

分类号:
学号: 20222113025

密级: 公开
单位代码: 10759

石河子大学

硕士学位论文



复合植物提取物在犊牛生产中的应用效果研究

学位申请人

庞小童

指导教师

聂存喜 教授

刘艳丰 研究员

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

2024年5月

分类号:
学号: 20222113025

密级: 公开
单位代码: 10759

石河子大学

硕士学位论文



复合植物提取物在犊牛生产中的应用效果研究

学位申请人	庞小童
指导教师	聂存喜 教授 刘艳丰 研究员
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
2024年5月

**Study on application effect of compound plant extracts in calf
production**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Agriculture

By

Xiaotong Pang

(Animal Husbandry)

Dissertation Supervisor: Prof.:Cunxi Nie

May,2024

Shihezi,Xin Jiang,China

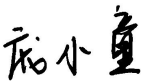
本研究得到兵团重大科技项目（2021AA004）资助

**This research is supported by the major scientific and
technological projects of XPCC (2021AA004).**

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

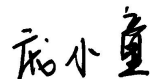
本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名： 

时间： 2024年5月15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： 2024年5月15日

导师签名： 

时间： 2024年5月15日

摘要

目的: 本试验以植物提取物为研究对象, 将抗氧化性能作为评价指标, 对植物提取物进行配比优化。在此基础上, 将复合植物提取物添加在犊牛牛乳中, 通过对犊牛哺乳期和断乳期生长性能、血清生化指标、免疫功能、抗氧化性能及瘤胃发酵参数、瘤胃微生物菌群功能的检测, 评价复合植物提取物对哺乳期犊牛的应用效果和哺乳期添加复合植物提取物对断乳期犊牛断奶过程等的影响作用, 并进一步推测复合植物提取物对犊牛断奶应激及其氧化应激的缓解作用, 从而为复合植物提取物在犊牛生产中的应用提供理论基础。

方法: 试验一: 植物提取物的体外筛选。天然来源的植物提取物对防止氧化应激具有显著效果, 根据植物提取物的不同抗氧化能力, 选取甜叶菊提取物、金银花提取物、黄芪提取物、甘草提取物、葡萄籽原花青素和辣椒碱 6 种植物提取物进行体外 2,2-二苯基-1-苦基肼自由基 (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH) 和羟自由基清除试验。以体外抗氧化能力作为评价指标, 选取低浓度下自由基清除能力较强的 3 种植物提取物进行复合植物提取物的配制。试验二: 复合植物提取物的配制及其活性成分检测。基于植物提取物的体外抗氧化活性研究, 选取低浓度下具有较强抗氧化能力的葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱进行复合植物提取物的配制, 并采用三因素三水平进行正交试验设计。以葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱作为正交设计的 3 个试验因素, 选取 0.4、0.8 和 1.6 mg/mL 作为正交设计的 3 个试验水平。其次, 根据体外 DPPH 和羟自由基清除试验优化得到抗氧化能力较强的复合植物提取物, 并对该复合植物提取物进行活性成分检测。试验三: 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛生长性能、血清生化指标、免疫功能、抗氧化性能及瘤胃发酵参数、瘤胃微生物菌群的影响。基于复合植物提取物的抗氧化能力和氧化应激对犊牛机体健康的影响, 试验选取 20 头 30 日龄健康状态良好且体重相近的弗莱维赫犊牛, 随机分为 2 组。对照组饲喂常规牛乳, 哺乳期试验组在牛乳中添加 9.8 g/ (d·头) 的复合植物提取物, 断乳期进行常规饲喂, 试验期共 37 天。饲养结束后, 对哺乳期和断乳期犊牛进行生长性能、血清生化指标、免疫功能、抗氧化性能及瘤胃微生物组成的检测。

