

# 脱酚棉籽蛋白质型饲料中亮氨酸对蛋鸡生产性能和蛋清品质的影响

车彦卓<sup>1,2</sup> 尹小凤<sup>3</sup> 王晓翠<sup>2</sup> 王晶<sup>2</sup> 张海军<sup>2</sup> 齐广海<sup>2</sup> 史兆国<sup>1\*</sup> 武书庚<sup>2\*</sup>

(1.甘肃农业大学动物科学技术学院,兰州 730070;2.中国农业科学院饲料研究所,农业部饲料生物技术重点开放实验室,生物饲料开发国家工程研究中心,北京 100081;3.北京农学院动物科学技术学院,北京 100081)

**摘要:** 本试验旨在评价脱酚棉籽蛋白质型饲料中亮氨酸(Leu)对产蛋高峰期蛋鸡生产性能、蛋清品质和血清生化指标的影响。采用单因子完全随机试验设计,选用产蛋率和体重相近、28周龄的健康海兰褐产蛋高峰期蛋鸡 288 只,随机分为 4 个组,每组 6 个重复,每个重复 12 只鸡。等能(11.11 MJ/kg)、等氮(16.5%粗蛋白质)、标准回肠可消化氨基酸(SID AA)模式条件下,对照组(SBM 组)饲喂豆粕型饲料,试验组分别饲喂脱酚棉籽蛋白质型饲料(LCSM 组)、脱酚棉籽蛋白质型饲料+Leu(LCSM+Leu 组)和脱酚棉籽蛋白质型饲料+2 倍 Leu(LCSM+2Leu 组)。预试期 1 周,正试期 12 周。结果表明:1) 整个试验期,与 SBM 组相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组蛋鸡的产蛋率、平均蛋重、平均日产蛋量和料蛋比均无显著差异( $P>0.05$ ),1~12 周时的平均日采食量显著降低( $P<0.05$ )。2) 整个试验期,各组的哈氏单位、浓蛋白重、蛋清比例和浓蛋白/蛋白无显著差异( $P>0.05$ )。第 12 周时,与 SBM 相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组的蛋清重、浓蛋白的干物质重和粗蛋白质含量均显著降低( $P<0.05$ )。3) 整个试验期,各组蛋鸡的血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性及白蛋白(ALB)、尿酸(UA)含量无显著差异( $P>0.05$ )。第 12 周时,与 SBM 组相比,LCSM+2Leu 组的血清总蛋白(TP)含量显著降低( $P<0.05$ );LCSM 和 LCSM+2Leu 组的血清球蛋白(GLB)含量显著降低( $P<0.05$ )。由此可见,Leu 不能改善由脱酚棉籽蛋白质作为产蛋高峰期蛋鸡饲料的唯一蛋白质来源导致的鸡蛋蛋清品质下降。

**关键词:** 亮氨酸;脱酚棉籽蛋白质;生产性能;蛋清品质

中图分类号:S831

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)01-0189-10

鸡蛋蛋清是由蛋鸡输卵管膨大部上皮分泌的一种含蛋白质的胶体,氨基酸组成与人体接近,是优质动物源蛋白质,蛋清品质是鸡蛋新鲜度的重要指示指标。饲料粗蛋白质(CP)来源和含量、产蛋鸡年龄、储存时间、温度等均影响禽蛋蛋清品质,通过饲料营养调控禽蛋蛋清品质对蛋鸡产业发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。亮氨酸(Leu)、异亮氨酸

(Ile)和缬氨酸(Val)同为支链氨基酸,系必需氨基酸,是组成机体蛋白质转录和翻译起始的重要调节因子<sup>[2]</sup>,通过激活哺乳动物体内的雷帕霉素靶蛋白信号通路(mTOR)调节核糖体蛋白 S6 激酶 1(S6K1)、4E 结合蛋白 1(4E-BP1)和真核翻译起始因子 4E(eIF4E)的磷酸化来调节机体的蛋白质运转<sup>[3]</sup>。目前关于 Leu 的研究多集中于骨骼肌

收稿日期:2019-07-12

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0501302);家禽产业技术体系北京市创新团队项目(BAIC04-2018);现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-40-K12);中国农业科学院农业科技创新工程;天津市科技计划项目——新型生物发酵饲料产品核心技术的研发[17PTYJNC00010];人才培养质量建设——高水平人才交叉培养实培计划(市级)(PXM2019-014207-000035)

作者简介:车彦卓(1995—),女,甘肃白银人,硕士研究生,从事蛋鸡营养研究。E-mail: 18894311096@163.com

\* 通信作者:史兆国,教授,硕士生导师,E-mail: shizhaoguo@gsau.edu.cn;武书庚,研究员,博士生导师,E-mail: wushugeng@caas.cn

