

不同蛋白质源组合代乳品对荷斯坦公犊生长性能、营养物质表观消化率和屠宰性能的影响

杨 磊^{1,2} 刘云龙² 屠 焰² 马延鑫³ 付 彤³ 毕研亮² 刁其玉² 成述儒^{1*}

(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,奶牛营养学

北京市重点实验室,北京 100081;3.河南农业大学牧医工程学院,郑州 450002)

摘 要: 本试验旨在研究不同蛋白质源组合代乳品对荷斯坦公犊生长性能、营养物质表观消化率和屠宰性能的影响。将64头新生荷斯坦公犊随机分为4组,每组16头,分别饲喂4种不同蛋白质源组合代乳品,代乳品蛋白质源主要为乳源蛋白(MP)、大豆分离蛋白(SPI)、大米分离蛋白(RPI)、小麦水解蛋白(WPH)。各组代乳品中蛋白质源组合如下:A组,30%MP+70%SPI;B组,30%MP+40%SPI+20%RPI+10%WPH;C组,30%MP+10%SPI+20%RPI+40%WPH;D组,30%MP+10%SPI+40%RPI+20%WPH。试验期63 d。犊牛于7、28、56日龄晨饲前进行体重及体尺指标测量,在28~34日龄及57~63日龄进行2期消化代谢试验,64日龄时进行屠宰试验。结果显示:1)28日龄时,各组之间体重和体尺指标差异均不显著($P>0.05$);56日龄时,B组犊牛体重、十字部高、腹围显著高于A组($P<0.05$);29~42日龄时,B组饲料转化率显著优于A组($P<0.05$)。2)28日龄时,A组粗蛋白质表观消化率显著高于C和D组($P<0.05$);56日龄时,A组粗蛋白质表观消化率有显著高于B组的趋势($P=0.065$);干物质、粗蛋白质表观消化率随日龄的增加而升高。3)各组犊牛屠宰率及器官指数无显著差异($P>0.05$)。综上所述,在本试验条件下,30%MP+40%SPI+20%RPI+10%WPH组合代乳品(总蛋白质中,球蛋白、谷蛋白、清蛋白、醇溶蛋白的比例分别为34%、18%、9%、4%)相较于其他蛋白质源组合代乳品可使犊牛获得更好的生长性能。

关键词: 犊牛;蛋白质源组合;代乳品;生长性能;营养物质表观消化率;屠宰性能

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)05-2218-10

犊牛阶段是牛在生长发育过程中至关重要的一个阶段,也是整个牛群的起步阶段。犊牛的健康成长是保证后备牛体况及降低成本的必要条件。目前生产中犊牛的液体饲料来源主要有常乳、代乳品、酸化乳等,与其他液体饲料相比,代乳品已经成为现代、集约化犊牛培育中重要的饲料,而蛋白质作为代乳品中最为重要的营养素之一,其来源和组成直接影响代乳品的品质及犊牛培育的成本。乳源蛋白和植物蛋白常作为犊牛代乳品

的蛋白质来源。乳源蛋白属于优质蛋白质,是犊牛所能利用的最佳蛋白质来源^[1],但由于我国乳源蛋白缺乏,价格不断走高,寻求乳源蛋白替代品得到越来越多的关注。植物蛋白来源广泛且价格低廉,可作为代乳品中蛋白质的来源^[2],以植物蛋白生产的代乳品可促进犊牛瘤网胃发育,提高犊牛的免疫机能和健康状况^[3]。不同来源植物蛋白,营养特点存在差异,在未经过处理和营养平衡的前提下,植物蛋白相较于乳源蛋白而言有消化

收稿日期:2019-11-23

基金项目:奶牛产业技术体系北京市创新团队(BAIC06-2019);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2017-FRI-04);中国农业科学院基本科研业务费专项“基于双蛋白应用的犊牛羔羊配方代乳品关键技术开发与应用”(Y2018YJ08-3)

作者简介:杨 磊(1994—),男,甘肃会宁人,硕士研究生,从事动物遗传育种与繁殖专业研究。E-mail: 1782620979@qq.com

* 通信作者:成述儒,副教授,硕士生导师,E-mail: chengsr@gsau.edu.cn

率低且含抗营养因子等不利因素^[4],且单一植物蛋白的蛋白质组分、氨基酸组成不平衡,不能满足动物营养需要,限制了犊牛对其蛋白质的利用。在此方面前人的研究多集中于对单一植物蛋白的研究,且研究多侧重于对犊牛生长性能、营养物质消化率、胃肠道发育及免疫等方面,而对2种及以上蛋白质源组合效果的研究较少。研究显示,植物蛋白通过改性技术并在饲料配方中对氨基酸平衡进行调控,以大豆分离蛋白、小麦水解蛋白及大米分离蛋白为代乳品蛋白质源部分替代乳源蛋白饲喂犊牛后,能够达到与乳源蛋白相近的饲喂效果^[5]。Reath等^[6]研究发现,在主要必需氨基酸组成保持一致的基础上,由不同植物蛋白组合而成的代乳品对犊牛的饲养效果不同,说明除了氨基酸组成外,不同植物蛋白还具有不同功能。本试验基于团队成员黄开武^[7]的研究,在固定代乳品中乳源蛋白比例的基础上,拟对3种植物蛋白的组合进行研究,进一步探究更加适合犊牛营养需求的植物蛋白组合,从蛋白质组层面优化植物蛋白组合方式,为犊牛代乳品的配制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

