

## 综 述

DOI:10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20201101

## 我国犊牛、羔羊代乳产品生产技术研究及应用

田 莉<sup>1</sup>, 宋 真<sup>1</sup>, 郭江鹏<sup>2\*</sup>

(1.全国畜牧总站、中国饲料工业协会,北京 100125;2.北京市畜牧总站,北京 100107)

[摘要] 二十年来,我国幼畜的培育水平不断提高,有力地支持了牛、羊等草食家畜养殖业的发展。犊牛、羔羊代乳产品的研发从无到有,配方从模仿国外到完全自主创新,饲喂方式从简单的手工操作到规范化、标准化,涌现出一批基础性和应用性研究,形成了特色的饲料产品研究与应用体系。本文通过对国内犊牛、羔羊代乳粉营养水平、原料组成、配套饲养等技术与应用进行了综述,以期较为全面地梳理这一特殊产品的发展现状及趋势。

[关键词] 犊牛代乳粉;羔羊代乳粉;营养水平;原料组成;配套饲养技术

[中图分类号] S816.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-3314(2020)11-0001-06

反刍动物出生时瘤网胃尚未发育,反刍功能没有建立,消化食物的能力较弱,需要依赖皱胃消化提供营养。在食管和胃之间存在着食管沟,到犊牛或羔羊饮奶时,食管沟闭合,使乳液直接从食管到达皱胃进行消化,不需要通过瘤网胃,从而保证乳汁直接供给动物机体。将代乳粉(代乳品)冲泡成乳液,全部或部分替代牛奶、羊奶饲喂哺乳期犊牛、羔羊,可满足这一阶段幼龄反刍动物对营养物质的需求,促进牛、羊健康生长。Urie 等(2018)调研报告显示,在犊牛早期饲养过程中,饲喂全乳或废弃乳的占 40.1%,饲喂代乳粉的占 34.8%,而剩下的 25.1%则是两种方式混合饲喂。

与美国、荷兰、法国等相比,我国犊牛、羔羊代乳粉的研究起步较晚,从 2000 年开始,中国农业科学院饲料研究所开展了自主知识产权的产品研发,创立了相关的生产技术体系,并在全国范围推广应用。据不完全统计,该团队发表的文献约占国内同类报道文献的 50%。过去的 20 年里,我国在营养水平、原料搭配、原料配比和饲喂方式等牛、羊代乳粉研究与应用领域,实现了“模仿—跟进—引领”的逐步转变,产品种类不仅逐渐涵盖了犊牛(奶牛、肉牛、牦牛、水牛)、羔羊(绵羊、山羊、藏羊)

及仔驴等畜种,而且饲喂效果逐步提高,体现出我国在该领域的研发与应用能力已经成功跨入了世界先进的行列。

### 1 营养水平的研究

美国 NRC 是世界范围内被广泛接受的动物饲养标准之一,但我国畜禽品种、饲养环境、管理方式、饲料原料等方面与之存在着较大的差异,特别是欧美国国家犊牛代乳粉生产所用的主要成分是奶制品,而我国乳制品生产量不高,尚不能满足动物饲料产品的生产需求,因此 NRC 标准并不完全适合我国犊牛生长的特点。我国对犊牛、羔羊代乳粉生产技术的研究需要立足于国情,以植物源性原料为基础进行,方可在原料供给、生产成本、推广应用上取得优势。

1.1 奶牛犊牛代乳粉的营养水平 对于中国荷斯坦犊牛,李辉等(2008a、2008b)率先就代乳粉中粗蛋白质水平开展了研究,与饲喂 18%、26%粗蛋白质(CP)水平的代乳粉相比,饲喂 22%CP 代乳粉的犊牛获得了较好的生长性能和营养物质消化率。随后 Zhang 等(2010)证实,能量水平为 18.51、19.66 MJ/kg 和 20.80 MJ/kg (粗脂肪含量为 9%、13%及 17%)的 3 种代乳品中,中等能量水平代乳品有利于犊牛总能(GE)表观消化率及氮(N)消化