蛋白质合成<sup>[4-5]</sup>和肠道健康<sup>[6]</sup>,在蛋鸡蛋清品质方面的研究较少。本课题组前期研究表明,以脱酚棉籽蛋白质作为产蛋高峰期蛋鸡饲料的唯一蛋白质源,用7种晶体氨基酸平衡标准回肠可消化氨基酸(SID AA)模式,使其与豆粕型饲料一致,结果发现脱酚棉籽蛋白质组的蛋清品质仍然下降;脱酚棉籽蛋白质型饲料的Leu含量较低,致其SID Leu/SID 赖氨酸(Lys)低于豆粕型饲料较多<sup>[7]</sup>;饲料Leu不足不利于机体蛋白质的合成<sup>[8]</sup>,怀疑其影响因素是Leu<sup>[9]</sup>。本研究以豆粕型饲料为对照,研究脱酚棉籽蛋白质型饲料中平衡其他7种氨基酸后,继续平衡SID Leu与豆粕型饲料相同及高于豆粕型饲料后蛋鸡生产性能和蛋清品质的变化,以期对蛋清品质精准调控、脱酚棉籽蛋白质的使用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验用豆粕的CP含量为47.62%;脱酚棉籽蛋白质的CP含量为49.94%,游离棉酚含量为

150.54 mg/kg;晶体氨基酸购自石家庄石兴氨基酸公司。

### 1.2 试验设计与试验饲料

采用单因子完全随机试验设计,选用产蛋率和体重相近、28周龄的健康海兰褐产蛋高峰期蛋鸡288只,随机分为4个组,每组6个重复,每个重复12只鸡。参照《鸡饲养标准》(NY/T 33—2004)<sup>[10]</sup>和理想氨基酸模式<sup>[11]</sup>,结合《海兰褐产蛋鸡饲养手册》配制饲料。各组饲料等能(11.11 MJ/kg)、等氮(CP 16.5%),对照组(SBM组)饲喂豆粕型饲料,试验组分别饲喂脱酚棉籽蛋白质型饲料(LCSM组)、脱酚棉籽蛋白质型饲料+Leu(LCSM+Leu组)和脱酚棉籽蛋白质型饲料+2倍Leu(LCSM+2Leu组),试验饲料组成及营养水平见表1。以湿化学方法测得饲料总氨基酸,经SID AA数据库(Evonik Degussa GmbH公司,北京实验室技术支持)比对,计算各原料的SID AA含量。测得饲料总氨基酸含量,复测合格后开始试验,预试期1周,正试期12周。

表1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Items	组别 Groups			
	豆粕 SBM	脱酚棉籽蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2倍亮氨酸 LCSM+2Leu
原料 Ingredients				
玉米 Corn	65.140	68.000	68.670	68.440
豆粕 Soybean meal	22.070			
脱酚棉籽蛋白质 Low gossypol cottonseed meal		19.000	18.200	17.990
豆油 Soybean oil		0.665	0.615	0.760
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.096	0.407	0.415	0.419
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.172	0.200	0.203	0.204
L-色氨酸 L-Trp	0.012	0.045	0.048	0.049
L-苏氨酸 L-Thr	0.056	0.193	0.199	0.202
L-异亮氨酸 L-Ile	0.043	0.262	0.268	0.271
L-缬氨酸 L-Val	0.033	0.168	0.177	0.182
L-亮氨酸 L-Leu			0.310	0.617
L-半胱氨酸 L-Cys	0.123	0.110	0.113	0.115
沸石粉 Zeolite	1.830	0.496	0.313	0.036
石粉 Limestone	8.230	8.327	8.322	8.565
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.575	1.507	1.527	1.530
食盐 NaCl	0.300	0.300	0.300	0.300
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.320	0.320	0.320	0.320

续表 1

项目 Items	组别 Groups			
	豆粕 SBM	脱酚棉籽蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2 倍亮氨酸 LCSM+2Leu
合计 Total	100.000	100.000	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>				
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.110	11.110	11.110	11.110
粗蛋白质 CP	16.500(16.510)	16.500(16.590)	16.500(16.700)	16.500(16.520)
钙 Ca	3.500	3.500	3.500	3.500
总磷 TP	0.600	0.600	0.600	0.600
有效磷 AP	0.380	0.380	0.380	0.380
标准回肠可消化蛋氨酸 SID Met	0.407(0.480)	0.407(0.540)	0.407(0.500)	0.407(0.480)
标准回肠可消化蛋氨酸+半胱氨酸 SID Met+Cys	0.741(0.870)	0.741(0.890)	0.741(0.890)	0.741(0.840)
标准回肠可消化赖氨酸 SID Lys	0.813(0.860)	0.813(0.770)	0.813(0.860)	0.813(0.820)
标准回肠可消化苏氨酸 SID Thr	0.570(0.670)	0.570(0.810)	0.570(0.750)	0.570(0.710)
标准回肠可消化色氨酸 SID Trp	0.171(0.200)	0.171(0.230)	0.171(0.210)	0.171(0.220)
标准回肠可消化精氨酸 SID Arg	1.014(1.020)	1.234(1.530)	1.234(1.530)	1.234(1.440)
标准回肠可消化异亮氨酸 SID Ile	0.651(0.680)	0.651(0.580)	0.651(0.500)	0.651(0.520)
标准回肠可消化缬氨酸 SID Val	0.716(0.780)	0.716(0.900)	0.716(0.900)	0.716(0.870)
标准回肠可消化亮氨酸 SID Leu	1.323(1.380)	1.022(1.060)	1.323(1.280)	1.624(1.420)
标准回肠可消化氨基酸比 SID AA ratio <sup>3)</sup>				
赖氨酸:赖氨酸 Lys:Lys	100	100	100	100
蛋氨酸:赖氨酸 Met:Lys	50	50	50	50
异亮氨酸:赖氨酸 Ile:Lys	80	80	80	80
苏氨酸:赖氨酸 Thr:Lys	70	70	70	70
色氨酸:赖氨酸 Trp:Lys	21	21	21	21
缬氨酸:赖氨酸 Val:Lys	88	88	88	88
精氨酸:赖氨酸 Arg:Lys	125	152	152	152

