



# 乳酸杆菌对肉鸡生长性能影响的 Meta 分析

邢爽, 冯京海

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所/动物营养学国家重点实验室, 北京 100193)

**摘要:**【目的】利用荟萃分析(Meta 分析)研究日粮中添加乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响, 以为肉鸡生产提供一定的理论和数据参考。【方法】从国内外数据库中检索出符合分析要求的 24 篇文献, 包括 25 项试验, 8 702 个研究对象。采用 Review Manager (version 5.3), 计算各生长性能指标的标准化均数差 SMD (乳酸杆菌组和对照组均数的差值除以两组标准差平均值的商), 根据不同研究使用的样本数量、指标测定的标准差, 确定不同研究结果的权重值, 汇总多个相互独立的研究结果。根据  $I^2$  统计量对纳入文献的生长性能数据进行异质性检验, 通过漏斗图及 egger 检验分析纳入文章的发表偏倚并进行敏感性分析。由于本次分析各项指标均存在显著异质性, 故采用随机效应模型对连续型数据进行分析, 并根据乳酸杆菌菌种进行亚组分析, 探讨不同乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响效果。【结果】从试验全期来看, 饲料中添加乳酸杆菌显著提高肉鸡的平均日增重 ( $SMD=1.53$ ,  $P<0.001$ ), 显著降低料重比 ( $SMD=-1.50$ ,  $P<0.001$ ), 对采食量无显著影响 ( $P=0.470$ )。分别分析肉鸡前期(1—21 日龄)和后期(22—42 日龄)的生长数据发现, 乳酸杆菌显著提高肉鸡前期平均日增重 ( $SMD=1.05$ ,  $P<0.001$ ), 有提高后期日增重的趋势 ( $SMD=0.52$ ,  $P=0.090$ ), 显著降低前期料重比 ( $SMD=-1.31$ ,  $P<0.001$ ) 和后期料重比 ( $SMD=-0.94$ ,  $P<0.001$ )。从 SMD 的数值上可以看出, 乳酸杆菌对肉鸡前期的促生长效果优于后期。漏斗图及 egger 分析表明, 前期  $F/G$  ( $P=0.012$ ) 和后期  $ADFI$  ( $P=0.006$ ) 偏倚性达到显著水平, 其他指标的偏倚性不显著 ( $P>0.05$ ); 敏感性分析发现, 日增重和料重比的分析结果稳定。异质性检验发现, 各生长指标存在显著异质性 ( $P<0.001$ ), 根据乳酸杆菌菌种进行亚组分析, 可降低 Meta 分析结果的异质性。亚组分析显示, 植物乳酸杆菌对肉鸡全期日增重 ( $1.98$ ,  $P<0.001$ ) 和饲料转化效率 ( $-1.66$ ,  $P<0.001$ ) 的促进作用优于干酪乳杆菌 ( $0.51$ ,  $-0.68$ ,  $P\leq 0.02$ ) 和约氏乳杆菌 ( $1.15$ ,  $-0.16$ ,  $P\leq 0.02$ )。【结论】Meta 分析表明, 乳酸杆菌可改善不同阶段肉鸡的日增重和饲料转化效率, 对采食量无显著影响。不同乳酸杆菌的促进作用存在差异, 其中植物乳杆菌的促进作用最优。

**关键词:** 乳酸杆菌; 肉鸡; 生长性能; Meta 分析

## Effects of *Lactobacillus* Supplements on Growth Performance of Broilers: A Meta-Analysis

XING Shuang, FENG JingHai

(Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences/State Key Laboratory of Animal Nutrition, Beijing 100193)

**Abstract:** 【Objective】The purpose of present study was to analyze the effects of *Lactobacillus* supplements on the growth performance of broilers by meta-analysis. 【Method】A total of 24 articles, including 25 trials and 8 702 subjects, were retrieved from domestic and foreign databases. Reviewing Manager (version 5.3) was used to calculate the standardized mean difference (SMD)(the difference between *Lactobacillus* group and control group divided by the mean of standard deviation between the two groups). According to the number of samples used in different studies and the standard deviation determined by the indicators, the weights of

收稿日期: 2019-03-07; 接受日期: 2019-04-15

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0500509)、中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-IAS09)

