

β-胡萝卜素对肉牛生产性能、抗氧化功能、血液生理指标和肉品质的影响

毕宇霖^{1,2} 万发春^{2,3} 姜淑贞¹ 刘晓牧^{2,3} 杨在宾^{1*}

(1.山东农业大学动物科技学院,泰安 271018;2.山东省畜禽疫病防治与繁育重点实验室,济南 250100;3.山东省农业科学院畜牧兽医研究所,济南 250100)

摘要: 本试验旨在研究饲料添加不同水平的β-胡萝卜素对肉牛生产性能、抗氧化功能、血液生理指标和肉品质的影响。选用体况良好、平均体重为(381.00±26.01) kg的西门塔尔杂交阉牛120头,随机分为4组,每组30头,对照组饲喂基础饲料,试验组饲喂在基础饲料中分别添加600、1 200和1 800 mg/d β-胡萝卜素的试验饲料。预试期10 d,正试期90 d。结果表明:1)饲料添加不同水平的β-胡萝卜素对末重、平均日增重和干物质采食量的影响均不显著($P>0.05$)。2)与对照组相比,1 200 mg/d β-胡萝卜素试验组显著提高了血清谷胱甘肽(GSH)含量和总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性($P<0.05$),而血清丙二醛(MDA)含量则显著降低($P<0.05$);1 800 mg/d β-胡萝卜素试验组显著提高了血清总抗氧化能力(T-AOC)($P<0.05$);随着β-胡萝卜素添加水平的升高,血清T-AOC、GSH含量、T-SOD活性和MDA含量均呈显著的线性和二次改变($P<0.05$)。3)与对照组相比,600 mg/d β-胡萝卜素试验组显著降低了血液中间细胞(MID)计数和百分比($P<0.05$);1 800 mg/d β-胡萝卜素试验组血液中性粒细胞(GRAN)百分比显著升高($P<0.05$);随着饲料β-胡萝卜素添加水平的提高,血液MID计数和百分比呈显著的线性和二次变化($P<0.05$),血液GRAN百分比以及白细胞(WBC)和淋巴细胞(LYM)计数均呈显著的线性变化($P<0.05$)。4)与对照组相比,1 200 mg/d β-胡萝卜素试验组显著降低了肉色黄度($P<0.05$);随饲料β-胡萝卜素添加水平的提高,肉色亮度有线性降低的趋势($P=0.079$);不同β-胡萝卜素添加水平对肉中粗蛋白质、粗脂肪、水分、粗灰分含量以及肉色亮度和红度影响均不显著($P>0.05$)。总之,肉牛饲料添加β-胡萝卜素能够显著影响抗氧化功能、血液生理指标和肉品质,本试验条件下,最佳添加水平为1 200 mg/d。

关键词: β-胡萝卜素;生产性能;抗氧化功能;血液生理指标;肉品质

中图分类号: S816.7;S823

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2014)05-1214-07

β-胡萝卜素(β-carotenoid)是一类广泛存在于自然界中的有色物质,是一种黄红色素,它不仅是畜禽维生素A的主要前体物,而且在动物体内还具有重要的生物学功能^[1]。近年的大量试验研究表明其在动物的基因表达、细胞增殖和分化调控、信号传导和细胞间隙连接通讯、机体抗氧化和

免疫等方面均有重要作用^[2]。目前关于β-胡萝卜素在反刍动物上的研究主要集中在对奶牛繁殖性能的影响。何文娟等^[3]研究证实,添加300和600 mg/d β-胡萝卜素提高了围产期奶牛的产奶量,降低了胎衣不下、子宫炎和乳房炎的发病率。边四辈等^[4]研究证实,在奶牛饲料中添加

收稿日期:2013-11-11

基金项目:国家自然科学基金(31172232);“十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD39B05-02;2011BAD28B04-02);现代农业(肉牛牦牛)产业技术体系建设专项资金(CARS-38)

作者简介: 毕宇霖(1987—),男,山东滨州人,硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: biyulin123@126.com