选取64头饲喂初乳且健康的犊牛,依照初生重和出生日期一致原则随机分成4组,每组16头,在7日龄时,各组犊牛体重差异不显著($P>0.05$),平均体重为 (38.6 ± 0.3) kg。

1.2 试验设计与试验饲料

试验采取单因素试验设计。以3种植物蛋白[大豆分离蛋白(SPI)、大米分离蛋白(RPI)、小麦水解蛋白(WPH)]和乳源蛋白作为代乳品的蛋白质来源,配制4种不同蛋白质源组合的代乳品。各组代乳品中蛋白质源组合如下:A组,30%乳源蛋白+70%大豆分离蛋白;B组,30%乳源蛋白+40%大豆分离蛋白+20%大米分离蛋白+10%小麦水解蛋白;C组,30%乳源蛋白+10%大豆分离蛋白+20%大米分离蛋白+40%小麦水解蛋白;D组,30%乳源蛋白+10%大豆分离蛋白+40%大米分离蛋白+20%小麦水解蛋白。代乳品中各蛋白质组分占总蛋白质的比例见表1,代乳品的营养水平见表2。各组饲喂相同的开食料,开食料组成及营养水平见表3。试验期63 d。

表1 代乳品中各蛋白质组分占总蛋白质的比例(干物质基础)

Table 1 Proportions of different protein components to total protein in milk replacer (DM basis)		%			
项目 Items		组别 Groups			
		A	B	C	D
乳蛋白+晶体氨基酸	Lactoprotein+crystal amino acid	29	28	29	28
球蛋白	Globulin	55	34	13	13
醇溶蛋白	Prolamin		4	11	7
谷蛋白	Glutelin		18	25	35
清蛋白	Albumin	7	9	17	11
其他蛋白	Other proteins	9	7	5	5

表2 代乳品的营养水平(干物质基础)

Table 2 Nutrient levels of milk replacers (DM basis)		%			
营养水平 Nutrient levels		组别 Groups			
		A	B	C	D
干物质(风干基础)	DM (air-dry basis)	94.46	94.53	94.76	94.90
粗蛋白质	CP	26.49	26.22	26.39	26.16
消化能	DE/(MJ/kg)	13.75	13.36	12.79	13.67
粗脂肪	EE	12.68	12.46	12.74	13.12
粗灰分	Ash	4.95	4.87	4.59	4.57

续表 2

营养水平 Nutrient levels	组别 Groups			
	A	B	C	D
钙 Ca	0.92	1.02	1.13	1.03
磷 P	1.92	1.96	1.89	1.87
赖氨酸 Lys	1.57	1.38	1.51	1.41
苏氨酸 Thr	1.28	1.26	1.31	1.24
蛋氨酸 Met	0.88	0.90	0.96	0.92
必需氨基酸 EAA	10.29	10.44	10.46	10.79
非必需氨基酸 NEAA	14.11	15.53	16.45	16.95

除消化能为参照刘洁^[8]的方法计算外,其余营养水平均为实测值。表 3 同。
DE was calculated according to Liu^[8], while the other nutrient levels were measured values. The same as Table 3.

表 3 开食料组成及营养水平(干物质基础)
Table 3 Nutrient levels and composition of the starter (DM basis)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
蒸汽压片玉米 Steam-flaked corn	20.0
玉米 Corn	30.0
豆粕 Soybean meal	20.0
麸皮 Wheat bran	14.0
糖蜜 Molasses	3.2
大豆皮 Soybean hull	4.8
进口干酒糟及其可溶物 Imported DDGS	4.0
预混料 Premix	4.0
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels	
干物质(风干基础) DM (air-dry basis)	89.59
粗蛋白质 CP	18.90
消化能 DE/(MJ/kg)	12.51
粗脂肪 EE	3.39
粗灰分 Ash	5.78
钙 Ca	1.25
磷 P	1.93
中性洗涤纤维 NDF	16.11
酸性洗涤纤维 ADF	8.32

预混料为每千克开食料提供 The premix provided the following per kg of the starter: VA 15 000 IU, VD 5 000 IU, VE 50 mg, VK 34 mg, VB₁ 8 mg, VB₂ 7.2 mg, VB₅ 80 mg, VB₆ 8 mg, VB₁₂ 0.04 mg, 生物素 biotin 0.6 mg, 叶酸 folic acid 4.0 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 22 mg, 烟酸 nicotinic acid 20 mg, Fe 90 mg, Cu 12.5 mg, Mn 30 mg, Zn 90 mg, Se 0.3 mg, I 1.0 mg。