联系方式: 邢爽, E-mail: 1194325185@qq.com. 通信作者冯京海, E-mail: fjh6289@126.com

different research results were determined, and several independent research results were summarized. According to  $I^2$  statistics, the heterogeneity of growth performance data was tested, and the publication bias was analyzed by funnel plot and egger test. The random effect model was used to analyze the continuous data for the significant heterogeneity of each index in this analysis and subgroup analysis was carried out according to *Lactobacillus* strains to explore the effects of different *Lactobacillus* on the growth performance of broilers. 【Result】 The analysis showed that *Lactobacillus* significantly increased the ADG ( $SMD=1.53, P<0.001$ ) and reduced the F/G ( $SMD=-1.50, P<0.001$ ) of broilers during 0-6 week period of the experiment, and had no significant effect on feed intake ( $P=0.470$ ). *Lactobacillus* significantly increased the ADG of broilers ( $SMD=1.05, P<0.001$ ) in the growing period, and had a tendency to improve ADG ( $SMD=0.52, P=0.090$ ) in the finishing period, significantly reduced the growing F/G ( $SMD=-1.31, P<0.001$ ) and the finishing F/G ( $SMD=-0.94, P<0.001$ ). The growth-promoting effect of *Lactobacillus* on broilers was better than that the finishing period according to the value of SMD. Funnel plot and egger analysis showed that the bias of F/G ( $P=0.012$ ) and ADFI ( $P=0.006$ ) in the early stage reached a significant level, while the biases of other indicators were not significant ( $P>0.05$ ). Sensitivity analysis found that random deletion of arbitrary literature data had little effect on the analysis of daily gain and feed-to-weight ratio, indicating that the above results were stable and were not affected by one or several articles. The heterogeneity test found that there was significant heterogeneity in the analysis results of each growth index ( $P<0.001$ ), indicating that the results of different literatures differed greatly, possibly due to differences in the *Lactobacillus* species or feeding doses used in different studies. Subgroup analysis based on *Lactobacillus* species could reduce the heterogeneity of the meta-analysis. Subgroup analysis showed that *L. plantarum* promoted the daily weight gain ( $1.98, P<0.001$ ) and feed conversion efficiency ( $-1.66, P<0.001$ ) on broiler 0-6 week period better than *L. casei* ( $0.51, -0.68, P\leq 0.02$ ) and *L. johnsonii* ( $1.15, -0.16, P\leq 0.02$ ). 【Conclusion】 In conclusion, the meta-analysis showed that *Lactobacillus* could increase the daily weight gain and feed conversion efficiency of broilers at different period, and had no significant effect on feed intake. The promotion effect of *Lactobacillus* was different, among which *L. plantarum* was better.

**Key words:** *Lactobacillus*; broilers; growth performance; meta-analysis

## 0 引言

【研究意义】 抗生素作为生长促进剂曾在肉鸡饲料中广泛使用<sup>[1-3]</sup>, 长期使用抗生素可导致耐药菌<sup>[4]</sup>、药物残留<sup>[5-6]</sup>以及肠道菌群失衡<sup>[7-8]</sup>等问题, 严重威胁家禽以及人类的健康, 各国纷纷制定法规限用或禁用抗生素。【前人研究进展】 益生菌作为抗生素的替代品受到研究人员的关注, 其中乳酸杆菌的研究最为广泛, 然而大量研究的结果并不一致。部分研究发现乳酸杆菌可以改善肉鸡的日增重, 降低日采食量和料重比<sup>[9-12]</sup>; 部分研究证实乳酸杆菌对肉鸡生长性能无显著影响<sup>[13-16]</sup>; 还有部分研究表明日粮中添加乳酸杆菌抑制肉鸡的生长<sup>[17-19]</sup>。研究结果的不一致一方面可能由于部分试验的样本量过小, 随机误差过大, 掩盖了处理效应。另一方面可能是由于不同试验选用的乳酸杆菌菌种、饲喂剂量、饲喂方式、作用时间和环境条件不同造成的。【本研究切入点】 采用传统的基于定性的文献综述很难总结出乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响规律。Meta 分析可以通过定量的方法, 根据不同研究使用的样本数量、指标测定的标准差, 确定不同研究结果的权重值, 汇总多个相互独立的研究结果。同时考虑研究对象的异质性来剖析结果差异,

从而获得更准确的分析结果<sup>[20]</sup>。【拟解决的关键问题】 利用 Meta 分析系统评价乳酸杆菌对肉鸡不同生长阶段生产性能指标的影响, 同时采用亚组分析, 比较不同乳酸杆菌菌种的作用效果, 以为肉鸡生产提供一定的理论和数据参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 文献检索

通过 Web of Science、Science Direct、SpringerLink、Google 学术、中国知网、维普和万方数据库筛选相关文献。检索方式为文章标题和关键词, 英文检索词为: (lactobacillus or probiotics) and (broilers or poultry); 中文检索词为: (乳酸杆菌或益生菌) 和 (肉鸡或家禽)。文献检索时间截止到 2018 年 4 月。

### 1.2 纳入标准

(1) 研究设计为随机对照试验; (2) 研究对象为肉仔鸡; (3) 基础日粮为玉米豆粕型日粮; (4) 干预措施是在日粮中补充乳酸杆菌, 并以基础日粮作为对照, 乳酸杆菌的添加剂量不在筛选范围; (5) 试验以肉鸡 1 日龄为开始时间, 试验持续时间为 42 d; (6) 肉鸡生长性能的指标包括平均日增重、平均日采食量或料重比, 并且研究中给出了指标的数值或平均值、

标准差（SD）或标准误（SE）。

1.3 排除标准

（1）重复报告、会议论文、综述、文献摘要和未发表的文献；（2）试验周期不符或者未在 21 或 42 日龄测定指标的文献；（3）多种乳酸杆菌混合物或者乳酸杆菌与其他益生菌联合作用的文献；（4）乳酸杆菌发酵饲料等加工处理后用于肉鸡上的文献；（5）数据不全或者无法利用的文献。

1.4 数据分析

本研究使用 Review Manager（version 5.3）进行 Meta 数据分析。首先对纳入文献的生长性能数据进行异质性检验，以  $I^2$  统计量为异质性大小，以  $P<0.05$  为异质性显著标准。由于本次分析发现各项指标均存在显著的异质性，故采用随机效应模型对连续型数据进行分析，计算效应量，使得结果更加接近无偏估计。效应量采用标准化均数差（standardized mean difference, SMD）表示，SMD 为两组（乳酸杆菌组和对照组）均数的差值除以两组标准差平均值的商。SMD 消除了不同试验直接结果差异过大的影响。然后根据不同试验所用样本量和标准差的大小，确定试验的权重，计算综合 SMD。通过漏斗图查看纳入文章的发表偏倚，并通过 STATA 12.0 进行 egger 检验。如存在发表偏倚则进行敏感性分析。敏感性分析的方法为：随机删除一篇纳入文献，重新计算综合 SMD，连续操作 10 次，观察综合 SMD 的变异系数。由于本次分析