续表 1

项目 Items	组别 Groups			
	豆粕 SBM	脱酚棉籽蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2 倍亮氨酸 LCSM+2Leu
亮氨酸:赖氨酸 Leu:Lys	161	123	161	207

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 125 00 IU, VD<sub>3</sub> 4 125 IU, VE 15 IU, VK 2 mg, 硫胺素 thiamin 1 mg, 核黄素 riboflavin 8.5 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 50 mg, 烟酸 niacin 32.5 mg, 吡哆醇 pyridoxine 8 mg, 生物素 biotin 2 mg, 叶酸 folic acid 5 mg, VB<sub>12</sub> 5 mg, 胆碱 choline 500 mg, Zn 66 mg, Mn 65 mg, I 11 mg, Fe 60 mg, Cu 8 mg, Se 0.3 mg。

2) 营养水平中除代谢能和有效磷外,均列出计算值和实测值(括号内)。Nutrient levels were showed both calculated values and measured values (in parentheses) except ME and AP.

3) 所有数据均为计算值。All the data were calculated values.

### 1.3 饲养管理

采用半开放式鸡舍 3 层立体笼养,将 4 个组的 24 个重复均匀分布于室内。自由采食和饮水,自然光照加人工补光,光照周期 16L:8D,人工光照强度 16 lx,室温(16±2)℃,相对湿度 50%~60%,自然通风结合纵向负压通风,每 2 周带鸡消毒 1 次,每天清粪 1 次,每 2 周结料 1 次。

### 1.4 样品采集

各组饲料多点取样 500 g,4℃保存,分析其营养组成。

### 1.5 测定指标与方法

#### 1.5.1 生产性能

以重复为单位,每天记录产蛋数(包括软壳蛋、破壳蛋、畸形蛋、超大和超小蛋)、日产蛋总重量、死亡鸡数,每 2 周结料 1 次,计算 1~4 周、5~8 周、9~12 周和 1~12 周的产蛋率、平均蛋重、平均日产蛋量(日产蛋总数/鸡只数)、平均日采食量和料蛋比。

#### 1.5.2 蛋清品质

于正试期第 4、8 和 12 周末,每重复采集接近平均蛋重的 5 枚蛋样,称重,采用 SONOVA 蛋品质自动分析仪(Egg Analyzer™, Orka Technology Ltd.)测定蛋白高度、哈氏单位;分离蛋清称重,计算蛋清占全蛋的比重;分离浓蛋白,置于一次性培养皿称重后搅拌均匀,超低温冷冻干燥机(LGJ-12 立式冷冻干燥机,郑州南北仪器设备有限公司)冻干,计算浓蛋白的干物质重,采用 KDY-9830 凯氏定氮仪测定浓蛋白的 CP 含量。

#### 1.5.3 血清生化指标

于正试期第 4、8 和 12 周末,每重复选取中间笼的 1 只蛋鸡翅静脉采血 3 mL,静置,自然析出血清时吸取血清于离心管中,3 000 r/min 离心 10 min,上清液分装于 1.5 mL Eppendorf 管中,-20℃保存。血清谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)活性及总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、肌酐(CRE)、尿酸(UA)含量采用半自动生化分析仪(卓越 300 型全自动生化分析仪,上海科华生物工程股份有限公司)测定,并计算血清球蛋白(GLB)含量。

### 1.6 统计分析

数据采用 SAS (Version 8e, Institute, 1999) 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用 Duncan 氏法进行多重比较,以  $P < 0.05$  为差异显著性标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可知,整个试验期,各组蛋鸡的产蛋率无显著差异( $P > 0.05$ );与 SBM 组相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组 9~12 周时的平均蛋重呈下降趋势( $P = 0.0507$ );整个试验期,各组的平均日产蛋量无显著差异( $P > 0.05$ );与 SBM 组相比,LCSM 和 LCSM+Leu 组 5~8 周时的平均日采食量显著降低( $P < 0.05$ ),LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组 1~12 周时的平均日采食量显著降低( $P < 0.05$ );整个试验期,各组的料蛋比无显著差异( $P > 0.05$ )。综上,以脱酚棉籽蛋白质作为饲料唯

一蛋白质来源会降低平均蛋重,且添加 Leu 使脱 型饲料也未见平均蛋重有所改善。  
 酚棉籽蛋白质型饲料中 Leu 含量等于或高于 SBM

表 2 亮氨酸对产蛋高峰期蛋鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of Leu on performance of laying hens in peak stage ( $n=12$ )

