

植物提取物在肉羊生产中的应用

李书仪 刘旺景 丁 赫 敖长金*

(内蒙古农业大学动物科学学院,呼和浩特 010018)

摘要: 植物提取物因具有无残留、无抗药性、无毒副作用等优点而被作为新型绿色饲料添加剂广泛应用于畜禽养殖中,为畜禽健康、安全生产以及为人类提供优质畜产品方面起到了重要作用。本文综述了植物提取物的主要生物学活性成分,并着重阐述了植物提取物对肉羊生长性能、抗氧化能力和瘤胃发酵等的影响及其作用机理,旨在为天然植物源饲料添加剂的研发并在肉羊养殖中的应用提供参考依据。

关键词: 植物提取物;活性成分;作用机理;肉羊

中图分类号: S816.7;S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)02-0558-08

随着我国社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,人们对羊肉的消费也逐渐从过去对数量的需求过渡为现在对质量的渴望,对羊肉的需求正在逐步完成由量向质的转变。养羊业也从 20 世纪 60 年代以毛用为主和 20 世纪 80 年代以毛肉兼用为主转变为 21 世纪以肉用为主。随着羊肉需求量的不断增多,我国羊只的存栏数也迅速攀升,养殖方式也从以前的放牧方式转变为现在的舍饲和半舍饲集约化饲养模式。现代畜牧生产中,高密度集约化饲养的肉羊不可避免会面临很多问题,如营养(不足或失衡,换料或料型改变)、环境(温度和湿度)、疾病(病原袭击、疫苗及药物注射)、动物群体(密度和饲养方式)、生理状况(高产、妊娠和激素注射)和长途运输等带来的应激。应激使肉羊的生长发育迟缓、免疫功能减弱,对疫病的抵抗力降低,导致生长性能下降,给肉羊产业造成巨大的损失。传统抗生素的使用虽在一定程度上缓解上述问题,但其具有的易残留、易产生耐药性的缺点却不容忽视,植物提取物源于天然植物,其所含的生物活性成分具有替代抗生素的潜力,所以植物提取物在肉羊养殖中具

有重要的研发价值。

植物提取物是指通过物理或化学的一系列方法从植物中获得的具有 1 种或多种生物学活性的物质的总称。这些生物学活性物质是植物在生长发育过程中的次级代谢产物,进入动物机体后能与各个靶器官表面的活性因子结合,进而发挥其生物学功能。植物提取物的生物学活性成分会因植物的收获季节、刈割部位和种植区域的变化而存在差异,因此,所发挥的生物学活性功能也不尽相同。不同的活性成分进入动物机体后,与各类靶细胞的细胞膜接触,通过上调或下调某个基因的表达来诱导蛋白的表达,进而调控信号通路,因此在增强机体免疫^[1]、抗氧化^[2]、抗菌^[3]和抗肿瘤^[4]等诸多方面发挥作用。

1 植物提取物的主要生物学活性成分

我国是世界上天然植物种类最多的国家,也是最早将其应用到饲料中的国家^[5]。植物种类不同,其提取物的成分也有差别,但其生物学活性成分主要包括黄酮类、多糖类、生物碱类、单宁类和挥发油类等物质。

收稿日期:2019-07-22

基金项目:国家自然科学基金项目(31460611)

作者简介:李书仪(1995—),女,内蒙古赤峰人,硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料。E-mail: lsy2835245597@163.com

* 通信作者:敖长金,教授,博士生导师,E-mail: changjinao@aliyun.com

1.1 黄酮类化合物

黄酮类化合物是指由中央三碳连接 2 个酚羟基苯环的化合物^[6]。黄酮类化合物由于其能转移电子、螯合金属、激活抗氧化酶、减少自由基和抑制氧化酶活性等作用而对机体起到保护作用^[7]。绝大多数黄酮类化合物分布于高等植物中,尤其是被子植物,如芸香科、豆科等,极少数分布于低等植物中。研究指出,满山红中发现了 14 种黄酮类化合物,而其含有的杜鹃素是典型的野生黄酮类物质^[8]。大豆中含有 12 种异黄酮类化合物,可分为 3 类,即黄豆苷类、染料木苷类和大豆黄素苷类^[9]。沙葱经不同浓度乙醇洗脱后,含有的黄酮类化合物种类也不同,其中 30%乙醇洗脱后含有 8 种黄酮类化合物,50%乙醇洗脱后含有 7 种黄酮类化合物,95%乙醇洗脱后含有 2 种黄酮类化合物^[10]。综上所述,不同植物提取物所含黄酮类化合物的成分也不尽相同。

