

不同蛋白水平对犊牛生长、营养代谢及氨基酸消化率的影响

李 辉,刁其玉*,张乃锋

(中国农业科学院饲料研究所,北京 100081)

摘 要: 研究不同蛋白水平代乳品对哺乳期犊牛生长发育、常规营养物质消化代谢及氨基酸消化的影响。选 15 头新生健康荷斯坦犊牛分为 3 组,分别饲喂蛋白含量为 18%、22%及 26%的代乳品,记为 LP、MP 及 HP 组。结果发现,MP 组犊牛体增重高于其余 2 组($P < 0.05$),3 组犊牛的平均日增重分别为 598.10、829.52 及 628.57 g/d。3 组犊牛对日粮 DM、EE 及 Ash 的表现消化率无显著差异($P > 0.05$),而 MP 组犊牛对日粮 CP 的消化率较高($P < 0.05$)。摄入 N 和粪 N 随日粮蛋白含量增加而增多($P < 0.05$),而尿 N 不受日粮蛋白水平的影响($P > 0.05$)。MP 组犊牛对钙、磷的存留量和存留率均高于其余 2 组($P < 0.05$)。3 种代乳品的总氨基酸消化率分别为 82.73%、83.41%及 79.45%,蛋白水平对 3 组犊牛氨基酸(除丙氨酸外)消化率的影响不显著($P > 0.05$)。结果表明,蛋白含量为 22%的代乳品对犊牛的增重效果和营养物质利用率优于其余 2 组。

关键词: 犊牛; 蛋白质; 氨基酸; 代乳品; 消化率

中图分类号:S816.32

文献标识码:A

文章编号:0366-6964(2008)11-1510-07

Effect of Different Protein Levels on the Growth, Nutrient Utilization and Amino Acids Digestibility of Dairy Calves

LI Hui, DIAO Qi-yu*, ZHANG Nai-feng

(Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: This study was designed to examine the effects of different dietary protein levels on growth performance, nutrients utilization, and amino acid (AA) digestibility of early-weaning dairy calves. Fifteen healthy new born calves were randomly allotted into three experimental groups and fed three kinds of milk replacers with different protein levels (18%, 22% and 26%) respectively, labeled as LP, MP and HP group. The results showed that the body weight (BW) gain of MP group was higher than that of other groups ($P < 0.05$), the ADG of three groups were 598.10, 829.52 and 628.57 g/d, respectively. The apparent digestibility of DM, EE and Ash were no difference among three groups ($P > 0.05$), however, the apparent digestibility of CP in MP group was higher ($P < 0.05$). Intake N and Fecal N increased as dietary protein content increasing ($P < 0.05$), however, Urine N was unaffected by dietary CP levels significantly ($P > 0.05$). The retained Ca, P and expressed as a percentage of intake N in MP group were all higher than that in other groups ($P < 0.05$). The average digestibility of the total AA were 82.73%, 83.41% and 79.45% in LP, MP and HP groups, respectively, and the digestibility of amino acids(except for Ala) were no effected by CP levels ($P > 0.05$). It was concluded that milk replacer with 22% CP produced higher body weight gain and better utilization of nutrients in comparison with lower protein and higher protein contents milk replacer.

收稿日期:2007-10-22

基金项目:国家科技攻关计划子课题“奶牛营养调控及高效饲养技术研究”(2006BAD04A03-03)

作者简介:李 辉(1982-),男,山东人,博士,主要从事反刍动物生理营养研究,E-mail:lihui8228@163.com

* 通讯作者:刁其玉,博士生导师, Tel:010-82106055, E-mail:diaoqiuyu@mail.caas.net.cn

Key words: calves; protein; amino acid; milk replacer; digestibility

犊牛的培育是现代奶牛生产中所面临的最大挑战之一^[1]。在我国,传统的养殖方式一头犊牛在 60~90 d 内会消耗约 400 kg 鲜奶,这既增加了犊牛的培育成本,也不利于犊牛消化系统的发育。而利用代乳品饲喂犊牛,实施早期断奶技术,是节约鲜奶、降低培育成本、促进犊牛发育的有效培育方式。蛋白质是犊牛营养中比较昂贵的部分,蛋白质水平和来源是影响代乳品应用效果的主要因素,考虑到动物福利及过量饲喂蛋白质对环境污染带来的诸多问题,研究蛋白水平对犊牛生长发育及其对营养物质消化代谢的影响将为早期断奶犊牛的营养需要量提供数据,进而对指导生产实践有重要的现实意义^[2-3]。

