

分类号

密级



华中农业大学

HUAZHONG AGRICULTURAL UNIVERSITY

# 学士学位论文

BACHELOR'S THESIS

百里香酚和肉桂醛对鸡蛋品质及肠道功能的影响

Effects of Thymol and Cinnamaldehyde on

Egg Quality and Intestinal Function

姓 名:  
NAME:

彭鑫阳  
PENGXINYANG

学 号:  
STUDENT NO.:

2017302210416

专 业:  
MAJOR:

动物科学  
ANIMAL SCIENCE

导 师:  
SUPERVISOR:

黄飞若 教授  
PROFESSOR HUANG FEIRUO

中国 武汉

WUHAN, CHINA

二〇二一年 六 月

JUNE, 2021



# 华中农业大学学士学位论文

## 百里香酚和肉桂醛对鸡蛋品质及肠道功能的影响 Effects of Thymol and Cinnamaldehyde on Egg Quality and Intestinal Function

姓 名：彭鑫阳

学 号：2017302210416

专 业 班 级：动物科学 1704

学 位 类 型：农学学士学位

指 导 教 师：黄飞若 教授

华中农业大学动科动医学院

中国·武汉




# 华中农业大学学位论文独创性声明及使用授权书

学位论文 是否保密	否	如需保密, 解密时间	年 月 日
--------------	---	------------	-------

## 独创性声明

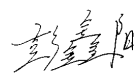
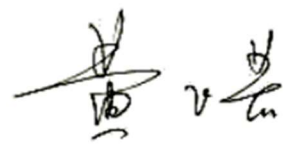
本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的  
研究成果。尽我所知, 除了文中特别加以标注和致谢的地方外, 论文中不包含其他  
人已经发表或撰写过的研究成果, 也不包含为获得华中农业大学或其他教育机构  
的学位或证书而使用过的材料, 指导教师对此进行了审定。与我一同工作的同志  
对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明, 并表示了谢意。

签 名:  时间: 2021 年 6 月 2 日

## 学位论文使用授权书

本人完全了解华中农业大学关于保存、使用学位论文的规定, 即学生必须按  
照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本; 学校有权保留提交论文的印刷版  
和电子版, 并提供目录检索和阅览服务, 可以采用影印、缩印或扫描等复制手段  
保存、汇编学位论文。本人同意华中农业大学可以用不同方式在不同媒体上发表、  
传播学位论文的全部或部分内容, 为存在馆际合作关系的兄弟高校用户提供文献  
传递和交换服务, 同时本人保留在其他媒体发表论文的权力。

注: 保密学位论文 (即涉及技术秘密、商业秘密或申请专利等潜在需要提交保  
密的论文) 在解密后适用于本授权书。

学位论文作者签名  导师签名: 

签名日期: 2021 年 6 月 2 日 签名日期: 2021 年 6 月 2 日



# 目录

摘 要 .....	i
Abstract .....	iii
缩略语表 .....	v
第一章 文献综述 .....	1
1 前言 .....	1
2 蛋鸡肠道健康 .....	1
2.1 肠道屏障 .....	1
2.2 肠道微生物 .....	2
3 植物精油在禽类营养中的作用 .....	3
3.1 植物精油的抗菌机理 .....	3
3.2 百里香酚和肉桂醛的具体应用 .....	3
3.2.1 百里香酚、肉桂醛的抗氧化作用 .....	4
3.2.2 百里香酚、肉桂醛对肠道形态及肠道微生物的影响 .....	4
4 鸡蛋品质 .....	4
4.1 植物精油对鸡蛋品质的影响 .....	4
5 研究的目的与意义 .....	5
第二章 材料与方法 .....	6
1. 试验材料 .....	6
2. 试验动物与试验设计 .....	6
3 试验日粮与饲养管理 .....	6
4 样品采集与指标测定 .....	7
4.1 生产性能 .....	7
4.2 鸡蛋品质 .....	7
4.3 血液指标 .....	8
4.4 肠道微生物区系 .....	8
4.5 数据处理与统计分析 .....	8
第三章 结果与分析 .....	9
1 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡生产性能的影响 .....	9
2 饲料添加植物精油预混料对鸡蛋品质的影响 .....	10
3 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡血液免疫指标的影响 .....	10
4 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡肠道微生物区系的影响 .....	11
第四章 讨论 .....	14
1 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡生产性能的影响 .....	14
2 饲料添加植物精油预混料对鸡蛋品质的影响 .....	14
3 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡血液免疫指标的影响 .....	15
4 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡肠道微生物区系的影响 .....	15
5 小结 .....	16
6 不足与展望 .....	16
参考文献 .....	17
致谢 .....	19









## 摘 要

在植物提取物替抗的大环境下,本实验旨在研究在日粮添加百里香酚和肉桂醛预混料对鸡蛋品质及肠道功能的影响。本研究随机选取体重相近、健康、采食正常的海兰褐蛋鸡 480 只,随机分为 4 组,每组 10 个重复,每个重复 12 只鸡。预饲养 7d,正试期从第 8 天开始,试验持续 6 周。对照组饲喂基础日粮,处理组分别在基础日粮中添加 200、400、600 mg/kg 百里香酚和肉桂醛预混料。

(1) 生产性能结果表明:相比于对照组,饲粮添加植物精油预混料对蛋鸡平均日采食量(ADFI)和平均日蛋重(ADFW)无显著影响( $P>0.05$ )。饲粮添加 600 mg/kg 的处理组蛋鸡产蛋率显著高于对照组和其他处理组( $P<0.05$ )。饲粮添加 600mg/kg 植物精油预混料的处理组蛋鸡的料蛋比(F/E)显著低于其他组( $P<0.05$ )。此外,200、400、600 mg/kg 植物精油预混料添加组的产蛋率无明显差异( $P>0.05$ ),但试验组较对照组有显著提升( $P<0.05$ )。

(2) 蛋品质测定结果表明:不同浓度的预混料添加量在蛋壳强度(ESS)和蛋壳厚度(EST)中没有显著差异( $P>0.05$ )。相比对照组,试验组蛋黄颜色(YC)、蛋白高度(AH)和哈氏单位(HF)明显提高( $P<0.05$ ),其中 600 mg/kg 组的 AH 和 HF 明显高于其他三组( $P<0.05$ )。200 mg/kg 预混料添加组和 400 mg/kg 预混料添加组之间 AH 和 HF 无显著性差异( $P>0.05$ )。同样,三个实验组中预混料添加量在 YC 方面无显著性差异( $P>0.05$ )。