1.2 多糖类化合物

多糖类化合物广泛存在于高等植物、动物、微生物、地衣和海藻等中,如植物的种子、茎和叶组织等^[11]。多糖类化合物在抗肿瘤、增强免疫等方面发挥着重要的生物学活性作用。研究发现,沙葱多糖是由鼠李糖(*L-Rha*)、葡萄糖(*D-Glc*)、半乳糖(*D-Gal*) 3 种吡喃糖构成的杂多糖^[12]。枸杞多糖是由多种酸性杂多糖和多肽或蛋白质构成的糖蛋白聚合物^[13]。Alaniya 等^[14]研究指出,黄芪中的多糖含量处于中上等水平,分子质量为 37 ku,结构为 α -糖苷键。有研究比较了黄芪不同部位的多糖含量,其中根部多糖含量最多,茎叶次之,种子最少^[15]。因此,多糖的成分和含量因植物的种类和部位不同存在一定的差异。

1.3 生物碱类化合物

生物碱是自然界中存在于植物中的碱性含氮化合物,其含有似碱的成分,故也被称为胍碱。生物碱分子结构中包括氮素,因此其化合物具有显著的生物学活性^[16]。生物碱主要分布于高等植物尤其是双子叶植物中,如毛茛科、芸香科和罂粟科等。王长伟等^[17]研究报道,狼牙刺中的主要活性成分是氧化苦参碱、氧化槐果碱和苦参碱 3 种生物碱,且绝大部分生物碱分布于狼牙刺的种子中。乌头属植物中的生物碱主要包括脱氧乌头碱、苯甲酰乌头碱、乌头碱和胆碱^[18]。研究人员从苦豆子中分离出 20 种生物碱单体,其结构属喹诺里西

啶类,按其分子的母核结构可分为 6 类:苦参碱型、苦豆碱型、金雀花碱型、鹰爪豆碱型、羽扇豆碱型和苏苦西碱型^[19]。

1.4 单宁类化合物

单宁,又称为鞣酸,是广泛分布于植物中的一种高分子多酚类化合物^[20]。单宁广泛存在于植物的皮和果实中,根据其结构可分为水解单宁和缩合单宁。传统药用植物中所含的单宁多为水解单宁,如五倍子、牡丹根皮和山枝叶;而食物中所含的单宁多为缩合单宁,如苹果、梨和茶等。江凯^[21]研究报道,我国五倍子的产量占全世界的 95%,单宁是其主要功能成分,且含量达 70% 以上,不同种类的五倍子其单宁的含量也存在一定的差异。石榴皮中含有丰富的单宁类物质,经过分离纯化后为安石榴苷、没食子酸和鞣花酸等组成的混合物,且其中的安石榴苷为主要的抑菌化合物^[22]。

1.5 挥发油类化合物

挥发油是植物体内的次生代谢产物,又称为精油,按其化学结构可分为芳香族、脂肪族和萜类,具有抑菌、提高免疫力和抗氧化等诸多生物学功能^[23]。挥发油广泛存在于植物中,可通过水蒸气蒸馏的方法从植物中提取,如桂皮油、薄荷油和丁香油等。研究指出,沙葱挥发油中含有 7 种含硫化合物,其中 1-甲基-3-烯丙基三硫醚含量最多,为 28.84%;二-2-丙烯四硫化醚含量最少,为 2.66%^[24]。当归挥发油是当归的主要成分之一,其中中性挥发油占挥发油总量的 89%,且当归挥发油成分和含量因种植和提取方式的不同也会产生一定的差异^[25]。

2 植物提取物在肉羊生产中的应用效果

2.1 对肉羊瘤胃发酵的影响

瘤胃是一个复杂的厌氧发酵体系,为微生物提供了适宜的生存环境。已有研究报道,植物提取物对反刍动物瘤胃发酵的影响主要表现在提高过瘤胃蛋白数量、抑制甲烷排放和影响挥发性脂肪酸(volatile fatty acids, VFA)组成和浓度等方面^[26]。

2.1.1 对肉羊瘤胃氮代谢的影响

瘤胃内氨氮浓度与瘤胃内环境的发酵情况有着密不可分的关系:若氨氮浓度过高,通过瘤胃壁吸收入血,加重机体对氮的代谢负担并导致动物氨中毒和氮源浪费;若氨氮浓度不足,微生物生长

受阻,导致动物生长性能降低^[27]。已有研究表明,饲料中添加植物提取物可降低肉羊的瘤胃氨氮浓度,提高过瘤胃蛋白数量。Liu等^[28]试验表明,饲料中添加杜仲叶多酚提取物后显著降低育肥羊瘤胃液中的氨氮浓度。孙晓蒙等^[29]在绵羊基础饲料中添加松针提取物,结果发现松针提取物可显著降低绵羊的瘤胃氨氮浓度,有利于稳定瘤胃发酵状态。

