

## 地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸和后肠道菌群的影响

李洋<sup>1</sup>, 窦秀静<sup>1</sup>, 潘春方<sup>2</sup>, 张幸怡<sup>1</sup>, 王一臻<sup>1</sup>, 林聪<sup>1</sup>, 李晓祥<sup>3</sup>, 张永根<sup>1\*</sup>

(1. 东北农业大学动物科学技术学院, 哈尔滨, 150030; 2. 黑龙江省兽药饲料监察所, 哈尔滨, 150069; 3. 合肥迈可罗生物工程有限公司, 合肥, 230088)

**摘要:** 本试验旨在研究地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸和后肠道菌群的影响。30头荷斯坦奶牛根据产奶量, 泌乳天数和胎次随机分为3组。3组奶牛分别饲喂基础日粮, 基础日粮+15和30 g/天地顶孢霉培养物。试验期共63天。在试验正式期的第28和56天收集奶样, 测定乳中的氨基酸含量; 正式期的第54, 55和56天收集粪样, 测定后肠道中大肠杆菌, 乳酸菌和双歧杆菌的数量。结果显示, 地顶孢霉培养物显著提高了乳中总氨基酸 ( $P<0.01$ ), 必需氨基酸 ( $P=0.02$ ) 和风味氨基酸 ( $P<0.01$ ) 的含量。与对照组相比, 添加地顶孢霉培养物组奶牛后肠道乳酸菌的数量显著提高 ( $P<0.01$ )。以上数据证明, 地顶孢霉培养物对提高乳质量和改善乳风味有积极影响, 并且能够提高奶牛后肠道益生菌数量, 本试验中30 g/天添加量效果最好。

**关键词:** 地顶孢霉培养物; 奶牛; 氨基酸; 后肠道微生物

中图分类号:

文献类型:

文章编辑号:

Effects of *Acremonium Terricola* culture on flora amount in intestinal and milk amino acid of dairy cows

LI Yang<sup>1</sup>, DOU Xiu-jing<sup>1</sup>, PAN Chun-fang<sup>2</sup>, ZHANG Xing-yi<sup>1</sup>, WANG Yi-zhen<sup>1</sup>, LIN Cong<sup>1</sup>, LI Xiao-xiang<sup>3</sup>, ZHANG Yong-gen<sup>1\*</sup>

(1. School of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin, 150030;

2. Heilongjiang Veterinary Drug and Feed Supervision Institute, Harbin, 150069; 3. Microbial

Biological Engineering Company Limited, Hefei 230088)

**Abstract:** The experiment was conducted to study the effects of *Acremonium Terricola* culture on flora amount in intestinal and milk amino acid of dairy cows. Thirty Holstein cows were randomly divided into 3 groups according to milk yield, day in milk and parity. The cows in 3 groups were fed with basic diet, basic diet plus 15 and 30 mg/day *Acremonium Terricola* culture, respectively;

---

收稿日期:

基金项目: 国家奶牛产业技术体系 (CARS-37)

作者简介: 李洋(1989-), 男, 肇东市人, 博士, 主要从事反刍动物生产的研究。

Email: liyang1405053@sina.com; Tel: 0451-55190840

\*通讯作者: 张永根, 教授, E-mail zhangyonggen@sina.com

and the formal experiment period was 56 days. Milk samples were collected on days 28 and 56 of the formal experiment period, and amino acid content were measured. Fecal samples were collected on days 54, 55 and 56 of the formal experiment period, and copy numbers of *Escherichia coli*, *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* were measured. Results showed that contents of total amino acid ( $P<0.01$ ), essential amino acid ( $P=0.02$ ) and flavour amino acid ( $P<0.01$ ) in milk were significantly higher after feeding *Acremonium Terricola* culture. Compared with the control group (basic diet), copy numbers of *Lactobacillus* were markedly elevated in two *Acremonium Terricola* culture groups ( $P<0.01$ ). All data suggest that *Acremonium Terricola* culture has positive effects on improving the quality and flavor of milk, and increasing the copy numbers of probiotics in hindgut of dairy cows. In the present study, the best effect was obtained at 30 g/day.

