



<b>第一部分 试验报告</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>【肉鸡篇】</b> .....	<b>- 3 -</b>
安美素对商品肉鸡生产性能和屠宰性能影响的研究 .....	- 3 -
植物精油为主的替抗方案对肉鸡生长性能、屠宰性能的影响 .....	- 17 -
不同桉树精油添加水平对笼养白羽肉鸡生长性能 .....	- 24 -
日粮中添加植物提取物（百健宝）对肉鸡生长性能和肉质的影响 .....	- 31 -
在肉鸡上应用百优酸和百禽康替代抗生素和减少沙门氏菌发生的研究 .....	- 33 -
<b>【仔猪篇】</b> .....	<b>- 46 -</b>
水解单宁与复合酸化剂应用对断奶仔猪生长性能与肠道健康影响 .....	- 46 -
福美酚对断奶仔猪生产性能、肠道形态和通透性及抗氧化性能影 .....	- 49 -
速康酸在仔猪保育阶段应用的试验总结 .....	- 51 -
肽能 200 在保育猪上应用试验报告 .....	- 53 -
日粮添加酸化剂替代抗生素对保育猪生长性能的影响研究 .....	- 57 -
安克梭对断奶仔猪生长指标的影响 .....	- 60 -
乐多仙 ProAct (蛋白酶) 对断奶仔猪的生长性能、营养物质消化率和肠道形态的影响 .....	- 61 -
百优酸对断奶仔猪生产性能和肠道健康的影响 .....	- 65 -
维乐妥对断奶仔猪及生长育肥猪生产性能的影响 .....	- 78 -
<b>【母猪篇】</b> .....	<b>- 84 -</b>
百健宝对母猪生产性能、奶成分以及仔猪生产性能和腹泻指数的影响 .....	- 84 -
<b>【小鼠篇】</b> .....	<b>- 91 -</b>
冷喷爱酸灵对 ETEC 感染小鼠肠道保护作用的研究 .....	- 91 -
<b>第二部分 饲料添加剂应用方案</b> .....	<b>- 106 -</b>
帝斯曼（中国）有限公司 .....	- 106 -
上海邦成生物工程有限公司 .....	- 107 -
北京菲迪饲料科技有限责任公司 .....	- 108 -
嘉利多生物技术（武汉）有限公司 .....	- 109 -
斯洛文尼亚 Tanin 公司 .....	- 111 -
广东酸能生物科技有限公司 .....	- 113 -
重庆民泰新农业科技发展集团有限公司 .....	- 114 -
山东龙昌动物保健品有限公司 .....	- 115 -
<b>第三部分 优秀动物健康师</b> .....	<b>- 118 -</b>
快乐研发，三善做人——专访青岛润博特张小东博士 .....	- 118 -
青春尚好，热爱研发——专访嘉吉动物营养彭春雨经理 .....	- 123 -



修己惠人，笃行致远——专访山东龙昌集团王建民总经理 .....- 129 -  
积跬步至千里——专访帝斯曼动物营养部楚丽翠经理 .....- 134 -  
勤业思行，正道沧桑——专访民泰农发集团周东胜博士 .....- 140 -

中国饲料行业信息网 www.feedtrade.com.cn



## 第一部分 试验报告

### 【肉鸡篇】

#### 安美素对商品肉鸡生产性能和屠宰性能影响的研究

杨在宾 杨维仁 姜淑贞 张燕 祝凯 孙广超 吕国晓

山东农业大学动物科技学院

**摘要：**为了研究安美素改善商品肉鸡生产性能和屠宰性能的功效。试验选择1日龄AA商品肉仔鸡720只，随机分为6个处理，每个处理6个重复，每个重复20只鸡，进行42d的饲养试验。处理1（对照组）饲喂玉米-豆粕型基础日粮，不添加任何抗生素；处理2（恩拉霉素组）在对照组基础日粮基础上添恩拉霉素预混剂（0-14天8ppm；15-28天6ppm；29-42天5ppm）（预混剂添加量：0-14d：100mg/kg；0-14d：75mg/kg；0-14d：62.5mg/kg）；处理3、4、5为安美素试验组，在对照组日粮基础上分别添加安美素100、250和500mg/kg；处理7，肽力生100组，在对照组日粮基础上添加肽力生100，1000mg/kg。试验分3个阶段：肉小鸡（0-14d）、肉中鸡（15-28d）和肉大鸡（29-42d）。试验鸡笼养，饲喂颗粒饲料。试验第14d、28d和42d，每个处理随机选择12只鸡（2只/重复）进行屠宰，测定产肉性能、器官指数和消化器官指数。研究结果表明：

**生产性能比较：**与对照组相比，在日粮中添加安美素100、250和500mg/kg显著降低了肉小鸡（1-14d）的平均日采食量和料重比（ $P<0.05$ ），对试验全期（1-42d）的日增重和料重比显著影响（ $P<0.05$ ），并且随着安美素添加水平的提高，肉小鸡平均日采食量呈线性和二次降低（ $P<0.05$ ），料重比有线性和二次降低的趋势。在肉鸡日粮中添加恩拉霉素对日增重和料肉比显著影响（ $P<0.05$ ），添加肽力生100有降低肉大鸡料重比的趋势，各组日采食量没有显著影响（ $P>0.05$ ）。

**产肉性能比较：**与对照组相比，在日粮中添加安美素100、250和500mg/kg显著提高了42d的半净膛率和胸肌率（ $P<0.05$ ），有提高14d腿肌率的趋势（ $P=0.05$ ），对28d产肉性能均无显著影响（ $P>0.05$ ）。并且随着安美素添加水平的提高，14d腿肌率和42d半净膛率呈二次提高规律（ $P<0.05$ ），42d胸肌率呈线性和二次提高（ $P<0.05$ ）。日粮中添加恩拉霉素对产肉性能指标均无显著影响（ $P>0.05$ ），添加肽力生100显著提高了42d腿肌率（ $P<0.05$ ）。



**免疫器官指数比较：**与对照组相比，在日粮中添加安美素 100、250 和 500 mg/kg 显著提高了 14d 法氏囊指数 ( $P<0.05$ )，14d 的法氏囊指数呈二次提高，日粮中添加恩拉霉素和肽力生 100 对 14d、28d 和 42d 免疫器官指数均无显著影响 ( $P>0.05$ )。

**消化器官指数比较：**与对照组相比，在日粮中添加安美素 100、250 和 500 mg/kg 显著降低了 42d 肌胃指数和小肠长度指数 ( $P<0.05$ )，有提高 14d 嗦囊指数的趋势 ( $P=0.071$ )，有降低 14d 腺胃指数 ( $P=0.058$ ) 和 42d 小肠重量指数 ( $P=0.055$ ) 的趋势，并且随着安美素添加水平的提高，14d 腺胃指数有呈线性降低的趋势 ( $P=0.088$ )，呈二次降低规律 ( $P<0.05$ )，42d 肌胃指数和小肠长度指数呈线性和二次降低规律 ( $P<0.05$ )。日粮中添加恩拉霉素显著降低了 14d 嗦囊指数、42d 肌胃指数、42d 小肠长度指数 ( $P<0.05$ )，添加肽力生 100 极显著降低了 42d 小肠长度指数 ( $P<0.01$ )，有降低 42d 小肠重量指数的趋势 ( $P=0.098$ )。

**消化道 pH 比较：**与对照组相比，在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著降低了 14d 肌胃 pH ( $P<0.05$ )，有降低 28d 腺胃 pH 的趋势 ( $P=0.070$ )，对 42d 十二指肠 pH 产生了极显著影响 ( $P<0.01$ )，并且，随着安美素添加水平的提高，28d 腺胃 pH 有线性降低的趋势 ( $P=0.086$ )。日粮中添加恩拉霉素显著降低了 28d 腺胃 pH ( $P<0.05$ )，有降低 14d 肌胃 pH 的趋势 ( $P=0.086$ )，添加肽力生 100 显著降低了 42d 空肠 pH ( $P<0.05$ )，有降低 14d 肌胃 pH 的趋势 ( $P=0.072$ )。

**关键词：**安美素、商品肉鸡、生产性能、产肉性能、免疫器官指数、消化器官指数、消化道 PH

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

**安美素：**枯草芽孢杆菌，含量大于 20 亿每克。由上海邦成生物工程有限公司提供。

**肽力生 100：**抗菌脂肽（表面活性素）含量 1%，由上海邦成生物工程有限公司提供。

**恩拉霉素：8%预混剂（恩拉鼎 F80）：**由上海邦成生物工程有限公司提供。

### 1.2 试验动物与设计

选择 1 日龄 AA 商品肉仔鸡 720 只，随机分为 6 个处理，每个处理 6 个重复，每个重复 20 只鸡，进行 42d 的饲养试验。处理 1（对照组）饲喂玉米-豆粕型基础日粮，不添加任何抗生素；处理 2（恩拉霉素组）在对照组基础日粮基础上添恩拉霉素预混剂（0-14 天 8ppm；15-28 天 6ppm；29-42 天 5ppm），（预混剂添加量：0-14d：100mg/kg；0-14d：75mg/kg；0-14d：62.5mg/kg）；处理 3、4、5 为安美素试验组，在对照组日粮基础上分别添加安美素 100、250 和 500mg/kg；处理 6（肽力生 100 组）在对照组基础日粮基础上添加肽力生 100，1000mg/kg。详细试验设计见表 1。

### 1.3 试验方法



**饲养试验：**试验分 3 个阶段：肉小鸡（0-14d）、肉中鸡（15-28d）和肉大鸡（29-42d）。试验鸡笼养，每个重复为 2 笼，每个笼 10 只。饲喂颗粒饲料。

**代谢试验：**饲养试验 28-35d，用全收粪法。测定养分利用率（能量、干物质、有机物质、粗蛋白质、粗脂肪）。

**屠宰试验：**饲养试验第 14d、28d 和 42d，每个处理随机选择 12 只鸡屠宰。

#### 1.4 测定指标

**生产性能：**每天记录采食量，14d、28d 和 42d 称重。计算日采食量、日增重和料重比。记录死亡率、腹泻率。计算欧洲指数。

**产肉性能：**在 14d、28d 和 42d，每个处理随机选择 12 只鸡屠宰，测定半净膛率、净膛率、腹脂率、腿肌率、胸肌率。

**免疫器官指数：**在 14d、28d 和 42d，每个处理屠宰的 12 只鸡，游离法氏囊、脾脏和胸腺称重，计算法氏囊、脾脏和胸腺指数（占或体重比例）。

**消化器官指数：**在 14d、28d 和 42d，每个处理屠宰的 12 只鸡，游离消化系统，测定消化道 pH 值，嗦囊、腺胃、肌胃、小肠（十二指肠、空肠、回肠）、大肠（盲肠、直肠）重量，计算消化器官指数占或体重比例）。

#### 1.5 数据统计与分析

数据采用 SAS（SAS Institute, 2000）软件进行统计分析，采用邓肯氏多范围检验比较处理平均值，显著水平为  $P=0.05$ 。采用线性回归分析建立回归模型来确定不同添加物及不同添加水平下，各种指标的变化规律（线性和二次）关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 生产性能比较分析

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100，对生产性能的影响见表 3。方差分析表明，在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著降低了肉小鸡（1-14d）的平均日采食量和料重比（ $P<0.05$ ），对试验全期（1-42d）的日增重和料重比显著影响（ $P<0.05$ ），并且随着安美素添加水平的提高，肉小鸡平均日采食量呈线性和二次降低（ $P<0.05$ ），料重比有线性和二次降低的趋势。在肉鸡日粮中添加恩拉霉素对日增重和料肉比显著影响（ $P<0.05$ ），添加肽力生 100 有降低肉大鸡料重比的趋势，各组日采食量没有显著影响（ $P>0.05$ ）。综上分析表明，在商品肉鸡日粮中分别补充安美素显著改善了肉鸡的生产性能。

### 2.2 产肉性能比较分析

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100，对产肉性能的影响见表 4。方差分析表明，在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著提高了 42d 的半净膛率和胸肌率（ $P<0.05$ ），有提高 14 d 腿肌率的趋势（ $P=0.05$ ），对 28 d 产肉性能均无显著影响



( $P>0.05$ )。并且随着安美素添加水平的提高, 14d 腿肌率和 42d 半净膛率呈二次提高规律 ( $P<0.05$ ), 42d 胸肌率呈线性和二次提高 ( $P<0.05$ )。日粮中添加恩拉霉素对产肉性能指标均无显著影响 ( $P>0.05$ ), 添加肽力生 100 显著提高了 42d 腿肌率 ( $P<0.05$ )。

### 2.3 免疫器官指数比较分析

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100, 对免疫器官指数的影响见表 5。方差分析表明, 在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著提高了 14d 法氏囊指数 ( $P<0.05$ ), 并且随着安美素添加水平的提高, 14d 的法氏囊指数呈二次提高, 日粮中添加恩拉霉素和肽力生 100 对 14d、28d 和 42d 免疫器官指数均无显著影响 ( $P>0.05$ )。

### 2.4 消化器官指数比较分析

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100, 对消化器官指数的影响见表 6。方差分析表明, 与对照组相比, 在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著降低了 42d 肌胃指数和小肠长度指数 ( $P<0.05$ ), 有提高 14d 嗦囊指数的趋势 ( $P=0.071$ ), 有降低 14d 腺胃指数 ( $P=0.058$ ) 和 42d 小肠重量指数 ( $P=0.055$ ) 的趋势, 并且随着安美素添加水平的提高, 14d 腺胃指数有呈线性降低的趋势 ( $P=0.088$ ), 呈二次降低规律 ( $P<0.05$ ), 42d 肌胃指数和小肠长度指数呈线性和二次降低规律 ( $P<0.05$ )。日粮中添加恩拉霉素显著降低了 14d 嗦囊指数、42d 肌胃指数、42d 小肠长度指数 ( $P<0.05$ ), 添加肽力生 100 极显著降低了 42d 小肠长度指数 ( $P<0.01$ ), 有降低 42d 小肠重量指数的趋势 ( $P=0.098$ )。

### 2.5 消化道 pH 比较分析

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100, 对消化器官指数的影响见表 7。方差分析表明, 与对照组相比, 在日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著降低了 14d 肌胃 pH ( $P<0.05$ ), 有降低 28d 腺胃 pH 的趋势 ( $P=0.070$ ), 对 42d 十二指肠 pH 产生了极显著影响 ( $P<0.01$ ), 并且, 随着安美素添加水平的提高, 28d 腺胃 pH 有线性降低的趋势 ( $P=0.086$ )。日粮中添加恩拉霉素显著降低了 28d 腺胃 pH ( $P<0.05$ ), 有降低 14d 肌胃 pH 的趋势 ( $P=0.086$ ), 添加肽力生 100 显著降低了 42d 空肠 pH ( $P<0.05$ ), 有降低 14d 肌胃 pH 的趋势 ( $P=0.072$ )。

### 2.6 改善肉鸡生产性能产生的效益

在商品肉鸡日粮中分别补充安美素、恩拉霉素和肽力生 100 改善肉鸡生产性能可能产生的经济效益见表 8。表中数值计算依据: 生产性能为试验实测值; 基础日粮饲料单价按: 2.9 元/kg; 毛鸡售价按: 8 元/kg; 安美素单价: 65 元/kg; 恩拉霉素单价: 230 元/kg; 肽力生 100 单价按: 75 元/kg。改善肉鸡生产性能产生的效益如下:

与使用基础日粮相比, 添加安美素 W 100、250g/kg、恩拉霉素和肽力生 100, 通过生产性能改善, 可以实现肉鸡全价饲料净增加效益分别为 63 元/吨、11 元/吨 (平均值)、20 元



/吨（平均值）和 72 元/吨（平均值）；通过生产性能改善，可以实现肉鸡养殖净增加效益：0.27 元/只鸡、0.05 元/只鸡（平均值）、0.09 元/只鸡（平均值）和 0.31 元/只鸡（平均值）。

### 3 结论

与对照组相比：

3.1 日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著降低了肉小鸡（1-14d）的平均日采食量和料重比，与对照组相比，平均日采食量分别降低了 8.6%、5.0%、6.2%，料重比分别降低了 11.6%、7.8%、10.4%。从全期（1-42d）数值来看，添加安美素 100、250、500mg/kg 后，日增重、采食量和料重比与对照组基本一致。由此证明，商品肉鸡日粮中添加安美素可以显著改善肉小鸡阶段的生产性能，且 100mg/kg 和 500mg/kg 添加水平效果更为明显。

3.2 商品肉鸡日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 明显提高了 42d 的半净膛率和胸肌率，有提高 14d 腿肌率的趋势，与对照组相比，使 42d 半净膛率和胸肌率分别提高 1.3%、1.9%、0.1% 和 3.3%、11.9%、6.2%，14d 腿肌率分别提高了 9.1%、7.0%、1.3%。从数值观察比较，添加安美素一定程度上提高了肉鸡出栏时的半净膛率、全净膛率、胸肌率和腿肌率，且添加量 250mg/kg 时效果最为明显。

3.3 商品肉鸡日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 显著提高了 14d 法氏囊指数。从数值上比较分析，添加安美素 100mg/kg 较为明显提高了 14d 的法氏囊指数和胸腺指数，28d 的胸腺指数以及 42d 的脾脏指数和胸腺指数，分别提高了 8.1%、41.1%、51.0%、26.9%、10.6%、18.7%；添加安美素 250mg/kg 明显提高了 14d 法氏囊指数和胸腺指数，28d 的胸腺指数和 42d 的脾脏指数，分别提高 9.5%、41.7%、7.9%、16.6%、7.7%；添加安美素 500mg/kg 明显提高了 14d 法氏囊指数和胸腺指数，28d 胸腺指数以及 42d 的脾脏指数，分别提高 19.0%、56.9%、24.0%、6.6%。

3.4 商品肉鸡日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 后，方差分析表明，显著降低了 42d 肌胃指数和小肠长度指数，有提高 14d 嗦囊指数的趋势，有降低 14d 腺胃指数和 42d 小肠重量指数的趋势。从数值上比较分析，添加安美素 100mg/kg 可以较大幅度提高 14d 肌胃指数、28d 嗦囊指数和大肠重量指数、42d 嗦囊指数，分别提高 15.9%、49.3%、18.4%、14.2%；添加 250mg/kg 较大幅度提高 14d 小肠长度指数、28d 嗦囊指数和大肠重量指数，分别提高 10.5%、33.4%、14.6%；添加 500mg/kg 可以较大幅度提高 14d 嗦囊指数和大肠重量指数、28d 嗦囊指数和腺胃指数、42d 嗦囊指数和大肠重量指数，分别提高 31.5%、10.0%、30.0%、11.9%、12.0%、13.1%。

3.5 商品肉鸡日粮中添加安美素 100、250 和 500mg/kg 后，方差分析表明，显著降低了 14d 肌胃 pH，有降低 28d 腺胃 pH 的趋势。从数值上观察来看，各肠道 pH 指标与对照组差别不大。

表 1 试验设计

处理	处理	重复数	鸡数/重复	总鸡数
1	基础日粮	6	20	120
2	基础日粮 + 恩拉霉素 (8/6/5) mg/kg	6	20	120
3	基础日粮 + 安美素 100 mg/kg	6	20	120
4	基础日粮 + 安美素 250 mg/kg	6	20	120
5	基础日粮 + 安美素 500 mg/kg	6	20	120
6	基础日粮+肽力生 100 1000mg/kg	6	20	120
合计				720

表 2 日粮组成与营养水平

原料, %	1-14d	15-28d	29-42d
玉米	33.60	33.90	34.20
小麦	29.00	29.00	29.00
膨化豆粕/46%	23.80	21.40	19.00
棉籽粕	4.00	4.00	4.00
玉米蛋白粉	2.00	2.00	2.00
水解羽毛粉	1.00	1.00	1.00
磷酸氢钙/16.5%	0.90	0.85	0.80
石粉	1.70	1.65	1.60
豆油	2.00	4.20	6.40
预混料	2.00	2.00	2.00
合计	100.00	100.00	100.00
<b>营养水平</b>			
ME, kcal/kg	2900	3050	3200
CP	22.00	21.00	20.00
钙	0.96	0.90	0.84
总磷	0.66	0.61	0.56
赖氨酸	1.47	1.45	1.43
蛋氨酸	0.59	0.55	0.51
苏氨酸	0.92	0.87	0.82

表 3 安美素对商品肉鸡生产性能的影响

指标		安美素, mg/kg				恩拉霉素	肽力生 100	SEM	安美素			恩拉霉素	肽力生 100
		0	100	250	500				显著性	线性	二次		
1-14d	ADG, g/d	23.9	24.81	24.72	25.25	24.25	24.83	0.212	0.027	0.705	0.812	0.316	0.92
	ADFI, g/D	31.2	28.61	29.72	29.35	29.96	30.29	0.227	<0.0001	0.032	0.003	0.127	0.159
	G:F	1.305	1.154	1.203	1.169	1.236	1.22	0.011	0.024	0.073	0.086	0.491	0.138
15-28d	ADG, g/d	58.92	64.24	64.6	65.5	65.05	63.74	0.042	0.719	0.241	0.51	0.288	0.895
	ADFI, g/D	115.36	120.95	120.3	121.86	118.9	118.01	0.172	0.311	0.11	0.211	0.14	0.386
	G:F	1.958	1.883	1.866	1.863	1.829	1.855	0.035	0.774	0.576	0.641	0.861	0.484
29-42d	ADG, g/d	61.88	66.91	67.6	65.51	65.16	67.72	0.014	0.708	0.78	0.501	0.966	0.386
	ADFI, g/D	155.86	152.89	159.55	157.55	154.53	154.9	1.025	0.721	0.53	0.819	0.844	0.86
	G:F	2.519	2.283	2.363	2.407	2.374	2.288	0.02	0.324	0.735	0.288	0.688	0.087
1-42d	ADG, g/d	49.11	51.99	52.31	52.09	51.49	52.1	0.031	0.719	0.346	0.503	0.772	0.524
	ADFI, g/D	100.84	100.82	103.19	102.92	101.13	101.07	0.606	0.585	0.222	0.481	0.897	0.922
	G:F	2.053	1.939	1.973	1.978	1.965	1.941	0.011	0.79	0.753	0.757	0.783	0.352
体重, g/只	14d	377.2	389.7	388.8	397.1	381.6	390.5	0.041	0.899	0.647	0.76	0.296	0.932
	28d	1202.08	1289.1	1293.2	1314.2	1292.2	1282.8	0.009	0.71	0.25	0.507	0.604	0.923
	42d	2068.4	2225.9	2239.6	2231.3	2204.5	2230.8	0.006	0.713	0.333	0.496	0.778	0.522

表 4 安美素对商品肉鸡产肉性能的影响

安美素, mg/kg		安美素, mg/kg				恩拉霉素	肽力生 100	SEM	安美素			恩拉霉素	肽力生 100
		0	100	250	500				显著性	线性	二次		
14d	半净膛率,%	81.63	80.05	79.75	80.41	80.33	80.66	0.413	0.720	0.467	0.505	0.540	0.651
	全净膛率,%	63.99	64.98	66.05	64.86	64.68	64.52	0.367	0.491	0.381	0.342	0.711	0.782
	腹脂率,%	2.68	3.73	1.81	2.09	2.84	3.29	0.421	0.554	0.417	0.674	0.931	0.724
	胸肌率, %	22.06	22.26	22.50	23.04	22.46	22.38	0.298	0.879	0.414	0.709	0.673	0.719
	腿肌率, %	16.34	17.83	17.48	16.56	17.05	16.15	0.335	0.074	0.889	0.035	0.187	0.922
28d	半净膛率,%	81.21	82.13	81.18	81.29	82.06	82.53	0.306	0.619	0.782	0.761	0.456	0.325
	全净膛率,%	67.56	68.77	67.66	68.33	68.21	68.30	0.253	0.403	0.639	0.808	0.497	0.445
	腹脂率,%	0.70	0.90	0.93	0.90	0.90	0.77	0.047	0.556	0.259	0.348	0.254	0.656
	胸肌率, %	21.19	22.76	23.16	21.66	21.65	22.07	0.262	0.174	0.586	0.080	0.612	0.377
	腿肌率, %	16.75	16.98	16.80	16.83	16.97	16.94	0.120	0.972	0.975	0.961	0.711	0.744
42d	半净膛率,%	87.57	88.68	89.25	87.70	87.55	88.56	0.202	0.026	0.669	0.013	0.975	0.132
	全净膛率,%	76.28	77.59	77.85	76.74	76.56	77.33	0.267	0.183	0.538	0.084	0.804	0.204
	腹脂率,%	0.96	0.94	0.89	1.02	0.84	0.83	0.033	0.702	0.691	0.589	0.253	0.367
	胸肌率, %	21.81	22.52	24.39	23.15	22.58	22.99	0.279	0.028	0.043	0.038	0.441	0.195
	腿肌率, %	18.10	19.02	19.13	18.82	18.52	19.14	0.142	0.148	0.146	0.066	0.395	0.047

表 5 安美素对商品肉鸡免疫器官指数的影响, %

安美素, mg/kg		安美素, mg/kg				恩拉霉素	肽力生 100	SEM	安美素			恩拉霉素	肽力生 100
		0	100	250	500				显著性	线性	二次		
14d	法氏囊指数, %	0.15	0.21	0.21	0.17	0.15	0.16	0.007	0.016	0.245	0.006	0.508	0.541
	脾脏指数, %	0.10	0.07	0.09	0.09	0.09	0.09	0.003	0.206	0.967	0.199	0.256	0.451
	胸腺指数, %	0.21	0.32	0.23	0.33	0.22	0.21	0.017	0.159	0.216	0.473	0.674	1.000
28d	法氏囊指数, %	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.005	0.874	0.451	0.722	0.679	0.635
	脾脏指数, %	0.14	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.007	0.923	0.605	0.782	0.863	1.000
	胸腺指数, %	0.12	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14	0.010	0.801	0.528	0.707	0.641	0.579
42d	法氏囊指数, %	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.002	0.968	0.687	0.884	0.207	0.765
	脾脏指数, %	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.005	0.964	0.729	0.887	0.832	0.798
	胸腺指数, %	0.13	0.16	0.12	0.13	0.14	0.11	0.007	0.487	0.730	0.914	0.618	0.172

表 6 安美素对商品肉鸡消化器官指数的影响

安美素, mg/kg		安美素, mg/kg				恩拉霉素	肽力生 100	SEM	安美素			恩拉霉素	肽力生 100
		0	100	250	500				显著性	线性	二次		
14d	嗦囊	0.96	1.04	0.81	1.26	0.67	0.86	0.049	0.071	0.243	0.174	0.047	0.456
	腺胃	1.24	0.73	0.82	0.83	0.84	0.88	0.051	0.058	0.088	0.043	0.154	0.200
	肌胃	3.17	3.67	2.24	2.63	2.88	3.43	0.138	0.019	0.060	0.175	0.488	0.609

	小肠长度	29.75	32.24	32.87	31.65	31.55	32.47	0.756	0.616	0.412	0.398	0.663	0.354
	小肠重量	9.75	8.27	9.75	8.97	7.77	9.46	0.350	0.234	0.761	0.816	0.123	0.875
	大肠重量	1.65	1.36	1.38	1.83	1.38	1.47	0.075	0.253	0.542	0.125	0.223	0.441
28d	嗦囊	0.63	0.93	0.83	0.81	0.81	0.79	0.053	0.485	0.469	0.387	0.145	0.270
	腺胃	0.81	0.78	0.82	0.90	0.70	0.85	0.036	0.769	0.383	0.560	0.410	0.729
	肌胃	1.69	1.82	1.67	1.54	1.76	1.73	0.050	0.426	0.253	0.286	0.742	0.733
	小肠长度	18.35	17.81	18.97	18.67	18.23	18.05	0.561	0.947	0.734	0.942	0.947	0.857
	小肠重量	8.48	7.19	7.55	8.32	8.12	8.05	0.270	0.493	0.963	0.319	0.735	0.561
	大肠重量	1.40	1.66	1.61	1.35	1.49	1.48	0.079	0.475	0.787	0.280	0.789	0.765
42d	嗦囊	0.37	0.42	0.38	0.42	0.43	0.37	0.018	0.748	0.633	0.882	0.320	1.000
	腺胃	0.62	0.56	0.51	0.63	0.58	0.54	0.014	0.047	0.873	0.030	0.425	0.128
	肌胃	1.29	1.17	1.08	1.12	1.10	1.21	0.023	0.046	0.016	0.018	0.012	0.398
	小肠长度	9.01	8.34	7.34	8.07	7.87	7.60	0.147	0.022	0.033	0.018	0.002	0.000
	小肠重量	5.03	4.84	4.01	4.98	4.91	4.55	0.118	0.055	0.481	0.133	0.756	0.098
	大肠重量	0.79	0.87	0.71	0.90	0.79	0.84	0.023	0.106	0.559	0.581	0.932	0.532

表 7 安美素对商品肉鸡消化道 pH 的影响

安美素, mg/kg		安美素, mg/kg				恩拉霉素	肽力生 100	SEM	安美素			恩拉霉素	肽力生 100
		0	100	250	500				显著性	线性	二次		
14d	嗉囊	4.91	4.98	4.95	5.12	4.92	4.86	0.051	0.636	0.262	0.492	0.959	0.780
	腺胃	3.61	3.25	3.69	3.51	3.78	3.31	0.082	0.318	0.850	0.878	0.499	0.401
	肌胃	3.71	2.99	3.46	3.33	3.11	3.14	0.088	0.035	0.429	0.200	0.086	0.072
	空肠	5.60	5.74	5.60	5.81	5.55	5.66	0.042	0.446	0.324	0.601	0.713	0.692
	回肠	5.88	5.99	5.89	5.88	5.81	5.99	0.061	0.947	0.892	0.908	0.760	0.666
	盲肠内容物	6.08	6.07	6.06	5.97	6.11	6.06	0.047	0.912	0.504	0.766	0.896	0.916
28d	嗉囊	4.66	4.64	4.54	4.72	4.41	4.67	0.062	0.892	0.914	0.824	0.302	0.975
	腺胃	4.00	3.47	3.77	3.45	3.49	3.83	0.065	0.070	0.086	0.199	0.015	0.166
	肌胃	3.76	3.39	3.46	3.26	3.45	3.57	0.079	0.414	0.133	0.306	0.203	0.330
	十二指肠	5.39	5.49	5.44	5.21	5.53	5.37	0.039	0.217	0.178	0.102	0.334	0.882
	空肠	5.09	5.10	5.39	5.13	5.03	4.85	0.672	0.474	0.557	0.582	0.801	0.326
	回肠	5.40	5.81	5.45	5.59	5.53	5.47	0.054	0.130	0.753	0.599	0.479	0.749
42d	盲肠内容物	6.09	6.29	6.00	6.12	6.08	6.18	0.047	0.478	0.747	0.902	0.950	0.404
	十二指肠	5.29	5.27	5.25	5.31	5.22	5.10	0.055	0.003	0.940	0.959	0.738	0.347
	空肠	5.53	5.54	5.48	5.42	5.60	5.26	0.039	0.835	0.393	0.652	0.322	0.022
	回肠	5.94	6.03	5.93	5.81	6.17	6.00	0.049	0.633	0.350	0.441	0.173	0.728

	盲肠内容物	6.18	6.20	6.04	6.10	6.12	6.08	0.036	0.573	0.310	0.585	0.680	0.440
--	-------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------



表 8 安美素 W 对商品肉鸡经济效益比较分析

处理	对照	安美素			恩拉霉素	肽力生
添加量, mg/kg	0	100	250	500	80	100
饲料耗量, kg/只	4.24	4.23	4.33	4.32	4.25	4.24
基础饲料单价, 元/kg	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
饲料基本成本, 元/只	12.28	12.28	12.57	12.54	12.32	12.31
鸡苗成本, 元/只	3	3	3	3	3	3
毛鸡体重, kg/只	2.19	2.23	2.24	2.23	2.20	2.23
毛鸡售价, 元/kg	8	8	8	8	8	8
毛鸡收入, 元/只	17.51	17.81	17.92	17.85	17.64	17.85
基本收益, 元/只	2.23	2.53	2.35	2.32	2.32	2.54
相对增值, 元/只	0	0.30	0.12	0.08	0.09	0.31
养鸡数量, 只/吨饲料	236.11	236.16	230.73	231.34	235.43	235.58
养殖增效, 元/吨饲料	0	69.91	26.94	19.42	20.44	71.92
安美素单价, 元/kg	0	65	65	65	0	0
恩拉霉素单价, 元/kg	0	0	0	0	230	0
肽力生单价, 元/kg	0	0	0	0	0	75
安美素成本, 元/吨饲料	0	6.5	16.25	32.5	0	0
恩拉霉素成本, 元/吨饲料	0	0	0	0	18.4	0
肽力生成本, 元/吨饲料	0	0	0	0	0	7.5
养殖净增收益, 元/吨饲料	0	63	11	-13	20	72
养殖净增收益, 元/只鸡	0	0.27	0.05	-0.06	0.09	0.31



## 植物精油为主的替抗方案对肉鸡生长性能、屠宰性能的影响

李伟, 刘春海, 韩建林, 陶春卫, 于光远, 熊丽萍, 牡丹<sup>1</sup>

(辽宁菲迪饲料科技有限责任公司, 辽宁省兴城市滨海开发区海前路16号, 125100)

(Liaoning Feidi feeding technology co., ltd, 16 Haiqian Road, Binhai Development Zone, Xingcheng City, Liaoning Province, 125100)

**摘要:** 本试验旨在研究植物精油为主的替抗方案对肉鸡生长性能、屠宰性能的影响。本试验选用1日龄爱拔益加 (Arbor Acres) 公鸡480只, 随机分为5个处理组, 每组12个重复, 每个重复8只鸡。试验鸡笼养, 饲喂粉状饲料。I组(对照组)饲喂抗生素+基础日粮, 基础日粮不添加任何植物精油和抗生素。试验组分别在基础日粮上, II组添加净力安V, III组新净力安V, IV组前期添加(净力安V+单宁酸), 后期净力安V+月桂酸单甘酯, V组前期添加(净力安V+单宁酸+三丁酸甘油酯), 后期净力安V+三丁酸甘油酯。试验期42d, 分肉小鸡前期(8-28d)和肉大鸡后期(29-42d)两个阶段。以重复为单位记录试验鸡日采食量, 8d、28d和42d空腹称重。试验结束第42d, 每2个重复选取1只鸡进行屠宰, 进行屠宰性能指标的测定。试验结果表明: 试验组与对照组抗生素相比, 增重、料肉比与欧洲效益指数各组差异均不显著( $P>0.05$ ), 但综合比较处理V的末重到达3186g, 比对照组高26g, 为各组最好。从死淘只数来看, 处理3最低。半净膛率, 全净膛率, 来看除了新净力安效果略差, 其他组均高于抗生素组, 但差异不显著( $P>0.05$ )。腹脂率相对越低说明产肉性能越好, 处理5最低, 比对照组低0.19个百分点。说明植物精油单独添加与其他成分混合均能起到很好的替抗效果。并且组合方案效果要好于单独添加植物精油。

**关键词:** 精油; 三丁酸甘油酯; 单宁酸; 肉鸡; 屠宰

**Abstract:** The purpose of this experiment is to study the effect of essential oil-based alternative antibiotics on the growth performance and slaughter performance of broilers. In this experiment, 480 one-day-old Arbor Acres roosters were randomly divided into 5 treatment groups with 12 replicates in each group and 8 chickens in each replicate. The chickens were raised in cages and fed with powdered feed. The I group (control group) was fed antibiotics + basal diet, and the basal diet did not add any essential oils and antibiotics. In the experimental group, the basal diet was supplemented with Jingli'an V in group II, Xinjingli'an V in group III, and Netlian V+tannic acid in the early stage of group IV, and Jingli'an V+monoglyceride laurate in the later stage. Group V was supplemented in the early stage (Jingli'an V+tannic acid + tributyrin), and in the later period, Jinli'an V+tributyrin. The test period was 42 days, divided into two stages: the early broiler period (8-28 d) and the broiler late period (29-42d). The daily feed intake of the test chickens was recorded in repeat units, and weighed on 8 days, 28 days and 42 days on an empty stomach. On the 42nd day after the end of the experiment, one chicken was selected for slaughter every two repetitions, and the slaughter performance indexes were determined. The test

<sup>1</sup> 作者简介: 李伟(1981-), 男, 黑龙江省人, 博士, 主要从事动物营养方面的研究工作。Email-513320948@qq.com。资助项目: 辽宁省科技重大专项 饲料质量安全控制及低蛋白饲料(2019JH1/10200002)



results showed that: Compared with the control group, there were no significant differences in weight gain, feed to meat ratio and European benefit index among all groups ( $P>0.05$ ), but the final weight of treatment V reached 3186g, which was 26g higher than that of the control group, which was the best among all groups. From the number of dead Amoy, processing 3 is the lowest. Half evisceration rate and full evisceration rate, except that Xinjingli'an has a slightly worse effect, the other groups are all higher than the antibiotic group, but the difference is not significant ( $P>0.05$ ). Relatively lower abdominal fat rate indicates better meat production performance. The treatment 5 is the lowest, which is 0.19% lower than the control group. The results indicate that plant essential oil added alone and mixed with other components can play a good anti-antiseptic effect. And the effect of the combined program is better than adding plant essential oils alone.

## 前言

自 2020 年 7 月 1 日起, 饲料生产企业停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料<sup>[1]</sup>。饲料端无抗, 养殖端健康饲养已成为大势所趋。如何在无抗的背景下, 高效养殖, 功能性饲料添加剂如: 有益菌、益生元、酶、有机酸、矿物质、植物精油和抗菌肽等的研究与使用成为热点, 但无抗养殖是一个系统工程, 任何单一的饲料原料都很难起到理想的效果。因此, 多种添加剂混合饲喂成为切实可行的方案。植物精油(essential oils, EO)有很好的抗菌作用, 并可改善动物肠道健康。但在实际应用中需要开发组合方案才能起到很好的替抗效果<sup>[2, 3]</sup>。抗生素的应用能够提高动物的生产性能, 抗生素作为饲料添加剂已有近 60 年的历史, 在饲料中添加一定量的抗生素可改善畜禽的生产性能, 还可以预防一些疾病的发生。但是, 抗生素的滥用所引起的病原菌耐药性和抗生素在动物体内及其产品中的残留问题越来越严重, 导致动物疫病越来越复杂。国家农业部规定在 2020 年动物饲料全面禁抗, 养殖行业面临生产水平下降, 养殖成本大幅度增加的问题。本研究应用的净力安产品为多种植物精油的混合物, 其中丁香酚(Eugenol)是一种具有多种药理学活性和生物学功能(抗菌、抗真菌、抗虫、抗氧化、抗炎等)的天然香料, 具备天然、多功能、无残留等优点; 肉桂醛(Cinnamaldehyde)可改善畜禽生长性能、提高畜禽产品的质量。替抗方案中添加的三丁酸甘油酯是丁酸的前体物, 是一种短链脂肪酸酯, 在胃液酸性环境下不分解, 到达肠道被肠道胰脂肪酶分解, 释放较缓慢, 且 1 mol 三丁酸甘油酯能产生 2mol 丁酸和 1mol 单丁酸甘油酯。丁酸在肠粘膜细胞主要以非离子弥散形式吸收后, 直接通过门静脉转运至肝脏进一步代谢或被肠粘膜上皮细胞用作能源消耗。辣椒碱可作为健胃剂, 有促进食欲、改善消化的作用。动物试验证明, 辣椒水能刺激口腔粘膜, 反射性地加强胃的运动。辣椒碱对枯草芽孢杆菌、梭状芽孢杆菌、破伤风梭菌、蜡状芽孢杆菌和酿脓链球菌有显著抑制作用, 但对金黄色葡萄球菌及大肠杆菌无效。单宁酸, 一般具有涩味, 可使蛋白质、生物碱沉淀。是一种多酚类天然植物提取物, 可分为水解单宁酸和缩合单宁酸。水解单宁酸具有抗菌抑菌、抗氧化和抗炎症等作用, 可改善畜禽类的生长性能及肠道健康。月桂酸单甘油酯(Glycerol Monolaurate, GML)又名十二酸单甘油酯, 是一种亲酯性的非离子型表面活性剂, 是天然存在于一些植物中的化合物。提取之后经常作为杀菌剂及消炎剂添加到食品、日用品或化妆品中。它既是优良的乳化剂, 又是安全高效广谱的抗菌剂, 且不受 pH 限制, 在中性或微碱性条件下, 仍有较好的抗菌效果, 同时能够提高动物的抗氧化能力和抗病力。



目前文献中对于植物精油与其他从添加剂组合饲喂以改善肉鸡生长性能的报道较少。因此，本试验旨在研究精油的不同组合对肉鸡生长性能屠宰性能的影响，以期为今后该系列产品的开发和使用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

植物精油产品净力安及新净力安由辽宁菲迪饲料科技有限责任公司提供，采用自乳化缓释固体分散技术生产，其组分含量分别为：净力安（香芹酚 2%，百里香酚 2%，肉桂醛 14%，载体 82%）。新净力安在净力安的基础上增加辣椒碱。

### 1.2 试验设计

选用同批次、健康、体重相近的 1 日龄爱拔益加（Arbor Acres）公鸡 480 只。根据每只鸡雏体重将其随机分为 5 个处理，每个处理 12 个重复，每个重复 8 只鸡，试验鸡采用每笼饲养 8 只鸡，1 笼（1.48m×0.68m）为 1 个重复，采用叠层（3 层，5 个重复/层）笼养方式，共 4 列 60 个笼。将试验分为 8-28 日龄（前期）和 29-42 日龄（后期）两个阶段，试验期共 42d。以重复为单位记录试验鸡日采食量，8 d、28d 和 42 d 空腹称重。试验结束第 42d，每 2 个重复选取 1 只鸡进行屠宰，进行屠宰性能指标的测定。具体分组与添加量见表 1。基础饲粮根据我国《肉鸡饲养标准》（NY/T 33-2004）配制，其组成及营养水平见表 2。试验鸡只每天人工喂料 2 次，自由采食、饮水。免疫、消毒按肉鸡常规程序进行。

表 1 试验分组与处理方案

项目	处理（8-28天）	29-42天
I 组 对照组	基础日粮+8ppm恩拉霉素+20ppm硫酸粘杆菌素	基础日粮+8ppm恩拉霉素+20ppm硫酸粘杆菌素
II 组	基础饲粮+100mg/Kg净力安V	基础饲粮+100mg/Kg净力安V
III 组	基础饲粮+100mg/Kg新净力安（净力安V+辣椒碱）	基础饲粮+100mg/Kg（净力安V+辣椒碱）
IV 组	基础饲粮+100mg/Kg净力安V+500mg/Kg单宁酸(35%)	基础饲粮+100mg/Kg净力安V+300mg/Kg月桂酸单甘酯
V 组	基础饲粮+100mg/Kg净力安V+500mg/Kg单宁酸(35%)+1000mg/Kg三丁酸甘油酯（45%）	基础饲粮+100mg/Kg净力安V+1000mg/Kg三丁酸甘油酯（45%）

表 2 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

项目 Items	8-28 日龄 8 to 28 days of age	29-42 日龄 29 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 corn	551.44	591.70
豆粕 43% soybean meal43%	289.00	251.24
大豆油 Soybean Oil	44.68	64.02
棉籽蛋白 cottonseed meal protein	25.00	10.00
玉米 DDG distiller dried gr	20.00	20.00



玉米蛋白粉 corn gluten meal 55%	20.00	15.00
磷酸氢钙 21/16 calcium hydrogen pho	13.81	10.49
水解羽毛粉 hydrolyzed feather meal	10.00	10.00
石粉 limestone	8.53	7.56
70%赖氨酸硫酸盐	6.95	8.70
DL-蛋氨酸 DL-Met.	2.74	3.00
氯化钠 salt	2.49	2.53
肉中大鸡复合预混料	5.37	5.76
合计 Total	1000	1000
营养水平 Nutrient levels		
代谢能 ME / (kcal / Kg) <sup>2)</sup>	3023	3208
粗蛋白质 CP %	21.92	19.72
钙 Ca %	0.80	0.66
有效磷 Avail P %	0.40	0.33
赖氨酸 Lys %	1.4241	1.3930
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.9920	0.9461

注:1)预混料为每千克饲料提供 The premix provided the the following per kg of diets:VA9000IU, VD3 2000IU, VE 20IU, VK3 2.0mg, VB1 2.0mg, VB2 5.0mg, VB6 3.5mg, VB12 0.015mg, 烟酸 nicotinic acid 35 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate nicotinic acid 35 mg, 泛酸钙 10mg, 叶酸 folic acid 1.0 mg, 生物素 Biotin 0.15mg, 氯化胆碱 choline chloride 600mg, Cu8mg, Fe80mg, Mn80mg, Zn60mg, I 0.36mg, Se 0.24 mg.

2)计算值 Calculated values.