NRC^[4]是世界上被广泛接受的饲养标准之一。然而,此系统中对犊牛营养需要的确定是基于幼龄犊牛的体组织组成的数据,这是否适用于现代荷斯坦犊牛的体成分有待于研究^[5]。由于环境、管理以及饲料等方面的差异,特别是欧美国家代乳品的主要成分是奶制品,在这种条件下得出 NRC 标准是否适合我国犊牛生长的特点尚未见报道。先前的研究主要侧重于日粮蛋白水平对生长性能^[2]、体成分组成^[3]等方面,并且研究结果缺乏一致性。本研究以中国荷斯坦犊牛为试验对象,分别饲喂 3 种蛋白水平的代乳品,以确定代乳品中适宜的蛋白质水平以及不同蛋白水平对犊牛生长性能、营养素利用及氨基酸消化的影响。

1 材料与方法

1.1 实验动物、日粮及管理方法

选 15 头新生荷斯坦犊牛,按体重和出生时间一致原则分成 3 组,每组 5 头。所有犊牛出生后 12 h 内饲喂 3 kg 初乳,此后 1 周内饲喂初乳和常乳,饲喂量为犊牛体重的 8%。各组犊牛 8~13 日龄为代乳品过渡期,过渡期内饲喂代乳品与牛奶的比例逐渐由 1:3 增加到 3:1。至犊牛 14 日龄只饲喂相应代乳品。

试验用代乳品日粮蛋白含量分别为 18%、22% 及 26%,记为 LP、MP 及 HP 组。代乳品用煮沸后冷却到 40~50 ℃ 的热水按干物质占 12.5% 的比例冲泡,使之成为乳液饲喂犊牛,每日分 3 次饲喂(08:30、14:00、20:30),饲喂后补充饮水。日饲喂量

为犊牛体重的 10%,并随犊牛体重增长及时调整。代乳品营养成分见表 1。

精料的饲喂采用限量饲喂法。犊牛 3 周龄时开始补饲,3~4、5~6 及 7~8 周内每头犊牛每日的饲喂量分别为 300、500 及 1 000 g,每日记录精料剩余量。干草供自由采食,每日记录采食量。试验犊牛按组分圈饲养,每头犊牛占地约 3 m²,保证牛舍的卫生,每隔 2 周用生石灰消毒牛舍。

各组犊牛在 47~56 日龄使用犊牛代谢笼进行消化代谢试验,为期 10 d。其中,前 5 d 为预饲期,后 5 d 为正式期。

采用全收粪尿法。每日分 2 次(09:00 和 16:00)收集每头犊牛排粪量,充分混匀后取总量的 10% 作为混合样品,按照每 100 g 鲜粪加入 10% 的稀盐酸 10 mL 进行固氮,-20 ℃ 冷冻保存,待测。每头牛 5 d 的粪样混合在一起,于 65 ℃ 烘箱内烘干 48 h,混合样品经粉碎后待测干物质(DM)、氮(N)、粗脂肪(EE)、灰分(ash)、钙(Ca)、磷(P)及氨基酸(AA)。

将犊牛全尿收集混匀后,按每日总量的 1% 取样,倒入尿样瓶中,用 10% 的稀盐酸调整尿样 pH 低于 3 后,立即冷冻保存,备用。尿样待测 N、Ca 和 P。

3 种代乳品、精料及干草样品的采集在正式期每天早晨饲喂前进行,5 d 的样品经粉碎、混合后储存在塑料袋中,-20 ℃ 冷冻保存,测定项目同粪样。

1.2 统计分析

生长性能数据(初始重、末重、增重及平均日增重)、常规营养物质及氨基酸消化率和 N、Ca、P 利用率等数据采用 SPSS13.0 统计处理软件 One-way ANOVA 进程进行方差分析;阶段体重采用 SPSS13.0 统计处理软件 GLM 进程进行方差分析。结果差异显著则用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果