各项指标均存在显著异质性，因此根据乳酸杆菌菌种进行亚组分析，探讨不同乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响效果。

2 结果

2.1 数据库描述

通过在数据库中对标题和关键词检索，共获得 300 篇相关文献，按照上述纳入与排除标准逐步筛选后，最终有 24 篇文献<sup>[9-10,12,14-17,21-37]</sup>纳入本次 Meta 分析，包括 25 项试验，8 702 个研究对象。平均每个试验 348 只肉鸡，每个处理 103 只肉鸡。其中在试验前期（1—21 日龄）测定生产性能指标的有 14 篇，试验后期（22—42 日龄）有 14 篇，试验全期（1—42 日龄）有 23 篇。83%的文献说明了肉鸡品种（其中 45%为 Arbor Acres，20%为 Ross，25%为 Cobb，10%为其他品种）。试验中肉公鸡占 46%，公母肉鸡混合占 21%，未标明性别占 33%。添加的乳酸杆菌菌种有植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌、约氏乳杆菌、唾液乳杆菌、芽孢乳杆菌、发酵乳杆菌、罗伊氏乳杆菌和卷曲乳杆菌。乳酸杆菌的饲喂方式通过饮水或日粮，添加剂量为  $10^5$ — $10^{10}$ cfu/g（mL）。所有试验均为玉米豆粕型日粮。

2.2 Meta 分析

由表 1 可见，饲粮中添加乳酸杆菌显著提高 1—42 日龄肉鸡的平均日增重（ $P<0.001$ ），SMD 为 1.53，

表 1 乳酸杆菌对肉鸡生长性能影响的 Meta 分析

Table 1 Meta-analysis of the effect of *Lactobacillus* on growth performance in broiler chickens

指标 Index	效应量 Effect size					异质性检验 Heterogeneity	
	n	SMD	95%CI	实际值变化范围 Range of increase	P 值 P value	$I^2$	P 值 P value
前期（1-21 日龄）Early stage (1-21 d)							
ADG	3614	1.05	0.69,1.42	1.69-3.15	$P<0.001$	98	$P<0.001$
ADFI	3482	-0.09	-0.47,0.28	-4.49-3.39	$P=0.630$	98	$P<0.001$
F/G	3614	-1.31	-1.86,-0.77	-0.26-0.02	$P<0.001$	99	$P<0.001$
后期（22-42 日龄）Late stage (22-42 d)							
ADG	3614	0.52	-0.08,1.12	-6.54-12.74	$P=0.090$	99	$P<0.001$
ADFI	3482	-0.32	-1.05,0.40	-14.96-12.83	$P=0.380$	99	$P<0.001$
F/G	3614	-0.94	-1.28,-0.59	-0.45-0.32	$P<0.001$	98	$P<0.001$
全期（1-42 日龄）Entire stage (1-42 d)							
ADG	4118	1.53	1.22,1.84	-0.74-8.58	$P<0.001$	97	$P<0.001$
ADFI	5706	-0.16	-0.16,0.28	-8.21-6.88	$P=0.470$	99	$P<0.001$
F/G	5918	-1.43	-1.83,-1.03	-0.38-1.03	$P<0.001$	99	$P<0.001$

n: 肉鸡试验样本比较数, SMD: 标准化均差, CI: 置信区间, 效应量为随机效应模型  
n: Number of comparisons, SMD: Standardized mean difference, CI: Confidence interval, Effect sizes were estimated from a random effects model

95% 置信区间 (CI) 为 1.22—1.84; 显著降低料重比 ( $P<0.001$ ), SMD 为 -1.50, 95% CI 为 -1.92—-1.08; 对采食量无显著影响 ( $P=0.470$ )。分别分析肉鸡前期 (1—21 日龄) 和后期 (22—42 日龄) 的生长数据发现, 乳酸杆菌显著提高肉鸡前期日增重 (SMD=1.05,  $P<0.001$ ), 有提高后期日增重的趋势 (SMD=0.52,  $P=0.090$ ); 显著降低前期料重比 (SMD=-1.31,  $P<0.001$ ) 和后期料重比 (SMD=-0.94,  $P<0.001$ )。从 SMD 的数值上可以看出, 乳酸杆菌对肉鸡前期的促生长效果优于后期。

异质性检验表明, 不同阶段生长性能指标均存在显著的异质性 ( $P<0.001$ ),  $I^2$  值在 97—99。因此本次分析采用了随机效应模型进行计算综合 SMD, 同时需要针对可能导致异质性的关键因素进行分组, 进一步进行亚组分析。