### 1.3 检测指标和方法

#### 1.3.1 生产性能指标的测定

从饲养试验开始起,每日准确详细记录耗料量、死淘数。分别在7日龄、28日龄、42日龄禁食后,早上空腹称重,根据初重、末重、每天采食量,计算各个阶段鸡只平均日增重(ADG)、料重比(F/G)、欧洲效益指数(EPI)。

平均日增重(ADG) = (试验阶段末重 - 试验阶段初重) / 试验阶段总天数 / 鸡只数。

料重比(F/G) = 平均日耗料量 / 平均日增重。

欧洲效益指数的计算方法(EPI) = [成活率 \* 体重(kg)] / (料肉比 \* 出栏天数) \* 10000

#### 1.3.2 屠宰指标的测定

在饲养试验42日龄时,每个处理中每2个重复中选取1只中等体重的试验鸡只进行屠宰取样,屠宰30只,在屠宰前一天晚上20:00开始禁食(自由饮水)12h,至第二天早上8:00进行称重屠宰。称重记录屠宰前活重分别测定以下指标(按照《NY-T 823-2004 家禽生产性能名词术语和度量统计方法》)。取出消化器官、肌肉组织、免疫器官,称量后并取样。



半净膛重：屠体重去除器官、食道、嗦囊、肠、脾、胰、胆和生殖器官、肌胃内容物及角质膜后的重量。

全净膛重：半净膛重除去心、肝、腺胃、肌胃、肺、腹脂和头脚的重量。

胸肌重：沿着胸骨脊剥开皮肤并向背部剥离，用刀切离附着于胸骨脊两侧的肌肉和肩

腿肌重：去腿骨、皮肤、皮下脂肪后的全部腿肌，称重。

腹脂率：取腹脂（包括肌胃周围脂肪），称重，计算腹脂率。

腹脂率=腹脂重/活重×100%。

#### 1.4 数据处理

试验数据采用 SPSS18.0 中 One-Way ANOVA 进行统计分析，采用 Duncan 氏多重比较进行差异显著性检验。结果以平均值±标准差（mean±SD）表示，以 P<0.05 作为差异显著性判断标准。

## 2 结果

### 2.1 植物精油对肉鸡生产性能的影响

结果见表 3。从表中可以看出，平均日增重和料重比各试验组与对照组相比，各组差异均不显著（P>0.05），但综合比较处理V的全期增重到达 3186g，比对照组高 26g，并且在 28 日龄到 42 日龄中增速高于对照组，且处理组V的欧洲效益指数明显高于对照组，各组间欧指差异不显著，综合来看，处理V为各组最好。

表 3 不同处理对肉鸡生长性能的影响

处理组	I 组（对照组）	II 组	III 组	IV 组	V 组
8 日龄体重（g）	230±5.4	225±7.0	223±7.2	228±0.8	226±3.2
28 日龄体重(g)	1606±67.5	1551±56.1	1523±73.9	1543±65.8	1567±38.7
42 日龄体重(g)	3160±115.1	3092±197.8	3094±121.7	3106±189.9	3186±184.8
8-42d 增重（g）	2930±91	2867±93	2871±99	2878±95	2960±194
平均日增重(g)	83.7±2.6	81.9±2.7	82.0±2.8	82.2±2.7	84.6±5.5
料重比	1.57±0.05	1.58±0.05	1.57±0.08	1.58±0.05	1.57±0.10
死淘只数	4	4	2	4	3
欧洲效益指数(EPI)	459±15.35	446±16.32	459±18.64	448±19.25	468±17.31

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）。下表同。In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

### 2.2 植物精油对肉鸡屠宰性能的影响

植物精油对肉鸡屠宰性能影响见表 4。半净膛率、全净膛率是反应肉鸡屠宰性能的主要指标，其比例越高说明产肉量越高，经济效益越好。从半净膛率、全净膛率来看，除了新净力安效果略差，其他组均高于抗生素组，但差异不显著（P>0.05），说明植物精油和组合方案作为替抗方案完全可行。腹脂率相对越低说明产肉性能越好，各组之间腹脂率差异不显著（P>0.05），但处理 5 最低，比对照组低 0.19 个百分点。腿



肌率，胸肌率反应这两个部位的产肉率，腿肌率处理 5 要比其他组高，其他各组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )，这可能是由于其他部位产肉率高，相对腿肌的增长较小造成的。胸肌率各组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )，但处理 2 胸肌率最高，且比对照组高 2.51 个百分点，说明植物精油可有效增高胸肌的生长。肉色越白相对越容易受到消费者的认可，胸肌肉色各组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。腿肌肉色相对处理 5 较低，但也处于正常范围内。失水率与肌肉中的含水量成正相关，含水量越高，失水率越大，胸肌失水率各组间差异不显著 ( $P>0.05$ )，且处理 5 最低，比对照组低 0.93 个百分点。腿肌失水率处理 5 最高且与其他组差异显著 ( $P<0.05$ )，其他组之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。肉的 pH 数值可以侧面反映肉的抗氧化能力，胸肌 pH，腿肌 pH 虽然各组间有差异，但主要是组间差异较小造成的，综合比较胸肌 pH，腿肌 pH 均在正常范围之内，说明植物精油对肉质的抗氧化能力有一定影响但影响不大。

表 4 不同处理肉鸡屠宰性能比较

处理组	I 组 (对照组)	II 组	III 组	IV 组	V 组
半净膛率 (%)	85.72 <sup>ab</sup> ±1.23	86.34 <sup>ab</sup> ±1.04	85.40 <sup>b</sup> ±1.39	86.16 <sup>ab</sup> ±1.10	87.81 <sup>a</sup> ±2.34
全净膛率 (%)	71±2.04	72.28±1.38	70.76±1.40	72±1.11	72.7±0.7
腹脂率 (%)	1.06±0.67	1.14±0.30	1.06±0.63	1.01±0.61	0.87±0.65
腿肌率 (%)	20.98 <sup>a</sup> ±2.43	20.25 <sup>a</sup> ±2.38	20.81 <sup>a</sup> ±2.89	19.60 <sup>a</sup> ±1.30	27.53 <sup>b</sup> ±1.55
胸肌率 (%)	26.67±2.84	29.18±1.45	26.17±4.46	28.62±1.9	27.44±2.77
胸肌肉色	76.57±7.01	79.37±2.91	81.45±2.74	75.2±1.93	79.92±6.86
腿肌肉色	71.98 <sup>ab</sup> ±3.82	78.23 <sup>ab</sup> ±3.17	72.88 <sup>ab</sup> ±7.15	74.78 <sup>ab</sup> ±5.89	68.88 <sup>b</sup> ±9.51
胸肌失水率	2.13±1.22	1.38±0.87	1.33±0.72	1.505±1.73	1.20±0.66
腿肌失水率	1.92 <sup>ab</sup> ±1.65	1.12 <sup>ab</sup> ±0.31	1.32 <sup>ab</sup> ±1.36	2.07 <sup>ab</sup> ±2.04	3.51 <sup>a</sup> ±3.18
胸肌 pH	6 <sup>ab</sup> ±0	6.17 <sup>a</sup> ±0.26	5.58 <sup>c</sup> ±0.20	5.83 <sup>bc</sup> ±0.26	5.67 <sup>c</sup> ±0.26
腿肌 pH	5.58 <sup>b</sup> ±0.20	5.83 <sup>ab</sup> ±0.26	5.67 <sup>b</sup> ±0.27	5.83 <sup>ab</sup> ±0.26	6 <sup>a</sup> ±0

### 3 讨论

#### 3.1 植物精油对肉鸡生产性能的影响

从饲喂效果来看，添加植物精油对肉鸡日增重、料重比、死淘率和欧洲效益指数都有一定的提高。这与他人试验结果基本一致。吕勇<sup>[4]</sup>添加 300 g/t 植物精油，有提高平均日采食量和平均日增重的效果 ( $P>0.05$ )，与对照组相比，在 22-42 日龄阶段均可显著提高平均日增重和降低料肉比 ( $P<0.05$ )。彭丽莎 等<sup>[5]</sup>饲料中添加三丁酸甘油酯有促进肉鸡生长的趋势，其中 0.2% 三丁酸甘油酯组效果最佳。处理 3 采用了植物精油+辣椒碱的组合，从死淘只数来看，处理 3 最低。Rice 等<sup>[6]</sup>研究表明，0.125 和 0.250 mg/mL 水解单宁酸可显著抑制酿酒酵母菌和金黄色葡萄杆菌的繁殖。GML 作为脂肪乳化剂和抑菌剂在家禽生产中被广泛应用，刘梦芸 等<sup>[7]</sup>在 1 日龄肉鸡日粮中添加 150mg/kg 的 GML，连续饲喂 49 d 后，肉鸡 22~49 d 的饲料转化率显著提高。田光洪<sup>[8]</sup>等在日粮不同 DDGS 水平添加复合酶制剂对 1~28 日龄科宝肉鸡生长性能和死淘率的影响的试验表明：1~7 d，各组间生长性能和欧洲效益指数无显著差异 ( $P>0.05$ )，全期欧洲效益指数试验组显著低于对



对照组 ( $P < 0.05$ )，其组间最大值为 333.3。而本试验中欧洲效益指数均高于 400，其主要因为在本次试验中死淘率相对较低，且肉鸡体重增长快，所以有更好的收益，也充分验证了植物精油可替代抗生素。

### 3.2 植物精油对肉鸡屠宰性能的影响

肉品质主要包括肉的化学组成、肉的组织学和组织化学特点、肌肉物理性质和感官品质等。肉的 pH、系水力和嫩度等为肉的理化特性。其中肌肉 pH 与肌肉酸味呈正相关，它是肌肉品质测定的最重要的指标之一<sup>[9]</sup>。大多数研究都表明，添加植物精油能对肉鸡的生长性能和屠宰性能产生有利的影响。高玉云等<sup>[10]</sup>研究发现，在屠宰性能方面，饲料添加 200 mg/kg 有机酸和精油复合微囊包被物本能显著提高 70 日龄肉鸡的胸肌率和腿肌率。由表 4 可知，在半净膛率、全净膛率中，除了处理 III 效果略差，其他组均高于对照组，但差异不显著 ( $P > 0.05$ )，各组间胸肌肉色和胸肌率以及腹脂率差异不显著 ( $P > 0.05$ )，但腿肌失水率处理 5 最高且与其他组差异显著 ( $P < 0.05$ )，其他组之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由此可见植物精油和其组合方案可以替代抗生素产品。总体来看本研究中肉鸡屠宰性能有改善的趋势，但差异不显著 ( $P > 0.05$ )，其原因可能是与精油的种类和使用量或者与其他酯类等组合方式和先后使用顺序有关。

## 4 结论

本研究主要目的是探讨在饲料禁抗环境下添加植物精油为主的饲料添加剂对肉鸡生长性能、屠宰性能的影响。结果表明，无论是肉鸡生长性能还是屠宰性能，应用植物精油为主的替抗方案与抗生素对照组相比无显著性差异，能够起到替代抗生素的作用。说明植物精油单独添加或与其他成分混合均能起到很好的替抗效果，并且组合方案效果要好于单独添加植物精油。

## 参考文献

- [1] 李朝云. 减抗替抗形势下饲料配方的设计思路[J]. 广东饲料, 2020, 29(02):17-19.
  - [2] 董淑红, 李华坤. 植物精油对养鸡生产及抗病作用的研究概述[J]. 贵州畜牧兽医, 2020, 44(02):1-3.
  - [3] 杨宝玲, 赵佳莹, 刘柳, 姜南. 畜禽生产中植物精油的应用[J]. 畜禽业, 2019, 30(12):29.
  - [4] 吕勇, 徐彬, 武进, 等. 不同类型植物精油对白羽肉鸡生长性能的影响[J]. 广东饲料, 2019, v.28;No.235(12):32-35.
  - [5] 彭丽莎, 孙健栋, 史艳云 等. 三丁酸甘油酯对肉鸡生长性能、养分表观消化率、屠宰性能、肠道形态及微生物菌群的影响. 动物营养学报[J]. 2014, 26(2):466-473.
  - [6] RICE EL, PANCHOLYSK. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. III. Inhibitors other than tannins [J]. American Journal of Botany. 1974. 61(10):1095-1103.
  - [7] 吴胜, 彭艳. 月桂酸单甘油酯在畜禽生产中的应用效果及其机制的研究进展. 饲料研究[J]. 2019. 08. 109-111.
  - [8] 田光洪, 蒋平, 金定兴, 等. 日粮不同 DDGS 水平添加复合酶制剂对 1~28 日龄科宝肉鸡生长性能和死淘率的影响[J]. 饲料工业, 2019, 40(09):20-25.
  - [9] 赵衍铜. 芦花鸡等三种优质肉鸡肌肉品质及 H-FABP 基因表达丰度的比较研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013:3.
  - [10] 高玉云, 张杏莉, 孔邱林等. 有机酸和精油复合微囊包被物对肉鸡生长性能、免疫器官指数、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响. 动物营养学报[J]. 2017, 29(8):2923-2930.
- 2021 年 12 月 拟发表在《养殖与饲料》上。



## 不同桉树精油添加水平对笼养白羽肉鸡生长性能

秦国栋 1 谭子超 1 周 东 2 孙 强 3 李金宝 4 王述柏 1\*

(1.青岛农业大学动物科技学院, 青岛 266000; 2.山东民和牧业股份有限公司, 蓬莱 265600; 3.青岛市即墨区畜牧发展服务中心, 青岛 266000; 4.山东龙昌动物保健品有限公司, 德州 253000)

**摘要:** 本试验旨在探究饲料中添加不同水平桉树精油对笼养白羽肉鸡生长性能、免疫机能和抗氧化机能的影响。选择 300 只 1 日龄爱拔益加肉鸡公雏, 随机分为 6 组, 每组 5 个重复, 每个重复 10 只鸡。I 组为对照组, 饲喂基础饲料; II-VI 组分别在基础饲料中添加 50、75、100、125 和 150mg/kg 桉树精油, 试验期 42d。结果表明: 1) 1-21 日龄, II-V 组肉鸡 21 日龄时平均体重显著或极显著高于 I 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), III 组和 IV 组肉鸡平均日增重极显著高于 I 组 ( $P<0.01$ ), II-VI 组料重比显著或极显著低于 I 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), III 组、IV 组料重比极显著低于 VI 组 ( $P<0.01$ ); 1-42 日龄, IV 组肉鸡 42 日龄时平均体重显著高于 I 组 ( $P<0.05$ ), IV 组肉鸡平均日增重显著高于 I 组 ( $P<0.05$ ), IV 组料重比显著低于 I 组 ( $P<0.05$ )。2) 各组之间肉鸡脾脏指数、法氏囊指数和血清新城疫抗体效价无显著差异 ( $P>0.05$ )。3) 21 日龄时, V 组肉鸡血清总超氧化物歧化酶 (T-SOD) 活性显著或极显著高于 I-III 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), VI 组肉鸡血清 T-SOD 活性显著高于 I 组 ( $P<0.05$ ); II-VI 组肉鸡血清谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性显著或极显著高于 I 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ); IV-VI 组肉鸡血清丙二醛 (MDA) 含量极显著低于 I 组 ( $P<0.01$ ), V 组肉鸡血清 MDA 含量显著或极显著低于 II 组、III 组、IV 组和 VI 组 ( $P<0.05$ )。42 日龄时, V 组肉鸡血清 T-SOD 活性最高, 显著或极显著高于 I 组和 II 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), IV 组和 VI 组显著高于 I 组 ( $P<0.05$ ); IV 组肉鸡血清 GSH-Px 活性显著高于 I 组 ( $P<0.05$ ); IV 组和 V 组肉鸡血清 MDA 含量显著或极显著低于 I-III 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ ), III 组和 VI 组显著或极显著低于 I 组 ( $P<0.05$  或  $P<0.01$ )。4) 回归分析显示, 饲料中添加 95.25-105.00mg/kg 桉树精油, 肉鸡生长前期 (1-21 日龄) 生长性能最佳; 饲料中添加 105.83-115.00mg/kg 桉树精油, 肉鸡生长全期 (1-42 日龄) 生长性能最佳; 肉鸡抗氧化机能最佳的桉树精油添加水平, 生长前期为 151.13-205.60mg/kg, 生长后期 (22-42 日龄) 为 93.38-158.57mg/kg。综上所述, 在饲料中添加适宜水平的桉树精油可显著提高笼养白羽肉鸡生长性能和抗氧化机能, 饲料中桉树精油适宜添加水平为 105.00mg/kg。

**关键词:** 桉树精油; 白羽肉鸡; 生长性能; 免疫机能; 抗氧化机能

**中图分类号:** S816.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-267X(2021)03-1408-10

近年来, 有关植物精油在动物生产中的研究和应用报道日渐增多。植物精油是一类来源于植物的花、叶、茎、根或果实的次生代谢产物, 分子量较小, 在动物体内吸收代谢快、无毒无残留, 具有促进动物生长、消炎杀菌及抗氧化等功效[1-4], 有望成为促生长类抗生素替代品, 是近年来国内外的研究热点。



植物精油因其来源不同且成分复杂，所以功能各异，已知的植物精油有 3000 多种，主要成分包括萜烯类、芳香族、脂肪族和含氮含硫类等化合物[4]。桉树精油由桉树枝叶通过蒸馏法萃取而得，桉树精油的大量生产始于 20 世纪 60 年代，用途广泛[5]。桉树精油主要成分为 1,8-桉树脑、桉叶素等萜烯类物质，临床证明其具有抗菌消炎的功效[6]，有报道桉树精油可以通过消除羟基自由基从而改善炎症症状[7]。有关桉树精油在我国畜禽养殖领域的应用研究起步较晚，目前报道多见于抑菌、杀虫作用方面[5,8-9]，其他方面的研究鲜见报道。因此，本试验旨在研究富含 1,8-桉树脑成分的桉树精油对笼养白羽肉鸡生长性能、免疫机能和抗氧化机能的影响，以期获得其对肉鸡的作用效果及适宜添加水平，为其推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

桉树精油产品由山东某公司提供，以澳大利亚潍州天然野生桉树叶为原料提取，桉树精油含量≥5%，其主要活性成分为 1,8-桉树脑，含量≥85%。

### 1.2 试验设计

试验选用 300 只 1 日龄爱拔益加(AA)商品白羽肉鸡公雏，随机分为 6 组，每组设 5 个重复，每个重复 10 只鸡。I 组为对照组，饲喂基础饲料;II-VI 组为试验组，分别在基础饲料中添加 50、75、100、125 和 150mg/kg 的桉树精油。试验期 42d。

### 1.3 试验饲料和饲养管理

肉鸡采用 3 层笼养，饲养期间自由采食和饮水，按照白羽肉鸡常规饲养管理程序进行管理。

按常规免疫程序进行免疫：7 日龄采用滴鼻点眼方式进行鸡新城疫、传染性支气管炎二联活疫苗(LaSota 株+QXL87 株)免疫，14 日龄采用饮水免疫方式进行鸡传染性法氏囊病活疫苗(B87 株)免疫，21 日龄采用滴鼻点眼方式进行鸡新城疫活疫苗(LaSota 株)免疫(疫苗均购于易邦生物工程有限公司)。基础饲料参考 NY/T33-2004《鸡饲养标准》营养标准配制，组成及营养水平见表 1。

### 1.4 指标检测与方法

#### 1.4.1 生长性能

分别于出壳当天、试验第 21 天和第 42 天，以重复为单位对试验鸡进行空腹称重，准确记录各阶段采食量。计算 1-21 日龄、22-42 日龄及 1-42 日龄的平均日增重、平均日采食量和料重比。

#### 1.4.2 免疫机能

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	1~21 日龄	22~42 日龄
	1 to 21 days of age	22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59.30	61.00
麸皮 Wheat bran	0.20	0.20
豆粕 Soybean meal	24.40	22.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	8.40	8.00
油粕粉 Oil meal	2.50	4.50
L-赖氨酸 L-Lys	0.50	0.20
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.20	0.10
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	2.30	2.05
石粉 Limestone	1.00	0.80
食盐 NaCl	0.20	0.15
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.59	12.94
粗蛋白质 CP	21.56	20.10
钙 Ca	1.00	0.86
总磷 TP	0.68	0.62
非植酸磷 NPP	0.52	0.47
蛋氨酸 Met	0.51	0.41
赖氨酸 Lys	1.28	0.98

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 740 IU, VE 10 IU, VK<sub>3</sub> 3.0 mg, VB<sub>1</sub> 0.50 mg, VB<sub>2</sub> 9.0 mg, VB<sub>6</sub> 2 mg, VB<sub>12</sub> 10 mg, 叶酸 folic acid 0.20 mg, 尼克酰胺 nicotinamide 35 mg, 泛酸 pantothenic acid 10 mg, Mn (as manganese sulfate) 130 mg, Fe (as ferrous sulfate) 80 mg, Zn (as zinc sulfate) 100 mg, Cu (as copper sulfate) 6.50 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg, I (as potassium iodide) 0.4 mg。

2) 粗蛋白质、钙和总磷为实测值,其余均为计算值。CP, Ca and TP were measured values, while the others were calculated values.



#### 1.4.2.1 血清新城疫抗体效价

于试验第 42 天, 从每组每重复中随机取鸡,

翅静脉采血, 4000r/min 离心分离血清, -20°C 冷冻待测。采用血凝-血凝抑制(HA-HI)试验检测血清新城疫抗体效价[10]。

#### 1.4.2.2 免疫器官指数

于试验第 42 天, 从每组每重复中选择体重接近其所在重复平均体重的肉鸡 1 只, 颈部放血宰杀, 解剖取法氏囊和脾脏, 准确称重, 计算免疫器官指数。免疫器官指数 (g/kg) = 器官重 (g) / 活体重 (kg)。

#### 1.4.3 抗氧化功能指标

于试验第 21 天, 从每组每重复中随机取 1 只鸡心脏采血; 于试验第 42 天, 从每组每重复中随机取 1 只鸡翅静脉采血, 血清采集方法同 1.4.2.1。采用 TECAN SPARK 酶标仪及试剂盒测定血清总超氧化物歧化酶 (T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性及丙二醛 (MDA) 含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

### 1.5 数据处理与统计分析

对试验数据采用 Excel2016 软件进行初步处理, 采用 SPSS20.0 软件进行单因素方差分析 (one-way ANOVA), 采用 Duncan 氏法进行组间多重比较和差异显著性分析, 结果以“平均值±标准差”表示。P<0.05 为差异显著, P<0.01 为差异极显著。采用 Excel2016 软件进行桉树精油添加水平与效应之间的二次回归分析, 计算最佳值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响见表 2。由表可知, 1-21 日龄, II-V 组肉鸡 21 日龄时平均体重显著或极显著高于 I 组 (P<0.05 或 P<0.01), IV 组肉鸡平均日增重最高, II-VI 组肉鸡平均日增重之间无显著差异 (P>0.05), II-VI 组分别较 I 组提高了 14.10% (P<0.05)、19.00% (P<0.01)、19.60% (P<0.01)、14.17% (P<0.05) 和 10.79% (P>0.05); 各组肉鸡平均日采食量无显著差异 (P>0.05); II-VI 组料重比显著或极显著低于 I 组 (P<0.05 或 P<0.01), IV 组料重比最低, III 组次之, III 组、IV 组极显著低于 VI 组 (P<0.01)。22-42 日龄, IV 组肉鸡 42 日龄时平均体重显著高于 I 组 (P<0.05), 各组间肉鸡平均日增重、平均日采食量和料重比无显著差异 (P>0.05)。1-42 日龄, II-VI 组肉鸡平均日增重均不同程度高于 I 组, 其中 IV 组显著高于 I 组 (P<0.05); II-VI 组料重比均低于 I 组, 其中 IV 组显著低于 I 组 (P<0.05); 各组间平均日采食量无显著差异 (P>0.05)。随着桉树精油添加水平的升高, 1-21 日龄和 1-42 日龄肉鸡平均日增重呈现先上升后下降趋势, 料重比则呈现先下降后上升的趋势, 剂量效应明显。桉树精油添加水平与生长性能指标的二次回归分析结果 (表 3) 表明, 饲料中桉树精油的添加水平分别为 95.25 和 105.83mg/kg 时, 1-21 日龄和 1-42 日龄肉鸡可获得最高平均日增重, 分别为 38.00 和 53.87g/d;



饲料中桉树精油的添加水平分别为 105.00 和 115.00mg/kg 时,1-21 日龄和 1-42 日龄肉鸡可获得最低料重比,分别为 1.24 和 1.55。

表 2 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响  
Table 2 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on growth performance of broilers

项目 Items		组别 Groups					
		I	II	III	IV	V	VI
平均体重 ABW/g	21 日龄 21 days of age	681.45±48.86 <sup>Aa</sup>	771.10±85.51 <sup>ABb</sup>	802.05±58.83 <sup>Bb</sup>	806.05±10.8 <sup>Bb</sup>	771.20±31.73 <sup>ABb</sup>	749.90±53.45 <sup>ABab</sup>
	42 日龄 42 days of age	2 117.77±9.13 <sup>a</sup>	2 224.95±63.06 <sup>ab</sup>	2 214.48±55.07 <sup>ab</sup>	2 267.93±54.31 <sup>b</sup>	2 218.98±50.85 <sup>ab</sup>	2 206.32±163.86 <sup>ab</sup>
平均日增重 ADG/(g/d)	1~21 日龄 1 to 21 days of age	31.69±2.44 <sup>Aa</sup>	36.16±4.28 <sup>ABb</sup>	37.71±2.94 <sup>Bb</sup>	37.90±0.54 <sup>Bb</sup>	36.18±1.59 <sup>ABb</sup>	35.11±2.67 <sup>ABab</sup>
	22~42 日龄 22 to 42 days of age	68.40±2.27	69.23±2.06	67.26±2.00	69.61±2.47	68.94±3.27	69.35±6.53
平均日采食量 ADFI/(g/d)	1~42 日龄 1 to 42 days of age	50.49±0.22 <sup>a</sup>	53.10±1.54 <sup>ab</sup>	52.84±1.34 <sup>ab</sup>	54.15±1.32 <sup>b</sup>	52.96±1.24 <sup>ab</sup>	52.65±4.00 <sup>ab</sup>
	1~21 日龄 1 to 21 days of age	46.33±3.71	48.11±5.73	48.42±4.10	48.06±2.74	48.02±1.56	48.69±4.40
料重比 F/G	22~42 日龄 22 to 42 days of age	124.78±12.20	124.57±9.08	120.98±7.05	126.25±13.73	128.67±2.71	122.00±10.53
	1~42 日龄 1 to 42 days of age	85.18±6.11	85.07±4.60	83.50±3.52	84.82±6.58	86.28±0.86	84.49±6.76
料重比 F/G	1~21 日龄 1 to 21 days of age	1.46±0.03 <sup>Bc</sup>	1.33±0.02 <sup>ABab</sup>	1.29±0.09 <sup>Aa</sup>	1.27±0.07 <sup>Aa</sup>	1.33±0.04 <sup>ABab</sup>	1.39±0.03 <sup>Bb</sup>
	22~42 日龄 22 to 42 days of age	1.83±0.21	1.80±0.13	1.80±0.11	1.81±0.14	1.87±0.11	1.76±0.10
料重比 F/G	1~42 日龄 1 to 42 days of age	1.69±0.12 <sup>b</sup>	1.60±0.05 <sup>ab</sup>	1.58±0.08 <sup>ab</sup>	1.57±0.09 <sup>a</sup>	1.63±0.05 <sup>ab</sup>	1.61±0.06 <sup>ab</sup>

同行数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ ), 肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 肩标不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )。下表同。  
In the same row, values with the same small letter or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ), while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P<0.01$ ). The same as below.

表 3 桉树精油添加水平与生长性能指标的二次回归分析结果  
Table 3 Quadratic regression analysis results of eucalyptus essential oil supplemental level and growth performance indices

项目 Items	回归方程 Regression equation	P 值 P-value	R <sup>2</sup>	最适添加水平 Optimal supplemental level (x)/(mg/kg)	最佳效应 The best effect (y)
1~21 日龄平均日增重 ADG from 1 to 21 days of age/(g/d)	$y = -0.000 7x^2 + 0.133 4x + 31.644$	0.003	0.977 5	95.29	38.00
1~21 日龄料重比 F/G from 1 to 21 days of age	$y = 0.000 02x^2 - 0.004 2x + 1.464 6$	0.005	0.972 0	105.00	1.24
1~42 日龄平均日增重 ADG from 1 to 42 days of age/(g/d)	$y = -0.000 3x^2 + 0.063 5x + 50.512$	0.040	0.882 8	105.83	53.87
1~42 日龄料重比 F/G from 1 to 42 days of age	$y = 0.000 01x^2 - 0.002 3x + 1.687$	0.070	0.829 8	115.00	1.55

## 2.2 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响见表 4。由表可知, II-VI 组肉鸡血清新城疫抗体效价、脾脏指数和法氏囊指数均略高于 I 组, 但各组间差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 4 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

Table 4 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on immune function of broilers

项目 Items	组别 Groups					
	I	II	III	IV	V	VI
血清新城疫抗体效价 Serum Newcastle disease antibody titer/log <sub>2</sub>	7.00±0.71	7.20±0.45	7.80±0.45	7.60±0.89	7.40±0.55	7.60±0.55
脾脏指数 Spleen index/(g/kg)	1.76±0.53	1.90±0.23	1.93±0.45	1.95±0.10	2.00±0.56	1.87±0.24
法氏囊指数 Bursa of Fabricius index/(g/kg)	0.47±0.02	0.45±0.01	0.52±0.04	0.57±0.24	0.50±0.05	0.49±0.03

## 2.3 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响见表 5。由表可知, 21 和 42 日龄时, 肉鸡血清 T-SOD 活性随桉树精油添加水平升高均呈升高趋势。21 日龄时, V 组肉鸡血清 T-SOD 活性显著或极显著高于 I-III 组



( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), VI组显著高于I组( $P < 0.05$ );42 日龄时, V组肉鸡血清 T-SOD 活性最高, 显著或极显著高于I组和II组( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), IV组和VI组显著高于I组( $P < 0.05$ )。21 和 42 日龄时, II-VI组肉鸡血清 GSH-Px 活性均不同程度高于I组, 21 日龄时, II-VI组显著或极显著高于I组( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ );42 日龄时, IV组显著高于I组( $P < 0.05$ )。21 和 42 日龄时, II-VI组肉鸡血清 MDA 含量均不同程度低于I组, 21 日龄时, IV-VI组极显著低于I组( $P < 0.01$ ), V组最低, 与II组差异极显著( $P < 0.01$ ), 与III组、IV组和VI组差异显著( $P < 0.05$ );42 日龄时, IV组和V组显著或极显著低于I-III组( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ), III组和VI组显著或极显著低于I组( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ )。

表 5 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

Table 5 Effects of different supplemental levels of eucalyptus essential oil on antioxidant function of broilers

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups					
		I	II	III	IV	V	VI
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	21	120.72 ±6.94 <sup>Aa</sup>	122.65 ±7.03 <sup>ABab</sup>	123.29 ±4.95 <sup>ABab</sup>	127.18 ±8.69 <sup>ABabc</sup>	133.69 ±3.42 <sup>Bc</sup>	130.87 ±4.16 <sup>ABbc</sup>
	42	132.26 ±8.39 <sup>Aa</sup>	137.02 ±8.94 <sup>ABab</sup>	140.08 ±9.00 <sup>ABabc</sup>	144.25 ±4.35 <sup>ABbc</sup>	147.30 ±5.80 <sup>Bc</sup>	145.78 ±2.94 <sup>ABbc</sup>
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	21	866.21 ±72.45 <sup>Aa</sup>	999.66 ±44.09 <sup>ABb</sup>	1 029.18 ±30.32 <sup>Bb</sup>	1 040.27 ±64.15 <sup>Bb</sup>	1 105.29 ±126.7 <sup>Bb</sup>	1 080.38 ±38.79 <sup>Bb</sup>
	42	958.69 ±44.38 <sup>a</sup>	1 000.06 ±55.82 <sup>ab</sup>	1 017.02 ±60.39 <sup>ab</sup>	1 048.62 ±31.82 <sup>b</sup>	1 037.44 ±51.08 <sup>ab</sup>	988.78 ±30.84 <sup>ab</sup>
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	21	6.61 ±0.63 <sup>Cc</sup>	6.24 ±0.72 <sup>BCbc</sup>	5.54 ±0.56 <sup>ABCb</sup>	5.50 ±0.44 <sup>ABb</sup>	4.65 ±0.73 <sup>Aa</sup>	5.46 ±0.28 <sup>ABb</sup>
	42	7.04 ±0.55 <sup>Cd</sup>	6.68 ±0.63 <sup>BCbcd</sup>	5.97 ±0.75 <sup>ABCbc</sup>	5.50 ±0.74 <sup>Aa</sup>	5.11 ±0.31 <sup>Aa</sup>	5.79 ±0.38 <sup>ABab</sup>

表 6 桉树精油添加水平与抗氧化机能指标的二次回归分析结果

Table 6 Quadratic regression analysis results of eucalyptus essential oil supplemental level and antioxidant function indices

项目 Items	日龄 Days of age	回归方程 Regression equation	P 值 P-value	$R^2$	最适添加水平 Optimal supplemental level (x)/(mg/kg)	最佳效应 The best effect (y)
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	21	$y = 0.009 6x^2 + 2.901 7x + 868.28$	0.007	0.96	151.13	1 087.55
	42	$y = -0.009 1x^2 + 1.699 6x + 951.94$	0.090	0.80	93.38	1 031.30
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	21	$y = -0.000 5x^2 + 0.205 6x + 112.50$	0.194	0.81	205.60	133.64
	42	$y = -0.001 2x^2 + 0.333 9x + 122.71$	0.045	0.95	139.12	145.93
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	21	$y = 0.000 2x^2 - 0.058 5x + 8.596$	0.126	0.75	188.00	4.96
	42	$y = 0.000 3x^2 - 0.075 9x + 9.726$	0.087	0.80	158.57	5.44



随着桉树精油添加水平的升高, 21 和 42 日龄肉鸡血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性均呈现逐渐上升然后下降趋势, 血清 MDA 含量则呈现逐渐下降然后上升趋势。桉树精油添加水平与抗氧化机能指标的二次回归分析结果(表 6)表明, 饲料中桉树精油的添加水平分别为 151.13、205.60 和 188.00mg/kg 时, 21 日龄肉鸡可获得最高血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性以及最低血清 MDA 含量;饲料中桉树精油的添加水平分别为 93.38、139.12 和 158.57mg/kg 时, 42 日龄肉鸡可获得最高血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性以及最低血清 MDA 含量。

### 3 讨论

#### 3.1 不同桉树精油添加水平对肉鸡生长性能的影响

据报道, 天然 1,8-桉树脑存在于 200 余种天然植物挥发油中, 是迷迭香精油、百里香精油以及桉树精油的主要组成部分[11-13]。刘大林等[14]研究表明, 饲料添加迷迭香精油对京海黄鸡生长性能无显著影响;Mueller 等[15]研究表明, 饲料添加 0.15g/kg 的百里香和迷迭香精油, 有提高罗斯 308 肉鸡体增重和饲料转化率的趋势;朱晓磊等[16]研究表明, 在饲料中添加百里香精油可显著提高 22-42 日龄麻花鸡平均日增重, 降低料重比;Mathlouthi 等[17]研究表明, 基础饲料中添加 100mg/kg 迷迭香精油(含 49.99%的 1,8-桉树脑)、50mg/kg 迷迭香和 50mg/kg 牛至精油混合物、1000mg/kg 的市售精油混合物(主要成分为肉桂醛和 1,8-桉树脑), 肉鸡体增重和饲料转化率均显著高于无添加的对照组, 作用效果等同于抗生素对照组(添加阿维霉素促生长剂), 因此认为上述精油均可以替代生长促进剂类抗生素;Nameghi 等[18]也报道, 饮用水中添加 150mg/L 混合物精油(由百里香精油、薄荷油和桉树精油组成)可显著提高罗斯 308 肉鸡的体增重和饲料转化率;Al-Fataftah 等[19]报道, 与对照组相比, 在 AA 肉鸡饮用水中添加 100mg/L 的桉树提取物能够显著提高体增重, 降低料重比;Barbour 等[20]研究表明, 在饮用水中添加主要成分为 1,8-桉叶醇和  $\alpha$ -蒎烯的桉树和薄荷油的商品混合物显著提高了肉鸡的生长性能;Mashayekhi 等[21]研究表明, 饲料添加 0.5%的桉叶粉显著提高了罗斯 308 肉鸡 26-42 日龄和 1-42 日龄的体增重, 降低了料重比。本试验结果表明, 饲料添加 50-125mg/kg 的桉树精油可显著提高 1-21 日龄肉鸡的平均日增重, 显著降低料重比;饲料添加 100mg/kg 桉树精油可显著提高 1-42 日龄肉鸡平均日增重, 显著降低料重比。本试验所用桉树精油的主要成分为 1,8-桉树脑, 其可能是改善肉鸡生长性能的主要活性物质, 其促生长作用机制有待进一步研究。

#### 3.2 不同桉树精油添加水平对肉鸡免疫机能的影响

免疫器官指数是衡量肉仔鸡免疫功能的指标之一[22]。朱晓磊等[23]研究表明, 百里香精油提高了麻花鸡的胸腺指数, 但脾脏指数降低;Nameghi 等[18]也报道, 随着饮水中百里香、薄荷和桉树精油添加水平提高, 罗斯 308 肉鸡血清中新城疫抗体效价呈线性增长, 并且当饮水中添加 150mg/L 百里香、薄荷和桉树精油的混合精油时显著提高了罗斯 308 肉鸡胸腺和法氏囊指数;Mashayekhi 等[21]研究表明, 饲料添加 0.5%的桉叶粉显著提高了罗斯 308 肉鸡的法氏囊指数;但熊娟等[24]研究表明, 植物精油(肉桂醛、香芹酚、百里香酚、丁香酚、薄荷和桉叶油)与酸化剂(主要由柠檬酸、乳酸、磷酸及富马酸等组成)组合对肉仔鸡胸腺指数以及



脾脏指数均无显著影响。本试验结果表明，饲料添加 50-150mg/kg 桉树精油可使肉鸡脾脏指数、法氏囊指数和血清新城疫抗体效价略高于对照组，但无统计意义上的差异显著性，这可能是本试验所用的添加水平未达到显著提高上述免疫指标所需剂量，有关桉树精油对其他免疫指标的影响及其作用机制有待进一步研究。

### 3.3 不同桉树精油添加水平对肉鸡抗氧化机能的影响

研究表明，植物精油具有较强的抗氧化作用，可以减少因氧化应激导致的细胞凋亡和损伤[22]。王兰等[25]研究表明，使用 200mg/kg 百里香酚、丁香酚和肉桂醛组成的复合精油可以显著提高肉鸡血清 T-SOD 活性；刘大林等[14]研究表明，150mg/kg 的迷迭香精油显著提高了京海黄鸡血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性，显著降低了血清 MDA 含量；Mueller 等[15]研究表明，饲料添加 0.15g/kg 的姜油、牛至油、百里香和迷迭香精油可提高罗斯 308 肉鸡空肠和肝脏的 Trolox 当量抗氧化能力，并减少二价铁离子(Fe<sup>2+</sup>)诱导的肝脏脂质过氧化作用；Ahlem 等[26]研究表明，在小鼠饮水中添加桉叶提取物，能够提高肝脏和肾脏中过氧化氢酶、T-SOD 和 GSH-Px 的活性，降低脂质过氧化水平。El-Ghorab 等[27]研究表明，采用水蒸气蒸馏法从赤桉叶中提取的精油抗氧化效果显著，可作为天然抗氧化剂。此外，据报道，1,8-桉树脑、樟脑和 β-蒎烯等成分相互协同作用，能更好地发挥抗氧化活性[28]；五味子精油中含有少量 1,8-桉树脑成分[29]；而五味子精油能够上调成肌细胞核因子 E2 相关因子 2(Nrf2)的蛋白表达，从而提高抗氧化酶活性，降低动物机体氧化损伤[30]。有关桉树精油对肉鸡抗氧化机能的影响研究报道较少。本试验结果表明，饲料添加一定量的桉树精油显著降低了肉鸡血清 MDA 含量，显著提高肉鸡血清 GSH-Px 和 T-SOD 活性，这说明桉树精油能够提高肉鸡抗氧化能力，其提高抗氧化酶活性的分子作用机制有待进一步研究。

## 4 结论

4.1 在饲料中添加适宜水平的桉树精油可显著提高笼养白羽肉鸡生长性能和抗氧化机能。

4.2 饲料添加 50-125mg/kg 桉树精油可显著提高 1-21 日龄肉鸡生长性能，饲料添加 100mg/kg 桉树精油可使 1-42 日龄肉鸡获得最佳的生长性能；饲料添加 50-150mg/kg 桉树精油可显著提高 21 日龄肉鸡抗氧化机能，饲料添加 75-150mg/kg 桉树精油可显著提高 22-42 日龄肉鸡抗氧化机能；饲料添加 50-150mg/kg 桉树精油有提高肉鸡免疫器官指数和血清新城疫抗体效价的趋势。

4.3 结合回归结果综合分析，笼养白羽肉鸡饲料中桉树精油适宜添加水平为 105.00mg/kg。

**参考文献：**因篇幅有限，此处略



## 日粮中添加植物提取物（百健宝）对肉鸡生长性能和肉质的影响

现代肉鸡生产是一个充满竞争的产业，生产者不仅要努力提高肉鸡的生产效率，还要考虑提供优质的鸡肉产品质量。同时要达到这两个目标，必须实施一个良好的肉鸡管理系统。

现代的肉鸡品种，为我们提供了在很短的饲养周期内快速生长的遗传潜力。但是令人遗憾的是，基于对高生长速度的选育方案，往往没有考虑到鸡肉的品质指标。在肉鸡整个生产工序中，鸡肉品质已经显得越发重要，因为它能够给生产者带来更高的利润。所以有必要实施一个附加的步骤，帮助肉鸡生产者能同时获取两方面的利益。

### 肉鸡的代谢速率

现代肉鸡的特征是具有很高的代谢速率，在短期内（42日龄）增重超过初始体重的50倍以上。肉鸡的高代谢率，通常会引起一些代谢性疾病。最常见的代谢病就是肉鸡的猝死症和腹水症，已经证实它们与肉鸡的高代谢速率有很强的相关性。在全球范围内显示了肉鸡的高代谢速率正导致了肉鸡高死亡率的发生。

### 鸡肉品质

现在越来越多的关注鸡肉品质，已经成为全球范围内的一个趋势。由于不同等级和品质的鸡肉在价格上的差异，因此在肉鸡产业中，鸡肉的品质已成为一个非常重要的指标。

要获得高质量的鸡肉品质，通常受到肉鸡饲养管理和营养因素的限制。

1.肉鸡饲养的时间越长，鸡肉的品质越好，但是饲养成本越高，因为饲养周期延长后肉鸡耗料更多，从而饲料转化效率下降。

2.在自然的条件下饲养肉鸡，增加肉鸡活动量和活动范围。通常饲养肉鸡的福利水平越高，其鸡肉品质会越好。

3.在肉鸡饲料方面寻找解决方案，可以改善鸡肉品质。

植物提取物，是从植物中提取的功能性成分原料（复合植物精油），因为其功能性成分的化学性质，已表明可以发挥出很多生物学活性。许多研究证实了复合植物精油的抗菌功能，此外也表明，植物精油通过抗氧化作用，可以明显改善鸡肉的品质。

为了探寻现代肉鸡生产的新概念，我们使用植物提取物饲料添加剂（Biomini® P.E.P. MGE，百健宝），为了验证其在肉鸡促生长和改善肉质两方面的功能，进行了试验研究。试验在一个饲养条件高度优化的肉鸡场进行，标准的肉鸡群被分成两组，对照组饲喂肉鸡标准商业日粮，试验组在肉鸡商业日粮的基础上，添加了100g/t的植物提取物。试验期间是0-42日龄，饲喂方式是自由采食。

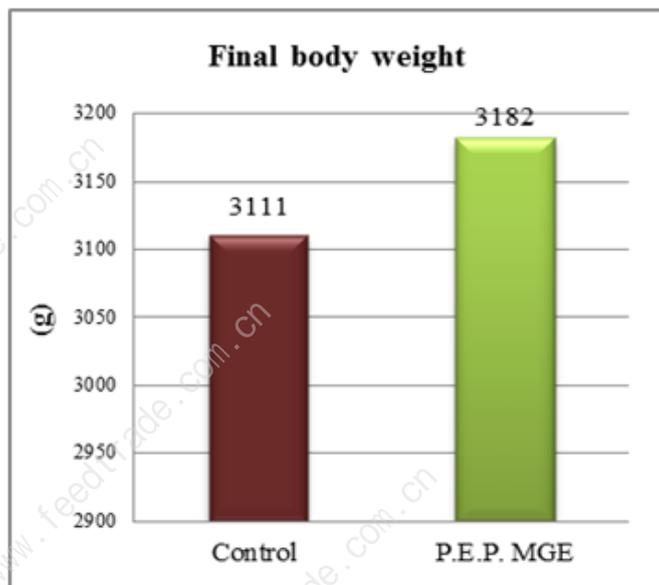


图 1. Biomin® P.E.P. MGE 对改善肉鸡出栏体重的效果

如图 1 所示，尽管对照组获得很高的 42 日龄体重，但是试验组的期末体重，还是比对照组高出了 2%。这个结果表明，标准肉鸡的生长潜能还是有一定的改善空间，而且这个生长潜能的改善是通过提高对营养物质的消化吸收率来实现的。

图 2 的结果表明，添加植物提取物的试验组，在对于肉鸡的饲料转化率方面有轻微的改善。这两组 FCR 的差异不太大，因为对照组的 FCR 值已经很低了。

对照组显示了较高的死淘率（图 3），是因为肉鸡较高的代谢速率。而添加植物提取物的试验组，比对照组降低了 50% 的死淘率。这表明植物提取物减轻了肉鸡在快速生长过程中所面临的高代谢速率的压力。

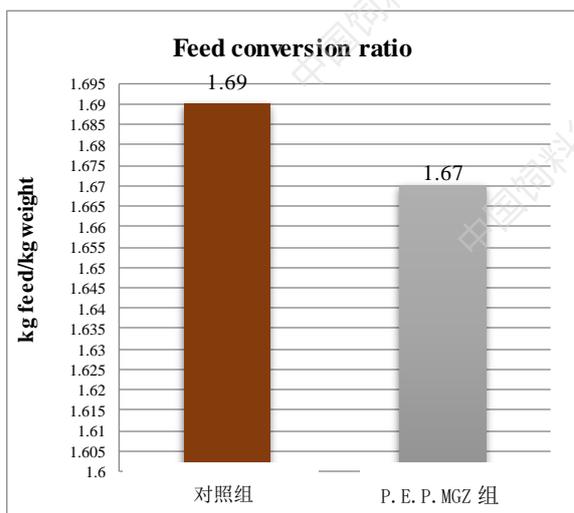


图 2. Biomin® P.E.P. 对改善肉鸡饲料转化率的效果

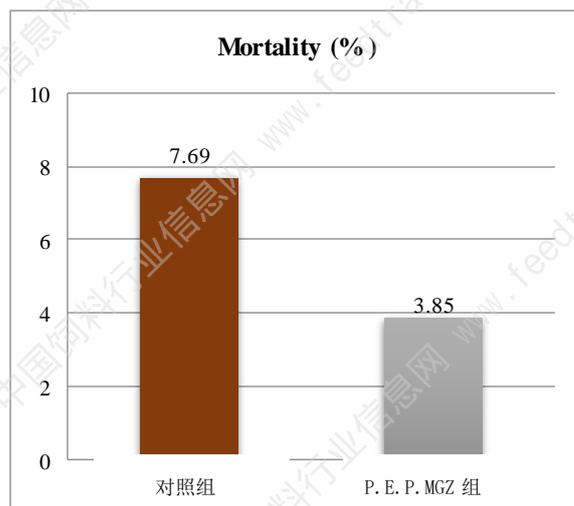


图 3. Biomin® P.E.P. 对改善肉鸡死淘率的效果



有趣的是，试验结果也显示了添加植物提取物，在肉质方面表现了明确的改善效果，试验组明显改善了胸肉的嫩度和综合可接受度。此外，试验组鸡群的腿肉外观评分和多汁度也有了明显改善。

表 1. Biomin® P.E.P.对于肉鸡鸡肉品质的改善效果

	外观	风味	嫩度	多汁度	综合可接受度
<b>胸肉</b>					
对照组	4.19	4.06	3.58 <sup>b</sup>	4.08	4.02 <sup>b</sup>
<b>Biomin® P.E.P.组</b>	4.38	4.52	<b>4.12<sup>a</sup></b>	4.04	<b>4.52<sup>a</sup></b>
SEM	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08
<b>腿肉</b>					
对照组	4.90 <sup>ab</sup>	4.50	5.28	4.64 <sup>b</sup>	5.00
<b>Biomin® P.E.P.组</b>	<b>5.12<sup>a</sup></b>	4.88	5.72	<b>5.60<sup>a</sup></b>	5.46
SEM	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08

<sup>a,b</sup> 差异显著( $P < 0.05$ )

该试验的所有结果表明，即使是在优化的饲养条件下获得很高生产性能的鸡群，在添加了植物提取物添加剂（百健宝）后，也还是能改善出栏体重和饲料转化率。植物提取物在很大程度上明显改善了肉鸡的死淘率，这表明即使在优化的饲养条件下，肉鸡较高的死淘率还是不可避免，给肉鸡生产者带来经济损失，而添加了植物提取物可以一定程度地降低经济损失。研究表明，植物提取物饲料添加剂百健宝，有助于提高肉鸡的生产性能，同时还改善了鸡肉的品质。

## 在肉鸡上应用百优酸和百禽康替代抗生素和减少沙门氏菌发生的研究

**试验目的：**研究在肉鸡料添加一定比例的百优酸和百禽康后对于替代抗生素以及减少沙门氏菌发生的影响

**试验单位：**百奥明

**试验产品：**百优酸：由精选的有机酸、植物提取物、独特透化剂和缓释载体组成；百禽康：一种定义明确、家禽特异的、多菌属的合生元产品（百奥明生产提供）

**试验设计和试验处理：**

动物数量：18 栋鸡舍合计 360,000 只肉鸡，实验两个组，每个处理 9 栋鸡舍，每栋 20000 只鸡

对照组：标准日粮+维吉尼亚霉素 10ppm(0-21 天)+阿维拉霉素 16.5ppm(22-42 天)

试验组：标准日粮+百禽康饮水（20g/1000 只鸡/第 0 天）+百禽康 1kg/吨(1-21 天)+百优酸 1kg/吨(22-45 天)

实验周期：45 天，包含停药期：3 天

**试验结果：**

### 1.对生产性能参数的影响



### 1.1 添加百优酸和百禽康对肉鸡末重的影响

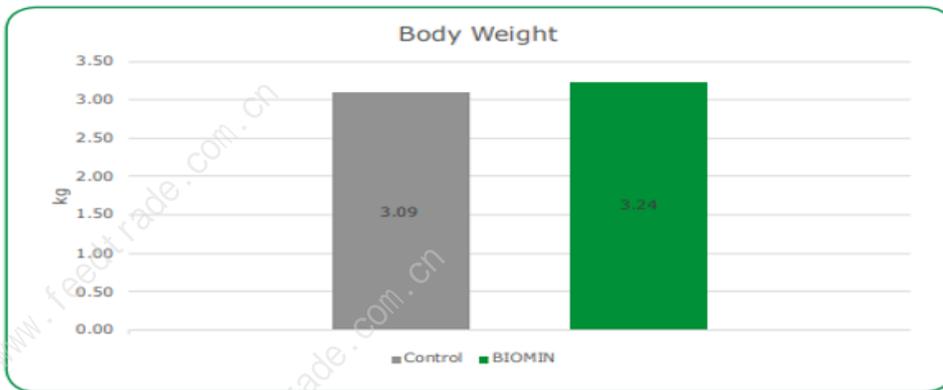
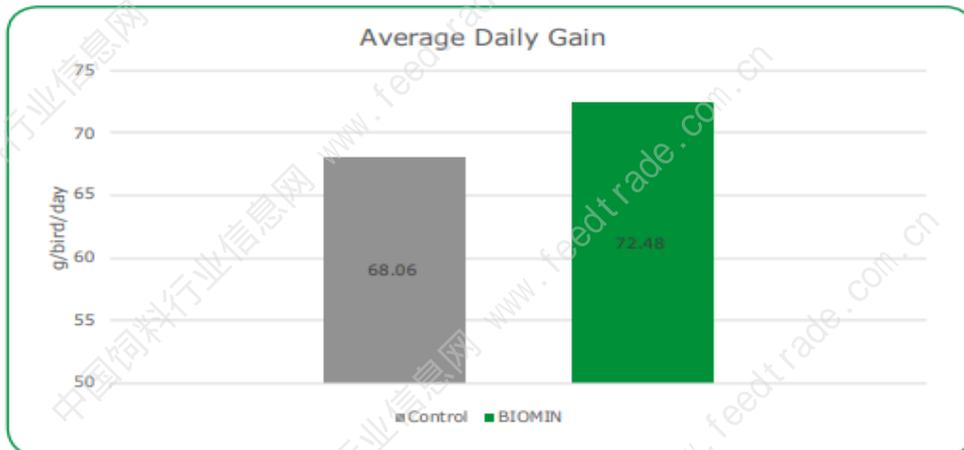


Figure 1. Average body weight (kg) at the end of the trial

由上图 1 可知：末重方面：相比对照组，试验组肉鸡末重增加 0.15kg，增加幅度为 4.85%。

### 1.2 添加百优酸和百禽康对肉鸡平均日增重的影响



由上图 Figure 2. Average daily gain (g/bird/day)

幅度为 6.49%。

### 1.3 添加百优酸和百禽康对肉鸡料肉比的影响

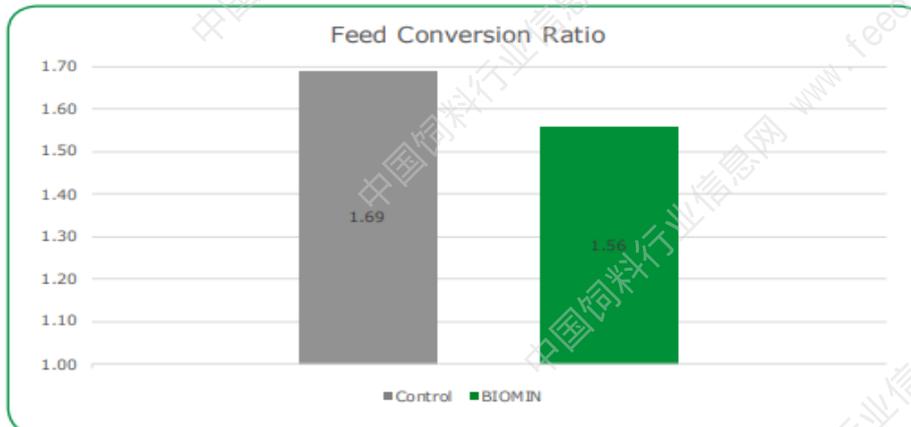


Figure 3. Average feed conversion ratio for the whole trial period

由上图 3 可知：料肉比方面：相比对照组，试验组料肉比降低 0.13 个点，降低幅度为 7.69%。

### 1.4 添加百优酸和百禽康对肉鸡死亡率的影响

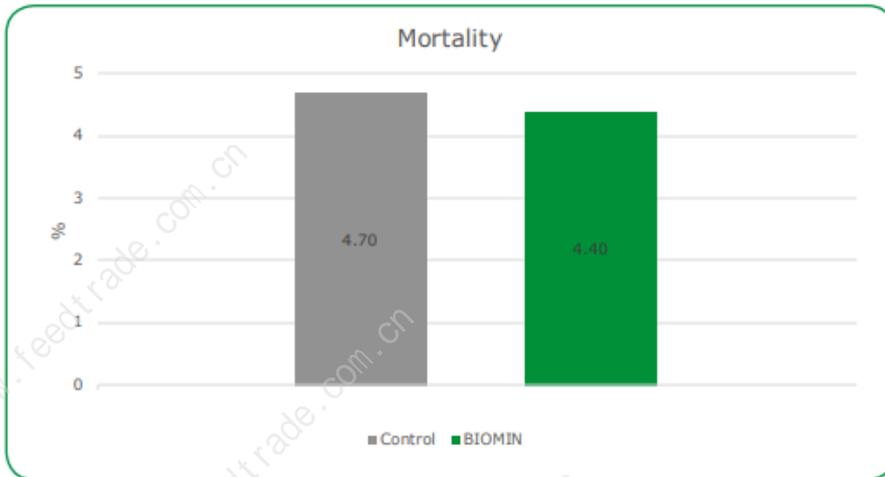


Figure 4. Percentage mortality

由上图 4 可知：死亡率方面：试验组表现出更低的死亡率，相比对照组 4.7% 的死亡率，试验组死亡率为 4.4%，下降幅度为 6.38%，意味着出栏肉鸡数量增加 540 只。

### 1.5 添加百优酸和百禽康对肉鸡酮体损失率的影响

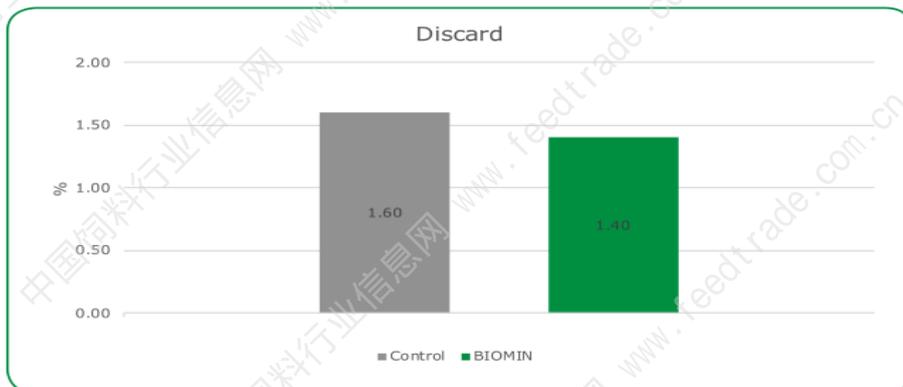


Figure 5. Percentage carcass discards

由上图 5 可知：酮体损失率方面：试验组表现出更低的损失率，相比对照组 1.6% 的损失率，试验组的损失率为 1.4%，下降幅度为 12.5%。

### 1.6 添加百优酸和百禽康对肉鸡出栏日龄的影响



Figure 6. Days-to-market



由上图 6 可知：出栏日龄方面：达到同样的出栏体重，对照组所需要的饲养天数为 45.4 天，而试验组饲养天数为 44.7 天，相比对照组，实验组饲养天数降低接近 1 天。

### 1.7 添加百优酸和百禽康对肉鸡欧洲效益指数的影响

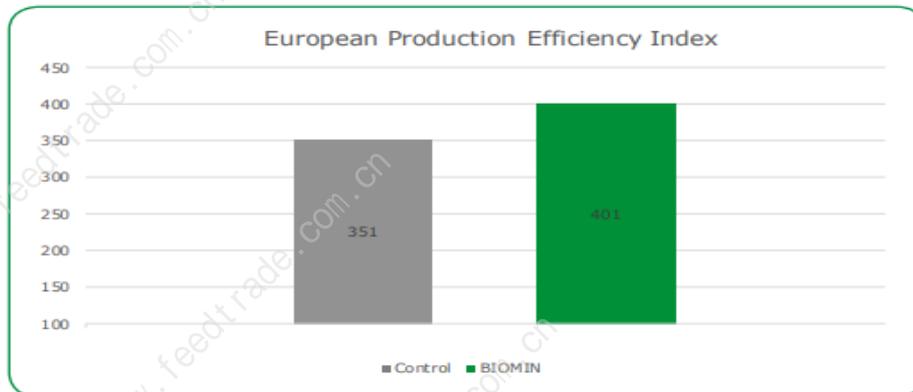


Figure 7. European production efficiency index (EPEI)

由上图 7 可知：欧洲效益指数：相比对照组 EPEI 值 351，试验组欧指更高，试验组 EPEI 值为 401，应用百优酸和百禽康后，EPEI 增加幅度为 14.25%。

### 2.对肉鸡沙门氏菌阳性率的影响

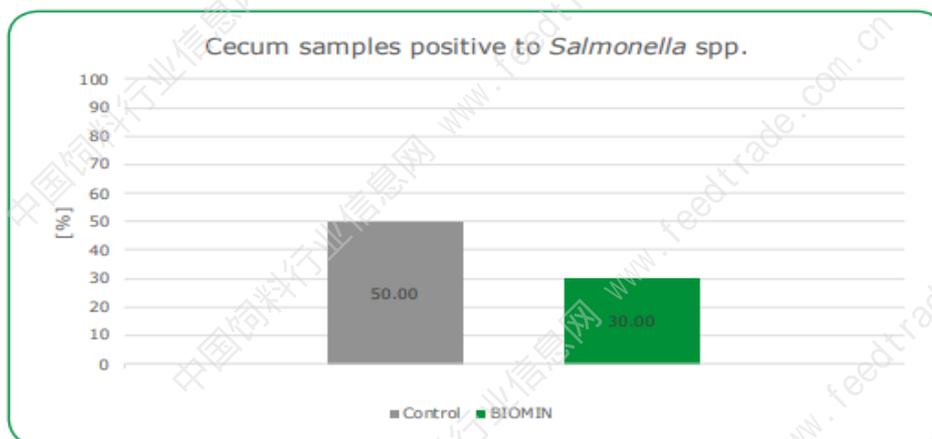


Figure 8. Percentage of cecum samples that tested positive for Salmonella spp.