项目 Items	时间 Time/周	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		豆粕 SBM	脱酚棉籽 蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2 倍亮氨酸 LCSM+2Leu		
产蛋率 Egg production/%	1~4	90.33	89.04	90.38	90.82	0.77	0.880 5
	5~8	84.23	79.37	81.89	83.43	0.70	0.249 6
	9~12	83.80	79.56	81.22	82.94	0.94	0.685 7
平均蛋重 Average egg weight/g	1~12	86.35	82.94	86.08	85.98	0.56	0.281 4
	1~4	62.43	60.75	59.03	57.94	0.29	0.230 3
	5~8	61.15	60.09	58.96	59.92	0.30	0.080 0
平均日产蛋量 Average daily egg mass/(g/d)	9~12	61.73	60.60	59.93	60.28	0.25	0.050 7
	1~12	62.23	61.52	57.12	60.95	0.95	0.230 9
	1~4	55.18	56.95	52.53	53.63	0.41	0.800 6
平均日采食量 Average daily feed intake/(g/d)	5~8	51.50	47.69	48.28	49.99	0.62	0.112 7
	9~12	51.72	48.20	48.61	49.98	0.74	0.347 8
	1~12	52.86	50.18	50.45	51.53	0.46	0.140 6
料蛋比 Feed/egg	1~4	114.61	116.46	116.44	111.92	0.48	0.542 4
	5~8	114.37 <sup>a</sup>	111.11 <sup>b</sup>	111.92 <sup>b</sup>	112.44 <sup>ab</sup>	0.43	0.037 3
	9~12	117.71	117.21	116.54	116.30	0.44	0.694 1
料蛋比 Feed/egg	1~12	116.35 <sup>a</sup>	114.77 <sup>b</sup>	114.88 <sup>b</sup>	114.57 <sup>b</sup>	0.24	0.026 1
	1~4	2.08	2.04	2.16	2.09	0.02	0.895 4
	5~8	2.23	2.34	2.33	2.25	0.03	0.473 2
料蛋比 Feed/egg	9~12	2.28	2.44	2.41	2.33	0.03	0.321 3
	1~12	2.17	2.25	2.24	2.19	0.02	0.286 2

同行数据肩标不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ). The same as below.

## 2.2 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡蛋清品质的影响

由表 3 可知,各组第 4 周时的蛋清重无显著差异( $P>0.05$ );与 SBM 相比,LCSM 组第 8 周时的蛋清重显著降低 5.89% ( $P<0.05$ ),LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组第 12 周时的蛋清重分别显著降低 5.97%、5.61% 和 7.46% ( $P<0.05$ ),且 LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组间无显著差异( $P>0.05$ )。整个试验期,各组的哈氏单位无显著差异( $P>0.05$ )。各组第 4 和 8 周时的蛋白高度无显著差异( $P>0.05$ );与 SBM 组相比,LCSM 和 LCSM+Leu 组第 12 周时的蛋白高度分别显著降低 5.83% 和 5.71% ( $P<0.05$ )。整个试验期,各组的浓蛋白重无显著差异( $P>0.05$ )。与 SBM 组相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组第 12 周

时浓蛋白的干物质重分别显著降低 9.84%、9.51% 和 17.25% ( $P<0.05$ ),浓蛋白的 CP 含量分别显著降低 2.37%、2.87% 和 2.70% ( $P<0.05$ )。整个试验期,各组的蛋清比例和浓蛋白/蛋白无显著差异( $P>0.05$ )。综上,Leu 不能改善由脱酚棉籽蛋白质作为产蛋高峰期蛋鸡饲料的唯一蛋白质来源导致的鸡蛋蛋清品质下降现象。

## 2.3 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡血清生化指标的影响

由表 4 可知,整个试验期,各组蛋鸡的血清 ALT、AST 活性及 ALB、UA 含量无显著差异( $P>0.05$ )。与 SBM 组相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组第 4 周时的血清 TP 和 GLB 含量呈升高趋势( $P=0.087 0$ ; $P=0.096 4$ ),第 8 周时的血清 GLB 含量呈降低趋势( $P=0.050 6$ );LCSM+



Leu组第8周时的血清TP含量显著降低( $P < 0.05$ );LCSM+2Leu组第12周时的血清TP含量显著降低( $P < 0.05$ );LCSM和LCSM+2Leu组第