1.3 饲养管理

饲养试验于 2018 年 9—12 月在河南省许昌市

河南农业大学动物科学与动物医学教学实践基地进行。犊牛进场前对犊牛岛进行消毒,犊牛到场后空腹称重,佩戴耳标,置于犊牛岛(4.7 m×1.5 m)内单栏饲养,每个犊牛岛提供清洁的水桶和料槽,每周定期清粪及消毒。1~7 日龄为代乳品过渡期,饲喂代乳品与牛奶的比例由 1:3 逐渐增加到 3:1,至犊牛 7 日龄时全部饲喂试验设计的代乳品。代乳品按犊牛体重的 1.2%(干物质基础)饲喂,并根据犊牛体重增长及时调整。将沸水冷却至 50 ℃左右,与代乳品按 7:1(质量比)的比例混合并充分搅拌,形成乳液后,待温度降至 39~40 ℃时饲喂犊牛。犊牛在 21 日龄前每日饲喂 3 次(07:00、12:30、18:00),21 日龄后每日饲喂 2 次(07:00、18:00)。14 日龄时饲喂开食料,自由采食,自由饮水。每天记录投喂量和剩料量,计算干物质采食量(DMI)。

1.4 样品采集及方法

1.4.1 饲粮样品

试验期间每天采集代乳品和开食料样品,样品混匀后储存于自封袋里,-20 ℃冷冻保存,待测。

1.4.2 粪样和尿样

每组选取 6 头接近该组平均体重且健康的犊牛,采用全收粪尿法在 28~34 日龄和 57~63 日龄进行 2 期消化代谢试验,每期包含预试期 3 d,正试期 3 d。详细记录每头犊牛每天的排粪量和排尿量。采集排粪总量的 10%作为混合样品,然后每 100 g 鲜粪中加入 10%的稀盐酸 10 mL 固氮;每头犊牛每天的排尿全部收集混匀后,按每日总量的 1%取样,倒入尿样瓶中,用 10%的稀盐酸调

至 $\text{pH} \leq 3$, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷冻保存待测。

1.4.3 组织器官

试验结束后进行屠宰试验,每组选取接近平均体重的6头健康犊牛,早晨空腹称重后颈静脉放血屠宰,屠宰后称量并记录各个器官鲜重,用于计算器官指数。

1.5 指标测定与方法

1.5.1 生长性能

分别称量犊牛7、28、56日龄的体重,同时测量犊牛的体高、十字部高、体斜长、腹围、胸围,并计算平均日增重(ADG)、饲料转化率(FCR)。

1.5.2 营养物质含量

饲料样品和粪样中干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、粗灰分(Ash)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、钙(Ca)、磷(P)的含量均参照AOAC(2010)^[9]的方法测定,其中干物质含量通过将风干样品在 $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥2h测定(AOAC Official Method 930.15),粗蛋白质含量使用Kjeltec-8420 FOSS自动蛋白质测定仪测定(AOAC Official Method 942.05),粗脂肪含量使用ANKOM-XT15i全自动脂肪分析仪测定(AOAC Official Method 920.39),粗灰分含量使用马弗炉测定(AOAC Official Method 938.08),中性洗涤纤维(AOAC Official Method 2002.04)和酸性洗涤纤维(AOAC Official Method 973.18)含量使用纤维消煮炉测定,钙含量使用TAS-986S型原子吸收光谱仪测定(AOAC Official Method 927.02),磷含量使用MA-PADA UV-6100PC紫外可见分光光度计测定(AOAC Official Method 965.17)。代乳品中氨基酸组成采用氨基酸自动分析仪(S-433D, SYKAM)进行测定^[10]。

1.5.3 营养物质表观消化率

营养物质表观消化率的计算公式为:

$$\text{某营养物质表观消化率}(\%) = 100 \times \left[\frac{\text{食入该营养物质质量}(\text{g}) - \text{粪中该营养物质质量}(\text{g})}{\text{食入该营养物质质量}(\text{g})} \right]$$

1.5.4 屠宰性能及器官指数

屠宰率及各个器官指数的计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{屠宰率}(\%) &= 100 \times \frac{\text{胴体重}(\text{kg})}{\text{宰前活重}(\text{kg})}; \\ \text{器官指数}(\%) &= 100 \times \frac{\text{器官鲜重}(\text{kg})}{\text{宰前活重}(\text{kg})}. \end{aligned}$$

1.6 统计分析

用SAS 9.4软件分析试验数据,营养物质表观

消化率、屠宰率数据采用 one-way ANOVA 模型进行方差分析,差异显著时用 Duncan 氏法进行多重比较;生长性能数据用有重复测量数据的 MIXED 模型,差异显著时以最小显著差数(LSD)法进行两两比较,统计分析以 $P < 0.05$ 为差异显著, P 值在 $0.05 \sim 0.10$ 为有差异显著趋势。

2 结果

2.1 犊牛体重、ADG、DMI 和 FCR

由表4可知,在7日龄时,各组犊牛体重均在38 kg左右,差异不显著($P > 0.05$);至28日龄时,B组体重在数值上高于其他3组,但差异不显著($P > 0.05$);至56日龄时,B组体重显著高于A组($P < 0.05$),与B、C组差异均不显著($P > 0.05$);试验全期(7~56日龄)体重各组间差异不显著($P > 0.05$),但在数值上B组比A、C、D组分别高出2.4、2.0和2.1 kg。试验全期ADG各组之间差异均不显著($P > 0.05$);29~56日龄期间,B组ADG在数值上较A、C、D组分别高于12.8%、3.8%、4.9%。试验全期DMI各组之间差异均不显著($P > 0.05$)。试验全期以及15~28日龄、43~56日龄期间,各组FCR差异不显著($P > 0.05$);29~42日龄期间,A组FCR显著高于C组($P < 0.05$)。