结果: (1) 试验一: 6 种植物提取物均具有一定的自由基清除和抗氧化能力, 但这种清除能力与样品浓度密切相关, 在较低浓度下 (0.4 mg/mL), 葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱表现出较强的自由基清除能力。(2) 试验二: 葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱以 1:1:1 (0.4:0.4:0.4 mg/mL) 复合时自由基清除能力更强。对复合植物提取物进行成分检测, 其总黄酮含量 217.72 mg/g、总酚含量 111.18 mg/g、总多糖含量 10.84 mg/g、总生物碱含量 0.72 mg/g。其中, 黄酮中儿茶素含量最高, 酚酸中原儿茶酸含量最高。(3) 试验三: 与对照组相比, 试验组 (1) 哺乳期血清中甘油三酯 (TG) 含量显著增加 ($P<0.05$), 断乳期总蛋白 (TP)、TG 含量极显著增加 ($P<0.01$), 白蛋白 (ALB)、尿素氮 (UN) 含量显著增加 ($P<0.05$)。(2) 哺乳期血清中免疫

球蛋白 G (IgG) 极显著增加 ($P<0.01$)，肿瘤坏死因子 α (TNF- α)、白细胞介素 6 (IL-6) 极显著降低 ($P<0.01$)，断乳期免疫球蛋白 A (IgA)、IgG 和免疫球蛋白 M (IgM) 极显著增加 ($P<0.01$)，白细胞介素 1 β (IL-1 β) 极显著降低。(3) 哺乳期血清中过氧化氢酶 (CAT) 活性极显著增加 ($P<0.01$)，丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ($P<0.05$)。(4) 哺乳期瘤胃中氨态氮、乙酸和异丁酸含量极显著增加 ($P<0.01$)，丙酸、异戊酸含量显著增加 ($P<0.05$)，断乳期瘤胃 pH 值显著降低 ($P<0.05$)。(5) 哺乳期瘤胃中毛螺旋菌科-NK3A20 菌属 (*Lachnospiraceae-NK3A20-group*) 相对丰度显著降低 ($P<0.05$)，断乳期 *norank-f-Eubacteriumm-coprostanoligenes-group* 相对丰度极显著降低 ($P<0.01$)，*norank-f-F08* 相对丰度显著增加 ($P<0.05$)。

结论: 6种植物提取物均具有一定的自由基清除和抗氧化能力，但葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱在较低浓度下表现出较强的自由基清除能力。同时，葡萄籽原花青素、甘草提取物和辣椒碱以 1:1:1 (0.4:0.4:0.4 mg/mL) 复合时抗氧化能力更强，这可能与该复合植物提取物中总黄酮和总酚的含量有关。复合植物提取物以 9.8 g/ (d·头) 添加到犊牛牛乳中，可增加哺乳期犊牛血清 TG、IgG、CAT 活性和瘤胃氨态氮、乙酸、丙酸、异丁酸、异戊酸含量，降低 TNF- α 、IL-6、MDA 含量，同时，哺乳期添加复合植物提取物能通过提高断奶犊牛血清中 TP、ALB、TG、UN、IgA、IgG 和 IgM 含量，通过降低 IL-1 β 改善断奶犊牛免疫功能。此外，复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛瘤胃微生物菌群均具有一定的影响作用。综上所述，复合植物提取物可能通过提高哺乳期犊牛血清生化指标、免疫性能、抗氧化性能、瘤胃发酵参数、微生物菌群和增加断乳期血清生化指标、免疫性能、瘤胃微生物菌群等降低断奶对犊牛造成的影响，进而缓解犊牛的断奶应激。

关键词: 植物提取物；复合植物提取物；犊牛；血清生化指标；瘤胃菌群

Abstract

Objective:

In this experiment, plant extracts were used for the study, using antioxidant properties as an evaluation indicator, optimisation of plant extracts for formulation. On this basis, addition of complex plant extracts to calf milk, by testing growth performance, serum biochemical indices, immune function, antioxidant performance and rumen fermentation parameters and rumen microflora function during pre-weaning and post-weaning of calves. Evaluation of the effect of complex plant extracts on the application of pre-weaning of calves and the effect of the addition of complex plant extracts during pre-weaning on the weaning process of post-weaning, among others. And further speculated on the mitigating effect of complex plant extracts on weaning stress and its oxidative stress in calves, thus, a theoretical basis for the application of complex plant extracts in calf production was established.