由上图 8 可知：沙门氏菌微生物分析结果显示：对照组中盲肠样本中沙门氏菌属阳性检出率更高，结果显示有 50% 的样本被检出阳性，而试验组阳性样本检出率为 30%，降低幅度为 20%。添加百优酸和百禽康有助于降低沙门氏菌阳性检出率。

### 3.经济效益分析

		对照组	实验组
销售收入*	€	371,041.02	390,277.44
饲料成本	€	256,250.71	252,695.01
收入	€	114,790.31	137,582.43
净收入	€		22,792.12
净收入/每只鸡	€/只		0.13



投入产出比	ROI		6.16
收支平衡点	g/只		31.00

\*肉鸡价格指参考实验时肉鸡价格

### 试验结论:

应用百优酸与百禽康组合可以改善肉鸡肠道健康，最终表现出更好的生产性能，不仅在末重和料肉比表现出较大的优势，达到同样的出栏体重饲养日龄降低，死亡率也有降低，综合生产性能参数，试验组欧指更高。对经济效益分析可以发现，使用百优酸和百禽康的组合，其 ROI 达到 6.16。

基于盲肠样品沙门氏菌属阳性检出率的结果，应用百优酸与百禽康组合可以降低盲肠样本沙门氏菌阳性检出率，降低比例为 20%，同时，结果显示试验组阳性检出率也有 30%，在干预措施中实施一种手段不足以降低沙门氏菌的流行，采用一些生物安全措施是必要的。在家禽生产过程中，运用多科学方法是应对沙门氏菌感染的唯一措施。



# Biomin® *Trials*



## PoultryStar® and Biotronic® Top3

**The efficacy of PoultryStar® and Biotronic® Top3 in replacing an antibiotic program and reducing *Salmonella* spp. occurrence in the ceca of broilers on a commercial farm in Latin America**

Location: Field trials, Latin America

### Aim of the Trial

The aim of the study was to investigate the effect of using PoultryStar® and Biotronic® Top3 on performance parameters and *Salmonella* spp. occurrence in the ceca of broilers on a commercial broiler farm.

### Trial Design

A commercial farm in Latin America was used for the field evaluation. 18 poultry houses were selected and 360,000 broilers were used in the evaluation. Nine poultry houses, each with a capacity of 20,000 broilers, were used per treatment, giving a total of 180,000 broilers per treatment. The poultry houses were equipped with automatic feeding systems and water was supplied *ad libitum*. The poultry houses had lateral, roll-up plastic curtains and used recycled litter, a common practice in Latin America. One-day-old male broiler Cobb birds were used. A description of both groups is shown in *Table 1*.

[www.biomin.net](http://www.biomin.net) BIOMIN Trials



Biotronic® product line

Table 1 - Study Design

Groups	Description
Control	Broiler standard formulation (SF) + Virginamicin 10 ppm (day 0 – 21) + avilamycin 16.5 ppm (day 21 – 42)
BIOMIN	Control diet + PoultryStar® sol (20 g/1000 birds on day 0) + PoultryStar® 1 kg/t (day 1 – 21) + Biotronic® Top3, 1 kg/t (day 22 – 45)

The birds received a pelleted corn-soybean basal diet

Performance parameters

The following parameters were measured and calculated for the total duration of the study:

- Body weight (BW)
- Average daily gain (ADG)
- Feed conversion ratio (FCR)
- European Production Efficiency Index (EPEI)

Salmonella in ceca samples

At the end of the production cycle, 20 birds per poultry house (a total of 180 broilers per treatment) were euthanized and ceca samples were collected for the determination of positivity to Salmonella spp.

Results and Discussion

Performance parameters

Figure 1 shows an overview of the average BW of broilers in each group. An increase of 4.85% (+0.15 kg) in average BW was observed for the BIOMIN group (BW 3.24 kg) compared with the control group (BW 3.09 kg) at the end of the trial.

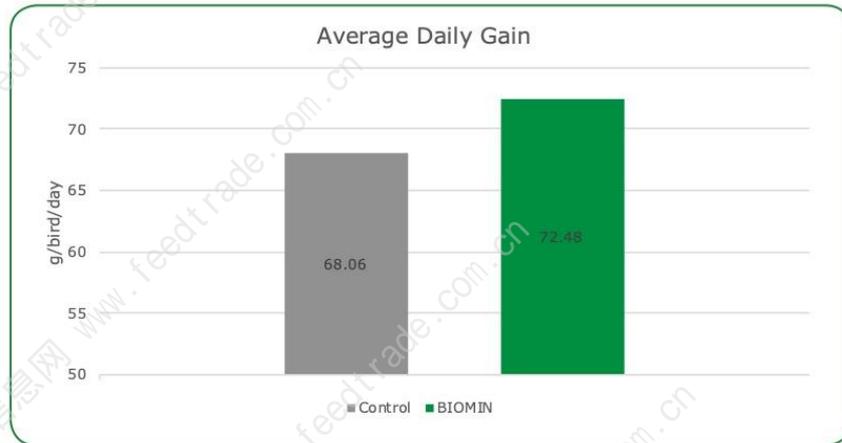


Figure 1. Average body weight (kg) at the end of the trial



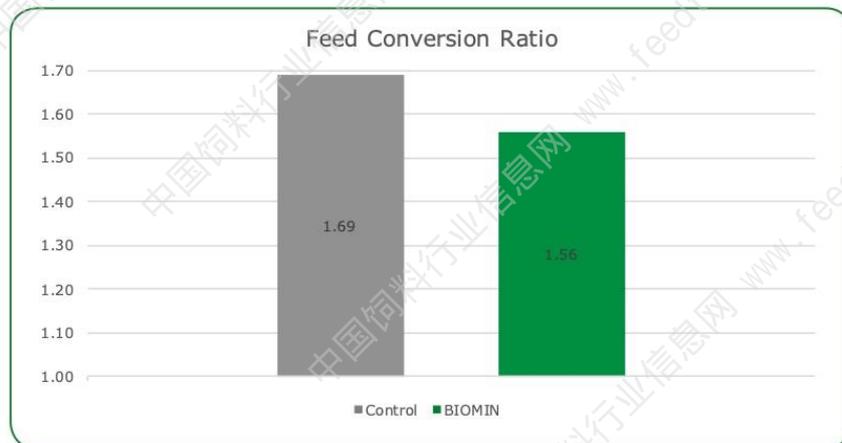
Biotronic® product line

Average daily gain data obtained for the whole production period is shown in *Figure 2*. ADG in the BIOMIN group was 72.48 g, which means an increase of 6.49% (+4.42 g) when compared with the control group (68.06 g).



**Figure 2.** Average daily gain (g/bird/day)

*Figure 3* shows the average FCR for the whole production period. The values are corrected for mortality. The FCR in the BIOMIN group was 1.56, representing a reduction of 7.69% (-0.13 points) compared with the control group (FCR 1.69).



**Figure 3.** Average feed conversion ratio for the whole trial period



Biotronic® Top3

Figure 4 shows the average mortality in both groups. Lower mortality was observed in the BIOMIN group (4.40%) compared with the control group (4.70%). The difference represents a reduction of 6.38% in mortality, or 540 more broilers marketed with the BIOMIN program.

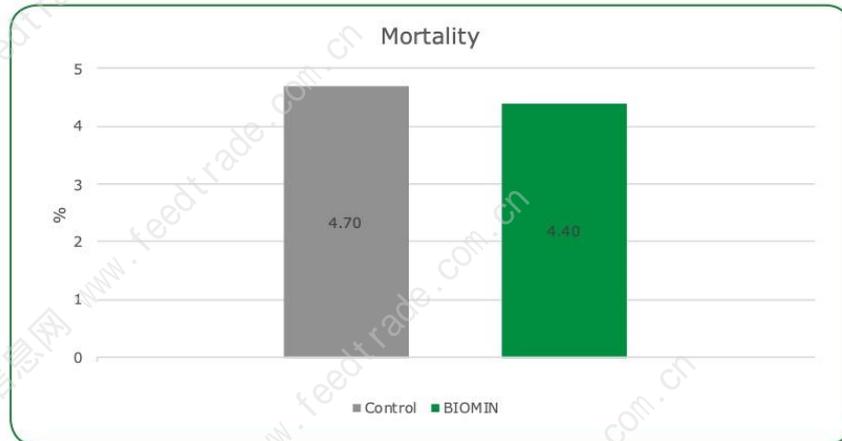


Figure 4. Percentage mortality

In addition to mortality, there was a reduction in the number of discarded carcasses at the slaughterhouse for the BIOMIN group (1.40%) compared with the control group (1.60%; Figure 5). The difference represents a 12.5% reduction in discards when using the BIOIMIN program.



Figure 5. Percentage carcass discards



Biotronic® Top3

A reduction in days-to-market was achieved with the BIOMIN program (Figure 6). The BIOMIN group took an average of 44.70 days to reach market weight compared to the control group, which took an average of 45.40 days. The difference represents a reduction of approximately 1 day.

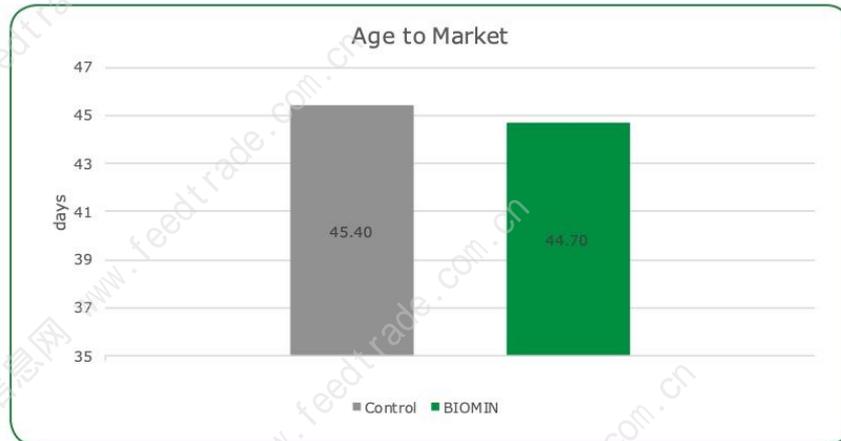


Figure 6. Days-to-market

The EPEI was calculated for each group and compared (Figure 7). The BIOMIN program helped to increase the EPEI of the production units. The BIOMIN group had an EPEI of 401 compared to the EPEI of the control group which was 351. This difference represents an increase of 14.25% in the EPEI due to implementation of the BIOMIN program.

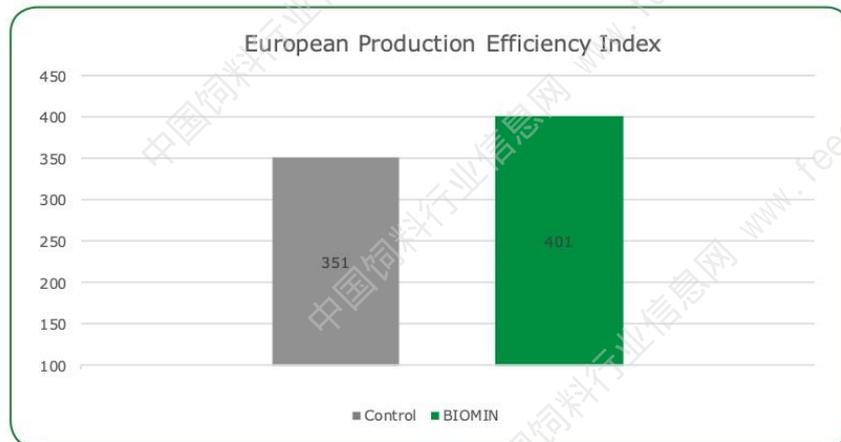


Figure 7. European production efficiency index (EPEI)



Biotronic® Top3

The results of the microbiological analysis for *Salmonella* spp. in the cecum are presented in Figure 8. The production units showed a high percentage of samples positive to *Salmonella* spp. In the control group, 50% of samples were positive compared to only 30% in the BIOMIN group. The implementation of the BIOMIN program helped to reduce the number of samples that tested positive to *Salmonella* spp. by 20%.

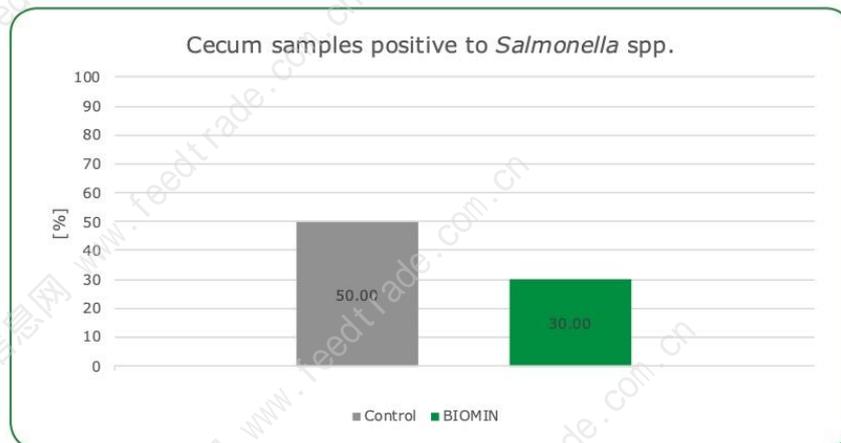


Figure 8. Percentage of cecum samples that tested positive for *Salmonella* spp.

## Cost-benefit analysis

A cost-benefit analysis was carried out to evaluate the economic effect of using the feed additives in this trial (Table 2).

Table 2 - Cost-benefit analysis of the study groups

Broiler price\* = US\$ 0.70/kg live weight; Feed price\* = US\$ 290/kg

		Control	BIOMIN
Revenue from sales	€	371,041.02	390,277.44
Total feed cost	€	256,250.71	252,695.01
Revenue - feed cost	€	114,790.31	137,582.43
Net income	€		22,792.12
Net income per bird	€/bird		0.13
Return on investment	ROI		6.16
Breakeven	g/bird		31.00

\*Refers to spot prices taken from the trial period which may differ from current prices



## Conclusion

The strategic use of probiotics (PoultryStar®) combined with an organic acid based additive (Biotronic® Top3) helped to improve the production efficiency of broiler production. The BIOMIN program implemented aimed to improve the gut health of the broilers, to ultimately result in better performance parameters. The implementation not only helped to improve average BW and FCR, but also reduced the days-to-market of the broilers. Mortality in the poultry houses receiving the BIOMIN program was reduced. Additionally, a reduced number of carcass discards at the slaughterhouse was noted. The overall improvement in performance parameters led to the optimization and improvement of the EPEI for the production units receiving the BIOMIN program.

The prevalence of *Salmonella* spp. in the cecum was high in all production units. This fact was well known by the producer who was seeking strategies to reduce the prevalence. The BIOMIN program can serve as a tool to help poultry producers reduce the challenge of Gram-negative bacteria such as *Salmonella* spp. A 20% reduction in the number of ceca samples that tested positive for *Salmonella* spp. was observed with the implementation of the BIOMIN program. However, the prevalence was still high at 30% of samples that tested positive. Implementing one tool in a one-time intervention strategy is not sufficient to reduce the prevalence of *Salmonella* spp. to minimum levels. Additionally, several biosecurity measures would be necessary in poultry operations in order to reduce the prevalence of *Salmonella* spp. A multidisciplinary approach is the only way to deal with the challenge of *Salmonella* spp. in poultry operations.

The economic analysis in Table 2 showed that a breakeven of 31 g/bird was necessary and the return of investment achieved was ROI 6.16:1. The implementation of the BIOMIN program was feasible, bringing economic benefits to the producer.



Biotronic® Top3

# Biotronic® Top3

the breakthrough  
in pathogen control!

The **Permeabilizing Complex™** blend in Biotronic® Top3 weakens the outer membrane of Gram-negative bacteria, thus boosting the synergistic effect of its components, the organic acids and the phytochemical.

biotronic3.biomin.net

Naturally ahead

**Biomin®**

# PoultryStar®

Healthy gut –  
strong chick!

- Effective and poultry-specific
- Well-defined, multi-genus synbiotic
- Patented and EU REGISTERED
- Allowed in organic production
- No negative side effects, no withdrawal period

poultystar.biomin.net

Naturally ahead

**Biomin®**

> IMPRESSUM

Publisher: BIOMIN Holding GmbH. Erber Campus 1, 3131 Getzersdorf, Austria, Tel: +43 2782 803-0, e-Mail: office@biomin.net, www.biomin.net

©Copyright: BIOMIN Holding GmbH, 2018. All rights reserved. Any kind of reprint, reproduction, or any other kind of usage – whether partially or to the full extent – only allowed upon prior written approval by BIOMIN Holding GmbH.

www.biomin.net BIOMIN Trials

TR\_BTR Top3+PS\_P\_EN\_LATAM01\_1218\_RBI



## 【仔猪篇】

### 水解单宁与复合酸化剂应用对断奶仔猪生长性能与肠道健康影响

#### 试验设计:

选取 108 头 28 日龄断奶仔猪，平均分成 3 个处理，每个处理 6 个重复，每个重复 6 头。

对照组(CON): 基础日粮

试验组 1(A): 基础日粮+复合酸化剂 5kg/t

试验组 2(A+T): 基础日粮+复合酸化剂 5kg/t+栗木单宁 800g/t

试验中栗木单宁使用斯洛文尼亚 Tanin 公司福美酚 ACO 产品；复合酸化剂采用（乳酸、磷酸、苯甲酸、柠檬酸）搭配。基础日粮参照营养水平进行常规基础日粮配方。

表 1 日粮营养水平(%)

营养水平	d1-28
消化能 Kcal/kg	3489
干物质	84.49
粗蛋白	17.9
有机物	94.77
钙	0.8
磷	0.33
赖氨酸	1.45
蛋氨酸	0.45
苏氨酸	0.89
色氨酸	0.22

#### 饲养管理:

试验仔猪采用高床饲养，半开放猪舍；自然通风，加机械通风，仔猪自由采食和饮水免疫和驱虫程序按猪场常规程序进。每 6:00 称量剩料饲料，并投喂新饲料、于每日 10:00、14:00 和 17:00 观察记录仔猪的健康状况和采食情况，并适当投喂饲料。

#### 生长性能:



每日 6:00 称量、记录各圈试验猪的剩料上和投料量，计算每头仔猪的全期平均日采食，试验仔猪于试验开始前测址初始重(IBW)，试验结束后 1d 早 8:00 称量空腹末重(FBW)，计算每头仔猪全期的平均日增重(ADG)；根据仔猪试验期的 ADFI 和 ADG 来计算料重比(F/G)。

#### 仔猪腹泻率：

采用 3 级评分制，0 分=正常粪便，1 分=软、半液状或水样粪便，2 分=硬便。每天观察试验猪肛门清洁度和粪便情况，并根据评分标准进评分和记录：

$$\text{腹泻率}(\%) = [\text{试验期内腹泻头数} / (\text{试验天数} \times \text{试验头数})] \times 100$$

#### 组织取样及测定方法：

于试验结束当天早上 9:00 从各处理组中随机选取 1 头试验仔猪屠宰后即剖开腹腔，分离胃、十二指肠、空肠、回肠、盲肠和结肠，分离出各肠段内容物。应用梅特勒的 FE20 型 pH 计测定 pH 值。立即于空肠中段截取 5cm 肠段，并用生理盐水轻轻冲洗，后用滤纸吸干水分，侵入到 10% 的福尔马林定液中固定 24h 以上。空肠样经同定、修整、脱水、包埋、切片(5 $\mu$ m)、染色(H.E.)后制作成组织切片，再用日本 Nikon 荧光生物显微镜，结合爱普图像处理分析软件测定绒毛高度(VH)、隐窝深度(CD)，并计算绒毛高度与隐窝深度的比值(VH/CD)。

#### 数据处理：

试验数据应用 Excel 处理和 SPSS 分析，进行 ANOVA 单因子方差分析和 Dunc.af1'S 多重检验，以 P<0.05 作为差异显著性判断标准。

#### 试验结果：

表 2 水解单宁与复合酸化剂对断奶仔猪的生长性能影响

项目	对照组	试验组 1 (A)	试验组 2 (A+T)
初重 (kg)	8.69±0.66	8.53±0.87	8.62±0.63
末重 (kg)	18.57±0.59 <sup>a</sup>	20.19±0.55 <sup>b</sup>	21.25±0.42 <sup>b</sup>
日均采食量 (g)	608.96±50.58	653.79±70.38	667.58±65.78
日均增重 (g)	352.85±6.57 <sup>a</sup>	416.43±5.79 <sup>b</sup>	451.07±8.98 <sup>b</sup>
料肉比	1.73±0.002 <sup>a</sup>	1.57±0.07 <sup>b</sup>	1.48±0.04 <sup>b</sup>

注：同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。

如表 2 所示，试验开始时各试验组的仔猪初始体重差异不显著，经过 28d 的试验后，与对比组相比，试验组 1 和试验组 2 的末重分别提高了 1.62kg 和 2.68kg，试验组 2 与对照组相比差异极其显著(P<0.01)。试验组 1 与试验组 2 日均增重提高了 18.01% 和 27.83%，试验组 2 差异极其显著(P<0.01)。

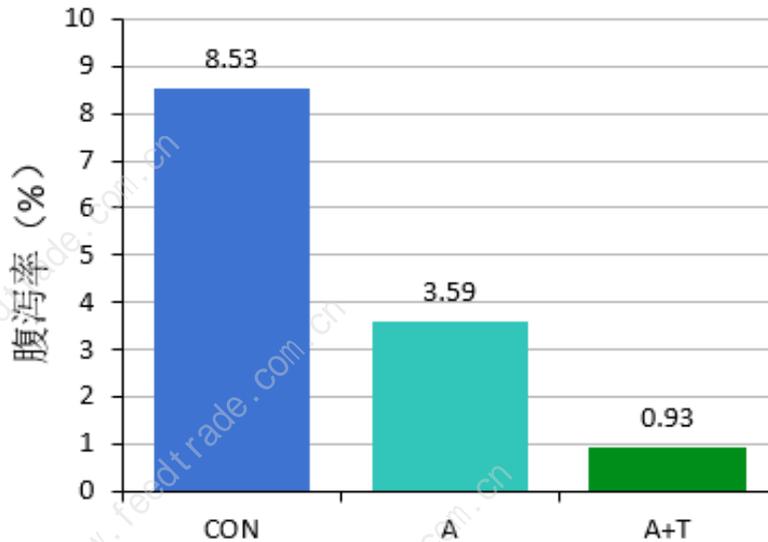


图 1 各试验组腹泻率

如图 1 所示，对照组没有使用酸化剂和单宁的情况下腹泻率达到 8.53。与对照组相比，试验组 1 与试验组 2 腹泻率有着显著的下降。特别是试验组 2 在使用单宁的同时在配合酸化剂的使用，腹泻率降低差异其显著(P<0.01)。

表 3 水解单宁与复合酸化剂对断奶仔猪空场绒毛高度和隐窝深度的影响

项目	对照组	试验组 1 (A)	试验组 2 (A+T)
绒毛高度 (μm)	431.67 ± 30.03 <sup>a</sup>	456.70 ± 22.40 <sup>a</sup>	476.44 ± 22.56 <sup>b</sup>
隐窝深度 (μm)	248.51 ± 23.21	244.65 ± 16.15	216.68 ± 13.12
VH/CD	1.74 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.87 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.20 ± 0.03 <sup>b</sup>

如表 3 所示，相比如对照组，试验组 1 和试验组 2 的空肠绒毛高度有增加的趋势，其中试验组 2 绒毛高度提升显著。隐窝深度也存在减少的趋势，但差异均不显著(P>0.05)。而各试验组的 VH/CD 存在极显著差异(P<0.01)。试验组 1 的 VH/CD 提高了 0.13，试验组 2 的 VH/CD 提高了 0.46。

### 讨论：

水解单宁酸能够为动物提供良好的肠道收敛，为仔猪的肠道发育与健康提供了显著保护作用，同时对常见的大肠杆菌、沙门氏菌、梭菌等有害菌都有良好的抑制作用，另外单宁的超强抗氧化性，在动物生长过程有效的阻断了自由基的产生，并对动物体内的自由基具有极强的清除作用，并能有效的阻止脂质过氧化反应，从而提高了动物整体生产性能。

复合酸化剂可通过降低动物胃肠道 pH 值，提高消化酶活性、减缓胃排空速度及调控胃肠道微生物菌群平衡等多种途径促进营养物质的消化吸收，从而促进动物生长。

在断奶仔猪上，由于猪的胃肠环境尚在建立阶段，酸化剂的使用降低了胃内 pH 值，由于 pH 值的降低，能有效的促进胃蛋白酶原的分泌，并激活更多的胃蛋白酶，有利于仔猪的营养消化的同时，因其较低的 pH



值环境让单宁在胃中基本不与蛋白质结合，水解单宁在低 pH 环境下少量水解，分解成为生物有着抗炎性和抗氧化性的小分子酸，同时当单宁达到肠道后与肠上皮细胞外的 MUC-2 结合，同时部分单宁作用于肠上皮细胞间的紧密连接，使得肠上皮细胞间更加紧致，减少了有害菌和毒素的渗入。

另外单宁在肠道中与有害菌细胞壁结合，改变了病原菌的细胞通透性，从而抑制病原菌的活性，由于单宁与蛋白质结合的特性，能够有效的防止生物膜的形成。

单宁对梭菌具有很强的抑制作用，特别是高产梭菌。高产氨梭菌（每小时可分解蛋白质 1.5kg）在肠道中不断分解饲料中的蛋白源，降低了动物蛋白的吸收，同时伴随着毒素和氨气的产生，这些都严重的影响动物的生长。使用单宁能让动物的蛋白利用率更高，降低了氨的产生，有效的降低了栏舍中氨的浓度，改善了养殖环境。

有机酸化剂起着单宁抗氧化性的增强剂的作用，能够让单宁的抗氧化能力更强，很好地保护了动物的肝脏和各器官的生理活性。

因此水解单宁使用过程中配合复合酸化剂，能够更好的为动物肠道健康，从而整体提高动物的生产性能。

## 福美酚对断奶仔猪生产性能、肠道形态和通透性及抗氧化性能影

### 试验设计：

选取 120 头（ $25\pm 1\text{kg}$ ）日龄“杜长大”断奶仔猪，根军体重、性别、健康状况等条件均衡分布为 4 组，每组 3 个重复，每个重复 10 头仔猪。

对照组：基础日粮

试验组 A：基础日粮+福美酚 ACO 500mg/kg

试验组 B：基础日粮+福美酚 ACO 1000mg/kg

试验组 C：基础日粮+福美酚 ACO 1500mg/kg

饲养试验在广东省某商业猪场进行，试验过渡期 2d，正式试验期 24d。其他按照该场正常的饲养管理和防疫流程进行。

### 饲养日粮：

试验日粮为玉米-豆粕型基础饲粮，其各项营养指标均可以满足断奶仔猪的硬要需求。

### 样品采集与处理：

在试验期内每天对猪的采食量、余料量、腹泻情况进行收集及记录。在试验第 24 天，每个处理随机选择 2 头仔猪，静脉采血，分离血清，待测抗氧化指标和肠道通透性指标；每个重复选取 1 头、每组共 3 头仔猪（体重接近窝平均体重），共屠宰 12 头仔猪，按照常规方法进行采样，分别采集十二指肠、空肠、回肠肠段格 2cm。

### 仔猪腹泻率：



采用 3 级评分制，0 分=正常粪便，1 分=软、半液状或水样粪便，2 分=硬便。每天观察试验猪肛门清洁度和粪便情况，并根据评分标准进评分和记录：

$$\text{腹泻率}(\%) = [\text{试验期内腹泻头数} / (\text{试验天数} \times \text{试验头数})] \times 100$$

表 1 日粮中添加福美酚对断奶仔猪生长性能与腹泻率影响

项目	对照组	试验组 A	试验组 B	试验组 C
处理方式	基础日粮	基础日粮+福美酚 500mg/kg	基础日粮+福美酚 1000mg/kg	基础日粮+福美酚 1500mg/kg
平均初重(kg)	7.67±0.22	7.65±0.31	7.66±0.48	7.62±0.39
平均末重(kg)	14.12±1.85 <sup>a</sup>	15.16±1.08 <sup>b</sup>	15.78±1.68 <sup>bc</sup>	16.28±1.91 <sup>bc</sup>
平均日增重(g)	268.82±18.91 <sup>a</sup>	312.91±19.95 <sup>b</sup>	338.76±18.96 <sup>b</sup>	360.83±10.38 <sup>bc</sup>
平均日采食量(g)	376.36±16.80 <sup>a</sup>	383.57±23.32 <sup>a</sup>	395.76±14.11 <sup>b</sup>	404.07±11.45 <sup>b</sup>
料肉比	1.40±0.15 <sup>a</sup>	1.23±0.15 <sup>b</sup>	1.17±0.05 <sup>bc</sup>	1.13±0.12 <sup>bc</sup>
腹泻率/%	4.98±0.49 <sup>a</sup>	2.36±0.21 <sup>bc</sup>	1.79±0.32 <sup>bc</sup>	1.64±0.10 <sup>bc</sup>

注：同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 (P<0.05)

如表 1 所示，相比对照组，试验 B 组在平均日增重、料肉比和腹泻率方面均有显著改善，平均日增重提高了 25.7%、料肉比和腹泻率分别降低了 15.8% 和 52.61%；试验 C 组与对照组相比腹泻率降低了 64.05%，料肉比降低了 18.71%，平均增重提高了 34.22%。

表 2 日粮中添加福美酚对断奶仔猪肠态影响

项目	组别	对照组	试验组 A	试验组 B	试验组 C
绒毛高度 μm	十二指肠	360.58±14.22	380.59±12.09	395.68±13.68	374.89±20.63
	空肠	341.72±20.66	367.63±21.30	383.55±12.18	383.55±16.88
	回肠	330.90±11.10	368.42±9.89	363.84±11.85	350.48±10.28
隐窝深度 μm	十二指肠	236.22±16.12	229.78±12.29	209.32±11.65	210.28±11.90
	空肠	196.33±11.96	184.83±9.82	190.28±5.33	174.86±13.78
	回肠	220.80±17.19	203.38±6.78	189.58±13.68	208.81±9.86
绒毛隐比	十二指肠	1.53±0.88	1.66±0.51	1.89±0.68	1.78±0.28
	空肠	1.74±0.3	1.98±0.42	2.01±0.57	2.23±0.15
	回肠	1.50±0.52	1.81±0.63	1.91±0.38	1.67±0.30



如表 2 所示, 与对照组相比, 试验 A、试验 B 组、C 组十二指肠分别提高了 5.55%、9.73%、3.97%; 试验 A、试验 B 组、C 组空肠分别提高了 7.58%、22.24%、14.12%; 试验 A、试验 B 组、C 组回肠分别提高了 11.67%、9.95%、5.92%。对于隐窝深度, 与对照组相比, 试验 A 组、试验 B 组、试验 C 组回肠显著降低 7.89%、14.13%、5.43%。

表 3 日粮中添加福美酚对断奶仔猪抗氧化性能影响

项目	对照组	试验组 A	试验组 B	试验组 C
处理方式	基础日粮	基础日粮+福美酚 500mg/kg	基础日粮+福美酚 1000mg/kg	基础日粮+福美酚 1500mg/kg
SOD/(U/ml)	38.29±2.57 <sup>a</sup>	42.18±1.65 <sup>b</sup>	44.57±2.36 <sup>b</sup>	45.12±2.13 <sup>b</sup>
GSH/(mg/l)	1.23±0.21	1.18±0.13	1.16±0.15	1.25±0.09
MDA/(nmol/ml)	2.58±0.17 <sup>a</sup>	2.08±0.26 <sup>b</sup>	1.81±0.48 <sup>b</sup>	1.72±0.19 <sup>b</sup>

如表 3 所示, 与对照组相比, 试验 A、B 组和 C 组的 SOD 水平显著提高(P<0.05), 分别提升了 10.15%、16.4%、17.84%; 试验 A、试验 B 和 C 组的 MDA 含量显著降低(P<0.05), 分别降低了 19.38%、29.84%、33.33%; 在 GSH 方面, 各组差异不显著(P>0.05)。

## 速康酸在仔猪保育阶段应用的试验总结

### 一、试验目的:

验证速康酸在不同添加水平下在改善仔猪腹泻、养殖成活率和生产性能的效果。

### 二、试验材料:

**速康酸:** 速康酸是一种复合有机酸化剂, 产品采用了杀菌能力强、挥发性低、缓释效果好的有机酸经过特殊工艺处理复合而成。可以有效抑制金黄葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏杆菌等有害菌, 防止拉稀, 并不产生抗药性; 产品具有适口性好, 可提高动物采食量, 促生长、降腹泻的功效。

**断奶仔猪:** 由某集团公司下属猪场提供。

### 三、试验设计:

选取 21 日龄左右、品种相同、平均窝重一致(不超过 50g 为宜)、健康仔猪 360 头, 随机均分为 3 组: 对照组、试验 1 组、试验 2 组, 每组 120 头, 3 个重复, 每个重复 40 头仔猪, 体重大体一致。21 日龄-25 日龄为预试期, 为方便操作, 猪只体重称量按自然转群时称重。具体如下表 1、表 2:

表 1 试验方法

组别	处理方法和剂量	试验阶段	试验仔猪头数
对照组	常规哺乳仔猪日粮	26 日龄-54 日龄	120 头



试验 1 组	常规哺乳仔猪日粮+3000g/T 速康酸	26 日龄-54 日龄	120 头
试验 2 组	常规哺乳仔猪日粮+5000g/T 速康酸	26 日龄-54 日龄	120 头

**表 2 样品需求**

试验组	产品	仔猪头数	产品方案	使用周期	仔猪采食量/头	产品总需求量
试验 1 组	速康酸	120	3000g/吨料	29 天	29kg	1740g
试验 2 组	速康酸	120	5000g/吨料	29 天	29kg	3480g
合计						5220g

备注：速康酸实验样品由上海邦成提供，并提供当批样品的检测报告。

#### 四、试验地点及日期

试验安排在某集团公司下属猪场进行，试验期 29 天，具体试验时间 2019 年 9 月 10 日开始到 10 月 8 日结束。

#### 五、饲养管理

按照该场日常饲养管理进行，免疫程序和疾病治疗根据该场规定进行。

#### 六、数据记录及效果评估指标

	初重	末重	平均日增重	平均日采食	料肉比	腹泻率
对照组	8.03	17.93	341.30	470.73	1.38	6.40%
	8.07	18.40	356.28	483.10	1.36	7.16%
	8.02	17.65	331.94	488.32	1.47	9.22%
	8.04±0.02	17.99±0.379	343.17±12.279	480.72±9.034	1.40	7.33%
5000ppm	8.03	19.06	380.21	518.84	1.36	5.09%
	8.02	18.11	347.70	478.37	1.38	4.60%
	8.01	19.59	399.00	532.04	1.33	4.12%
	8.02±0.01	18.92±0.749	375.64±25.955	509.75±27.970	1.36	4.57%
3000ppm	8.01	19.97	412.25	545.05	1.32	5.26%
	8.03	18.63	365.41	514.84	1.41	5.69%
	8.04	19.00	378.08	528.60	1.40	6.56%
	8.03±0.01	19.20±0.692	385.25±24.229	529.50±15.130	1.37	5.67%

由上表可知：

3000ppm 组与对照组相比，采食量提高了 9.5%，日增重提高 6%，饲料报酬改善 2.85%，腹泻率降低 37.65%；5000ppm 组与对照组相比，采食量提高了 12.26%，日增重提高 10%，饲料报酬改善 3.6%，腹泻率降低 22.6%。

#### 七、盈利分析

	仔猪售价	饲料消耗	速康酸成本	总盈利	头均利润	头均多盈利
对照组	228.89439	55.76352		173.13087	5.97003	



3000ppm	256.96175	61.422	15.3555	180.18425	6.21325	0.24322
5000ppm	250.55188	59.131	7.391375	184.029505	6.345845	0.375815

## 八、试验结论

- 1、速康酸能够改善饲料采食量、提高日增重、降低料肉比，并且随着添加量增加效果更加明显。
- 2、速康酸能够明显降低仔猪腹泻，5000ppm 添加量效果最好。
- 3、使用速康酸不增加饲料成本，还能实现盈利。
- 4、养猪实践经验可知，出生重 1 两，断奶重 1 斤，出栏重 10 斤。仔猪的增重改善，对生猪后期体重改善和缩短出栏时间有重要意义。

## 肽能 200 在保育猪上应用试验报告

### 一、试验目的

验证在保育猪日粮中使用肽能 200 等量替代鱼粉后，对仔猪成活率、腹泻率、发病率、日增重、采食量及料肉比等生产性能指标的改善效果。

### 二、试验材料

**肽能 200:** 肽能 200 是以大豆蛋白为原料，采用多种酶定向酶解和多种微生物发酵的联合技术，经深度酶解发酵，低温脉冲烘干后而得富含小肽、多种益生菌的功能性肽蛋白原料。能够显著改善饲料的消化吸收率和动物肠道健康，降低营养性腹泻，提高饲料报酬。

**保育猪:** 由上海邦成自有下属养殖场提供。

### 三、试验设计

选取品种相同、断奶日龄相近、平均窝重一致的同一栋舍健康仔猪 132 头，随机均分为 2 组：对照组、试验组,每组 66 头，采用交叉重复的方式，随机分为 3 个重复，每个重复 22 头仔猪。为方便操作，猪只体重按自然转群时称重，分重复记录采食量和体重。具体如下表 1:

图 1 舍内分组示意图



表 1 试验方法

组别	处理方法和剂量	试验阶段	试验仔猪头数
对照组	现用保育猪日粮	断奶-保育结束	66 头
试验组	现用保育猪日粮 (-20kg/T 鱼粉+20kg/T 肽能 200)	断奶-保育结束	66 头

表 2 饲料营养浓度



玉米	豆粕	豆油	浓缩料
58%	20%	2%	20%

备注：本次试验采用上海新邦生物科技有限公司提供的 2090 型号保育料，在浓缩料中肽能 200 已等量替代鱼粉。

#### 四、试验安排

由上海邦成生物工程有限公司派驻人员进行协助试验，试验时间：2019 年 12 月 9 号-2020 年 1 月 18 号结束，整个试验阶段为期 40 天。

#### 五、饲养管理

按照该场日常饲养管理进行，免疫程序和疾病治疗及保健方案根据该场规定进行。

#### 六、效果评估指标

- 1、感官观察指标：发病率、成活率、毛色
- 2、生产性能指标：日增重、采食量、料肉比等
- 3、经济效益分析

#### 七、测定方法

表 3 各项指标的测定方法

序号	指标	测定方法
1	初始重	试验断奶转群时，分别对本批次断奶猪只称重，均分为栋舍的两侧，一侧为对照组、一侧为试验组，要求两侧猪只均重不超过 500 克，分别作为初始重。
2	终末重	试验结束，对两侧猪只进行称重，分别作为终末重。
3	平均日增重	平均日增重 = (终末均重 - 初始均重) / 饲养天数
4	平均日采食量	平均日采食量 = 总耗料 / 饲养天数 / 存栏数
5	料肉比	料肉比 = 总耗料量 / 出栏末总 + 死淘总重
6	腹泻率	腹泻率 = 试验期腹泻仔猪头次 / (试验仔猪头数 × 试验天数) × 100%
7	发病率	发病率 = 试验期发病仔猪用药头次 / (试验仔猪头数 × 试验天数) × 100%
8	死亡率	死亡率 = 死亡头数 / 试验仔猪头数 × 100%

#### 八、试验结果分析

1、试验常规指标结果及统计分析结果见表 4:

表 4 试验常规指标结果

项目		初始重 (kg)	结束重 (kg)	平均日增重 (kg)	平均日采食量 (kg)	料肉比	腹泻率	死亡率
试验组	重复组 1	7.50	26.82	0.48	0.84	1.74	4.55%	0
	重复组 2	7.55	23.95	0.41	0.72	1.74	9.09%	0
	重复组 3	7.68	26.45	0.47	0.82	1.74	0	0



对照组	重复组 1	7.18	25.59	0.46	0.75	1.64	4.55%	0
	重复组 2	7.50	24.00	0.41	0.67	1.63	9.09%	4.55%
	重复组 3	7.45	24.05	0.41	0.69	1.65	4.55%	0

2、感官指标分析：添加肽能 200 的试验料，猪群粪便颜色偏深，采食量更好。

3、经济效益分析结果见表 5。

表 5 经济效益分析表

	保育阶段均耗料	保育阶段均增重	添加剂成本价	经济效益结果
试验组（肽能 200）	31.62 (kg.头)	18.17 (kg.头)	0.16 元/(kg.头)	28.17*0.22-31.62*0.16+ (18.17-17.17) *20=+19.9 元
对照组（秘鲁鱼粉）	28.17 (kg.头)	17.17 (kg.头)	0.22 元/(kg.头)	

备注：肽能 200 替代秘鲁鱼粉比例为 2%，肽能 200 按 9.6 元/kg，鱼粉按 11 元/kg。

### 九、分析与讨论

1、肽能 200 等量替代鱼粉的试验料，能够增加猪群的采食量，对试验猪群诱食性很好；同时，提高试验整体猪群日增重，在市场猪价行情较好的情况下，有效缩短养殖周期，降低转群及出栏时间，提高养殖利润。

2、肽能 200 等量替代鱼粉的试验料，猪群饲喂过程中，整体粪便颜色偏深。针对市场上对粪便颜色偏深的认可度更高，更加有利于饲料及饲料添加剂的销售。

3、肽能 200 等量替代鱼粉的试验料，整个保育阶段的料肉比相比对照组偏高，但就整个保育阶段经济效益而言，却极大节约了保育阶段饲养成本，为每头保育猪增加了额外利润 19.9 元。建议用肽能 200 替代鱼粉、血浆粉等优质蛋白时，要同时考虑平衡好蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸等关键营养指标。

### 十、试验结论

在保育猪日粮中，使用肽能 200 等量替代鱼粉，吨均饲料成本能够降低 28 元，提高仔猪采食量达 12%，同时实现每头保育猪多盈利约 20 元。由此可见，在保育猪日粮中肽能 200 等量替代鱼粉是可行的。

#### 附：试验猪群每日饲喂量表

项目类型	试验组 1		对照组 2(右)		试验组 3(右)		对照组 1		试验组 2		对照组 3	
	(右)						(左)		(左)		(左)	
头数 (头)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
总头数 (头)	22		22		22		22		22		22	
初始重量 (kg)	91	74	72	93	84	85	77	81	81	85	73	91
初始总重量 (kg)	165		165		169		158		166		164	
初始平均体重 (kg)	7.50		7.50		7.68		7.18		7.55		7.45	
30 日龄饲喂量 (kg)	8.00		8.00		8.00		8.00		8.00		8.00	
31 日龄饲喂量 (kg)	6.00		5.00		6.00		6.00		7.00		7.00	
32 日龄饲喂量 (kg)	7.00		4.00		5.00		8.00		9.00		7.00	



33 日龄饲喂量 (kg)	8.00	7.00	7.00	10.00	10.00	9.00
34 日龄饲喂量 (kg)	9.00	7.00	8.00	8.00	9.00	8.00
35 日龄饲喂量 (kg)	10.05	10.90	13.85	17.45	15.60	15.60
36 日龄饲喂量 (kg)	11.60	9.60	11.70	8.95	10.30	9.60
37 日龄饲喂量 (kg)	10.50	6.00	10.50	10.00	10.00	10.00
38 日龄饲喂量 (kg)	20.60	18.60	16.95	18.25	12.20	14.40
39 日龄饲喂量 (kg)	8.25	5.75	12.55	6.60	11.15	7.95
40 日龄饲喂量 (kg)	12.25	13.35	14.60	13.70	13.40	13.00
41 日龄饲喂量 (kg)	15.90	14.35	15.75	13.30	14.50	15.45
42 日龄饲喂量 (kg)	15.10	9.80	12.50	12.30	12.40	7.00
43 日龄饲喂量 (kg)	14.60	12.70	14.45	13.25	13.50	13.40
44 日龄饲喂量 (kg)	18.45	15.00	18.80	15.75	14.35	14.00
45 日龄饲喂量 (kg)	14.55	12.75	15.20	12.95	12.75	12.15
46 日龄饲喂量 (kg)	16.50	14.35	16.20	18.85	15.30	15.85
47 日龄饲喂量 (kg)	18.25	12.65	18.60	16.15	14.25	14.95
48 日龄饲喂量 (kg)	21.05	13.30	20.30	16.10	16.85	18.30
49 日龄饲喂量 (kg)	17.35	14.30	18.10	15.50	16.20	15.80
50 日龄饲喂量 (kg)	21.35	17.00	23.75	18.55	20.15	18.35
51 日龄饲喂量 (kg)	24.30	21.30	18.25	21.80	21.00	16.00
52 日龄饲喂量 (kg)	22.20	19.30	20.20	20.15	18.30	15.75
53 日龄饲喂量 (kg)	21.05	18.85	20.55	18.65	20.80	15.30
54 日龄饲喂量 (kg)	20.95	15.75	20.85	16.25	18.65	12.65
55 日龄饲喂量 (kg)	24.45	15.75	20.45	17.35	16.05	14.60
56 日龄饲喂量 (kg)	21.85	12.20	21.00	15.00	17.05	15.05
57 日龄饲喂量 (kg)	23.00	19.25	24.00	16.50	17.00	18.70
58 日龄饲喂量 (kg)	24.65	20.00	23.60	19.70	13.45	18.25
59 日龄饲喂量 (kg)	25.90	20.00	24.45	20.50	16.30	19.35
60 日龄饲喂量 (kg)	24.40	19.00	23.80	25.90	18.45	18.15
61 日龄饲喂量 (kg)	21.60	20.15	21.55	20.05	21.00	18.65
62 日龄饲喂量 (kg)	20.40	20.00	21.05	21.10	21.00	18.35
63 日龄饲喂量 (kg)	20.55	20.00	20.85	23.00	21.00	18.75