(3) 血清生化指标结果表明:各组的血清免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)无明显差异( $P>0.05$ )。与对照组相比,植物精油预混料的添加明显降低 IL-2、IL-6、TNF- $\alpha$  的含量( $P<0.05$ )。试验组各组间的 TNF- $\alpha$  则无显著差异( $P>0.05$ )。

(4) 肠道微生物区系检测结果表明:在门的分类水平上,主要的几种菌门分别为变形菌门(Proteobacteria)、厚壁菌门(Firmicutes)、拟杆菌门(Bacteroidetes)和放线菌门(Actinobacteria)其中拟杆菌门(Bacteroidetes)在 600 mg/kg 组比例高于其他组( $P<0.05$ )。在属水平上,200 mg/kg 和 400 mg/kg 的预混料添加组降低了拟杆菌属和瑞克氏菌属的相对丰富度,但增加了链球菌属(*Streptococcus*),乳杆菌属(*Lactobacillus*),鲁米诺球菌属(*Ruminococcus*),杆菌属(*Phascolarctobacterium*)和费氏杆菌属(*Faecalibacterium*)的相对丰度。

综上所述,在饲粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料,能够提高蛋鸡的生产性

能、蛋品质，促进乳酸菌等益生菌的优势生长并抑制大肠杆菌和沙门氏菌的生长，并改善肠道微生物区系。饲粮中的植物精油预混料的最适添加量为 600 mg/kg。

**关键词：**植物精油；蛋品质；肠道微生物；蛋鸡

## Abstract

In the context of plant extracts, this experiment was conducted to investigate the effects of thymol and cinnamaldehyde premix on egg quality and intestinal function. A total of 480 50-week-old healthy laying hens with similar body weight and normal diet were randomly divided into 4 treatments with 10 replicates per treatment and 12 hens per replicate. The pre-trial period lasted for 7 days and the experimental period lasted for 6 weeks. Piglets in the control group (group A) were fed A conventional basal diet, and the others in the experimental groups (groups B, C and D) were fed the basal diet supplemented with 200, 400 and 600 mg/kg thymol and cinnamaldehyde premix. The main results shows as follows:

(1) Performance results showed as follows: compared with the control group, dietary premix of plant essential oil had no significant effects on average daily feed intake (ADFI) and average daily egg weight (ADFW) of laying hens ( $P>0.05$ ). The laying rate of laying hens in diet supplemented with 600 mg/kg group was significantly higher than that in control group and other treatment groups ( $P<0.05$ ). The feed to egg ratio (F/E) of laying hens in the treatment group supplemented with 600mg/kg plant essential oil premix was significantly lower than that in the other groups ( $P<0.05$ ), but there was a significant increase in the experimental group compared with the control group.

(2) The results of egg quality determination showed that there was no significant difference in eggshell strength (ESS) and eggshell thickness (EST) among different premix supplemental levels ( $P>0.05$ ). Compared with the control group, yolk color (YC), albumen height (AH) and Haf unit (HF) in experimental groups were significantly increased (PAH and HF in 600mg/kg group were significantly higher than those in the other three groups ( $P>0.05$ )). Similarly, there was no significant difference in YC between the three experimental groups in the amount of premix added ( $P>0.05$ ).

(3) The results of serum biochemical indexes showed that there was no

significant difference in serum immunoglobulin (IgA, IgG, IgM) among all groups ( $P > 0.05$ ). Compared with the control group, the supplementation of plant essential oil premix significantly decreased the contents of IL-2, IL-6 and TNF- $\alpha$  ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in TNF- $\alpha$  among experimental groups ( $P > 0.05$ ).

(4) 16s rRNA high-throughput sequencing results showed that: at the level of phyla classification, the main phyla are Proteobacteria, Firmicutes, Bacteroidetes and Actinobacteria. (Actinobacteria) Among them, the proportion of Bacteroidetes in the 600mg/kg group was higher than that in the other groups ( $P < 0.05$ ). At the genus level, the 200mg/kg and 400mg/kg premix addition groups reduced the relative abundance of Bacteroides and Rickelia, but increased Streptococcus and Lactobacillus , The relative abundance of Ruminococcus, Phascolarctobacterium and Faecalibacterium.

In conclusion, dietary thymol and cinnamaldehyde premix can improve performance, egg quality, promote the dominant growth of lactic acid bacteria and other probiotics, inhibit the growth of Escherichia coli and Salmonella, and improve intestinal microflora of laying hens. The optimal supplemental amount of plant essential oil premix in the diet was 600 mg/kg.

**Key words:** Plant essential oil; Egg quality; Intestinal microbiota; Layer

缩略语表

缩写 Abbr.	英文名称 English name	中文名称 Chinese name
ADFI	Average daily feed intake	平均日采食量
ADEW	Average daily egg weight	平均日蛋重
AH	Albumen height	蛋白高度
EST	Egg shell thickness	蛋壳厚度
F/E	Feed/egg weight ratio	料蛋比
HU	Haugh unit	哈氏单位
Ig	Immunoglobulin	免疫球蛋白
IL	Interleukin	白介素
OTUs	Operational taxonomic units	操作分类单元
PCA	Principal component analysis	主成分分析
QIIME	Quantitative Insights Into Microbial Ecology	微生物定量分析
TNF- $\alpha$	Tumor necrosis factor- $\alpha$	肿瘤坏死因子- $\alpha$
YC	Yolk color	蛋黄颜色





# 第一章 文献综述

## 1 前言

在我国畜牧业发展过程中,自 2016 年起响应世界范围的减抗禁抗环境号召,正逐步减少抗生素的使用,到 2020 年 7 月全面禁止抗生素使用。相较于传统抗生素的细菌耐药性、食物链富集、食品安全等问题,抗生素的替代品植物提取物,即植物精油有着营养免疫作用、抑菌作用、抗氧化作用(段苏虎 2019)。在无抗饲养环境中,寻找到合适水平且效果优良的植物精油,已经成为各大科研机构的重点研究方向。

肠道是营养物质吸收和抵御外来病原的重要部位,所以在优化肠道功能和保障肠道健康等方面有优良功能的植物精油会是更好的替抗添加物质。大量研究表明,肠道健康受肠道屏障和肠道微生物稳态影响较大,因此植物精油对这两方面的作用就显得尤为关键(董信阳 2013)。