2.2 犊牛体尺指标

由表5可知,7和28日龄时,各项体尺指标在各组之间均无显著差异($P > 0.05$)。56日龄时,B组十字部高显著高于A组($P < 0.05$),与C、D组差异不显著($P > 0.05$),A组与C、D组差异也不显著($P > 0.05$);B组腹围显著高于A、C、D组($P < 0.05$),A、C、D组之间差异不显著($P > 0.05$);体高、体斜长各组之间差异均不显著($P > 0.05$);胸围组间有差异显著趋势($P = 0.079$),B组有显著高于A组的趋势。各项体尺指标平均值各组之间差异均不显著($P > 0.05$)。

2.3 犊牛营养物质表观消化率

由表6可知,28日龄时,干物质、粗脂肪、钙、磷的表观消化率差异均不显著($P > 0.05$),但钙的表观消化率组间有差异显著趋势($P = 0.070$),以A组最高、B组次之、C组最低;粗蛋白质表观消化率表现为A组显著高于C、D组($P < 0.05$),A、B组之间差异不显著($P > 0.05$),B组与A、B、C组的差异均不显著($P > 0.05$)。56日龄时,干物质、粗蛋白质、粗脂肪、钙、磷、中性洗涤纤维、酸性洗涤

纤维的表观消化率各组之间差异均不显著 ($P>0.05$), 但粗蛋白质表观消化率组间有差异显著趋势 ($P=0.065$), 以 A 组最高, B 组最低。

表 4 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛体重、ADG、DMI 和 FCR 的影响

Table 4 Effects of different protein source combination milk replacers on body weight, ADG, DMI and FCR of calves

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
	A	B	C	D		处理 Treatment	日龄 Day of age	处理×日龄 Treatment× day of age
体重 Body weight/kg								
7~56 日龄 7 to 56 days of age	51.9	54.3	52.3	52.2	1.05	0.392	<0.001	0.113
7 日龄 7 days of age	38.6	38.8	38.8	38.9	0.51	0.834		
28 日龄 28 days of age	46.8	50.2	47.7	47.7	0.67	0.120		
56 日龄 56 days of age	67.0 ^a	73.4 ^b	70.0 ^{ab}	69.8 ^{ab}	1.04	0.004		
平均日增重 ADG/(g/d)								
7~56 日龄 7 to 56 days of age	591.8	693.8	644.3	618.8	20.46	0.118	<0.001	0.085
7~28 日龄 7 to 28 days of age	416.7	513.6	440.5	439.3	23.19	0.263		
29~56 日龄 29 to 56 days of age	723.2	829.1	797.2	788.3	24.36	0.105		
干物质采食量 DMI/(g/d)								
15~56 日龄 15 to 60 days of age	1 018.0	1 050.0	1 022.9	1 041.9	33.45	0.196	<0.001	0.452
15~28 日龄 15 to 28 days of age	407.5	501.7	420.9	356.2	28.73	0.073		
29~42 日龄 29 to 42 days of age	759.7	953.3	824.9	754.2	35.74	0.202		
43~56 日龄 43 to 56 days of age	1 425.5	1 544.3	1 443.8	1 468.2	41.04	0.195		
饲料转化率 FCR								
15~56 日龄 15 to 56 days of age	1.7	1.7	1.6	1.7	0.03	0.578	<0.001	0.887
15~28 日龄 15 to 28 days of age	1.2	1.1	1.2	1.2	0.06	0.583		
29~42 日龄 29 to 42 days of age	2.5 ^a	2.0 ^{ab}	1.8 ^b	2.0 ^{ab}	0.16	0.009		
43~56 日龄 43 to 56 days of age	2.3	2.1	2.0	2.0	0.10	0.215		

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下表同。
Values in the same row with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 5 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛体尺指标的影响

Table 5 Effects of different protein source combination milk replacers on body size indices of calves cm

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
	A	B	C	D		处理 Treatment	日龄 Day of age	处理×日龄 Treatment× day of age
体高 Withers height								
7 日龄 7 days of age	74.9	75.1	75.5	75.2	0.36	0.913		
28 日龄 28 days of age	78.3	78.8	78.0	77.3	0.27	0.237		
56 日龄 56 days of age	84.7	86.4	85.4	85.6	0.28	0.173		
平均值 Average	79.2	80.6	79.8	79.7	0.43	0.390	<0.001	0.870
十字部高 Hip height								
7 日龄 7 days of age	78.1	78.9	78.6	78.6	2.48	0.813		

