我要感谢我们实验室的同学们，感谢张文喆、杨宇、宋伊敏、周雅婕、张宁等同学在我试验遇到瓶颈的时候给予我的帮助；感谢我的室友，感谢他们为我营造一个良好的宿舍学习环境。

感谢我的父母对我研究生学业的支持与鼓励，使我能够没有后顾之忧的完成我的毕业论文。

最后，感谢石河子大学动物科技学院提供的实验平台；感谢石河子大学以其优良的学习风气、严谨的科研氛围教我求学，以其博大包容的情怀胸襟、浪漫充实的校园生活育我成人。在此，祝愿母校“桃李满天下”，明朝更辉煌。

作者简介

王鹏，男性，生于 1998 年 6 月，籍贯新疆。2020 年毕业于石河子大学动物科技学院动物医学专业，获农学学士学位。2020 年 9 月起在石河子大学动物科技学院畜牧专业学习。