**Key words:** *Acremonium Terricola* culture; dairy cows; amino acid; flora amount in intestinal

冬虫夏草是我国传统中草药，据报道其拥有调节免疫和抗氧化等多种药理功能<sup>[1]</sup>。古尼虫草虽不同于冬虫夏草<sup>[2]</sup>，但他们之间具有相似的生物学活性<sup>[3]</sup>，也含有虫草素，虫草酸和虫草多糖<sup>[3, 4]</sup>等重要的次级代谢产物。虽然古尼虫草具有优秀的药理功能，但是昂贵的价格限制了其在动物生产中的应用和发展。因此，替代古尼虫草的人工培养物应运而生。寄生于古尼虫草的地顶孢霉菌已经被分离和鉴定<sup>[5]</sup>。地顶孢霉培养物是通过人工固态发酵的方法加工地顶孢霉菌获得的灭活发酵产物，并通过检测证明其含有与古尼虫草相似的功能性成分，例如虫草素，虫草酸，虫草多糖，甾醇和氨基酸等<sup>[6]</sup>。如果能够合理的将地顶孢霉培养物作为虫草类饲料添加剂应用到动物生产中，使其活性成分或作用转移到肉蛋奶等家畜产品上，将具有重大的意义。

前人已经证明地顶孢霉培养物能够提高仔猪增重和饲料利用效率<sup>[7]</sup>，提高蛋鸭的体重和产蛋率，改善蛋品质<sup>[6]</sup>。国外学者报道，虫草成分和虫草提取物具有选择性抑制致病菌和肠道有害菌的作用<sup>[8]</sup>，并对肉鸡肠道益生菌有促进作用<sup>[9]</sup>，从而提高生长性能。同时，陈安徽等报道虫草饲料添加剂能够显著提高肉仔鸡肌肉中总氨基酸，必需氨基酸和风味氨基酸的含量，从而改善肉质，提高营养成分<sup>[10]</sup>。而中草药类添加剂提高肉品质，改善肉风味等研究也多有报道<sup>[11, 12]</sup>。以上研究已经证明，地顶孢霉培养物在调节奶牛肠道菌群数量和提高乳质量和改善乳风味等方面具有很大的潜力。因此，本试验旨在研究地顶孢霉培养物对奶牛后肠道菌群数量与乳中氨基酸含量的影响，为地顶孢霉培养物在奶牛生产中的应用提供理论基础和数据支持。

## 1. 材料与amp;方法

### 1.1 试验样品来源

地顶孢霉培养物 (*Acremonium Terricola* culture, ATC) 来自合肥迈可罗生物工程有限公司。地顶孢霉培养物由古尼虫草上提取的地顶孢霉菌经固液双相发酵法得到的灭活的虫草类真菌饲料添加剂, 含有 26.84%粗蛋白 (CP), 5.00%粗纤维 (CF), 3.06%粗脂肪 (EE), 4.04%粗灰分 (Ash) 和 61.06%无氮浸出物 (NFE) (干物质基础)。其中功能性成分含量分别是: 虫草酸  $84.50 \text{ g kg}^{-1}$ , 虫草多糖  $44.60 \text{ g kg}^{-1}$ , 虫草素  $0.432 \text{ g kg}^{-1}$ , 甾醇  $0.597 \text{ g kg}^{-1}$ , 总氨基酸  $218.1 \text{ g kg}^{-1}$ 。

### 1.2 试验设计与日粮管理

试验选用 30 头体重相近的经产荷斯坦奶牛, 采用随机分组试验设计, 拴系饲养, 试验开始前三组奶牛的生产性能参数见表 1。

表 1 三组奶牛的成产性能参数

Table. 1 Parameters of production performance for dairy cows in 3 groups.

项目 Item	组 Groups		
	对照组 Control	低剂量组 Low-dose	高剂量组 High-dose
样本数量 Number	10	10	10
胎次 No. of deliveries	2.40±0.52	2.30±0.48	2.20±0.42
泌乳天数 (天) Day of lactation	233±5	230±7	235±2
干物质采食量(kg/d) Dry matter intake	20.11±1.94	20.92±2.47	20.10±1.87
产奶量(kg/d) Milk yield	25.15±3.88	25.04±3.41	25.00±2.64
乳脂率(%) Milk fat	3.52±0.43	3.55±0.49	3.54±0.29
乳糖(%) Milk lactose	4.98±0.31	4.85±0.21	4.84±0.24
乳蛋白(%)	3.16±0.32	3.13±0.33	3.15±0.26