* 通讯作者: 杨在宾,教授,博士生导师, E-mail: yangzb@sdaa.edu.cn

300 mg/d的β-胡萝卜素,奶牛产后胎衣不下发生率减少17%,且可提高产后70 d内的配种率和受胎率。有关肉牛饲料中添加β-胡萝卜素的研究鲜有报道,使得β-胡萝卜素在肉牛饲料中的添加无标准可依,β-胡萝卜素在肉牛生产中的应用受到了极大的限制。本试验旨在研究饲料中添加不同水平的β-胡萝卜素对肉牛生产性能、抗氧化功能、血液生理指标和肉品质的影响,为β-胡萝卜素在肉牛生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

试验采用单因素随机区组设计,选用体况良好、平均体重为(381.00±26.01) kg的西门塔尔杂交阉牛120头,随机分为4组,每组30头,对照组饲喂基础饲料,试验组饲喂在基础饲料中分别添加600、1 200、1 800 mg/d β-胡萝卜素的试验饲料。经前期试验测定基础饲料中β-胡萝卜素主要存在于全株玉米青贮中,精料和稻草中含量极小,可忽略不计,全株玉米青贮中含量为34 μg/g。β-胡萝卜素由浙江巴仕曼生物科技有限公司提供,经抗氧化微囊包膜处理,有效成分含量为15%。

1.2 饲养管理

试验牛全部采用拴系饲养,试验预试期10 d,期间进行编号、驱虫、健胃、注射口蹄疫疫苗,每天06:00和16:00分2次饲喂,饲喂顺序为先精后粗,喂后自由饮水。精料的饲喂量为肉牛体重的1%,每30 d根据体重调整1次饲喂量;粗料为稻草和全株玉米青贮。正试期90 d。试验饲料按《肉牛营养需要和饲养标准》^[5]配制。精料组成及营养水平见表1。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 生产性能

正试期开始和试验结束早饲前连续2 d称重取平均值,如果2 d体重相差超过10 kg,则需加称1 d,取相近2 d平均值用于计算全期的平均日增重。记录正试期每天的采食量,计算干物质采食量。

1.3.2 抗氧化功能

正试期第90天对每头试验牛进行静脉采血并分离血清,血清在-20℃条件下保存备测血清抗氧化指标。血清抗氧化指标采用南京建成生物

工程研究所生产试剂盒测定,测定指标包括血清总抗氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽(GSH)含量、丙二醛(MDA)含量和总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性。

表1 精料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the concentrate (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	38.5
麦麸 Wheat bran	12.0
玉米皮 Corn bran	12.0
豆粕 Soybean meal	10.0
棕榈粕 Palm meal	20.0
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.5
石粉 Limestone	1.5
小苏打 NaHCO ₃	2.0
食盐 NaCl	1.5
预混料 Premix ¹⁾	1.0
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
干物质 DM	80.63
粗蛋白质 CP	12.74
综合净能 NE _{mf} /(MJ/kg)	9.48
钙 Ca	1.16
磷 P	0.68

¹⁾预混料为每千克精料提供 Premix provided the following per kg of the concentrate: VA 1 250 000 IU, VD₃ 270 000 IU, VE 5 000 IU, Mn 3 060 mg, Zn 14 280 mg, Fe 3 170 mg, Cu 3 040 mg, Se 100 mg, I 180 mg, Co 40 mg。

²⁾综合净能为计算值^[5],其余为实测值。NE_{mf} was a calculated value^[5], while the others were measured values.

1.3.3 血液生理指标

正试期第90天静脉采血约2 mL,放入抗凝管中保存,并在4 h内完成血液生理指标的测定,测定项目包括白细胞(WBC)计数、淋巴细胞(LYM)计数和百分比、中间细胞(MID)计数和百分比、中性粒细胞(GRAN)计数和百分比、红细胞(RBC)计数、血红蛋白(HGB)浓度、红细胞积压(HCT)、红细胞平均积压(MCV)、血小板(PLT)计数、血小板比积(PCT),以上指标均采用日本希森美康KX-21型全自血液分析仪进行测定。

1.3.4 肉品质

正试期第90天采血后每组随机选取10头试

验牛进行屠宰,取西冷部位立即测定肉样肉色指标,并采集西冷部位肉样保存在-20 ℃条件下,按张丽英^[6]的方法测定常规营养成分,指标包括粗蛋白质、粗脂肪、水分和粗灰分。