目前认为植物提取物调控瘤胃氮代谢、降低瘤胃氨氮浓度可能是通过以下2种机制实现的:1)植物提取物中的活性成分如单宁酸(天然的过瘤胃保护剂),在瘤胃适宜pH环境下与蛋白质结合成不被瘤胃微生物降解的复合物,流经小肠时,复合物分解,进而降低瘤胃氨氮浓度和提高过瘤胃蛋白数量。潘发明等^[30]报道认为,绵羊饲料中单宁酸含量小于15 g/kg干物质时,能够显著提高氮存留率,对蛋白质的保护效果较好。在羔羊基础饲料中添加含有浓缩单宁的石榴叶粉,结果表明单宁含量在1%~2%时,其氮保持量和微生物氮合成量显著高于对照组^[31]。2)植物提取物中的活性成分发挥了驱原虫作用。饲料中的蛋白质被瘤胃内原虫分泌的脱氨酶降解产生氨氮,产生的氨氮不能作为合成原虫自身所需要的蛋白质,因此,进入十二指肠的微生物蛋白(microbial protein, MCP)含量降低。去除原虫可防止氮在原虫和微生物之间循环,从而使进入十二指肠的MCP含量增加^[32]。Zhou等^[33]研究发现,饲料中添加茶皂素能够显著降低湖羊瘤胃原生动物的丰度和多样性,且瘤胃氨氮浓度降低。樊艳华等^[34]研究报道,饲料中添加丝兰皂苷可显著降低山羊瘤胃的原虫数量和氨氮浓度,其中沉积氮占总采食氮的比例增加,表明丝兰皂苷中的活性成分可发挥驱除原虫的作用进而提高瘤胃氮的利用效率。

2.1.2 对肉羊瘤胃甲烷排放的影响

近年来,随着养殖业的不断发展,甲烷排放已经成为一个不容忽视的问题。产生的甲烷通过暖气排出体外,此过程伴随着大量的能量损耗。据测算,甲烷能占反刍动物采食饲料总能的6%~13%^[35]。因此,学者们一直在探寻一种减少甲烷排放量的方法。植物提取物对瘤胃甲烷的产生和排放有抑制作用,推测其作用机理如下:1)植物提取物添加到饲料中,能直接抑制从瘤胃分离出来的产甲烷菌株^[36]。陈丹丹^[37]报道认为,在杜寒杂

交肉羊饲料中添加桑叶黄酮(2 g/d)、白藜芦醇(0.25 g/d)和茶皂素(2 g/d)后可通过抑制产甲烷菌在瘤胃总细菌16S rDNA中的丰度而降低甲烷排放量。研究也指出,在杜寒杂交肉羊基础饲料中添加黄酮(2 g/d)^[38]和大蒜素2 g/d^[39]后可抑制瘤胃产甲烷菌群,进而降低甲烷产量。Mao等^[40]研究指出,在羔羊饲料中添加茶皂素(3 g/d)、大豆油(3 g/d)及其组合对产甲烷菌种群有抑制作用,日甲烷产量分别下降27.7%、13.9%和18.9%。2)植物提取物中含有皂苷等成分时,皂苷与原虫细胞膜中的胆固醇结合进而改变原虫细胞膜的通透性,使原虫细胞膜破裂导致原虫数量降低,由于原虫与甲烷杆菌属于共生关系,原虫数量减少进而达到抑制甲烷产生的效果^[41]。Hu等^[42]研究报道,在波尔山羊饲料中添加茶皂素(3 g/d)可显著降低原生动物的数量、产气量和甲烷排放量。Wang等^[43]研究发现,在绵羊基础饲料中添加茶皂素(3 g/d)可通过抑制纤毛原虫动物种群间接影响产甲烷菌活性,进而达到降低甲烷产量的效果。

2.1.3 对肉羊瘤胃VFA的影响

VFA提供的瘤胃可发酵能量占饲料可消化能的60%,可见其在反刍动物能量代谢中的重要作用^[44]。反刍动物饲料中添加植物提取物后,通过改变瘤胃内VFA的组成和浓度,从而影响瘤胃的发酵模式。

研究表明,只有少数植物提取物会提高瘤胃VFA的浓度。Li等^[45]研究发现,在山羊基础饲料中添加黄芪多糖(10 g/kg),与对照组相比,试验组的瘤胃VFA浓度显著提高。但大多数研究结果表明,植物提取物可引起瘤胃总VFA浓度降低或没有影响^[46]。包雨洪^[47]研究报道,在绵羊饲料中添加沙葱多糖,瘤胃总VFA浓度呈降低趋势。Chaves等^[48]在断奶羔羊饲料中分别添加肉桂醛(200 mg/kg)、大蒜素(200 mg/kg)和杜松子精油(200 mg/kg),屠宰后发现对瘤胃总VFA浓度无显著影响。虽然大量研究表明植物提取物降低了瘤胃VFA浓度或没有影响,但却可改变各VFA的比例。研究发现,在卡塔丁×佩利布伊杂交肉羊基础饲料中添加垂柳(30 mL/d)和银合欢(30 mL/d)提取物可显著提高瘤胃乙酸比例和乙丙比^[49]。以上研究结果表明,瘤胃内总VFA浓度、乙丙比和丁酸浓度与植物提取物的来源、添加