---

## Milk protein

---

对照组饲喂普通TMR日粮，低剂量组饲喂 TMR+ATC 15 g/天/头，高剂量组饲喂 TMR+ATC 30 g/天/头。试验共63周，前7天为预饲期，后56为正式期。每天晨饲前，将ATC与100 g 左右TMR日粮均匀混合，单独饲喂给试验牛，保证奶牛完全采食添加剂<sup>[13]</sup>。每天早07:00和晚19:00饲喂两次，每天06:30, 12:00和18:30挤奶3次，自由饮水。日粮配方及营养成分表如下：

表 2 TMR的日粮组成和营养水平

Table 2. Composition and nutrient levels of the total mixed ration

项目 Item	含量 Content (%DM)
成分 Ingredients	
玉米青贮 Corn silage	25.0
苜蓿 Alfalfa	17.0
羊草 Chinese wildrye	12.7
玉米 Corn	23.9
豆粕 Soybean meal	9.0
豆皮 Soybean hull	5.4
麦麸 Wheat bran	4.5
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	1.0
石粉 Limestone	0.5
盐 NaCl	0.5
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.5
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrients levels <sup>2)</sup>	
干物质 DM	43.6
产奶净能 $\text{NE}_L$ , MJ/Kg DM	6.4
粗蛋白 CP, %DM	13.2
中性洗涤纤维 NDF, %DM	47.5
酸性洗涤纤维 ADF, %DM	26.9
淀粉 Starch, %DM	29.4

---

钙 Ca, %DM	1.01
磷 P, %DM	0.54

<sup>1)</sup> 每千克预混料含有: 锰 6 000 mg, 铁 4 800 mg, 锌 9 000 mg, 铜 2 600 mg, 碘 120 mg, 硒 80 mg, 钴 70 mg, 维生素 A 130 000 IU, 维生素 D 36 000 IU 和 维生素 E 465 IU.

Contained per kilogram of the premix: Mn 6 000 mg, Fe 4 800 mg, Zn 9 000 mg, Cu 2 600 mg, I 120 mg, Se 80 mg, Co 70 mg, VA 130 000 IU, VD 36 000 IU, and VE 465 IU.

<sup>2)</sup> 产奶净能是计算值, 其它为实测值。

NE<sub>L</sub> was a calculated value, while the others were measured values.

### 1.3 样品收集与分析

试验期每天记录饲料采食量, DMI 通过给料量和剩料量进行计算。饲料样本通过 AOAC 方法分析干物质 (DM, 方法 930.15), 粗蛋白(CP, 方法 976.05), 钙和磷 (方法 935.13) <sup>[14]</sup>. 中性洗涤纤维 (NDF) 和酸性洗涤纤维 (ADF) 通过美国安康纤维仪(型号 Ankom200, 美国纽约, 安康公司)进行分析<sup>[15]</sup>。

试验开始前, 对奶牛生产性能进行测定。对产奶量进行测定, 每天早中晚三次收集奶样约 50 mL, 按 4:3:3 的比例混合<sup>[16, 17]</sup>。奶样 4°C 保存, 待测乳脂肪, 乳蛋白和乳糖含量。在试验正式期的第 28 和第 56 天采用氨基酸全自动分析仪 (型号 model-8900, 日本东京, HITACHI 技术有限公司) 对乳中的氨基酸含量进行分析。

在试验正式期的最后三天 (第 54 天 9 点, 15 点和 21 点; 第 55 天 3 点, 6 点和 18 点; 第 56 天 0 点) 直肠收集新鲜粪样约 300 g <sup>[18]</sup>, 每头牛三天收集的粪样混合, 保存于 -80°C 用于粪便菌群 DNA 的提取和后肠道菌群拷贝数的测定<sup>[19]</sup>。按照 OMEGA DNA 提取试剂盒 (D4015, 上海玉博) 直接对粪便样本进行细菌总 DNA 的提取, 无需培养, 方法按照操作说明进行。荧光定量所用仪器为 ABI 7500 型荧光定量 PCR 仪, Real-time PCR SYBR Green I RT-PCR 试剂盒购自大连宝生物公司。Real-time PCR 扩增反应参数包括 95°C 变性 7 min, 55°C 1 min, 72°C 3 min, 35 个循环; 72°C 延伸 7 min。特异性引物序列由生工 (上海) 设计, 具体序列见表 3。大肠杆菌 (CMCC 44103), 双歧杆菌 (BNCC 223780) 和乳酸杆菌 (BNCC106633) 的标准菌株稀释成不同浓度 (10<sup>4</sup> - 10<sup>9</sup>), 用于制作标准曲线。标准曲线通过菌的拷贝数和 C<sub>T</sub> 值进行绘制, 所有试验操作重复三次。