64 日龄饲喂量 (kg)	27.00	21.00	25.00	24.00	21.00	19.15
65 日龄饲喂量 (kg)	27.00	21.00	25.00	24.00	21.00	22.00
66 日龄饲喂量 (kg)	27.00	20.20	25.00	24.00	21.00	22.10
67 日龄饲喂量 (kg)	27.00	20.00	25.00	24.00	21.00	22.80
68 日龄饲喂量 (kg)	26.55	20.00	25.85	23.30	20.90	23.00
69 日龄饲喂量 (kg)	23.50	17.00	25.00	20.50	19.00	20.00

## 日粮添加酸化剂替代抗生素对保育猪生长性能的影响研究

**试验目的:** 日粮添加酸化剂替代抗生素对保育仔猪生长性能和健康等影响

**试验地点:** 重庆美德猪场

**试验时间:** 2021.4.06 -2021.5.10 (35 天)

### 1. 试验设计

#### 1.1 材料与方法

##### 1.1.1 试验动物的选择及分组

选择 35 日龄、体重相近 (10kg 左右)、体质健康、品种一致的保育仔猪 200 头左右, 随机分成 2 个处理, 每栏 20 头左右, 每组各 5 栏。试验期 35 天。

试验分组处理及日粮方案对应见表 1、2 和 3。

表 1 试验分组处理

项目	A	B
组别	对照组	试验组
日粮	保育料-常规	保育料-试验

表 2 饲料原料组成和营养成分含量

原料	比例 (%)	营养指标	含量 (g/kg)
玉米	63	消化能 (Kcal/kg)	3440
豆粕 46	14	净能 (Kcal/kg)	2412
膨化大豆	8	粗蛋白	185
发酵豆粕	4	粗脂肪	53
超级鱼粉	1	粗纤维	26.3
10% 浓缩料	10	赖氨酸	12.7
		钙	7
		磷	6.5
		盐	3



合计	100	灰分	47
----	-----	----	----

表 3 试验日粮酸化剂方案和药物组合处理

项目	原料	对照组	试验组
基础日粮	保育料基础日粮		
酸化剂替抗方案(kg/T)	消化酸	2	3
	杀菌酸	2	2.5
	丁酸钠	1	1
	三丁酸甘油酯	1	1
肠道抗菌方案	抗菌肽	0.5	0.5

注：对照添加抗菌肽为增强抗腹泻效果，试验组考虑抗菌肽非抗生素类，继续添加；饲料总锌含量<1600 ppm。

## 1.2 饲养管理

按照猪场常规饲养，控制室温在 25 度以上，各栏自由采食，少量多餐，充足饮水，每天收集撒料，回收余料。按照本场免疫程序规定操作。

## 1.3 记录及测定指标

### 1.3.1 生产性能指标

记录试验过程仔猪的采食量、试验开始的体重、试验结束时的体重、采食量（每日采食量及总采食量）、增重（总增重及平均日增重）、料肉比。

采食量：投料量－剩余饲料量；日采食量：（投料量－剩余饲料量）/试验天数。

总增重：试验开始体重-试验结束的体重；日增重：（试验开始体重-试验结束的体重）/试验天数。

料肉比：日采食量/日增重。

### 1.3.2 腹泻率及病死率（记录粪便颜色及状态）

腹泻率%=[腹泻总头次/总头次]×100

（总头次：试验天数×试验猪总头数；腹泻总头次：试验期间每组每日腹泻头次总和）

### 1.3.3 观察猪只皮毛、粪便外观

试验前和试验结束时分别对猪的外观评分：皮毛指数=皮肤红润程度+毛色亮度+毛顺程度（表 4）。

表 4 仔猪皮毛指数

分数	皮肤红润程度	毛色亮度	毛顺程度	粪便外观
1	苍白	无光泽	明显凌乱	条形、粒状
2	微红	微弱光泽	微弱凌乱	软便能成型
3	红润	明显光泽	顺流	浆糊状
4				水样

## 1.4 数据处理及统计分析

采用 SPSS13.0 统计软件进行数据的统计分析，采用 T-test 分析，试验结果数据以平均数±标准误表示。



## 2. 试验结果和讨论

### 2.1 日粮添加不同消化酸对仔猪生长性能影响

表 5 日粮添加不同消化酸对仔猪生长性能影响

项目	对照组	试验组	T 值
仔猪头数 (头)	100	100	
试验初始日龄 (天)	35±2	35±3	0.86
试验初始体重 (kg)	10.14±0.56	10.11±0.68	0.58
试验结束日龄 (天)	70±2	70±3	0.84
试验结束体重 (kg)	29.58±1.25	30.71±1.45	0.8
日采食量 (kg/d)	0.84±0.08	0.87±0.05	0.9
日增重(kg/d)	0.55±0.05	0.58±0.04	0.92
料肉比	1.55±0.02	1.50±0.02	0.95

由表 5 可知, 日粮添加酸化剂及添加量对仔猪日采食量, 日增重和料肉比无影响 ( $P<0.05$ ); 两组仔猪都达到 70 天 30kg 左右, 属于极佳的饲养效果。

### 2.2 日粮添加酸化剂对仔猪健康影响

表 6 日粮添加不同消化酸对仔猪健康影响

项目	对照组	试验组	T 值
仔猪头数 (头)	100	100	
成活率(%)	100	100	
腹泻率 (%)	5.37±0.42	1.23±0.56	0.13
皮毛指数 (10=满分)	7.7±0.04	8.7±0.05	0.95
粪便外观 (3=满分)	2.0±0.01	2.0±0.01	0.92

由表 6 可知, 日粮添加不同酸化剂对仔猪成活率, 腹泻率, 皮毛指数和粪便外观无影响 ( $P<0.05$ )。



对照组



试验组

### 3. 结论

日粮添加酸化剂可有效替代仔猪日粮抗生素，并未影响仔猪的生长性能和健康。

## 安克梭对断奶仔猪生长指标的影响

### 一、试验目的

研究安克梭替代泰妙菌素对断奶仔猪生长指标的影响

### 二、替抗产品

安克梭试验样品由嘉利多生物技术（武汉）有限公司提供

### 三、试验设计

本试验选取 25 日龄、体重体况相近、健康状况良好的“杜长大”断奶仔猪 120 头，随机分为 4 个处理组，每组 5 个重复，每个重复 6 头猪。实验分组详见下表：I 组为基础日粮对照组，II 组为 150mg/kg 泰妙菌素对照组，III 组和 IV 组日粮中分别添加 1000mg/kg、2000mg/kg 的安克梭。

组别	25 日龄-52 日龄
对照组	基础日粮
试验 I 组	基础日粮+150mg/kg 泰妙菌素
试验 II 组	基础日粮+1000mg/kg 安克梭
试验 III 组	基础日粮+2000mg/kg 安克梭

### 四、试验周期及饲养管理

本试验在国内某公司下属猪场进行，试验期 28 天。试验期间自由采食和饮水，按照猪场常规管理规程和正常免疫程序进行，每天记录仔猪的健康状况、腹泻率、采食量，28 天试验结束时进行空腹称重。



## 五、试验结果

项目	对照组	试验组			SEM	P 值
		I组	II组	III组		
初重/kg	7.65	7.63	7.71	7.68	0.02	0.37
末重/kg	18.52 <sup>a</sup>	19.47 <sup>c</sup>	19.18 <sup>bc</sup>	19.69 <sup>c</sup>	0.25	0.03
平均日增重 ADG/(g/d)	388.2 <sup>a</sup>	422.9 <sup>c</sup>	409.6 <sup>bc</sup>	428.9 <sup>c</sup>	9.02	0.04
平均日采食量 ADFI/(g/d)	681.2 <sup>a</sup>	709.4 <sup>b</sup>	695.2 <sup>c</sup>	713.3 <sup>b</sup>	7.31	0.04
料重比 F/G	1.75	1.68	1.70	1.66	0.02	0.08
腹泻率/%	6.71 <sup>a</sup>	3.45 <sup>b</sup>	3.76 <sup>b</sup>	3.24 <sup>b</sup>	0.81	<0.01

注：同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )，肩标相同字母或无肩标表示差异不显著( $P > 0.05$ )。

由上表可见，与对照组相比，泰妙菌素组 ADG、ADFI 显著增加( $P < 0.05$ )，分别增加了 5.13%、8.94%、4.14%，料重比降低 4%，腹泻率显著降低( $P < 0.05$ )，降低 48.58%。与对照组相比，安克梭II、III组 ADG、ADFI 显著增加( $P < 0.05$ )，其中III组末重、ADFI 和 ADG 最大，F/G 最低。与对照组相比，各试验组的腹泻率显著下降( $P < 0.05$ )，其中III组腹泻率最低，比对照组降低了 51.71%。与泰妙菌素组相比，II组（1000mg/kg 安克梭）ADG、F/G 和腹泻率无显著变化，ADFI 显著下降 2.00% ( $P < 0.05$ )，III组（2000mg/kg 安克梭）ADG、ADFI、F/G、腹泻率均无显著变化。

## 六、试验结论

- 1、日粮中添加 1000mg/kg 和 2000mg/kg 安克梭均能显著提高断奶仔猪日增重和日采食量，显著降低腹泻率，改善料重比；
- 2、日粮中添加 2000mg/kg 安克梭可等效替代 150mg/kg 泰妙菌素；
- 3、日粮中添加 2000mg/kg 安克梭改善生产性能效果最优。

## 乐多仙 ProAct(蛋白酶)对断奶仔猪的生长性能、营养物质消化率和肠道形态的影响

**试验目的：**本试验旨在研究日粮中添加乐多仙 ProAct(蛋白酶)对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率和肠道形态的影响。

**试验单位：**帝斯曼

**试验产品：**乐多仙 ProAct(蛋白酶)：一款中碱性蛋白酶，其发挥功效的位点在小肠（帝斯曼提供）

**试验设计：**

共 75 头断奶仔猪[平均体重(BW)7.06±0.18kg；采用完全随机区组设计(区组=体重和性别)，随机分为 3 个日粮处理：以玉米和豆粕为基础，满足粗蛋白质(CP)需求的日粮为正对照(PC；CP=24.49%)，低蛋白日粮为负对照(NC；CP=22.51%)，NC+0.02% PR。本研究使用的 PR 源自 Nocardiosis prasine 菌种，在地衣芽孢



杆菌(Bacillus licheniformis)中表达生产的商业化产品乐多仙 ProAct, 含有蛋白酶活性 75000PROT/g。试验最后一周饲喂含 0.2%氧化铬的日粮, 各处理分别饲喂 6 周。

试验结果:

1. 饲料中添加蛋白酶对断奶仔猪生长性能的影响

Item	Dietary treatments			SEM	p-value <sup>2)</sup>			
	PC	NC	PR		Diet	PC vs. NC	PC vs. PR	NC vs. PR
Day 1 to 7								
Initial BW (kg)	7.01	7.03	7.13	0.09	0.597	0.892	0.356	0.428
Final BW (kg)	7.85	7.47	8.30	0.17	0.018	0.145	0.093	0.005
ADG (g/d)	120.11	63.51	167.20	22.87	0.024	0.100	0.171	0.008
ADFI (g/d)	334.80	321.27	339.14	25.69	0.878	0.716	0.907	0.632
G:F (g/g)	0.359	0.198	0.493	0.08	0.100	0.279	0.242	0.036
Day 8 to 14								
Initial BW (kg)	7.85	7.47	8.30	0.17	0.018	0.145	0.093	0.005
Final BW (kg)	9.82	9.29	10.12	0.31	0.207	0.254	0.512	0.086
ADG (g/d)	281.27	259.18	260.63	35.21	0.885	0.665	0.686	0.977
ADFI (g/d)	502.29	433.79	481.31	32.47	0.344	0.162	0.656	0.321
G:F (g/g)	0.560	0.597	0.541	0.06	0.862	0.714	0.875	0.602
Day 1 to 14								
Initial BW (kg)	7.01	7.03	7.13	0.09	0.597	0.892	0.356	0.428
Final BW (kg)	9.82	9.29	10.12	0.31	0.207	0.254	0.512	0.086
ADG (g/d)	200.69	161.35	213.91	21.80	0.247	0.226	0.676	0.114
ADFI (g/d)	418.54	377.53	410.23	25.18	0.497	0.272	0.819	0.377
G:F (g/g)	0.480	0.427	0.521	0.05	0.617	0.577	0.677	0.337
Day 15 to 21								
Initial BW (kg)	9.82	9.29	10.12	0.31	0.207	0.254	0.512	0.086
Final BW (kg)	12.63	11.23	12.66	0.44	0.071	0.048	0.957	0.043
ADG (g/d)	400.79	277.82	362.74	26.42	0.018	0.007	0.329	0.042
ADFI (g/d)	763.67	804.40	693.09	93.79	0.705	0.764	0.604	0.418
G:F (g/g)	0.525	0.345	0.523	0.04	0.049	0.035	0.916	0.043
Day 1 to 21								
Initial BW (kg)	7.01	7.03	7.13	0.09	0.597	0.892	0.356	0.428
Final BW (kg)	12.63	11.23	12.66	0.44	0.071	0.048	0.957	0.043
ADG (g/d)	267.39	200.17	263.52	20.33	0.066	0.038	0.895	0.048
ADFI (g/d)	533.59	519.82	504.51	38.57	0.869	0.805	0.604	0.784
G:F (g/g)	0.501	0.385	0.522	0.04	0.204	0.086	0.837	0.046
Day 22 to 42								
Initial BW (kg)	12.63	11.23	12.66	0.44	0.071	0.048	0.957	0.043
Final BW (kg)	20.56	16.26	20.69	0.85	0.005	0.004	0.916	0.003
ADG (g/d)	377.51	239.33	382.05	23.46	0.001	0.001	0.894	0.001
ADFI (g/d)	963.40	924.57	912.60	107.34	0.941	0.802	0.744	0.939
G:F (g/g)	0.392	0.259	0.419	0.04	0.027	0.038	0.986	0.019
Day 1 to 42								
Initial BW (kg)	7.01	7.03	7.13	0.09	0.597	0.892	0.356	0.428
Final BW (kg)	20.56	16.26	20.69	0.85	0.005	0.004	0.916	0.003
ADG (g/d)	322.45	219.75	322.79	20.16	0.005	0.004	0.991	0.004
ADFI (g/d)	748.49	722.19	708.56	60.42	0.894	0.764	0.649	0.876
G:F (g/g)	0.431	0.304	0.456	0.03	0.020	0.018	0.810	0.011

注(下表同):

1)每个值为 5 个重复(每圈 5 头猪)的平均值。

2)日粮,主日粮效应;PC 与 NC,正、负对照的影响;PC 与蛋白酶,正对照组与负对照组+0.02% 饲料蛋白酶的影响;NC 与蛋白酶,负对照组与负对照组+0.02% 饲料蛋白酶的影响。

PC 为正对照,蛋白水平为所需水平;NC:蛋白质水平低的负对照;PR,负对照组+0.02% 日粮蛋白酶;BW,体重;ADG:平均日增重;ADFI:平均日采食量;G:F,增饲比;SEM,均值标准误差。

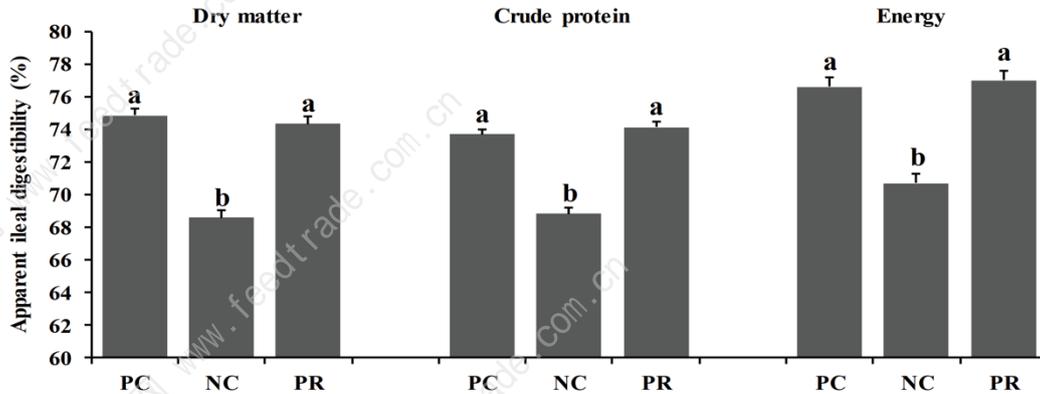
由上表可见: PC 和 NC 的 ADG 和 G:F 有差异(p<0.05)。此外,相比 NC 组,断奶猪从 1 到 7 天(p<0.05)和整体实验期间(p<0.05)饲喂乐多仙 ProAct 蛋白酶有更高的 ADG 和 G:F。在整个试验期内,正对照和添加



乐多仙 ProAct 蛋白酶对断奶仔猪生长性能的影响无差异。这一结果与以前学者对断奶仔猪和生长猪的研究结果相似，其原因可能与添加乐多仙 ProAct 蛋白酶提高了养分利用效率有关。

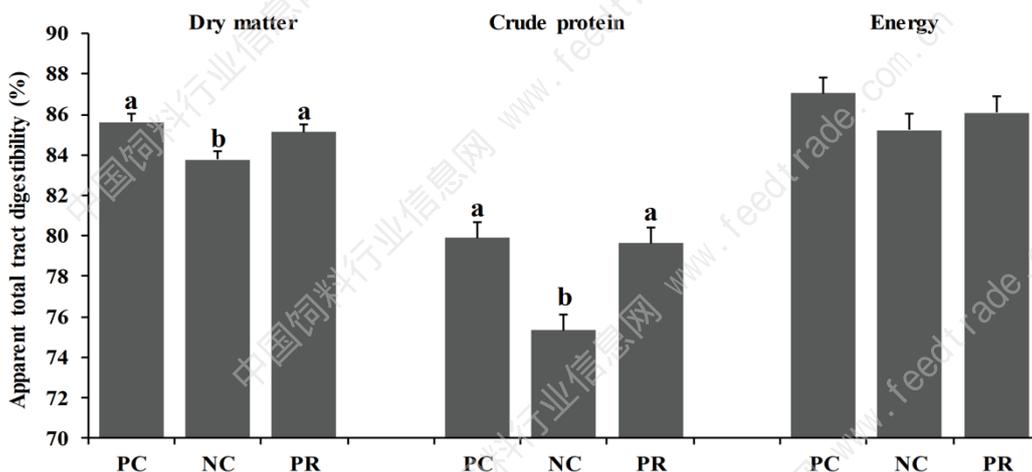
## 2. 饲料中添加蛋白酶对断奶仔猪营养物质消化率的影响

图 1 日粮中添加蛋白酶对断奶仔猪回肠表观消化率的影响



注：每个值为 5 次重复的平均值。a,b 各变量内不同字母的平均值有差异(p<0.05)。PC 为正对照，蛋白水平为所需水平；NC：蛋白质水平低的负对照；PR,负对照组+0.02% 饲料蛋白酶。下图同。

图 2 日粮中添加蛋白酶对断奶仔猪全肠道表观消化率的影响



由图 1 和图 2 可见：在本研究中，DM、CP，断奶仔猪能量的表观消化率(AID)有差异(p<0.05)(图 1)。然而，在 PC 和 PC+蛋白酶之间没有发现差异(图 1)。类似的模型，例如 DM、CP 的表观总肠道消化率(ATTD)有差异，与营养物质的 AID 结果相比(图 2)。本研究提高的营养物质消化率与以往研究报道的结果相似。在非反刍动物日粮中添加外源酶有几个好处，包括最大限度地减少抗营养作用和最大限度地利用营养物质，提高非反刍动物的养分利用率和生长性能，因为幼龄非反刍动物的消化系统和消化酶的分泌和活性尚不成熟，不足以充分有效地利用营养物质。同样，断奶仔猪日粮中添加蛋白酶可通过提高营养物质利用率提高生长性能。

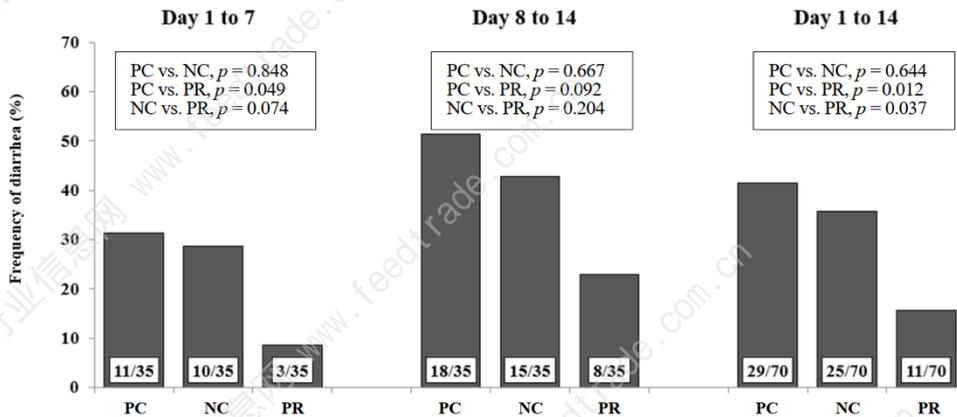
## 3. 饲料中添加蛋白酶对断奶仔猪肠道形态的影响



Item	Dietary treatments			SEM	p-value <sup>2)</sup>			
	PC	NC	PR		Diet	PC vs. NC	PC vs. PR	NC vs. PR
Villus height (μm)	312.52	282.70	318.23	11.69	0.110	0.097	0.736	0.053
Crypt depth (μm)	102.32	99.15	88.48	5.37	0.204	0.684	0.094	0.186
VH : CD	3.11	2.87	3.67	0.24	0.099	0.507	0.130	0.040
Villus width (μm)	101.72	93.59	98.82	4.23	0.414	0.200	0.649	0.391
Villus area (μm <sup>2</sup> )	24,938	23,536	23,815	2,064	0.880	0.640	0.707	0.925

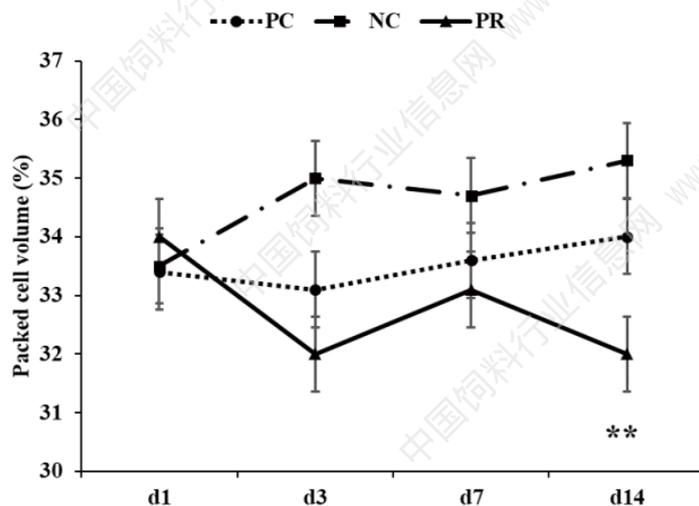
由上表可见：PR 组断奶仔猪回肠 VH:CD 值高于 NC 组(p<0.05)，这一结果与以往研究报道的结果相似。PR 的添加可能会减少喂食豆粕引起的致敏反应，而这些致敏反应可能会导致肠道损伤。

图 3 日粮中添加蛋白酶对断奶仔猪断奶后前 2 周腹泻频率的影响



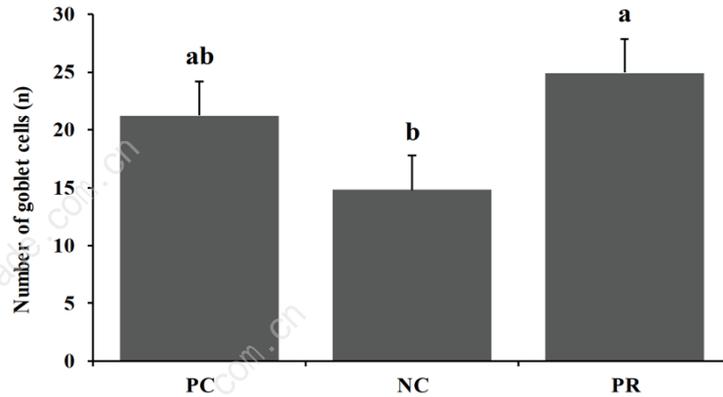
注：在每个栏中显示的腹泻天数。数据采用  $\chi^2$  检验，分别从 PC、NC 和 PR 中去除 3 头、4 头和 1 头猪(不同日粮处理之间无差异)。PC 为正对照，蛋白水平为所需水平；NC：蛋白质水平低的负对照；PR，负对照组+0.02%饲料蛋白酶。

图 4 日粮中添加蛋白酶对断奶仔猪填充细胞体积的影响



注：每个值为 5 次重复的平均值。\*\*PC、NC、PR 差异有统计学意义(p<0.05)。PC 为正对照，蛋白水平为所需水平；NC：蛋白质水平低的负对照；PR，负对照组+0.02%饲料蛋白酶。

图 5 饲料中添加蛋白酶对断奶仔猪杯状细胞数量的影响



注：每个值为5次重复的平均值。a,b各变量内不同字母的平均值有差异( $p < 0.05$ )。PC为正对照，蛋白水平为所需水平；NC：蛋白质水平低的负对照；PR，负对照组+0.02%饲料蛋白酶。

由图3、图4和图5可见：在本研究中，乐多仙 ProAct 蛋白酶处理与 NC 或 PC 相比，在断奶后的前2周(图3)和第14天 PCV(图4)的腹泻频率降低( $p < 0.05$ )，杯状细胞数量增加( $p < 0.05$ )(图5)。此前也有研究报道，日粮中添加酶可以减少猪的腹泻。这种有益的作用可能与消化道的发育、消化系统中酶活性的增加以及营养物质消化率的提高有关。

#### 试验结论：

本试验研究表明：在低蛋白质水平断奶仔猪日粮中添加乐多仙 ProAct(蛋白酶)可改善断奶仔猪的生长性能、营养物质消化率和肠道形态。

## 百优酸对断奶仔猪生产性能和肠道健康的影响

**试验目的：**本试验研究的目的是，研究在21日龄断奶仔猪日粮中添加百优酸，对断奶仔猪日粮养份利用率和生长性能的影响。

**试验单位：**百奥明

**试验产品：**百优酸：由精选的有机酸、植物提取物、独特透化剂和缓释载体组成（百奥明生产提供）

#### 试验设计：

该试验在美国爱荷华州立大学猪研究农场进行。16头21日龄断奶的公母混养的PIC仔猪随机分成2组。

对照组：标准日粮

试验组：标准日粮+1kg/t 百优酸

试验期实施2阶段日粮，根据NRC2012断奶仔猪日粮标准，断奶后0-14d保育前期配方，15-21d保育后期配方。

#### 试验结果：

##### 1. 百优酸对断奶仔猪生产性能的影响

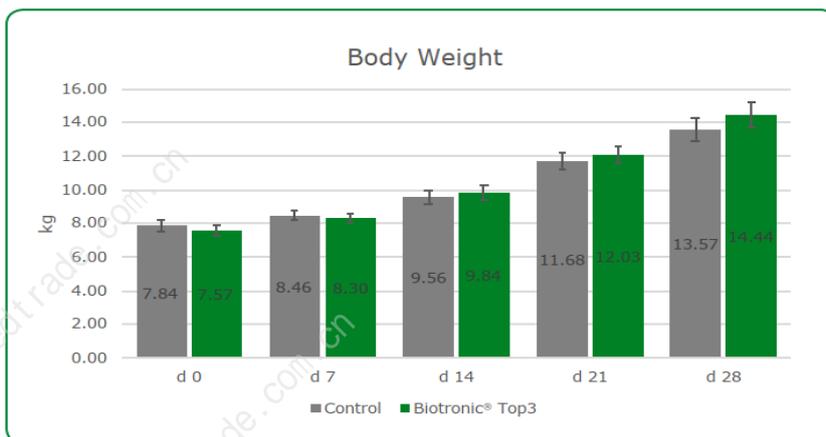


图 1 试验期的平均体重 (kg)

由图 1 可见：断奶后 21 天的体重，百优酸组平均体重 (12.03kg) 比对照组 (11.68kg) 高出 0.35kg，提高了 3%。

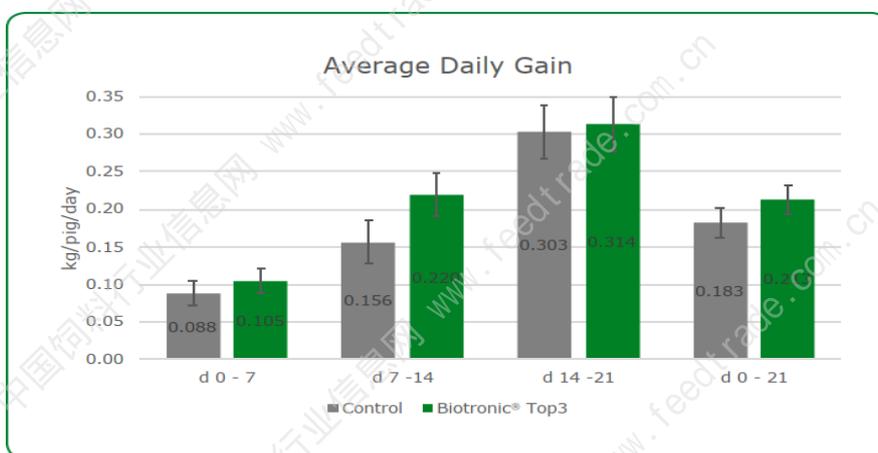


图 2 试验期的平均日增重 (kg/头/天)

由图 2 可见：相对照组，百优酸组的平均日增重明显高于对照组，尤其在断奶后的第 2 周。断奶后的 1-3 周，日增重比对照组分别提高了 19.32% (+17g)、41% (+64g)和+3.63% (+11g)。整个试验期的平均日增重，比对照组增加了+16.39%(+30g)。

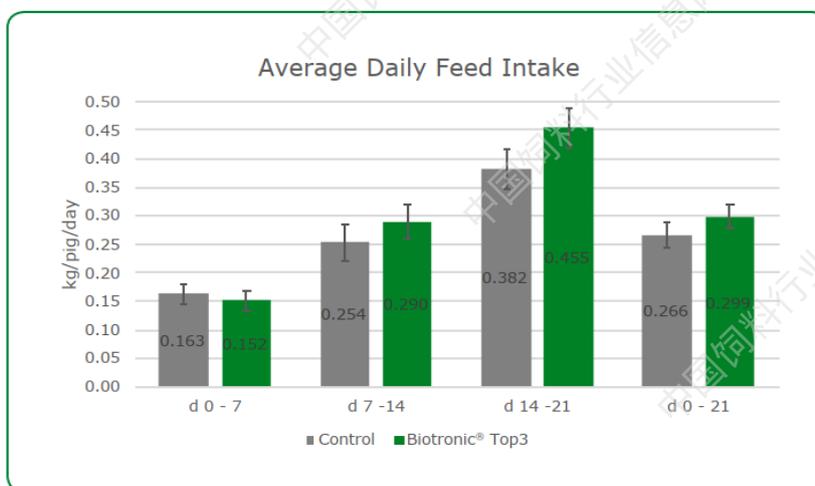


图 3 试验期的平均采食量 (kg/头/天)



由图3可见:第2周和第3周,百优酸组的采食量比对照组分别增加了+14.17(+36g/d)和+19.11%(+73g/d)。整个试验期的平均日采食量,比对照组增加了+12.41%或33g/d。

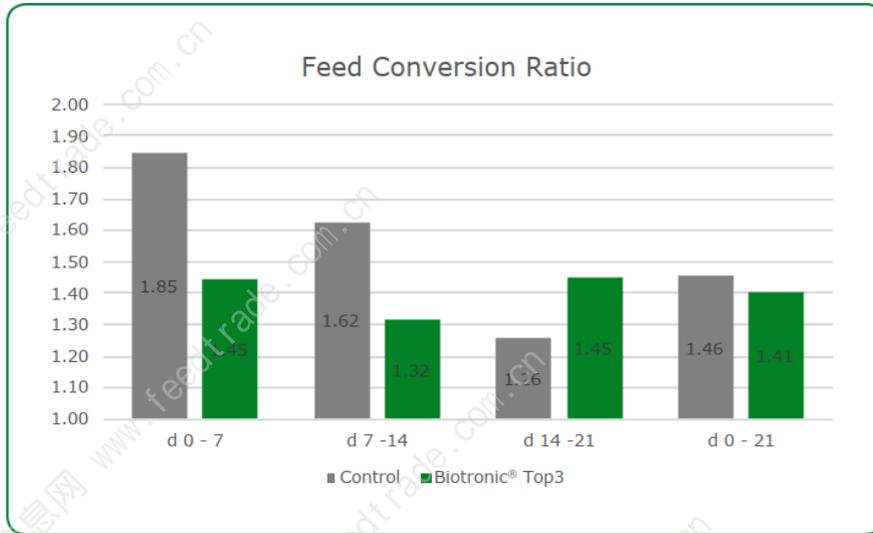


图4 试验期的饲料转化率 (FCR)

由图4可见:试验的第1周和第2周,百优酸组的FCR比对照组分别降低了0.4(-21.62%)和0.3(-18.52%)。试验的第3周,百优酸组的FCR比对照组增加了0.19(+15.08%)。整个试验期的FCR,百优酸组比对照组降低了0.05(-3.42%)。

## 2. 百优酸对断奶仔猪肠道健康的影响

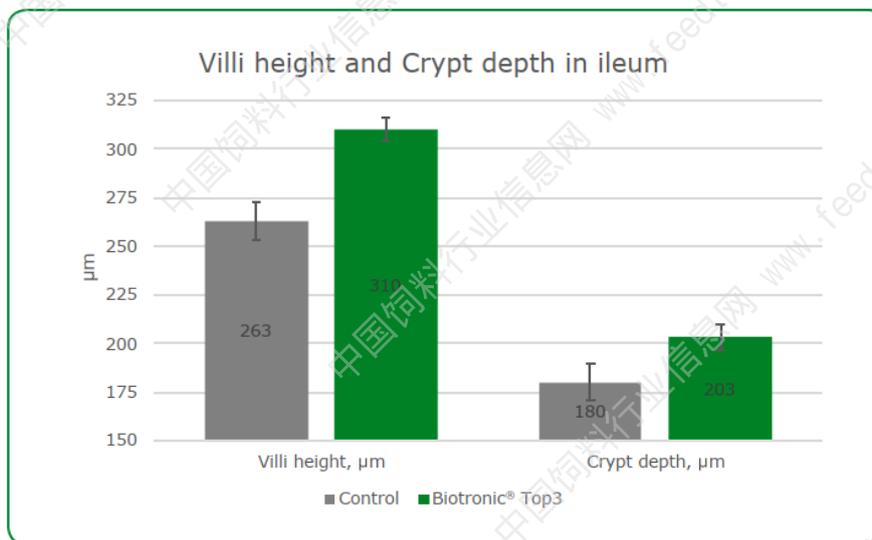


图5 试验期的回肠绒毛高度和隐窝深度

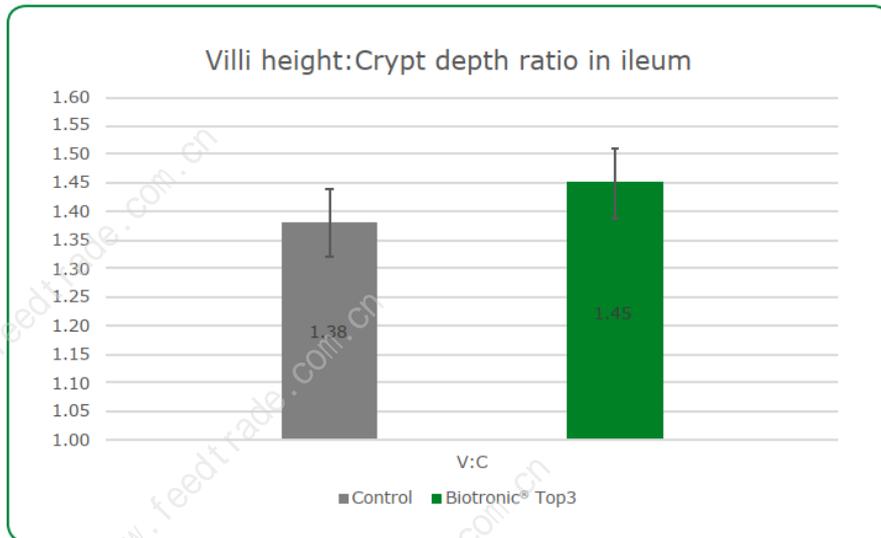


图 6 回肠绒毛高度与隐窝深度比值 (V:C)

图 5 和图 6 是试验期的回肠绒毛高度(VH)和隐窝深度(CD)及比值，数据显示，绒毛高度增加，表明增加了营养吸收的表面积。相比对照组，百优酸组肠绒毛高度与隐窝深度的比值 (V:C) 高于对照组，但没有显著差异 (图 6)。

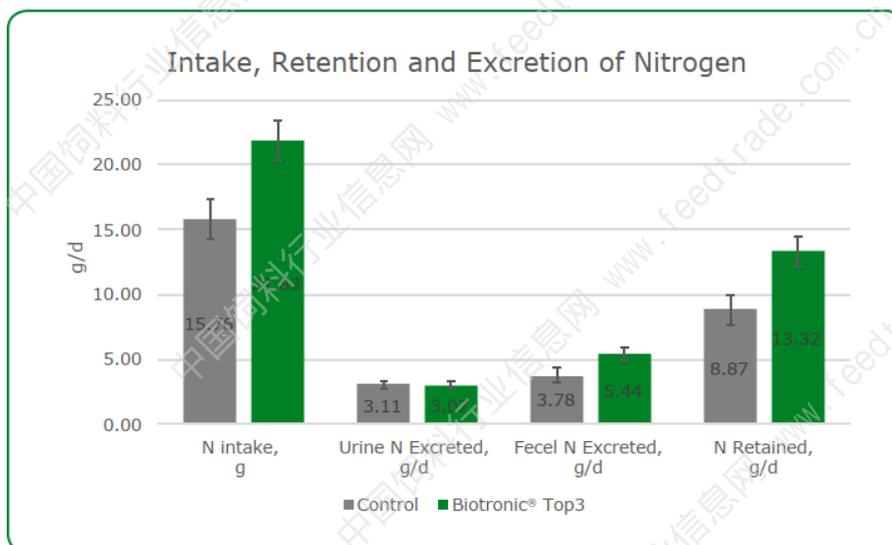


图 7 试验期的 N 摄入量 and 利用量 (g/d)

由图 7 可见：百优酸组的 N 摄入量增加了 6.07g/d (+38.52%) (P<0.011)，N 的存留量增加了 4.45g/d (+50.17%)。肠道绒毛高度 (VH) 和隐窝深度 (CD) 的数据说明增加了 N 的吸收量。N 的存留量增加表明，百优酸组增加了机体蛋白质的沉积。

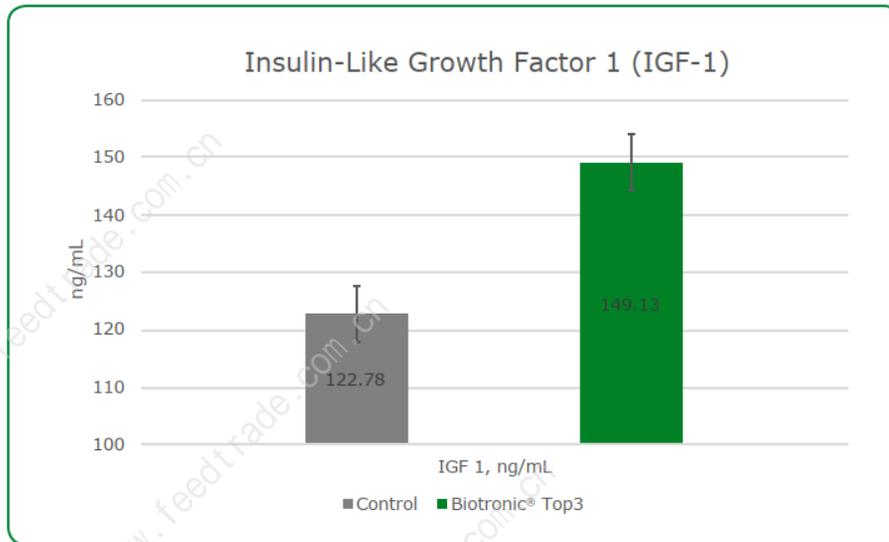


图 8 试验期的胰岛素样生长因子 (IGF-1)

胰岛素样生长因子 (IGF-1) 数据表明：百优酸组比对照组增加了 26.35ng/ml (+21.46%) ( $P < 0.002$ )。胰岛素样生长因子 (IGF-1) 增加表明，除了增加了 N 的存留量，还增加了肌肉总量。

### 3.应用百优酸的成本效益分析

		对照组	百优酸组
销售收入	US \$	27331.2	28150.2
饲料费用	US \$	1794.05	2036.25
收入-饲料费用	US \$	25537.15	26113.95
净收入	US \$		576.8
净收入/头	US \$/头		0.58
投入产出比	ROI		24.14
投入保本点	kg/头		0.01

\*指试验时猪的即时价格，以每组 1000 头猪计算

猪价\*=US \$2.34/kg;饲料价格\*=US \$320/kg

由上表可见：百优酸的投入保本点是每头猪体重增加 0.01kg，本试验百优酸的投入产出比是 1：24.14。

#### 试验结论：

该研究结果表明，在保育猪饲料中添加百优酸，改善了保育猪的生产性能（体重、日增重、日采食量和料重比）。此外，百优酸组显著提高了猪的肠绒毛高度和隐窝深度( $P < 0.05$ )，百优酸组的 N 摄入量、N 存留量、胰岛素样生长因子 (IGF-1) 也有显著提高。

该研究中百优酸的成本收益分析表明，百优酸组的投入保本点很低(0.01kg/头体重增加)，带来的投入产出比却很高(ROI 1:24.14)。因此，在断奶仔猪日粮中添加百优酸，对提高断奶仔猪的生长性能是经济和高效的解决方案。



# Biomin® *Trials*



## Biotronic® Top3

### Effects of dietary supplementation of Biotronic® Top3 on nursery pig's performance

Location: Swine Research Farm at Iowa State University. USA.

### Aim of the Trial

The aim of the study was to investigate the effects of dietary supplementation with Biotronic® Top3 at 21 day-old weaned pigs on nutrient utilization and growth performance.

### Trial Design

The study was performed at the Swine Research Farm at Iowa State University in the United States of America (USA). A total of 16 twenty-one day-old mixed gender weaned pigs of the PIC genetics (Genetiporc 6.0 x Genetiporc F125) were used. The animals were assigned according to the trial set up (Table 1) using 16 individual pens (2 groups with 8 pens/group).

**Table 1 – Study Design**

Groups	Description
Control (NC)	Nursery Pig Standard Formulation (NPSF)
Biotronic® Top3	NPSF + Biotronic® Top3 [1 kg/t]

A two-phase feeding system was implemented during the experimental period (28 days) according to NRC 2012 requirements for weaned pigs. Animals received a standard starter diet during the first 14 days of the trial and a standard grower diet from day 15 to 21 of the experiment (for diet composition refer to the Table 2).



Biotronic® product line

**Table 2 – Composition of starter (phase 1) and grower diets (phase 2)**

Ingredient	Phase 1 (D0-14)	Phase 2 (D15-21)
Corn, yellow dent	55.04	65.27
Soybean meal, 47.5% CP	20.00	25.00
Casein	6.85	2.29
Whey, dried	12.50	2.50
Soybean oil	1.72	1.00
L-lysine HCl	0.37	0.40
DL-methionine	0.16	0.12
L-threonine	0.12	0.11
L-valine	0.30	0.08
Monocalcium phosphate 21%	0.95	0.91
Limestone	1.30	1.23
Salt	0.30	0.30
NSNG Nursery Vitamin Premix	0.25	0.25
NSNG Trace Mineral Premix	0.15	0.15
TiO2	0.00	0.40
Total	100	100

Nutrient values	Phase 1 (D0-14)	Phase 2 (D15-21)
Dry Matter %	90.80	89.92
ME - kcal/kg	3395	3375
ME - MJ/kg	14.21	14.12
Crude Protein %	22.42	20.25
ADF %	2.62	3.19
NDF %	7.06	8.53
Crude Fiber %	1.95	2.36
Crude Fat %	4.59	4.34
Ca %	0.85	0.75
P dig %	0.39	0.3
Na %	0.25	0.16
K %	0.86	0.8
Cl %	0.39	0.26
Mg %	0.17	0.19
Total Lysine %	1.62	1.42
Methionine %	0.55	0.43
Met+Cys%	0.82	0.71
Threonine %	0.88	0.76
Tryptophan %	0.25	0.21
Valine %	0.95	0.82

The following performance parameters were recorded/calculated weekly: body weight (BW), average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR). Clinical observation was done daily and all incidences were recorded.

Additional parameters evaluated include:

- Feces collection for Nitrogen excretion and retention
- Blood samples for serum insulin-like growth factor 1 (IGF-1)
- Ileum samples for histomorphometry: villi height, crypt depth, and villi height: crypt depth ratio

The data recorded were subjected to statistical analysis using PROC GLIMMIX (SAS software). Differences are considered statistically significant at  $P \leq 0.05$  and tendency at  $P \leq 0.10$ .



## Results and Discussion

The present study showed that the supplementation with Biotronic® Top3 improved the performance parameters of weaned piglets. *Figure 1* shows an overview of the average BW recorded during the experiment. On day 21, Biotronic® Top3 showed a 3% increase in average BW (12.03 kg) when compared with control group (11.68 kg), with a difference of 0.35 kg gain with piglets fed Biotronic® Top3.



Figure 1. Average body weight (kg)

Average daily gain of the groups calculated for the different periods is shown in *Figure 2*. The differences between control and Biotronic® Top3 were higher especially on the second week. Biotronic® Top3 showed an increase of 19.32% (+17 g), 41% (+64 g) and +3.63% (+11 g) in ADG for weeks 1, 2 and 3, respectively, in comparison to the control group. For the overall period, Biotronic® Top3 group showed a difference of +16.39% (+30 g) in ADG compared to the control group.

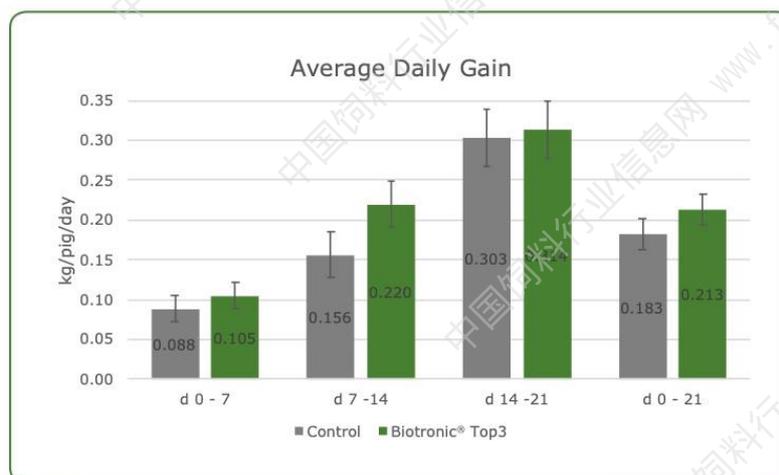


Figure 2. Average weight gain (kg/pig/day)



Biotronic® product line

The average daily feed intake recorded during the study can be seen on *Figure 3*. An increase in feed intake of +14.17 (+36 g/day), +19.11% (+73 g/day) was observed in Biotronic® Top3 group for weeks 2 and 3 compared to the control group. For the overall period, Biotronic® Top3 had +12.41% or +33 g/day more in feed intake when compared with the control group.

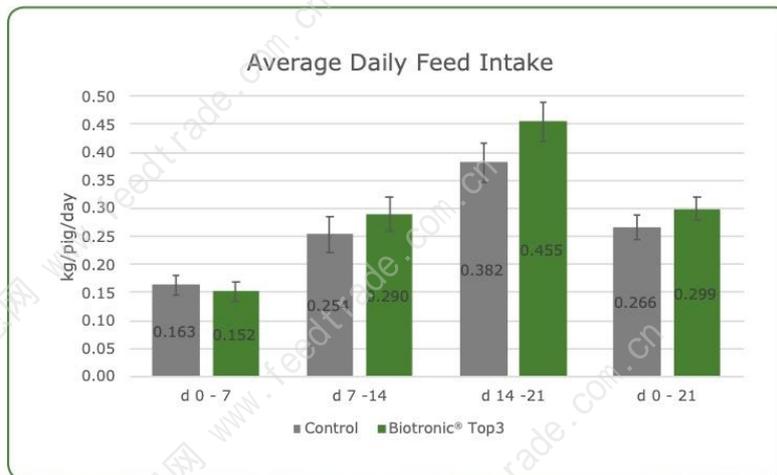


Figure 3. Average daily feed intake (kg/pig/day)

The calculated values for FCR are displayed in *Figure 4*. The supplemented group showed lowered FCR in the first 2 weeks, -21.62% (-0.4 points) and -18.52% (-0.3 points) for week 1 and 2 respectively, in comparison to the control group but this trend reversed in the last week with higher FCR +15.08% (0.19 points) for supplemented piglets. For the overall period, Biotronic® Top3 reduced -3.42% (-0.05 points) in FCR when compared with the control group.