续表 5

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value		
						处理 Treatment	日龄 Day of age	处理×日龄 Treatment× day of age
	A	B	C	D				
28 日龄 28 days of age	81.3	82.9	82.1	82.0	1.51	0.138		
56 日龄 56 days of age	89.3 ^b	91.7 ^a	90.1 ^{ab}	90.3 ^{ab}	0.12	0.026		
平均值 Average	83.2	84.9	83.9	83.8	0.47	0.425	<0.001	0.756
体斜长 Body length								
7 日龄 7 days of age	75.8	74.9	75.4	74.4	2.37	0.880		
28 日龄 28 days of age	81.8	82.1	81.6	81.9	2.33	0.081		
56 日龄 56 days of age	89.6	90.8	89.9	89.7	2.24	0.076		
平均值 Average	83.1	83.1	82.7	82.6	0.58	0.908	<0.001	0.929
腹围 Abdominal girth								
7 日龄 7 days of age	75.4	77.6	78.0	77.1	2.50	0.056		
28 日龄 28 days of age	88.2	92.4	88.5	88.2	2.75	0.166		
56 日龄 56 days of age	110.1 ^b	115.7 ^a	110.6 ^b	110.2 ^b	2.65	0.028		
平均值 Average	91.3	95.2	92.3	91.9	1.22	0.226	<0.001	0.502
胸围 Heart girth								
7 日龄 7 days of age	79.7	80.1	79.8	79.5	1.86	0.848		
28 日龄 28 days of age	85.2	86.5	85.6	85.9	2.01	0.489		
56 日龄 56 days of age	98.8	102.1	99.8	100.6	1.95	0.079		
平均值 Average	87.9	89.5	88.4	88.7	0.761	0.730	<0.001	0.878

表 6 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛营养物质表观消化率的影响
Table 6 Effects of different protein source combination milk replacers on nutrient
apparent digestibility of calves

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	A	B	C	D		
28 日龄 28 days of age						
干物质表观消化率 DM apparent digestibility	92.56	93.55	94.16	93.45	0.01	0.610
粗蛋白质表观消化率 CP apparent digestibility	61.55 ^a	50.07 ^{ab}	46.48 ^b	40.82 ^b	2.85	0.011
粗脂肪表观消化率 EE apparent digestibility	88.10	87.46	92.23	91.58	0.95	0.190
钙表观消化率 Ca apparent digestibility	65.20	62.23	60.18	61.91	1.41	0.070
磷表观消化率 P apparent digestibility	96.58	96.32	93.50	95.74	0.67	0.357
56 日龄 56 days of age						
干物质表观消化率 DM apparent digestibility	93.97	93.25	95.94	95.92	5.12	0.139
粗蛋白质表观消化率 CP apparent digestibility	75.04	70.54	71.57	73.63	1.24	0.065
粗脂肪表观消化率 EE apparent digestibility	83.12	75.20	72.52	77.86	2.43	0.501
钙表观消化率 Ca apparent digestibility	66.98	60.64	56.93	58.46	1.98	0.171
磷表观消化率 P apparent digestibility	91.44	91.13	87.75	90.92	0.62	0.113
中性洗涤纤维表观消化率 NDF apparent digestibility	60.06	64.00	55.75	56.37	2.59	0.684
酸性洗涤纤维表观消化率 ADF apparent digestibility	83.93	85.63	81.26	85.90	1.42	0.669

2.4 犊牛断奶时屠宰性能和器官指数

由表 7 可知,在犊牛断奶时,宰前活重、胴体

重、屠宰率、心脏指数、肝脏指数、脾脏指数、肺脏指数、肾脏指数各组之间均无显著差异($P>0.05$)。

表 7 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛屠宰性能及器官指数的影响

Table 7 Effects of different protein source combination milk replacers on slaughter performance and organ indices of calves

项目 Items	组别 Groups				SEM	P 值 P-value
	A	B	C	D		
宰前活重 Live weight/kg	75.67	80.42	77.10	73.17	1.54	0.436
胴体重 Carcass weight/kg	41.90	43.38	42.97	41.45	0.90	0.879
屠宰率 Slaughter rate/%	55.33	53.90	55.73	56.74	0.50	0.260
心脏指数 Heart index/%	1.26	1.15	1.25	1.28	0.03	0.355
肝脏指数 Liver index/%	3.71	3.99	3.68	3.74	0.09	0.563
脾脏指数 Spleen index/%	0.52	0.55	0.52	0.49	0.02	0.785
肺脏指数 Lung index/%	2.39	2.65	2.53	2.47	0.06	0.450
肾脏指数 Kidney index/%	0.95	1.00	0.95	1.00	0.04	0.940

3 讨 论

3.1 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛生长性能的影响

不同的植物蛋白中蛋白质组分之间的差异会影响犊牛的生长性能。大豆分离蛋白中含有较高的球蛋白和清蛋白,小麦水解蛋白中清蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白含量较高,大米分离蛋白中谷蛋白含量较高,但其球蛋白含量远低于大豆分离蛋白。本试验条件下,A 组为单一高球蛋白代乳粉,B 组为高球蛋白和谷蛋白代乳粉,且球蛋白含量较 A 组降低,C 组为高谷蛋白和清蛋白代乳粉,且球蛋白含量较 B 组低,清蛋白含量较 A、B 组高,D 组为高谷蛋白代乳粉,且清蛋白含量较 C 组低。本试验期间,严格按照试验设计方案进行,各组犊牛均无死亡或异常病变等发生,表明在固定添加 30%乳源蛋白的基础上,大豆分离蛋白、大米分离蛋白、小麦分离蛋白按照不同比例组合成代乳品对犊牛的生长发育均无不利影响。黄开武^[7]研究发现,当使用改性加工后的优质植物蛋白替代乳源蛋白时,多种植物蛋白组合要优于单一植物蛋白,植物蛋白组合更加符合犊牛的营养需要。Ortigue-Marty 等^[11]认为小麦蛋白替代乳清蛋白不会对犊牛造成消化代谢紊乱等,可以作为犊牛代乳品中的替代蛋白。本试验中犊牛的生长性能结果显示,B 组代乳品(高球蛋白和谷蛋白代乳品)的效果优于其他组代乳品。Reath 等^[6]报道,当用大豆分离蛋白和小麦水解蛋白按照 1:1 组合替代