表 3 荧光定量 PCR 的引物表

Table 3 Nucleotide sequences of primers for RT-PCR

基因	上游引物 Forward primer	片段长度 (bp)	基因号
Gene	下游引物 Reverse primer	Fragment length	Genbank no.
乳酸菌	TTGGTGAAGAAGGACAAGGGTAGT	189	D16552.1
<i>Lactobacillus</i>	TTCCCCAGTTAAGCTGAAGGCT		
双歧杆菌	GCTGGTGGTAATGCCCGATG	106	AB559504.2
<i>Bifidobacterium</i>	GCCGTTAGCCCCGCCGTC		
大肠杆菌	TCAAGCTTGCCAGTATCAGATGCAG	218	AF527827.1
<i>Escherichia coli</i>	TTCAGCGGGGAGGAAGGGAGTA		

#### 1.4 数据处理及统计分析

利用7500 System Software分析Real-time PCR结果。乳中氨基酸含量的分析采用SAS程序中的Proc Mixed模块进行分析。后肠道菌群数量的分析采用SAS程序中的GLM模型进行分析，多重比较采用Duncan法。数据以平均值和标准误的形式表示， $P<0.05$ 代表差异显著。

## 2 结果

### 2.1 地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸含量的影响

如表 4 所示，ATC 不仅提高了乳中氨基酸的总量，并且提高了部分必需氨基酸（缬氨酸，蛋氨酸，赖氨酸，组氨酸和精氨酸）和部分非必需氨基酸（天冬氨酸，丝氨酸，谷氨酸和丙氨酸）的含量( $P<0.05$ )。与对照组相比，试验组乳中风味氨基酸的含量分别提高了 8.78% 和 10.87%。

表4 地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸含量的影响

Table 4. Effects of *Acremonium terricola* culture on amino acid concentrations (% of DM) in milk of dairy cows

项目 Items	处理组 Treatments			标准误 SEM	P-value
	对照组 Control	低剂量组 Low-dose	高剂量组 High-dose		
必需氨基酸 Essential AA (EAA)					
苏氨酸 Thr	1.19	1.24	1.27	0.034	0.42
半胱氨酸 Cys	0.54	0.55	0.55	0.012	0.051
缬氨酸 Val	1.62 <sup>b</sup>	1.71 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	0.011	<0.0001

蛋氨酸 Met	0.56 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.59 <sup>a</sup>	0.013	0.04
异亮氨酸 Ile	1.18	1.25	1.26	0.031	0.12
亮氨酸 Leu	3.02	3.14	2.95	0.078	0.13
苯丙氨酸 Phe	1.30	1.36	1.40	0.012	0.11
赖氨酸 Lys	2.06 <sup>c</sup>	2.20 <sup>b</sup>	2.27 <sup>a</sup>	0.016	0.0005
组氨酸 His	0.67 <sup>b</sup>	0.76 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>	0.0069	<0.0001
精氨酸 Arg <sup>Δ</sup>	0.94 <sup>c</sup>	1.04 <sup>b</sup>	1.12 <sup>a</sup>	0.0092	0.046
非必需氨基酸					
Nonessential AA (NEAA)					
天冬氨酸 Asp <sup>Δ</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.12 <sup>a</sup>	2.18 <sup>a</sup>	0.037	0.049
丝氨酸 Ser	1.44 <sup>b</sup>	1.55 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	0.016	0.02
谷氨酸 Glu <sup>Δ</sup>	5.20 <sup>b</sup>	5.71 <sup>a</sup>	5.74 <sup>a</sup>	0.061	0.001
甘氨酸 Gly <sup>Δ</sup>	0.51	0.54	0.56	0.012	0.63
丙氨酸 Ala <sup>Δ</sup>	0.91 <sup>b</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	0.013	0.01
酪氨酸 Tyr	1.35	1.38	1.38	0.029	0.11
脯氨酸 Pro	2.52	2.65	2.69	0.079	0.27
必需氨基酸 EAA	13.08 <sup>b</sup>	13.84 <sup>a</sup>	13.92 <sup>a</sup>	0.18	0.02
非必需氨基酸 NEAA	13.94 <sup>b</sup>	14.95 <sup>a</sup>	15.13 <sup>a</sup>	0.18	0.006
风味氨基酸 FAA	9.57 <sup>b</sup>	10.41 <sup>a</sup>	10.61 <sup>a</sup>	0.10	<0.0001
总氨基酸 TAA	27.02 <sup>b</sup>	28.79 <sup>a</sup>	29.05 <sup>a</sup>	0.34	0.008