水平有关。

2.2 对肉羊抗氧化能力的影响

随着畜禽集约化养殖过程的不断推进,肉羊易出现代谢紊乱、自由基增多,进而导致机体抗氧化防护系统受到损伤^[50],最终会引起各种疾病的发生。

植物提取物因具有减少活性氧的功效而作为抗氧化剂使用。植物提取物具有的抗氧化活性与其结构中所含的酚类物质有关^[51]。多酚类物质主要包括 3 类:黄酮类化合物、酚酸类化合物和非黄酮类化合物。酚类物质通过氢离子转移机制和单电子转移机制能够清除自由基、螯合金属离子和抑制氧化酶活性进而起到抗氧化作用^[52]。植物酚类作为非常重要的活性物质可能通过以下 3 个方面在动物体内发挥其抗氧化作用:1) 提升动物体内超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)等抗氧化酶的活性。刘策^[53]报道认为,在湖羊公羔饲料中添加苜蓿皂苷提取物(2 000 mg/kg)能显著提高肌肉的总抗氧化能力(total antioxidant capacity, T-AOC)及总超氧化物歧化酶(total superoxide dismutase, T-SOD)和 CAT 活性,同时提高肌肉的重组人超氧化物歧化酶-2(recombinant human superoxide dismutase-2, rhSOD-2)的基因表达水平。Zhao 等^[54]在羔羊饲料中添加苦荞提取物,结果发现不同程度提高了肌肉 T-AOC 和 GSH-Px 活性。2) 提升机体内维生素 E 等非酶抗氧化剂的活性。在育肥羊基础饲料中添加香豆素提取物(200 mg/kg),显著提高肌肉的 α -生育酚含量,并表现出抑制由脂质氧化所产生的挥发性物质的含量,如乙醛、辛烷醛等^[55]。Ortuño 等^[56]研究指出,在育肥羊饲料中添加迷迭香提取物(600 mg/kg),表现出双重抗菌抗氧化特性,降低羊肉的总细菌、乳酸菌和肠杆菌科数量,并改善血液中的硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactant, TBARS)浓度,而 TBARS 是脂肪氧化的副产品,说明迷迭香提取物能够抑制脂肪氧化,从而延长羊肉的货架期^[57]。3) 激活体内的内源性防御通路。例如,核因子 E2 相关因子 2(nuclear factor-E2-related factor 2, Nrf2)-抗氧化反应原件(antioxidant response element, ARE)信号通路在细胞中抵御内源性和外源性的氧化应激反应,形成一个非常完

善的抗氧化体系。Nrf2 是一个转录因子,在抗氧化反应中负责启动 ARE,进而促进抗氧化蛋白及 GSH-Px、SOD 等 II 相解毒酶的蛋白表达^[58]。蒋红琴^[59]在巴美肉羊饲料中添加番茄红素,结果发现显著提高了肉羊肌肉的 Nrf2 和 CAT 的基因表达水平,且通过体外研究发现番茄红素清除自由基的能力强于维生素 C。葡萄皮和葡萄籽中含有大量的多酚物质,具有抗氧化应激功能。在杜寒杂交公羊基础饲料中添加葡萄皮渣后,发现睾丸尾部 GSH-Px4、铜锌超氧化物歧化酶(Cu-Zn superoxide dismutase, Cu-Zn SOD)和 Nrf2 的蛋白表达水平显著提高^[60]。植物提取物可能通过以上 3 种途径减轻机体的氧化应激损伤,进而提高动物的抗氧化能力。