另一方面,鸡蛋品质受肠道健康影响较大,在健全的肠道环境和营养水平下,在饲料中添加植物精油不但对有害菌有着抑制作用,减少营养物质损耗,还能提升有益作用提高生产性能。百里香酚和肉桂醛做为应用最为广泛的植物提取物,在畜禽养殖中也有着优秀的应用前景。两者混合后加入饲料有着提高食欲促消化、抗菌性能优良的作用(扶雄锋 2018)。

因此,本次试验旨在通过体外试验和体内试验结合来探究复合植物精油在饲料中最适添加水平及添加后对蛋鸡生产性能、鸡蛋品质、血清生化指标和肠道微生物区系的影响,为蛋鸡生产提供理论依据。

## 2 蛋鸡肠道健康

蛋鸡只有保持良好的肠道健康,采食欲望强烈,才能保证机体抗病能力强,且保证较低的料肉比、料蛋比以提高饲料报酬。肠道健康建立在完整的肠道屏障和处于稳态的肠道菌群上。家禽肠道结构包括小肠、大肠和盲肠(宫榕 2018)。

### 2.1 肠道屏障

肠道壁分为四个层次,最内侧为黏膜层,主要负责消化、吸收和免疫等生理功能,肠绒毛构成了肠黏膜的表面,且肠腔一侧绒毛上又排列着整齐排列着数百上千条微绒毛,向外还有粘膜下层,肌肉层和浆膜层,这些构成了肠道粘膜系统

（葛中东 2016）。肠道屏障从粘膜层至肠腔可分为机械屏障、化学屏障、免疫屏障和微生物屏障（韩旭 2015）。

机械屏障由排列整齐的肠上皮细胞及紧密连接组成。不但能阻止外来抗原进入机体血液循环，还有维持上皮细胞完整、调控上皮细胞分化等功能（贺强 2015）。化学屏障则由肠黏膜上皮细胞分泌的黏液和肠腔中多种功能物质所组成。而免疫屏障包括免疫细胞等功能性细胞及分泌物（梁赛赛 2018）。黏液层是肠道内微生物定植、生长、增殖的场所，而这构成了机体的微生物屏障，属于一种肠道共生菌与宿主的微空间机构形成的微生态系统。这四种屏障共同构成了肠道屏障，对肠道内的有害物质进行筛选过滤，阻止外来有害化合物与病原体的入侵（王孟春 2018）。

## 2.2 肠道微生物

肠道微生物的功能主要在于参与营养物质的消化吸收，同时也能够作用于肠上皮细胞，参与肠道屏障的抗原清除过程。肠道微生物系统在形成后会趋向稳态，以拟态杆菌和乳酸菌为优势菌，占比高达 99%。微生物菌群间在稳态状态下会维持在一个相对的比例和数量。所以培养肠道内共生菌群的竞争优势，则是保证肠道微生物稳态的关键。一旦改变饲料水平、饲养环境等外界环节，都有可能对肠道菌群的稳态产生较大影响，进而增加罹患肠胃疾病的风险，造成经济损失（段苏虎 2019）。

表 1-1 鸡肠道菌群中的优势菌群和细菌种群

胃肠段	动物门	属
小肠	厚壁菌属	假丝酵母菌, 梭状芽孢杆菌, 乳酸菌, 瘤胃球菌
	变形杆菌	肠球菌 , 大肠杆菌
盲肠	拟杆菌属	拟杆菌属
	变形杆菌	大肠杆菌属
	古细菌	甲烷杆菌
大肠	厚壁菌属	乳酸菌
	变形杆菌	大肠杆菌

### 3 植物精油在禽类营养中的作用

植物精油来源于植物中提取的活性成分，大多数为芳香物质。由于植物精油的杀菌抑菌作用和特殊香味，也常被用于食品保鲜、化妆品等行业。研究表明，精油有着调节饲料风味以提升采食量，抗菌除菌作用优良等功效（雷凯 2018）。

表 1-2.常用饲用天然植物的主要成分与作用

来源（使用部分）	主要成分	作用
牛至（叶）	香芹酚、百里香酚	杀菌、增强免疫力、诱食、抗氧化
肉桂（皮）	肉桂醛	提高食欲和促消化，抗菌
丁香（干花蕊）	丁香酚	提高食欲和促消化，抗菌
芫荽（叶、种子）	芳樟醇	促消化
八角茴香（果）	茴香脑	促消化
大蒜	大蒜素	促消化，抗菌
迷迭香	叶桉精油	促消化、抗菌、抗氧化剂
百里香（草）	麝香草酚	促消化、抗菌、抗氧化剂
贤者（叶）	桉油精	促消化、抗菌
薄荷（叶）	薄荷	提高食欲和促消化，抗菌

#### 3.1 植物精油的抗菌机理

植物精油能够破坏菌体细胞膜的完整性，并使其通透性增加，最终达到抑制菌体生长的目的（周明 2016）。大多数植物精油的抗菌活性来源于酚类化合物（徐静 2020）。植物精油作为一类疏水化合物，易于穿透肽聚糖为主要成分的细胞壁，继而对细胞膜和胞内物质产生影响。因细胞壁成分的不同，精油的穿透性也不一样，故精油对 G-细菌的影响效果小于 G+细菌。根据相关研究可知，牛至和肉桂的抗菌作用最强，对各类微生物都有较强的综合抑菌作用。故选取牛至中提取的百里香酚和肉桂中提取的肉桂醛作为研究对象。

#### 3.2 百里香酚和肉桂醛的具体应用

百里香酚天然存在于百里香草、麝香草等植物中，肉桂醛天然存在于肉桂等植物中，都是研究颇为广泛的植物精油。百里香酚有重要的抗细菌、抗真菌作用，

还有抗炎症和防止血栓的作用（张显东 2017）。肉桂醛除了抗细菌真菌作用外，还有抗肿瘤、增强免疫、抗溃疡、增强胃肠道运动的作用，因其杀虫效果显著，也在杀虫剂制作方面有所应用。故选用百里香酚和肉桂醛混入日粮中，不但对肠道健康有积极影响，还能够同时解决饲料质保问题，减少饲料中的杂菌滋生。