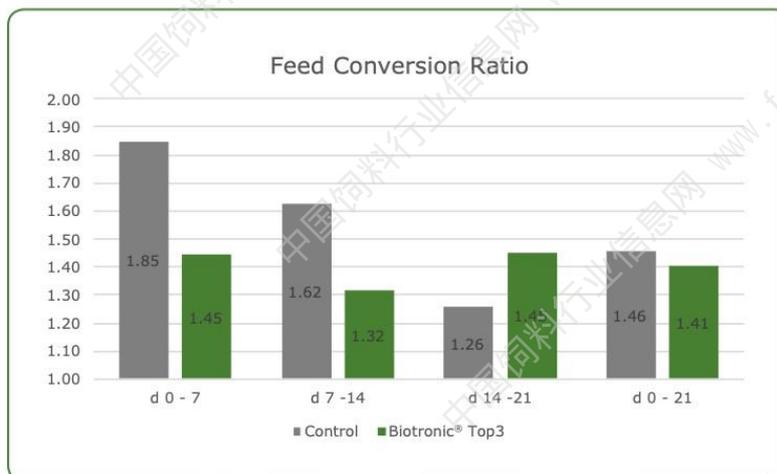


Figure 4. Average feed conversion ratio (FCR)



Biotronic® product line



Figure 5. Ileum histomorphology, villi height, crypt depth and its ratio

Significant differences ( $P < 0.001$ ) in villi height (VH) and ( $P < 0.001$ ) in crypt depth (CD) were observed in Biotronic® Top3 group when compared with the control group as displayed in Figure 5. Increased VH and CD indicates increased surface area for nutrient absorption. No significant differences were observed in villi height: crypt depth ratio between the groups as displayed in Figure 6.

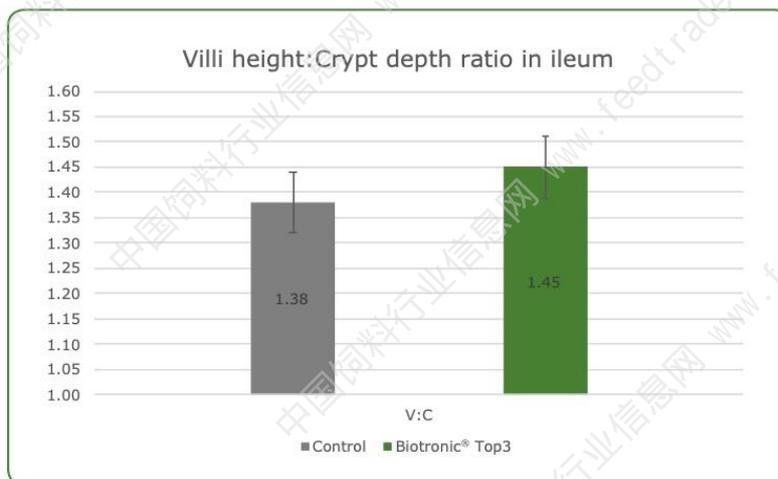


Figure 6. Ileum histomorphology, villi height: crypt depth ratio



Biotronic® product line

Figure 7 shows the values obtained for Nitrogen excretion and retention. A higher ( $P 0.011$ ) Nitrogen intake +38.52% (+6.07 g of N/day) as well as higher ( $P 0.015$ ) Nitrogen retention +50.17% (+4.45 g of N/day) was observed for Biotronic® Top3 when compared to the control group. Increased VH and CD data supports increased nutrient uptake which is in line with the increased nitrogen intake. Moreover, increased nitrogen retention indicates increased protein accretion with the supplementation of Biotronic® Top3.

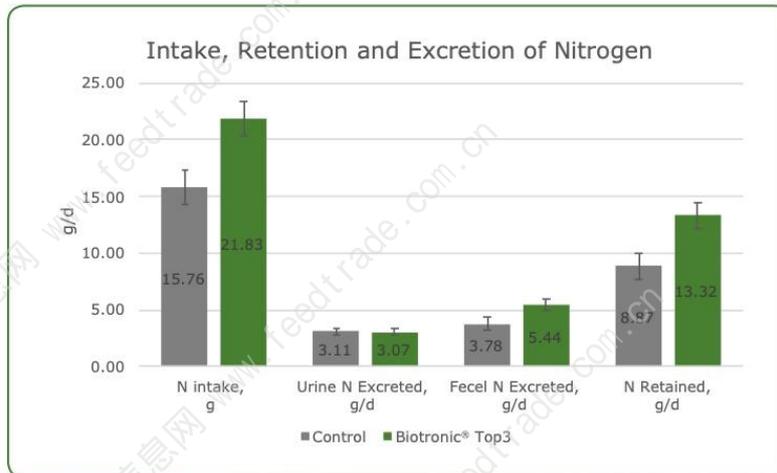


Figure 7. Nitrogen intake and utilization (g of N/day)

The values obtained for insulin-like growth factor 1 (IGF-1) are displayed in Figure 8. Biotronic® Top3 group showed an increase ( $P 0.002$ ) of +21.46% (+26.35 ng/ml) when compared with the control group. Increased IGF-1 expression in addition to the increased nitrogen retention explains that the additional nitrogen retained was utilized to gain muscle mass.

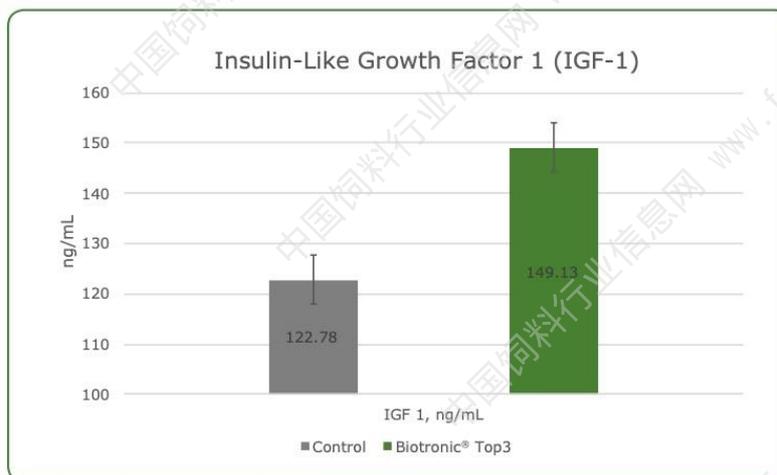


Figure 8. Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) in ng/ml



## Cost-benefit analysis

A cost-benefit analysis has been performed to evaluate the economic effect of the use of Biotronic® Top3 in this study (Table 3). The analysis showed that the supplementation of weaned piglet diets with Biotronic® Top3 had a breakeven value of **0.01 kg BW gain/pig** and provided a return on investment of **ROI 1:24.14**.

**Table 3** – Cost-benefit analysis from the study groups  
Pig price\* = US \$ 2.34/kg; Feed price\* = US \$ 320/kg

		Control	Biotronic® Top3
Revenue from sales	US \$	27331.20	28150.20
Total feed cost	US \$	1794.05	2036.25
Revenue - feed cost	US \$	25537.15	26113.95
Net income	US \$		576.80
Net income per pig	US \$/pig		0.58
Return on investment	ROI		<b>24.14</b>
Breakeven	kg/pig		<b>0.01</b>

\*Refers to spot prices taken from the trial period which may differ from current prices  
Calculations are done based on 1000 pigs per group

## Conclusion

The results of this study showed that supplementation of weaned piglet diets with Biotronic® Top3 enhanced the performance parameters (BW, ADG, ADFI, and FCR) when compared with an unsupplemented control group. Additionally, Biotronic® Top3 supplementation significantly increased ( $P < 0.05$ ) villi height and crypt depth, nitrogen intake and retention, and IGF-1 in comparison to the control group.

The economic calculation performed for this study demonstrated that it is necessary to achieve a low breakeven (0.01 kg BW/pig) for the supplementation with Biotronic® Top3 and return of investment achieved was high (ROI 1:24.14). The results indicate that the supplementation of weaned pig diets with Biotronic® Top3 is a profitably solution to enhance their growth performance.



Biotronic® product line

# Biotronic® Top3

## the breakthrough in pathogen control!



The **Permeabilizing Complex™** blend in Biotronic® Top3 weakens the outer membrane of Gram-negative bacteria, thus boosting the synergistic effect of its components, the organic acids and the phytochemical.



[biotronictop3.biomin.net](http://biotronictop3.biomin.net)

Naturally ahead

**Biomin®**

### > IMPRESSUM

Publisher: BIOMIN Holding GmbH  
Erber Campus 1, 3131 Getzersdorf, Austria, Tel: +43 2782 803-0, e-Mail: [office@biomin.net](mailto:office@biomin.net), [www.biomin.net](http://www.biomin.net)

©Copyright: BIOMIN Holding GmbH, 2018.

All rights reserved. Any kind of reprint, reproduction, or any other kind of usage – whether partially or to the full extent – only allowed upon prior written approval by BIOMIN Holding GmbH.

[www.biomin.net](http://www.biomin.net) BIOMIN Trials

TR\_BTR\_Top3\_S\_EN\_USA03\_0718\_RBI



## 维乐妥对断奶仔猪及生长育肥猪生产性能的影响

**试验目的：**在日粮中添加维乐妥（苯甲酸），研究其对断奶仔猪及生长育肥猪生产性能的影响

**试验单位：**帝斯曼

**试验产品：**维乐妥：苯甲酸制剂（帝斯曼提供）

**试验设计：**

两个试验均采用随机完全区组设计，3个处理日粮包括3个水平的苯甲酸，含量分别为0、0.3%和0.5%。在试验1中，选用144头阉猪（初始体重 $7.1 \pm 0.6\text{kg}$ ），每个处理8个重复，每个重复6头仔猪，周期为28天；在试验2中，选用288头阉猪（初始体重 $36.1 \pm 3.6\text{kg}$ ），每个处理16个重复，每个重复6头猪，周期为70天。

**试验结果：**

### 1. 添加维乐妥对断奶仔猪生产性能的影响

**Table 3**  
Growth performance of nursery pigs (Experiment 1).

Item	Benzoic acid, %			SEM	P-value	
	0	0.3	0.5		L <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>
Number of replicates	8	8	8			
Body weight, kg						
d 0	7.1	7.1	7.0	0.09	0.515	0.306
d 14	12.0	12.3	12.6	0.25	0.083	0.845
d 28	19.0	20.3	20.8	0.45	0.013	0.723
d 0 to 14						
ADG, g	349	369	403	15	0.024	0.503
ADFI, g	476	481	509	14	0.129	0.420
FCR	1.36	1.31	1.27	0.03	0.024	0.831
d 15 to 28						
ADG, g	507	571	583	17	0.004	0.387
ADFI, g	742	808	846	18	<0.001	0.875
FCR	1.47	1.42	1.45	0.02	0.555	0.138
d 0 to 28						
ADG, g	428	470	493	15	0.006	0.872
ADFI, g	609	645	678	15	0.005	0.774
FCR	1.42	1.38	1.38	0.02	0.118	0.439

SEM = standard error of the means; ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; FCR = feed conversion ratio, ADFI/ADG.

<sup>1</sup> Linear effect of benzoic acid.

<sup>2</sup> Quadratic effect of benzoic acid.

由上表3可见：在试验1中，随着苯甲酸添加量的增加，各生长期的平均日增重（ADG）呈线性增加，差异显著（ $p < 0.05$ ），试验第28天平均末重也呈现线性增加，差异显著（ $p < 0.05$ ），0-14天饲料转化效率（FCR）也呈现线性改善（ $p < 0.05$ ），采食量方面（ADFI）在15-28天以及全程0-28天呈现线性增加，达到差异极显著（ $p < 0.01$ ）。

### 2. 添加维乐妥对生长育肥猪生产性能的影响



**Table 4**  
Growth performance of grower-finisher pigs (Experiment 2).

Item	Benzoic acid, %			SEM	P-value	
	0	0.3	0.5		L <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>
Number of replicates	16	16	16			
Body weight, kg						
d 0	36.1	36.0	36.3	0.10	0.315	0.232
d 35	74.5	76.5	76.1	0.51	0.022	0.112
d 70	109.8	113.9	113.5	0.76	<0.001	0.048
d 0 to 35						
ADG, g	1,089	1,150	1,138	16	0.020	0.106
ADFI, g	2,490	2,544	2,524	34	0.415	0.425
FCR	2.29	2.21	2.22	0.02	0.014	0.207
d 36 to 70						
ADG, g	1,008	1,069	1,069	13	0.001	0.123
ADFI, g	3,085	3,176	3,163	34	0.084	0.296
FCR	3.07	2.97	2.96	0.04	0.025	0.435
d 0 to 70						
ADG, g	1,048	1,110	1,103	11	<0.001	0.051
ADFI, g	2,787	2,860	2,844	30	0.159	0.308
FCR	2.66	2.58	2.58	0.03	0.007	0.230

SEM = standard error of the means; ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; FCR = feed conversion ratio, ADFI/ADG.

<sup>1</sup> Linear effect of benzoic acid.

<sup>2</sup> Quadratic effect of benzoic acid.

由上表 4 可见：在试验 2 中，随着苯甲酸添加剂量的增加，0-35 天以及 35-70 天两个周期的平均日增重和第 35 天的平均末重呈现线性改善，差异显著（ $p < 0.05$ ）。0-70 天的平均日增重（ADG）和第 70 天的平均末重显著增加，并呈现线性和二次方效应。全程（0-70 天）料肉比（FCR）随着苯甲酸添加剂量增加得到线性改善，差异显著（ $p < 0.05$ ）。

#### 试验结论：

研究表明，日粮中添加 0.3% 和 0.5% 的苯甲酸能显著改善断奶仔猪和生长育肥猪的生产性能，在断奶仔猪阶段，当苯甲酸添加量达到 0.5%，呈现线性效应，而在生长育肥猪阶段，通过计算得出当日粮中苯甲酸的含量为 0.36%，平均日增重达到最佳的水平。



Contents lists available at ScienceDirect

## Animal Nutrition

journal homepage: <http://www.keaipublishing.com/en/journals/aninu/>

KeAi  
ADVANCING RESEARCH  
EVOLVING SCIENCE

Original Research Article

### Growth performance of nursery and grower-finisher pigs fed diets supplemented with benzoic acid



Hengxiao Zhai <sup>a,\*</sup>, Wen Ren <sup>a</sup>, Shikui Wang <sup>a</sup>, Jinlong Wu <sup>a</sup>, Patrick Guggenbuhl <sup>b</sup>, Anna-Maria Klunter <sup>c</sup>

<sup>a</sup> DSM (China) Animal Nutrition Research Center Co. Ltd., Bazhou 065799, China

<sup>b</sup> DSM Nutritional Products France, Centre de Recherche en Nutrition Animale, BP 170, 68305 Saint-Louis Cedex, France

<sup>c</sup> DSM Nutritional Products Ltd., P.O. Box 2676, 4002 Basel, Switzerland

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 6 March 2017  
Received in revised form  
13 April 2017  
Accepted 6 May 2017  
Available online 15 May 2017

##### Keywords:

Benzoic acid  
Nursery pig  
Grower-finisher pig  
Average daily gain  
Average daily feed intake  
Feed conversion ratio

#### ABSTRACT

Two experiments were conducted to investigate the efficacy of benzoic acid on the growth performance of nursery and grower-finisher pigs. A randomized complete block design was used in both experiments with the initial body weight as the blocking factor. There were 3 treatments corresponding to 3 dietary levels of benzoic acid: 0, 0.3%, and 0.5%. In experiment 1, a total of 144 PIC L1050 barrows (initial body weight  $7.1 \pm 0.6$  kg) were used with each treatment replicated 8 times. In experiment 2, a total of 288 PIC L1050 barrows (initial body weight  $36.1 \pm 3.6$  kg) were used with each treatment replicated 16 times. There were 6 barrows in each replicate pen for both experiments. Experiments 1 and 2 lasted 28 and 70 days, respectively. In experiment 1, average daily gain (ADG) of all growth phases increased linearly ( $P < 0.05$ ) with increasing supplementation of benzoic acid, which led to a linear improvement in average body weight on d 28 ( $P < 0.05$ ). There was also an improvement in feed conversion ratio (FCR) of d 0 to 14 (linear effect:  $P < 0.05$ ) and in average daily feed intake (ADFI) of d 14 to 28 and d 0 to 28 (linear effect:  $P < 0.01$ ). In experiment 2, ADG during d 0 to 35 and d 35 to 70 and average body weight on d 35 improved linearly ( $P < 0.05$ ) with increasing supplementation of benzoic acid. Average daily gain of d 0 to 70 and average body weight on d 70 increased significantly in a both linear and quadratic manner. There was a linear improvement in FCR in all growth phases ( $P < 0.05$ ). In conclusion, the dietary inclusion of benzoic acid at the supplementation levels of 0.3% and 0.5% significantly improved the growth performance of nursery and grower-finisher pigs in the current study; the nursery pigs responded to the dietary supplementation of benzoic acid up to 0.5% linearly while the grower-finisher pigs achieved the optimal ADG at the calculated supplementation level of 0.36%.

© 2017, Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co., Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

#### 1. Introduction

Benzoic acid was superior to other acids in terms of *in vitro* bactericidal effects on coliforms (Knarreborg et al., 2002) and

enhanced growth performance of piglets by the strong antimicrobial effects in the gastrointestinal tract (Kluge et al., 2006).

In piglets, there is a plethora of studies with benzoic acid. Benzoic acid (0.5%) improved growth rate, feed intake, and feed utilization rate in piglets (Kluge et al., 2006; Torrallardona et al., 2007; Halas et al., 2010). This could be attributed to the improved gut health via decreasing digesta pH value, increasing the number of *Bifidobacterium* while decreasing *Escherichia coli*, promoting the development of intestinal morphology (Diao et al., 2014), enhancing jejunal antioxidant capacity (Diao et al., 2016), diversifying ileal microbiota (Torrallardona et al., 2007; Halas et al., 2010), and increasing utilization rates of nutrients (Guggenbuhl et al., 2007). There is, however, a lack of long-term studies to ascertain the positive effects of benzoic acid on pigs from weaning until

\* Corresponding author.

E-mail address: [heng-xiao.zhai@dsm.com](mailto:heng-xiao.zhai@dsm.com) (H. Zhai).

Peer review under responsibility of Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine.



Production and Hosting by Elsevier on behalf of KeAi

<http://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2017.05.001>

2405-6545/© 2017, Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine. Production and hosting by Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co., Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



slaughter (Halas et al., 2010). Moreover, the finding by Shu et al. (2016) that adding between 2.5% and 5.0% benzoic acid could lead to organ injury in piglets makes it imperative to study benzoic acid during the entire grower-finisher period at the recommended levels which are usually less than 1%.

In the current study, 2 experiments were conducted to validate the efficacy of benzoic acid on the growth performance of both nursery and grower-finisher pigs.

## 2. Materials and methods

The animal protocol for this research was approved by the Animal Welfare Committee of DSM (China) Animal Nutrition Research Center (AWCCAN).

### 2.1. Animals and facilities

#### 2.1.1. Experiment one

A total of 144 PIC L1050 barrows (initial body weight  $7.1 \pm 0.6$  kg and final body weight  $20.0 \pm 2.7$  kg) were used. Six barrows were housed in a pen (3.0 m  $\times$  1.8 m) furnished with 2 nipple drinkers and one trough with a stocking density at  $0.9 \text{ m}^2$  per pig. The study lasted for 28 days in two 14-day phases.

#### 2.1.2. Experiment two

A total of 288 PIC L1050 barrows (initial body weight  $36.1 \pm 3.6$  kg and final body weight  $112.4 \pm 8.4$  kg) previously not exposed to benzoic acid were used. Six barrows were housed in a pen (4.9 m  $\times$  2.7 m) furnished with 2 nipple drinkers and one trough with a stocking density at around  $2.2 \text{ m}^2$  per pig. The experiment lasted 70 days in two 35-day phases.

#### 2.1.3. Facilities

The experiments were conducted at DSM (China) Animal Nutrition Research Center Co., Ltd. (Bazhou, China). Room temperature was controlled by a computer system to maintain an optimal environment according to the age of pigs. Water and feed in pellet form were supplied *ad libitum*. The lighting was set as bright during the day and as dim during the night.

### 2.2. Experimental design

Both experiments were in a randomized complete block design with the initial body weight of pigs as the blocking factor. There was a total of 3 dietary treatments with each treatment in 8 replicate pens in experiment 1 and 16 replicate pens in experiment 2. The 3 treatments corresponded to 3 dietary levels of benzoic acid: 0, 0.3%, and 0.5%. The ingredient and nutrition compositions of the basal diets are shown in Table 1. The analyzed nutrients and benzoic acid are shown in Table 2.

The nursery, grower, and finisher pigs' diets were formulated to meet or exceed the energy and nutrients requirements for 11 to 25 kg, 50 to 75 kg, and 75 to 100 kg pigs in NRC (2012), respectively. The feed was pelleted at  $80^\circ\text{C}$ .

Benzoic acid with a purity of 99.5% and phytase were provided by DSM (China) Ltd. (Shanghai, China). Phytase at the supplementation level of 0.15 g/kg feed was assumed to provide 1.27 kg total P and 1.06 kg total Ca per ton of feed. The mineral and vitamin pre-mixes were provided by DSM Vitamins (Shandong) Ltd. (Liaocheng, China).

### 2.3. Sampling and analyses

The pigs were weighed on d 0, 14, and 28 in experiment 1, and on d 0, 35 and 70 in experiment 2. Feed allowance and leftover were

**Table 1**  
Ingredients and nutrient compositions of basal diets (as-fed basis).

Item	Nursery	Grower	Finisher
Ingredients, g/kg			
Corn (7.8%)	611.00	760.00	831.00
Soybean meal (47%)	245.00	—	—
Soybean meal (43%)	—	200.00	130.00
Fishmeal (65%)	50.00	—	—
Whey powder (3%)	50.00	—	—
Soybean oil	15.00	8.00	8.00
NaCl	3.00	3.50	3.50
Limestone	7.00	8.95	8.50
Dicalcium phosphate	2.75	4.00	3.05
L-lysine-HCl	4.00	3.70	4.00
DL-methionine	0.80	0.50	0.30
L-threonine	1.30	1.00	1.20
L-tryptophan	—	0.20	0.30
Phytase	0.15	0.15	0.15
Treatment premix <sup>1</sup>	5.00	5.00	5.00
Vitamins and minerals premix 4205 <sup>2</sup> (0.5%)	5.00	—	—
Vitamins and minerals premix 4305 <sup>2</sup> (0.5%)	—	5.00	—
Vitamins and minerals premix 4405 <sup>2</sup> (0.5%)	—	—	5.00
Total	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Calculated nutrients & energy, %			
Crude protein	20.2	15.5	13.0
ME, kcal/kg	3,401	3,325	3,329
Total Ca	0.84	0.63	0.57
Total P	0.69	0.53	0.48
True total tract digestible P	0.46	0.32	0.29
Standardized ileal digestible amino acid			
Lys	1.28	0.91	0.78
Met	0.39	0.27	0.22
Thr	0.76	0.56	0.49
Trp	0.20	0.16	0.14
Val	0.80	0.56	0.47

<sup>1</sup> Treatment premix is made of silicon dioxide replaced with intended levels of benzoic acid.

<sup>2</sup> Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 9,750 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 3,000 IU; vitamin E, 63 mg; vitamin K<sub>3</sub>, 3.0 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 3.0 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 9.6 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 4.5 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 36 µg; D-biotin, 240 µg; D-calcium pantothenate, 30 mg; folic acid, 1.8 mg; niacin, 36 mg; Cu (tribasic copper chloride), 190 mg; I (potassium iodate), 0.6 mg; Fe (ferrous sulfate), 120 mg; Mn (manganese sulfate), 60 mg; Zn (zinc sulfate), 120 mg; Se (sodium selenite), 450 µg; and choline (choline chloride), 300 mg.

<sup>3</sup> Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 6,500 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,000 IU; vitamin E, 42 mg; vitamin K<sub>3</sub>, 2.0 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2.0 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6.4 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3.0 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24 µg; D-biotin, 160 µg; D-calcium pantothenate, 20 mg; folic acid, 1.2 mg; niacin, 24 mg; Cu (tribasic copper chloride), 125 mg; I (potassium iodate), 0.5 mg; Fe (ferrous sulfate), 100 mg; Mn (manganese sulfate), 50 mg; Zn (zinc sulfate), 100 mg; Se (sodium selenite), 250 µg; and choline (choline chloride), 250 mg.

<sup>4</sup> Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 6,500 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,000 IU; vitamin E, 42 mg; vitamin K<sub>3</sub>, 2.0 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2.0 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6.4 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3.0 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24 µg; D-biotin, 160 µg; D-calcium pantothenate, 20 mg; folic acid, 1.2 mg; niacin, 24 mg; Cu (tribasic copper chloride), 30 mg; I (potassium iodate), 0.45 mg; Fe (ferrous sulfate), 80 mg; Mn (manganese sulfate), 40 mg; Zn (zinc sulfate), 80 mg; Se (sodium selenite), 150 µg; and choline (choline chloride), 250 mg.

recorded in each 14- or 35-d period. The number of pig-days per period and pen was recorded.

After extraction in 1% acetic acid and anhydrous ethanol (3/2, vol/vol), benzoic acid was measured with HPLC (Agilent 1200 series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) using benzoic acid as an external standard, a ZORBAX SB-C18 column, 0.5% formic acid/acetonitrile as the mobile phase, and a detection wavelength at 230 nm. Dietary samples were dried at  $105^\circ\text{C}$  in an oven for 4 h for dry matter determination. Nitrogen content was determined by the Dumas method (LECO FP-528, LECO Corporation, St Joseph, MI, USA). Gross energy was determined using an adiabatic bomb calorimeter (C 2000 basic, IKA, Germany). Calcium and phosphorus were determined by Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (Optima TM 8000, PerkinElmer, Shelton, USA).



**Table 2**  
Analyzed nutrients of the experimental diets with different levels of benzoic acid (BA).

Item	Dry matter, %	Crude protein, %	Total Ca, %	Total P, %	BA, mg/kg
Experiment 1					
0 BA	88.2	19.4	0.74	0.55	0
0.3% BA	88.6	19.4	0.75	0.55	2,942
0.5% BA	88.9	19.9	0.74	0.55	4,206
Experiment 2: grower (1) <sup>1</sup>					
0 BA	87.5	16.0	0.58	0.40	0
0.3% BA	87.7	15.5	0.58	0.42	2,786
0.5% BA	87.9	15.3	0.56	0.40	4,699
Experiment 2: grower (2) <sup>1</sup>					
0 BA	87.3	15.5	0.57	0.39	0
0.3% BA	87.2	15.3	0.57	0.38	2,510
0.5% BA	87.6	15.7	0.59	0.40	5,156
Experiment 2: finisher (1) <sup>2</sup>					
0 BA	88.1	13.2	0.54	0.36	0
0.3% BA	88.3	13.1	0.52	0.35	2,860
0.5% BA	88.6	13.0	0.53	0.35	4,502
Experiment 2: finisher (2) <sup>2</sup>					
0 BA	87.8	13.1	0.55	0.36	0
0.3% BA	87.7	13.2	0.51	0.34	3,038
0.5% BA	88.0	13.1	0.52	0.36	4,597

<sup>1</sup> The first and second batches of diets for grower phase of experiment 2.

<sup>2</sup> The first and second batches of diets for finisher phase of experiment 2.

## 2.4. Statistical analysis

### 2.4.1. Calculations

Average daily gain (ADG) was calculated by adding the individual weight gains in each pen and then dividing by the number of pig-days of that pen. Feed intake was measured by pen, and average daily feed intake (ADFI) was calculated by dividing the feed intake of each pen by the number of pig-days of that pen. Feed conversion ratio (FCR) was calculated by dividing ADFI by ADG.

### 2.4.2. Statistical model

Data were analyzed with GLM procedure of SAS 9.3 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) using the following statistical model with pen-aggregated data:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

where  $\mu$  is the overall mean,  $\alpha_i$  is the effect of the *i*th block,  $\beta_j$  is the effect of the *j*th benzoic acid level, and  $\varepsilon_{ijk}$  is the error term.

Homogeneity of variance between treatment groups was checked by applying Levene's test. Normality was checked by applying Kolmogorov–Smirnov's method. To investigate the dose–response effect, orthogonal polynomial contrasts were used to test the linear and quadratic effects of benzoic acid. The contrast coefficients were generated using IML procedure of SAS considering the unequal spacing between the treatments. The statistical significance was defined at  $P < 0.05$ . The least square means are presented.

## 3. Results

### 3.1. Dietary analyses

The analytical results (Table 2) were in an acceptable range to the respective target levels (Table 1) and indicated that there were no errors in experimental diets that were prepared.

### 3.2. Model assumptions

Variance homogeneity was present in the data. For the normality test, only ADFI for the period of d 35 to 70 at the benzoic

acid level of 0.3% in experiment 2 failed. Since the main measurements were all normally distributed, no transformation of the outcome was performed.

### 3.3. Growth performance

Three piglets in experiment 1 and 5 pigs in experiment 2 were culled out. The culled piglets were diagnosed of meningitis or enteritis, while the grower pigs were eliminated due to rectal prolapse, limping or enteritis.

In experiment 1, ADG of all growth phases increased linearly ( $P < 0.05$ ) with increasing supplementation of benzoic acid, which led to a linear improvement in average body weight on d 28 ( $P < 0.05$ ; Table 3). There was also an improvement in FCR of d 0 to 14 (linear effect:  $P < 0.05$ ) and in ADFI during d 14 to 28 and d 0 to 28 (linear effect:  $P < 0.01$ ) (Table 3).

In experiment 2, ADG during d 0 to 35 and d 35 to 70, and average body weight on d 35 were improved linearly ( $P < 0.05$ ) with increasing supplementation of benzoic acid (Table 4). Average daily gain of d 0 to 70 and average body weight on d 70 increased significantly in a both linear and quadratic manner. There was a linear improvement in FCR of all growth phases ( $P < 0.05$ ). The optimal dietary inclusion rate of benzoic acid was calculated at 0.36% by regressing ADG of d 0 to 70 against the supplemental levels of benzoic acid ( $y = -483.33x^2 + 351.67x + 1,048$ ,  $r^2 = 1$ ) (Table 4).

## 4. Discussion

Liver can efficiently extract 89% of the dietary benzoic acid to synthesize hippuric acid for clearance by kidneys with the urinary excretion of hippuric acid accounting for 85% of the benzoic acid intake, but the absorption of benzoic acid in the gut is a protracted process (Kristensen et al., 2009), which means a longer time for benzoic acid to act in the gastro-intestinal tract. Benzoic acid could improve the microbiota ecosystem in the gut and enhance the metabolic functions of the gut. Dietary supplementation of benzoic acid decreased the pH value of digesta in ileum, cecum, and colon of piglets (Diao et al., 2014) and in crop, jejunum, and ceca of chickens (Olukosi and Dono, 2014), which could be a critical factor for the

**Table 3**  
Growth performance of nursery pigs (Experiment 1).

Item	Benzoic acid, %			SEM	P-value	
	0	0.3	0.5		L <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>
Number of replicates	8	8	8			
Body weight, kg						
d 0	7.1	7.1	7.0	0.09	0.515	0.306
d 14	12.0	12.3	12.6	0.25	0.083	0.845
d 28	19.0	20.3	20.8	0.45	0.013	0.723
d 0 to 14						
ADG, g	349	369	403	15	0.024	0.503
ADFI, g	476	481	509	14	0.129	0.420
FCR	1.36	1.31	1.27	0.03	0.024	0.831
d 15 to 28						
ADG, g	507	571	583	17	0.004	0.387
ADFI, g	742	808	846	18	<0.001	0.875
FCR	1.47	1.42	1.45	0.02	0.555	0.138
d 0 to 28						
ADG, g	428	470	493	15	0.006	0.872
ADFI, g	609	645	678	15	0.005	0.774
FCR	1.42	1.38	1.38	0.02	0.118	0.439

SEM = standard error of the means; ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; FCR = feed conversion ratio, ADFI/ADG.

<sup>1</sup> Linear effect of benzoic acid.

<sup>2</sup> Quadratic effect of benzoic acid.



**Table 4**  
Growth performance of grower-finisher pigs (Experiment 2).

Item	Benzoic acid, %			SEM	P-value	
	0	0.3	0.5		L <sup>1</sup>	Q <sup>2</sup>
Number of replicates	16	16	16			
Body weight, kg						
d 0	36.1	36.0	36.3	0.10	0.315	0.232
d 35	74.5	76.5	76.1	0.51	0.022	0.112
d 70	109.8	113.9	113.5	0.76	<0.001	0.048
d 0 to 35						
ADG, g	1,089	1,150	1,138	16	0.020	0.106
ADFI, g	2,490	2,544	2,524	34	0.415	0.425
FCR	2.29	2.21	2.22	0.02	0.014	0.207
d 36 to 70						
ADG, g	1,008	1,069	1,069	13	0.001	0.123
ADFI, g	3,085	3,176	3,163	34	0.084	0.296
FCR	3.07	2.97	2.96	0.04	0.025	0.435
d 0 to 70						
ADG, g	1,048	1,110	1,103	11	<0.001	0.051
ADFI, g	2,787	2,860	2,844	30	0.159	0.308
FCR	2.66	2.58	2.58	0.03	0.007	0.230

SEM = standard error of the means; ADG = average daily gain; ADFI = average daily feed intake; FCR = feed conversion ratio, ADFI/ADG.

<sup>1</sup> Linear effect of benzoic acid.

<sup>2</sup> Quadratic effect of benzoic acid.

selective suppression of the detrimental pathogens and the improved biodiversity of microbiota in the gut (Knarreborg et al., 2002; Torralardona et al., 2007; Halas et al., 2010). Longer villi and higher activities of trypsin, lipase, and amylase in the jejunum of piglets were reported in response to supplementation of benzoic acid (Halas et al., 2010; Diao et al., 2014, 2016), which could support greater nutrient digestion and absorption by pigs as proved in the metabolism trials by Guggenbuhl et al. (2007), Sauer et al. (2009), and Murphy et al. (2011). The improved intestinal morphology could be related to the upregulation of mucosal glucagon-like peptide 2 (GLP-2) and activities of superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-PX; Diao et al., 2016). In addition, the supplementation of benzoic acid reduced manure NH<sub>3</sub> emission (Halas et al., 2010; Murphy et al., 2011), which could help improve the environmental conditions for pigs.

For piglets in the current trial, the linear relationship between the growth performance and the supplemental levels of benzoic acid suggest the possibility of further improvement in growth performance of piglets with dietary benzoic acid supplementation greater than 0.5%. Kluge et al. (2006) showed that the dietary supplementation of 1% benzoic acid can further improve the growth performance of piglets when compared with the level of 0.5% benzoic acid. Previous trials (Kluge et al., 2006; Torralardona et al., 2007; Halas et al., 2010) showed that 0.5% benzoic acid can improve ADG by 11% to 16%, ADFI by 8% to 11%, and FCR by 2% to 6% compared to the non-supplemented control, which compared with improvements of 15%, 11%, and 3% accordingly in the current study. It is worth noting that approximately 70% of improvement in ADG could be explained by the increase in ADFI in experiment 1, which is in agreement with the positive correlation between the effects of organic acid on ADG and ADFI (Partanen and Mroz, 1999).

In the literature, there is evidence that benzoic acid might be able to improve the growth performance of grower-finisher pigs. For example, benzoic acid (2%) increased apparent P and Ca digestibility, and reduced urinary pH and NH<sub>3</sub> emissions in grower pigs (Nørgaard et al., 2010; Murphy et al., 2011). Large-scale growth performance studies with grower-finisher pigs, however, are still

lacking. In the current study, it was clearly shown that, compared to the non-supplemented control, both 0.3% and 0.5% benzoic acid can improve the ADG by 6%, ADFI by 3%, and FCR by 3% for the whole grower-finisher duration. The derived optimal supplemental level of 0.36% of benzoic acid for grower-finisher pigs in the current study indicates that grower-finisher pigs might need less benzoic acid than nursery pigs for the best growth performance. Furthermore, there was no sign of health problems with the grower-finisher pigs linked to the long time usage of benzoic acid at the supplemental levels in the current study, which is probably due to the efficient extraction of benzoic acid by the liver and clearance by the kidney (Kristensen et al., 2009).

## 5. Conclusion

In conclusion, the dietary inclusion of benzoic acid at the supplementation levels of 0.3% and 0.5% significantly improved the growth performance of both nursery and grower-finisher pigs in the current study; the nursery pigs responded to the supplementation level of benzoic acid up to 0.5% linearly while the grower-finisher pigs achieved the optimal ADG at the calculated supplementation level of 0.36%.

## References

- Diao H, Zheng P, Yu B, He J, Mao XB, Yu J, et al. Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. *Livest Sci* 2014;167:249–56.
- Diao H, Gao Z, Yu B, Zheng P, He J, Yu J, et al. Effects of benzoic acid (VevoVital®) on the performance and jejunal digestive physiology in young pigs. *J Anim Sci Biotechnol* 2016;7:32.
- Guggenbuhl P, Séon A, Piñón Quintana A, Simões Nunes C. Effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVital®) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ileal digestibility of the young pig. *Livest Sci* 2007;108:218–21.
- Halas D, Hansen CF, Hampson DJ, Mullan BP, Kim JC, Wilson RH, et al. Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villus height and caecal microbial diversity in weaner pigs. *Anim Feed Sci Technol* 2010;160:137–47.
- Kluge H, Broz J, Eder K. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2006;90:316–24.
- Knarreborg A, Miquel N, Granli T, Jensen BB. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. *Anim Feed Sci Technol* 2002;99:131–40.
- Kristensen NB, Nørgaard JV, Wamberg S, Engbaek M, Fernández JA, Zacho HD, et al. Absorption and metabolism of benzoic acid in growing pigs. *J Anim Sci* 2009;87:2815–22.
- Murphy DP, O'Doherty JV, Boland TM, O'Shea CJ, Callan JJ, Pierce KM, et al. The effect of benzoic acid concentration on nitrogen metabolism, manure ammonia and odour emissions in finishing pigs. *Anim Feed Sci Technol* 2011;163:194–9.
- Nørgaard JV, Fernández JA, Eriksen J, Olsen OH, Carlson D, Poulsen HD. Urine acidification and mineral metabolism in growing pigs fed diets supplemented with dietary methionine and benzoic acid. *Livest Sci* 2010;134:113–5.
- NRC. Nutrient requirements of swine. 11th ed. Washington, DC: Natl. Acad. Press; 2012.
- Olukosi OA, Dono ND. Modification of digesta pH and intestinal morphology with the use of benzoic acid or phytobiotics and the effects on broiler chicken growth performance and energy and nutrient utilization. *J Anim Sci* 2014;92:3945–53.
- Partanen HK, Mroz Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr Res Rev* 1999;12:117–45.
- Sauer W, Cervantes M, Yanez J, Araiza B, Murdoch G, Morales A, et al. Effect of dietary inclusion of benzoic acid on mineral balance in growing pigs. *Livest Sci* 2009;122:162–8.
- Shu Y, Yu B, He J, Yu J, Zheng P, Yuan Z, et al. Excess of dietary benzoic acid supplementation leads to growth retardation, hematological abnormality and organ injury of piglets. *Livest Sci* 2016;190:94–103.
- Torralardona D, Badiola I, Broz J. Effects of benzoic acid on performance and ecology of gastrointestinal microbiota in weanling piglets. *Livest Sci* 2007;108:210–3.



## 【母猪篇】

### 百健宝对母猪生产性能、奶成分以及仔猪生产性能和腹泻指数的影响

**试验目的：**在哺乳母猪日粮中添加百健宝，研究其对母猪生产性能、奶成分以及仔猪生产性能和腹泻指数的影响

**试验单位：**百奥明

**试验产品：**百健宝：多种植物精油协同作用与基质包被技术的完美组合（百奥明生产提供）

**试验设计：**

动物数量：93 头托佩克母猪

试验周期：哺乳期 21 天

对照组：基础日粮，49 头母猪

百健宝组：基础日粮+150g/吨的百健宝，44 头母猪

**试验结果：**

#### 1. 百健宝对哺乳母猪产奶量的影响

Table 1 - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on sow performance

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	Difference, %	SEM	P- value
Lactation period, d	20.55	20.80	0.25	1.22	0.19	0.541
Sow BW post farrowing, kg	250.4	250.9	0.51	0.20	3.22	0.987
Sow BW at weaning	248.2	244.3	-3.90	-1.57	2.89	0.334
BW mobilization, kg	2.12	5.63	3.51	166	1.79	0.197
Average lactation feed intake whole period, kg	4.40	4.47	0.07	1.64	0.06	0.669
Average lactation feed intake 8d to 20d, kg	5.04	5.08	0.04	0.87	0.08	0.981
<b>Milk production, kg/d*</b>	<b>7.66</b>	<b>9.37</b>	<b>1.71</b>	<b>22.32</b>	<b>0.23</b>	<b>&lt;0.001</b>

\* Milk production was estimate based on Noblet and Etienne, 1989

由上表 1 可见：通过对产奶量的测定，对照组奶水量为 7.66kg/天，试验组奶水量为 9.37kg/天，改善幅度达到 22%。

#### 2. 百健宝对哺乳母猪生产性能的影响



Figure 1. Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on piglet performance at weaning.

由上图 1 可见：通过添加百健宝，由于母猪产奶量增加，进而改善了仔猪断奶窝重，相比对照组，试验组仔猪断奶窝重增加 10.2kg，改善幅度达到 17.4%，平均断奶重增加 767g/头，改善幅度为 15%，并且表现出更好的均匀度。

### 3. 百健宝对仔猪体重分类的影响

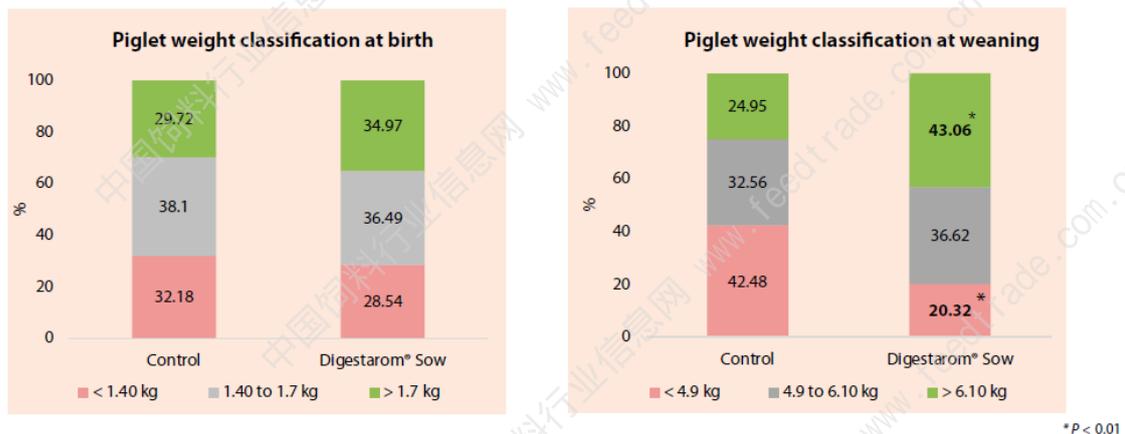


Figure 2. Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on piglet weight classification.

由上图 2 可见：对出生和断奶的仔猪体重，按照轻、中和重进行分类发现，相比对照组，添加百健宝仔猪断奶后更重的仔猪数量增加，更轻的仔猪数量减少。

### 4. 百健宝对仔猪腹泻评分的影响

Table 4 - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on litter diarrhea incidence

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	SEM	P- value
No diarrhea, %	71.78	79.06	7.28	2.11	0.153
Score 1, %	12.85	11.87	-0.98	1.15	0.956
Score 2, %	8.5	6.72	-1.78	0.95	0.154
Score 3, %	6.87	2.35	-4.52	0.80	0.004



由上表 4 可见：通过添加百健宝，可以降低仔猪腹泻的发生，通过对腹泻评分的统计，可以降低腹泻评分 3 分的比例，相比对照组，降低幅度为 4.5%。

### 5.经济效应分析

	母猪哺乳阶段补充百健宝
额外窝增重/每头母猪, kg	10.2
投入成本/每头母猪, USD	0.6
额外收益/每头母猪*, USD	40
ROI	65.86
收支平衡点 (窝断奶增重, kg)	0.155
仔猪断奶增重 (g)	13.2

\*指当时实验仔猪价格，平均仔猪价格=3.88\$/kg (6-10kg)

#### 试验结论：

本试验研究表明，在母猪哺乳阶段补充百健宝：

- 1.可以提高母猪产奶量，改善幅度达到 22%；
- 2.改善仔猪断奶窝重 (+10.2kg)，改善幅度达到 17.4%，并且表现出更好的均匀度；
- 3.仔猪断奶后更重的仔猪数量增加，更轻的仔猪数量减少；
- 4.降低仔猪腹泻的发生；
- 5.更高的收益率，投入产出比达到 65.86；
- 6.窝增重达到 155g 就能达成收支平衡点。



# Biomin® *Trials*



## Digestarom® Sow

### Scientific Trial

Scientific Trial at commercial swine operation

Ceará, Brazil, 2021

### Aim of the Trials

Investigate the effect of Digestarom® Sow supplemented during lactation on sow performance and milk composition, piglet performance and diarrhea incidence.

**Location:** Commercial operation in collaboration with Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Ceará, BR

### Trial Design

#### Trial 1:

**Animals:** 93 sows Topigs Norswin TN70

**Duration:** Lactation period with average of 21 days

**Treatments:**

**Group 1:** Standard lactation diet without phytogetic additive (Control); n=49

**Group 2:** Standard lactation diet + Digestarom® Sow (150 g/t); n=44

Sows were located in 3 maternity rooms (two open rooms with frontal ventilation duct and one climatized room with negative pressure). Dry feed started at 1 kg on day after farrowing and increased 1 kg/d until day 8, following by 8 kg/sow/d until weaning. Water was provided *ad libitum*. Sows were between parity 2 and 7. Litter size were equalized.

**Statistical analyses:** ANOVA with number of parities as random effect. Considering  $P \leq 0.05$ .

[www.biomin.net](http://www.biomin.net) BIOMIN Trials



Digestarom® product line

## Results

**Table 1** - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on sow performance

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	Difference, %	SEM	P- value
Lactation period, d	20.55	20.80	0.25	1.22	0.19	0.541
Sow BW post farrowing, kg	250.4	250.9	0.51	0.20	3.22	0.987
Sow BW at weaning	248.2	244.3	-3.90	-1.57	2.89	0.334
BW mobilization, kg	2.12	5.63	3.51	166	1.79	0.197
Average lactation feed intake whole period, kg	4.40	4.47	0.07	1.64	0.06	0.669
Average lactation feed intake 8d to 20d, kg	5.04	5.08	0.04	0.87	0.08	0.981
<b>Milk production, kg/d*</b>	<b>7.66</b>	<b>9.37</b>	<b>1.71</b>	<b>22.32</b>	<b>0.23</b>	<b>&lt;0.001</b>

\* Milk production was estimate based on Noblet and Etianne, 1989

**Table 2** - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on milk composition at farrowing and weaning

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	CV (%)	P- value
<b>Day 2 lactation</b>					
Fat, %	6.55	7.26	0.71	18.36	0.151
<b>Crude Protein, %</b>	<b>3.72</b>	<b>3.47</b>	<b>-0.25</b>	<b>6.99</b>	<b>0.037</b>
<b>Lactose, %</b>	<b>5.60</b>	<b>5.21</b>	<b>-0.39</b>	<b>6.99</b>	<b>0.029</b>
Mineral, %	0.81	0.79	-0.02	6.91	0.543
<b>Total solids, %</b>	<b>16.20</b>	<b>17.45</b>	<b>1.25</b>	<b>8.87</b>	<b>0.058</b>
<b>Day 20 lactation</b>					
Fat, %	5.67	6.31	0.64	20.82	0.467
<b>Crude Protein, %</b>	<b>3.54</b>	<b>3.69</b>	<b>0.15</b>	<b>7.730</b>	<b>0.075</b>
Lactose, %	5.32	5.41	0.09	7.50	0.752
Mineral, %	0.79	0.79	0.00	6.53	0.815
Total solids, %	15.41	16.34	0.93	10.74	0.333

Milk crude protein, lactose and total solids were different among treatments at day 2 of lactation, however this different was likely not due to the product supplementation as sows started receiving the product only few days before farrowing, when they moved to the maternity barn. At weaning, crude protein was greater for the Digestarom group, however the effects on performance was likely driven by the quantity of milk instead of the improvement of composition change, as it was a small difference.

**Table 3** - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on sow performance

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	Difference, %	SEM	P- value
<b>At birth</b>						
Litter size, n	12.94	12.89	-0.05	-0.39	0.05	0.523
Litter weight, kg	19.97	20.21	0.24	1.20	0.03	0.728
Piglet average weight, kg	1.55	1.57	0.02	1.42	0.03	0.655
Coefficient of variation, %	18.72	19.69	0.97		0.52	0.358
<b>At weaning</b>						
Litter size, n	11.51	11.73	0.22	1.91	<b>0.14</b>	0.620
<b>Litter weaning weight, kg</b>	<b>58.67</b>	<b>68.89</b>	<b>10.22</b>	<b>17.42</b>	<b>1.38</b>	<b>0.001</b>
<b>Piglet average weaning weight, kg</b>	<b>5.10</b>	<b>5.87</b>	<b>0.77</b>	<b>15.04</b>	<b>0.10</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>Piglet ADG, kg</b>	<b>0.18</b>	<b>0.22</b>	<b>0.04</b>	<b>19.13</b>	<b>0.01</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>Coefficient of variation, %</b>	<b>21.34</b>	<b>17.91</b>	<b>-3.43</b>		<b>0.66</b>	<b>0.010</b>
Mortality, %	10.98	8.92	-2.06		1.07	0.502



Digestarom® product line



Figure 1. Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on piglet performance at weaning.

Digestarom® Sow supplementation during lactation resulted in improved milk production, leading to about 10 kg heavier litter weaning weight, 767 g more on piglet average weaning weight and better litter uniformity.