2.3 对肉羊生长性能的影响

肉羊饲养过程中,饲料成本一直是影响养殖经济效益的主要因素,因此研发能够提高肉羊采食量、日增重和饲料报酬的饲料添加剂是该领域亟待解决的课题。研究表明,大部分植物提取物添加后能提高肉羊的生长性能。Salem 等^[61]在卡塔尔×佩利布伊杂交羔羊基础饲料中添加垂柳提取物(30 g/d),结果表明可显著提高羔羊的平均日增重,比对照组提高 22%。在杜寒杂交肉羊基础饲料中添加苦荞麦提取物(5 g/kg)^[54]和沙葱粉[10 g/(d·只)]^[62]后均能提高肉羊的采食量、平均日增重和胴体重。然而,研究表明,少数植物提取物添加后降低肉羊的生长性能或没有影响。田华勤^[63]在断奶湖羊饲料中添加葡萄渣提取物(0.40%)和亚麻籽油(0.72%),结果发现饲料中添加葡萄渣提取物对羔羊的生长性能和内脏重量均未产生显著影响,而饲料中添加亚麻籽油显著降低羔羊的平均日增重、胴体重和屠宰率。综上所述,虽然大部分植物提取物添加后可改善肉羊的生长性能,但是不同植物提取物的提取方法、添加水平等因素会对降低肉羊的生长性能或没有影响,因此在实际应用中务必注意植物提取物的种类、提取方法和添加水平等的选择。

极少部分的植物提取物添加到饲料后降低肉羊的生长性能或没有影响,推测其原因可能是:植物提取物的添加水平存在差异,若添加水平过高,肉羊的瘤胃内环境稳态和免疫功能受到影响,进而表现出肉羊的生长性能降低或没有影响。谢明欣^[64]研究发现,在蒙古羔羊基础饲料中添加不同

水平的苦豆子,发现0.05%和0.10%的苦豆子添加水平显著提高瘤胃发酵体系中黄色瘤胃球菌和溶纤维丁酸弧菌拷贝数,显著降低乙丙比,而0.20%和0.40%的苦豆子添加水平延缓瘤胃pH降低。瘤胃pH是保证瘤胃内环境的基本指标,因此,添加高水平的苦豆子影响瘤胃内环境的稳态。饲料中添加低水平的苦马豆素和黄花碱有提高小白鼠机体免疫功能的作用,中等和高水平时会降低机体的免疫功能^[65]。

饲料中添加大部分植物提取物能够提高肉羊的生长性能,推测其机理如下:1)植物提取物中的活性成分对肉羊的瘤胃发酵模式有良好的引导作用,进而改善动物的生长性能。赵亚星等^[66]研究发现,在杜寒F1代杂交肉羊基础饲料中添加沙葱粉(10.0 g/d)、沙葱多糖(3.4 g/d)和沙葱黄酮(2.8 g/d),可显著降低瘤胃氨氮浓度和原虫数量,显著提高瘤胃MCP、产琥珀酸丝状杆菌、黄色瘤胃球菌数量,提高丁酸浓度。Mao等^[40]研究指出,在羔羊饲料中添加茶皂素(3 g/d)和大豆油(3 g/d),与对照组相比,瘤胃氨氮浓度降低,MCP数量显著增加。综上所述,植物提取物影响了瘤胃内环境,从而改善了瘤胃发酵模式。2)植物提取物可通过提高非酶抗氧化物质含量、抗氧化酶活性和调控Nrf2通路,激活ARE,达到提高动物自身抗氧化能力的效果,进而缓解因氧化应激引起的生长性能下降。Makri等^[67]研究发现,橄榄油厂废水中的多酚物质添加到羔羊饲料后,羔羊血液和组织中的SOD、GSH-Px和CAT活性显著提高。研究表明,植物提取物中的活性成分还可通过激活Nrf2通路,使Nrf2编码的抗氧化酶mRNA表达水平上升,进而提高动物自身的抗氧化能力^[68]。3)植物提取物中的活性成分参与调控生长相关激素分泌,进而促进动物生长性能的提高。木其尔^[68]在小尾寒羊饲料中添加不同水平的沙葱黄酮(11~33 mg/kg)后,发现显著提高肉羊神经内分泌的生长激素(growth hormone, GH)、类胰岛素生长因子-I(insulin growth factor-I, IGF-I)和肾上腺皮质激素(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)浓度,并抑制皮质酮激素(corticosterone, CORT)浓度。