1.4 数据处理与分析

试验数据的统计用 SAS 9.1 软件进行单因素方差分析,Duncan 氏法进行多重比较, $P<0.05$ 为

差异显著。

2 结 果

2.1 β -胡萝卜素对肉牛生产性能的影响

由表 2 可见,饲粮添加不同水平的 β -胡萝卜素对末重、平均日增重和干物质采食量的影响均不显著($P>0.05$)。

表 2 β -胡萝卜素添加水平对肉牛生产性能的影响

Table 2 Effects of β -carotene supplemental level on performance of beef cattle

项目 Items	β-胡萝卜素添加水平				SEM	P 值 P-value		
	β-carotene supplemental level/(mg/d)					主效应 Main factor	线性 Liner	二次 Quadratic
	0	600	1 200	1 800				
初重 Initial weight/kg	381.29	380.29	382.86	380.14	1.968	0.997	0.985	0.996
末重 Finally weight/kg	467.29	465.14	470.57	465.29	1.429	0.952	0.986	0.998
平均日增重 ADG/(kg/d)	0.96	0.94	0.97	0.95	0.013	0.988	0.992	0.993
干物质采食量 DMI/(kg/d)	14.27	14.37	15.06	14.58	0.114	0.797	0.545	0.742

同行数据肩标相同或无字母者表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Values in the same row with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 β -胡萝卜素对肉牛抗氧化性功能的影响

由表 3 可见,与对照组相比,饲粮添加 β -胡萝卜素可显著提高血清 GSH 含量($P<0.05$); β -胡萝卜素添加水平达到 1 200 mg/d 及以上可显著提高血清 T-SOD 活性($P<0.05$);1 800 mg/d β -胡萝卜素试验组显著提高了血清 T-AOC($P<0.05$);

1 200 和 1 800 mg/d β -胡萝卜素试验组血清 MDA 含量显著降低($P<0.05$)。随着 β -胡萝卜素添加水平的升高,血清 T-AOC、GSH 含量和 T-SOD 活性均呈显著的线性和二次升高($P<0.05$),MDA 含量则呈显著的线性和二次降低($P<0.05$)。

表 3 β -胡萝卜素添加水平对肉牛抗氧化功能的影响

Table 3 Effects of β -carotene supplemental level on antioxidant function of beef cattle

项目 Items	β-胡萝卜素添加水平				SEM	P 值 P-value		
	β-carotene supplemental level/(mg/d)					主效应 Main factor	线性 Liner	二次 Quadratic
	0	600	1 200	1 800				
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	6.84 ^a	7.41 ^a	9.42 ^a	13.27 ^b	0.153	0.001	0.000	0.000
谷胱甘肽 GSH/(mg/L)	9.90 ^a	14.17 ^b	15.35 ^b	15.96 ^b	0.186	0.010	0.002	0.001
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	93.24 ^a	100.86 ^{ab}	105.65 ^b	107.99 ^b	0.435	0.009	0.001	0.011
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	3.29 ^a	2.58 ^{ab}	2.42 ^b	2.08 ^b	0.061	0.028	0.003	0.003

2.3 β -胡萝卜素对肉牛血液生理指标的影响

由表 4 可见,饲粮添加 600 mg/d 及以上的 β -胡萝卜素可显著降低血液 MID 计数和百分比($P<0.05$);1 800 mg/d β -胡萝卜素试验组的 GRAN 百分比显著升高($P<0.05$)。饲粮不同添加水平的 β -胡萝卜素对血液中 WBC 计数、LYM 计数和百分比、GRAN 计数、RBC 计数、HGB 浓度、HCT、

MCV、PLT 计数、PCT 的影响均不显著($P>0.05$)。随着饲粮 β -胡萝卜素添加水平的提高,血液 MID 计数和百分比呈显著的线性和二次降低($P<0.05$),血液 WBC 和 LYM 计数呈显著的线性降低($P<0.05$),而血液 GRAN 百分比呈显著的线性增加($P<0.05$)。

表 4 β-胡萝卜素添加水平对肉牛血液生理指标的影响

Table 4 Effects of β-carotene supplemental level on blood physiological indices of beef cattle