\* 通讯作者

代谢率的提高,低能量代乳品则有利于犊牛对钙、磷等矿物质的代谢利用。而王美美等(2013)对三种粗脂肪(EE)和 CP 水平的代乳粉(EE 13%、CP 22%,EE 16%、CP 24%,EE 19%、CP 26%)进行了饲养效果对比,结果表明,犊牛的日增重随着代乳粉营养水平的升高逐渐提高,高营养水平代乳粉具有降低犊牛腹泻的趋势,并提出犊牛适宜的营养水平为 EE 16%、CP 24%。

优质蛋白质应由适合犊牛生长且适宜比例的氨基酸组成。王建红等(2011)证实,犊牛饲喂氨基酸相对平衡的饲粮可取得更好的生长性能、消化代谢性能,同时通过氨基酸部分扣除法确认了 2~3 周龄、5~6 周龄中国荷斯坦犊牛代乳品中 3 种氨基酸的限制性顺序,依次为赖氨酸、蛋氨酸和苏氨酸,其适宜比例见表 1。

表 1 中国荷斯坦犊牛代乳品氨基酸适宜比例模式

周龄	指标	赖、蛋和苏氨酸适宜比例
2~3 周龄	最大氮沉积	100 29 50
	最大日增重	100 35 60
5~6 周龄	最大氮沉积	100 30 60
	最大日增重	100 27 67

1.2 肉牛犊牛代乳粉的营养水平 对于肉用牛犊牛,郭峰等(2015a、2015b)研究了夏南牛与德国黄牛杂交肉犊牛 21~90 日龄代乳品适宜能量和蛋白质水平。在消化能 14、16 MJ/kg 和粗蛋白质 22%、25%双因素试验中,代乳品能量和蛋白质水平对犊牛日增重有显著影响( $P < 0.05$ ),消化能为 16 MJ/kg 的代乳品有助于肉用犊牛瘤胃发酵和粗蛋白质消化吸收,对其生长性能的发挥具有较好的促进作用;CP 25%代乳品有利于对粗脂肪和钙的利用;而消化能 14 MJ/kg、CP 22%的代乳品对犊牛营养物质消化吸收及生长发育的效果较差。

1.3 羔羊代乳粉的营养水平 针对羔羊代乳粉的研制,岳喜新(2011)以陶赛特(♂)×小尾寒羊(♀)杂交 F1 羔羊为研究对象发现,与母羊乳哺乳相比,饲喂代乳粉可促进羔羊尽早采食开食料,而与 CP 为 21%、29%的代乳粉相比,CP 25%的代乳粉更有利于羔羊的生长性能和营养物质消化代谢率提升。代乳粉 CP 含量从 25%降低到 19%,湖

羊羔羊在采食量不变的条件下体增重、宰前活重、空体重、胴体重下降,90 日龄时羔羊生长性能、屠宰性能、内脏器官的发育速度减缓,肉品质受到影响,且随后即使饲喂正常蛋白质水平的开食料也无法得到补偿(王波等,2015)。祁敏丽等(2016)采用双因素试验(EE 含量为 11%DM、21%/DM,CP 含量为 19%DM、24%/DM)证实,降低代乳粉 CP 含量会导致羔羊生长性能显著下降( $P < 0.05$ ),肠道绒毛高度与隐窝深度的比例降低;降低 EE 水平则显著降低了羔羊瘤胃、肠道、肝脏重量( $P < 0.05$ ),影响消化系统发育,因此提出以干物质基础计时,羔羊代乳粉的营养水平以 CP 24%、EE 19%为宜。李文娟等(2018)比较了 EE 含量 15%和 27%两种代乳粉饲喂湖羊公羔的效果,发现 27% EE 可以提高公羔断奶前后的生长性能,降低断奶前腹泻率。江喜春等(2015)也认为代乳粉能量水平对羔羊增重及干物质(DM)、GE、CP、EE、钙的表现代谢率有影响,总能水平以 19.0 MJ/kg 为宜。