2.1 不同蛋白水平对犊牛生长性能的影响

犊牛生长性能试验持续 42 d,各组犊牛的体重变化情况见表 2。3 组犊牛平均日增重分别达到 598.10、829.52 及 628.57 g/d,可以看出 MP 组犊牛的增重性能均显著高于其余 2 组($P < 0.05$)。图 1 为试验 2~8 周龄间,各组犊牛阶段体重变化,MP

表 1 试验日粮营养成分表
Table 1 Ingredient and chemical composition of diets

营养素 Nutrient	代乳品 Milk replacer			精料 Concentrate	干草 Hay
	LP	MP	HP		
营养成分计算值 Calculated composition					
总能 ME/(MJ/kg)	17.84	17.82	17.79	—	—
粗蛋白 CP/%	18.05	22.06	26.00	—	—
营养成分分析值/% Analyzed composition					
干物质 DM	97.36	97.21	96.79	87.39	91.60
粗蛋白 CP	17.17	21.42	25.80	21.78	6.60
粗脂肪 EE	15.02	16.12	17.04	1.72	3.60
粗灰分 Ash	8.24	7.74	7.45	6.84	4.60
钙 Ca	1.49	1.47	1.45	0.61	0.37
总磷 P	0.65	0.66	0.67	0.68	0.18
氨基酸含量(% 以干物质为基础) AA composition (% as DM basis)					
天冬氨酸 Asp	1.78	2.18	2.70	2.20	0.60
苏氨酸 Thr	0.71	0.83	0.97	0.82	0.29
丝氨酸 Ser	0.80	0.97	1.18	1.10	0.30
谷氨酸 Glu	3.00	3.65	4.47	4.20	0.72
甘氨酸 Gly	0.59	0.71	0.90	0.90	0.29
丙氨酸 Ala	0.67	0.81	1.01	1.07	0.35
缬氨酸 Val	0.80	0.95	1.16	0.99	0.36
异亮氨酸 Ile	0.75	0.92	1.13	0.89	0.25
亮氨酸 Leu	1.25	1.52	1.86	1.77	0.49
酪氨酸 Tyr	0.55	0.67	0.85	0.73	0.19
苯丙氨酸 Phe	0.77	0.93	1.18	1.04	0.28
组氨酸 His	0.59	0.67	0.80	0.67	0.25
赖氨酸 Lys	1.52	1.51	2.11	1.17	0.28
精氨酸 Arg	0.32	0.36	0.41	1.54	0.30
脯氨酸 Pro	1.21	1.47	1.83	1.23	0.37
胱氨酸 Cys	0.27	0.37	0.54	0.36	0.10
蛋氨酸 Met	0.53	0.73	1.03	0.32	0.12
色氨酸 Trp	0.87	1.06	1.28	0.22	0.15
总氨基酸 Total AA	16.95	20.30	25.38	21.19	5.67

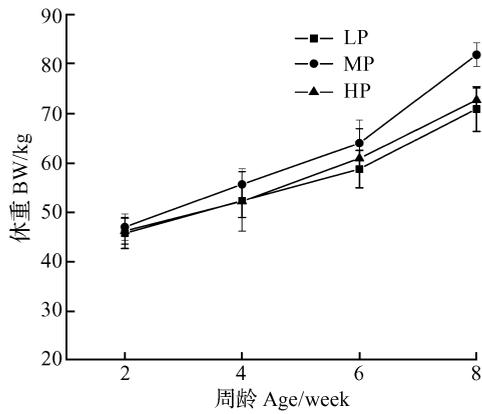
表 2 不同蛋白水平对犊牛生长性能的影响

Table 2 Effects of CP levels on growth performance of calves

变量 Variable	蛋白含量 CP content		
	LP	MP	HP
初始重/kg	45.72±3.06	46.96±2.64	46.20±2.70
末重/kg	70.84±4.50 ^b	81.80±2.39 ^a	72.60±2.47 ^b
净增重/kg	25.12±2.73 ^b	34.84±1.34 ^a	26.40±2.93 ^b
ADG/(g/d)	598.10±65.00 ^b	829.52±32.02 ^a	628.57±69.74 ^b

表中数据用平均值±标准差表示。同一行上标字母不同表明差异显著(P<0.05)。下表同

Data are expressed as mean ± SD. The values with different superscript letters in the same row are different (P<0.05). The same as below



试验 3 组分别用 LP(■)、MP(●)及 HP(▲) 来表示
Three groups were labeled by LP (■), MP (●) and HP (▲), respectively