项目 Items	β-胡萝卜素添加水平				SEM	P 值 P-value		
	β-carotene supplemental level/(mg/d)					主效应 Main factor	线性 Liner	二次 Quadratic
	0	600	1 200	1 800				
白细胞计数 WBC count/(10 ⁹ · L ⁻¹)	12.12	12.01	10.78	10.36	0.082	0.113	0.019	0.064
淋巴细胞计数 LYM count/(10 ⁹ · L ⁻¹)	6.29	5.73	5.31	4.99	0.057	0.168	0.025	0.078
淋巴细胞百分比 LYM percentage/%	51.54	48.56	49.61	48.81	0.288	0.760	0.458	0.668
中间细胞计数 MID count/(10 ⁹ · L ⁻¹)	1.04 ^a	0.79 ^b	0.67 ^{bc}	0.50 ^c	0.009	0.000	0.000	0.000
中间细胞百分比 MID percentage/%	8.69 ^a	6.72 ^b	6.36 ^{bc}	5.00 ^c	0.077	0.001	0.001	0.000
中性粒细胞计数 GRAN count/(10 ⁹ · L ⁻¹)	4.85	5.40	4.83	4.94	0.050	0.667	0.845	0.824
中性粒细胞百分比 GRAN percentage/%	40.20 ^a	43.86 ^{ab}	44.46 ^{ab}	46.84 ^b	0.288	0.194	0.035	0.105
红细胞计数 RBC count/(10 ¹² · L ⁻¹)	6.49	6.42	6.44	6.60	0.038	0.973	0.787	0.891
血红蛋白浓度 HGB concentration/(g/L)	47.88	45.99	47.07	47.01	0.308	0.916	0.843	0.841
红细胞积压 HCT/%	33.14	31.36	31.41	32.39	0.215	0.839	0.761	0.658
红细胞平均积压 MCV/fL	104.48	102.16	103.23	103.45	0.140	0.652	0.742	0.649
血小板计数 PLT count/(10 ⁹ · L ⁻¹)	446.72	459.18	441.86	463.93	1.082	0.193	0.356	0.555
血小板比积 PCT/%	0.32	0.34	0.36	0.33	0.002	0.359	0.581	0.222

2.4 β-胡萝卜素对肉牛肉品质的影响

由表 5 可见,与对照组相比,1 200 mg/d β-胡萝卜素试验组显著降低了肉色黄度(b*) (*P* < 0.05);不同 β-胡萝卜素添加水平对肉中粗蛋白

质、粗脂肪、水分、粗灰分含量以及肉色亮度(L*) 和红度(a*) 影响均不显著(*P* > 0.05)。随饲粮 β-胡萝卜素添加水平的提高,肉色 L* 有线性降低的趋势(*P* = 0.079)。

表 5 β-胡萝卜素添加水平对肉牛肉品质的影响

Table 5 Effects of β-carotene supplemental level on meat quality of beef cattle

项目 Items		β-胡萝卜素添加水平				SEM	P 值 P-value		
		β-carotene supplemental level/(mg/d)					主效应 Main factor	线性 Liner	二次 Quadratic
		0	600	1 200	1 800				
粗蛋白质 CP/%		23.06	23.91	23.13	23.25	0.113	0.537	0.755	0.819
粗脂肪 EE/%		4.29	4.16	3.59	3.33	0.134	0.393	0.135	0.338
水分 Moisture/%		71.24	70.10	72.39	71.29	0.139	0.278	0.821	0.564
粗灰分 Ash/%		1.42	1.67	1.47	1.55	0.023	0.290	0.677	0.760
肉色	亮度 L *	43.43	43.71	40.42	41.53	0.234	0.124	0.079	0.209
Meat colour	红度 a *	26.60	28.21	25.12	27.30	0.248	0.244	0.847	0.952
	黄度 b *	11.36 ^a	11.02 ^{ab}	9.18 ^b	10.66 ^{ab}	0.151	0.049	0.229	0.218

3 讨 论

3.1 β-胡萝卜素对肉牛生产性能的影响

目前,饲粮中添加 β-胡萝卜素在禽类和奶牛上的研究比较多,但肉牛上研究较少。贾福昌等^[7]研究证明,在兔的饲粮中添加 40 mg/kg 的β-胡萝卜素可以显著降低兔料肉比,提高平均日增重,即使基础饲粮中含有足量的维生素 A 也表现