Δ表示风味氨基酸<sup>[20]</sup>

a, b和c代表差异显著 ( $P<0.05$ )。

a, b and c indicated significant difference ( $P<0.05$ ).

## 2.1地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸含量的影响

ATC对奶牛后肠道大肠杆菌，乳酸菌和双歧杆菌的拷贝数量如表5所示。ATC的添加显著提高了奶牛后肠道中乳酸菌的数量，且高剂量组效果最明显 ( $P<0.0001$ )。然而，ATC对大肠杆菌和双歧杆菌的数量没有显著影响 ( $P>0.05$ )。

表5 地顶孢霉培养物对奶牛后肠道菌群数量的影响

Table 5. Effect of ATC on intestinal flora of dairy cows

项目 Items	处理组 Treatments			标准误 SEM	P-value
	对照组 Control	低剂量组 Low-dose	高剂量组 High-dose		
拷贝数 Copy numbers/g					
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i> (1×10 <sup>6</sup> )	3.72	3.67	3.20	0.21	0.18
乳酸菌 <i>Lactobacillus</i> (1×10 <sup>8</sup> )	1.39 <sup>c</sup>	2.07 <sup>b</sup>	3.17 <sup>a</sup>	0.09	<0.0001
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i> (1×10 <sup>8</sup> )	2.40	2.47	2.76	0.24	0.54

a, b和c代表差异显著 ( $P<0.05$ )。

a, b and c indicated significant difference ( $P<0.05$ ).

### 3 讨论

#### 3.1 地顶孢霉培养物对奶牛乳中氨基酸含量的影响

牛奶是最古老的天然饮料之一，被誉为“白色血液”。乳蛋白中含有人体所需的所有必需氨基酸<sup>[21]</sup>，且消化率高达 98%。牛奶深受人们欢迎，除了自身营养价值高外，很好的风味和口感也是重要原因。牛奶中的氨基酸，特别是鲜味氨基酸（谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、精氨酸和甘氨酸）与牛奶风味密切相关<sup>[20]</sup>。牛奶中氨基酸含量很高，牛奶味道鲜美的重要原因可能是因为牛奶中 5 种鲜味氨基酸的质量分数高达 30% 以上<sup>[21]</sup>。本试验中，ATC 的添加显著提高了乳中必需氨基酸和风味氨基酸的含量，在提高牛奶营养价值的同时，改善了乳风味。已有文献报道虫草饲料添加剂能够显著提高肉仔鸡肌肉中总氨基酸，必需氨基酸和风味氨基酸的含量，从而改善肉质，提高营养成分<sup>[10]</sup>，与本试验结果相似。并且许多中草药添加剂的使用也具有改善家禽肉质和风味的作用<sup>[11, 12]</sup>。ATC 对乳中氨基酸的积极调节作用可能与其本身氨基酸含量较高有关<sup>[20]</sup>。并且，有文献报道在奶牛日粮中适当补充抗氧化营养素的中草药，有助于降低牛奶中产生氧化臭味及其它不良风味，改善牛奶乳风味<sup>[22]</sup>。有大量研究证明，ATC 所含有的功能性成分具有调节动物机体免疫力，提高抗氧化能力的作用<sup>[23-25]</sup>。因此，ATC 活性成分突出的抗氧化作用也可能是其改善乳质量，提高乳风味的重要原因，但具体机制有待进一步研究。