图 1 代乳品蛋白水平对犊牛体重的影响

Fig. 1 Effects of different protein content in milk replacers on BW of calves

组犊牛自第 4 周就有体增重的优势,2~4 周龄间,HP 组犊牛的体重变化与 LP 组类似,而第 4 周龄起始 HP 组犊牛平均体重开始高于后者。

2.2 不同蛋白水平对犊牛的日粮进食量及常规营养素消化率的影响

消化试验结果表明(表 3),不同蛋白质水平的代乳品对干物质、粗脂肪和粗灰分消化率的影响均不显著($P>0.05$)。MP 组犊牛蛋白质的消化率高于其余 2 组,明显高于 HP 组犊牛($P<0.05$)。还可以看出,尽管差异不显著,采食高蛋白日粮的 HP 组犊牛对有机物的消化率有降低的趋势,而对无机物的影响不明显。

2.3 不同蛋白水平对日粮 N、Ca、P 利用率的影响

代谢试验结果表明(表 4),代乳品蛋白水平对日粮氮的利用具有显著影响($P<0.05$)。粪 N 变化规律与其进食量有关,随日粮粗蛋白含量增加而增

表 3 不同蛋白水平对常规营养素消化率的影响

Table 3 Effects of CP levels on nutrients digestibility of calves

变量 Variable	蛋白含量 CP content		
	LP	MP	HP
干物质 DM			
摄入量/(g/d)	1 874.54±199.09	2 114.94±128.79	2 019.13±148.47
吸收量/(g/d)	1 397.86±132.54	1 542.72±91.33	1 490.82±107.62
消化率/%	74.63±0.91	72.96±0.95	73.87±2.76
粗蛋白 CP			
摄入量/(g/d)	307.03±40.66 ^b	374.35±8.99 ^a	397.20±23.52 ^a
吸收量/(g/d)	235.86±29.93 ^b	291.65±11.58 ^a	280.28±23.46
消化率/%	76.86±0.99 ^a	77.89±1.24 ^a	70.52±2.91 ^b
粗脂肪 EE			
摄入量/(g/d)	134.71±3.68 ^b	157.54±4.58 ^a	161.2±3.74 ^a
吸收量/(g/d)	121.84±6.99 ^b	142.31±5.54 ^a	143.25±7.85 ^a
消化率/%	90.40±2.82	90.31±1.12	88.82±2.80
粗灰分 Ash			
摄入量/(g/d)	129.27±13.47	140.60±5.99	133.18±8.92
吸收量/(g/d)	71.40±4.64 ^b	84.72±4.25 ^a	77.03±7.03 ^{ab}
消化率/%	55.46±3.91	60.28±2.42	57.79±1.83

加。犊牛尿 N 的排泄规律与粪 N 不同,尽管无统计学显著差异($P>0.05$),MP 组的犊牛尿 N 的排出量低于 LP 及 HP 组的犊牛。N 的存留量以 MP 组为高,显著高于 LP 组($P<0.05$),导致 MP 组犊牛体内存留 N 占摄入 N 或吸收 N 的比例均高于 HP 或 LP 组($P<0.05$)。

从结果还可以看出,MP 组犊牛粪及尿中钙、磷的排出量均低于其余 2 组,因此导致 MP 组中钙、磷的存留量和存留率均高于 LP 或 HP 组($P<0.05$)。

2.4 不同蛋白水平对日粮氨基酸消化率的影响

蛋白水平对日粮氨基酸消化率的影响见表 5。MP 组犊牛对丙氨酸的消化率显著高于 HP 组($P<$

表 4 不同蛋白水平对 N、Ca、P 利用率的影响
Table 4 Effects of different CP levels on N, Ca and P utilizations of calves