3 小 结

植物提取物是一种安全、绿色、无耐药性和无残留的植物性添加剂,对肉羊瘤胃发酵、机体抗氧化能力和生长性能等方面均有显著的改善作用,对减少抗生素使用和促进肉羊健康养殖的发展起到积极作用。植物提取物因地区来源、刈割时间、提取工艺、添加水平和试验方法的不同,其生物学活性的作用机制也不尽相同,因此对不同来源的植物提取物需要进行试验筛选并经过实际应用验证其效果。总之,植物提取物是一个非常富有潜力的生物资源,随着各种生物检测技术的不断发展和进步,植物提取物的组分、结构和功能日趋明朗,植物提取物必将在替代抗生素方面发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] ELMOWALID G, AMAR A M, AHMAD A A M. *Nigella sativa* seed extract: 1. Enhancement of sheep macrophage immune functions *in vitro* [J]. *Research in Veterinary Science*, 2013, 95(2): 437-443.
- [2] SYIEM D, WARJRI P. Antidiabetic, antioxidant, and TNF- α lowering properties of extract of the traditionally used plant *Ixeris gracilis* in alloxan-induced diabetic mice [J]. *Pharmaceutical Biology*, 2015, 53(4): 494-502.
- [3] KOMIAZYK M, PALCZEWSKA M, SITKIEWICZ I, et al. Use of plant extracts to control and treat AB5 enterotoxin-related diarrhea [J]. *Polish Journal of Microbiology*, 2014, 63(1): 3-14.
- [4] KOU W Z, YANG J, YANG Q H, et al. Study on *in vivo* anti-tumor activity of verbena officinalis extract [J]. *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines*, 2013, 10(3): 512-517.
- [5] 王若瑾,袁保京,金立志.天然植物提取物添加剂生物学功能与综合性功能研究综述[J].*中国畜牧杂志*, 2015, 51(8): 72-78.
- [6] BADMUS J A, EKPO O E, RAUTENBACH F, et al. Isolation and antioxidant activity of flavonoids from *Holarrhena floribunda* (G. Don) leaves [J]. *Acta Biochimica Polonica*, 2016, 63(2): 353-358.
- [7] HAVSTEEN B H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids [J]. *Pharmacology & Therapeutics*, 2002, 96(2/3): 67-202.
- [8] 赵玺.满山红的化学成分和提取方法研究进展[J].

- 安徽医科大学学报,2013,48(5):580-582.
- [9] LUMMAETEE K, KU H M, WONGRAT W, et al. Optimization of supercritical fluid extraction of isoflavone from soybean meal[J]. The Canadian Journal of Chemical Engineering, 2017, 95(6): 1141-1149.
- [10] 赵春艳. 沙葱中黄酮类化合物的分离纯化、结构鉴定及其对小鼠免疫抗氧化机能影响的研究[D]. 博士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008: 38-45.
- [11] LIU J, SHANG F N, YANG Z M, et al. Structural analysis of a homogeneous polysaccharide from *Achatina fulica*[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 98: 786-792.
- [12] 扈瑞平. 沙葱多糖的分离、纯化和结构鉴定及其生物学活性的研究[D]. 博士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010: 35-38.
- [13] 孙甜甜, 高云航, 孙卓, 等. 枸杞多糖研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2018, 52(12): 75-80.
- [14] ALANIYA M D, SUTIASHVILI M G, KAVTARADZE N S, et al. Chemical constituents of *Astragalus falcatus* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2017, 53(6): 1202-1203.
- [15] 毕小凤. 黄芪茎叶主要化学成分及其部分药理作用研究[D]. 硕士学位论文. 太原: 山西中医药大学, 2017: 44-47.
- [16] WANG M, LIU Z F, TANG H, et al. Application of alkaloids in reversing multidrug resistance in human cancers [J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2018, 16(8): 561-571.
- [17] 王长伟, 陈琛, 蔺蓓蓓, 等. 狼牙刺中生物碱的研究应用进展[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(4): 16-21.
- [18] WANG B B, DONG J, JI J J, et al. Study on the alkaloids in Tibetan medicine *Aconitum pendulum* busch by HPLC-MSn combined with column chromatography[J]. Journal of Chromatographic Science, 2016, 54(5): 752-758.
- [19] DAVERIO M, CAVICCHIOLO M E, GROTTTO P, et al. Bitter lupine beans ingestion in a child: a disregarded cause of acute anticholinergic toxicity[J]. European Journal of Pediatrics, 2014, 173(12): 1549-1551.
- [20] WISCHER G, BOGUHN J, STEINGAB H, et al. Effects of different tannin-rich extracts and rapeseed tannin monomers on methane formation and microbial protein synthesis *in vitro* [J]. Animal, 2013, 7(11): 1796-1805.
- [21] 江凯. 五倍子单宁提取纯化及生理活性的研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2013(10): 53-56.
- [22] XU Y F, LI G H, ZHANG B G, et al. Tannin-rich pomegranate rind extracts reduce adhesion to and invasion of Caco-2 cells by *Listeria monocytogenes* and decrease its expression of virulence genes[J]. Journal of Food Protection, 2015, 78(1): 128-130.
- [23] TAN J W, ISRAF D A, THAM C L. Major bioactive compounds in essential oils extracted from the rhizomes of *Zingiber zerumbet* (L) Smith; a mini-review on the anti-allergic and immunomodulatory properties [J]. Frontiers in Pharmacology, 2018, 9: 652.
- [24] 乌仁张嘎. 沙葱挥发油的提取、成分鉴定及其体外抑菌效果的研究[D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011: 13-23.
- [25] 孙敏, 马清林, 刘峰林, 等. 当归挥发油研究新进展[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(16): 56-58.
- [26] BHATTA R, SARAVANAN M, BARUAH L, et al. Effects of graded levels of tannin-containing tropical tree leaves on *in vitro* rumen fermentation, total protozoa and methane production [J]. Journal of Applied Microbiology, 2015, 118(3): 557-564.
- [27] HUHTANEN P, CABEZAS-GARCIA E H, KRIZSAN S J, et al. Evaluation of between-cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows [J]. Journal of Dairy Science, 2015, 98(5): 3182-3196.
- [28] LIU H W, LI K, ZHAO J S, et al. Effects of polyphenolic extract from *Eucommia ulmoides* Oliver leaf on growth performance, digestibility, rumen fermentation and antioxidant status of fattening lambs [J]. Animal Science Journal, 2018, 89(6): 888-894.
- [29] 孙晓蒙, 孙国君, 王瑞环, 等. 松针提取物对绵羊瘤胃液体外发酵的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集. 武汉: 中国畜牧兽医学会动物营养学分会, 2016: 1.
- [30] 潘发明, 王彩莲, 刁其玉, 等. 单宁酸对绵羊日粮养分消化利用及氮代谢的影响[J]. 草业科学, 2017, 26(12): 179-185.
- [31] PATHAK A K, DUTTA N, PATTANAIK A K, et al. Effect of condensed tannins from *Ficus infectoria* and *Psidium guajava* leaf meal mixture on nutrient metabolism, methane emission and performance of lambs [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2017, 30(12): 1702-1710.
- [32] IVAN M, NEILL L, FORSTER R, et al. Effects of *Isotricha*, *Dasytricha*, *Entodinium*, and total fauna on ruminal fermentation and duodenal flow in wethers fed different diets [J]. Journal of Dairy Science, 2000, 83