出来这种影响。任延利等^[8]研究发现,与对照组相比,添加 600 mg/kg 的 β-胡萝卜素便能提高肉仔鸡的平均日增重、降低平均日采食量和料重比。沈军达等^[9]在绍兴鸭饲粮中添加 50 mg/kg β-胡萝卜素,产蛋率比对照组提高了 7.1%。Coffey^[10]发现 β-胡萝卜素可提高初产母猪的繁殖力,不影响经产母猪的繁殖力,但其活仔数提高。本试验 β-胡萝卜素对肉牛的生产性能并无显著的影响,

其原因可能是所采用的添加水平的 β -胡萝卜素的在肉牛体内主要发挥维生素 A 前体和抗氧化等功能,但机理还有待于进一步研究。

3.2 β -胡萝卜素对肉牛抗氧化功能的影响

机体的抗氧化系统主要由链式反应阻断剂和抗氧化酶组成,这 2 类物质协同维持体内自由基生成与清除的平衡。T-AOC 的高低代表整个机体的抗氧化能力的高低,是体内各种抗氧化酶共同作用的结果。超氧化物歧化酶(SOD)和 GSH 是机体内非常重要的 2 种抗氧化酶,主要作用是抑制自由基的生成与清除机体内的自由基,防止自由基对生物膜和细胞质造成损伤。MDA 是脂质过氧化作用的分解产物,它通过生物膜中多不饱和脂肪酸的过氧化作用引起细胞损伤,所以血清 MDA 含量能反映机体脂质过氧化的程度,从而间接地反映出细胞损伤的程度^[11]。 β -胡萝卜素分子结构含有多个具有捕捉、淬灭自由基和单线态氧功能的共轭双键,能够减少自由基对细胞膜和细胞遗传物质的损伤^[12-13]。 β -胡萝卜素是有效的抗氧化剂,可阻止光氧化和脂质氧化,显著提高动物机体的抗氧化能力^[14]。本试验中, β -胡萝卜素显著提高了肉牛血清 T-AOC、GSH 含量和 T-SOD 活性,MDA 含量则显著降低,且以 1 200 和 1 800 mg/d 2 个试验组效果较好,这一结果与阳冠明等^[15]与韩瑞雨等^[16]的研究结果一致。同时 β -胡萝卜素作为重要的维生素 A 前体,可以在体内生成维生素 A^[17],而维生素 A 可以提高动物机体的抗氧化能力,提高血清中 T-SOD 活性和 GSH 含量,而降低 MDA 的含量^[18-19],进一步证实了本试验的结果的正确。本试验条件下,以 1 200 mg/d β -胡萝卜素的添加水平效果最好。

3.3 β -胡萝卜素对肉牛血液生理指标的影响

血液生理指标的变化可以反映机体的健康状况,血液中任何有形成分发生变化,都会影响到机体组织器官。在机体的免疫应答过程中,LYM 是发挥主要作用的免疫细胞,反映机体免疫功能水平的高低,单核细胞和 GRAN 具有趋化、吞噬和消化作用,参与机体的炎症反应和免疫防御机制^[20]。类胡萝卜素可增强机体体液免疫、细胞免疫和非特异性免疫反应,提高动物的抵抗力。在饲料中添加 β -胡萝卜素可以使血浆溶菌酶的浓度增加^[21]。本试验发现, β -胡萝卜素显著提高了血液 GRAN 的百分比,而且各试验组的各类 WBC

(LYM、GRAN、MID)计数均低于对照组。这可能与 β -胡萝卜素有效地提高了机体的抗氧化性,平衡了机体各项功能,从而提高了肉牛对外界的应激能力有关。同时 β -胡萝卜素显著提高了血液 LYM 百分比,从而提高了机体的免疫性能,这一结果与 Chew 等^[22]和何文娟等^[23]的研究结果一致。