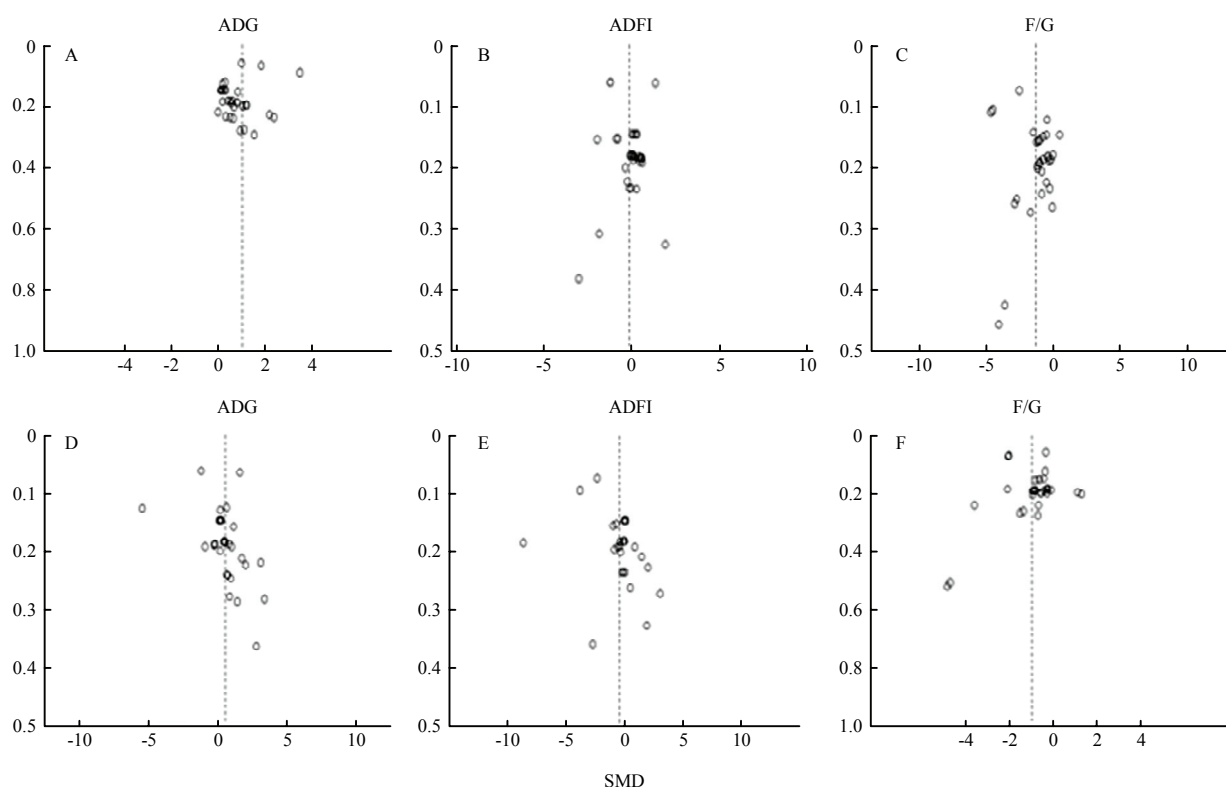
### 2.3 敏感性分析

运用 Review Manager5.3, 对纳入文献的效应指标进行偏倚性分析。从漏斗图 (图 1) 可以看出, 散点基本位于中线两侧, 但不完全对称, 个别散点明显偏

离竖线, 表明本次纳入文献存在部分发表偏倚; egger 分析结果显示, 前期 F/G ( $P=0.012$ ) 和后期 ADFI ( $P=0.006$ ) 偏倚性达到显著水平, 其他指标并未达到显著水平 ( $P>0.05$ ), 因此对这两个指标 meta 分析结果的解读需要谨慎。敏感性分析表明 (表 2), 随机删除一篇文献后, 不同阶段 ADG 和 F/G 的 SMD 与原结果差异不大, 连续操作 10 次总变异系数在 3.89%—7.13%, 表明本次 Meta 分析的 ADG 和 F/G 结果具有很好的稳定性, 排除个别文献后不会对 Meta 分析的结果造成明显影响。而随机删除一篇文献后, 不同阶段 ADFI 的 SMD 结果变异很大, 10 次总变异系数在 13.38%—18.94%, 表明不同文献研究结果差异非常大, 删除一篇将影响到最终结果, 这也可能是 Meta 分析后无法得到显著结果的原因。

### 2.4 亚组分析

根据乳酸杆菌菌种进行亚组分析后, 结果的异质性有一定程度的降低 (表 3)。这表明菌种差异是引起异质性的重要来源, 但亚组分析后异质性仍然显著, 表明即使使用相同的菌种, 乳酸杆菌的添加剂量、



A—C: 肉鸡前期; D—F: 肉鸡后期 A-C: Broilers in the early stage; D-F: Broilers in the late stage

图 1 纳入文献偏倚性分析漏斗图

Fig. 1 Inclusion of literature bias analysis Funnel plot

表 2 Meta 分析结果的敏感性分析

Table 2 Sensitivity analysis on the results of meta-analysis

指标	前期（1-21 日龄） Early stage (1-21 d)			后期（22-42 日龄） Late stage (22-42 d)			全期（1-42 日龄） Entire stage (1-42 d)		
Index	ADG	ADFI	F/G	ADG	ADFI	F/G	ADG	ADFI	F/G
SMD 范围	1.02-1.11	-0.16~-0.09	-1.44~-1.15	0.47-0.60	-0.41~-0.27	-1.1~-0.91	1.42-1.64	-0.19~-0.11	-1.55~-1.26
The range of SMD									
变异系数	4.04%	18.94%	6.08%	7.13%	13.75%	5.24%	3.89%	13.38%	5.93%
Variation coefficient									