- (4):776-787.
- [33] ZHOU Y Y, MAO H L, JIANG F, et al. Inhibition of rumen methanogenesis by tea saponins with reference to fermentation pattern and microbial communities in Hu sheep [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2011, 166/167:93-100.
- [34] 樊艳华, 孙海洲, 李胜利, 等. 不同蛋白质水平下丝兰皂甙对山羊氮代谢的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2015, 36(2):21-28.
- [35] GZERKAWSKI J W. Methane production in ruminants and its significance [J]. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 1969, 11:240-282.
- [36] KUMAR S, PUNIYA A K, PUNIYA M, et al. Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies [J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2009, 25(9):1557-1566.
- [37] 陈丹丹. 四种植物提取物对肉羊甲烷排放、物质代谢及瘤胃微生物区系的影响 [D]. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2014:38-48.
- [38] MA T, CHEN D D, TU Y, et al. Dietary supplementation with mulberry leaf flavonoids inhibits methanogenesis in sheep [J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(1):72-78.
- [39] MA T, CHEN D D, TU Y, et al. Effect of supplementation of allicin on methanogenesis and ruminal microbial flora in dorper crossbred ewes [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2016, 7:1.
- [40] MAO H L, WANG J K, ZHOU Y Y, et al. Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs [J]. *Livestock Science*, 2010, 129(1/2/3):56-62.
- [41] GUO Y Q, LIU J X, LU Y, et al. Effect of tea saponin on methanogenesis, microbial community structure and expression of *mcrA* gene, in cultures of rumen microorganisms [J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2008, 47(5):421-426.
- [42] HU W L, LIU J X, WU Y M, et al. Effects of tea saponins on *in vitro* ruminal fermentation and growth performance in growing Boer goat [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2006, 60(1):89-97.
- [43] WANG J K, YE J A, LIU J X. Effects of tea saponins on rumen microbiota, rumen fermentation, methane production and growth performance-a review [J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2012, 44(4):697-706.
- [44] 李洋, 高民, 胡红莲, 等. 反刍动物瘤胃挥发性脂肪酸的吸收机制 [J]. *动物营养学报*, 2018, 30(6):2070-2078.
- [45] LI Z, BAI H, ZHENG L, et al. Bioactive polysaccharides and oligosaccharides as possible feed additives to manipulate rumen fermentation in Rusitec fermenters [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 109:1088-1094.
- [46] ANANTASOOK N, WANAPAT M, GUNUN P, et al. Reducing methane production by supplementation of *Terminalia chebula* RETZ. Containing tannins and saponins [J]. *Animal Science Journal*, 2016, 87(6):783-790.
- [47] 包雨洪. 沙葱多糖对绵羊瘤胃发酵、纤维素降解及血液生化指标的影响 [D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009:33-39.
- [48] CHAVES A V, STANFORD K, DUGAN M E R, et al. Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs [J]. *Livestock Science*, 2008, 117(2/3):215-224.
- [49] HERNANDEZ P, SALEM A Z M, LÓPEZ S, et al. Influence of *Salix babylonica* and *Leucaena leucocephala* leaf extracts on ruminal fermentation characteristics, urinary purine derivative excretion and microbial protein synthesis of lambs [J]. *Livestock Science*, 2014, 163:80-84.
- [50] CHEN Z J, YU L L, WANG X K, et al. Changes of phenolic profiles and antioxidant activity in canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) during germination [J]. *Food Chemistry*, 2016, 194:608-618.
- [51] IVANOVA A V, GERASIMOVA E L, GAZIZULLINA E R, et al. Study of the antioxidant activity and total polyphenol concentration of medicinal plants [J]. *Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 72(4):415-420.
- [52] GEMA N. Biological activities of three essential oils of the lamiaceae family [J]. *Medicines*, 2017, 4(3):63.
- [53] 刘策. 苜蓿皂苷对绵羊肌肉色泽的影响及其机理 [D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2018:72-81.
- [54] ZHAO J X, LI K, SU R, et al. Effect of dietary tartary buckwheat extract supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant activity in ewe lambs [J]. *Meat Science*, 2017, 134:79-85.
- [55] ORTUÑO J, SERRANO R, BANON S. Use of dietary rosemary diterpene to inhibit rancid volatiles in lamb