近年来,我国学者分别制定了国家标准《犊牛代乳粉》(GB/T 20715-2006)和农业行业标准《羔羊代乳料》(NY/T 2999-2016),提出的技术指标见表 2。

表 2 我国现行标准中犊牛、羔羊代乳粉的技术指标

指标	《犊牛代乳粉》(GB/T 20715-2006) (除水分外,其他指标为干物质基础)	《羔羊代乳料》(NY/T 2999-2016) (除水分外,其他指标为风干物质基础)
水分	≤6	≤6
粗蛋白质	≥22	≥23
粗脂肪	≥12	≥14
粗灰分	≤10	≤8
粗纤维	≤3	≤2
乳糖	≥22	10~30
钙	0.6~1.2	0.6~1.2
磷	≥0.6	0.4~0.8
赖氨酸	-	≥1.8

但很明显,代乳粉原料组成与调制、配方技术等都会对其饲养效果产生直接的影响。以陶赛特×小尾寒羊 F1 代羔羊为研究对象时,阎宏等(2007)提出代乳粉适宜的 CP 含量为 32%(干物质基础),远远高于岳喜新(2011)提出的 25%(干物质含量 95.6%)。对于 7~45 日龄的湖羊羔羊,王利红等

(2017)在 CP 含量约 25%的代乳粉中添加了猪油, 使得其 EE 含量从 14.1%提高到 28.9%, 发现后者促进了羔羊的增重和体尺增长。值得高度关注的是,我国相关法规规定在反刍动物饲料中不允许使用除乳制品外的其他动物源性原料。

## 2 原料组成的研究

我国乳制品产量不足限制了乳源性代乳粉的生产,扩大原料种类、充分发挥幼龄反刍动物的生产潜能、降低配方成本成为近年来行业研究的热点。大量研究证实,以植物蛋白源(主要为大豆蛋白)生产的代乳粉,可以达到全乳源型代乳粉、牛奶的饲喂效果,且断奶后生产性能优势明显,但也有断奶前后腹泻增多的报道(刘云祥,2011),这可能与植物蛋白的来源、组成、比例、预调制等因素有关。由此可见,以植物蛋白源替代乳源蛋白生产代乳粉,除关注以上因素外,还应加强胃肠道调控技术、饲料原料预调制技术等的应用,决不能简单粗暴地替代。

2.1 以植物原料替代乳制品生产代乳粉 在植物源蛋白替代乳源蛋白方面,大量研究集中于大豆制品的使用。涉及胃肠道发育指标的研究出现在 2008 年,李辉等(2009a)证实,在犊牛代乳粉中大豆源蛋白占代乳粉总蛋白的 50%条件下饲喂效果可达到乳源蛋白代乳粉的效果,利用大豆蛋白质代乳品饲喂早期断奶犊牛未对其增重产生不利影响,初生 2~3 周龄后的犊牛可以有效利用代乳品中的大豆蛋白质。犊牛代乳品中大豆蛋白含量影响犊牛腹泻与血液相关指标,适宜的大豆蛋白质含量( $\leq 50\%$ 总蛋白质含量)有利于犊牛健康及 6~11 日龄由母乳到代乳品的平稳过渡(张乃峰等,2011),且利用大豆蛋白代乳品饲喂犊牛可以一定程度上刺激瘤胃早期发育,不会对肠道绒毛造成严重影响(李辉等,2009b),加热全脂大豆蛋白粉和膨化大豆蛋白粉能够作为蛋白质来源在代乳粉中添加(高艳霞等,2011)。

除了大豆蛋白,研究人员还就来源于小麦、花生、大米等的植物源性蛋白质替代乳源蛋白的效果进行了探索。黄开武等(2015)采用植物源蛋白质和乳源蛋白质(CP 含量比为 70:30),植物源蛋白质分别为大豆浓缩蛋白、改性小麦蛋白、花生浓缩蛋