### 3.2.1 百里香酚、肉桂醛的抗氧化作用

研究表明，百里香酚等酚类物质具有抗氧化作用（Panda 2009）。Reshadi 等（2020）使用牛至精油喂养蛋鸡，发现牛至精油组的总抗氧化能力最高（Reshadi et al 2020），说明饲喂精油后，蛋鸡的抗氧化能力得到提升。有研究表明，牛至精油中的抗氧化成分通过饲料转移至蛋黄中，提升了鸡蛋的抗氧化能力（Botsoglou et al 2005），进而改善了鸡蛋品质。

### 3.2.2 百里香酚、肉桂醛对肠道形态及肠道微生物的影响

肠道中的致病菌数量影响着肠上皮细胞的再生能力，因此，精油的抑菌效果也能提高肠道的消化吸收能力（王光富 2020）。有研究表明，饲喂精油混合物，断奶仔猪的回肠菌群数量减少，且乳杆菌比例增加。这说明百里香酚等精油作为替抗添加剂，能够很好的对肠道菌群进行调控。此外，百里香酚还可抑制有害菌的增殖，如减少肠道有害菌大肠杆菌的数量。这些研究无疑都表明百里香酚和肉桂醛对肠道具有良好的保护作用和抑菌效果（Paul et al 2007）。

## 4 鸡蛋品质

一般来说，蛋品质的评估与蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋白高度、蛋黄颜色和哈氏单位这五个参数的变化有及其紧密的联系。蛋壳强度为外在质量，反映了蛋壳的品质，与蛋鸡饲料钙磷摄入有着密切关系。蛋壳厚度则与品种、产蛋季节等都有较大关系，也是反映蛋壳质量的重要参数。蛋白高度、蛋黄颜色和哈氏单位都是反映蛋品质内在质量的反映。除开饲养方式，蛋鸡种类等，对鸡蛋品质影响较大的就是饲料中的添加剂的因素（Partanen et al 2001）。

### 4.1 植物精油对鸡蛋品质的影响

在生产中，蛋鸡的生产性能不仅被饲料所影响，还会受到肠道健康和消化吸收能力的影响（Torki et al 2018）。蛋鸡产蛋初期，只有充足的营养供给，才能让生产能力有所保证，随着产蛋量增加，对营养物质的需求也进一步增加。因此，

蛋鸡的营养供应不足会极大降低蛋鸡的蛋品质以及产蛋期间的生产性能。此外，蛋鸡易受内外环境因素的影响而发生应激反应，而应激也会导致蛋鸡生产性能下降，免疫机能降低。

## 5 研究的目的是与意义

研究中发现，在饲料日粮中添加植物提取物能够有效改善蛋鸡肠道功能，并进一步影响产蛋量和鸡蛋质量。本次实验选择在日粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料来改善鸡蛋品质与肠道功能，并筛选出适宜的百里香酚与肉桂醛添加水平，为百里香酚与肉桂醛预混料在蛋鸡养殖中的应用提供试验数据支持和理论支撑。

## 第二章 材料与方法

### 1. 试验材料

百里香酚和肉桂醛 1:1 预混料；标准基础饲料。

### 2. 试验动物与试验设计

选取健康状况良好、体重相近且采食正常的海兰褐蛋鸡 480 只，随机分为 4 组（A、B、C、D），每组 10 个重复，每个重复 12 只。预饲养 7d，开始正式试验，试验持续 6 周。预饲养期间筛除表现较差蛋鸡，试验期间将每组死亡率控制在 1.6% 以下（即每组死亡不多于两只）。对照组（A）饲料不做处理，实验组（B、C、D）饲喂加入不同浓度预混料日粮，至试验结束。试验处理如表 2-1。

表 2-1 试验处理

组别	饲料处理
A 组（120 只）	基础日粮
B 组（120 只）	200 mg/kg 预混料
C 组（120 只）	400 mg/kg 预混料
D 组（120 只）	600 mg/kg 预混料

### 3 试验日粮与饲养管理

试验在湖北省荆门市沙洋县伟伟养殖场进行，场区内所有蛋鸡均采用层叠式笼养，四个组共同饲养于一栋鸡舍，鸡舍条件均一致，采用控温风机纵向负压通风，饮水采用乳头式饮水器。生产管理措施一致，防疫及免疫程序按照公司程序进行。蛋鸡分别按试验设计饲喂饲料，自由采食和饮水，每日光照时间为 16 小时。试验期间蛋鸡所饲喂的基础饲料组成营养水平见表 2-2。

表 2-2 基础饲料组成及营养水平（风干基础）

Table 2-2 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)

原料 Ingredients	%	营养水平 Nutrient levels	
玉米 Corn	64.66	ME (MJ/kg)	11.42
大豆油 Soybean meal	20.80	CP,%	16.79
花生粉 Peanut meal	3.00	Ca,%	3.08
玉米蛋白粉	2.00	AP,%	0.35
Corn gluten powder			
大豆油	0.17	Lys,%	0.86
Soybean oil			
石粉 Limestone	8.00	Met,%	0.34
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.80	Met + Cys,%	0.66
氯化钠 NaCl	0.20	Thr,%	0.79
氯化胆碱	0.10		
Choline chloride			
植酸酶	0.05		
Phytase			

## 4 样品采集与指标测定

### 4.1 生产性能

试验从 21 周龄开始，每天上午 9:00 记录产蛋数，对相应的饲料进行称重，计算每天消耗的饲料重量。记录并测量蛋数、蛋重，统计日产蛋重(DEW)、平均蛋重(AEW)、平均日采食量等生产性能相关指标。

计算公式如下：

日产蛋重 DEW(g/d)=平均每日总蛋重/鸡数；

平均蛋重 AEW(g/egg)=平均每日总蛋重/总蛋数；

平均日采食量 ADFI(g/hen/d)=每日消耗饲料总量/鸡数；

产蛋率 LR(%)=(平均每日总蛋数/鸡数)×100%；

料蛋比 F/E=采食量/产蛋重。

### 4.2 鸡蛋品质

蛋品质测定：在试验期第 6 周结束后，先用蛋壳厚度测定仪 ETG-1601A 测定蛋壳的厚度，然后用蛋壳强度测定仪测定，得出相应数据并记录，然后使用多功能蛋品品质测定仪检测，对蛋白高度、蛋黄颜色、哈氏单位三种指标进行数据记录。