12周时的血清GLB含量显著降低( $P < 0.05$ ),第4周时的血清CRE含量显著升高( $P < 0.05$ )。

表3 亮氨酸对产蛋高峰期蛋鸡蛋清品质的影响

Table 3 Effects of Leu on albumen quality of laying hens in peak stage

项目 Items	时间 Time/周	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		豆粕 SBM	脱酚棉籽 蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2倍亮氨酸 LCSM+2Leu		
蛋清重 Albumen weight/g	4	37.00	37.03	35.61	36.49	0.32	0.370 0
	8	39.88 <sup>a</sup>	37.53 <sup>b</sup>	38.89 <sup>ab</sup>	38.80 <sup>ab</sup>	0.28	0.025 9
	12	41.54 <sup>a</sup>	39.06 <sup>b</sup>	39.21 <sup>b</sup>	38.44 <sup>b</sup>	0.38	0.011 3
哈氏单位 Haugh unit	4	88.66	88.49	87.30	89.56	0.37	0.190 8
	8	90.44	88.92	90.21	90.22	0.52	0.745 8
	12	93.10	91.16	91.21	92.22	0.34	0.131 8
蛋白高度 Albumen height/mm	4	7.84	7.84	7.71	8.05	0.07	0.411 5
	8	8.55	8.12	8.24	8.17	0.10	0.445 6
	12	8.92 <sup>a</sup>	8.40 <sup>b</sup>	8.41 <sup>b</sup>	8.55 <sup>ab</sup>	0.07	0.034 5
浓蛋白重 Thick albumen weight/g	4	27.69	26.55	25.95	25.42	0.36	0.142 3
	8	23.39	24.50	24.30	24.01	0.31	0.636 7
	12	24.19	23.21	23.09	21.49	0.49	0.293 0
浓蛋白的干物质重 Dry matter weight of thick albumen/g	4	3.33	3.06	2.99	3.10	0.05	0.122 4
	8	2.68	2.64	2.61	2.66	0.07	0.997 2
	12	2.84 <sup>a</sup>	2.59 <sup>b</sup>	2.57 <sup>b</sup>	2.35 <sup>b</sup>	0.05	0.005 7
浓蛋白的粗蛋白质含量 Crude protein content of thick albumen/%	4	84.18	84.18	82.75	85.27	0.50	0.374 3
	8	86.42	85.45	85.14	85.42	0.24	0.255 2
	12	85.93 <sup>a</sup>	83.94 <sup>b</sup>	83.46 <sup>b</sup>	83.61 <sup>b</sup>	0.30	0.005 1
蛋清比例 Albumen ratio/%	4	58.84	61.33	58.53	58.83	0.54	0.229 9
	8	63.32	62.23	62.34	63.01	0.18	0.090 7
	12	62.68	63.30	63.25	62.61	0.57	0.964 9
浓蛋白/蛋白 Thick albumen/albumen	4	75.75	72.16	72.26	69.88	1.04	0.264 1
	8	58.99	65.17	62.25	61.21	0.95	0.131 7
	12	58.80	59.57	59.08	55.94	1.67	0.654 8

表4 亮氨酸对产蛋高峰期蛋鸡蛋血清生化指标的影响

Table 4 Effects of Leu on serum biochemical parameters of laying hens in peak stage

项目 Items	时间 Time/周	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		豆粕 SBM	脱酚棉籽 蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2倍亮氨酸 LCSM+2Leu		
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	4	3.40	3.20	2.33	2.33	0.18	0.062 0
	8	2.50	2.00	2.00	2.83	0.25	0.420 4
	12	2.50	3.33	4.50	2.83	0.31	0.115 7

续表 4

项目 Items	时间 Time/周	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
		豆粕 SBM	脱酚棉籽 蛋白质 LCSM	脱酚棉籽蛋白质+ 亮氨酸 LCSM+Leu	脱酚棉籽蛋白质+ 2 倍亮氨酸 LCSM+2Leu		
谷草转氨酶 AST/(U/L)	4	131.00	144.80	151.83	162.75	4.55	0.092 9
	8	157.17	157.67	163.50	169.67	4.91	0.807 8
	12	185.33	180.67	184.83	176.33	5.43	0.949 3
总蛋白 TP/(g/L)	4	38.56	43.26	41.41	50.08	1.69	0.087 0
	8	54.30 <sup>a</sup>	47.88 <sup>ab</sup>	45.73 <sup>b</sup>	50.76 <sup>ab</sup>	1.18	0.048 8
	12	58.62 <sup>a</sup>	51.75 <sup>ab</sup>	53.64 <sup>ab</sup>	48.96 <sup>b</sup>	1.67	0.040 7
白蛋白 ALB/(g/L)	4	15.37	16.86	16.56	18.92	0.53	0.112 4
	8	20.66	19.30	19.12	20.66	0.29	0.095 5
	12	21.36	20.49	20.29	19.10	0.41	0.558 3
球蛋白 GLB/(g/L)	4	23.19	26.40	24.85	31.16	1.20	0.096 4
	8	33.64	28.58	26.61	30.10	0.95	0.050 6
	12	37.26 <sup>a</sup>	31.26 <sup>b</sup>	33.35 <sup>ab</sup>	29.30 <sup>b</sup>	0.95	0.010 8
肌酐 CRE/( $\mu$ mol/L)	4	6.40 <sup>b</sup>	10.50 <sup>a</sup>	6.40 <sup>b</sup>	11.83 <sup>a</sup>	0.76	0.006 5
	8	15.17	7.00	9.83	10.83	1.46	0.265 2
	12	11.50	7.83	10.67	6.00	1.04	0.221 6
尿酸 UA/( $\mu$ mol/L)	4	115.67	113.83	107.17	141.83	8.13	0.476 0
	8	163.00	152.83	138.33	158.83	12.12	0.911 0
	12	149.50	163.83	170.50	158.67	9.08	0.885 8