白、大米分离蛋白构成的四种代乳粉饲喂肉牛犊牛,以晶体氨基酸补充达到等量的赖、蛋、苏、色氨酸水平发现,植物源蛋白质可以促进犊牛瘤胃尽早发育,从营养物质消化代谢情况分析,与乳源蛋白接近的顺序依次为大豆蛋白>大米蛋白>小麦蛋白>花生蛋白,而从对犊牛免疫机能的影响上分析,乳源、大豆和大米蛋白对犊牛造成的应激要小于小麦、花生蛋白(黄开武等,2016)。刘云龙等(2019)则在相近的试验条件下,以乳源蛋白、大豆分离蛋白、小麦水解蛋白和大米分离蛋白分别为 30%、70%、0%、0%、30%、40%、10%、20%、30%、10%、40%、20%、30%、10%、20%、40%组成四种代乳粉发现,30%、40%、10%、20%组合对哺乳期犊牛的生长性能和能氮代谢效果较好,这为代乳粉蛋白组成研究开辟了以蛋白组分为依据新的思路。

除了蛋白质外,脂肪也是代乳粉产品的一项重要指标。胡凤明等(2018)发现,代乳粉中可以使用椰子油或棕榈油替代乳脂,改变脂肪酸组分,椰子油可增加中链脂肪酸比例并降低多不饱和脂肪酸比例,而棕榈油降低了中链脂肪酸比例并增加了单不饱和脂肪酸的比例。椰子油和棕榈油 50%、100%替代乳脂对哺乳期犊牛生长性能、血清生化指标、能量利用率和营养物质表观消化率均无显著影响( $P > 0.05$ ),但棕榈油的替代效果不及椰子油。

2.2 生物活性物质调节胃肠道功能提高植物源性代乳粉的饲养效果 相对于全乳代乳品,含有植物源性原料代乳粉如果不经加工处理和营养强化,在犊牛和羔羊饲养上的效果稍差。为了提高其消化率,降低对动物肠道的负面作用,除了使用经预处理的原料降低抗营养因子外,在益生菌、植物提取物、酸度调节剂等方面也有大量研究。

在植物源性代乳粉中添加益生菌有益于犊牛、羔羊的生长发育。添加  $2 \times 10^{10}$  cfu/(头·d)地衣芽孢杆菌可促进犊牛增重和体长生长(符运勤等,2012),而添加 0.2%枯草芽孢杆菌(有效活菌数  $2 \times 10^{10}$  cfu/g)虽对 7~28 日龄湖羊羔羊胃肠道发育无显著影响( $P > 0.05$ ),但可提高小肠屏障功能并减少上皮细胞凋亡,有利于保持小肠结构和功能完整(郑琛等,2019)。饲喂含  $5 \times 10^9$  cfu/d 热带