### 4.3 血液指标

采血，分装，低温保藏。试剂盒检测相关血液生化指标。

### 4.4 肠道微生物区系

使用 16S 测序方法检测肠道微生物区系。具体方法参照文献（刑爽 2020）

### 4.5 数据处理与统计分析

运用 Excel2016 整理所有试验数据，所有数据均采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计分析。试验数据采用单因素方差分析，Duncan 氏法进行多重比较， $P < 0.05$  表示差异显著， $P > 0.05$  表示差异不显著。



### 第三章 结果与分析

#### 1 饲粮添加植物精油预混料对蛋鸡生产性能的影响

如表 3-1 所示：不同水平预混料组中平均日采食量和平均日蛋重无显著差异（ $P > 0.05$ ）。但 600 mg/kg 植物精油预混料添加组中蛋鸡的产蛋率显著高于其他各组（ $P < 0.05$ ）。600 mg/kg 饲粮添加组的 F/E 显著低于其他各组（ $P < 0.05$ ）。此外，与对照组相比，200、400、600 mg/kg 植物精油预混料添加增加了产蛋率，但三个处理组间无显著差异（ $P < 0.05$ ）。

表 3-1 饲粮预混料添加对蛋鸡生产性能的影响

Table3-1.Effects of dietary premix supplementation on performance of laying hens

项目 Items	预混料水平 mg/kg				SEM	P-value
	对照组	200	400	600		
日采食量 ADFI, g	121.6	122.5	124.7	120.6	0.24	0.912
平均日蛋重 ADEW, g	55.3	55.6	55.4	58.8	0.01	0.741
料蛋比 F/E	2.12 <sup>b</sup>	2.13 <sup>b</sup>	2.14 <sup>b</sup>	2.08 <sup>a</sup>	0.16	0.95
产蛋率 Laying rate, %	91	93.5	94.6	96.4	0.33	0.863

注：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（ $P > 0.05$ ）。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 2 饲粮添加植物精油预混料对鸡蛋品质的影响

如表 3-2 所示，不同水平的预混料添加组中，蛋壳强度和蛋壳厚度无显著差异（ $P > 0.05$ ）。但相对对照组，预混料添加显著增加了蛋鸡中鸡蛋的蛋白高度 AH、蛋黄颜色 YC 和哈氏单位 HU（ $P < 0.05$ ）。且 600 mg/kg 预混料添加组中蛋白高度处于最大值（ $P < 0.05$ ）；而三个试验组间的蛋黄颜色无明显差异（ $P > 0.05$ ）。200 mg/kg 预混料组和 400 mg/kg 预混料组在蛋白高度上无明显差异（ $P > 0.05$ ）。

表 3-2 饲粮预混料对鸡蛋品质的影响

Table 3-2 Effect of dietary premix on egg quality

项目 Items	预混料水平 mg/kg				SEM	P-value
	对照组	200	400	600		
蛋壳强度 ESS, Pa	5.21	5.48	5.64	5.73	0.14	0.360
蛋壳厚度 EST, mm	0.36	0.39	0.37	0.38	0.01	0.147
蛋白高度 AH, mm	5.04 <sup>c</sup>	5.42 <sup>b</sup>	5.51 <sup>b</sup>	5.85 <sup>a</sup>	0.15	0.025
蛋黄颜色 YC	4.68 <sup>b</sup>	5.36 <sup>a</sup>	5.62 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	0.23	0.0026
哈氏单位 HU	62.66 <sup>c</sup>	65.83 <sup>b</sup>	64.61 <sup>b</sup>	69.20 <sup>a</sup>	0.82	0.0031

注：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（ $P > 0.05$ ）。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 3 饲粮添加植物精油预混料对蛋鸡血液免疫指标的影响

如表 3-3 可知，血清免疫球蛋白（IgA、IgG、IgM）在对照组和处理组间无明显差异（ $P > 0.05$ ）。但预混料添加组显著降低 IL-2、IL-6、TNF- $\alpha$  的含量（ $P < 0.05$ ）。200 mg/kg 和 400 mg/kg 预混料组血清中 IL-6 和 IL-2 含量显著低于 600

mg/kg 预混料组 ( $P < 0.05$ )。试验组各组间的 TNF- $\alpha$  则无显著差异 ( $P > 0.05$ )。总体而言, 在饲料中添加植物精油预混料对蛋鸡血液生化指标有改善作用。

表 3-3 饲料预混料对蛋鸡血液生化指标的影响

Table 3-3 Effect of dietary premix biochemical index in blood of layer

项目 Items	预混料水平 mg/kg				SEM	P-value
	对照组	200	400	600		
IgA, $\mu\text{g/mL}$	231.12	248.57	245.62	255.24	19.24	0.252
IgG, $\mu\text{g/mL}$	2241.25	2462.14	2481.28	2635.48	53.21	0.167
IgM, $\mu\text{g/mL}$	828.31	967.42	1034.52	1142.57	26.25	0.141
IL-2, pg/mL	240.7 <sup>a</sup>	198.7 <sup>b</sup>	140.5 <sup>c</sup>	150.4 <sup>c</sup>	9.14	0.0075
IL-6, pg/mL	170.18 <sup>a</sup>	134.32 <sup>b</sup>	108.15 <sup>c</sup>	92.15 <sup>c</sup>	8.86	0.0056
TNF- $\alpha$ , pg/mL	83.62 <sup>a</sup>	48.81 <sup>b</sup>	42.79 <sup>b</sup>	28.54 <sup>b</sup>	6.28	0.00036

注: 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 ( $P > 0.05$ )。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

## 4 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡肠道微生物区系的影响

从图 3-1 和图 3-2 中可以看出不同物种在样品中所占比例, 在门的分类水平上, 主要的几种菌门分别为变形菌门 (Proteobacteria)、厚壁菌门 (Firmicutes)、拟杆菌门 (Bacteroidetes) 和放线菌门 (Actinobacteria)。在属水平上, 200 mg/kg 和 400 mg/kg 的预混料添加组降低了拟杆菌属和瑞克氏菌属的相对丰富度, 但增加了链球菌属 (*Streptococcus*), 乳杆菌属 (*Lactobacillus*), 鲁米诺球菌属 (*Ruminococcus*), 杆菌属 (*Phascolarctobacterium*) 和费氏杆菌属 (*Faecalibacterium*) 的相对丰度。