Methods:

Experiment one: In vitro screening of plant extracts. Botanical extracts from natural sources have been shown to be effective in preventing oxidative stress, depending on the different antioxidant capacities of the plant extracts, six plant extracts, including stevia extract, honeysuckle extract, astragalus extract, liquorice extract, grape seed proanthocyanidins and capsaicin, were selected for in vitro DPPH and hydroxyl radical scavenging assays. Using in vitro antioxidant capacity as an evaluation index, three plant extracts with high free radical scavenging capacity at low concentrations were selected for the preparation of composite plant extracts. Experiment two: Optimisation of ratios of complex plant extracts and their active ingredient detection. An in vitro antioxidant activity study based on plant extracts, Grape seed proanthocyanidins, liquorice and capsaicin, which have strong antioxidant capacity at low concentrations, were selected for the formulation of the complex plant extracts, and orthogonal experimental design using three factors and three levels. Grape seed proanthocyanidins, liquorice extract and capsaicin were used as three experimental factors in an orthogonal design, 0.4, 0.8 and 1.6 mg/mL were selected as the three experimental levels for the orthogonal design. Secondly, the complex plant extracts with the highest antioxidant capacity were optimised based on in vitro DPPH and hydroxyl radical scavenging assays, the complex plant extract was also tested for active ingredients. Experiment three: Effects of complex plant extracts on growth performance, serum biochemical indexes, immune function, antioxidant performance, rumen fermentation parameters and rumen microflora of calves during pre-weaning and post-weaning. Based on the antioxidant capacity of complex plant extracts and the effect of oxidative stress on calf organic health, twenty 30-day-old Flavich calves in good health and of similar weight were selected for the experiment, randomised into 2 groups. The control group was fed conventional cow's milk and the pre-weaning experimental group was supplemented with 9.8 g/(d-head) of the complex plant extract in the cow's milk, routine feeding during the

post-weaning, the test period lasted 37 days. At the end of the feeding, pre-weaning and post-weaning of calves were tested for growth performance, serum biochemical indices, immune function, antioxidant properties and rumen microbial composition.

Results:

(1) Experiment one: All six plant extracts possessed some free radical scavenging and antioxidant capacity, but this scavenging capacity was closely related to the sample concentration, at lower concentrations (0.4 mg/mL), Grape seed proanthocyanidins, liquorice extract and capsaicin showed strong free radical scavenging ability. (2) Experiment two: At concentrations of 0.4 mg/ml, 0.8 mg/ml, 1.6 mg/ml, free radical scavenging was enhanced when grape seed proanthocyanidins, liquorice extract and capsaicin were compounded at 1:1:1 (0.4:0.4:0.4 mg/mL). Compositional testing of complex plant extracts, its total flavonoid content was 217.72 mg/g, total phenol content was 111.18 mg/g, total polysaccharide content was 10.84 mg/g and total alkaloid content was 0.72 mg/g, among them, the flavonoids were the highest in catechins and the phenolic acids were the highest in protocatechuic acid. (3) Experiment three: (1) significant increase in serum triglyceride (TG) levels during pre-weaning ($P<0.05$), a highly significant ($P<0.01$) increase in total protein (TP) and TG content at post-weaning, albumin (ALB) and urea nitrogen (UN) levels were significantly increased ($P<0.05$). (2) A highly significant increase in immunoglobulin G (IgG) in the serum during pre-weaning ($P<0.01$), tumour necrosis factor alpha (TNF- α) and interleukin 6 (IL-6) were highly significantly reduced ($P<0.01$), immunoglobulin A (IgA), IgG and immunoglobulin M (IgM) were highly significantly increased during post-weaning ($P<0.01$), interleukin 1 β (IL-1 β) ($P<0.01$) was highly significantly reduced. (3) A highly significant increase in serum catalase (CAT) activity during pre-weaning ($P<0.01$), malondialdehyde (MDA) content was significantly reduced ($P<0.05$). (4) Ammoniacal nitrogen, acetic acid and isobutyric acid were highly significantly ($P<0.01$) increased in the rumen during pre-weaning, propionic acid and isovaleric acid contents were significantly increased ($P<0.05$), rumen pH was significantly lower ($P<0.05$) during post-weaning. (5) The relative abundance of Lachnospiraceae-NK3A20-group (*Lachnospiraceae-NK3A20-group*) was significantly lower ($P<0.05$) in the rumen during pre-weaning, the relative abundance of the *norank-f-Eubacteriumm-coprostanoligenes-group* was highly significantly reduced during post-weaning ($P<0.01$). the relative abundance of *norank-f-F08* was significantly increased ($P<0.05$).