代乳品中 50%的乳源蛋白时,即球蛋白比例下降,醇溶蛋白和谷蛋白比例增加时,会引起犊牛日增重和饲料效率的下降,表明高比例的醇溶蛋白和谷蛋白应用于犊牛代乳品中会导致生长性能降低。这可能是因为:一方面,各种蛋白质组分的功能存在差异;另一方面,不同蛋白质组分的溶解度和被动物内源酶酶消化的程度不同,进而影响其生长性能。球蛋白和清蛋白为可溶性蛋白质,易于被动物消化利用,且清蛋白分子质量低,溶解度和消化率均比较高。研究显示,工业大麻中清蛋白、球蛋白的体外消化率均优于大豆分离蛋白^[12]。谷蛋白的氨基酸组成较为平衡,并且具有抗氧化和调控脂质代谢等功能^[13]。游纯波等^[14]研究发现在仔猪饲料中添加 4%的大米蛋白和小麦水解蛋白具有较好的“正组合效应”,并且清蛋白和谷蛋白组合的合理搭配能显著提升仔猪的生长性能。此外,也有可能是蛋白质组分组合比例等的差异造成的,蛋白质组分的种类及比例也能影响犊牛的生长性能^[15],而目前有关蛋白质组分的研究还很有限,因此犊牛代乳品中最佳的蛋白质组分组合还需要更多的研究来确定。

在本研究中发现犊牛的 DMI 和 ADG 在各日龄阶段及试验全期各组之间均无显著差异。7~27 日龄时,各组犊牛 ADG 均较低,可能是由于在该阶段犊牛开食料采食量较低以及犊牛均处于腹泻及感冒等病发的高峰期。随着日龄增加,反刍行为产生,犊牛对开食料的采食量不断提高,并且随着发育的不断完善,更有利于犊牛抵抗力与免疫

力的提高。

3.2 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛营养物质表观消化率的影响

营养物质的消化利用是动物维持免疫系统功能、提高培育效果和养殖经济效益的重要因素。植物蛋白在犊牛代乳品中应用最为广泛的是大豆蛋白、小麦蛋白、大米蛋白等,与乳源蛋白相比,植物蛋白结构致密,缺乏酪蛋白,进入皱胃后不会产生凝乳反应,消化利用率较低^[16]。黄开武^[7]研究指出,在相同营养水平条件下,从犊牛的生长性能与瘤胃发酵来看,多种植物蛋白组成的代乳品优于单一植物蛋白代乳品。本试验中,28 和 56 日龄犊牛的干物质表观消化率各组之间差异均不显著,表明犊牛各代乳品均没有产生营养拮抗作用,随着日龄的增加在平均值上有小幅上升,可能与犊牛反刍系统的发育有关,反刍系统的不断完善有助于营养物质的消化利用。本研究中 28 日龄时 A 组粗蛋白质表观消化率最高,并显著高于 C、D 组,可能是由于 A 组代乳品中所含球蛋白远高于其他 3 组,而 β -伴大豆球蛋白的氨基酸相对平衡,消化率较高,大部分能被动物肠道消化吸收^[17]。随着代乳品中大豆分离蛋白比例降低,小麦蛋白和大米蛋白比例增加,使得谷蛋白、清蛋白和醇溶蛋白含量逐渐增加,而这可能导致营养物质消化率的降低。研究表明,在不添加外源酶制剂的情况下,动物胰蛋白酶等对小麦(含醇溶蛋白、谷蛋白等,且醇溶蛋白含量高)的水解不明显^[18]。

28 日龄以前是犊牛腹泻等疾病的高发期,而饲喂由 30%乳源蛋白+70%大豆分离蛋白组合成的代乳品的犊牛腹泻率要高于由多种植物蛋白组合成的代乳品,从而对犊牛的生长发育产生一定影响。早在 1993 年就有研究发现大豆蛋白在犊牛代乳品替代蛋白中是有潜力的蛋白^[19],而植物蛋白由于缺少酪蛋白导致凝集性较差^[20],进入犊牛皱胃后,在皱胃中停滞时间相对较短,可能通过肠道时影响肠道微生物,导致犊牛营养物质消化率降低。还有研究表明植物蛋白的营养物质消化率低有可能是植物蛋白刺激了犊牛肠道,加重了内源氮的损失^[21]这也是导致多种植物蛋白组合成的代乳品的粗蛋白质表观消化率较低的主要原因之一。随着犊牛日龄的不断增大,到 56 日龄时,饲料供给从液体饲料向固体饲料转变,复胃不断