变量 Variable	蛋白含量 CP content		
	LP	MP	HP
氮 N			
摄入 N/(g/d)	49.12±6.51 ^b	59.90±1.44 ^a	63.55±3.76 ^a
粪 N/(g/d)	11.39±1.80 ^b	13.23±0.42 ^b	18.71±1.86 ^a
尿 N/(g/d)	16.47±0.96	13.90±2.08	18.87±3.85
吸收 N/(g/d)	37.74±4.79 ^b	46.66±1.85 ^a	44.84±3.75 ^a
存留 N/(g/d)	21.27±5.18 ^b	32.76±2.99 ^a	25.97±0.74 ^c
存留 N/吸收 N/%	55.78±7.27 ^b	70.16±4.74 ^a	58.20±5.26 ^b
存留 N/摄入 N/%	42.87±5.58 ^b	54.66±4.20 ^a	41.00±3.30 ^b
钙 Ca			
摄入 Ca/(g/d)	16.72±1.19	18.36±0.48	17.73±0.77
粪 Ca/(g/d)	7.99±0.54 ^a	5.84±0.68 ^b	7.73±1.01 ^a
尿 Ca/(g/d)	2.31±0.37 ^a	1.96±0.42	1.35±0.51 ^b
存留 Ca/(g/d)	6.42±0.30 ^c	10.55±0.31 ^a	8.65±1.17 ^b
存留 Ca/摄入 Ca/%	38.47±1.17 ^c	57.48±1.01 ^a	48.68±4.61 ^b
磷 P			
摄入 P/(g/d)	10.51±1.32	11.73±0.25	11.47±0.75
粪 P/(g/d)	3.06±0.21 ^a	2.83±0.39 ^b	3.76±0.53 ^a
尿 P/(g/d)	4.02±0.55 ^a	0.73±0.04 ^c	2.35±0.22 ^b
存留 P/(g/d)	3.42±0.75 ^c	8.17±0.23 ^a	5.37±0.94 ^b
存留 P/摄入 P/%	32.30±3.48 ^c	69.67±3.04 ^a	46.64±6.14 ^b

表 5 不同蛋白水平对日粮氨基酸消化率的影响
Table 5 Effects of different CP levels on AA digestibility of calves

变量 Variable	蛋白含量 CP content		
	LP	MP	HP
必需氨基酸 NAA			
赖氨酸 Lys	84.48±1.25	84.27±1.60	82.68±2.44
蛋氨酸 Met	84.16±0.97	86.94±2.04	85.08±1.88
苏氨酸 Thr	78.09±1.62	78.11±2.32	73.03±3.26
精氨酸 Arg	86.64±0.20	86.53±2.15	81.64±4.14
组氨酸 His	66.27±2.94	63.81±2.06	63.14±4.42
苯丙氨酸 Phe	82.55±0.60	84.34±2.55	78.74±4.32
缬氨酸 Val	78.67±1.07	78.98±2.80	74.79±3.46
异亮氨酸 Ile	80.06±0.97	81.06±2.81	76.40±3.70
亮氨酸 Leu	82.33±1.06	82.90±2.52	78.05±4.07
色氨酸 Trp	94.18±1.24	95.77±0.72	93.11±1.91
非必需氨基酸 UNAA			
天冬氨酸 Asp	82.76±0.94	83.48±2.56	79.72±3.38
丝氨酸 Ser	83.82±1.09	84.12±2.12	79.26±3.30
谷氨酸 Glu	87.65±0.93	88.09±1.86	84.10±3.40
甘氨酸 Gly	77.30±0.97	77.41±3.02	73.42±3.10
丙氨酸 Ala	72.41±1.44 ^b	73.95±2.91 ^a	67.79±3.59 ^b
酪氨酸 Tyr	81.84±0.53	84.26±2.65	78.68±4.03
胱氨酸 Cys	72.42±1.89	76.08±6.72	74.13±5.32
脯氨酸 Pro	88.57±1.64	89.44±1.90	85.81±2.94
总氨基酸 TAA	82.73±0.97	83.41±2.23	79.45±3.22

0.05),除此之外 3 组犊牛对日粮中其他氨基酸的表观消化率均无显著影响($P>0.05$),然而,数值上 MP 组犊牛的氨基酸消化率有提高的趋势,HP 组最低。3 组犊牛对必需氨基酸的消化利用均以组氨酸的消化率最低而色氨酸最高;而对于非必需氨基酸,以丙氨酸和胱氨酸的消化率最低,脯氨酸最高。LP、MP 和 HP 组对日粮总氨基酸的消化率分别为 82.73%、83.41% 和 79.45%,但统计分析差异不显著($P>0.05$)。