表 3 不同乳酸杆菌对肉鸡全期生长性能影响的亚组分析

Table 3 Subgroup analyses for the effects of different *Lactobacillus* species on the growth performance in broiler chickens

全期（1-42 日龄） Entire stage (1-42 d)		效应量 Effect size				亚组分析异质性 Subgroup analysis for heterogeneity		
		n	SMD	95%CI	P 值 P value	I <sup>2</sup>	P 值 P value	总 I <sup>2</sup> Total I <sup>2</sup>
ADG	植物乳杆菌 <i>L. plantarum</i>	1550	1.98	1.46,2.50	<i>P</i> <0.001	97	<i>P</i> <0.001	87.4
	嗜酸乳杆菌 <i>L. acidophilus</i>	1124	1.58	0.72,2.44	<i>P</i> <0.001	98	<i>P</i> <0.001	
	干酪乳杆菌 <i>L. casei</i>	364	0.51	0.19,0.83	<i>P</i> =0.002	79	<i>P</i> <0.001	
	约氏乳杆菌 <i>L. johnsonii</i>	440	1.15	0.42,1.87	<i>P</i> =0.002	96	<i>P</i> <0.001	
ADFI	植物乳杆菌 <i>L. plantarum</i>	1550	0.29	-0.30,0.89	<i>P</i> =0.330	98	<i>P</i> <0.001	93.7
	嗜酸乳杆菌 <i>L. acidophilus</i>	992	-0.41	-0.74,-0.09	<i>P</i> =0.010	89	<i>P</i> <0.001	
	干酪乳杆菌 <i>L. casei</i>	364	0.02	-0.13,0.17	<i>P</i> =0.780	1	<i>P</i> =0.400	
	约氏乳杆菌 <i>L. johnsonii</i>	440	0.72	-0.23,1.67	<i>P</i> =0.140	98	<i>P</i> <0.001	
F/G	植物乳杆菌 <i>L. plantarum</i>	1550	-1.66	-2.14,-1.17	<i>P</i> <0.001	97	<i>P</i> <0.001	93.9
	嗜酸乳杆菌 <i>L. acidophilus</i>	1124	-0.67	-1.23,-0.10	<i>P</i> =0.020	97	<i>P</i> <0.001	
	干酪乳杆菌 <i>L. casei</i>	364	-0.68	-0.95, -0.42	<i>P</i> <0.001	68	<i>P</i> =0.010	
	约氏乳杆菌 <i>L. johnsonii</i>	440	-0.16	-0.29,-0.02	<i>P</i> =0.020	0	<i>P</i> =0.650	

n: 肉鸡试验样本数, SMD: 标准化均差, CI: 置信区间。效应量为随机效应模型  
n: Number of comparisons, SMD: Standardized mean difference, CI: Confidence interval. Effect sizes were estimated from a random effects model

饲养方式以及肉鸡品种、环境条件等方面不同仍可能导致试验结果的差异。由表 3 可知，植物乳杆菌显著提高肉鸡全期日增重（SMD=1.98，*P*<0.001），显著降低料重比（SMD=-1.66，*P*<0.001）；嗜酸乳杆菌显著提高肉鸡日增重（SMD=1.58，*P*<0.001），显著降低采食量（SMD=-0.41，*P*=0.010）和料重比（SMD=-0.67，*P*=0.020）；干酪乳杆菌显著提高全期肉鸡日增重（SMD=0.51，*P*=0.002），降低料重比（SMD=-0.68，*P*<0.001）；约氏乳杆菌显著提高肉鸡日增重（SMD=1.15，*P*=0.002），显著降低料重比（SMD=-0.16，*P*=0.020）。从 SMD 的数值上可以看出，植物乳杆菌和嗜酸乳杆菌的促生长效果优于干酪乳杆菌；植物乳杆菌改善饲料转化率的效果优于其他三种乳杆菌。综合而言，植物乳杆菌促进肉鸡生长性能的效果最优。

3 讨论

近年来大量文献报道了乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响，但结果存在很大差异。采用传统的基于定性的文献综述很难总结出乳酸杆菌对肉鸡生长性能的影响。本文采用 Meta 分析，根据不同研究使用的样本数量、指标测定的标准差，确定不同研究结果的权重值，汇总多个相互独立的研究结果。结果发现乳酸杆菌可以显著提高肉鸡不同阶段的日增重和饲料转化效率。敏感性分析表明，乳酸杆菌提高肉鸡不同阶段日增重和饲料转化效率的结果较为稳定，并非受少数研究结果的影响，但关于采食量的分析结果敏感性较差，主要由于不同文献关于肉鸡采食量的结果差异较大，删除任意一篇文献将影响到最终分析结果，这可能是 Meta 分析无法得出显著结果的原因。导致研究结果差

异较大的主要原因可能有 3 个: 所用菌种不同、添加剂量不同, 肉鸡的阶段不同。但是亚组分析发现, 即使是同一菌种, 对于采食量的影响仍无法得出显著的一致结果, 同样针对肉鸡前期和后期分别进行 meta 分析, 也未得出显著的一致结果, 我们又将所纳入文献中的添加剂量与采食量进行了相关分析, 也未发现添加剂量和采食量存在显著的相关关系。推测乳酸杆菌对于肉鸡采食量的影响可能存在较强的特异性, 特定的菌种、特定的剂量、特定的使用阶段将产生特定的效果。因而无法得出相对一致 meta 分析结果。虽然敏感性分析表明, 乳酸杆菌提高肉鸡日增重和饲料转化效率的结果较为稳定, 但同样存在显著的异质性, 针对不同菌种进行亚组分析后, 异质性明显降低, 但仍然达到显著。这可能是由于不同试验即使选用同一菌种, 但是使用的菌株不同, 或者饲喂剂量、饲喂方式以及环境条件、肉鸡品种等存在差异造成的。