### 3 讨 论

#### 3.1 脱酚棉籽蛋白质型饲料中 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡生产性能的影响

本研究表明,相同代谢能、CP 水平且 Lys、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸、含硫氨基酸比例相同模式下,以脱酚棉籽蛋白质作为产蛋高峰期蛋鸡饲料的唯一蛋白质来源,除降低平均日采食量外,大体上并不影响其生产性能,且试验中未有鸡只死亡。饲料中用 100% 脱酚棉籽蛋白质替代豆粕,同样未见显著影响肉鸡的生产性能<sup>[12]</sup>。与 SBM 组相比, LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组 9~12 周时的平均蛋重呈下降趋势,1~12 周时的平均日采食量显著降低,表明脱酚棉籽蛋白质不能长期作为高产蛋鸡的唯一蛋白质来源<sup>[13]</sup>。LCSM+Leu 组的氨基酸组成与 SBM 组一致也未消除上述现象,说明改善蛋白质来源不同导致的平均日采食量和平均蛋重的下降,不仅仅依靠个别氨基酸的相互叠加,Leu 发挥作用需要与饲料释放氨基酸协同<sup>[14]</sup>;

也可能是 LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组额外补充的晶体氨基酸在消化吸收过程中的释放速率高于 SBM 组,故而使体内代谢池中 Leu 水平迅速增高,与其他支链氨基酸(BCAA)发生作用,使生产性能受到抑制<sup>[15]</sup>。本试验 LCSM+2Leu 组中 SID Leu 实测含量为 1.420%,推测还可能是因为 Leu 本身就已经过量添加导致 BCAA 间发生拮抗,从而导致采食量下降。研究表明,饲料中添加 0.67% Leu 显著降低肉鸡的胴体重<sup>[16]</sup>;低蛋白质饲料中过量添加 Leu 会增加机体对 Ile 和 Val 的需要量<sup>[17]</sup>;因为高剂量 Leu 刺激  $\alpha$ -酮异己酸支链脱氢酶活性,从而导致 Ile 和 Val 氧化,致其缺乏<sup>[18]</sup>;低蛋白质肉鸡饲料中 Leu 含量高于 1.19%,对 Val 具有拮抗作用,导致 21~42 日龄肉鸡的采食量显著降低<sup>[19]</sup>;这与本试验研究结果一致。研究发现,低蛋白质蛋鸡饲料中为保证氨基酸平衡,适宜的含 量分别为 1.01% Leu、0.40% Val 和 0.29% Ile<sup>[20]</sup>,故在蛋鸡饲料中应考虑同时平衡这 3 种 BCAA,有助于改善生产性能。

### 3.2 脱酚棉籽蛋白质型饲料中 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡蛋清品质的影响

蛋重的下降主要表现为蛋清重的下降<sup>[8]</sup>,本试验中,浓蛋白的干物质重和 CP 含量下降是蛋清重下降的主要原因,蛋清重的下降也是蛋白质合成下降的结果。与 SBM 组相比,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组的蛋清重、浓蛋白重及浓蛋白的 CP 含量均下降,即使脱酚棉籽蛋白质组中添加 Leu 使其 SID AA 含量与 SBM 组相同,也不能够改善蛋清品质变差的情况,说明在蛋鸡脱酚棉籽蛋白质型饲料中添加 Leu 不能促进蛋清蛋白质合成,原因可能是脱酚棉籽蛋白质和豆粕在蛋白质利用率或者蛋白质周转代谢存在差异。可在蛋鸡饲料中添加 0.09% 的角蛋白酶来提高蛋鸡对棉籽蛋白质的利用率<sup>[21]</sup>。也有研究认为蛋清品质的下降与饲料所含游离棉酚有关,本试验各组饲料中所含游离棉酚最大值为 28.24 mg/kg。何涛<sup>[7]</sup>研究认为,饲料中游离棉酚含量为 28.35 mg/kg 时不会导致产蛋鸡生产性能和蛋清品质的下降,故本试验中蛋清品质的下降并非饲料中 28.24 mg/kg 的游离棉酚引起的。此外,本试验中,脱酚棉籽蛋白质组中精氨酸含量远高于 SBM 组,而过量的精氨酸与赖氨酸存在拮抗,进而影响蛋清蛋白质沉积<sup>[22-23]</sup>;再者,LCSM、LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组中虽然平衡了多数氨基酸,但其丝氨酸含量远低于 SBM 组,而储存期鸡蛋蛋清品质下降、蛋清稀化主要与浓蛋白卵黏蛋白  $\beta$  亚基的降解有关<sup>[24]</sup>;作为鸡蛋蛋清卵黏蛋白  $\beta$  亚基的主要成分,丝氨酸对鸡蛋蛋清品质的影响值得关注。

### 3.3 脱酚棉籽蛋白质型饲料中 Leu 对产蛋高峰期蛋鸡蛋血清生化指标的影响

血液承担着运输养料和代谢废物的重要功能,血液生化指标直接反映机体的健康和代谢情况。AST 和 ALT 是心脏和肝脏中活性最高的 2 种转氨酶,且在机体氨基酸代谢中发挥重要作用。肝脏发生损伤,肝细胞不能保持其结构和功能的完整性,AST 和 ALT 活性会显著升高<sup>[25]</sup>。CRE 是肌酸的代谢产物,其含量也反映机体的代谢水平,当肾小球滤过功能异常时,血清 CRE 和 UA 含量显著升高<sup>[26]</sup>。本试验中,整个试验期,各组未见显著影响血清 AST、ALT 活性及 CRE 和 UA 含量,说明在脱酚棉籽蛋白质型饲料中添加 Leu 不会造成产蛋高峰期蛋鸡肝功能和肾功能的损伤,