Conclusion:

In summary, all six plant extracts possessed some free radical scavenging and antioxidant capacity, however, grape seed proanthocyanidins, licorice extract and capsaicin showed strong free radical scavenging ability at lower concentrations. Meanwhile, grape seed proanthocyanidins, licorice extract and capsaicin have stronger antioxidant capacity when compounded at 1:1:1 (0.4:0.4:0.4 mg/mL), this may be related to the content of total flavonoids and total phenols in this complex plant extract. Complex plant

extracts were added to calf milk at 9.8 g/(d-head), it can increase serum TG, IgG, CAT activity and rumen ammoniacal nitrogen, acetic acid, propionic acid, isobutyric acid and isovaleric acid levels, and decrease TNF- α , IL-6, MDA levels in pre-weaning of calves. Meanwhile, the addition of complex plant extracts during pre-weaning can improve the immune function of post-weaning of calves by increasing their serum levels of TP, ALB, TG, UN, IgA, IgG and IgM, and improve the immune function of post-weaning of calves by decreasing IL-1 β , thus alleviating stress. In addition, the compound plant extracts had certain effects on rumen microflora of both pre-weaning and post-weaning of calves. Therefore, we speculated that complex plant extracts may reduce the effects of pre-weaning by improving the serum biochemical indexes, immune performance, antioxidant performance, rumen fermentation parameters and microbial flora of calves during pre-weaning and increasing the serum biochemical indexes, immune performance and rumen microbial flora during post-weaning, thus alleviating the weaning stress of calves.

Key words: Plant extracts; Complex plant extracts; Calves; Serum biochemical index; Rumen flora

目录

摘要.....	I
缩略词.....	VIII
Abbreviation.....	VIII
第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究目的与意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	2
1.2.1 植物提取物概述.....	2
1.2.2 植物提取物的功能.....	3
1.2.3 植物提取物在畜禽生产中的应用.....	6
1.3 研究内容与技术路线.....	7
1.3.1 研究内容.....	7
1.3.2 技术路线.....	7
第 2 章 试验研究.....	8
试验一 植物提取物的体外筛选.....	8
2.1 材料与方法.....	8
2.1.1 材料与试剂.....	8
2.1.2 仪器与设备.....	8
2.1.3 试验方法.....	9
2.1.4 数据统计与分析.....	9
2.2 结果与分析.....	10
2.2.1 植物提取物对 DPPH 自由基清除作用.....	10
2.2.2 植物提取物对羟自由基清除作用.....	13
2.3 讨论.....	16
2.4 小结.....	16
试验二 复合植物提取物的配制及其活性成分检测.....	18
2.5 材料与方法.....	18
2.5.1 材料与试剂.....	18
2.5.2 仪器与设备.....	18
2.5.3 试验方法.....	18
2.5.4 数据统计与分析.....	20