发育,粗蛋白质表观消化率各组之间无显著差异,且各组的粗蛋白质表观消化率也随之升高,这与李辉^[22]的研究结果一致。植物蛋白的组成、不同的加工方式以及不同的替代比例等^[11,23-24]都是影响营养物质消化率的因素,本研究中除对照组外试验组代乳品中均含有大豆分离蛋白、大米分离蛋白、小麦水解蛋白,每种植物蛋白所占比例不同。研究显示,饲粮蛋白质来源对犊牛的生长性能及营养物质表观消化率无显著影响^[22]。在 2 期消化代谢试验中,钙、磷的表观消化率各组间均差异均不显著,且也不随日龄的变化而改变。钙、磷的主要消化场所为小肠,动物健康状况、饲粮钙磷比、饲粮中维生素含量等都会影响动物对钙、磷的吸收利用。本试验条件下,各组犊牛对钙的表观消化率在 56%~66%,磷的表观消化率在 87%~97%,这与杨凤^[25]研究得出的动物对磷的消化率要高于钙相符。对中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的消化利用可在一定程度上反映瘤胃的发育情况,哺乳期犊牛瘤胃尚未发育完全,故第 2 期的消化代谢试验中中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的表观消化率各组之间均无显著差异。

3.3 不同蛋白质源组合代乳品对犊牛屠宰性能及器官发育的影响

屠宰率是屠宰性能的重要指标之一,反刍动物的屠宰性能与试验动物的 ADG、FCR 均存在相关关系^[26-28],同时采食量也会影响反刍动物的屠宰性能^[29]。本试验结果显示各组胴体重、屠宰率均无显著性差异,宰前活重 B 组在数值上要高于其他 3 组,导致其差异不显著的原因可能是组内差异较大。内脏器官是动物生理功能的基础,肝脏和脾脏主要发挥机体内消化代谢和免疫的作用,其质量可作为其功能的近似指标^[30]。本试验结果显示,各组间器官指数无显著差异,犊牛生长过程中,自身协调发展不断地适应,上述结果说明试验所配制的代乳品均能满足犊牛生长的营养需求,不会对犊牛器官的生长发育造成负面影响。

4 结 论

综上所述,在本试验条件下,30%乳源蛋白+40%大豆分离蛋白+10%小麦水解蛋白+20%大米分离蛋白组合代乳品(总蛋白质中,球蛋白、谷蛋白、清蛋白、醇溶蛋白的比例分别为 34%、18%、9%、4%)相较于其他蛋白质源组合代乳品可使犊

牛获得较好的生长性能,表明植物蛋白中球蛋白、谷蛋白、清蛋白和醇溶蛋白适宜的组合对犊牛的生长具有正组合效应。

参考文献:

- [1] 胡凤明,王炳,刁其玉,等.犊牛两阶段代乳品研究[J].饲料工业,2018,39(15):48-82.
- [2] 孔凡林,王炳,刁其玉,等.基于双蛋白营养的犊牛代乳品研究[J].饲料工业,2018,39(19):56-59.
- [3] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白来源对早期断奶犊牛消化代谢及胃肠道结构发育的影响[C]//中国畜牧兽医学动物营养学分会第十次学术研讨会论文集.杭州:中国农业科学技术出版社,2008.
- [4] 黄开武,许贵善,屠焰,等.不同植物源性蛋白质在犊牛日粮中的应用[J].饲料工业,2015,36(13):19-24.
- [5] HUANG K W, TU Y, SI B W, et al. Effects of protein sources for milk replacers on growth performance and serum biochemical indexes of suckling calves[J]. Animal Nutrition, 2015, 1(4):349-355.
- [6] REATH M, CHESTER-JONES H, ZIEGLER D, et al. Pre- and postweaning performance and health of dairy calves fed milk replacers with differing protein sources[J]. The Professional Animal Scientist, 2016, 32(6):833-841.
- [7] 黄开武.蛋白质来源和组成对断奶前犊牛生长发育及免疫指标的影响[D].硕士学位论文.阿拉尔:塔里木大学,2016.
- [8] 刘洁.肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2012.
- [9] AOAC. Official methods of analysis [S]. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 2010.
- [10] 国家质量技术监督局. GB/T 18246—2000 饲料中氨基酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [11] ORTIGUES-MARTY I, HOCQUETTE J F, BERTRAND G, et al. The incorporation of solubilized wheat proteins in milk replacers for veal calves; effects on growth performance and muscle oxidative capacity[J]. Reproduction Nutrition Development, 2003, 43(1):57-76.
- [12] 张维.工业大麻籽蛋白的制备与功能特性研究[D].硕士学位论文.无锡:江南大学,2008.
- [13] 刘云龙,刁其玉,屠焰.哺乳期犊牛代乳品中蛋白质来源的研究进展[J].动物营养学报,2019,31(2):536-543.
- [14] 游纯波,周学光,姚若体,等.大米蛋白和小麦水解蛋白协同作用对仔猪生长性能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2016(2):72-73.
- [15] DAVIS C L, DRACKLEY J K. Development, nutrition, and management of the young calf[M]. Ames: Iowa State University Press, 1998.
- [16] TERNOUTH J H, ROY J H, SHOTTON S M. Concurrent studies of the flow of digesta in the duodenum and of exocrine pancreatic secretion of calves. 4. The effect of age[J]. British Journal of Nutrition, 1976, 36(3):523-535.
- [17] 胡声迪,郭金枝,马曦.大豆 β -伴大豆球蛋白研究进展[J].中国畜牧杂志,2010,46(5):65-68.
- [18] 李瑞瑞,牛月景.醇溶蛋白及其在饲料行业中的应用[J].饲料研究,2014(1):4-5.
- [19] LALLÉS J P. Nutritional and antinutritional aspects of soyabean and field pea proteins used in veal calf production: a review[J]. Livestock Production Science, 1993, 34(3/4):181-202.
- [20] WITTEK T, ERNSTBERGER M, MUCKENHUBER M, et al. Effects of wheat protein in milk replacers on abomasal emptying rate in calves[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2016, 100(2):264-270.
- [21] MONTAGNE L, CREVIEU-GABRIEL I, TOULLEC R, et al. Influence of dietary protein level and source on the course of protein digestion along the small intestine of the veal calf[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(3):934-943.
- [22] 李辉.蛋白水平与来源对早期断奶犊牛消化代谢及胃肠道结构的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2008.
- [23] LABUSSIÈRE E, DUBOIS S, VAN MILGEN J, et al. Effect of solid feed on energy and protein utilization in milk-fed veal calves[J]. Journal of Animal Science, 2009, 87(3):1106-1119.
- [24] HILL T M, BATEMAN II H G, ALDRICH J M, et al. Effects of using wheat gluten and rice protein concentrate in dairy calf milk replacers[J]. The Professional Animal Scientist, 2008, 24(5):465-472.
- [25] 杨凤.动物营养学[M].2版.北京:中国农业出版社,2001.
- [26] 马俊南.不同固液比例饲喂模式对犊牛生长及胃肠道发育的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2017.
- [27] ADEYEMI K D, EBRAHIMI M, SAMSUDIN A A, et al. Carcass traits, meat yield and fatty acid composition of adipose tissues and *Supraspinatus* muscle in goats fed blend of canola oil and palm oil[J]. Journal of Animal Science and Technology, 2015, 57:42.
- [28] QUIGLEY J D, HILL T M, DENNIS T S, et al. Effects of feeding milk replacer at 2 rates with pelleted, low-starch or texturized, high-starch starters on calf performance and digestion[J]. Journal of Dairy Science, 2018, 101(7):5937-5948.
- [29] IKHIMIOYA I, ISAH O A, IKHAATUA U J, BAM-