假丝酵母的代乳粉,犊牛自身产生的多种代谢产物刺激瘤胃微生物大量生长和繁殖,瘤胃微生物蛋白产量得到了提高,饲料能量与氮的利用率得到了改善(杨春涛等,2016)。

部分植物提取物在调节幼龄反刍动物胃肠道功能方面也具有积极作用。早期的研究发现,在代乳粉中添加 25 g/d 蜂花粉或其多糖 5 g/d,可提高犊牛增重和对干物质、粗蛋白质的表观消化率,改善饲料转化率(张国锋等,2010)。代乳粉中按每千克体重添加 0.05 mg 血根碱或 4 mg 白藜芦醇,可在一定程度上促进 0~2 月龄犊牛的采食量,但未发现对日粮养分消化率产生作用(张卫兵等,2018)。桑叶黄酮则通过调节犊牛代谢关键酶的活性和表达,促进自身消化酶分泌,提高对饲料能量与氮的消化利用率(杨春涛等,2016)。羔羊代乳粉中添加 30 g/kg 女贞子粉可降低血清促炎症因子,提高 IgG 水平,降低可的松和前列腺素水平,提高超氧化物歧化酶(SOD)和降低丙二醛(MDA)含量,从而改善羔羊主动免疫功能、抗氧化状态,缓解应激,降低腹泻发生率 30 个百分点,促进羔羊增重(乔国华等,2019)。含 0.2%单宁酸的代乳粉可提高 28 日龄羔羊十二指肠肌层厚度、上调空肠 ZO-1 蛋白和 Occludin 蛋白 mRNA 表达量,降低空肠隐窝深度和空肠、回肠上皮细胞凋亡率,改善羔羊肠屏障功能(郑琛,2019)。

在代乳粉酸度上的研究较多,但对于大豆产品作为部分蛋白质来源的代乳粉,乳液的酸度适宜范围为 5.0~5.5,过低的酸度(pH 4.5)会对犊牛小肠上皮组织生长造成负面影响(Zhang, 2016)。在代乳粉中添加以甲酸为主的复合酸度调节剂后,可改善 28 d 前犊牛的日增重,降低腹泻率,有利于犊牛的健康(屠焰,2010)。

此外,复合使用益生菌、植物提取物、酸度调节剂等,预期将会有较好的效果。有研究证实,将热带假丝酵母和桑叶黄酮混合使用,其效果要优于单一使用(杨春涛等,2016)。

### 3 配套饲养技术研究

在代乳粉的推广应用过程中,不可忽视的是其配套饲养技术的开发与应用,包括适宜的断母乳时间、断奶时间,不同动物的适宜饲喂量等。规模

化奶牛养殖场使用犊牛代乳粉饲喂犊牛已非常普遍,一般犊牛初生即与母牛分离饲养,饲喂初乳后(3~7 日龄)转为饲养代乳粉,饲喂量一般以体重的 10%~12%(以乳液量计),并在 30~42 日龄后随着开食料采食量的增加而逐渐降低代乳粉的饲喂量,在 60 日龄前后,当犊牛体重达到初生重的 2 倍且开食料采食量连续 3 天达到 1.0~1.5 kg 后实施断奶。但对于肉牛、绵羊、山羊养殖场(户)来说,这项技术尚处于探索阶段,普及程度不高,配套饲养技术中的关键参数需要进一步探索。近年来,国内在此方面已开展了大量工作。

3.1 断母乳日龄 郭峰等(2015)在南方地区对红安格斯杂交犊牛断母乳日龄进行了探索,在犊牛 28、42、56、70 日龄实施断母乳并饲喂代乳粉,直至 90 日龄完全断代乳粉,对照组犊牛则随母牛哺乳至 150 日龄;期间所有犊牛从 29 日龄起自由采食开食料和粗饲料直至 150 日龄。试验证实,28 日龄断母乳可能由于开食料采食量不足而影响犊牛生长性能,在犊牛 42 日龄实施断母乳,并提供优质的代乳粉和开食料对犊牛的生长性能无显著影响( $P > 0.05$ )。

对于绵羊羔羊,可采用在 14~20 日龄实施断母乳并饲喂羔羊代乳粉、补饲开食料。有成功的经验显示,蒙古羊(♂)×小尾寒羊(♀)的羔羊可在 14 日龄断母乳进入直线育肥阶段,全期平均日增重达到 227.5 g/d,比随母哺乳羔羊日增重提高 19.59%(王韵斐等,2016)。无角陶赛特(♂)×小尾寒羊(♀)杂交一代羔羊在 7、17、27 日龄断母乳以羔羊代乳粉饲喂,与随母哺乳羔羊相比,体重和体尺并未产生显著差异( $P > 0.05$ ),其中以 17 日龄断母乳最好(王桂秋等,2007)。对于近年来养殖数量剧增的湖羊,在 10、20、30 日龄断母乳皆有一定的应激反应,但瘤胃发育均有所提高,其中以 20 日龄断母乳饲喂代乳粉的方式应激较小、效果较佳(柴建民等,2015)。