2.6 结果与分析	20
2.6.1 复合植物提取物体外自由基清除能力的测定及其筛选	20
2.6.2 DPPH 和羟自由基对复合植物提取物清除率的影响	22
2.6.3 复合植物提取物主要活性成分检测	22
2.7 讨论	23
2.8 小结	23
试验三 复合植物提取物对犊牛生长性能、血清生化指标、免疫功能、抗氧化性能及瘤胃发酵参数、瘤胃微生物菌群的影响	25
2.9 材料与方法	25
2.9.1 试验材料	25
2.9.2 试验设计	25
2.9.3 饲养管理	26
2.9.4 样品采集及指标测定	26
2.9.5 数据处理与分析	27
2.10 结果与分析	27
2.10.1 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛生长性能的影响	27
2.10.2 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清生化指标的影响	28
2.10.3 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清免疫功能的影响	29
2.10.4 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清抗氧化能力的影响	30
2.10.5 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛瘤胃发酵参数的影响	30
2.10.6 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛瘤胃菌群的影响	31
2.11 讨论	34
2.11.1 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛生长性能的影响	34
2.11.2 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清生化指标的影响	34
2.11.3 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清免疫能力的影响	35
2.11.4 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清抗氧化能力的影响	35
2.11.5 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛瘤胃发酵参数的影响	35
2.11.6 复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛瘤胃菌群的影响	36
2.12 小结	37
第 3 章 结论	38
第 4 章 论文创新点	39
参考文献	40
致谢	50
作者简介	51

缩略词

Abbreviation

英文缩写	英文全称	中文名称
ADG	Average daily gain	平均日增重
ADFI	Average daily feed intake	平均日采食量
ALB	Albumin	白蛋白
ALT	Alanine aminotransferase	丙氨酸氨基转移酶
AST	Aspartate transaminase	门冬氨酸转移酶
A/G	Albumin/ Globulin	白球比
CAT	Catalase	过氧化氢酶
DMI	Dry matter intake	干物质采食量
DPPH	(2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl)	2, 2-二苯基-1-苦基肼自由基
FBW	Final body weight	终末体重
F/G	Feed-Gain ratio	料重比
GLB	Globulin	球蛋白
GLU	Glucose	葡萄糖
GSH-Px	Glutathione peroxidase	谷胱甘肽过氧化物酶
IBW	Initial body weight	初始体重
IgA	Immunoglobulin A	免疫球蛋白 A
IgG	Immunoglobulin G	免疫球蛋白 G
IgM	Immunoglobulin M	免疫球蛋白 M
IL-1 β	Interleukin 1 β	白细胞介素 1 β
IL-6	Interleukin 6	白细胞介素 6
IL-10	Interleukin 10	白细胞介素 10
MDA	Malondialdehyde	丙二醛
ROS	Reactive oxygen species	活性氧
TP	Total protein	总蛋白
TG	Triglyceride	甘油三酯
TC	Total cholesterol	总胆固醇
TNF- α	Tumour necrosis factor alpha	肿瘤坏死因子 α
T-AOC	Total antioxidant capacity	总抗氧化能力
UN	Urea nitrogen	尿素氮

第1章 绪论

1.1 研究目的与意义

随着禁抗时代的到来，在集约化养殖中寻找天然添加剂成为了绿色、健康养殖的关键^[1]。植物提取物作为植物源性天然添加剂，是一类具有特定功能和基团的生物活性物质。此外，植物提取物还能合成次级代谢产物，如黄酮类，酚类，萜类和生物碱等^[2]，该活性成分具有抗氧化、抗癌、抗真菌、促生长、提高饲料利用率和改善畜产品品质等功效^[3]。在养殖生产中，植物提取物不仅具有来源广泛、残留低、无污染等优势，还因其能提高动物免疫力、减轻炎症反应、改善胃肠道微生物结构和缓解氧化应激等被广泛应用^[4, 5]。据报道，多种植物提取物及其生物活性代谢物由于对复杂免疫系统的调节机制多种多样，因此具有很强的免疫调节作用^[6]。此外，天然来源的植物提取物对防止氧化应激和降低炎症反应具有显著效果，如植物提取物具有降低脂质过氧化产物和减轻促炎标志物的作用^[7]。