3 讨 论

3.1 不同蛋白水平对犊牛生长性能的影响

关于日粮蛋白水平对犊牛生长性能的影响前人已有报道,Blome 等^[2]认为犊牛日增重随日粮蛋白水平增加而上升,Donnelly 和 Hutton 利用乳蛋白代乳品饲喂犊牛获得了类似结果^[6]。Brosh 等^[7]报道饲喂高蛋白日粮犊牛的体增重高于饲喂中蛋白或低蛋白日粮的犊牛,这是由于提高了日粮中蛋白和能量利用率的结果^[8-9]。然而,亦有研究者认为日粮中不同蛋白水平对生长犊牛体重变化无显著影响^[10-11]。本研究中,犊牛代乳品的蛋白质来源主要是植物性的,饲喂量按体重的固定比例进行,随犊牛体重增长而逐渐调整;试验期内 18%蛋白组犊牛体重低于其余 2 组的主要原因应该是由于日粮中的蛋白质满足不了动物需要,而进食 26%蛋白水平代乳品的犊牛并没有表现出更高的体增重,这说明本试验条件下 22%蛋白水平的代乳品适合犊牛的生长发育,这一结果将为植物性蛋白代替动物蛋白在犊牛代乳品中的利用提供科学依据。

3.2 不同蛋白水平对日粮营养素消化利用的影响

本研究中采食不同蛋白水平代乳品的犊牛对干物质的表观消化率在 72.96%~74.63%之间,与 Krishna Mohan 等^[12]报道的结果(68.6%~74.4%)以及 Babu 等^[1]利用杂交犊牛获得的值(68.14%~72.03%)接近。日粮的合理组成,各种营养素均衡的一个标志是营养物质的利用率提高,本研究中采食蛋白水平为 22%代乳品的犊牛对主要营养素的消化和代谢均高于 18%和 26%蛋白组,这可能是由于低蛋白水平不能满足犊牛的正常需要,而饲喂高蛋白的犊牛难以有效利用日粮中的过量蛋白质^[13-14]所致。

本研究中粪 N 的排出量随日粮蛋白水平增加而增加,这与 Pattanaik 等^[15]报道结果一致;有报道

认为尿 N 的排出量与进食量呈现明显的正相关^[16],而本试验中日粮蛋白水平对尿 N 排出量的影响不显著,但存在着高蛋白日粮尿 N 排出较高的趋势,这符合蛋白质分解排泄的基本规律,当蛋白质供给超过机体的接受能力,便通过粪和尿排出体外,故日粮蛋白质水平过高,既不利于动物生长,同时可导致环境的 N 污染。本研究中日粮 Ca、P 的利用率以 22%蛋白水平组为高,这与前人报道日粮蛋白水平不影响钙、磷利用率的结果不一致^[3,11]。从整个日粮的有机和无机营养素组成分析,采食 22%蛋白水平代乳品的犊牛能够有效利用日粮蛋白质,进而提高犊牛对营养物质的利用,同时促进动物更快速地生长。

3.3 不同蛋白水平对日粮氨基酸消化率的影响

关于犊牛的氨基酸消化研究少有报道,远少于在猪禽等单胃动物上开展的研究^[17]。有报道认为赖氨酸和含硫氨基酸分别是生长犊牛的第一、第二限制性氨基酸^[18-19]。亦有部分学者提出了生长犊牛对氨基酸的需要模型^[19]。然而,必须明确的是采用代乳品进行限制性饲喂的犊牛对氨基酸的需要可能与快速育肥猪或以高采食量饲养的肉犊牛不同^[17]。本研究中犊牛采食蛋白水平分别为 18%、22%和 26%的代乳品对日粮总氨基酸的消化率分别为 82.73%、83.41% 和 79.45%,稍低于 Wang 等^[20]报道的数据。本试验中犊牛对各种必需氨基酸的消化率以组氨酸最低(63.14%)、色氨酸最高(95.77%),这为犊牛的氨基酸代谢研究提供了参考依据。本研究中尽管 3 组犊牛对日粮中多数氨基酸的消化率无显著差异,但数值上 MP 组最高、HP 组最低,因而可以看出适宜蛋白水平有利于氨基酸的消化和吸收,而高蛋白水平不利于犊牛对氨基酸的利用。

4 小 结

4.1 代乳品蛋白水平对犊牛机体内营养物质的消化有一定影响,本试验条件下,饲喂 22%蛋白水平代乳品的犊牛获得了较好的生长性能和营养物质消化率,因此对哺乳期犊牛,代乳品中的蛋白质以 22%为好。