IKOLE M A. Rumen degradability of dry matter and crude protein in tree leaves and crop residues of humid Nigeria [J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2005, 4 (5): 313-320.

[30] 官丽辉, 刘海斌, 张立永, 等. 日粮不同能量水平对育成鸡体增质量、血液生化指标及内脏器官发育的影响[J]. 中国兽医学报, 2014, 34(2): 350-356.

Effects of Different Protein Source Combination Milk Replacers on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibility and Slaughter Performance of Holstein Calves

YANG Lei^{1,2} LIU Yunlong² TU Yan² MA Yanxin³ FU Tong³ BI Yanliang²
DIAO Qiyu² CHENG Shuru^{1*}

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Beijing Key Laboratory of Dairy Cow Nutrition, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. College of Animal Husbandry and Veterinary Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of different protein source combination milk replacers on growth performance, nutrient apparent digestibility and slaughter performance of Holstein calves. Sixty newborn Holstein calves were randomly divided into 4 groups, and 16 calves in each group were fed 4 kinds of milk replacer with different protein source combinations. The protein sources were mainly milk protein (MP), soybean protein isolate (SPI), rice protein isolate (RPI) and wheat protein hydrolysate (WPH). The protein source combinations of milk replacer for 4 groups as follows: group A, 30% MP+70% SPI; group B, 30% MP+40% SPI+20% RPI+10% WPH; group C, 30% MP+10% SPI+20% RPI+40% WPH; group D, 30% MP+10% SPI+40% RPI+20% WPH. The test period was 63 days. Calves were measured for body weight and body size indices before morning feeding at the age of 7, 28 and 56 days. Two digestion and metabolism tests were carried out at the age of 28 to 34 days and 57 to 63 days. Slaughter tests were carried out at the age of 64 days. The results showed as follows: 1) at 28 days of age, there were no significant differences in body weight and body size indices among the groups ($P>0.05$); at 56 days of age, the body weight, hip height and abdominal girth of calves in group B were significantly higher than those in group A ($P<0.05$). At the age of 29 to 42 days, the feed conversion ratio in group B was significantly better than that in group A ($P<0.05$). 2) At 28 days of age, the apparent digestibility of crude protein in group A was significantly higher than that in groups C and D ($P<0.05$). At 56 days of age, the apparent digestibility of crude protein in group A was higher than that in group B ($P=0.065$). The apparent digestibility of dry matter and crude protein increased with age increasing. 3) There were no significant differences in slaughter rate and organ indices among groups ($P>0.05$). To sum up, under the conditions of this experiment, the protein source combination of 30% MP+40% SPI+20% RPI+10% WPH (globulin, glutelin, albumin and prolamin account for 34%, 18%, 9% and 4% of the total protein, respectively) milk replacer has better growth performance than other protein source combination milk replacer. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(5): 2218-2227]

Key words: calf; protein source combination; milk replacer; growth performance; nutrient apparent digestibility; slaughter performance