氧化应激是活性氧（ROS）的产生和抗氧化活性失衡的一种表现^[8]。当机体内自由基产生过多时，其对大分子的过氧化作用，将造成机体不可逆损伤。作为抗氧化剂，植物提取物能够从清除自由基、抑制自由基、螯合金属离子、中断链式反应、或通过对氧化酶的抑制、提高抗氧化酶的活力实现抗氧化作用^[9]。其作用机制主要通过信号转导、转录及蛋白表达等多个方面促进抗氧化酶的表达，如谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、CAT、超氧化物歧化酶（SOD）。从而缓解氧化应激，增强机体的抗氧化防御能力。

哺乳期是犊牛生长发育的重要时期，也是其最易受影响的时期。由于此阶段犊牛的身体机能仍处于发育阶段，且受到断奶环境和饲料变化的影响，此阶段犊牛极易受到断奶应激的影响和引发断奶应激^[10-12]。断奶应激可损伤肠粘膜屏障，使肠粘膜通透性增高，导致肠道菌群及菌群代谢异常，诱发机体免疫功能紊乱^[13, 14]。同时，在断奶应激状态下，机体出现分解代谢，导致来自机体的氧活性物质大量产生，并伴随氧化应激的出现^[15]。研究发现，断奶应激能通过引起氧化应激和炎症反应使肠道粘膜和肠道屏障完整性遭到破坏^[16-18]。此外，断奶应激也可以影响胃肠菌群，造成菌群紊乱。且在断奶过程中，犊牛的瘤胃功能也会发生转变^[19]。这些应激因素最终导致犊牛断奶应激的形成，并且与犊牛的生长性能、免疫系统、抗氧化系统和肠道屏障功能密切相关^{[1, 20,}

21]。

尽管植物提取物作为饲料添加剂在畜禽中被普遍使用，但人们对于复合植物提取物的应用和研究较少。在植物提取物的抗氧化成分中，类黄酮、多酚能有效降低各种外源性应激因素诱导的氧化应激^[22]。目前已研究出多种用于评估天然化合物抗氧化活性和相关机制的方法。本试验选取 DPPH 和羟自由基清除试验对植物提取物进行体外筛选，并采用正交试验进行植物提取物的配比和优化，将筛选得到的具有较强抗氧化能力的复合植物提取物进行活性成分检测，明确发挥抗氧化作用的主要活性成分及含量。旨在通过研究复合植物提取物对哺乳期和断乳期犊牛血清生化指标、免疫功能、抗氧化性能及瘤胃发酵参数、瘤胃微生物菌群等的影响，评估其对哺乳期犊牛的应用效果和哺乳期添加复合植物提取物对断乳期犊牛断奶过程等的影响作用，从而为复合植物提取物在犊牛生产中的应用提供理论基础。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 植物提取物概述

随着我国养殖业饲料无抗时代的到来，市场对安全、有效的抗生素替代品需求迫切。在寻找抗生素的替代品过程中，植物衍生的天然化合物由于天然来源、资源丰富、安全性高，且具有抗药能力强、残留少等优势，已逐渐成为饲用抗生素的主要替代品^[23]。

表 1-1 几种常见的植物提取物及其药理作用

Table 1-1 Several common plant extracts and their pharmacological effects

名称 Name	药用部位 Medicinal parts	植物来源 Plant origin	主要活性成分 Main active ingredient	功能特性 Functional characteristics
甜叶菊提取物	叶子	甜叶菊	黄酮类、多糖类、苷类、氨基酸类、酚酸类、有机酸类	抗衰老、提高免疫力、抗氧化、促生长 ^[24]
金银花提取物	花蕾	忍冬科忍冬属植物金银花	黄酮类、多酚类、三萜皂苷类、有机酸类、挥发油类、环烯醚萜苷类	抗氧化、抗炎、抗菌、提高免疫力、解热 ^[25]
黄芪提取物	根	豆科植物蒙古黄芪的根提取物	皂苷类、黄酮类、多糖类、氨基酸类	抗氧化、抗肿瘤、增强免疫力、促生长 ^[26]
甘草提取物	根 根茎	豆科、胀果、光果甘草的干燥根及根茎	黄酮类、糖类、氨基酸类、单宁、胆碱、植物甾醇类	免疫调节、抗氧化、抗病毒、抗炎 ^[27]
葡萄籽原花青素	根	葡萄科植物葡萄的种子	儿茶素、表儿茶素	抗氧化、抗癌、抗炎 ^[28]
辣椒碱	根 果实	茄科植物辣椒的成熟果实	天然植物碱	镇痛、抗菌、抗炎、抗肥胖、抗氧化 ^[29]