- meat packed under protective atmosphere[J]. *Animal*, 2016, 10(8):1391-1401.
- [56] ORTUÑO J, SERRANO R, BAÑÓN S. Incorporating rosemary diterpenes in lamb diet to improve microbial quality of meat packed in different environments[J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(9):1436-1445.
- [57] ORTUÑO J, SERRANO R, BAÑÓN S. Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs. vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere[J]. *Meat Science*, 2015, 110:62-69.
- [58] BUENDIA I, MICHALSKA P, NAVARRO E, et al. Nrf2-ARE pathway: an emerging target against oxidative stress and neuroinflammation in neurodegenerative diseases[J]. *Pharmacology & Therapeutics*, 2016, 157:84-104.
- [59] 蒋红琴. 番茄红素对巴美肉羊肉品质的影响及其抗氧化机理研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2015:73-81.
- [60] 金亚倩. 日粮中添加酿酒葡萄皮渣对公绵羊繁殖性能及睾丸、附睾抗氧化性的影响[D]. 硕士学位论文. 山西: 山西农业大学, 2016:29-48.
- [61] SALEM A Z M, OLIVARES M, LOPEZ S, et al. Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucaena leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2011, 170(1/2):27-34.
- [62] 刘旺景, 敖长金, 丁赫, 等. 不同饲料添加剂对杜寒杂交肉羊体脂脂肪酸组成和氧化稳定性的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(9):3759-3771.
- [63] 田华勤. 葡萄渣提取物和亚麻籽油对湖羊羔羊生产性能和养分消化代谢的影响[D]. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学, 2016:31-44.
- [64] 谢明欣. 苦豆子对蒙古羔羊体外发酵参数、微生物种群及血液中生理生化指标的影响[D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018:21-82.
- [65] 张建军, 韩敏, 王宇, 等. 小花棘豆生物碱对小白鼠外周血 T 淋巴细胞亚群 CD4⁺、CD8⁺ 免疫功能的影响[J]. *畜牧与饲料科学*, 2013, 34(4):3-6.
- [66] 赵亚星, 敖长金, 包志碧, 等. 沙葱及其提取物对肉羊瘤胃发酵及微生物区系的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(5):2313-2322.
- [67] MAKRI S, KAFANTARIS I, SAVVA S, et al. Novel feed including olive oil mill wastewater bioactive compounds enhanced the redox status of lambs[J]. *In Vivo*, 2018, 32(2):291-302.
- [68] 木其尔. 沙葱黄酮对肉羊机体抗氧化和免疫功能的影响及其机理研究[D]. 博士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016:32-61.

Application of Plant Extracts in Mutton Sheep Production

LI Shuyi LIU Wangjing DING He AO Changjin*

(College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: Plant extracts are widely used as new environmentally friendly feed additives in livestock and poultry breeding due to their advantages of no residue, no drug resistance and no toxic side effects, thus they play important roles in livestock and poultry health, safe product as well as provision of high-quality animal products for human beings. In this paper, the main biological active ingredients of plant extracts were reviewed, the effects and its mechanism of plant extracts on growth performance, antioxidant capacity and rumen fermentation of mutton sheep were emphatically expounded, and to provide references for the research and development of natural plant feed additives and their application in mutton sheep breeding. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(2):558-565]

Key words: plant extracts; active ingredients; mechanism; mutton sheep