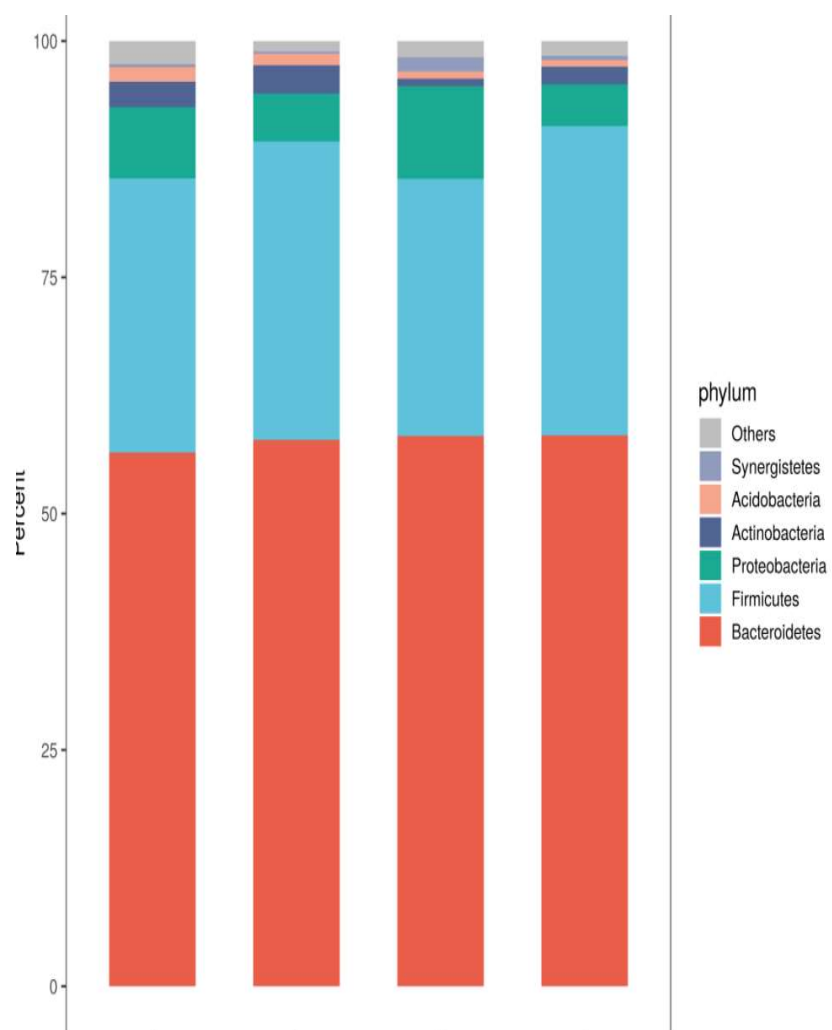


图 3-1：饲料添加不同浓度植物精油预混料的盲肠微生物物种 profiling 柱状图（门水平）

Figure3-1:Add Cecal microorganism species of premix plant essential oils of different concentrations microorganisms profiling histogram (Phylum)

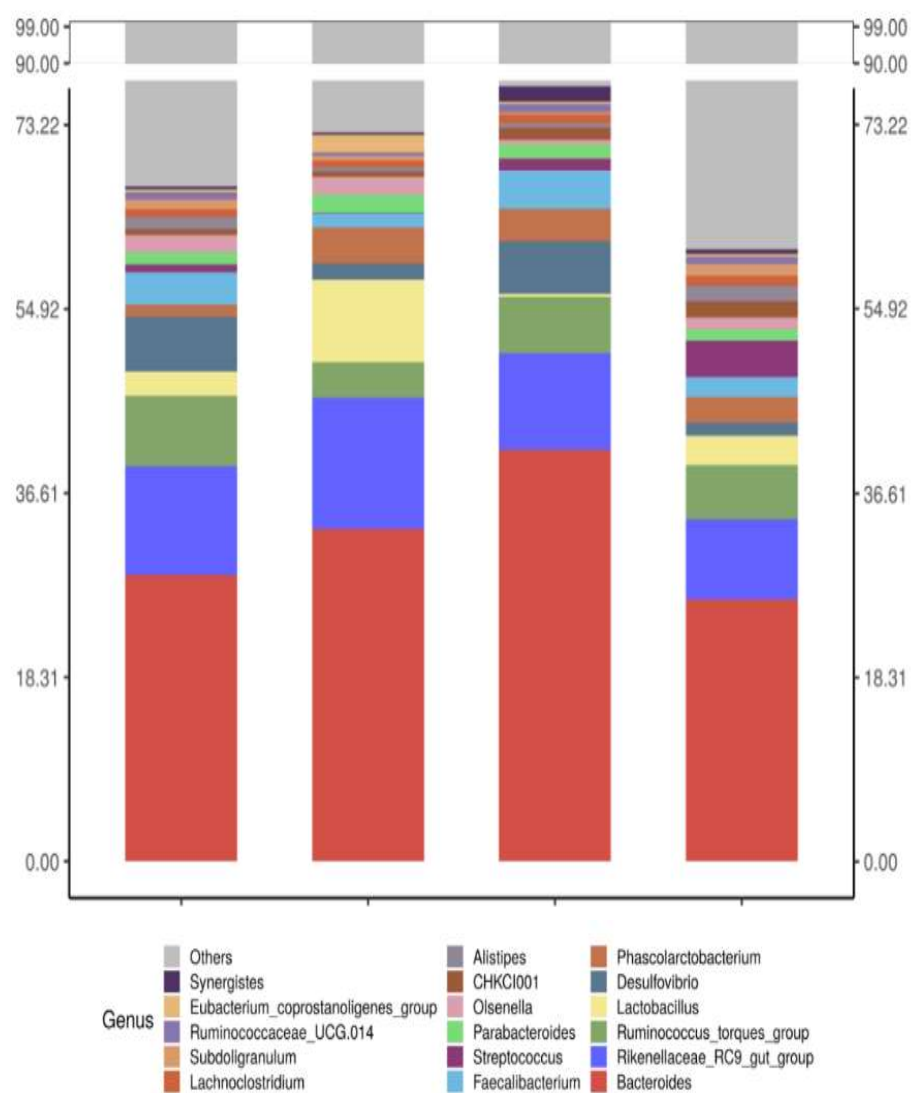


图 3-2 饲料添加不同浓度植物精油预混料的盲肠微生物物种 profiling 柱状图（属水平）

Figure3-2 Add Cecal microorganism species of premix plant essential oils of different concentrations microorganisms profiling histogram (Genus)