乳酸杆菌具有较强的产酸能力, 通过降低肠道 pH 值, 维持肠道菌群的稳态, 同时可以分泌细菌素, 以及通过占位竞争等方式减少肠道有害菌的数量, 维持肠道健康, 保证肠道正常的消化吸收功能, 这是乳酸杆菌发挥益生效果的关键因素<sup>[38-41]</sup>。另外乳酸杆菌可以产生多种酶<sup>[42]</sup>, 促进碳水化合物和蛋白质的降解, 其发酵产生的挥发性脂肪酸, 也可被肠道直接利用, 这也是乳酸杆菌促进肉鸡生产性能的因素之一。本文分析表明, 乳酸杆菌对肉鸡前期的促生长效果优于后期。在肉鸡生长前期, 肠道优势菌群处于逐步建立的过程, 容易受到外界因素的干扰, 导致肠道菌群失衡, 影响肉鸡的生长和健康, 此时添加乳酸杆菌有利于维持肉鸡肠道的菌群平衡, 因此对于肉鸡生长前期作用效果更为显著。本文亚组分析表明, 植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌和约氏乳杆菌均能显著的促进肉鸡生长性能的效果, 综合而言, 植物乳杆菌的促进作用最优。植物乳杆菌具有较强的产酸和体外抑菌作用<sup>[43-44]</sup>, 同时是一种典型的兼性厌氧菌, 且具有良好的耐酸、耐胆盐和粘附肠上皮细胞的特性<sup>[45]</sup>, 这可能是其改善肉鸡生长性能的关键原因。目前有关植物乳杆菌的应用研究最多, 表明其受到广泛的关注。今后需要进一步研究植物乳杆菌菌种内不同亚种或不同菌株的促生长效果, 以期筛选出更加有效的益生菌株。

## 4 结论

Meta 分析结果显示乳酸杆菌能显著提高肉鸡不同阶段日增重和饲料转化效率。从 SMD 的数值上可

以看出, 乳酸杆菌对肉鸡前期的促生长效果优于后期; 亚组分析表明, 植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、干酪乳杆菌和约氏乳杆菌均可显著的促进肉鸡生长性能的效果, 综合而言, 植物乳杆菌的促进作用最优。

## References

- [1] LEE K W, HONG Y H, LEE S H, JANG S I, PARK M S, BAUTISTA D A, RITTER G D, JEOUNGH Y, AN D J, LILLEHOJ E P, LILLEHOJ H S. Effects of anticoccidial and antibiotic growth promoter programs on broiler performance and immune status. *Research in Veterinary Science*, 2012, 93(2): 721-728.
- [2] CHATTOPADHYAY M K. Use of antibiotics as feed additives: A burning question. *Frontiers in Microbiology*, 2014, 5: 334.
- [3] ECKERT N H, LEE J T, HYATT D, STEVENS S M, ANDERSON S, ANDERSON P N, BELTRAN R, SCHATZMAYR G, MOHNL M, CALDWELL D J. Influence of probiotic administration by feed or water on growth parameters of broilers reared on medicated and nonmedicated diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 2010, 19(1): 59-67.
- [4] FORGETTA V, REMPEL H, MALOUIN F, VAILLANCOURT J R, TOPP E, DEWAR K, DIARRA M S. Pathogenic and multidrug-resistant *Escherichia fergusonii* from broiler chicken. *Poultry Science*, 2012, 91(2): 512-525.
- [5] CARVALHO I T, SANTOS L. Antibiotics in the aquatic environments: A review of the European scenario. *Environment International*, 2016, 94: 736-757.
- [6] RONQUILLO M G, HERNANDEZ J C A. Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: review of impact and analytical methods. *Food Control*, 2017, 72: 255-267.
- [7] ZORRIEHZAHRA M J, DELSHAD S T, ADEL M, TIWARI R, KARTHIK K, DHAMA K, LAZADO C C. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: An update on their multiple modes of action: A review. *Veterinary Quarterly*, 2016, 36(4): 228-241.
- [8] GAO P, MA C, SUN Z, WANG L, HUANG S, SU X, XU J, ZHANG H. Feed-additive probiotics accelerate yet antibiotics delay intestinal microbiota maturation in broiler chicken. *Microbiome*, 2017, 5(1): 91.
- [9] WANG H, NI X, QING X, ZENG D, LUO M, LIU L, LI G, PAN K, JING B. Live probiotic *Lactobacillus johnsonii* BS15 promotes growth performance and lowers fat deposition by improving lipid metabolism, intestinal development, and gut microflora in broilers. *Frontiers in Microbiology*, 2017, 8: 1073.
- [10] FORTE C, MANUALI E, ABBATE Y, PAPA P, VIECELI L, TENTELLINI M, TRABALZA-MARINUCCI M, MOSCATI L.