#### 3.2 地顶孢霉培养物对奶牛后肠道粪便菌群的影响

动物肠道内各种微生物区系间的动态平衡对动物机体非常重要,家畜的健康状况与家畜本身肠道内的菌群平衡关系密切。大肠杆菌等致病菌的数量也会随着家畜肠道内的微生态平衡的破坏而显著增加,从而产生毒副作用,引起消化机能的紊乱,导致动物生长性能和消化机能的下降<sup>[26-28]</sup>。本试验中,ATC 虽然没有抑制粪便中大肠杆菌的量,但显著增加了乳酸菌的数量。Koh 等已经证明,蛹虫草提取物能够降低肉鸡小肠内沙门氏菌和大肠杆菌的数量,并增加乳酸菌的数量,从而提高其生长性能<sup>[9]</sup>,与本试验结果相似。虫草素对梭菌的选择抑制作用也有报道<sup>[8]</sup>。而本试验中,ATC 对致病菌的抑制作用不明显可能与加工工艺和成分含量不同有关,但 ATC 对益生菌的选择增殖作用同样非常重要。研究表明,有益优势菌群数量的增加能够降低病原菌或有害菌的数量。益生菌能够通过同有害菌竞争养分或吸附位点,并消耗氧气、产生抑菌物质等途径抑制致病菌等有害微生物的增殖;同时益生菌本身能够成为非特异性免疫因子,通过细菌本身或细胞壁成分刺激宿主细胞的体液免疫和细胞免疫水平来提高机体抵抗力<sup>[28]</sup>。ATC 中的功能性成分(虫草酸、虫草素和虫草多糖等)已被证明具有显著的抗炎<sup>[29]</sup>,调节免疫<sup>[30]</sup>,提高抗氧化等作用<sup>[23, 31]</sup>。因此,可以推测,ATC 的免疫增强作用与肠道益生作用相辅相成,在一定程度上提高了奶牛肠道内优势菌群数量,改善奶牛肠道内环境,保证奶牛健康。

#### 4 结论

地顶孢霉培养物能够提高乳中氨基酸含量,改善乳质量和乳风味,提高奶牛后肠道中益生菌的数量,是一种新型的虫草饲料添加剂,本试验中30 g/d添加量效果更佳理想。

#### 参考文献

- [1] Shashidhar M G, Giridhar P, Udaya Sankar K, et al. Bioactive principles from *Cordyceps sinensis*: A potent food supplement - A review[J]. Journal of Functional Foods, 2013,5(3):1013-1030.
- [2] Zhang W J, Kang S, Wei F, et al. Identification of *Cordyceps sinensis* from *Cordyceps gunnii* based on ITS analysis[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2015,35(9):1551-1555.
- [3] Zhu Z Y, Chen J, Si C L, et al. Immunomodulatory effect of polysaccharides from submerged cultured *Cordyceps gunnii*. [J]. Pharmaceutical Biology, 2012,50(9):1103-1110.
- [4] Meng X X, Zhang Z G, Liu X M, et al. Detection and analysis of some active components of *Cordyceps gunnii*[J]. Journal of Hunan University, 2002,29(1):12-13.
- [5] Fan M Z, Huang B, Li C R, et al. A new record species of the genus *Acremonium* from China[J]. Mycosystema, 1999,18:449, 1999.
- [6] 孙汉巨, 李晓祥, 丁琦, 等. 虫草饲料添加剂对蛋鸭生产性能及鸭蛋品质的影响[J]. 安徽农

业科学, 2011,39(6):3618-3620.