4.2 蛋白质水平对犊牛总氨基酸消化率的影响不显著,但存在随日粮蛋白水平升高消化率降低的趋势;不同氨基酸的消化率有显著的差异。

4.3 合理的蛋白质水平,有利于促进动物对钙和磷

的消化吸收。

参考文献:

- [1] BABU L K, PANDEY H N, SAHOO A. Effect of individual versus group rearing and feeding of different levels of milk and skim milk on nutrient utilization in crossbred calves [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2003, 16(10):1 455-1 459.
- [2] BLOME R M, DRACKLEY J K, MCKEITH F K, et al. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein [J]. *J Anim Sci*, 2003, 81: 1 641-1 655.
- [3] LOHAKARE J D, PATTANAIK A K, KHAN S A. Effect of dietary protein levels on the performance, nutrient balances, metabolic profile and thyroid hormones of crossbred calves [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2006, 19(11):1 588-1 596.
- [4] Nutrient requirements of dairy cattle [M]. 7th ed. Washington DC, USA, National Academy of Sciences. National Research Council Publication, 2001: 214-233.
- [5] BARTLETT K S, MCKEITH F K, VANDEHAAR M J, et al. Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates [J]. *J Anim Sci*, 2006, 84:1 454-1 467.
- [6] DONNELLY P E, HUTTON J B. Effects of dietary protein and energy on the growth of Friesian bull calves. I. Food uptake, growth and protein requirements [J]. *N Z J Agric Res*, 1976a, 19:289-297.
- [7] BROSH A, AHARONI Y, LEVY D, et al. Effect of dietary protein concentration and source on the growth rate and on body composition of Holstein-Friesian male calves [J]. *Anim Sci*, 2000, 70:527-536.
- [8] SINGH R K, VERMA D N, HUSAIN H Q. Estimating the requirement of protein for maintenance and growth of female buffalo calves [J]. *J Anim Nutr*, 1994, 11:97-100.
- [9] VREMA D N. Studies on protein requirement of buffalo calves [J]. *Buffalo Bulletin*, 1998, 17:10-13.
- [10] GONZALEZ F, ELIAS A, URQUIZA V. Effect of different protein levels on the feed of grazing calves [J]. *Cuban J Agric Sci*, 1990, 24:159-164.
- [11] SENGAR S S, JOSHI D C, JOHRI S B. Effect of feeding different levels of protein on nutrient utilization and growth in male buffalo calves [J]. *Indian J Anim Nutr*, 1985, 2:27-30.
- [12] KRISHNA MOHAN D V G, DAS D R, RANJHAN S K. Performance of young crossbred calves fed different levels of milk and different types of calf starters. 3. Growth, feed efficiency and cost of feeding calves from birth to three months of age [J]. *Indian J Dairy Sci*, 1987, 40:18-22.
- [13] 罗献梅,陈代文,张克英.不同理想蛋白质水平对生长猪氮代谢的影响[J].*养猪*, 2000, (4):6-8.
- [14] 张金枝,王津,翁经强,等.杜洛克生长猪理想氨基酸平衡的研究[J].*浙江农业大学学报*, 1996, 22(1): 85-88.
- [15] PATTANAIK A K, SASTRY V R B, KATIYAR R C, et al. Influence of grain processing and dietary protein degradability on nitrogen metabolism, energy balance and methane production in young calves [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2003, 16(10):1 443-1 450.
- [16] DABIRI N, THONNEY M L. Source and level of supplemental protein for growing lambs [J]. *J Anim Sci*, 2004, 82:3 237-3 244.
- [17] DAVIS C L, DRACKLEY J K. The development, nutrition, and management of the young calf [M]. Ames: Iowa State University Press, 1998: 207-257.
- [18] TZENG D, DAVIS C L. Amino acid nutrition of the young calf. Estimation of methionine and lysine requirements [J]. *J Dairy Sci*, 1980, 63:441-450.
- [19] WILLIAMS A P, HEWITT D. The amino acid requirements of the preruminant calf [J]. *Br J Nutr*, 1979, 41:311-319.
- [20] WANG J F, WANG M, LIN D G, et al. The effect of source of dietary fiber and starch on ileal and fecal amino acid digestibility in growing pigs [J]. *Asian-Aust J Anim Sci*, 2006, 19(7):1 040-1 046.