3.4 β -胡萝卜素对肉牛肉品质的影响

本试验发现,1 200 mg/d β -胡萝卜素试验组显著降低了肉色 b^* ;随饲料 β -胡萝卜素添加水平的提高,肉色 L^* 有线性降低的趋势。肉样的表面液体渗出量、颜色饱和度和测定环境光线等都会影响肉色 L^* 。肉色 a^* 反映肌肉的新鲜度,受肌红蛋白的状态影响。随贮存时间的延长,肌肉表面的寄生菌代谢产生硫化氢、氧,与肌红蛋白结合形成硫化肌红蛋白,硫化肌红蛋白会使肌肉的肉色 b^* 升高,肌肉品质下降^[24]。本试验结果中值得一提的是,肉色 L^* 、 a^* 和 b^* 都是 1 200 mg/d β -胡萝卜素试验组的最小。 β -胡萝卜素可以提高肉牛的抗氧化性能和自身具有的抗氧化能力,改善了肉样颜色饱和度,从而较好解释了 β -胡萝卜素通过其抗氧化作用抑制脂质氧化来改善肉色的机制,这与洪平等^[24]研究结果相一致。

4 结 论

肉牛饲料添加 β -胡萝卜素能够显著影响抗氧化功能、血液生理指标和肉品质,本试验条件下,最佳添加水平为 1 200 mg/d。

参考文献:

- [1] 高玉云,毕佐英,谢青梅,等.类胡萝卜素的吸收代谢及其功能的研究进展[J].动物营养学报,2010,22(4):823-829.
- [2] KARADAS F, PAPPAS A C, SURAI P F, et al. Embryonic development within carotenoid-enriched eggs influences the post-hatch carotenoid status of the chicken[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 141(2):244-251.
- [3] 何文娟,孟庆翔,边四辈.围产期饲喂 β -胡萝卜素对奶牛生产性能的影响[J].动物营养学报,2007,19(2):157-162.
- [4] 边四辈,吴媛,陈昌建,等.日粮补充 β -胡萝卜素对奶牛繁殖性能影响的研究[J].乳业科学与技术,

- 2005(5):218-221.
- [5] 冯仰廉.肉牛营养需要和饲养标准[M].北京:中国农业大学出版社,2004.
- [6] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2007.
- [7] 贾福昌,王淑珍,张宏魁.补充不同量 β-胡萝卜素和 VA 对兔生产和繁殖能力的影响[J].内蒙古畜牧科学,2003(11):60-61.
- [8] 任延利,齐德生.β-胡萝卜素对肉仔鸡生产性能及抗氧化作用的影响[J].粮食与饲料工业,2007(12):38-40.
- [9] 沈军达,卢立志,陈黎洪,等.提高圈养蛋鸭蛋黄色泽的研究[J].饲料研究,1997(3):6-7.
- [10] COFFEY M T. Enhancement of sow productive performance by β-carotene or vitamin[J]. Journal of Animal Science, 1993, 71: 1198-1202.
- [11] 刘汝祥,侯明海,李彦芹,等.不同维生素 A 水平对荷斯坦种公牛血液抗氧化指标的影响[J].西南农业学报,2008,21(3):798-801.
- [12] KRINSKY N I. Effects of carotenoids in cellular and animal systems[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1991, 53(Suppl.1): 238S-246S.
- [13] BIARD C, HARDY C, MOTREUIL S, et al. Dynamics of PHA-induced immune response and plasma carotenoids in birds: should we have a closer look? [J]. Journal of Experimental Biology, 2009, 212(9): 1336-1343.
- [14] 张柱海,陈雪红,张鲁平,等.盐藻 β-胡萝卜素抗衰老作用研究[J].中国药理学通报,2006,22(11): 1324-1328.
- [15] 阳冠明,孙胜涛,李树全,等.β-胡萝卜素对阿霉素致大鼠心肌组织的超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶 mRNA 表达改变的影响[J].中国药理学通报,2006,22(4):465-470.
- [16] 韩瑞丽,李同树,李建群,等.β-胡萝卜素和 VE 对饲喂鱼油日粮鸡肉中脂肪酸组成及其氧化稳定性的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(11):47-50.
- [17] VON LINTIN J, HESSEL S, ISKEN A, et al. Towards a better understanding of carotenoid metabolism in animals[J]. Biochimica et Biophysica Acta: Molecular Basis of Disease, 2005, 1740(2): 122-131.
- [18] PELISISR M A, BOISSET M, ALBERCHT R. The effects of vitamin A nutritional status on microsomal lipid peroxidation and α-tocopheral level in rat liver [J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 1989, 45(4):342-343.
- [19] 洪平,蒋宗勇,蒋守群,等.维生素 A 添加水平对22~42 日龄黄羽肉鸡生长性能、血清和肝脏维生素 A 含量及抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2012,24(11):2110-2117.
- [20] CEN X B, WANG R S, WU Z F. Zinc promotes proliferation and differentiation of osteoblast in rats *in vitro* [J]. Chinese Preventive Medicine Association, 1999, 33(4): 221-223.
- [21] AMAR E C, KIRON V, SATOH S, et al. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2004, 16(4): 527-537.
- [22] CHEW B P, PARK J S. Carotenoid action on the immune response[J]. The Journal of Nutrition, 2004, 134(1): 257S-261S.
- [23] 何文娟,孟庆翔,边四辈.围产期饲喂 β-胡萝卜素对奶牛免疫性能的影响[J].中国畜牧杂志,2007,43(3):32-35.
- [24] 洪平,蒋宗勇,蒋守群,等.维生素 A 添加水平对43~63 日龄黄羽肉鸡生长性能和抗氧化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):415-426.