产蛋鸡在试验全期处于健康状态。

血清 TP 包括 ALB 和 GLB,TP 反映机体蛋白质的代谢水平;ALB 由肝脏产生,维持血浆渗透压,其含量也反映肝脏合成功能;GLB 是一种免疫蛋白,可与相应的抗原特异性结合,其含量反映机体的免疫能力。本试验结果显示,LCSM 组第 12 周时的血清 GLB 含量显著低于 SBM 组,表明脱酚棉籽蛋白质型饲料对产蛋鸡的免疫功能具有不利影响,也进一步证实脱酚棉籽蛋白质不能长期作为产蛋鸡的唯一蛋白质来源进行饲喂,这与本课题组的前期结论<sup>[7,27]</sup>一致。LCSM+2Leu 组第 12 周时的血清 TP 含量显著低于 SBM 组,说明蛋鸡对脱酚棉籽蛋白质的利用率较差。且体内过量 Leu 可能导致机体蛋白质合成受阻或蛋白质降解加强,不利于蛋白质沉积,这与 LCSM+Leu 和 LCSM+2Leu 组鸡蛋中浓蛋白的 CP 含量下降相吻合。

## 4 结论

Leu 不能改善由脱酚棉籽蛋白质作为产蛋高峰期蛋鸡饲料的唯一蛋白质来源导致的鸡蛋蛋清品质下降。

## 参考文献:

- [1] 王晓翠,武书庚,张海军,等.鸡蛋蛋清品质营养调控的研究进展[J].动物营养学报,2019,31(4):1491-1498.
- [2] DENG H L, ZHENG A J, LIU G H, et al. Activation of mammalian target of rapamycin signaling in skeletal muscle of neonatal chicks: effects of dietary leucine and age[J]. Poultry Science, 2014, 93(1): 114-121.
- [3] MURGAS TORRAZZA R, SURYAWAN A, GAZZANEO M C, et al. Leucine supplementation of a low-protein meal increases skeletal muscle and visceral tissue protein synthesis in neonatal pigs by stimulating mTOR-dependent translation initiation [J]. The Journal of Nutrition, 2010, 140(12): 2145-2152.
- [4] CROZIER S J, KIMBALL S R, EMMERT S W, et al. Oral leucine administration stimulates protein synthesis in rat skeletal muscle [J]. The Journal of Nutrition, 2005, 135(3): 376-382.
- [5] WILSON F A, SURYAWAN A, GAZZANEO M C, et al. Stimulation of muscle protein synthesis by prolonged parenteral infusion of leucine is dependent on amino acid availability in neonatal pigs [J]. Journal of



- Nutrition, 2010, 140(2):264-270.
- [ 6 ] MAO X B, LIU M H, TANG J, et al. Dietary leucine supplementation improves the mucin production in the jejunal mucosa of the weaned pigs challenged by porcine rotavirus[ J ]. PLoS One, 2015, 10(9):e0137380.
- [ 7 ] 何涛. 脱酚棉籽蛋白对鸡蛋品质的影响及其机理[ D ]. 中国农业科学院. 北京: 博士学位论文, 2016.
- [ 8 ] YIN Y L, YAO K, LIU Z J, et al. Supplementing *L*-leucine to a low-protein diet increases tissue protein synthesis in weanling pigs[ J ]. Amino Acids, 2010, 39(5):1477-1486.
- [ 9 ] 付胜勇, 武书庚, 张海军, 等. 标准回肠可消化氨基酸模式可降低饲料粗蛋白质水平对蛋鸡生产性能、蛋品质及氮平衡的影响[ J ]. 动物营养学报, 2012, 24(9):1683-1693.
- [ 10 ] 中华人民共和国农业部. NY/T 33—2004 鸡饲养标准[ S ]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [ 11 ] LEMME A. Amino acid recommendations for laying hens[ J ]. Lohmann Information, 2009, 44(2):21-32.
- [ 12 ] 王开丽, 张石蕊, 贺喜, 等. 脱酚棉籽蛋白对黄羽肉鸡生产性能、屠宰性能和血液指标的影响[ J ]. 中国家禽, 2013, 35(13):23-27.
- [ 13 ] HE T, ZHANG H J, WU J, et al. Application of low-gossypol cottonseed meal in laying hens' diet[ J ]. Poultry Science, 2015, 94(10):2456-2463.
- [ 14 ] WALDROUP P W, KERSEY J H, FRITTS C A. Influence of branched-chain amino acid balance in broiler diets[ J ]. International Journal of Poultry Science, 2002, 1(5):136-144.
- [ 15 ] 王彬, 李奇. 亮氨酸的代谢及营养生理作用研究进展[ J ]. 饲料研究, 2012(1):14-16.
- [ 16 ] 王睁, 刘晓兰, 王仁华. 低蛋白质日粮中添加 *L*-亮氨酸对生长肉鸡生产性能和胴体品质的影响[ J ]. 饲料广角, 2010(20):28-30.
- [ 17 ] HARPET A E, MILLER H, LOCK K P, et al. Branched-chain amino acid metabolism[ J ]. Annual Review of Nutrition, 1984, 4(1):409-454.
- [ 18 ] HARRIS R A, KOBAYASHI R, MURAKAMI T, et al. Regulation of branched-chain  $\alpha$ -keto acid dehydrogenase kinase expression in rat liver[ J ]. The Journal of Nutrition, 2001, 131(3):841S-845S.
- [ 19 ] OSPINA-ROJAS I C, MURAKAMI A E, DUARTE C R A, et al. Leucine and valine supplementation of low-protein diets for broiler chickens from 21 to 42 days of age[ J ]. Poultry Science, 2016, 96(4):914-922.
- [ 20 ] ROJAS I C O, MURAKAMI A E, FANHANI J C, et al. Tryptophan, threonine and isoleucine supplementation in low-protein diets for commercial laying hens[ J ]. Semina: Ciências Agrárias, 2015, 36(3):1735-1743.
- [ 21 ] 张鑫, 闫卫疆, 高宏伟, 等. 基于高蛋白棉籽粕优质产蛋鸡饲料配方的优化[ J ]. 中国饲料, 2018(23):24-28.
- [ 22 ] 袁超. 精氨酸对蛋鸡采食及组织蛋白质代谢调控的机理研究[ D ]. 博士学位论文. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [ 23 ] 李君. 蛋鸡低蛋白日粮应用合成氨基酸的制约因素研究[ D ]. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [ 24 ] WANG Y Y, WANG Z H, SHAN Y Y. Assessment of the relationship between ovomucin and albumen quality of shell eggs during storage[ J ]. Poultry Science, 2018, 98(1):473-479.
- [ 25 ] AUZA N J, OLSON W G, MURPHY M J, et al. Diagnosis and treatment of copper toxicosis in ruminants[ J ]. Journal of the American Veterinary Medical Association, 1999, 214(11):1624-1628.
- [ 26 ] 缪淑贤, 颜群, 卢英, 等. 血清肌酐、尿素、尿酸和胱抑素 C 在肾功能损伤的诊断价值[ J ]. 江苏医药, 2018, 44(6):661-663.
- [ 27 ] 王晓翠, 张海军, 武书庚, 等. 不同蛋白来源对京红蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[ J ]. 中国农业科学, 2015, 48(10):2049-2057.