随着代乳粉应用范围的不断扩大,近年来在山羊应用方面也有了成功的经验。李永洙等(2018)从 10 日龄开始将代乳粉饲喂给沂蒙黑山羊羔羊,与随母哺乳的羔羊相比,前者空肠、回肠有益菌定植改善,且该方式通过调控葡萄糖转运载体基因表达

而引起葡萄糖吸收转运的改变,进而对羔羊后期肠道组织及机体的生长发育产生了影响。

3.2 饲喂方式 用奶桶和奶瓶饲喂代乳粉乳液的方式对犊牛增重没有显著影响( $P > 0.05$ ),但影响犊牛的采食行为(许先查等,2011),用奶瓶饲喂代乳粉乳液能减少犊牛的异常行为(非营养性吸吮行为),尤以4周龄内更为明显。

代乳粉的饲喂量,不同动物也有较大差异。荷斯坦犊牛以体重的1.375%为宜(许先查等,2011)(代乳粉干粉计,与1.188%、1.563%相比),如果以干物质12.5%的乳液计,则以犊牛体重的11%为宜(许先查等,2011)(与9.5%、12.5%相比)。绵羊羔羊20~50、50~70、70~90日龄可分别按体重2.0%、1.5%和1.0%饲喂(岳喜新等,2011)(代乳粉干粉计)。

断代乳粉时间的选择需要考虑到犊牛、羔羊的开食料采食量和体况,与荷斯坦犊牛近似的,有研究建议湖羊羔羊饲喂开食料干物质采食量连续3天达到300 g或400 g时,可以断代乳粉,羔羊可达到较好的生长性能、屠宰性能和胃肠道发育(柴建民等,2018)。

#### 4 总结及展望

二十年来,我国犊牛、羔羊代乳粉产品取得了一系列的研究和应用成果,尤其是根据我国的原料特点,在因地制宜充分使用植物性原料上走在了世界的前列,为牛、羊养殖生产提供了可靠的技术支撑,取得了显著的效果。未来需要继续紧密结合我国国情,拓宽植物原料的应用和加工、调制技术的研究与应用,加大以植物提取物、酶制剂、微生物制剂等生物活性物质调控消化道微生态发育的基础和应用研究,为不同品种、不同生产目的的牛、羊等草食动物养殖提供有力的物质和技术保障。

#### 参考文献

- [1] 柴建民,王波,祁敏丽,等.不同开食料采食量断液体饲粮对羔羊生长发育的影响[J].中国农业科学,2018,51(2):341~350.
- [2] 柴建民,王海超,刁其玉,等.断奶时间对羔羊生长性能和器官发育及血清学指标的影响[J].中国农业科学,2015,48(24):4979~4988.
- [3] 符运勤,刁其玉,屠焰.益生菌对0~52周龄中国荷斯坦后备牛生长发育的影响[J].中国奶牛,2012,15:8~12.
- [4] 高艳霞,王加启,叶纪梅,等.不同处理大豆蛋白粉对犊牛消化