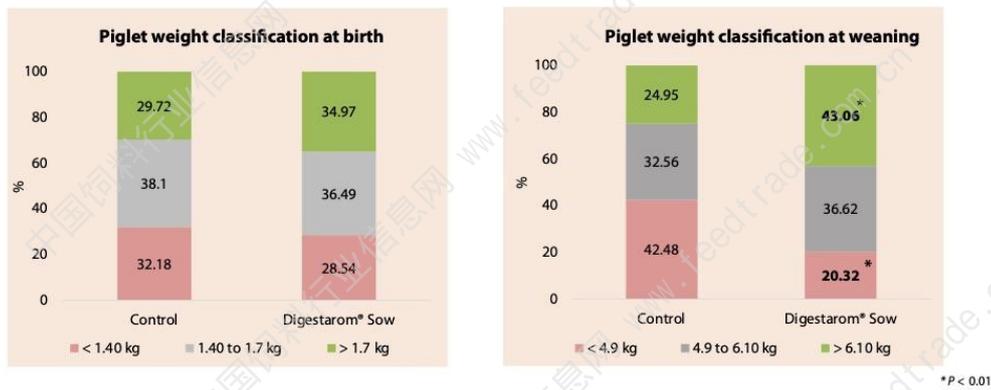


Figure 2. Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on piglet weight classification.

Piglets were classified by light, mid and heavy weight at birth and weaning. It was observed an increased number of heavy piglets and decreased number of light piglets at weaning when Digestarom® Sow was supplemented.

Table 4 - Effects of Digestarom® Sow supplementation during lactation on litter diarrhea incidence

Variables	Control	Digestarom® Sow	Numerical difference	SEM	P- value
No diarrhea, %	71.78	79.06	7.28	2.11	0.153
Score 1, %	12.85	11.87	-0.98	1.15	0.956
Score 2, %	8.5	6.72	-1.78	0.95	0.154
Score 3, %	6.87	2.35	-4.52	0.80	0.004

Incidence and score of diarrheas were recorded across litters, and sows supplemented with Digestarom® Sow were observed to decrease the incidence of score 3 diarrhea by 4.5 points of percent.



Digestarom® product line

### Cost-Benefit Analysis

The breakeven for the application of Digestarom® Sow during lactation was calculated as 155 g more litter weaning weight. The extra revenue per sow was enhanced by 40 USD, leading to a ROI of 65 : 1 (Table 4).

Table 5 - Cost-Benefit Analysis

	Digestarom® Sow during Lactation
Extra litter weight/sow, kg	10.2
Investment cost/sow, BRL; USD	3.3 ; 0.6
Extra revenue/sow*, BRL;USD	219 ; 40
<b>ROI</b>	<b>65.86</b>
<b>Breakeven, (litter weaning weight, kg)</b>	<b>0.155</b>
<b>(piglet weaning weight, g)</b>	<b>13.2</b>

\* Average pig price = 21.4 BRL/kg 6 to 10 kg live weight (2021 in Santa Catarina, BR) Currency 2021 USD/BRL  
Av. Rate = 5.52

## Conclusion

### Digestarom® Sow supplementation during lactation resulted in:

- Improved milk production by 22%
- Improved weaning weight (+10 kg) and uniformity of the litter
- More “heavy” piglets and less “light” piglets
- Decreased diarrhea incidence among litters
- Higher productivity resulted in ROI of 65.86
- A Breakeven of only 155 g litter weaning weight

### > IMPRESSUM

Publisher: BIOMIN Holding GmbH, Erber Campus 1, 3131 Getzersdorf, Austria, Tel: +43 2782 803-0, e-Mail: office@biomin.net, www.biomin.net

©Copyright: BIOMIN Holding GmbH, 2021.

All rights reserved. Any kind of reprint, reproduction, or any other kind of usage – whether partially or to the full extent - only allowed upon prior written approval by BIOMIN Holding GmbH.

BIOMIN is a registered trademark of DSM (IR-509692).

DIGESTAROM is a registered trademark of BIOMIN Holding GmbH (IR-681524).

www.biomin.net BIOMIN Trials

TR\_DIG\_S\_EN\_BR03\_1021\_MIR



## 【小鼠篇】

# 冷喷爱酸灵对 ETEC 感染小鼠肠道保护作用的研究

## 1 前言

肠道是营养物质消化吸收的主要器官，与动物机体物质代谢和生长发育密切相关。产肠毒素性大肠杆菌（Enterotoxigenic Escherichia coli, ETEC）是引起人和动物腹泻的主要病原菌之一。ETEC 有很多血清型，其中 K88 是导致畜禽腹泻的重要病原菌。当畜禽感染 ETEC K88 后，病菌会附着在小肠微绒毛上，产生肠毒素引起肠粘膜炎症，并诱导上皮细胞凋亡，破坏其紧密连接完整性，进而导致肠屏障功能损伤，破坏肠稳态，临床上造成剧烈腹泻，具有很高的发病率和死亡率。有研究表明，ETEC 感染导致腹泻的主要机制可能是通过降低肠道细胞抗氧化酶活性，介导脂质过氧化反应，从而破坏动物肠道粘膜完整性和功能，导致机体免疫力下降和肠道菌群紊乱。抗生素在动物生产中被广泛用作生长促进剂和治疗药物，现如今抗生素滥用导致耐药菌的出现，引起了人们对于在动物饲料中正确使用抗菌物质的广泛关注。因此，寻找抗生素替代品迫在眉睫。

饲料与动物肠道健康息息相关。目前研究发现，酸化剂是一种有效的抗生素替代产品，通过开发饲用有机酸以增强动物抗病抗菌能力，改善动物肠道及机体健康已成为研究热点。苯甲酸是最简单的芳香酸，属于有机酸的一种。苯甲酸具有优异的抑菌杀菌效果，具有促进饲料中营养物质消化、提高肠道消化酶活性等多种生物学作用。但苯甲酸在消化道前端易离子化，失去抑菌功效，且其易被机体吸收代谢，引起血糖升高，影响动物采食。传统的剂量效应及普通包被制粒工艺均不能发挥苯甲酸的最佳抑菌杀菌效果，唯有持续的制剂化创新工艺才能实现精准使用苯甲酸的目的。小鼠是一类对 ETEC 菌株较为敏感的动物，ETEC 感染小鼠的致病机理与猪等动物相似，且感染效果受周龄增加的影响较小，许多研究也以小鼠为 ETEC 攻毒模型来探讨新型饲料添加剂的作用机理。

因此，在大肠杆菌攻毒条件下，饲料中添加苯甲酸对小鼠生长、肠道免疫以及肠道微生物组成的影响值得深究。本试验以小鼠为模型，旨在研究冷喷包被酸对大肠杆菌感染小鼠肠道损伤的保护作用及其分子机制，可以为 ETEC 感染导致的肠道炎症提供新的预防和治疗思路，并为在生产实践中科学合理应用冷喷包被酸提供理论依据。

## 2 试验研究

### 冷喷包被酸对 ETEC 攻毒小鼠机体免疫力、肠道屏障功能及微生态的影响

#### 2.1 材料和方法

##### 2.1.1 试验设计

试验共分为 6 个处理，每个处理 6 个重复，每个重复 3 只小鼠。处理一为对照组（CON），饲喂基础饲料。处理二为攻毒组（ETEC），饲喂基础饲料。处理三为纯苯甲酸粉组，在基础饲料中添加 2.0% 的纯苯甲酸粉（含量 $\geq 99.5\%$ ）。处理四、五、六为冷喷包被酸组，分别在基础饲料中添加 1.0%、1.5% 和 2.0% 的冷喷包被酸（含量 $\geq 40\%$ ）。ETEC 菌株购自中国兽医微生物菌种保藏管理中心，血清型为 O149: K91: K88ac。



攻毒前，各处理组小鼠连续采食相应饲料 14 天，第 15 天采用 ETEC 菌液攻毒，建立腹泻模型，攻毒途径为腹腔注射。攻毒后，各处理组小鼠继续饲喂各自试验饲料 7 天。试验设计见表 1。

表 1-1 试验设计

处理组	饲料类型	具体处理
处理 1	基础饲料	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 PBS 溶液
处理 2	基础饲料	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 $1 \times 10^5$ CFU/mL 的 ETEC 菌液
处理 3	基础饲料+2.0% 纯苯甲酸粉	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 $1 \times 10^5$ CFU/mL 的 ETEC 菌液
处理 4	基础饲料+1.0% 冷喷包被酸	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 $1 \times 10^5$ CFU/mL 的 ETEC 菌液
处理 5	基础饲料+1.5% 冷喷包被酸	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 $1 \times 10^5$ CFU/mL 的 ETEC 菌液
处理 6	基础饲料+2.0% 冷喷包被酸	按 0.1ml/10g 的剂量腹腔注射 $1 \times 10^5$ CFU/mL 的 ETEC 菌液

### 2.1.2 饲料配制及营养水平

基础饲料组成及营养水平见表 2。

表 1-2 基础饲料组成及营养水平

原料 Ingredients, %	基础饲料	冷喷包被酸水平, %		
		1.0	1.5	2.0
酪蛋白 Casein	20.00	20.00	20.00	20.00
玉米淀粉 Corn starch	39.75	38.75	38.25	37.75
麦芽糊精 Maltodextrin	13.20	13.20	13.20	13.20
蔗糖 Sucrose	10.00	10.00	10.00	10.00
纤维素 Cellulose	5.00	5.00	5.00	5.00
大豆油 Soybean oil	7.00	7.00	7.00	7.00
有机酸 Organic acid	0.00	1.00	1.50	2.00
维生素预混料 Vitamin premix	5.05	5.05	5.05	5.05
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level				
粗蛋白质 CP, g/100 g	20.00	20.00	20.00	20.00
碳水化合物 Carbohydrate, g/100 g	63.95	62.95	62.45	61.95
粗脂肪 EE, g/100 g	7.00	7.00	7.00	7.00

### 2.1.3 试验动物及饲养管理

108 只 3 周龄的健康 BALB 雌鼠，SPF 级，按体重一致原则随机分为 6 个处理，每个处理 6 个重复，每个重复 3 只小鼠。所有小鼠饲养于江西农业大学动物科学技术学院标准动物房，自由采食和饮水。试验期间室温控制在  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度控制在 40%-70%，12h 光照和 12h 黑暗周期变化。每天检查小鼠采食、饮水和精神状态，每周更换 1 次垫料，记录每日采食量和体重变化。在试验第 15 d、16 d、22d 每个处理的每



个重复各选取 1 只小鼠，进行采血后屠宰，称取组织器官重（肝脏、心脏、脾脏、肾脏），取空肠粘膜检测炎症因子和紧密连接蛋白，另取空肠末端制作组织切片，观察肠道结构和病变情况。取结肠食糜用于测定肠道微生物区系组成及代谢产物挥发性脂肪酸含量。试验期间观察到小鼠对纯苯甲酸粉比较敏感，饲喂含 2.0% 纯苯甲酸粉日粮的小鼠表现神经过敏、兴奋和失去平衡，且在饲喂一周后出现死亡现象，故本试验未采集处理 3 小鼠样品。

## 2.2 考察指标及方法

### 2.2.1 生长性能和器官指数

平均日采食量（ADFI）：试验期间准确记录每天每笼采食量，并计算平均日采食量。

平均日增重（ADG）：在试验期第 1、7、14、21 d 称取小鼠体重，计算平均日增重。

组织指数：组织重量与其体重的比值。

### 2.2.2 血清生化指标

采用酶联免疫试剂盒，通过全波长多功能酶标仪检测血清中白细胞介素-1 $\beta$ （IL-1 $\beta$ ）、白细胞介素-6（IL-6）、肿瘤坏死因子- $\alpha$ （TNF- $\alpha$ ）和干扰素  $\gamma$ （INF- $\gamma$ ）、D-乳酸（D-lactate）和二胺氧化酶（DAO）的含量，试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司。

### 2.2.3 空肠肠道组织学检测

每只小鼠取 2 cm 长的空肠样品去除内容物，生理盐水清洗后固定于 4% 多聚甲醛溶液，经脱水、石蜡包埋、切片、苏木精-伊红染色处理后置于光学显微镜下观察肠道组织形态，测量绒毛高度和隐窝深度，计算绒毛高度/隐窝深度（V/C）值。

### 2.2.4 肠道炎症反应和屏障功能相关因子 mRNA 表达的检测

采集空肠黏膜样品，提取总 RNA，使用 RT Master Mix 试剂盒反转录合成 cDNA。参考 SYBR Green Master Mix 试剂盒使用说明书，在荧光定量 PCR 仪上进行实时荧光定量 PCR 检测。目的基因包括 IL-1 $\beta$ 、IL-6、TNF- $\alpha$ 、单核细胞趋化蛋白-1（MCP-1）、Toll-样受体（TLR-2、TLR-4 和 MyD88）mRNA 表达量。

### 2.2.5 组织紧密连接蛋白表达

采集空肠黏膜样品，测定空肠黏膜中紧密连接蛋白相关基因表达水平（Claudin-1、Occludin 和 ZO-1）。

### 2.2.6 肠道菌群结构分析

采用 16S rDNA 高通量测序分析结肠食糜中微生物区系组成和多样性。基于原始测序数据，运用生物信息学手段进行 OTU 聚类、PCoA 及 LEfSe 分析，应用 PICRUST 进行功能预测。

### 2.2.7 肠道内容物挥发性脂肪酸的检测

采用气相色谱仪分析测定结肠食糜中挥发性脂肪酸含量，包括乙酸（acetic acid）、丙酸（propionic acid）和丁酸（butyric acid）。

## 2.3 统计与分析

所有数据用 Excel 2019 处理后，采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析，并用 Duncan 进行多重比较。各组数据以“平均值 $\pm$ 标准误”表示。以  $P < 0.05$  为差异显著性判断标准。

## 3 结果与分析



### 3.1 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠体重的影响

从表 1-3 可以看出, 攻毒前, 连续饲喂试验饲料 14d 后, 各处理组小鼠的平均日增重和平均日采食量无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但从数值上看, 中剂量冷喷包被酸组的饲料利用效率最高。攻毒后, ETEC 组和低剂量冷喷包被酸组小鼠体重显著低于 CON 组小鼠 ( $P<0.05$ )。

表 1-3 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠体重的影响

Table 1-3 Effects of cold-spray coating of acids on body weight in mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
体重, g					
Day 0	13.00 ± 0.28	13.03 ± 0.31	13.19 ± 0.32	13.08 ± 0.33	13.23 ± 0.25
Day 7	16.38 ± 0.30	16.54 ± 0.21	16.70 ± 0.45	16.81 ± 0.13	16.48 ± 0.16
Day 14	17.71 ± 0.41	17.58 ± 0.24	17.21 ± 0.46	17.61 ± 0.17	17.73 ± 0.20
Day 0-14, 攻毒前					
平均日体增重, g	0.34 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.29 ± 0.03	0.32 ± 0.03	0.32 ± 0.02
平均日采食量, g	2.24 ± 0.05	2.21 ± 0.03	2.12 ± 0.06	2.14 ± 0.01	2.15 ± 0.04
饲料利用效率 (体重/采食量)	0.149 ± 0.011	0.147 ± 0.008	0.134 ± 0.012	0.151 ± 0.015	0.149 ± 0.009
Day 15-21, 攻毒后					
Day 21 体重, g	18.33 ± 0.16 <sup>a</sup>	17.69 ± 0.24 <sup>b</sup>	17.41 ± 0.37 <sup>b</sup>	17.87 ± 0.18 <sup>ab</sup>	17.90 ± 0.38 <sup>ab</sup>
Day 15-21 体重变化, g	0.61 ± 0.38	0.10 ± 0.17	0.19 ± 0.30	0.27 ± 0.11	0.17 ± 0.28

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。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ). The same as below.

### 3.2 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠器官指数的影响

由表 1-4 可知, 攻毒前, 连续饲喂试验饲料 14d 后, 各处理组小鼠器官指数无显著差异 ( $P>0.05$ )。攻毒后, 与 CON 组相比, ETEC 组小鼠脾脏指数 (24h 和 168h)、肾脏指数 (24h) 显著增加 ( $P<0.05$ ), 冷喷包被酸组小鼠心脏指数和肾脏指数显著增加 (24h;  $P<0.05$ ), 低剂量冷喷包被酸组小鼠肝脏指数显著降低、脾脏指数显著增加 (168h;  $P<0.05$ ); 与 ETEC 组相比,  $\geq$ 低剂量冷喷包被酸组小鼠肝脏指数显著降低 (168h;  $P<0.05$ )。

### 3.3 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠免疫反应的影响

由表 1-5 可见, 攻毒前, 连续饲喂试验饲料 14d 后, 各处理组血清炎症因子含量无显著差异 ( $P>0.05$ )。攻毒后, 与 CON 组相比, ETEC 组小鼠血清中 IL-1 $\beta$ 、IL-6、TNF- $\alpha$ 、INF- $\gamma$  和 D-lactate 含量显著增加 (24h、168h;  $P<0.05$ ), DAO 活性显著提高 (24h;  $P<0.05$ ); 与 ETEC 组相比, 低剂量冷喷包被酸组小鼠血清中 D-lactate 含量和 DAO 活性显著降低 (24h;  $P<0.05$ ), 中剂量冷喷包被酸组小鼠血清中 IL-1 $\beta$  (24h、168h)、



TNF- $\alpha$  (24h)、INF- $\gamma$  (24h、168h)、D-lactate (24h) 和 DAO 活性 (24h) 含量降低 ( $P < 0.05$ )，高剂量冷喷包被酸组小鼠血清中 TNF- $\alpha$ 、INF- $\gamma$  和 D-lactate 含量及 DAO 活性显著降低 (24h;  $P < 0.05$ )。

表 1-4 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠器官指数的影响

Table 1-4 Effects of cold-spray coating of acids on organ index in mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒 0 h, %					
肝, %	4.88 ± 0.16	5.05 ± 0.22	4.87 ± 0.15	4.62 ± 0.12	5.02 ± 0.26
心, %	0.62 ± 0.01	0.59 ± 0.04	0.66 ± 0.06	0.63 ± 0.02	0.64 ± 0.04
脾, %	0.53 ± 0.04	0.56 ± 0.05	0.59 ± 0.05	0.58 ± 0.01	0.55 ± 0.04
肾, %	1.26 ± 0.04	1.29 ± 0.03	1.23 ± 0.04	1.25 ± 0.03	1.29 ± 0.06
攻毒后 24 h, %					
肝, %	5.50 ± 0.17	5.88 ± 0.13	5.63 ± 0.17	5.60 ± 0.17	5.87 ± 0.09
心, %	0.58 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.69 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.75 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.04 <sup>a</sup>
脾, %	0.54 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.72 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.66 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.65 ± 0.03 <sup>ab</sup>
肾, %	1.22 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.36 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.02 <sup>a</sup>
攻毒后 168 h, %					
肝, %	5.07 ± 0.0020 <sup>a</sup>	5.09 ± 0.12 <sup>a</sup>	4.61 ± 0.13 <sup>b</sup>	4.65 ± 0.16 <sup>ab</sup>	5.01 ± 0.13 <sup>ab</sup>
心, %	0.68 ± 0.0006	0.69 ± 0.06	0.62 ± 0.03	0.63 ± 0.03	0.64 ± 0.03
脾, %	0.50 ± 0.0003 <sup>b</sup>	0.60 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.56 ± 0.04 <sup>ab</sup>
肾, %	1.28 ± 0.0004	1.33 ± 0.04	1.28 ± 0.02	1.30 ± 0.03	1.30 ± 0.02

表 1-5 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠血清免疫指标的影响

Table 1-5 Effects of cold-spray coating of acids on serum immune indices in mice challenged with

*Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒前					
IL-1 $\beta$ , pg/mL	15.83 ± 0.63	16.54 ± 0.07	16.35 ± 0.59	16.07 ± 0.19	16.60 ± 0.56
IL-6, pg/mL	32.55 ± 0.40	32.52 ± 0.40	32.98 ± 0.71	33.13 ± 0.73	31.58 ± 0.42
TNF- $\alpha$ , pg/mL	174.01 ± 1.92	174.67 ± 3.57	181.18 ± 3.19	172.51 ± 4.09	174.02 ± 2.73
INF- $\gamma$ , pg/mL	158.09 ± 4.09	156.71 ± 18.60	158.26 ± 2.36	156.18 ± 3.35	161.52 ± 2.32
D-lactate, $\mu$ mol/L	111.61 ± 5.42	100.43 ± 4.65	107.52 ± 1.60	117.25 ± 3.04	107.88 ± 3.28
DAO, U/mL	78.81 ± 2.50	79.31 ± 2.67	82.65 ± 1.74	83.19 ± 3.35	78.20 ± 1.34
攻毒后 24 h					



IL-1 $\beta$ , pg/mL	15.82 $\pm$ 0.34 <sup>c</sup>	18.10 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	17.34 $\pm$ 0.37 <sup>ab</sup>	16.60 $\pm$ 0.30 <sup>bc</sup>	17.09 $\pm$ 0.42 <sup>ab</sup>
IL-6, pg/mL	33.08 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	37.57 $\pm$ 1.07 <sup>a</sup>	37.42 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>	36.18 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>	35.48 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>
TNF- $\alpha$ , pg/mL	169.75 $\pm$ 2.79 <sup>c</sup>	211.88 $\pm$ 5.77 <sup>a</sup>	196.14 $\pm$ 7.71 <sup>ab</sup>	187.08 $\pm$ 5.89 <sup>b</sup>	193.38 $\pm$ 5.84 <sup>b</sup>
INF- $\gamma$ , pg/mL	157.85 $\pm$ 2.89 <sup>c</sup>	179.35 $\pm$ 3.55 <sup>a</sup>	173.95 $\pm$ 3.04 <sup>ab</sup>	163.38 $\pm$ 3.41 <sup>bc</sup>	166.72 $\pm$ 5.06 <sup>bc</sup>
D-lactate, $\mu$ mol/L	119.82 $\pm$ 3.37 <sup>c</sup>	149.19 $\pm$ 4.73 <sup>a</sup>	133.89 $\pm$ 4.96 <sup>b</sup>	123.17 $\pm$ 2.44 <sup>bc</sup>	127.55 $\pm$ 2.67 <sup>bc</sup>
DAO, U/mL	79.93 $\pm$ 2.56 <sup>c</sup>	96.88 $\pm$ 2.51 <sup>a</sup>	89.44 $\pm$ 2.69 <sup>b</sup>	85.48 $\pm$ 1.43 <sup>bc</sup>	85.65 $\pm$ 1.43 <sup>bc</sup>
攻毒后 168 h					
IL-1 $\beta$ , pg/mL	16.79 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	17.49 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	17.14 $\pm$ 0.12 <sup>ab</sup>	16.07 $\pm$ 0.23 <sup>c</sup>	16.96 $\pm$ 0.21 <sup>ab</sup>
IL-6, pg/mL	32.48 $\pm$ 0.32 <sup>b</sup>	34.73 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>	33.45 $\pm$ 0.64 <sup>ab</sup>	33.19 $\pm$ 0.85 <sup>ab</sup>	33.89 $\pm$ 0.76 <sup>ab</sup>
TNF- $\alpha$ , pg/mL	165.37 $\pm$ 3.89 <sup>b</sup>	185.77 $\pm$ 7.07 <sup>a</sup>	174.97 $\pm$ 5.94 <sup>ab</sup>	171.92 $\pm$ 4.45 <sup>ab</sup>	178.88 $\pm$ 6.31 <sup>ab</sup>
INF- $\gamma$ , pg/mL	158.83 $\pm$ 3.05 <sup>b</sup>	170.14 $\pm$ 2.52 <sup>a</sup>	166.10 $\pm$ 2.93 <sup>ab</sup>	158.92 $\pm$ 1.72 <sup>b</sup>	161.99 $\pm$ 3.81 <sup>ab</sup>
D-lactate, $\mu$ mol/L	105.52 $\pm$ 1.55 <sup>b</sup>	126.47 $\pm$ 4.04 <sup>a</sup>	121.44 $\pm$ 4.45 <sup>a</sup>	115.55 $\pm$ 5.69 <sup>ab</sup>	118.68 $\pm$ 2.01 <sup>a</sup>
DAO, U/mL	78.62 $\pm$ 2.39	84.81 $\pm$ 2.14	81.95 $\pm$ 1.92	79.64 $\pm$ 1.98	79.81 $\pm$ 2.06

注: IL-1 $\beta$ , 白细胞介素-1 $\beta$ ; IL-6, 白细胞介素-6; TNF- $\alpha$ , 肿瘤坏死因子- $\alpha$ ; INF- $\gamma$ , 干扰素  $\gamma$ ; D-乳酸, D-lactate; DAO, 二胺氧化酶

### 3.4 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠形态结构的影响

由图 1-1 和表 1-6 可知, 攻毒前, 连续饲喂试验饲料 14d 后, 各处理组小鼠空肠绒毛排列整齐密集且无显著差异 ( $P > 0.05$ )。攻毒后, 小鼠空肠绒毛稀疏、排列不整, 部分脱落, 饲料添加冷喷包被酸能够缓解 ETEC 感染导致的小鼠肠道绒毛结构损伤。与 CON 组相比, ETEC 组小鼠空肠绒毛高度和 VCR (绒毛高度与隐窝深度比值) 显著降低 (24h、168h;  $P < 0.05$ ); 与 ETEC 组相比, 中剂量冷喷包被酸组小鼠空肠绒毛高度和 VCR 比值显著增加 (24h、168h;  $P < 0.05$ ), 高剂量冷喷包被酸组小鼠空肠 VCR 比值显著增加 (168h;  $P < 0.05$ )。

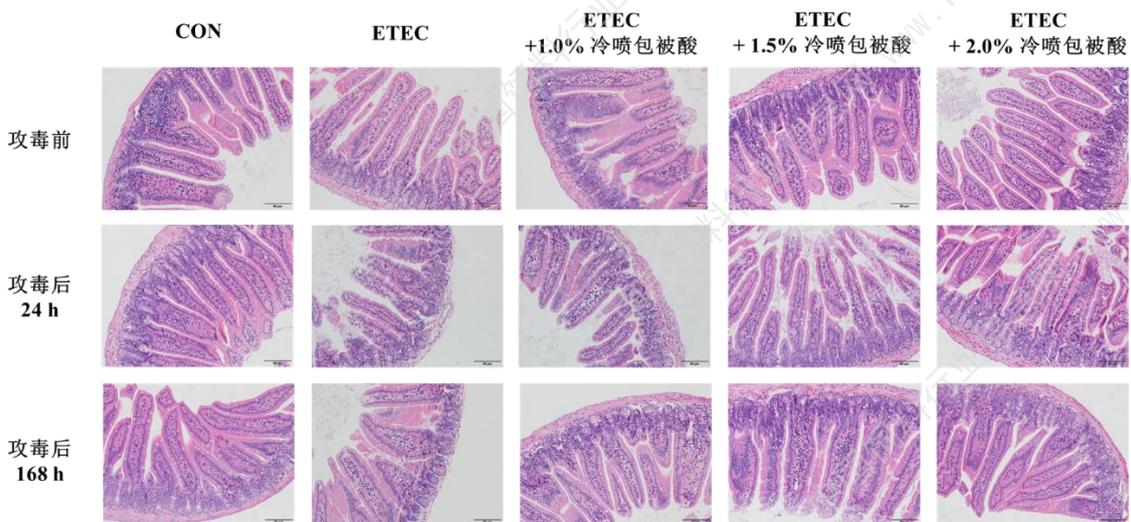


图 1-1 小鼠空肠组织形态图

Fig. 1-1 Morphology of jejunum in mice



表 1-6 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠形态结构的影响

Table 1-6 Effects of cold-spray coating of acids on jejunal morphology of mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒 0 h					
绒毛高度, $\mu\text{m}$	150.97 $\pm$ 11.99	184.35 $\pm$ 19.43	153.84 $\pm$ 14.20	151.96 $\pm$ 10.71	147.63 $\pm$ 14.83
隐窝深度, $\mu\text{m}$	33.11 $\pm$ 1.31	33.89 $\pm$ 2.66	29.45 $\pm$ 1.29	31.70 $\pm$ 1.26	31.66 $\pm$ 2.17
VCR	4.65 $\pm$ 0.53	5.45 $\pm$ 0.44	5.33 $\pm$ 0.63	4.88 $\pm$ 0.49	4.65 $\pm$ 0.28
攻毒后 24 h					
绒毛高度, $\mu\text{m}$	169.65 $\pm$ 10.46 <sup>a</sup>	120.74 $\pm$ 4.38 <sup>c</sup>	134.60 $\pm$ 8.42 <sup>bc</sup>	148.46 $\pm$ 5.35 <sup>b</sup>	130.59 $\pm$ 5.4 <sup>bc</sup>
隐窝深度, $\mu\text{m}$	34.33 $\pm$ 1.82	33.38 $\pm$ 1.83	32.79 $\pm$ 2.27	32.19 $\pm$ 0.70	36.66 $\pm$ 1.65
VCR	4.97 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	3.65 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>	4.14 $\pm$ 0.16 <sup>bc</sup>	4.63 $\pm$ 0.19 <sup>ab</sup>	3.59 $\pm$ 0.20 <sup>c</sup>
攻毒后 168 h					
绒毛高度, $\mu\text{m}$	179.28 $\pm$ 5.55 <sup>a</sup>	130.35 $\pm$ 6.17 <sup>c</sup>	146.54 $\pm$ 7.75 <sup>bc</sup>	152.90 $\pm$ 6.00 <sup>b</sup>	148.19 $\pm$ 6.29 <sup>bc</sup>
隐窝深度, $\mu\text{m}$	34.34 $\pm$ 1.93 <sup>b</sup>	36.74 $\pm$ 1.19 <sup>ab</sup>	39.76 $\pm$ 1.09 <sup>a</sup>	34.33 $\pm$ 0.49 <sup>b</sup>	34.08 $\pm$ 0.88 <sup>b</sup>
VCR	5.28 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	3.58 $\pm$ 0.25 <sup>c</sup>	3.69 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	4.46 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	4.35 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>

### 3.5 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠黏膜炎症因子表达的影响

从表 1-7 可以看出, 攻毒前, 连续饲喂试验饲料 14d 后, 各处理组小鼠空肠黏膜中 *TLR-2*、*TLR-4* 和 *MyD88* mRNA 表达水平无显著差异 ( $P > 0.05$ )。攻毒后, 与 CON 组相比, ETEC 组小鼠空肠黏膜中 *TLR-2*、*TLR-4* 和 *MyD88* mRNA 表达水平显著提高 (24h 和 168h;  $P < 0.05$ ), 低剂量冷喷包被酸可以显著抑制 ETEC 引起的空肠黏膜 *MyD88* mRNA 过表达 (24h;  $P < 0.05$ ), 中剂量冷喷包被酸可以显著抑制 ETEC 引起的 *TLR-2* (24h) 和 *MyD88* (24h 和 168h) mRNA 过表达 ( $P < 0.05$ ), 高剂量冷喷包被酸可以显著抑制 *MyD88* (24h) mRNA 过表达 ( $P < 0.05$ )。

表 1-7 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠黏膜炎症因子 mRNA 表达的影响

Table 1-7 Effects of cold-spray coating of acids on inflammatory response related genes mRNA expression in jejunum mucosa of mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒 0 h					
TLR-2	1.00 $\pm$ 0.15	1.21 $\pm$ 0.16	1.18 $\pm$ 0.13	1.20 $\pm$ 0.16	1.16 $\pm$ 0.23
TLR-4	1.00 $\pm$ 0.10	1.14 $\pm$ 0.10	1.09 $\pm$ 0.07	1.18 $\pm$ 0.13	1.19 $\pm$ 0.10
MyD88	1.00 $\pm$ 0.11	1.08 $\pm$ 0.07	0.89 $\pm$ 0.13	0.91 $\pm$ 0.17	0.82 $\pm$ 0.11
攻毒后 24 h					



TLR-2	1.00 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.62 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.12 <sup>ab</sup>	1.29 ± 0.09 <sup>bc</sup>	1.41 ± 0.11 <sup>ab</sup>
TLR-4	1.00 ± 0.09 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.57 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.55 ± 0.26 <sup>a</sup>
MyD88	1.00 ± 0.20 <sup>c</sup>	2.06 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.12 <sup>b</sup>	1.29 ± 0.12 <sup>bc</sup>	1.36 ± 0.14 <sup>bc</sup>
攻毒后 168 h					
TLR-2	1.00 ± 0.09 <sup>b</sup>	1.41 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.30 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.20 ± 0.09 <sup>ab</sup>	1.25 ± 0.06 <sup>a</sup>
TLR-4	1.00 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.38 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.13 <sup>ab</sup>	1.19 ± 0.08 <sup>ab</sup>	1.28 ± 0.09 <sup>ab</sup>
MyD88	1.00 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.08 <sup>ab</sup>	1.11 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.27 ± 0.20 <sup>ab</sup>

注：TLR，Toll 样受体；MyD88，髓样分化因子

### 3.6 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠黏膜紧密连接蛋白基因表达的影响

从表 1-8 可以看出，攻毒前，连续饲喂试验饲料 14d 后，与 CON 组相比，中剂量和高剂量冷喷包被酸组小鼠空肠黏膜 *Occludin* mRNA 表达显著上调 ( $P < 0.05$ )，各处理组小鼠空肠黏膜紧密连接相关基因 *ZO-1* 和 *Claudin-1* mRNA 表达水平无显著差异 ( $P > 0.05$ )。攻毒后 24h，与 CON 组相比，ETEC 组小鼠空肠黏膜中 *ZO-1*、*Claudin-1* 和 *Occludin* mRNA 表达水平显著降低 ( $P < 0.05$ )，中剂量冷喷包被酸可以显著缓解 ETEC 引起的空肠黏膜 *Occludin* mRNA 表达下调 (24h;  $P < 0.05$ )。攻毒后 168h，与 CON 组相比，ETEC 显著降低了小鼠空肠黏膜中 *ZO-1* 和 *Occludin-1* mRNA 表达 ( $P < 0.05$ )，与 ETEC 组相比，中剂量冷喷包被酸提高了 *ZO-1* 和 *Occludin-1* mRNA 表达 ( $P < 0.05$ )，高剂量冷喷包被酸提高了 *Occludin* mRNA 表达 ( $P < 0.05$ )。

表 1-8 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠空肠黏膜紧密连接蛋白基因表达的影响

Table 1-8 Effects of cold-spray coating of acids on expression levels of genes related to intestinal barrier functions in jejunum mucosa of mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒 0 h					
ZO-1	1.00 ± 0.17	0.96 ± 0.24	1.15 ± 0.27	1.10 ± 0.33	1.12 ± 0.25
Claudin-1	1.00 ± 0.19	1.07 ± 0.28	1.05 ± 0.23	1.05 ± 0.25	1.15 ± 0.32
Occludin	1.00 ± 0.07 <sup>c</sup>	1.06 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.16 ± 0.12 <sup>bc</sup>	1.63 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.14 <sup>ab</sup>
攻毒后 24 h					
ZO-1	1.00 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.86 ± 0.19 <sup>ab</sup>
Claudin-1	1.00 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.99 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.94 ± 0.09 <sup>ab</sup>	0.86 ± 0.17 <sup>ab</sup>
Occludin	1.00 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.74 ± 0.08 <sup>ab</sup>	0.94 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.11 <sup>ab</sup>
攻毒后 168 h					
ZO-1	1.00 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.09 <sup>c</sup>	0.71 ± 0.10 <sup>bc</sup>	0.82 ± 0.11 <sup>ab</sup>	0.76 ± 0.05 <sup>abc</sup>
Claudin-1	1.00 ± 0.12	0.66 ± 0.14	0.96 ± 0.20	0.74 ± 0.09	0.69 ± 0.09
Occludin	1.00 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.69 ± 0.07 <sup>bc</sup>	0.86 ± 0.10 <sup>ab</sup>	0.77 ± 0.10 <sup>ab</sup>



### 3.7 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠结肠微生物区系的影响

#### 3.7.1 多样性分析结果

基于 Illumina Nova 测序平台测序，构建 PCR-free 文库，然后进行双末端 (Paired-End) 测序。Alpha Diversity 用于分析样本内的微生物群落多样性，通过 Alpha 多样性可以反映样本内的微生物群落的丰富度和多样性。对不同样本在 97% 一致性阈值下的 Alpha 多样性分析指数进行统计。由图 1-2 (A 和 B) 可知，攻毒前，中剂量冷喷包被酸组小肠盲肠微生物丰富度 (observed\_species 和 chao1) 显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )，高剂量冷喷包被酸显著降低了小鼠盲肠微生物 simpson 指数和 shannon 指数 ( $P < 0.05$ )。由图 1-3 (A-D) 可知，攻毒后 24h，各处理组小鼠盲肠微生物丰富度指数和多样性指数均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。由图 1-4 (A-D) 可知，攻毒后 168h，与对照组相比，ETEC 组的 simpson 指数和 shannon 指数显著降低 ( $P < 0.05$ )，与 ETEC 组相比，低剂量和中剂量冷喷包被酸组的 observed\_species 指数显著提高 ( $P < 0.05$ )。

Beta Diversity 用于比较样本在组间物种多样性方面存在的差异。由图 1-2-E 可知，NMDS 结果显示，攻毒前，连续饲喂试验饲料 14 天后，对照组聚类最好，且和不同剂量冷喷包被酸组明显区分开，说明冷喷包被酸组和对照组的微生物组成结构差异较大，相似性不高。由图 1-3-E 可知，攻毒后 24h，对照组聚类最好，但不同剂量冷喷包被酸组和 ETEC 组微生物群落相对丰度的聚类无法明显区分开。由图 1-4-E 可知，攻毒后 168h，不同剂量冷喷包被酸组与 ETEC 组区分较为明显，菌群结构组成有较大差异，但对对照组和 ETEC 组无法明显区分开。

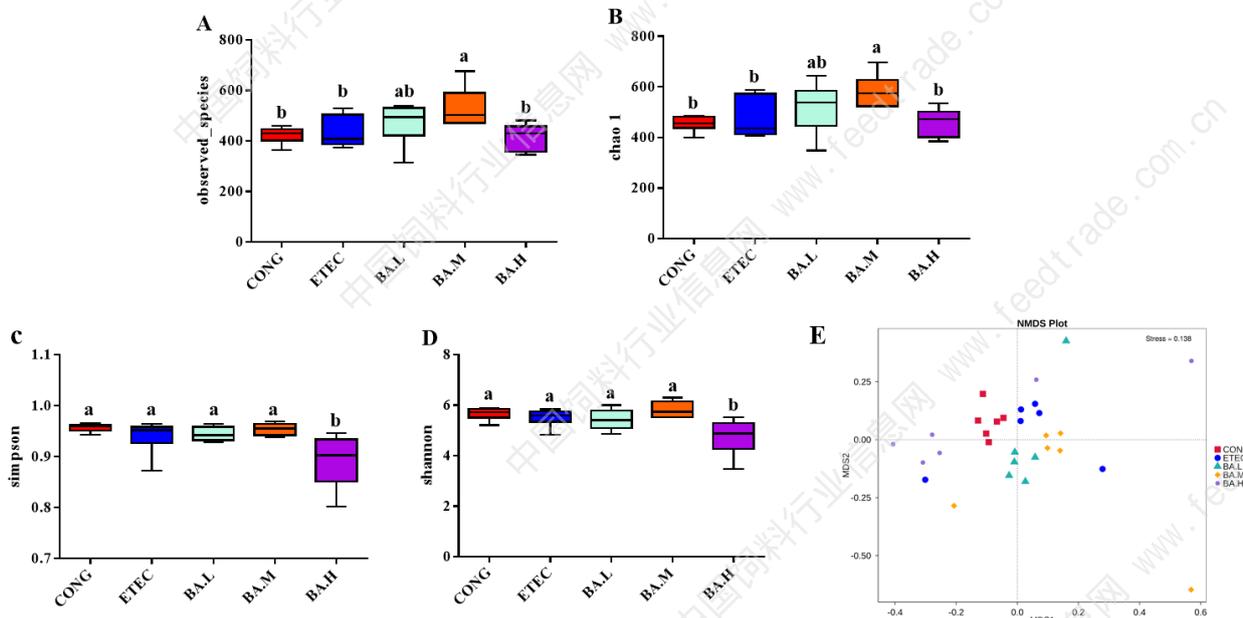


图 1-2 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物多样性的影响 (0 h)

Fig. 1-2 Effects of cold-spray coating of acids on the diversity of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (0 h)

注：CONG，对照组；ETEC，大肠杆菌攻毒组；BA.L，低剂量包被酸组；BA.M，中剂量包被酸组；BA.H，高剂量包被酸组。下同。

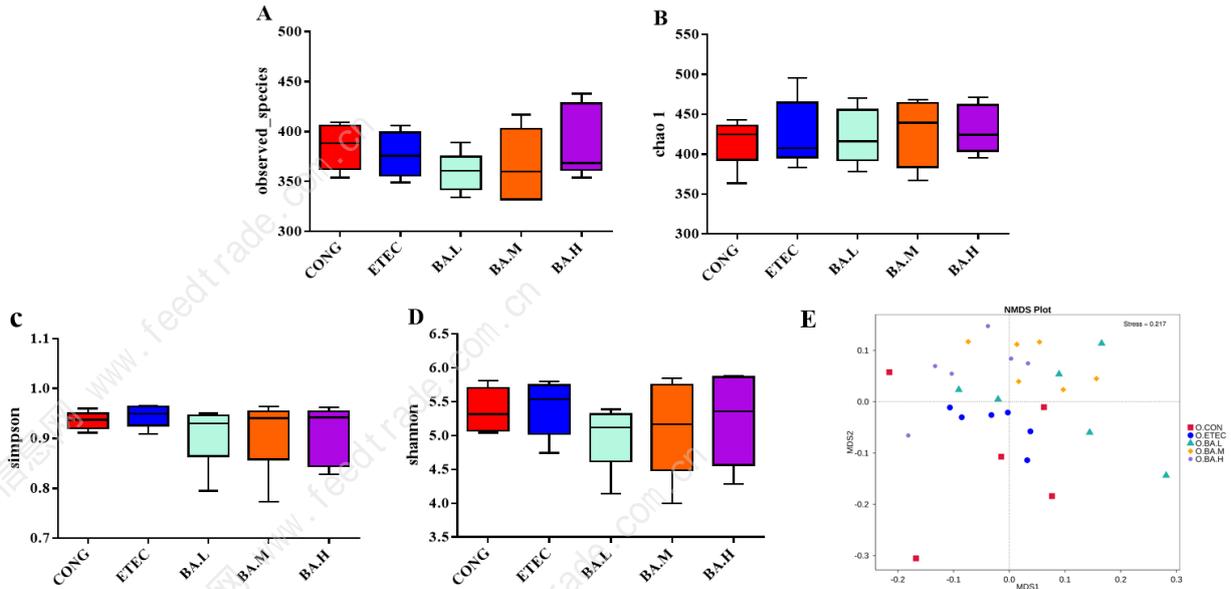


图 1-3 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物多样性的影响 (24 h)

Fig. 1-3 Effects of cold-spray coating of acids on the diversity of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (24 h)

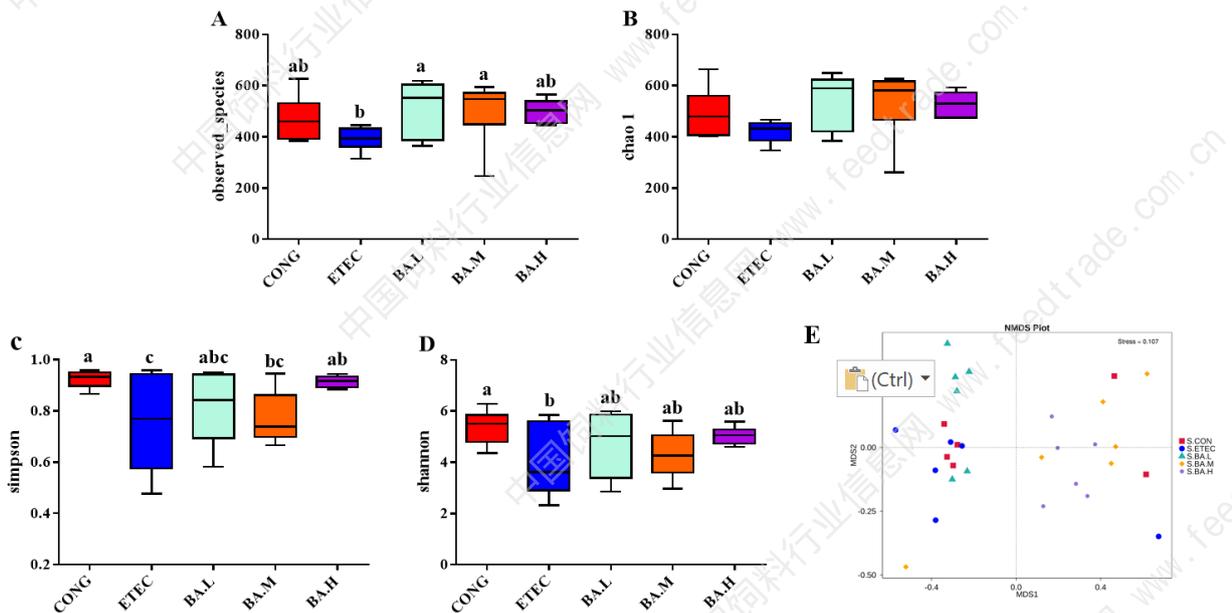


图 1-4 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物多样性的影响 (168 h)

Fig. 1-4 Effects of cold-spray coating of acids on the diversity of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (168 h)

### 3.7.2 物种组成和差异性分析

由图 1-5 (A-B) 可知, 攻毒前连续饲喂试验日粮 14d 后, 小鼠盲肠微生物优势菌门为拟杆菌门 (Bacteroidota) 和厚壁菌门 (Firmicutes), 优势菌属为粪杆菌属 (*Faecalibaculum*) 和艾克曼菌属



(*Akkermansia*)。LEfSe 分析表明 (图 1-5-C 和 D) 各处理组间显著差异的菌群包括: 低剂量冷喷包被酸组 Muribaculaceae 和毛螺菌科 (Lachnospiraceae) 相对丰度显著提高 ( $P < 0.05$ ), 中剂量冷喷包被酸组 *Ileibacterium\_valens* 菌属相对丰度显著提高 ( $P < 0.05$ )。由图 1-6 (A-B) 可知, 攻毒后 24h, 小鼠盲肠微生物中拟杆菌门 (Bacteroidota) 和厚壁菌门 (Firmucutes) 为优势菌门, 粪杆菌属 (*Faecalibaculum*) 和艾克曼菌属 (*Akkermansia*) 为优势菌属。LEfSe 分析表明 (图 1-6-C 和 D) 各组间差异显著的菌群包括: 与对照组相比, ETEC 组 Erysipelatoclostridiaceae 菌科, 丹毒荚膜菌属 (*Erysipelatoclostridium*) 丰度显著提高 ( $P < 0.05$ )。中剂量冷喷包被酸组丹毒丝菌科 (Erysipelotrichaceae) 和 *Eubacterium\_ruminantium* 菌属占优势。由图 1-7 (A-B) 可知, 攻毒 168h 后, 小鼠盲肠微生物中厚壁菌门 (Firmicutes)、变形菌门 (Proteobacteria) 和拟杆菌门 (Bacteroidota) 为优势菌门, 粪杆菌属 (*Faecalibaculum*)、假单胞菌属 (*Pseudomonas*)、乳酸杆菌属 (*Lactobacillus*) 为优势菌属。LEfSe 分析表明 (图 1-7-C 和 D) 各处理组间差异显著的菌群包括: 中剂量冷喷包被酸组小鼠盲肠微生物中丹毒丝菌科 (Erysipelotrichaceae) 和粪杆菌属 (*Faecalibaculum*) 相对丰度显著提高 ( $P < 0.05$ ), 高剂量冷喷包被酸组小鼠盲肠微生物中 Muribaculaceae 菌科占显著优势。

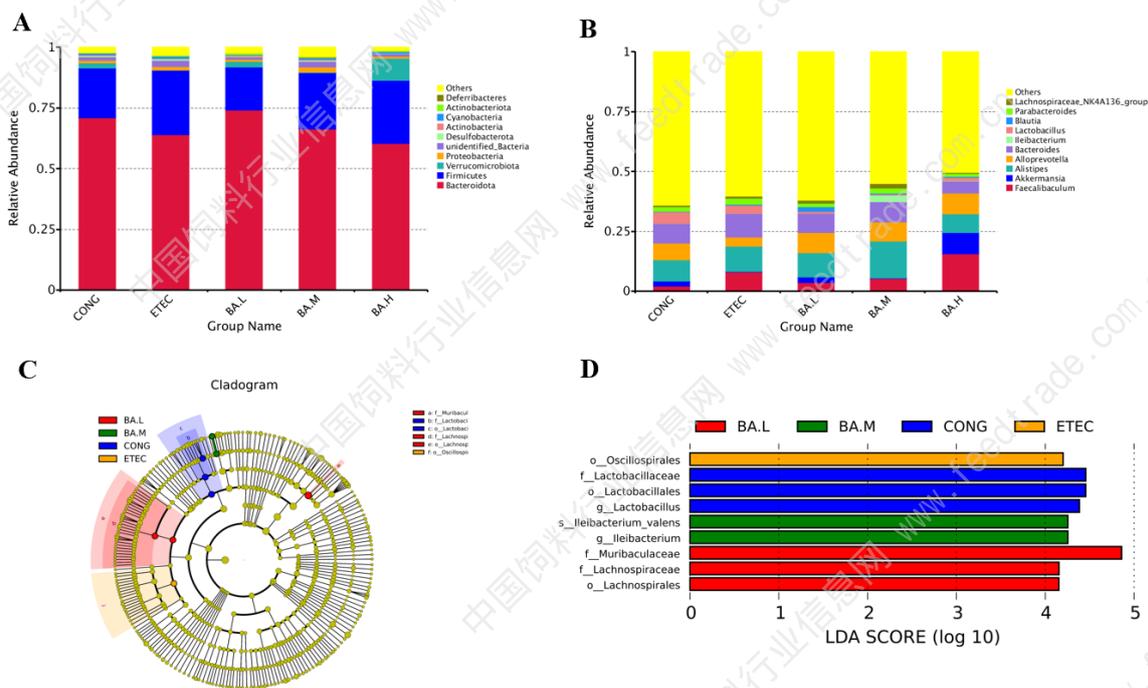


图 1-5 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物组成的影响 (0 h)

Fig. 1-5 Effects of cold-spray coating of acids on the composition of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (0 h)