Effects of β -Carotene on Performance, Antioxidant Function, Blood Physiological Indices and Meat Quality of Beef Cattle

BI Yulin^{1,2} WAN Fachun^{2,3} JIANG Shuzhen¹ LIU Xiaomu^{2,3} YANG Zaibin^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018 China; 2. Shandong Key Lab of Animal Disease Control and Breeding, Ji'nan 250100, China; 3. Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of different levels of β -carotene on performance, antioxidant function, blood physiological indices and meat quality of beef cattle. One hundred and twenty healthy Simmental crossbred bullocks with similar weight of (381.00 ± 26.01) kg were randomly divided into four groups with 30 bullocks in each group. Beef cattle in control group were fed a basal diet, and those in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 600, 1 200 and 1 800 mg/d β -carotene, respectively, during 10 days of pre-experiment and 90 days of formal experiment. The results showed as follows: 1) no significant differences in final weight, average daily gain and dry matter intake were found in beef cattle received different dietary supplemental levels of β -carotene ($P > 0.05$). 2) Compared with control group, serum glutathione (GSH) content and total superoxide dismutase (T-SOD) activity in 1 200 mg/d β -carotene experimental group were significantly increased ($P < 0.05$), however, serum malondialdehyde (MDA) content was significantly decreased ($P < 0.05$); serum total antioxidant capacity (T-AOC) in 1 800 mg/d β -carotene experimental group was significantly increased ($P < 0.05$). Significant linear and quadratic changes were found in serum T-AOC, GSH content, T-SOD activity and MDA content with the increase of dietary β -carotene supplemental level ($P < 0.05$). 3) Compared with control group, blood middle cell (MID) count and percentage in 600 mg/d β -carotene experimental group were significantly decreased ($P < 0.05$), while blood neutrophil granulocyte (GRAN) percentage was significantly increased in 1 800 mg/d β -carotene experimental group ($P < 0.05$); with the increase of dietary β -carotene supplemental level, significant linear and quadratic changes were found in blood MID count and percentage ($P < 0.05$), and significant linear changes were found in blood GRAN percentage, white blood cell (WBC) count and lymphocyte (LYM) count ($P < 0.05$). 4) Compared with control group, b^* value of meat colour in 1 200 mg/d β -carotene experimental group was significantly decreased ($P < 0.05$); with the increase of dietary β -carotene supplemental level, L^* value of meat colour tended to be linearly decreased ($P = 0.079$); no significant differences were found in crude protein, ether extract, moisture and ash contents in beef and meat color in beef cattle received different dietary supplemental levels of β -carotene ($P > 0.05$). In conclusion, dietary supplementation of β -carotene can significantly affect antioxidant function, blood physiological indices and meat quality of beef cattle, and the optimal supplemental level is 1 200 mg/d under conditions in the present study. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(5):1214-1220]

Key words: β -carotene; performance; antioxidant function; blood physiological indices; meat quality

* Corresponding author, professor, E-mail: yangzb@sdaa.edu.cn