## 第四章 讨论

### 1 饲料添加植物精油预混料对蛋鸡生产性能的影响

研究显示,百里香酚具有强烈的抗氧化、抗菌作用,并对蛋鸡生产中常见的热应激等生产问题具有一定的改善作用(Torki et al 2018)。肉桂醛作为一种功能性营养添加剂,也具有抗菌、抗肿瘤、提高机体免疫机能等作用(王孟春 2018)。目前,二者均已被广泛应用于家禽、猪等动物的生产中。周明等研究表明,肉桂醛添加量为 600 mg/kg 时,可显著改善仔猪的腹泻,提高仔猪的免疫机能,改善氧化应激,促进仔猪健康(周明 2016)。王光富研究显示日粮中添加百里香酚,可显著提高蛋鸡的鸡蛋品质,增加饲料转化率,并改善蛋鸡的热应激,提高肉鸡的抗氧化功能(王光富 2018)。本研究显示,日粮添加不同水平的植物精油预混料对平均日采食量和平均日蛋重无显著影响,这说明肉桂醛和百里香酚的植物精油预混料对蛋鸡的适口性无影响,对蛋鸡的生长无不利作用,且植物精油预混料添加显著增加了蛋鸡的产蛋率,显著降低了料蛋比。其中 600 mg/kg 添加效果最好。这与以上前人的相关研究结果一致。因此,我们推测植物精油预混料可能是通过改善蛋鸡的健康和代谢来产生作用。

### 2 饲料添加植物精油预混料对鸡蛋品质的影响

蛋壳厚度、蛋壳强度、哈氏单位等参数反应了蛋壳品质。蛋黄颜色与鸡蛋品质紧密相关。在蛋鸡生产期间,蛋鸡通过合成类胡萝卜素等脂溶性色素逐渐沉积到受精卵中,并最终沉积到蛋黄中形成蛋黄颜色。蛋黄颜色的深浅与类胡萝卜素的含量紧密相关。类胡萝卜素具有强烈的抗氧化功能,而不饱和脂肪酸可抑制其抗氧化作用,减少蛋黄的色素沉积(段苏虎 2019)。刘艳利等(2015)研究表明,日粮添加有机酸对蛋壳厚度和哈氏单位无显著影响。而 Bozkurt 等(2012)本研究表明,日粮中添加植物精油不影响 22-58 周龄蛋鸡蛋品质。本研究中试验结果表明蛋鸡日粮添加不同浓度的预混料对蛋壳强度和蛋壳厚度均无显著影响。我们推测这可能是由于植物精油预混料添加与蛋鸡的产蛋阶段有关。但蛋鸡日粮添加预混料显著增加了鸡蛋的蛋白高度 AH、蛋黄颜色 YC 和哈氏单位 HU,且添加 600 mg/kg 预混料蛋白高度显著高于其他三组。蛋白高度和哈氏单位是反应鸡蛋新鲜程度的重要参数,这说明植物精油预混料添加可减少鸡蛋存放过程中的

水解作用，增加鸡蛋蛋白厚度。此外，研究显示，日粮添加植物精油可促进蛋鸡对钙的吸收（段苏虎 2019），提高血钙浓度，增加脂蛋白含量，而脂蛋白具有输送各类胡萝卜素的功能，促进类胡萝卜素的色素沉积，这可能是饲粮添加植物精油预混料增加蛋黄颜色的原因。

### 3 饲粮添加植物精油预混料对蛋鸡血液免疫指标的影响

调节体内免疫球蛋白含量是家禽参与体液免疫的主要形式，本试验结果中各组的血清免疫球蛋白（IgA、IgG、IgM）无明显差异，但均存在上升的趋势。这与梁赛赛（2018）的报道一致，相比对照组，在饲粮中分别添加有机酸、植物精油，蛋鸡的免疫球蛋白含量无显著差异（梁赛赛 2018）。本试验研究结果表明，饲粮中添加植物精油预混料对血清免疫球蛋白（IgA、IgG、IgM）无显著影响。因此我们推测植物精油预混料添加可能对体液免疫功能影响较小。细胞因子是机体免疫细胞分泌的活性蛋白，参与调节免疫细胞的激活、分裂和分化，从分子水平上协调机体的免疫能力。其中 IL-2、IL-6 是由活化的 T 细胞产生的淋巴因子，故常常用白细胞介素的水平来衡量 T 细胞的活跃程度。IL-2、IL-6 能使 B 细胞前体成为产生抗体的细胞。本试验研究结果表明，与对照组相比，添加预混料组别明显降低 IL-2、IL-6、TNF- $\alpha$  的含量。200 mg/kg 和 400 mg/kg 预混料组血清中 IL-6 和 IL-2 含量显著低于 600 mg/kg 预混料组。这说明植物精油预混料添加可通过促进蛋鸡的免疫机能来产生作用。

### 4 饲粮添加植物精油预混料对蛋鸡肠道微生物区系的影响

肠道作为机体的重要器官，在营养物质消化吸收和对病原的免疫抵抗方面扮演重要作用。肠道微生物作为肠道的重要调节物质，对肠道屏障有天然的保护作用，可减少外来病原体的侵害，抑制有害菌的增殖。向动物日粮中添加植物精油等功能性营养添加剂可改善肠道菌群结构，提高机体免疫机能。本研究结果表明，饲粮添加 600 mg/kg 植物精油预混料可显著增加拟杆菌门（Bacteroidetes）。在属水平上，200 mg/kg 和 400 mg/kg 的预混料添加组降低了拟杆菌属和瑞克氏菌属的相对丰富度，但增加了链球菌属（*Streptococcus*），乳杆菌属（*Lactobacillus*），鲁米诺球菌属（*Ruminococcus*），杆菌属（*Phascolarctobacterium*）和费氏杆菌属（*Faecalibacterium*）的相对丰度。结合前面免疫机能相关指标，我们推测饲粮添加植物精油预混料改变了肠道微生物区系结构，提高了有益菌的数量，从而