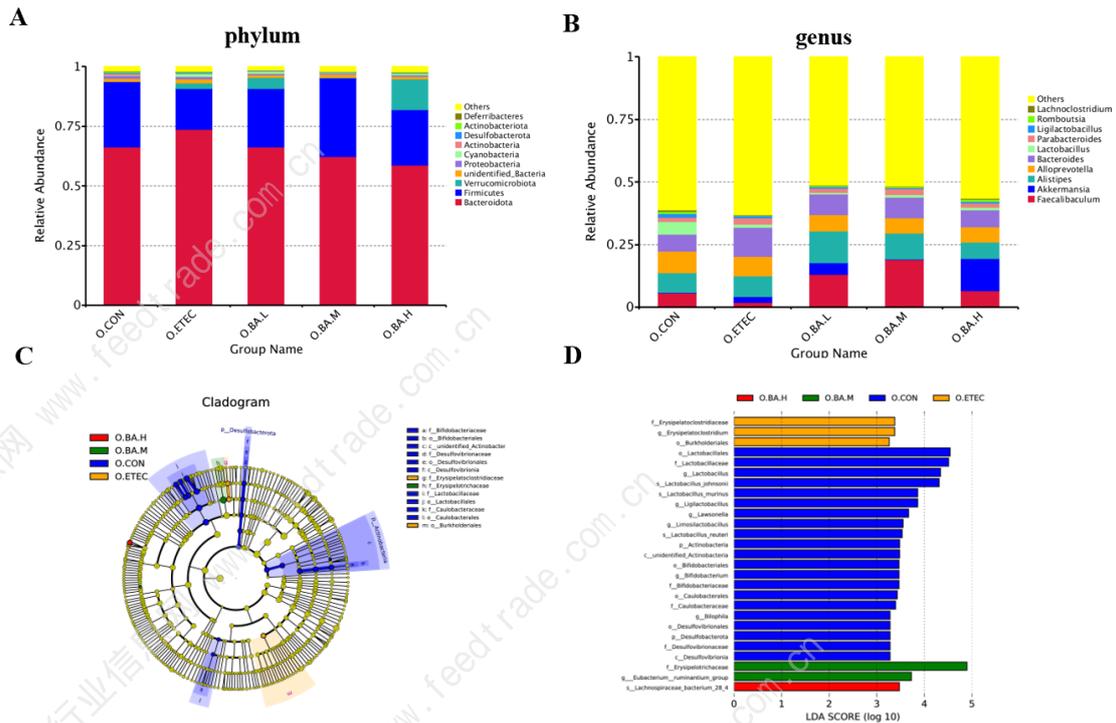


图 1-6 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物组成的影响 (24 h)

Fig. 1-6 Effects of cold-spray coating of acids on the composition of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (24 h)

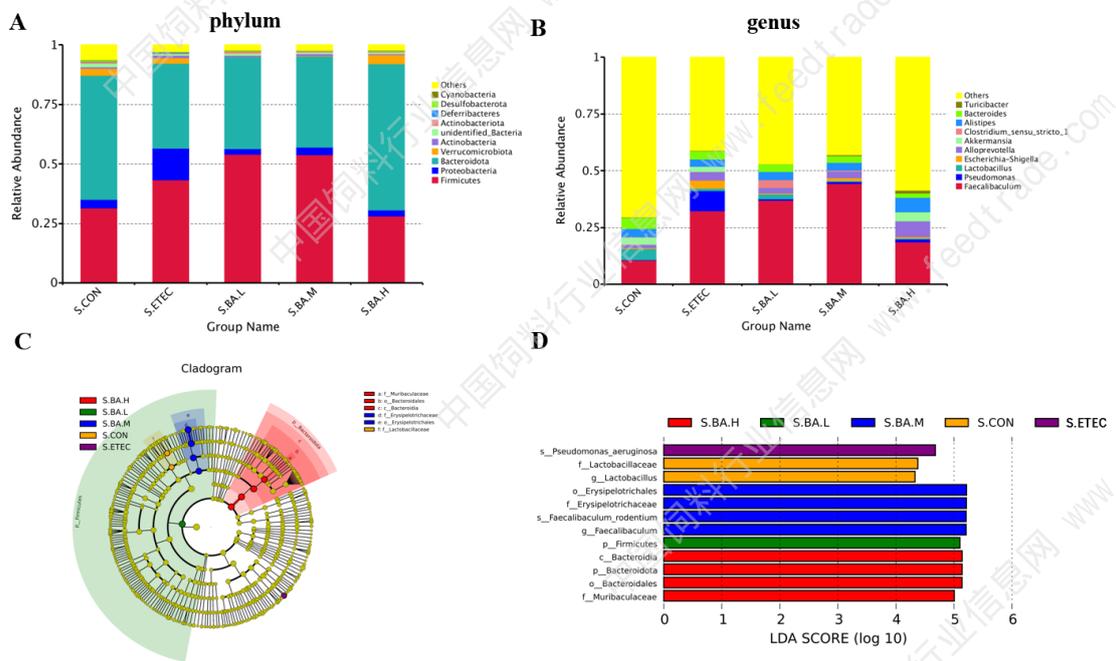


图 1-7 冷喷包被酸对 ETEC 感染小鼠盲肠微生物组成的影响 (168 h)

Fig. 1-7 Effects of cold-spray coating of acids on the composition of gut microbiota in caecum of mice challenged with *Escherichia coli* (168 h)



### 3.7.3 PICRUST 基因功能预测

PICRUST 是一种根据 Marker 基因进行元基因组功能预测的生物信息软件包，可以根据 16S 测序数据进行基于 KEGG 数据库的功能预测。由图 1-8 可知，攻毒前连续饲喂试验日粮 14d 后，冷喷包被酸组的多种基础代谢通路丰度增加，其中，低剂量冷喷包被酸组主要集中在氨基酸代谢（Amino\_Acid\_Metabolism）、多糖合成与代谢（Glycan\_Biosynthesis\_and\_Metabolism）和精氨酸和脯氨酸代谢（Arginine\_and\_Proline\_Metabolism）等通路，中剂量冷喷包被酸组主要集中在异性生物物质降解和代谢（Xenobiotics\_Biodegradation\_and\_Metabolism）、膜转运（Membrane\_Transport）等通路，高剂量冷喷包被酸组主要集中在免疫系统（Immune\_System）、代谢（Metabolism）和分泌系统（Secretion\_System）等代谢通路。由图 1-9 可知，攻毒后 24h，ETEC 组在膜运输（Membrane\_Transport）、环境适应（Environmental\_Adaptation）和运输（Transporters）等相关通路丰度降低，在氧化磷酸化（Oxidative\_phosphorylation）和能量代谢（Energy\_Metabolism）等通路丰度增加。中剂量冷喷包被酸在提高免疫系统（Immune\_System）、果糖和甘露糖代谢（Fructose\_and\_Mannose\_Metabolism）和半胱氨酸与蛋氨酸代谢（Cysteine\_and\_Methionine\_Metabolism）等通路中发挥着重要作用，而高剂量冷喷包被酸对提高脂质代谢（Lipid\_Metabolism）和信号传导（Signal\_Transduction）等代谢通路有积极作用。由图 1-10 可知，攻毒 168h 后，ETEC 组在免疫系统（Immune\_System）、能量代谢（Energy\_Metabolism）、核苷酸代谢（Nucleotide\_Metabolism）、细胞复制与修复（Replication\_and\_Repair）和糖酵解/糖异生（Glycolysis/Gluconeogenesis）等相关代谢通路丰度降低，冷喷包被酸对多种基础代谢通路丰度有积极调控作用，尤其是中、高剂量冷喷包被酸的调控作用明显。

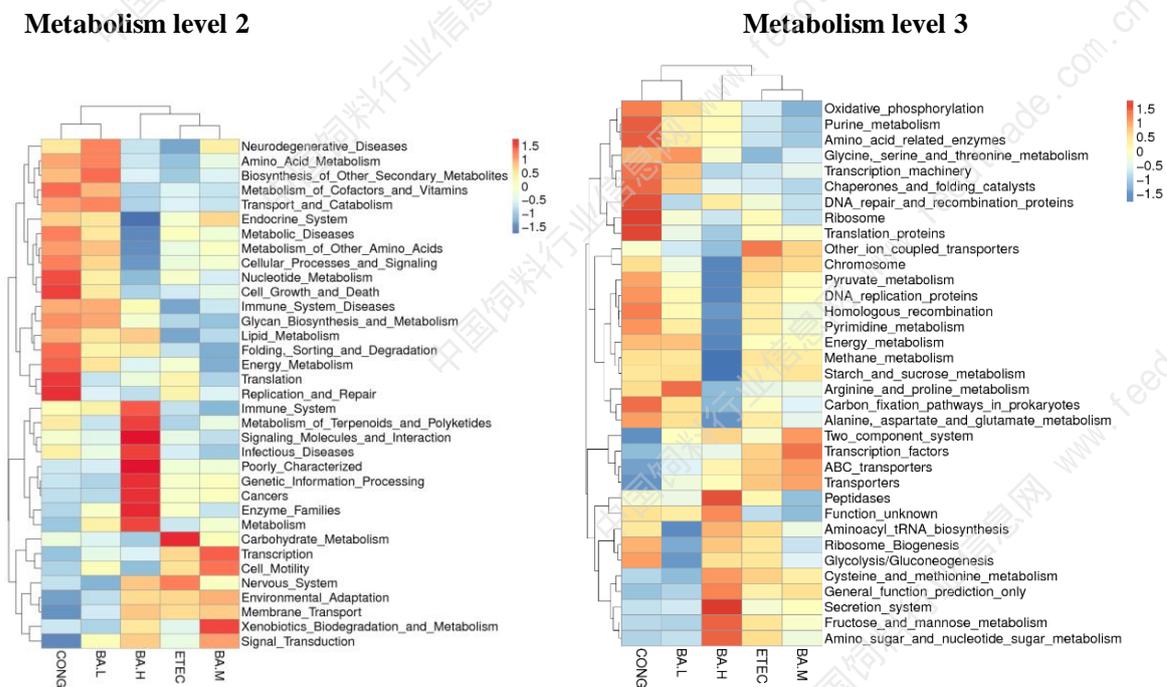
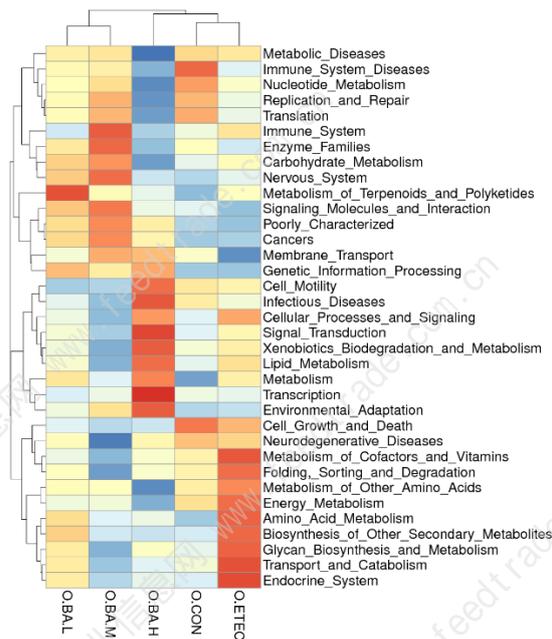


图 1-8 PICRUST 基因功能预测聚类热图 (0 h)

Fig. 1-8 Predicted metabolic functions for the altered genes of gut microbiota in mice challenged with *Escherichia coli* (0 h)



Metabolism level 2



Metabolism level 3

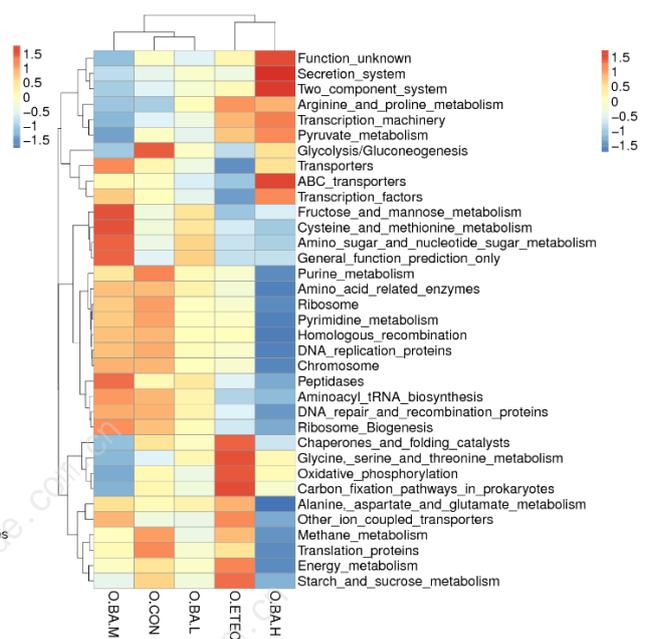
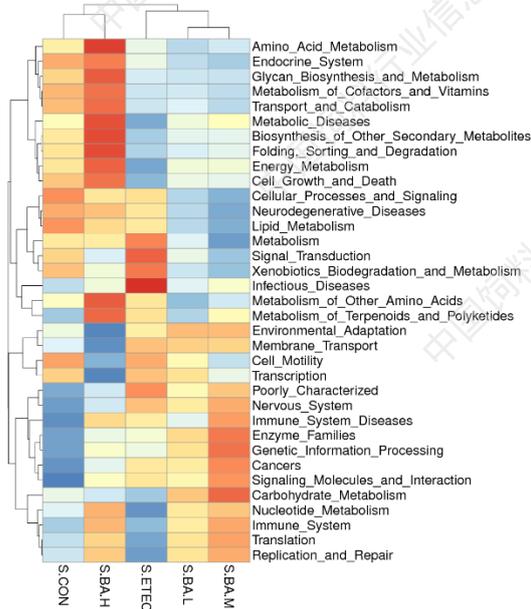


图 1-9 PICRUST 基因功能预测聚类热图 (24 h)

Fig. 1-9 Predicted metabolic functions for the altered genes of gut microbiota in mice challenged with *Escherichia coli* (24 h)

Metabolism level 2



Metabolism level 3

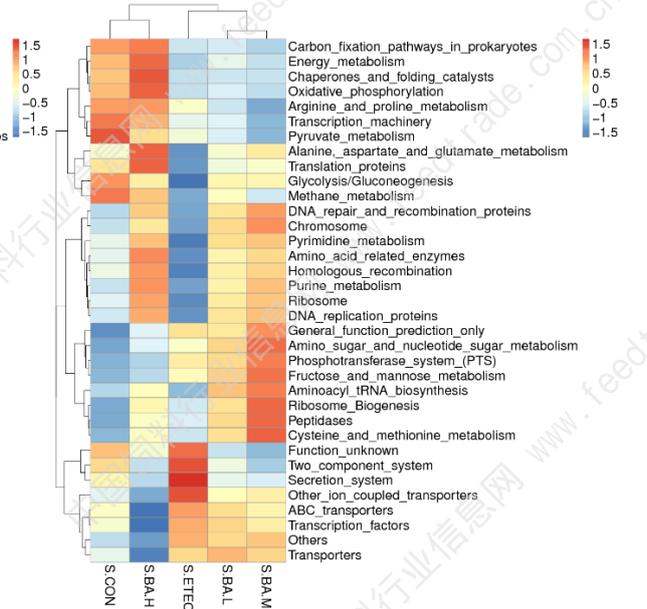


图 1-10 PICRUST 基因功能预测聚类热图 (168 h)

Fig. 1-10 Predicted metabolic functions for the altered genes of gut microbiota in mice challenged with *Escherichia coli* (168 h)



### 3.8 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠盲肠内容物挥发性脂肪酸的影响

肠道微生物分解和代谢产生的代谢物是肠道微生物发挥不同生理调控功能的主要作用媒介，如短链脂肪酸、多不饱和脂肪酸等。从表 1-9 可知，攻毒前，连续饲喂试验日粮 14d 后，中剂量冷喷包被酸组小鼠盲肠食糜短链脂肪酸含量在数值上最高，但差异不显著 ( $P>0.05$ )。攻毒后 24h，与 CON 组相比，ETEC 组小鼠盲肠食糜中乙酸含量显著降低 ( $P<0.05$ )，与 ETEC 组相比，中剂量冷喷包被酸组小鼠盲肠食糜乙酸和丁酸含量显著提高 ( $P<0.05$ )，高剂量冷喷包被酸组乙酸含量显著提高 ( $P<0.05$ )。攻毒后 168h，与 CON 组相比，中剂量和高剂量冷喷包被酸显著抑制了 ETEC 感染导致的小鼠盲肠食糜丁酸含量降低 ( $P<0.05$ )。

表 1-9 冷喷包被酸对大肠杆菌攻毒小鼠盲肠挥发性脂肪酸含量的影响

Table 1-9 Effects of cold-spray coating of acids on the volatile fatty acids content in caecum of mice challenged with *Escherichia coli*

	CON	ETEC	ETEC + 1.0% 冷喷包被酸	ETEC + 1.5% 冷喷包被酸	ETEC + 2.0% 冷喷包被酸
攻毒 0h, mmol/100 g					
乙酸 acetic acid	25.69 ± 3.01	19.80 ± 1.60	19.27 ± 1.33	25.18 ± 3.21	22.74 ± 3.19
丙酸 propionic acid	7.65 ± 1.20	6.64 ± 0.48	6.13 ± 1.00	7.79 ± 1.01	6.93 ± 1.12
丁酸 Butyric acid	11.35 ± 1.17	11.56 ± 0.68	10.77 ± 1.00	13.80 ± 2.11	11.22 ± 1.52
攻毒后 24h, mmol/100 g					
乙酸 acetic acid	32.84 ± 2.28 <sup>a</sup>	25.06 ± 3.36 <sup>b</sup>	28.53 ± 1.66 <sup>ab</sup>	34.78 ± 2.18 <sup>a</sup>	34.61 ± 2.85 <sup>a</sup>
丙酸 propionic acid	7.97 ± 0.61	6.51 ± 1.18	6.63 ± 0.61	7.69 ± 0.89	7.08 ± 0.49
丁酸 Butyric acid	20.29 ± 4.22 <sup>ab</sup>	17.19 ± 2.70 <sup>b</sup>	20.10 ± 1.21 <sup>ab</sup>	25.71 ± 1.98 <sup>a</sup>	24.86 ± 1.60 <sup>ab</sup>
攻毒后 168h, mmol/100g					
乙酸 acetic acid	28.27 ± 3.40	25.68 ± 1.94	21.92 ± 2.53	26.02 ± 3.03	30.99 ± 5.62
丙酸 propionic acid	8.17 ± 1.18	8.56 ± 0.48	7.85 ± 1.20	9.07 ± 0.88	9.72 ± 0.68
丁酸 Butyric acid	18.42 ± 0.68 <sup>a</sup>	14.67 ± 0.56 <sup>b</sup>	13.75 ± 1.18 <sup>b</sup>	17.73 ± 1.15 <sup>a</sup>	20.86 ± 2.96 <sup>a</sup>

## 4 结论

在本试验条件下，饲料添加冷喷包被酸（1.5%和 2.0%）可以改善 ETEC 感染小鼠的免疫机能和肠道功能，其作用机理可能与冷喷包被酸调节肠道微生物区系和代谢有关。



## 第二部分 饲料添加剂应用方案

### 帝斯曼（中国）有限公司

#### 助力降本增效，优化升级后的帝斯曼 E+E 无抗解决方案开启新篇章

2020 年下半年以来，原料价格不断上涨，猪价持续下跌，养殖业正经历着前所未有的挑战和困难，基于此，如何有效降低养殖以及饲料成本就成为大家关注的焦点。自从 2020 年 7 月 1 日我国开始在饲料中全面禁抗以来，为了保证产品质量，饲料成本均有所上升，特别是相关功能性添加剂产品一直在做加法，以此来最大限度降低“饲料禁抗”后的负面影响；然而随着饲料替抗方案的不断成熟，同时基于原料价格、市场行情、季节变化，因此需要持续优化替抗方案，降低成本。

帝斯曼作为胃肠健康全方位解决方案引领者，随着拥有 35 年霉菌毒素风险管理经验的百奥明加入后，凭借双方在技术方面互补的能力，以及产品组合的协同效应，动物营养解决方案将会更加丰富。秉承全球化产品，本土化方案，帝斯曼无抗方案始终遵循 E+E（益加易=维生素+酶制剂）无抗解决方案，实现产品功能互补和作用协同，此方案旨在综合替抗的同时，最大限度降低成本所带来的压力，从而实现健康与高效养殖，助力合作伙伴应对严峻挑战。



帝斯曼优化升级后的 E+E（益加易=维生素+酶制剂）无抗解决方案的核心包括：

#### 1. Seed 定植有益菌

财来成®屎肠球菌 SF68：作为一种肠道内天然存在的菌株，通过快速定植（19 分钟增殖一代），发挥母子一体化效应，构建仔猪断奶前后优势菌群基础，加速重建肠道内微生物屏障；含 200 亿单位活菌，三层微胶囊包被保护技术解决乳酸菌抗逆性差的缺陷，可耐受 95°C 高温制粒，因而能发挥稳定的作用效果。

百禽康®Poultry Star：是家禽专用的独特的合生元产品，百奥明专利的复合益生菌菌株都来源于健康鸡的消化道，具有优良的益生菌特性和协同效应，在竞争性排斥病原菌上表现出最佳效果。益生元果寡糖(FOS)是乳酸菌和双歧杆菌的特殊的营养源，独特的包被工艺，可以耐受 85°C 制粒温度。



## 2. Weed 清除有害菌

维乐妥®苯甲酸含量高达将近 99.9%，纯度高、杂质少、刺激性气味小（如联苯和邻苯类化合物含量 ≤20ppm），不影响动物采食，作为一种肠道抑菌酸，可以发挥持久、稳定的抑菌效果。

帝斯曼创新肠道健康解决方案维乐赢®，由高纯度苯甲酸维乐妥®以及复合植物精油克纳®通过镶嵌融合技术组合而成，产生 1+1>2 的协同效应，可以协同抑菌，从而发挥更强的作用。

百优酸：包含精选的有机酸组合、植物提取物和百奥明专利的透化剂，以及独特的缓释载体。三类活性成分的高效协同，实现了抗菌技术的突破，独特透化剂可以破坏革兰氏阴性菌细胞壁外膜，在协同抗菌方面增效显著。

百健宝：包含精选的牛至油、茴香油、柑橘油，以及独特的功能性载体组成。采用独特的基质包被技术，精油均匀分布，在消化道中持续释放，刺激肠道消化酶的分泌，调控肠道微生物菌群，在提升采食量、降低料比和促进奶水分泌方面，效果显著。

## 3. Feed 提高饲料消化率

乐多仙®ProAct 是一款既耐酸又耐热的碱性蛋白酶，可以提高蛋白质，氨基酸和能量的消化率和营养价值。过量的蛋白质的分解产物，如苯酚、胺、氨和吲哚，是有害的发酵底物，同样，抗营养因子(ANFs)如胰蛋白酶抑制剂等，也为产气荚膜菌等致病菌的生长创造条件，畜舍中较高的氨含量可能使动物易患呼吸道疾病。乐多仙®ProAct 通过降低未消化蛋白质的水平为动物的健康肠道建立了条件，更有效地改善营养管理，从而减轻肠道健康的风险，特别是在禁抗后的环境中，使动物长得更好更健康。

## 4. Need 满足免疫需求

在调节动物免疫力方面，维生素起着举足轻重的作用。在饲料禁抗情况下，维生素的添加水平可参照帝斯曼优选维生素营养™添加准则（OVNTM）。25-OH-D3 作为维生素 D 在动物体肝脏内羟基化后的活性形式，比维生素 D 的效率更高，通过代谢产物 1,25-(OH)2-D3 和肠道上皮细胞中的 VDR 受体结合，增强肠上皮细胞的免疫力，维护肠道健康，促进肠道的免疫屏障建设。

（方案咨询人：帝斯曼摄生素产品经理 侯丹熹 18511728149）

## 上海邦成生物工程有限公司

### 关注“营养+肠道健康”，上海邦成“两手抓”开启高效替抗新模式

上海邦成生物工程有限公司作为上海市高新技术企业和绿色饲料添加剂企业的践行者，依托上海优秀的人才与区位优势以及公司持续的研发实力、实施产学研紧密结合，针对行业需求超前布局抗生素的绿色替代等重大问题，通过学科交叉，不断寻求和完善饲料替抗组合和绿色解决方案。

邦成公司通过研究动物的消化与代谢、免疫组学及体内微生物的作用机理，通过体外模型评估和体内试验结果相结合，经科研团队反复研究与探索，提出了一整套较完整的绿色替抗整体解决方案，以保证动物达到最佳的肠道功能状态和最大的饲料营养利用效率、减少亚临床的应激状态。总结无抗营养体系如下：

#### 1. 营养方面：



饲料品质和精准营养是确保肠道健康的物质基础。营养物质消化率是评价饲料品质的重要指标，饲料中未消化、不易消化的蛋白，及抗营养因子的存在，不仅降低了营养物质的消化率，而且过量的蛋白会造成后肠的异常发酵，为有害微生物提供了培养基，而饲料中某些抗营养因子的存在也会造成肠道的免疫过敏反应而影响肠道健康。

邦成肽能 200 作为一种优质的功能性蛋白肽原料，可以高效提高消化吸收率、最大程度的降低大豆抗原蛋白，减少后肠病原微生物增殖，降低动物腹泻，改善肠道的形态结构和肠道健康。

## 2.肠道方面：

肠道表面积比皮肤表面积高 200 倍，70% 的免疫细胞也分布在肠道周围，因此肠道是最大的消化吸收器官，也是最大的免疫系统，只有通过保持良好的肠道稳态环境才能减少抗生素的使用。肠道稳定剂的选择是至关重要的，任何单一的功能性饲料添加剂替抗都是有缺陷的，因此需要有效的组合应用才能更全面。

欧盟的无抗经验告诉我们，短链有机酸经过科学组方和独特工艺处理是一种经济、安全、有效的替抗产品，通过渗透有害菌细胞膜，破坏细菌体内离子平衡从而抑制有害菌，调节动物体内菌群健康稳定，还能改善动物的蛋白表现消化率 1-2%。

速康酸通过营养酸、抗菌酸的合理组合和工艺处理，大大增大了其抑菌谱，改善了消化道的缓冲能力、杀菌能力，提高了抗应激功能。

应激、饲料改变及球虫感染等通常会诱发畜禽的魏氏梭菌爆发，常常会造成肉鸡的坏死性肠炎和仔猪红痢或水泥样便等肠道健康问题。对这种疾病，目前，专家比较一致的观点是只有坚持以防为主，以前通常在饲料中添加有效抗生素如恩拉霉素、阿维拉霉素等解决。

饲料禁抗后，经过反复研究、筛选和选育，邦成公司研究发现了一株独特的芽孢杆菌（商品名：安美素），不仅耗氧快速，而且能产生活性多肽类代谢产物，可以特异性的识别革兰氏阳性魏氏梭菌细胞膜并有效抑制魏氏梭菌的繁殖，并且该芽孢杆菌本身具有发酵和繁殖效率高的特点。

（方案咨询人：上海邦成技术部经理 陈洪锐 13939510344）

## 北京菲迪饲料科技有限责任公司

### 十五年持之以恒，菲迪以“植物精油”为核心的替抗研发扬名海内外

两千多年前，植物精油就是人类对抗病原微生物的首选药物，并且也是欧盟 2006 年饲料禁抗后的首选替抗功能性添加剂产品之一。

众所周知，由于植物精油存在易挥发、易氧化、刺激性气味、不溶于水等特点，因此在实践使用中必须进行包被处理。菲迪集团专注包被工艺 20 年，专注植物精油研究 15 年。大量试验研究及实践应用均证明：菲迪包被植物精油是饲料禁抗、养殖减抗的绝佳产品之一；优质的植物精油产品不仅是表现在其抑菌性上，同时在产品稳定性、适口性、抗氧化性、生物学效价和消炎等方面也要同样优秀，而菲迪产品正是各种优势的集大成者。



研究表明，植物精油比如香芹酚、百里香酚、丁香酚和肉桂醛等具有天然的抑杀病原微生物、抗氧化、消炎等功能。菲迪集团通过体外抑菌试验发现：香芹酚和百里香酚对致病性大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 MIC 值都为 125ppm；而肉桂醛对肠炎沙门氏菌的 MIC 值为 125ppm；它们对产气荚膜梭菌的 MIC 值都为 250ppm。幼龄畜禽多遭受致病性大肠杆菌侵犯，成年畜禽多遭受产气荚膜梭菌的侵害，成年家禽还面临沙门氏菌感染，而泌乳母畜还要应付金黄色葡萄球菌的感染等。菲迪公司研究发现组合后的精油具有加性效应，对病原微生物的 MIC 值能降低 2.5-20 倍，基于此，公司针对不同动物不同的生理阶段研发筛选出不同配伍的替抗产品“净力安”。

此外，鉴于幼龄动物的消化系统发育不完善，消化酶分泌不足，需要强化杀菌、促消化、控腹泻的功能，以及酸化剂和精油之间有加性效应，精油分子破坏细胞膜结构后，能加速 H<sup>+</sup> 进入细胞膜内的速度和摩尔数量。因此，针对这一现状，为适应幼龄动物的生理需要，近 1 年来，菲迪集团对以前的替抗方案进行了全面的优化升级：

### 1. 菲迪猪用精油复合替抗方案：

- 1.1 教槽料：净力安 I 型 300-400 克/吨+博落回或抗菌肽 250 克/吨+氧化锌 2 千克/吨+复合酸化剂 5-8 千克/吨+屎肠球菌 80-100 克/吨（国产 300 克/吨）；
- 1.2 保育料：净力安 I 型 200 克/吨+葡萄糖氧化酶 500 克/吨+博落回或抗菌肽 200 克/吨+乳酸菌 0-100 克/吨。
- 1.3 哺乳母猪：净力安 V 型 200 克/吨+葡萄糖氧化酶 200 KU/T+鱼油 5 千克/吨+三丁酸甘油酯 50 克/吨。

### 2. 菲迪禽用精油复合替抗方案：

- 2.1 雏禽期：净力安 V 型 150g/T+三丁酸甘油酯 200g/T+有机酸 2kg/T+葡萄糖氧化酶 300g/T；  
腹泻：净力安 V 型 500 克/吨+抗菌肽 100 克/吨，5-7 天；
- 2.2 输卵管炎/肠炎：净力安 V 型 250-500 克/吨+三丁酸甘油酯 1000 克/吨；
- 2.3 过料时：加复合酸化剂 2 千克/吨，连用 7 天。

优化替抗方案后，可促进饲料消化，能解决乳仔猪腹泻问题，促进仔猪生长。解决家禽过料现象和水便的发生；减少 350 日龄以上老龄蛋鸡的破蛋率，增加蛋重，改善蛋壳品质。

（方案咨询人：北京菲迪公司 陶春卫总经理 18911633581）

## 嘉利多生物技术（武汉）有限公司

### 无抗时代，中短链脂肪酸助力科学替抗，嘉利多生物独具匠心

自 2006 年欧盟逐步取消使用抗生素以来，在寻找非反刍动物抗生素替代品的背景下，由于短链脂肪酸 (Short-chain fatty acid, SCFA) 和中链脂肪酸 (Medium-chain fatty acid, MCFA) 的一些特殊的特性，如：抗菌、抗病毒、提供能量等，重新引起了人们的重视，两者都是非常具有潜力的替代品之一。

我国自从 2020 年 7 月 1 日全面实施“饲料禁抗”以来，中短链脂肪酸的研发与应用方兴未艾。那么 SCFA 和 MCFA 都有哪些独特优势？它们的作用机理是什么？在当下行业追求“降本增效”的无抗新时代，它们又能为畜牧饲料行业带来哪些帮助与提升？



作为一家专注于动物脂类营养新技术及新产品的研发、制造和应用推广的创新型企业，嘉利多生物技术（武汉）有限公司对于中短链脂肪酸相关产品的开发与应用独具匠心。

首先来看下 SCFA，SCFA 是碳原子 6 个以下的脂肪酸，又称挥发性脂肪酸(VFA)，主要包括乙酸、丙酸、丁酸和戊酸。对反刍动物来说，短链脂肪酸是重要的能量来源；而对于非反刍动物来说，短链脂肪酸是肠道上皮细胞的主要能量物质，为其提供 60%-70% 的能量需求，是维持动物肠道健康的重要物质。大量研究表明：SCFA 被肠道吸收后，乙酸和丙酸被运输至肝脏，主要是参与动物体的能量代谢，而丁酸则主要为肠黏膜供能（肠上皮细胞的健康主要依赖于丁酸，它是肠黏膜的主要供能物质，当能量不足时，会造成肠黏膜萎缩甚至肠绒毛的坏死脱落，会严重影响到动物的健康）。因此，SCFA 具有提高肠上皮屏障功能、促进肠道电解质平衡、调节肠道微生物、抗癌等生理功能，是潜在的抗生素替代品之一。

其次再来看一看 MCFA，MCFA 是饱和的 6-12 碳脂肪酸，主要包括辛酸（C8）、癸酸（C10）和月桂酸（C12），主要以中链甘油三酯（MCT）的形式存在于乳脂和各种饲料原料中，特别是椰子油、棕榈油中。MCFA 和 MCT 都具有特定的营养和代谢作用，包括快速消化、被动吸收和强氧化，对幼小动物的营养有着重大的意义。在代谢方面，中链脂肪酸的最大特点是可以直接进入线粒体内氧化，不需要依赖肉碱载体的转运，起到快速供能的特点，直接被肠道上皮细胞吸收，从而有助于支持幼仔肠道的完整性。而且中链脂肪酸能够穿透细菌的半透膜并破坏其内部结构，具有很强的抗菌活性，还能够维持肠上皮黏膜结构，改善畜禽的肠道发育。此外，虽然中链甘油三酯和甘油二酯不具有抗菌抗病毒活性，但中链脂肪酸单甘酯，尤其是月桂酸单甘酯（GML），具有较强的抗菌和抗病毒的功能，是罕见的天然抗病毒物质，是一种潜力极大的抗生素替代品。

进一步深入研究表明：月桂酸单甘酯（GML）是一种典型的中链脂肪酸衍生物，具有广谱抗病毒功能和高效抑菌活性，在食品行业其添加量不受限量，安全性极高；60% 的动物疾病直接或间接源于病毒感染，而具有抗病毒活性的物质非常稀缺。GML 可以从根源上解除病毒的危害，从而可以极大地提高动物的健康度。

近年来，嘉利多技术研发团队通过技术革新，推动了 GML 的规模化制造，大幅度降低了 GML 的成本，使得 GML 被广泛应用于农牧行业成为可能。然而 GML 在实际应用中存在对部分 G-作用效果弱的问题，经过反复试验，研发团队选择加入植物精油，发挥双重抑菌的协同作用，同时对 G+、G-有效，做到安全广谱抑菌。

同时植物精油作为植物性饲料添加剂中的一大类，具有调节肠道菌群、提高动物免疫力和生产性能，提高抗氧化能力及改善肉质等多种功能。且由于其来源广泛，生物活性多样，被认为是极具应用潜力的安全、有效、绿色的饲料添加剂，具有良好的应用前景。目前已有大量的报道表明，植物精油的生物活性广泛，包括抗菌、抗炎、抗氧化、镇静、抗应激等生物活性，在提高畜禽免疫力上具有重要作用。

正是基于以上思路，经过多年潜心研究，嘉利多生物创新性开发了以下产品解决方案：

第一、“安克梭”产品，该产品采用先进的科学配方、选用优质能量和绿色原料，通过独特的油脂处理工艺加工而成的功能性饲料添加剂。安克梭由独特的微囊包被技术加工制作，在强化 GML 与植物精油双



重抑菌功效的同时具备抗病毒和促生长的功能，产品还具有创新性强、质量指标可量化检测、无毒副作用、无耐药性、可规模化供应、性价比高等优点，是一种优质替抗解决方案。

第二、“利多美”是以中短链脂肪酸甘油酯为核心成分的高科技复合制剂产品。将常温下液态的丁酸甘油酯和固态的月桂酸单甘油酯融合后，负载在特殊加工的二氧化硅微珠上。利用月桂酸单甘油酯的高熔点缓释的特性，抵达动物肠道所需部位进行吸收，从而改善动物肠道健康、平衡肠道菌群及提高机体免疫力。

第三、“安利生 001”以磷脂作为分子载体，通过酶法转化技术将多种功能性脂肪酸结合于磷脂，不仅为动物提供高活性脂质，提高油脂利用率，同时改善动物脂肪酸营养不均衡现象。安利生 001 结合的功能性脂肪酸包括丁酸、中链脂肪酸和 Omega-3 脂肪酸，在抗菌促生长的同时可显著改善动物的生长繁殖及泌乳性能，为替抗提供优质解决方案。

(方案咨询人：嘉利多生物技术经理李家安 17728096503)

## 斯洛文尼亚 Tanin 公司

### 降本增效，高效替抗！原来单宁还能这样用

众所周知，抗生素在动物生产上的使用已有很长的历史，抗生素无疑曾经对养殖效益的提升发挥了巨大贡献，抗生素应用到动物生产中，主要起着保护动物健康和促进生长的双重作用；但由于长期对抗生素在畜禽生产中的广泛应用，甚至滥用，导致细菌耐药性的产生以及抗生素的残留，严重威胁到抗生素在临床上和畜禽生产上的应用，影响畜禽的健康，甚至影响到人类的健康。

2020 年 7 月 1 日我国开始全面实施“饲料禁抗”政策以来，从有抗到无抗，饲料行业平稳过渡、波澜不惊。饲料禁抗后，为了保证产品质量，饲料成本均有上升，特别是添加剂一直在做加法，以此最大限度降低禁抗后的负面影响。随着替抗方案的不断成熟，特别是今年以来受生猪与肉鸡市场行情持续低迷以及玉米、豆粕等饲料原料价格暴涨，业界对于无抗饲料“降本增效”的关注和实践日益增多。

自 2006 年欧盟逐步取消使用抗生素以来，已批准一些来源于甜栗木的单宁酸作为安全的新型饲料添加剂应用于动物饲料中。随着欧洲对于单宁在无抗饲养下的研究与应用日益成熟。而在中国“饲料禁抗”的大背景下，单宁对替抗的应用也取得实质性的进展，单宁、尤其是水解单宁酸在饲料替抗防治腹泻上的应用效果已经得到了广泛的认可，也得到了广泛的应用。

斯洛文尼亚 Tanin 公司，简称欧洲 Tanin，成立于 1923 年，总部位于斯洛文尼亚，是专业从事动物营养、生物材料、单宁在红酒和白酒中的生产应用等方面的全球性科技生产企业，是全球领先的植物单宁生产商。其中福美酚正是公司为应对饲料高效替抗所精心研发的替抗和保护肠道健康的天然产品（栗木和橡木天然提取的水解单宁—鞣花单宁），产品销售遍及欧洲、美国、加拿大、俄罗斯、中国、印度、东南亚以及南美洲。

#### 替抗方案思路



单宁分为水解单宁与缩合单宁。缩合单宁酸是单胃动物植物性饲料原料中一种重要的抗营养因子，水解单宁酸可作为饲料添加剂应用到畜禽饲料中，它的水解产物为没食子酸和葡萄糖，对单胃动物的生长性能和肠道健康有显著改善作用。

水解单宁酸是多元醇和糖通过酯键与酚酸及其衍生物聚合形成的多酚，分子质量为 500-3000u，水溶性为 250g/L(20°C)，在稀酸、稀碱和单宁酸水解酶作用下水解成棓单宁和鞣花单宁等较简单的化合物；研究表明，水解单宁酸分子中含有没食子酸、三羟基苯甲酸等以 D-葡萄糖为核心的酚醛酸聚酯类化合物，其分子内葡萄糖没食子酸酯的酯键具有很强的抗氧化作用。

而栗木单宁在欧洲具有丰富的原料来源，同时在欧美饲料替抗的实践中已经被证实对动物的肠道健康、生长性能等都具有良好的积极作用。

### 栗木单宁作用机制

栗木单宁与肠粘蛋白形成复合物，在粘膜表面形成薄层(脯氨酸亲和力)，保护粘膜免受刺激，减少毒素的吸收，从而减少肠道内排出的液体，同时减少微生物在肠道的定植与附着。

栗木单宁不会与肠上皮细胞结合，其原因是肠壁表面有粘液层。这种表面粘液中的粘蛋白对单宁有很强的亲和力，这种粘液蛋白与单宁的复合物充当物理屏障，防止细菌和细菌毒素的附着和渗透。有部分单宁穿透粘液层并与紧密连接蛋白（肠细胞侧壁的连接蛋白）结合，改变其构象并减少细胞间隙（防止细胞间水和毒素的运输，从而防止腹泻）。这种作用对肠道起着保护的同时，并不影响营养物质的吸收。

通过体外试验与动物饲养实践证明，栗木单宁对大肠杆菌、肠炎沙门氏菌、链球菌、金黄色葡萄球菌、产气荚膜梭菌等均具有很好的抑制作用。同时单宁是一类具有优良的抗氧化作用的生物抗氧化剂，其抗氧化特性通过多种途径综合体现，在动物体能阻止自由基的产生，同时高效清除自由基。

### 联合酸化剂共同使用，替抗效果更佳

此外，复合酸化剂可通过降低动物胃肠道 pH 值，提高消化酶活性、减缓胃排空速度及调控胃肠道微生物菌群平衡等多种途径促进营养物质的消化吸收，从而促进动物生长。

在断奶仔猪上，由于猪的胃肠环境尚在建立阶段，酸化剂的使用降低了胃内 pH 值，由于 pH 值的降低，能有效的促进胃蛋白酶原的分泌，并激活更多的胃蛋白酶。有利于仔猪的营养消化的同时，因其较低的 pH 值环境让单宁在胃中基本不与蛋白质结合，水解单宁在低 pH 环境下少量水解，分解成为生物有着抗炎性和抗氧化性的小分子酸，同时当单宁达到肠道后与肠上皮细胞外的 MUC-2 结合，同时部分单宁作用于肠上皮细胞间的紧密连接，使得肠上皮细胞间更加紧致，增加了有害菌和毒素的渗入难度。另外单宁在肠道中与有害菌细胞壁结合，改变了病原菌的细胞通透性，从而抑制病原菌的活性，由于单宁与蛋白质结合的特性，能够有效的防止生物膜的形成。

单宁对梭菌具有很强的抑制作用，特别是高产梭菌。高产氨梭菌（每小时可分解蛋白质 1.5kg）在肠道中不断分解饲料中的蛋白源，降低了动物蛋白的吸收，同时伴随着毒素和氨气的产生，这些都严重的影响动物的生长。使用单宁能让动物的蛋白利用率更高，降低了氨的产生，有效的降低了栏舍中氨的浓度。

有机酸化剂起着单宁抗氧化性的增强剂的作用，能够让单宁的抗氧化能力更强，很好的保护了动物的肝脏和各器官的生理活性。



因此在精准营养配方下，原材料通过科学前期处理的日粮中，使用水解单宁并配合复合酸化剂，能够更好地为动物肠道健康，从而整体提高动物的生产性能。

(方案咨询人：欧洲 Tannin 公司中国区副总经理 吴亭翰 18998835066)

## 广东酸能生物科技有限公司

### 谋替抗，以酸为骨架；选好酸，酸能有良方

长期以来抗生素对于促进畜牧养殖业的发展起着至关重要的作用，然而长期超量添加使用所引发的细菌耐药、肠道菌群失衡、药物残留和食品安全等问题日益凸显，鉴于此，我国于 2020 年 7 月 1 日在饲料端开始实行全面禁抗，2021 年 10 月 25 日则开始全国兽用抗菌药使用减量行动。饲料无抗时代正式到来，风起云涌，大量促进胃肠道健康并用于降低幼龄动物腹泻和抑制病菌生长繁殖的替抗产品纷纷涌现。

研究表明，在品类繁多的替抗添加剂领域中，酸化剂在替抗方面的作用具有其特殊的应用价值，可外源补充氢离子，促进营养物质的消化吸收、抑制病原菌，维护肠道健康等。例如：甲酸 pKa 为 3.75 时，在消化道前端可提供氢离子，具有广谱抑菌性且抑菌力强，在无抗饲料及健康养殖领域被广泛应用；而苯甲酸被用于人类酸性食品防腐剂已大半个世纪，至今仍被广泛应用，究其原因则在于游离酸分子特殊的抑菌机理及其稳定的抑菌力，因此，苯甲酸也是畜牧业最重要和最有前景的抗生素替代品之一。

甲酸与苯甲酸的抑菌效果虽然得到了广泛的证明，但在实际使用过程中，却具有较大的缺陷需要克服与解决，例如：甲酸易挥发、腐蚀性强，使用不便，且在肠道 pH 环境中极易被离子化而失去抑菌能力；而苯甲酸则容易快速进入血液易引起血糖浓度同步升高，并在肠道 pH 环境下快速离子化，这就决定了苯甲酸在生产实践中面临着适口性差及高添加量等问题，研究表明，苯甲酸在猪料中需添加 5 公斤以上才具有促生长作用。

因此，通过改善工艺，进行深加工和制剂化处理，使其在胃肠道缓慢释放是提高酸化剂应用价值的重要手段。而在这方面，广东酸能生物科技有限公司通过持续多年的研发与创新，成功突破了相关技术瓶颈。

1. 针对酸化剂的缺点，利用 OAE 优选酸效技术，从酸能自建的酸数据库中进行筛选，即根据单酸氢离子提供能力、抑菌力及配伍增效特性等，经过大量针对性筛选工作后，确定合理单酸复合。

2. 通过查阅文献和大量实验室试验，针对酸化剂使用缺点进行攻关研究，例如甲酸特别活泼，渗透性强，快速离子化，不能以分子形式到达肠道起到抑菌作用，而研发人员从二甲酸钾上得到灵感，将活泼的甲酸分子，以可逆的氢键结合到一个特殊的载体上，使甲酸不容易逃跑。对于苯甲酸而言，酸能研发人员开发出专利冷喷包被工艺，使苯甲酸有效成分大部分过胃，在肠道 6-8 小时内逐渐崩解，释放出苯甲酸和乳酸；苯甲酸在乳酸的保护下，易以分子形式存在，在不同肠段有效抑菌。

3. 同时通过大量实验验证替抗产品的有效性，分为实验室检测和动物实验验证，通过定性实验检测缓释性和通过定量实验检测产品含量的绝对值。

4. 然后通过多次抑菌实验，验证产品对革兰氏阴性菌，大肠杆菌和沙门氏菌的 MIC (最小抑菌浓度) 值，确定方案抑菌的有效性。



5.最后通过与高校合作，设计肉鸡和小鼠上的验证试验，确定替抗解决方案的有效性。

#### 核心内容：

本替抗产品解决方案利用 OAE 优选酸效技术，即根据单酸氢离子提供能力、抑菌力及配伍增效特性等，合理选择多种单酸复合。以甲酸或苯甲酸为主，对其进行冷喷包被工艺处理，保证其过胃率，并在消化道具有一定的缓释和缓冲性能，充分发挥酸化剂提供氢离子的能力及抑菌性能，有效抑菌，维护肠道健康，从而降低幼龄动物腹泻率并改善生产性能。

（方案咨询人：胡友军；联系电话：13226682219）

### 重庆民泰新农业科技发展集团有限公司

## 聚焦动物消化道健康管理，民泰农发集团开创“酸化剂替抗”研发应用新格局

重庆民泰新农业科技发展集团有限公司（简称：民泰农发集团）以“饲料清洁卫士”和“动物消化道健康管理专家”为己任，凭借自身 25 年扎实的创新研发力量和突出的技术实力，在动物营养与饲养无抗方面努力深耕，不断寻求和完善饲料替抗组合和绿色解决方案。从 2013 年开始，民泰农发集团的研发团队就着力于替抗产品的研究。

民泰农发集团通过了解不同客户替抗方案的市场反馈情况，发现不同客户使用的饲料日粮蛋白水平有高低，还因区域性和季节性的不同，影响替抗方案的有效性和稳定性。为使客户的替抗方案更加有效，稳定，性价比更高，研发团队通过分析和总结，优化替抗方案，并经试验进行验证。

经过 6 年的研发和应用，2019 年 8 月，民泰农发集团推出了动物消化道健康管理“无抗日粮”方案，运用饮水酸（水千金，保证饮水的卫生清洁度）、消化酸（胃舒宁，有效降低胃中 pH 值，促进消化）、杀菌酸（菌威宁，杀死病原菌）、肠道酸（肠舒宁，平衡肠道菌群结构，促进消化道健康，防止腹泻）、功能性诱食剂、新型抗氧化剂等产品，以帮助饲料及养殖企业顺利步入“无抗”时代。

我国全面“饲料禁抗”至今已有 1 年多的时间。在这期间，民泰农发集团在实践中不断探索，持续优化升级动物消化道健康管理“无抗日粮”方案及相关无抗产品，在业内独树一帜，得到了广大客户朋友们的肯定与好评，在推动我国畜禽健康养殖的发展浪潮中发挥了重要作用。

#### 一、技术思路

始终抓住胃是机体消化道的门户，作为机体阻断外界病原菌入侵的屏障。维持食后胃较低 pH，无论是阻断体外病原菌入侵，还是提高蛋白质的消化率以及后续肠道的消化吸收至关重要。磷酸降低胃 pH，性价比最高，消化酸继续以磷酸为主的组成方案，通过增加日粮消化酸的添加量（从 2kg 提高到 3kg），改善日粮蛋白质的消化率。

胃作为抵御外界病原菌入侵的屏障，但环境有变化时，环境病原菌数量和菌群会发生变化。当超出胃的抵御范围，会增加胃肠道病原菌的数量和菌群，提高仔猪腹泻率。甲酸作为最强杀菌酸，可协助胃杀灭大量侵入的病原菌。



肠道有大量微生物菌群，既有病原菌也有益生菌。但益生菌会随着环境的变化而变成病原菌产生毒素，造成仔猪腹泻拉稀。因此为维持仔猪肠道菌群平衡，保障动物健康，需要在饲料中添加杀菌酸，维持肠道内病原菌和益生菌的平衡，保证肠道的健康。而甲酸和苯甲酸都具有很强的杀菌功能，甲酸分子小，水剪性强，穿过细菌细胞壁进入细菌，能提供大量氢离子，导致酸碱不稳定，消耗细菌能量；而苯甲酸能有效抑制细菌三羧酸循环乙酰辅酶 A，阻止细菌能量合成完成杀菌，甲酸和苯甲酸协同作用能很好增强杀菌效果。甲酸一般而言容易挥发，还会影响适口性。而添加甲酸盐可明显降低甲酸的挥发，通过降低甲酸的刺激性解决了甲酸的适口性问题。最终成功研制出了以甲酸、甲酸盐、苯甲酸为主要原料的杀菌酸（菌威宁），该杀菌酸能够有效杀灭病原菌，调节肠道菌群的平衡，大大降低了仔猪的腹泻（其添加量为 2kg/T）。