- Dietary *Lactobacillus acidophilus* positively influences growth performance, gut morphology, and gut microbiology in rurally reared chickens. *Poultry Science*, 2017, 97(3): 930-936.
- [11] APATA D F. Growth performance, nutrient digestibility and immune response of broiler chicks fed diets supplemented with a culture of *Lactobacillus bulgaricus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88(7): 1253-1258.
- [12] PANDA A K, RAO S V R, RAJU M V L N, SHARMA S R. Dietary supplementation of *Lactobacillus sporogenes* on performance and serum biochemical-lipid profile of broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 2006, 43(3): 235-240.
- [13] AWAD W A, GHAREEB K, ABDEL-RAHEEM S, BÖHM J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 2009, 88(1): 49-56.
- [14] YU B, LIU J R, CHIOU M Y, HSU Y R, CHIOU P W S. The effects of probiotic *Lactobacillus reuteri* Pg4 strain on intestinal characteristics and performance in broilers. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2007, 20(8): 1243-1251.
- [15] HAN J, WANG Y, SONG D, LU Z, DONG Z, MIAO H, WANG W, HE J, LI A. Effects of *Clostridium butyricum* and *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune function and volatile fatty acid level of caecal digesta in broilers. *Food and Agricultural Immunology*, 2018, 29(1): 798-807.
- [16] LIU L, NI X, ZENG D, WANG H, JING B, YIN Z, PAN K. Effect of a dietary probiotic, *Lactobacillus johnsonii* BS15, on growth performance, quality traits, antioxidant ability, and nutritional and flavour substances of chicken meat. *Animal Production Science*, 2017, 57(5): 920-926.
- [17] 李阳, 常文环, 张姝, 郑爱娟, 刘国华, 蔡辉益, 刘伟. 饲粮添加壳寡糖和干酪乳杆菌对肉鸡生长性能、肌肉品质及抗氧化性能的影响. *动物营养学报*, 2016, 28(5): 1450-1461.
- LI Y, CHANG W H, ZHANG S, ZHENG A J, LIU G H, CAI H Y, LIU W. Effects of dietary chitosan oligosaccharide and *Lactobacillus casei* on growth performance, meat quality and antioxidant function of broilers. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(5): 1450-1461. (in Chinese)
- [18] ZOU X, XIAO R, LI H, LIU T, LIAO Y, WANG Y, WU S, LI Z. Effect of a novel strain of *Lactobacillus brevis* M8 and tea polyphenol diets on performance, meat quality and intestinal microbiota in broilers. *Italian Journal of Animal Science*, 2018, 17(2): 396-407.
- [19] LI Z, WANG W, LIU D, GUO Y. Effects of *Lactobacillus acidophilus* on the growth performance and intestinal health of broilers challenged with *Clostridium perfringens*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2018, 9(1): 25.
- [20] SAUVANT D, SCHMIDELY P, DAUDIN J J, ST-PIERRE N R. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal*, 2008, 2(8): 1203-1214.
- [21] HUANG M K, CHOI Y J, HOUE R, LEE J W, LEE B, ZHAO X. Effects of *Lactobacilli* and an acidophilic fungus on the production performance and immune responses in broiler chickens. *Poultry Science*, 2004, 83(5): 788-795.
- [22] SALARMOINI M, FOOLADI M H. Efficacy of *Lactobacillus acidophilus* as probiotic to improve broiler chicks performance. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2010, 13: 165-172.
- [23] THANH N T, LOH T C, FOO H L, HAIR-BEJO M, AZHAR B K. Effects of feeding metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, faecal microbial population, small intestine villus height and faecal volatile fatty acids in broilers. *British Poultry Science*, 2009, 50(3): 298-306.
- [24] LOH T C, THANH N T, FOO H L, HAIR-BEJO M, AZHAR B K. Feeding of different levels of metabolite combinations produced by *Lactobacillus plantarum* on growth performance, fecal microflora, volatile fatty acids and villi height in broilers. *Animal Science Journal*, 2010, 81(2): 205-214.
- [25] PENG Q, ZENG X F, ZHU J L, WANG S, LIU X T, HOU C L, THACKER P A, QIAO S Y. Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* B1 on growth performance, intestinal microbiota, and short chain fatty acid profiles in broiler chickens. *Poultry Science*, 2016, 95(4): 893-900.
- [26] SHEN X, YI D, NI X, ZENG D, JING B, LEI M, BIAN Z, ZENG Y, LI T, XIN J. Effects of *Lactobacillus plantarum* on production performance, immune characteristics, antioxidant status, and intestinal microflora of bursin-immunized broilers. *Canadian Journal of Microbiology*, 2014, 60(4): 193-202.
- [27] TAHERI H R, MORAVEJ H, TABANDEH F, ZAGHARI M, SHIVAZAD M. Efficacy of combined or single use of *Lactobacillus crispatus* LT116 and *L.johnsonii* LT171 on broiler performance. *British Poultry Science*, 2010, 51(5): 580-585.
- [28] 刘磊, 朱立贤. 芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能、肠道发育和微生物菌群的影响. *动物营养学报*, 2011, 23(12): 2136-2142.
- LIU L, ZHU L X. Effects of *Sporolactobacillus* on performance, intestinal development and microflora of broilers. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(12): 2136-2142. (in Chinese)
- [29] 梁海威, 朱海洋, 张琳, 白明昧, 张建营, 秦贵信, 甄玉国. 植物乳杆菌对肉鸡生长性能和血清生化指标的影响. *中国畜牧兽医*, 2015,