提高了蛋鸡的免疫机能。

## 5 小结

饲粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料，对生产性能起改善作用；

饲粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料，通过提高蛋壳厚度与蛋壳强度等指标，改善了鸡蛋品质；

饲粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料，促进了蛋鸡免疫机能；

饲粮中添加百里香酚和肉桂醛预混料，改善了肠道微生物区系。

## 6 不足与展望

本试验采取三个梯度对不同浓度百里香酚和肉桂醛预混料的添加剂量进行试验，仅获得日粮中预混料的添加对各项指标有改善效果，最适添加剂量仍需进一步试验得出。



## 参考文献

1. 段苏虎. 日粮添加紫苏籽和亚麻油对芦花鸡蛋黄中不饱和脂肪酸含量及蛋品质的影响. 天津农学院, 2019
2. 董信阳, 阿扎姆, 邹晓庭. 高温高湿条件下日粮中添加苏氨酸对蛋鸡生产性能和免疫功能的影响. 中国畜牧兽医学会家禽学分会第九次代表会议暨第十六次全国禽学术讨论会论文集. 2013
3. 扶雄锋. 植物精油对断奶仔猪生产性能, 肠道菌群及其代谢影响的研究. 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. 2018
4. 宫榕. 蒙脱石和百里香酚对蛋鸡生产性能, 抗氧化和肠道健康的影响. 浙江大学, 2018
5. 葛中东. 饮水型酸化剂敖众优健在肉鸡生产中的应用. 养禽与禽病防治, 2016, 2:14-18
6. 韩旭. 牛至油对蛋鸡肠道消化吸收功能影响的研究[D]. 黑龙江八一农垦大学, 2013
7. 贺强, 丁阳, 袁超, 李俊明, 严华祥, 邹晓庭. 饲料色氨酸水平对新杨绿壳蛋鸡生产性能, 蛋品质及血清生化指标的影响. 动物营养学报, 2015, 27: 2388-2395
8. 梁赛赛. 精油和有机酸及其包被复合物对蛋鸡生产性能和肠道功能的影响. 西北农林科技大学, 2018
9. 雷凯. 地衣芽孢杆菌对蛋鸡生产性能的影响及机理研究[D]. 浙江大学, 2018
10. 王孟春. 肉桂醛和牛至油在肉仔鸡中应用效果的研究[D]. 安徽农业大学, 2018
11. 王光富. 植物精油和有机酸对蛋鸡生产性能、蛋品质及肠道健康的影响[D]. 西北农林科技大学, 2018
12. 徐静、陈一凡、王德贺、刘雪露、张鹤、张子儒、刘萌、周荣艳、张世龙、许利军、朱亚昊、陈辉. 大蒜精油对 0~4 周龄蛋雏鸡生长性能, 肠道组织形态, 免疫机能和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32 (12): 201-208
13. 周明, 王恩典, 汪炳红, 陈征义, 邹应龙, 申书婷, 何冰, 丁华林. 肉桂醛

- 替代保育猪饲料中金霉素和杆菌肽锌[J]. 动物营养学报, 2016, 28 (07) : 2106-2112
14. 张显东. 香芹酚和百里香酚的作用机理及其在单胃动物中的应用研究进展. 中国畜牧杂志, 2017, 53 (011) : 25-30
15. Panda A K, Rao S V R, Rajendranagar, Hyderabad,India. Effect of Butyric Acid on Performance, Gastrointestinal Tract Health and Carcass Characteristics in Broiler Chickens. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2009, 1026-1031
16. Partanen K, Jalava T, Valaja J, Perttil S, Siljander-Rasi H,Lindeberg H. Effect of dietary carbadox or formic acid and fibre level on ileal and faecal nutrient digestibility and microbial metabolite concentrations in ileal digesta of the pig. *Animal Feed Science & Technology*, 2001, 137-155
17. Partanen K H,Mroz Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*, 1999, 117-145
18. Paul S K, Gobinda H, Mondal M K,Gautam S. Effect of Organic Acid Salt on the Performance and Gut Health of Broiler Chicken. *Journal of Poultry Science*, 2007, 389-395
19. Pearlin V B, Muthuvel S, Govindasamy P, Villavan M, Alagawany M, Farag M, Dhama K,M G. Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(2)
- 20.Torki M, Sedgh-Gooya S, Mohammadi H. Effects of adding essential oils of rosemary, dill and chicory extract to diets on performance, egg quality and some blood parameters of laying hens subjected to heat stress[J]. *Journal of Applied Animal Research*, 2018, 1118-1126

## 致谢

随着毕业论文的终稿敲定，在华中农业大学四年的学习生涯也将告一段落。本文是在导师黄飞若教授的悉心指导下完成的。从选题、开题再到设计实验、中期结果讨论、后期试验方向以至于最后的试验结果分析，黄老师都事无巨细的亲自指导，无不提现黄老师对我的关心与帮助。不单是试验方面，在人生的方向选择和如何解决平常心理焦虑等问题上，黄老师也是我的明灯一盏为我指路前行。我相信在未来的学习生活中，思考处理问题时，我都会被黄老师的言传身教所影响，最终成为一个如他一般严谨的人。

同时还要感谢黄飞若老师课题组的各位学长学姐，在我的试验进程中为我提出宝贵的意见和建议，感谢张黎师兄、张政师兄和夏军师兄为我开展、设计试验，撰写论文方面提供的帮助，感谢郭宝印师兄、金泰民师兄、温淑师姐、闫艳霞师姐对我在实验室学习时提供的帮助与指导。没有他们的支持，我不可能如此顺利的开展并完成我的选题，衷心感谢他们，再次向他们致以崇高的敬意。

我还要感谢我的父母，没有他们在背后的辛勤付出，我不可能走到今天这一步。感恩他们给予我莫大的支持与鼓励。他们一直是我的榜样也是我的动力，我会用我的行动来回报他们。

接着还要感谢我的同学们。我的室友们一直是我前行路上的助推者，他们在生活中听我倾诉，帮我解决问题。我的同好们，在我学习生活之余陪我一同精进我们的爱好，丰富了我的课余生活。我的同班同学们，我们共聚于此、共度四年，他们也都是我前行路上的益友。

最后衷心地感谢华中农业大学这一学术殿堂，是她使我成为了今天的我，是她让我用四年时间成长为一个更成熟的灵魂，感谢她为我提供的环境与支持。我将把勤读力耕，立己达人的校训身体力行，发扬光大。