## 二、研发历程

民泰农发集团从酸化剂的原材料选择、配方设计、实验效果、破坏性实验以及研制成功产品的小试、中试和大试进行生产。通过在试验基地，添加到饲料中饲喂动物，统计试验数据和分析实验效果，最终推荐教保料使用 2kg/T 胃舒宁+2kg/菌威宁+1kg/T 丁酸钠+1kg/T 丁酸甘油酯做为日粮替抗的主要骨架投放于市场，广泛应用于饲料厂和养殖场，得到客户一致好评。

2020 年 7 月饲料禁抗正式开始以后至 2021 年 3 月，密切跟踪并收集客户的应用情况，发现问题，并提出解决思路。使得公司酸化剂产品更加稳定，更好与饲料混合，增强了饲料的清洁和饲养动物的食欲，有效提高了饲料的消化率。

2021 年 4 月份至 10 月份，民泰农发集团在公司实验基地重复进行试验验证，并优化方案，直到 10 月底确认新的应用方案。

## 三、核心内容

始终坚持病从口入，胃是机体胃肠道的门户，一是阻断外界病原菌的入侵；二是改善日粮蛋白质和后续食糜在肠道的消化和吸收。胃好，肠道就健康！胃中起作用的添加剂主要是酸化剂，符合胃的消化和杀菌的酸化剂主要是磷酸和甲酸，酸化剂替抗中更加关注磷酸和甲酸的应用。最后，酸化剂替抗方案的使用应根据：不同日粮的蛋白质水平，相应调节消化酸（胃舒宁）的添加量，蛋白质含量高则增加酸化剂添加量，反之亦然；不同饲养环境的变化，调整杀菌酸（菌威宁）的添加量，环境恶劣时增加酸化剂添加量，反之亦然。

在后无抗时代，民泰农发集团将不忘初心，不断提升产品核心竞争力，助力中国饲料工业转型升级、绿色发展，持续为我国饲料工业发展质量效益和竞争力提升及保障食品安全、人类健康做出积极贡献。

（方案咨询人：陈柳宏 18523089215）

## 山东龙昌动物保健品有限公司

### 饲逢禁抗寻良方，桉树精油功效强

我国是畜禽养殖和消费大国，过去由于畜禽养殖密度大、畜禽疫病复杂多样再加上监管不力等多种原因，普遍存在抗生素过量使用甚至滥用等问题，这导致食品安全问题日益严峻，而且细菌耐药性的逐渐提



高也为养殖业的持续健康发展埋下隐患。为了消除抗生素使用带来的种种危害，很多发达国家很早就禁止或限制了抗生素在饲料中的使用，我国从 2012 年开始国家也在逐步禁止抗生素在饲料中添加，并且在 2020 年 7 月 1 日饲料中全面禁止抗生素的使用。但是我国畜牧业与发达国家相比，我国的养殖业在疾病控制、养殖环境、设备、人员素质等方面存在一定的差异，禁止在饲料中添加抗生素势必会给我国的畜禽养殖业带来巨大的挑战。

基于此，针对性开发高效、绿色、安全的替抗功能性添加剂产品及其替抗解决方案就成为业内关注的重点。

### 1. 乐畅开发思路

作为一家创立 18 年来一直专注于研制绿色、安全、高效的饲料添加剂企业，山东龙昌动物保健品有限公司（以下简称龙昌集团）始终把“研制天然提取添加剂，引领畜牧业节能优产”作为企业的使命和追求，桉树精油类产品——乐畅就是龙昌高效应对饲料无抗新时代所精心研发的一款杰出的功能性添加剂产品。

桉树精油是一种非常纯净的精油，它主要提取自澳大利亚原产的一种快速生长的常青树，而全球桉树精油原料主要来自于尤加利 (*Eucalyptus globulus*)，或称“桉树”。桉树精油提取自桉树的干燥树叶，经蒸馏提取而来，是一种无色的液体，具有浓烈的木质和香甜味道；目前世界上共有 700 多种不同的桉树，而其中至少有 500 种可用于制作桉树精油。

龙昌在开发产品时首先考虑的是产品的安全性。桉树精油在中国、美国以及欧盟均被批准为食品添加剂，同时欧盟 2011 年批准其为饲料添加剂，并针对桉树精油在安全性方面做了大量的评估研究，所以桉树精油的安全性毋庸置疑。

另外是产品的有效性。桉树叶在中国自古以来就是一味中药，例如《广西中药志》中记载桉树叶可以预防感冒，治疗痢疾；《生药学》中记载桉树叶可以治丹毒与其他传染性脓毒症。《四川中药志》中记载桉树叶可以解热，治肠炎及膀胱疾病。《现代实用中药》中记载桉树叶可以治关节疼、外科手术后疤痕。《中药大全》中记载桉树叶可以祛痰、解毒、预防感冒、痢疾、关节疼、膀胱炎，烫伤，疥癣，丹毒，神经性皮炎，湿疹，痈疮肿毒等，并且桉树精油目前广泛应用于医药领域，这些都说明了桉树精油的有效性。

### 2. 乐畅研发历程

饲料中添加抗生素起到促生长的作用，主要是利用抗生素抑菌和消炎的作用，而饲料中添加低剂量的抗生素更重要的是利用抗生素的消炎作用，所以评估替抗类添加剂作用，不仅要考察产品的抑菌效果，更重要的是要考察产品的消炎作用。目前的研究表明桉树精油具有抑菌、消炎、驱虫、提高机体免疫力等多方面的作用。很多研究都表明桉树精油不仅具有很好的抑菌效果，同时具有很好的消炎作用，另外桉树精油分子小，穿透力比较强，很容易被机体吸收，作用于机体的各个部位。

桉树精油各种功能作用机理研究明确：

(1)桉树精油抑菌杀菌的作用机理主要是桉树精油能使细菌细胞壁退化，破坏细胞膜和膜蛋白质，使细胞液渗漏，细胞质凝结、损害细胞核活性，目前研究发现桉树精油对沙门氏菌、大肠杆菌、绿脓杆菌、痢疾杆菌、肺炎球菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌、单增李斯特菌、猪霍乱菌、福氏痢疾杆菌、宋内氏痢疾杆菌和结核杆菌等均有良好的抑制和杀灭作用。



(2)桉树精油的消炎作用机理主要是桉树精油能够抑制体内致炎物质环氧合酶（地诺前列酮合成的限速酶）的合成，使体内炎性反应肿瘤坏死因子（TNF- $\alpha$ ）、促炎因子白细胞介素（IL-1 $\beta$ 、IL-6）等基因和蛋白表达水平降低，从而表现出抗炎特性，保护机体健康。

(3)桉树精油抗球虫作用机理主要是桉树精油在球虫的子孢子、第一代裂殖子和第二代裂殖子阶段，桉树精油均可直接作用于球虫孢子细胞膜，破坏细胞膜的完整性，使细胞膜的通透性发生改变，使膜内营养物质大量渗出，从而阻碍了膜上营养物质的吸收通路，球虫因得不到营养而死亡。

(4)桉树精油提高机体免疫力主要是因为桉树精油能够显著提高动物血清中淋巴细胞的转化率、白细胞的吞噬活性及免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 M（IgM）、补体 3（C3）、补体 4（C4）的水平。

(5)桉树精油能够驱虫的作用主要是桉树精油能够抑制乙酰胆碱酶活性，造成乙酰胆碱在寄生虫体内大量积累，引发寄生虫持续兴奋、麻痹、对寄生虫造成损伤，达到驱离作用。

### 3.乐畅应用效果

家禽饲料中添加乐畅 100-150g/t 能够改善肠道健康提高饲料利用率和成活率，降低料蛋比/料肉比，减少家禽因肠道炎症引起的过料、拉稀、红粪等异常粪便的发生率，同时可以预防家禽因寄生虫引起的消瘦、掉毛、料肉比或料蛋比增加等问题。在养殖现场饮水中添加 300-500g/t 乐畅使用 3-5 天能够预防和解决家禽常见的呼吸道和肠道问题。桉树精油配合疫苗免疫使用，能够减少免疫引起的应激，提高机体特异性和非特异性免疫力。

（方案咨询人：白修云 精油事业部技术经理;联系电话：13426461609）



## 第三部分 优秀动物健康师

### 快乐研发，三善做人——专访青岛润博特张小东博士

他是新时代中国饲料添加剂行业企业研发人员中的杰出代表，枯燥的研发工作中他总是充满热情，始终带着一颗快乐的心投入到紧张的工作中，他为人谦逊、低调，秉持“三善做人”的原则。他是谁？他就是青岛润博特生物科技有限公司产品研发总监张小东博士。



青岛润博特生物科技有限公司产品研发总监张小东博士接受记者的专访

#### 投身农牧圆儿梦，行稳致远斩殊荣

为什么会选择从事农牧饲料行业？针对这个问题，张博士谈到：“之所以会选择从事农牧饲料行业，是受家庭的影响，尤其是受父亲的影响比较大”。张博士的父亲退休前在当地县农业局工作，小时候长期耳濡目染之下，对于动物产生了浓厚的兴趣，这就为张博士日后的求学专业方向选择上起到了非常重要的指引作用。而在后来的硕士与博士求学阶段，张博士进一步介绍到：“我的导师不仅在学术上颇有建树，还经常参与行业一线工作，持续深入养殖一线帮助养户解决问题，这些都对我日后的学习、工作就业产生了很大的影响，更加坚定了我努力奋斗的方向”。



于是怀揣梦想的张博士 1997 年考入山东农业大学畜牧专业；2001 年本科毕业后攻读山农动物营养硕士研究生，并被派送到中国农业科学院北京畜牧兽医研究所张宏福研究员实验室做硕士试验论文，研究方向为猪热应激的营养调控；2004 年考入浙江大学攻读动物营养学博士学位，研究方向为在保障大黄鱼正常生长的情况下如何减少体内脂肪沉积与体型改善；2007 年博士毕业后先去一线企业工作了几年，2012 年应聘到浙江农林大学任教（主要负责《动物生产实训》这门课），同时参与青岛润博特生物科技有限公司的创建并担任企业产品研发总监。

而在加盟青岛润博特以后，张博士主要从事畜禽用包被添加剂和反刍动物专用包被添加剂的研发和推广，并取得了一系列重要研究成果，并因此：**2017 年获“青岛创业创新领军人才”三等奖**，**2018 年与团队共同获得“青岛市优秀创业团队”**，**2019 年获“山东饲料改革开放 40 年技能工匠”称号**。





## 新时代的饲添研发者要善沟通，更要有耐心、细心、专心

25年前我国大部分品类的饲料添加剂产品还主要靠进口，然而经过数十年的发展以及行业人士的共同努力与奋斗，目前我国添加剂行业总体研发水平已经相当不错，畜牧、水产行业基本上都是国产饲料添加剂品牌占据主导地位，整体研发的技术水平已居于世界前列。

基于此，目前形势下，对于饲料添加剂企业的技术研发人员就提出了更高的要求。张博士认为：对于添加剂产品、尤其是功能性添加剂产品的研发者而言：首先要具备对外沟通的渠道和能力，研发不是闭门造车，只有充分地对外交流，在市场上寻找灵感，才能开发出充分满足客户需求的产品；其次，就是要耐心、细心、专心，研发不是一蹴而就的事情，在确定好研发目标之后，要像对待课题论文一样查阅资料、不断进行试验研究，并反复总结试验结果，最终才能取得成功。

张博士进一步强调：农牧饲料行业属于基础民生行业，它不像房地产、互联网行业会快速实现财富自由，农牧饲料行业需要的是耐心踏实的工作，要经过5-10年的不懈努力才会结出丰硕成果。

### 饲料企业与添加剂企业研发工作的差异性

对于饲料企业动物营养师与添加剂企业研发者之间有何区别这个问题，张博士首先谈到：“我毕业后在饲料企业工作过1年，这一年的工作经历对我影响非常大，不管是硕士还是博士毕业，只有在饲料企业真正工作过之后才会对饲料营养的研发工作有真正的认识，这与求学期间有着本质上的区别”。

张博士认为：饲料企业动物营养师更多关注的是饲料的全面营养以及对动物造成的影响，考虑的面比较广，另外他们在日常工作中比较容易获得饲料原料和添加剂各方面的最新消息；而饲料添加剂企业的研发人员更专注于某一点或某一方面的营养问题，所以饲料添加剂研发人员需要更多地走出去，与饲料企业动物营养师多多交流和学习，在这个过程中不断成长和进步，并指导自身研发工作更具针对性和实用性。



### 快乐工作，突破困难有诀窍

如何把研发工作做好，高效克服研发中遇到的困难？对此，张博士认为：要把研发工作做好，很多时候要换一个角度考虑问题，要把研发工作作为自己的乐趣或者爱好，这样就不会觉得枯燥。而当遇到困难



或者困惑时，张博士则谈到：“研发过程中必然会有困难或者困惑，尤其是遇到理论不匹配、逻辑不通的时候是最难过地，这个时候可以先放一放，可以到市场上或者资料数据库中寻找灵感；另外团队的力量是巨大的，研发不是一个人的工作，各部门团队定期的讨论、分析和总结非常重要”。

### 青岛润博特——1家值得为之奋斗的企业

张博士谈到：青岛润博特作为一家年轻的企业，对于人才的重视贯穿于企业发展之中，公司主要通过以下两点来吸引人才：第一、足额、匹配人才付出与贡献的工作报酬；第二、建立起一个让人才能够开心工作的氛围。正如张博士所言：“知之不如好之，好之不如乐之，在解决生活问题后，把工作变成兴趣爱好，这也是人生一大幸事”。

此外，张博士还谈到：青岛润博特作为一个整体，研发部很多的研究成果并不独属于某个人的成就，除了技术服务部以外，市场销售部的同事们也向研发部提供了非常多的来自于市场一线的观察与反馈，这些都有力支持了研发工作的顺利开展。



### 11年青岛润博特研发史，成就斐然

青岛润博特生物科技有限公司是2012年秦伟总经理邀请张博士共同创建的一家年轻的公司，创业之处张博士主要负责技术服务和研发工作，随着公司的不断成长，并在长期的市场走访过程中发现了很多值得研究的饲料添加剂方向，看准行业发展的方向，公司逐步投入资金开发产品作为公司的产品储备，以“单宁酸”为例，2013年就列为公司重点研发产品种类，经过不懈努力，产品于2020年成功上市，并收获了用户的广泛赞誉与肯定。

在张小东博士的领导与统筹安排下，公司专注于制剂型饲料添加剂的研究和开发，自2014年公司成立以来，每年拿出营业收入的15%用于产品研发，始终坚持紧跟市场客户的实际需求，指导企业产品研发工作的开展。研发团队共有博士3人、硕士7人；拥有两个专家工作站，分别由浙江农林大学和青岛农业大学专家教授牵头，基于充足的研发投入及完善的技术创新体系，2014-2021年，企业共进行研发项目23项，



获得已授权发明专利 1 项，实用新型专利 18 项，实现成果转化 18 项。目前，研发成功正在申请的发明专利 3 项，实用新型专利 8 项。同时，公司还与中国海洋大学、浙江大学、浙江农林大学、山东农业大学、青岛农业大学、黄海水产品研究所等知名科研院校合作，先后获得国家高新技术企业、青岛市饲用单宁酸企业专家工作站、青岛市中小企业专精特新企业、青岛市优秀创业团队，青岛市科技惠民示范引导项目等荣誉称号。

张博士强调：科技研发的第一要求就是严谨，公司研发中心的工作始终秉持“差不多就是差”的理念。自 2018 年起研发中心围绕“保障动物健康减少抗生素使用”开展了一系列的研发试验工作，并提出了“协同替抗”的理念。尤其是在公司近 3 年的单宁酸仔猪试验中发现：单宁酸对于预防仔猪腹泻方面表现良好，且未见类似抗生素耐药性的现象，这应该与单宁酸的作用机理有关，单宁酸是因酚羟基的“手套效应”起收敛效果，主要作用不是杀菌，因此目前未发现类似耐药性现象。



### 人生有三善，开心快乐每一天

人生有三善：孝父母、积口德、行善事，已过不惑之年的张博士非常认可南怀瑾先生的这句话，并时常反省自身。

张博士是个乐天派，无论工作还是生活中都把“开心快乐”作为一件很重要的事情。张博士认为：积极健康向上的情绪不仅对自己很重要，也能影响身边的人；工作之余，一杯茶、一本书、做做家务，自在逍遥、心静无忧。

### “健康、高效、创造价值”，认真努力，与公司共同成长

张博士最后谈到：青岛润博特始终秉承“健康、高效、创造价值”的经营理念，在研发方向上围绕绿色、节约、健康养殖开展工作，努力为客户提供优质、高效、性价比高的产品，从而在当前巨大压力与挑战面前，辅助客户实现节本保效、保本增效的要求。

因此在今后的工作中要更加认真地做好每一件事，使公司研发队伍更加专业化、精英化，让自己、也让团队伴随着公司共同成长，最终把青岛润博特打造成畜禽保健促生长产品第一品牌以及反刍动物过瘤胃产品的第一品牌。



## 青春尚好，热爱研发——专访嘉吉动物营养彭春雨经理

他为人积极乐观，与人为善，始终面带开朗、灿烂的笑容；他热爱研发工作，以为客户创造价值为己任，工作中始终热情投入，屡克难关；而在生活中，他则是一位运动达人，努力过好每一天。他是谁？他就是“绿养先踪 第5季”动物健康师本期专访人物——嘉吉动物营养饲企&集团战略客户业务营养配方技术经理彭春雨。



嘉吉动物营养饲企&集团战略客户业务营养配方技术经理彭春雨接受记者的专访

### 选择源于喜爱

与众不同地是，彭春雨经理选择从事农牧行业更多是出于个人的兴趣爱好。为什么这么说呢？彭经理笑着介绍到：“我出生在河北农村，从小就很喜欢动物，对小动物有一种与生俱来的亲切感，所以后来报考大学时就自然而然地选择了农业大学动物科学专业”。

正是带着这样一份儿时的执着与喜爱，彭经理2009年本科从河北农业大学动物科学专业顺利毕业，2011年从沈阳农业大学（与中国农业大学联合培养）硕士毕业，获得动物营养与饲料科学硕士学位，毕业后就加入了嘉吉动物营养，历任销售顾问、区域配方经理、猪料区域技术经理、饲企&集团战略客户业务营养配方技术经理等职。



### 面对考验，积极应对，敢于求变

在谈及从事农牧行业后所面临的考验时，彭经理介绍到：投身农牧行业十几年，个人感觉比较考验人的地方主要体现在以下三个方面：

第一、被身边的亲人朋友不理解。农牧行业属于国家重要基础民生行业，不是很高大上，也不是被广大群众所熟悉和了解的行业。

第二、要耐得住寂寞。从事农牧行业，尤其是技术研发者，由于长期与试验动物、实验室为伴，工作比较枯燥，因而要有一颗耐心，耐得住寂寞很重要。

第三、从求学到工作，身份与环境的转变要及时适应。求学时主要在学校，身份单纯，环境也相对较好；而工作时一方面要与农场客户做好沟通，另一方面需常驻试验场地，工作环境、自由度都比较差，需要及时调整好心态以应对新挑战与新环境。

面对考验，彭经理积极应对、敢于求变，尤其是在 2018 年加入嘉吉动物营养饲企&集团战略客户业务后，彭经理主要负责猪相关的技术支持，推动了新型高消化蛋白原料的应用，并且在饲料无抗进程中，充分利用嘉吉技术资源和个人技术，有力提升了动物肠道健康和生产性能。



### 新时代农牧企业技术研发人员应具备的素质

对于农牧企业而言，技术研发是一个非常重要的岗位，在把握产品的研发更新方向以及推动产品落地推广体现应用价值方面发挥了不可磨灭的作用。作为一名新时代的农牧企业技术研发人员，彭经理认为应该具备以下素质或能力：第一、具备扎实的技术理论知识基础与逻辑能力；第二、对于行业信息和动态以及客户的核心需求要有全面的把握，才能使得研发的产品和方案更加契合市场和客户的需要，更有针对性；第三、要具备较强的沟通交流能力，了解客户需求，满足客户需求。

此外，彭经理在嘉吉做过动物营养配方师，也负责过相关添加剂产品的研发和应用，那么该如何科学看待动物营养师与添加剂研发二者间的异同？对此，彭经理谈到：首先共同点在于都需要研发者能够及时把握行业的信息与方向以及具备扎实的理论功底；其次区别则在于：第一、动物营养师需要关注并把握动物品种、饲养管理、原料营养价值、品质控制、加工工艺以及动物不同阶段营养需求等方方面面，需要把饲料端与养殖端更好地有机结合起来进行研发考量，而添加剂研发则主要侧重于对产品组分、作用机理、功能以及应用等微观研究；第二、动物营养师研发产品后更关注产品落地情况（即养殖端的饲喂效果与价值），而添加剂研发者则更关注研发的前段，即如何去选择并研发更符合市场与客户需求的的产品。



## 缘于实习，感恩有你

2011年彭经理硕士毕业之前就在嘉吉实习了半年，良好的表现赢得了公司领导和同事的肯定与赞誉，于是毕业后就正式加盟了嘉吉动物营养这个大家庭，这一干至今就是近11年的时间，回顾与嘉吉动物营养的缘分，彭经理感慨地谈到：首先，嘉吉作为一家有着157年悠久历史的世界知名的农牧食品领域内的龙头企业，作为嘉吉核心业务板块之一的嘉吉动物营养与动物健康，是连接着嘉吉从农场到食品的核心板块，在中国有着50多年的经营历史，目前在国内拥有2000多名员工、20多家工厂以及多家技术应用研发中心，并在山西正在建设公司的全球技术创新中心，从而为员工的工作、发展与提升提供了非常好的平台；其次，嘉吉“以安全、负责任和可持续的方式滋养世界”的企业愿景非常吸引人，“正确行事、以人为本、志存高远”的核心价值观驱动着一代代嘉吉人为之不懈努力；最后，嘉吉动物营养始终秉承“今天的饲料就是明天的食品”这样一个企业理念，非常重视饲料产品的安全、绿色与高效，不断聚焦动物营养领域的产业升级和创新研发，嘉吉动物营养持续加大投入，让技术研发者更有用武之地。

## 携手嘉吉11载，成就斐然

无抗时代，动物尤其是幼仔动物的健康面临重重挑战，包括仔猪腹泻和死亡率的提高，成本的提高，以及生产性能下降等。为解决这一问题，无数的企业和技术工作者进行产品研发、动物实验等无抗相关研究，以求最佳解决方案。

作为从事技术产品研发已有十多年的工作者，彭经理和他所在的嘉吉动物营养技术研发团队，在无抗技术方案与添加剂产品的研发及应用领域所不断创新，取得了重要成果——**嘉吉5H无抗动物健康解决方案**。该方案在行业内获得良好反馈和诸多荣誉。

5H是指五大健康，包括饲料、营养、肠道、免疫和农场健康。嘉吉动物营养饲企&集团战略客户业务，在5H框架下，提出包括原料选择和品质控制、营养、功能性产品、农场管理等四个方面。



### 主要工作和贡献包括：

1.无抗方案中，基于嘉吉动物营养全球研发和技术基础以及部分个人经验，梳理原料（主要为蛋白原料）选择和品质控制以及功能性产品两大模块的内容。

2.功能性蛋白原料产品梳理和更新：(1)乐融易，作为嘉吉无抗方案中非常重要的原料，从产品各个方面进行梳理沟通和探讨，受到客户良好反馈；(2)乐余乐，作为 1: 1 替代超优蒸汽鱼粉产品，不仅具有鱼粉的营养性和功能性，还可以降低品控和掺假压力，助力无抗和防非。

3.哺乳母猪采食量调控项目。针对夏季热应激导致哺乳母猪采食量降低的问题，结合嘉吉营养体系、品管体系以及相关产品，开发针对性解决方案。

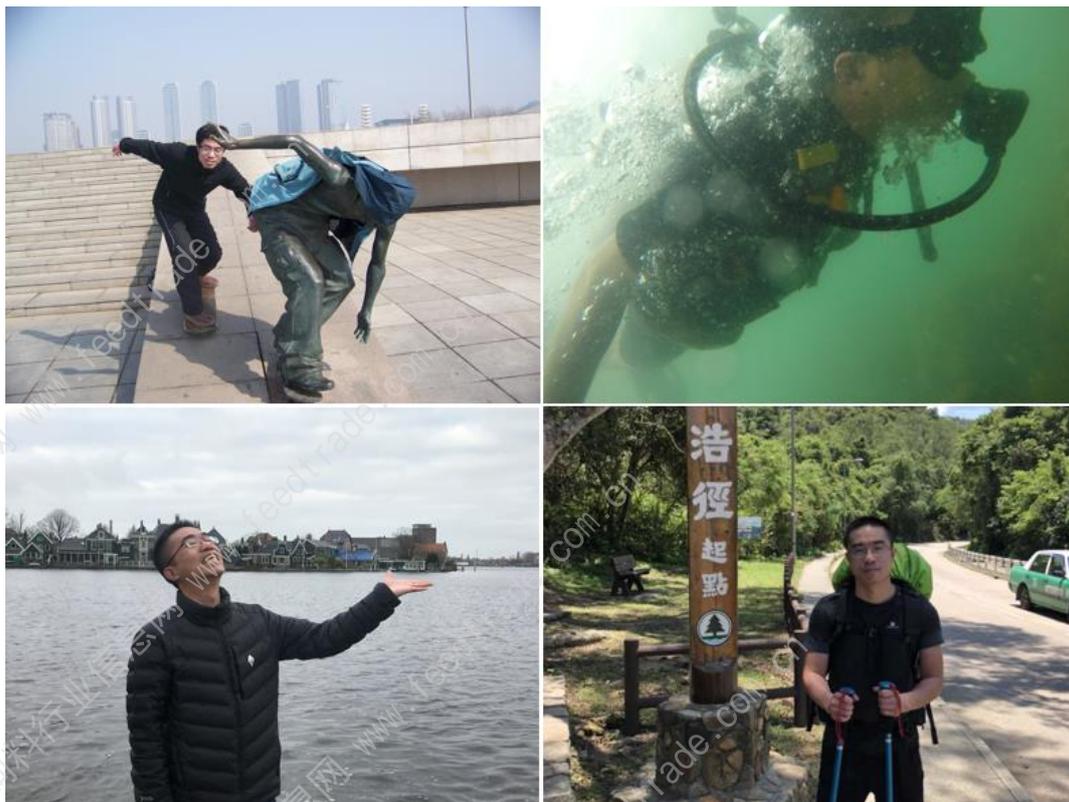
4.技术直播和宣讲。由于新冠肺炎疫情的影响，行业会议和客户拜访受阻，彭经理做了很多线上直播和问题解答。参与农业农村部农民科技教育培训中心针对于广大养殖户进行的《助农大讲堂》活动，就“如何看待无抗背景下的猪料蛋白水平”进行录制和培训，推进在养殖端的科普。针对无抗时代以及猪价低迷状况，受邀在包括青岛会议在内的行业论坛上进行讲座。

5.技术沟通和支持。通过整体方案的沟通，不让客户漏掉每个细节，针对不同原料的选择和使用注意事项等，为客户选择合适的、更具性价比的方案。客户需要，作为顾问为客户提供饲料配方技术支持。

### 坚持源于热爱

研发是一项很枯燥的工作，它需要耐心、恒心与奉献精神，十几年的岁月，是何原因让彭经理能够始终持之以恒、热情不减？对此，彭经理坚定地说道：坚持源于热爱！

从小就喜欢动物的彭经理始终有着这样一个念头在支撑着自己做研发，那就是“让动物吃的开心、吃的健康，少生病，乃至不发病”，正是这样的一种追求让彭经理在研发过程中遇到困难或挑战时，通过不断的沟通与试验去发现问题、解决问题，创造属于自己的一个有一个成就。



### 青春尚好，努力过好每一天

彭经理认为只有热爱生活、会生活的人才能把工作做好，才能活出一个精彩人生，体现自我价值。彭经理特别强调了“青春尚好”这四个字对于他个人的触动和意义，彭经理认为“青春”是一种思维状态和生活状态，它不会被年龄的增长所左右。

正是基于这样一个生活理念，工作中的彭经理全心投入、热情高效，而在生活中，彭经理则是一个不折不扣的运动达人，他十分喜欢爬山，已征服了“五岳、四大佛教名山”等；除此以外，彭经理还喜欢打羽毛球（每周至少2次）、玩滑板、唱歌以及吹口琴等。

### 研发无止境，立足做好本职工作

彭经理强调：当前面对养殖端行情低迷与饲料端原料高涨的巨大挑战，深度挖掘原料价值，尤其是替代原料的价值就显得非常重要，而在这方面，嘉吉动物营养数据库及技术团队能够帮助客户做好研发提供强有力的技术支撑。

彭经理最后谈到：“技术研发没有止境，在今后的职业发展中，我会立足于做好本职工作，积极与国内外技术专家及客户做好沟通与交流，有效链接客户需求与研发的通道，努力帮客户解决问题，也体现出自己更大的价值”。



## 修己惠人，笃行致远——专访山东龙昌集团王建民总经理

任何一个行业，都不乏各领域的引领者。他们不一定处于“金字塔”尖，却在细分领域十年如一日的耕耘，用朴实的力量，致力于推动行业的健康与发展。

圆圆的脸庞，笑起来有着山东人特有的爽朗，在饲料及添加剂领域兢兢业业深耕 20 余年，心无旁骛，笃定前行，为行业客户提供了饲料原料质量和成本的控制，生产车间运营及管理改进方案。生活中喜欢静下心来下下象棋，陪家人逛逛人间烟火气的菜市场，喜欢和朋友去 K 歌放松，今天我们一起近距离的来了解“绿养先踪 第 5 季”动物健康师本期专访人物——山东龙昌动物保健品有限公司（简称“山东龙昌集团”）技术服务中心总经理、脂肪酸营养研究中心 王建民。



山东龙昌集团技术服务中心总经理、脂肪酸营养研究中心王建民接受记者的专访

### 为学之实，固在践履

农村长大的王总高考志愿选择了师范院校，一是自己的教师梦，一是想减轻家庭经济上的压力，阴差阳错下调剂到动物营养与饲料科学这个专业，王总讲：从小只是牵着牲口做农活，上了大学后，发现动物科学是技术性和实践性都很强的专业。王总回忆：到家畜繁殖学中的直肠检查是将手伸入动物直肠内，隔着肠壁对腹腔内部器官进行触诊，当时老师带领学生们进行直肠触诊检测母马妊娠的实践课，老师为了提高学生实习的实践性和自主性，将理论和实践紧密结合，不怕脏累为同学们示范，这节课深深触动了王总。王总讲到：老师都可以做到，学生就更没有理由嫌脏怕累。

正因为这位老师的触动，毕业前在烟台原种猪场实习的两个月时间以及刚毕业后的一年时间在养殖场、饲料厂内，王总都踏踏实实地把养殖和饲料生产中的每个环节亲身实践，把书本理论知识转化成实在的操作技术。

### 业精于勤，行成于思



王总讲述了刚参加工作时的小故事，那时单位只有一台电脑，下班后单位年轻人喜欢用这台电脑玩游戏。有一次自己下班玩游戏时，被公司一位年长的领导看到，这位领导并未批评他，却告诉他年轻人现在还不是玩的时候，有资本的时候才是玩的时候，什么是资本？就是自己能独立解决问题。这位年长的领导在以后的工作上也同样给予王总点滴提携、教会了王总做人做事，王总说到现在还深刻记得老领导对他讲到“人有没有能力，并不是看学历，而是领导安排的事情，自己想方设法去做好，这才是一个人的能力，不一定要你自己亲自去做，你能让别人帮助做好，也说明你有沟通和领导的能力。”因此，王总一直把“业精于勤，行成于思”作为自己的座右铭，时刻铭记没有任何天才是不靠努力而成功，事业的成功是要有行动的，会做事更会做人，行为的成功要有深思熟虑，对生活、对社会、对朋友都有责任心。



### 饮水思源 修己惠人

毕业后王总先后在大型国企、股份制私企（和美集团）、中外合资企业（山东新昌集团）、外资企业（美国泰森）中工作，积累了大量的配方技术和饲料生产经验。王总说简单理解饲料配方师是将饲料原料和添加剂等十余种甚至更多种按一定的比例变成饲料的总设计师。实际操作中饲料配方师应该有丰富的畜



牧学、动物营养学和饲料原料相关知识，并且需要对饲料及原料的市场现状和变化有充分的了解和把握，其基本职责是在公司最经济节省的角度设计出符合动物生长需要的完美“食谱”。此外，王总讲到优秀的饲料配方师还需要熟悉饲料品控流程，了解生产设备、生产工艺和生产车间全面生产运营和管理，深入养殖第一线，深入市场第一线，了解市场动态，市场、养殖户对饲料产品的反应，适时调整，满足市场、养殖户的需求，同时具有较好的沟通能力才能适时的发现生产管理和市场上问题。



饲料添加剂企业的技术服务人员，要熟悉饲料配方，懂饲料生产，为客户的生产提供指导性意见，分析客户的技术、生产问题所在，且能够提供合理的解决方案，同样也需要良好的沟通能力。由饲料企业的技术人员（资深配方师）转变为添加剂企业的技术人员，就是由输入状态转变成输出状态，故虽然添加剂企业多次抛出橄榄枝，王总一直都没有想转变身份的想法，但是龙昌的企业理念、企业文化深深地吸引了自己，所以毅然决然的投身加入到龙昌，经过几个月的心态调整，王总很快的适应了自己的新角色。王总讲到之所以很快就调整好心态，正是因为龙昌的产品很大程度上真正帮助客户解决了配方设计不合理引起的问题，并且公司饲料生产、养殖生产、动物疾病、动物营养的各方面的专家团队齐全，根据客户提出的问题，可以给予全面的指导。

### 知行合一 笃行致远

王总谈到近两年来饲料禁抗，饲料企业平稳过渡，但是终端养殖企业和人员对抗生素的依赖心理还没有完全改变。其次是饲料原料霉菌毒素问题严重。2021年龙昌研发中心检测样品共1088份，发现我国饲料及原料中霉菌毒素污染仍处于一个较危险的水平。最后是近两年受疫情、灾情、国际局势等叠加影响，饲料企业特别是禽料企业降本增效都迫在眉睫。

王总认为“降本”要从几方面入手，一是把原来逐渐提高的配方营养水平逐步降下来，做好配方优化工作；另一方面根据客户类型的调整，如广饶肉鸡一条龙企业通过调整配方，1号料成本降低180元/吨，2号和3号料降低150元/吨，不仅成本大幅下降，优化后的配方带来的出栏成绩也优于原配方水平。第三是根据市场出现问题找到原因，进行优化配方，如潍坊一饲料企业肉鸡1号料出现拉稀问题，王总通过分析，建议客户降低食盐含量，从而解决了问题。国内大型企业如广西华港、江西宝宝仔、江西华达、安徽金牧、吉林大龙等都接受王总带领的技术团队的相应建议达到了降本增效的成果。



今年疫情反扑，技术服务人员很难到现场指导工作，王总带领团队技术服务由线下转为线上，根据客户需求，从饲料生产、品控、养殖、疾病、配方对应的老师同步参加，全方位分析问题，更加快速找到问题症结，帮助客户及早解决问题。另一种形式是三方交流，借助国内农业院校的合作，如农业部饲料工业中心、中国农大、中国海洋大学、南京农大、山东农大、集美大学、浙江大学、四川农大等，为企业提供了强有力的技术理论支持，龙昌为客户提供实践技术支持。



同时在“帮助 6000 家优秀的饲料企业和 1000 万养殖者安全创富”的愿景指引下，龙昌建立脂肪酸营养研究中心，可提供油脂与脂肪酸检测、霉菌毒素检测、原料和成品的氨基酸检测、代谢能的检测、动物肝功能检测、动物病理检测等多项检测服务。近期临沂一家饲料企业产品出现问题，客户检测各种原料均未发现问题所在，王总通过客户提供动物的表现症状，认为问题应该出在油脂上，虽然油脂样常规检测指标酸价、过氧化值均正常，龙昌的脂肪酸营养研究中心检测了该油脂样品中脂肪酸和丙二醛含量，结果显示丙二醛严重超标，说明问题就出在油脂氧化，该企业更换油脂厂家后解决问题。更多企业也出现同样的



情况，但大多数饲料企业没办法自己监测丙二醛指标，因此龙昌的研究中心可以很好的帮助客户提供专业检测和解决方案。



目前龙昌产品销往世界 50+国家和地区，主要集中在亚洲地区，在未来的征途中，王总希望公司产品销往全世界，作为一名配方师和技术服务人员，自己也一样服务全世界，修己惠人、笃行致远。



## 积跬步至千里——专访帝斯曼动物营养部楚丽翠经理

选择结婚与否，选择家庭还是事业，选择做职场女性还是全职妈妈……女性面临的两难选择几乎充斥着她们的一生。而她却能将生活和工作平衡，让自己一路前行。她精神独立、好学上进、思想新颖、成就斐然，先后从事酶制剂领域、肠道健康领域创新方案的研发和技术推广工作。她是谁？她就是“绿养先踪 第5季”动物健康师本期专访人物——帝斯曼（中国）有限公司动物营养部肠道健康产品经理楚丽翠博士。



帝斯曼（中国）有限公司动物营养部肠道健康产品经理楚丽翠博士接受记者的专访

### 好学上进，专注做好动物营养

楚丽翠博士出生在世界石油名城大庆毗邻接壤的黑龙江省安达市，高考后父母希望女儿将来能一直陪在身边，建议报考大庆石油学院，最远选择哈尔滨一些高等院校，当时网络信息并不发达，但来自各种渠道的信息却激励着80后的她走出去，看看外面的世界。机缘巧合下报考了中国农业大学，进入了动物科学专业开始了自己9年的专业学习。

踏入校园前，楚博士完全不了解这个专业是什么。在问到楚博士作为女性，选择这个专业和行业，在学习和工作中遇到过什么困难时，楚博士娓娓道来，“直到现在回想起上学的日子，依旧觉得读书并不轻松”。进入大学了解了动物科学这个专业，她没有气馁，认为不积跬步，无以至千里，不服输的她踏踏实实打好基础知识。硕博期间，师从谯仕彦院士，楚博士讲到“在科研上，谯老师对我的严格要求，对日后我个人能力的提升起到了不可磨灭的作用，同时导师像父亲一样关心每位学生的个人成长，营造了课题组团结向上的氛围，也同样激励自己前进，克服各种困难。”





楚博士谈到专业对女生有一定的挑战性，从情感和体力都经过一场历练。硕士期间试验研究课题涉及净能体系的代谢试验，要天天养猪收粪收尿，这是大多数女生无法接受的脏活累活，但楚博士却明白只有认真做好每一步试验，才能得到真实的数据，自己的付出才能得到回报。害怕老鼠的自己，在博士期间却要用大鼠作为试验动物，饲喂大鼠，还要亲自动手解剖它们。在问到楚博士如何克服自己的恐惧心理，楚博士讲因为导师的教导——“找到自己想从事的事业，不要担心，专注去做，就会得到认可。”

### 帝斯曼开拓职业旅程

正像楚博士自己讲到的“机会是留给有准备的人”。7年前与帝斯曼（中国）成功牵手，楚博士说帝斯曼是一家特别注重研发、注重产品品质的企业，这是最吸引自己的地方。加入帝斯曼后，发现每位同事都有务实的工作作风，每个人内心也都认为自己做的事非常有意义，而这一切都是因为帝斯曼三方面的影响力。



第一，具有社会责任感。帝斯曼所有产品都与可持续发展的理念相吻合，如肠道健康方案旨在替代饲料中促生长性抗生素，减缓人类的抗生素耐药性问题，Hy-D®等产品提高动物繁殖力，对动物可持续发展贡献力量。

第二，关注个人成长。每个员工都有个人发展计划，并且帝斯曼非常鼓励个人成长，也会有相关项目支持这些计划，周围有同事读在职博士，这也充分体现了公司对员工发展的高度关注。

第三，人文关怀，除了各种福利，同时提供心理服务热线等其他服务。对个人的关怀也体现在方方面面，比如，当下上海疫情严重，公司对上海员工分发了多次生活物资。

### 思想新颖，遇见更丰富的自己

帝斯曼是一家专注于动物营养的公司，动物健康一直是公司努力的目标。服务帝斯曼的这7年，行业内经历了非瘟，饲料禁抗，饲料原料价格高涨，行情低迷等一系列事件，深谙畜牧行业从业人员的不易，但正是因为这些突发或者酝酿已久的事件，自己在工作中得以成长，对行业有着新颖的观点。



非瘟疫情对养猪行业来说，的确是一场前所未有的挑战。但正是因为疫情的原因，人们开始关注猪的健康度和存活率，疫情也相应为有准备的人带来了机会。在非洲猪瘟疫情侵袭之下，市场对繁殖母猪的需求量大增。为实现快速扩栏，一些杜长大三元母猪被用于繁殖。然而，三元母猪作为特殊时期的一个新生产物，生产中会出现很多问题。帝斯曼最早提出了三元母猪的营养需要，为非瘟下猪的营养提供更多帮助。

2020年饲料禁抗，饲料企业面临着在筛选替抗方案时，应遵循何种标准的难题，并不是说没有抗生素就是标准。原料价格的波动，养殖动物行情的波动，怎样来确定无抗方案，要综合考虑到市场需要、造肉成本等问题。像现在猪价低位震荡，原料高涨不落，大部分饲料企业从添加剂种类或者添加量上做减法，楚博士认为这样做未必明智，去掉一些添加剂产品，或者降低添加剂的添加量，对动物的健康尤其是肠道健康是有负面影响的，因“替抗方案瘦身”后，畜禽肠道问题加重，猪只免疫力下降，反而会使出栏时间延长、养殖综合成本增加，因此更加赞同关注投入产出比。

### 成就斐然，积跬步至千里

楚丽翠博士带领团队推出了“Seed, Weed, Feed, Need”肠道健康综合解决方案，即“快速定植有益菌、高效抑制有害菌、改善饲料消化率、提升动物免疫力”，从肠道微生物平衡、饲料消化率、动物免疫力等多维度改善动物肠道健康。



在帝斯曼肠道健康综合解决方案中，肠道功能启动器——财来成®尿肠球菌，超纯高效抑菌剂——维乐妥®苯甲酸，抑菌促消化剂——克纳®精油均受到了中国畜牧行业的广泛认可。帝斯曼肠道健康业务5年增长近5倍，同时帝斯曼也荣获2020蛋鸡产业替抗突出贡献奖、2020蛋鸡产业十佳替抗优品、2021中国动物营养T20风云会中国畜牧业替抗先锋等荣誉称号。

#### 精神独立，保持平衡的简单生活





行业需要理论与实践高度结合，工作后岗位要面临着频繁出差，工作和家庭的平衡非常重要，需要有强大的后盾，才能让行业的女性实现工作上的成功。楚博士讲很喜欢爱因斯坦的这句话：“**生活就像骑自行车只有不断前进，才能保持平衡。**”把人生比作前进的自行车，就是想告诉我们，要不断的前进，人们切不可贪图享受，不思进取，一味享受暂时的美景而忘了前进的方向，这样最终我们将失去平衡，从个人角度来讲就会颓废，生活和工作平衡好，才能把有职业上的前进。同时感恩父母和爱人对自己事业的强力支持，让自己能一直保持着平衡的简单生活。



## 勤业思行，正道沧桑——专访民泰农发集团周东胜博士

严谨、勤奋、深思、躬行！他是新时代农牧企业优秀技术研发者的杰出代表，平和的心态、激情的工作态度、以及敢于创新的精神，造就了他研发过程中百折不挠的性格，十几年研发生涯更是成果不断。他是谁？他就是本期“绿养先踪 第5季”动物健康师代表人物——民泰农发集团特邀技术专家周东胜博士。



民泰农发集团特邀技术专家周东胜博士接受记者的专访

### 师从吴德教授，求学阶段专注后备母猪的营养研

周博士，2004年本科毕业于佛山科学技术学院，2011年博士毕业于四川农业大学动物营养研究所，硕士和博士阶段都是师从于吴德教授，期间主要致力于能量及其来源对于后备母猪影响的研究，在脂肪和纤维的筛选与组合应用方面取得了重要成果。周博士认为现在行业对于后备母猪营养需要的研究越来越重视，这是一件好事，后备母猪是基础，它饲养的好坏直接决定了后期母猪生产成绩的高低，对于猪场经济效益以及可持续发展十分重要。而在后备母猪料的开发方面，周博士则认为：在饲料成本设定好的基础上，后备母猪料的开发要重点关注骨骼发育、膘情控制以及日粮中淀粉/脂肪/纤维的筛选与含量平衡等问题，要以培育优良体况的后备母猪为目标，全面提升母猪生产成绩。

### 被动选择下的热爱

国家行业那么多，为什么会选择从事农牧行业呢？对此，周博士笑着谈到：“对于我们这个年龄段的人而言，在早期，可能大多数从事农牧行业的人都属于无奈下的被动选择。”然而进入大学之后，经过一段时间的学习，随着对于动物营养专业的了解不断加深，周博士逐渐喜欢上了动物营养专业。周博士强调：作为一门应用型学科，动物营养专业与我们每个人的生活密切相关，虽是传统行业，但却是一个光荣的行业，它关系到每一位普通老百姓的幸福。多年来从事农牧行业的经历，让周博士收获了满满的成就感，他认为：要想在农牧行业取得成功，保持一个平和的心态至关重要，此外还要有饱满的工作激情与态度。

### 新时代农牧企业优秀技术研发者应该具备的素质



作为一名新时代优秀的农牧企业技术研发者究竟应该具备怎样的素质呢？对此，周博士谈到：首次，技术研发者要具备吃苦耐劳的钻研精神；其次，技术研发者在搞研发时想法要纯粹，不能想的太复杂，否则会迷失方向；最后，技术研发者要想顺利开展研究，并把研究成果落地转化为产品，服务于产业，必须要具备良好的沟通协调能力，要学会整合资源，为整个研发过程服务。

### 饲料研发与添加剂研发的异同

周博士在饲料及添加剂领域都积累了丰富的研发经验，取得了一系列重大研发成果，因此对于二者间研发内容与侧重点的异同，有着独到而深刻的理解。对此，周博士谈到：无论是搞饲料研发还是添加剂研发，最基础的工作都是围绕着动物的生理生化来展开，其中：添加剂的研发主要是纵向研究，围绕着某一款添加剂的原料、生产、作用机理、应用方法、作用效果等方面进行深入研究；而饲料研发则主要是横向研究，要重点考虑不同原料间的协同与拮抗效应，深入研究不同原料间科学组合的方法，针对性满足动物的营养需要。周博士强调：只有充分把饲料研发与添加剂研发密切结配合，才能真正实现动物营养研发的立体化，才能更好地服务于养殖生产。



### 加盟民泰农发集团，积极践行“科技创新，造福于民”

2017年，周博士受聘民泰农发集团特邀技术专家，谈及与民泰农发集团间的缘份，周博士谈到：“民泰农发集团董事长杨梅女士是一位技术出身的企业家，是新时代的杰出女性代表，杨梅董事长对于技术研发十分重视，对于科研人才也是爱护有加，且在与杨梅董事长的沟通过程中，杨梅董事长的人格魅力深深吸引了我，这是我选择与民泰合作的重要原因”。

周博士进一步介绍到：民泰农发集团作为一家国家级高新技术企业，积极践行“科技创新，造福于民”的企业使命，先后创建了重庆市博士后科研工作站、杨梅劳模创新工作室，并常年聘请业内权威专家、教授作为技术顾问团。通过不断引进高级技术人才，打造了一支由20多位老中青专家相结合且非常优秀的技术研发团队，为技术创新、技术研发提供强有力的保障。

加入民泰农发集团后，周博士带领公司技术团队不断进行技术创新，专注于酸化剂产品的研发。围绕着如何科学高效保障动物肠道健康，根据动物的消化生理特点以及无抗日粮的技术要点，并结合民泰农发集团精细化工生产的良好平台，周博士带领团队研发出日粮替抗的关键组分——酸化剂系列产品：饮水酸，



消化酸（磷酸），杀菌酸（甲酸与甲酸铵）和肠道酸（丁酸钠与丁酸甘油酯）等，并在公司和国内多家饲料厂的实验基地进行广泛和反复的试验，总结出了酸化剂系列产品在日粮替代过程的成功经验，重要研发成果“酸化剂在无抗日粮的科学选择和合理应用，为动物的健康饲养和食品安全提供可靠保证”最终在市场和实际养殖中得到有效的验证，其成果得到了有效转化。

### “降本增效”要抓住关键点寻求解决方案

针对目前行业聚焦的“降本增效”热点话题，周博士认为要抓住关键点寻求解决方案，例如：对于养猪场而言，不能只关注饲料价格的高低，而应更加关注提升自身管理水平的能力，比如说饲料浪费问题，这是目前绝大多数养猪场都会出现的问题，造成大量浪费，如何避免值得认真思考解决，这是降低养猪场养殖成本的有效途径之一；而对于饲料企业而言，民泰农发集团能够帮助客户创造价值，针对目前全球粮食市场十分紧张且国内猪价行情低迷的现状，民泰农发集团帮助客户优化饲料配方，提升饲料营养消化吸收利用率，从而做到性价比最优。



### 饲料等同于食品，为推动行业高质量发展再建新功

采访的最后，周博士谈到：秉持着“饲料等同于食品”的理念，未来，聚焦于饲料卫生与保鲜，民泰农发集团将在防霉、保鲜相关添加剂产品研发上持续深入；此外，公司针对于“提高对饲料营养的消化吸收利用率”的新项目研发工作目前也在紧锣密鼓地进行之中，相关研究成果即将公布于众，这将是公司另外一个重要研发领域，将为推动我国畜牧业健康、高质量发展做出更大贡献。而对于自己的未来规划与目标，周博士强调会持续关注营养对于动物健康的影响，以提升终端养殖效益为目标指导今后的研发工作，从而为行业贡献更多具备实用价值的研究成果。