- 酶活性及小肠发育的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(12):5~10.
- [5] 郭峰,屠焰,杜红芳,等.营养水平对肉犊牛营养物质消化率和血清指标的影响[J].饲料工业,2015,36(21):48~53.
- [6] 郭峰,屠焰,司丙文,等.断母乳日龄对红安格斯杂交犊牛生长性能的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(5):65~71.
- [7] 郭峰,屠焰,邹彩霞,等.代乳品能量和蛋白质水平对肉犊牛生产性能和瘤胃发酵的影响[J].动物营养学报,2015,27(6):1681~1689.
- [8] 胡凤明,董利锋,毕研亮,等.不同脂肪酸来源代乳品对哺乳期犊牛生长性能和营养物质消化代谢的影响[J].动物营养学报,2018,30(5):1736~1747.
- [9] 黄开武,屠焰,司丙文,等.代乳品蛋白质来源对早期断奶犊牛营养物质消化和瘤胃发酵的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3940~3950.
- [10] 黄开武,屠焰,司丙文,等.代乳品中不同来源蛋白质对哺乳期犊牛能氮代谢和免疫状况的影响[J].畜牧兽医学报,2016,47(9):1868~1878.
- [11] 江喜春,夏伦志,张乃锋,等.代乳粉能量水平对早期断奶湖羊羔羊生长性能和物质代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(7):50~53.
- [12] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J].中国农业科学,2008,41(4):1219~1226.
- [13] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白质来源对早期断奶犊牛胃肠道形态发育的影响(二)[J].动物营养学报,2009,21(2):186~191.
- [14] 李辉,刁其玉,张乃锋,等.不同蛋白质来源对早期断奶犊牛消化及血清生化指标的影响(一)[J].动物营养学报,2009,21(1):47~52.
- [15] 李辉,刁其玉,张乃锋.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[J].畜牧兽医学报,2008,39(11):1510~1516.
- [16] 李文娟,陶慧,张蓉,等.日粮脂肪水平对湖羊双胞胎公羔生长性能及血清指标的影响[J].畜牧兽医学报,2018,49(2):327~337.
- [17] 李永洙,金太花,韩照清,等.代乳粉对早期断奶沂蒙黑山羊羔小肠发育、菌群多样性及葡萄糖转运载体基因表达的影响[J].中国农业科学,2018,51(11):2193~2205.
- [18] 刘云龙,杨磊,马延鑫,等.代乳品中不同蛋白质源组合对哺乳犊牛生长性能和能氮代谢的影响[J].动物营养学报,2020,32(3):1227~1237.
- [19] 刘云祥.不同蛋白源代乳粉对犊牛健康生长和断奶情况的影响:[硕士学位论文][D].北京:中国农业科学院,2011.
- [20] 祁敏丽.日粮能量和蛋白质水平对羔羊生长性能和胃肠道发育的影响:[硕士学位论文][D].北京:中国农业科学院,2016.
- [21] 乔国华,索朗达,吴玉江,等.代乳粉添加女贞子对羔羊生长性能、免疫和抗氧化功能的影响[J].中国畜牧杂志,2020,56(1):147~152.
- [22] 屠焰,孟书元,刁其玉,等.复合酸度调控剂对犊牛生长性能、血气指标的影响[J].饲料工业,2010,S2:42~46.
- [23] 王波,柴建民,王海超,等.蛋白质水平对湖羊双胞胎公羔生长发育及肉品质的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2724~2735.