## Effects of Leucine in Low-Gossypol Cottonseed Meal Diets on Performance and Albumen Quality of Laying Hens

CHE Yanzhuo<sup>1,2</sup> YIN Xiaofeng<sup>3</sup> WANG Xiaocui<sup>2</sup> WANG Jing<sup>2</sup> ZHANG Haijun<sup>2</sup> QI Guanghai<sup>2</sup>  
SHI Zhaoguo<sup>1\*</sup> WU Shugeng<sup>2\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Key Open Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, National Engineering Research Center of Biological Feed, Feed Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. College of Animal Science and Technology, Beijing Agricultural Collage, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The objective of this experiment was to evaluate the effects of leucine (Leu) in low-gossypol cottonseed meal diets on performance, albumen quality and serum biochemical parameters of laying hens in peak stage. Two hundred and eighty eight healthy Hy-Line brown laying hens in peak stage at 28-week-old with the similar egg production and body weight were randomly divided into 4 groups with 6 replicates per group and 12 laying hens per replicate according to single factor completely random experimental design. All diets were isoenergetic (11.11 MJ/kg), isonitrogenous (16.5% crude protein) and had the similar standard ileum digestible amino acids (SID AA) model. Laying hens in control group (SBM group) were fed a soybean meal diet, and the others in experimental groups were fed low-gossypol cottonseed meal diet (LCSM group), low-gossypol cottonseed meal and Leu (LCSM+Leu group), low-gossypol cottonseed meal and double Leu (LCSM+2Leu group). The pretest lasted for 1 week, and the experiment lasted for 12 weeks. The results showed as follows: 1) compared with SBM group, egg production, average egg weight, average daily egg mass and the ratio of feed to egg of laying hens during the whole experiment period in groups LCSM, LCSM+Leu and LCSM+2Leu had no significant differences ( $P>0.05$ ), and average daily feed intake during 1 to 12 weeks was significantly decreased ( $P<0.05$ ). 2) Haugh unit, thick albumen weight, albumen ratio and the ratio of thick albumen to albumen among all groups during the whole experiment period had no significant differences ( $P>0.05$ ). Compared with SBM group, albumen weight, dry matter weight and crude protein content of thick albumen at 12 weeks in groups LCSM, LCSM+Leu and LCSM+2Leu were significantly decreased ( $P<0.05$ ). 3) The activities of alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) and the contents of albumin (ALB) and uric acid (UA) in serum of laying hens among all groups during the whole experiment period had no significant differences ( $P>0.05$ ). Compared with SBM group, the content of total protein (TP) in serum at 12 weeks in group LCSM+2Leu was significantly decreased ( $P<0.05$ ), and the content of globulin (GLB) in serum at 12 weeks in groups LCSM and LCSM+2Leu was significantly decreased ( $P<0.05$ ). It is concluded that Leu can not improve egg albumen quality decline caused by low-gossypol cottonseed meal as the only protein source of laying hens diets in peak stage. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32 (1): 189-198]

**Key words:** leucine; low-gossypol cottonseed meal; performance; albumen quality

\* Corresponding authors: SHI Zhaoguo, professor, E-mail: shizhaoguo@gsau.edu.cn; WU Shugeng, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn

(责任编辑 李慧英)