- [7] 魏建忠, 张玮, 李郁, 等. 地顶孢霉培养物对保育仔猪生产性能及免疫水平的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2009(2):33-35.
- [8] Ahn Y, Park S, Lee S, et al. Cordycepin: selective growth inhibitor derived from liquid culture of *cordyceps militaris* against *Clostridium spp.*[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2000,48(7):2744-2748.
- [9] Koh J H, Suh H J, Ahn T S. Hot-water extract from mycelia of *Cordyceps sinensis* as a substitute for antibiotic growth promoters[J]. Biotechnology letters, 2003,25(7):585-590.
- [10] 陈安徽, 吴海亮, 张吉贵, 等. 虫草饲料添加剂对肉仔鸡肌肉营养成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007,33(05):130-132.
- [11] 徐良梅, 陈志辉, 李仲玉, 等. 五味子提取物对高脂系肉仔鸡肉质及风味的影响: 第六次全国饲料营养学术研讨会论文集, 2010[C].
- [12] 王环宇, 单安山, 闫俊书, 等. 女贞子萃取物对AA肉仔鸡肉质风味的影响: 全国家禽营养与饲料科技研讨会, 2007[C].
- [13] Sun P, Wang J Q, Deng L F. Effects of *Bacillus subtilis natto* on milk production, rumen fermentation and ruminal microbiome of dairy cows.[J]. Animal, 2013,7(2):216-222.
- [14] AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed.[M]. Arlington, VA, USA: 2000.
- [15] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.[J]. Journal of Dairy Science, 1991,74(10):3583-3597.
- [16] Wang B, Mao S Y, Yang H J, et al. Effects of alfalfa and cereal straw as a forage source on nutrient digestibility and lactation performance in lactating dairy cows.[J]. Journal of Dairy Science, 2014,97(12):7706-7715.
- [17] Zhou X Q, Zhang Y D, Zhao M, et al. Effect of dietary energy source and level on nutrient digestibility, rumen microbial protein synthesis, and milk performance in lactating dairy cows.[J]. Journal of Dairy Science, 2015,98(10):7209-7217.
- [18] Cheng J B, Bu D P, Wang J Q, et al. Effects of rumen-protected  $\gamma$ -aminobutyric acid on performance and nutrient digestibility in heat-stressed dairy cows.[J]. Journal of Dairy Science, 2014,97(9):5599-5607.
- [19] Singh K M, Pandya P R, Tripathi A K, et al. Study of rumen metagenome community using qPCR

- under different diets[J]. *Meta Gene*, 2014,2(1):191-199.
- [20] 唐利华, 方热军, 周汝顺, 等. 不同铬源对肉鸡肌肉品质及氨基酸含量的影响[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2013,39(01):111-118.
- [21] 陆东林, 张丹凤, 刘新丽, 等. 牛奶中的氨基酸含量及其营养价值[J]. *新疆畜牧业*, 2001(4):12-14.
- [22] 顾小卫, 赵国琦, 郭鹏, 等. 牛奶风味影响因素的研究进展[J]. *乳业科学与技术*, 2010,33(02):15-18.
- [23] Deng B, Wang Z P, Tao W J, et al. Effects of polysaccharides from mycelia of *Cordyceps sinensis* on growth performance, immunity and antioxidant indicators of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2015,21(2):173-179.
- [24] Wang M, Meng X Y, Yang R L, et al. *Cordyceps militaris* polysaccharides can enhance the immunity and antioxidation activity in immunosuppressed mice.[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012,89(2):461-466.
- [25] Zhang J L, Yu Y C, Zhang Z F, et al. Effect of polysaccharide from cultured *Cordyceps sinensis* on immune function and anti-oxidation activity of mice exposed to <sup>60</sup>Co[J]. *International Immunopharmacology*, 2011,11(12):2251-2257.
- [26] 何正兴, 单昊书, 凌方正, 等. 微生物发酵蛋白饲料对肥育猪生产性能、猪肉品质及经济效益的试验分析[J]. *农业装备技术*, 2010,36(3):63-64.
- [27] 严念东, 李绍章, 魏金涛, 等. 益生菌发酵饲料对生长育肥猪生长性能及部分血液生化指标的影响[J]. *饲料工业*, 2010,31(3):30-32.
- [28] 杨朋飞, 闫素梅, 王鹏宇, 等. 饲喂微生态制剂对奶牛后肠道微生物数量及营养物质消化率的影响[J]. *饲料工业*, 2009,32(1):37-39.
- [29] Yu R, Song L, Zhao Y, et al. Isolation and biological properties of polysaccharide CPS-1 from cultured *Cordyceps militaris*[J]. *Fitoterapia*, 2004,75(5):465-472.
- [30] Koh J, Yu K, Suh H, et al. Activation of macrophages and the intestinal immune system by an orally administered decoction from cultured mycelia of *Cordyceps sinensis*[J]. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 2002,66(2):407-411.
- [31] 朴美子, 王晓东. 蛹虫草黄豆对小鼠的抗氧化及免疫作用[J]. *中国食品学报*, 2014,14(5):32-37.