- 42(3): 589-596.
- LIANG H W, ZHU H Y, ZHANG L, BAI M M, ZHANG J Y, QIN G X, ZHEN Y G. Effect of *Lactobacillus plantarum* on growth performance and serum biochemical indices of broilers. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2015, 42(3): 589-596.(in Chinese)
- [30] 林显华, 李春风, 王静, 王芳, 谷巍. 植物乳杆菌对肉鸡生长性能和蛋白质消化率的影响. 饲料广角, 2013(14): 28-30.
- LIN X H, LI C F, WANG J, WANG F, GU W. Effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance and protein digestibility of broilers. *Feed China*, 2013(14): 28-30.(in Chinese)
- [31] 赵巍, 孙喆, 王欣, 付丽, 梁海威, 甄玉国. 灭活植物乳杆菌培养物对肉仔鸡生长性能、盲肠菌群及血清生化指标的影响. 中国兽医学报, 2016, 36(8): 1440-1445.
- ZHAO W, SUN Z, WANG X, FU L, LIANG H W, ZHEN Y G. Effect of inactivated *Lactobacillus* cultures on growth performance, cecal microflora and serum biochemical indexes of broilers. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2016, 36(8): 1440-1445.(in Chinese)
- [32] 刘伟学, 武文斌. 干酪乳酸杆菌对肉鸡生长性能及消化功能的影响. 饲料与畜牧, 2011(12): 8-11.
- LIU W X, WU W B. Effects of *Lactobacillus casei* on growth performance and digestive function of broilers. *Feed and Husbandry*, 2011(12): 8-11.(in Chinese)
- [33] 付果花. 发酵乳杆菌-*Lactobacillus fermentum* F-6 对肉鸡生长性能及消化功能的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- FU G H. Effects of *Lactobacillus fermentum* f-6 on growth performance and digestive function of broiler chickens[D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2010.(in Chinese)
- [34] SHOKRYAZDAN P, FASELEH J M, LIANG J B, RAMASAMY K, SIEO C C, HO Y W. Effects of a *Lactobacillus salivarius* mixture on performance, intestinal health and serum lipids of broiler chickens. *PLoS One*, 2017, 12(5): e0175959.
- [35] DE C A, SIRRI F, MANFREDA G, MONIACI P, GIARDINI A, ZAMPIGA M, MELUZZI A. Effect of dietary supplementation with *Lactobacillus acidophilus* D2/CSL (CECT 4529) on caecum microbioma and productive performance in broiler chickens. *PLoS ONE*, 2017, 12(5): e0176309.
- [36] VANTSAWA P A, UMAR T, BULUS T. Effects of probiotic *Lactobacillus acidophilus* on performance of broiler chickens. *Research Journal*, 2017, 5(8): 302-306.
- [37] 刘乃芝, 陈静, 崔诗法, 闫福海, 谷巍. 添加不同水平的植物乳杆菌对肉鸡生产性能和免疫机能的影响. 江西农业学报, 2012, 24(6): 108-111.
- LIU N Z, CHEN J, CUI S F, YAN F H, GU W. Effects of supplementing different levels of *Lactobacillus plantarum* on growth performance and immunity of Broilers. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2012, 24(6): 108-111.(in Chinese)
- [38] AIBA Y, SUZUKI N, KABIR A M, TAKAGI A, KOGA Y. Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a gnotobiotic murine model. *American Journal of Gastroenterology*, 1998, 93(11): 2097-2101.
- [39] DERAZ S F, KARLSSON E N, HEDSTRÖM M, ANDERSSON M M, MATTIASSON B. Purification and characterisation of acidocin D20079, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* DSM 20079. *Journal of Biotechnology*, 2005, 117(4): 343-354.
- [40] AO X, ZHANG X, SHI L, ZHAO K, YU J, DONG L, CAO Y, CAI Y. Identification of lactic acid bacteria in traditional fermented yak milk and evaluation of their application in fermented milk products. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(3): 1073-1084.
- [41] HUSSEIN A R, KHALAF Z Z, SAMIR Z, SAMIR R. Antibacterial activity of crud Bacteriocin-like substance against food borne bacterial pathogens. *Iraqi Journal of Science*, 2018, 59(1A): 16-24.
- [42] 赵红霞, 詹勇, 许梓荣. 乳酸菌的研究及其应用. 江西饲料, 2003, 1: 9-12.
- ZHAO H X, ZHAN Y, XU Z R. Research and application of *Lactobacillus*. *Jiangxi Feed*, 2003, 1: 9-12.(in Chinese)
- [43] WILSON S, NORTON P, HAVERSON K, LEIGH J, BAILEY M. Development of the palatine tonsil in conventional and germ-free piglets. *Developmental & Comparative Immunology*, 2005, 29(11): 977-987.
- [44] VON MOLLENDORFF J W, TODOROV S D, DICKS L M T. Comparison of bacteriocins produced by lactic-acid bacteria isolated from boza, a cereal-based fermented beverage from the Balkan Peninsula. *Current Microbiology*, 2006, 53(3): 209-216.
- [45] BUJALANCE C, MORENO E, JIMENEZ-VALERA M, RUIZ-BRAVO A. A probiotic strain of *Lactobacillus plantarum* stimulates lymphocyte responses in immunologically intact and immunocompromised mice. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 113(1): 28-34.

(责任编辑 林鉴非)