植物提取物是选取植物全株或植物的根、茎、叶等原料，经过物理提取或化学加

工而得到的天然来源的活性成分。该活性成分具有抗氧化、抗癌、抗真菌、促生长、提高饲料利用率和改善畜产品品质等功效^[3]。此外，植物提取物还能合成次级代谢产物，如黄酮类，酚类，萜类和生物碱等^[2]。研究表明，这些次级代谢物具有抗氧化和抗炎的作用^[30]。因此，植物提取物被广泛的应用于医药、农业、化妆品和食品等领域^[31]。吴碧华等^[32]研究表明，甘草总黄酮具有抗癌、改善心血管功能等功能，推测这可能与其抗氧化作用有关。袁杨斌等^[33]研究表明，纯辣椒碱对 DPPH、超氧阴离子、羟自由基均具有良好的清除能力，且辣椒碱能够作为抗氧化剂用于畜牧业生产。甜叶菊作为重要的中草药和新型糖料作物，其富含糖苷类化合物、黄酮类化合物，具有抗氧化、降血压等多种功效^[34]。石矛等^[35]研究表明，黄芪甲苷对 DPPH、羟自由基均具有一定的清除能力。梁金月等^[36]研究表明，金银花多糖和多酚均具有一定的抗氧化作用，且金银花多酚的抗氧化能力在一定范围内强于维生素 C（VC）。植物提取物根据剂型的不同，可分为固态和液态两大类。固态制剂一般吸收和固定植物提取物，再将其加工成粉末状。液体剂型是通过对植物原料有效成分的提取和深加工而制备的水溶性或脂溶性产品。按照剂型功效，可分为营养强化剂、免疫促进剂、香味剂、防腐剂、生长促进剂和抗氧化剂等。在规模化养殖中，植物提取物常以干燥粉末、粗提物或精提物的形式进行添加。不同植物品种，由于其活性成分存在差异，且活性成分发挥的功能并不是单一的化合物，因此，植物提取物一般具有多种功能特性（如表 1-1）。

1.2.2 植物提取物的功能

1.2.2.1 促进生长

随着“禁抗”时代的到来，人们对天然植物作为添加剂的研究越来越多。研究表明，植物中含有许多天然活性成分对动物的生长具有积极的调节作用^[37]。在植物提取物的多种活性成分中，植物添加剂对动物的有益活性因总多酚浓度的不同而有所不同。在常见的一些植物提取物中，红山茱萸（ROD）提取物因其总多酚含量较高，因此，在抗氧化和改善动物生长方面表现出较强的促进能力^[38]。此外，Shyam Sundar Paul 等^[39]研究表明，在肉鸡中使用 0-2 周 1 g/kg 的海藻麒麟菜提取物可以作为抗生素生长促进剂的替代品，具有提高饲料效率和减少肠道病原体负荷的作用。Ambakisye P. Simtoe 等^[40]研究表明，在 2%和 3%的添加水平下，生姜和丁香提取物对斑节对虾表现出较强的促生长、增加存活率作用。

1.2.2.2 抗氧化

氧化应激是 ROS 的产生与抗氧化活性失衡的一种表现^[41]。当动物体受到各种有毒性的氧化物攻击时，机体内 ROS 的生成和清除就会出现失衡，从而引起机体的氧化应