- [24] 王桂秋,刁其玉,罗桂河,等.羔羊断奶日龄对生长和血清指标的影响[J].动物营养学报,2007,19(1):23~27.
- [25] 王建红,刁其玉,许先查,等.赖氨酸、蛋氨酸和苏氨酸对犊牛生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):226~233.
- [26] 王建红,刁其玉,许先查,等.日粮 Lys、Met 和 Thr 添加模式对 0~2 月龄犊牛生长性能、消化代谢与血清生化指标的影响[J].中国农业科学,2011,44(9):1898~1907.
- [27] 王利红,张伟,曹少先,等.湖羊羔羊早期断乳(7 日龄)后代乳粉饲喂效果研究[J].安徽农业大学学报,2017,44(2):224~228.
- [28] 王美美,李秋凤,高艳霞,等.饲喂不同营养水平代乳粉对犊牛生长性能的影响[J].中国奶牛,2013,15:17~20.
- [29] 王韵斐,王文义,陈秋菊,等.断奶时间和直线育肥技术对蒙寒杂交羔羊育肥效果的影响[J].中国畜牧杂志,2016,52(15):62~66.
- [30] 许先查,刁其玉,王建红,等.代乳粉的饲喂方式对犊牛体重、采食及相关行为的影响[J].中国奶牛,2011,18:13~17.
- [31] 许先查,刁其玉,王建红,等.液态饲料饲喂量对 0~2 月龄犊牛生长性能的影响[J].畜牧与兽医,2011,43(2):4~8.
- [32] 许先查,王建红,刁其玉,等.代乳粉的饲喂水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(4):654~661.
- [33] 阎宏,孙忠保.不同蛋白质水平代乳品对羔羊生长性能的影响[J].饲料工业,2007,28(21):50~52.
- [34] 杨春涛,刁其玉,曲培滨,等.热带假丝酵母菌与桑叶黄酮对犊牛营养物质代谢和瘤胃发酵的影响[J].动物营养学报,2016,28(1):224~234.
- [35] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.代乳粉蛋白质水平对早期断奶羔羊生长发育和营养物质代谢的影响[J].中国农学通报,2011,27(3):268~274.
- [36] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.早期断奶羔羊代乳粉饲喂水平对营养物质消化代谢及血清生化指标的影响[J].中国农业科学,2011,44(21):4464~4473.
- [37] 张国锋,刁其玉,屠焰,等.蜂花粉及其多糖对犊牛体增质量、物质消化与血清指标的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(8):981~987.
- [38] 张乃锋,刁其玉,李辉.植物蛋白对 6~11 日龄犊牛腹泻与血液指标的影响[J].中国农业科学,2010,43(19):4094~4100.
- [39] 张卫兵,张蓉,毕研亮,等.代乳粉中添加白藜芦醇和血根碱对 0~2 月龄荷斯坦犊牛营养物质消化及瘤胃发酵的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(7):65~70.
- [40] 郑琛,李发弟,李飞,等.代乳粉添加单宁酸对 7~28 日龄湖羊羔羊胃肠道发育的影响[J].中国农业科学,2019,52(21):3924~3933.
- [41] 郑琛,李发弟,李飞,等.代乳粉添加枯草芽孢杆菌对 7~28 日龄湖羊羔羊胃肠道发育的影响[J].畜牧兽医学报,2019,50(10):2041~2052.
- [42] Urie N J, Lombard J E, Shively C B, et al. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part I. Descriptive characteristics of preweaned heifer raising practices [J]. Journal of Dairy Science, 2018, 101: 1~17.
- [43] Zhang R, Diao Q Y, Zhang N F, et al. Effects of Different Energy Levels on Nutrient Utilization and Serum Biochemical Parameters of Early-Weaned Calves [J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9(5): 729~735.
- [44] Zhang R, Diao Q Y, Zhou Y, et al. Decreasing the pH of milk replacer containing soy flour affects nutrient digestibility, digesta pH, and gastrointestinal development of preweaned calves [J]. J. Dairy Sci, 2016, 100: 236~243.

## Research and application of milk replacer for calves and lambs in China

TIAN Li<sup>1</sup>, SONG Zhen<sup>1</sup>, GUO Jiangpeng<sup>2\*</sup>

(1. National Animal Husbandry Service/China Feed Industry Association, Beijing 100125, China;

2. Beijing General Station of Animal Husbandry Service, Beijing 100107, China)

**[Abstract]** In the past two decades, the breeding level of young animals in China has been constantly improved, which strongly supports the development of cattle, sheep and other herbivorous livestock breeding industry. The research and development of milk replacers for calves and lambs are from scratch, the formula are from imitation to completely independent innovation, the feeding management is from simple manual operation to standardized, emerged a number of basic and applied research, formed a characteristic feed product research and application system. In this paper, the researches and application of the nutrient levels, ingredients composition, feeding techniques of calf and lamb milk powder were summarized, in order to comprehensively review the development status and trend of this special product.

**[Key words]** calf milk replacer; lamb milk replacer; nutrient levels; ingredients; feeding technology