

功能大豆寡肽蛋白饲料 在奶牛生产中的应用研究

张吉鸱^{1,3}, 吴文旋², 李龙瑞³, 熊立根¹, 姚建华², 邹庆华^{1,3}

(1. 江西省农业科学院 畜牧兽医研究所, 江西 南昌 330200; 2. 贵州大学 动物科学学院, 贵州 贵阳 550025; 3. 江西新天地药业有限公司 兽药研究院, 江西 峡江 331400; 4. 江西省新余市渝水区畜牧兽医局, 江西 新余 338025)

摘要: 采用单因子随机分组试验设计, 将 16 头体质量、产奶量相似的 2 胎次泌乳中期中国荷斯坦牛随机分为 4 组(对照组、试验 I 组、试验 II 组与试验 III 组), 每组 4 头, 进行为期 21d 的饲养试验。对照组的精饲料为基础精饲料, 试验 I 组为用 5% 的功能大豆寡肽蛋白饲料(FSOPF) 取代基础精饲料中 5% 的鱼粉, 试验 II 组为用 10% 的 FSOPF 分别取代基础精饲料中 5% 的鱼粉与 5% 的豆粕, 试验 III 组为用 15% 的 FSOPF 分别取代基础精饲料中 5% 的鱼粉与 10% 的豆粕, 3 个试验组的其它精饲料组分同基础精饲料, 各组的粗饲料相同。分别在试验前 3 d 与正试期的最后 3 d 测定试验牛只的产奶量、乳常规指标(乳蛋白、乳脂肪、乳糖、全脂乳固体与非脂乳固体) 以及体细胞数。结果表明: FSOPF 能减缓泌乳中期奶牛产奶量的下降, 改善乳常规指标, 降低乳体细胞数。本研究结论: FSOPF 可以取代泌乳中期中国荷斯坦奶牛日粮中的进口鱼粉, 其适宜用量为在精粗比为(40~45):(60~55) 下, 占精饲料的 10%。

关键词: 奶牛; 功能大豆寡肽蛋白饲料; 乳常规指标; 体细胞

中图分类号: S823.9⁺12.15 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1232-08

A Study on Application of Functional Soy Oligopeptide-Protein Feeds (FSOPF) to Dairy Cow

ZHANG Ji-kun^{1,3}, WU Wen-xuan², LI Long-rui³,
XIONG Li-gen¹, YAO Jian-hua², ZOU Qing-hua¹

(1. Institute of Animal Science, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. College of Animal Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Veterinary Medicine Research Institute, Jiangxi New World Pharmaceutical Co Ltd, Xiajiang 331400, China; 4. Bureau of Animal Husbandry of Yushui District of Xinyu, Xinyu 338025, China)

Abstract: Sixteen parity 2 Chinese Holstein cows with similar milk yield (19.08 ± 2.97 kg/d), body condition (3.17 ± 0.09 score) and body weight (about 600 kg) in milk metaphase were randomly divided into four groups (Control Group, CG; Trial Group I, TG I; Trial Group II, TG II; and Trial Group III, TG III) in a 21d experimental period. All cows were fed the same diet except the concentrate. CG with the basic concentrate (BC); TG I with 5% FSOPF substitute for 5% fish meal (FM) in BC; TG II with 5% FSOPF for 5% FM and 5% FSOPF for soybean meal (SBM) in BC; and TG III with 5% FSOPF for 5% FM and 10% FSOPF for SBM in BC. The milk yield, milk convention indices (milk protein, milk fat, milk sugar, milk dry

收稿日期: 2012-07-26 修回日期: 2012-10-22

基金项目: 国家自然科学基金(31060313)、江西省科技支撑计划资助项目(2009BNA06500)和反刍动物饲料安全评价项目

作者简介: 张吉鸱(1964—), 男, 研究员, 博士后, 主要从事反刍动物营养研究, E-mail: zjk50481@126.com。

matter) and somatic cell count (SCC) were determined three days before the experiment on and the last three experimental days respectively. The results show that FSOPF could slow down milk yield decreasing, improve milk convention indices and reduce the SCC. The conclusion was reached that FSOPF could substitute for FM and its suitable dosage was 10% in concentrate under the ratio of concentrate to roughage (40 ~ 45:60 ~ 55) in lactating cows.

Key words: dairy cow; FSOPF; milk convention indices; SCC

植物蛋白原料中普遍存在着植物过敏源与抗营养因子,使得植物蛋白的消化率与生物学效价远不及鱼粉等动物源性蛋白,这些植物过敏物质是造成幼龄动物(如断乳仔猪)出现腹泻、生长迟缓等的主因。我国动物蛋白原料资源非常短缺,大多依赖进口。近年来,随着市场需求的增大和相关资源的逐步枯竭,优质动物源性蛋白的价格不断攀升,已严重制约我国养殖业的利润水平。另一方面,疯牛病的蔓延使人们认识到在饲料中使用动物源性蛋白(如肉骨粉)存在严重的安全性问题。因此,去除植物蛋白中的抗营养因子,改善植物蛋白的营养品质用于替代动物源性蛋白就有着十分重要的意义。

蛋白质营养由氨基酸营养和小肽营养两部分组成,小肽吸收比氨基酸具有更多的优越性:速度快,耗能低,载体不易饱和等。小肽在蛋白质的降解、运输、合成中发挥着重要作用。由理想氨基酸模式配制的纯化日粮并不能使动物获得最佳的生产性能和饲料报酬,用完整蛋白质和小肽配比的饲料才能使动物获得最佳生产性能。目前,含小肽在内的功能寡肽已广泛应用于饲料配方中。生物发酵生产寡肽(小肽)已成为饲料原料研究的热点。以发酵大豆蛋白生产功能大豆寡肽的形式提供蛋白源营养或曰“肽营养”较之传统的养殖生产中以豆粕为原料提供蛋白质营养技术而言,无疑是一个重大进步。

功能大豆寡肽蛋白饲料(Functional Soy Oligopeptide-Protein Feeds, FSOPF)是用现代生物发酵工程技术处理豆粕(大豆蛋白)而成。固态发酵过程中,一方面,降解大豆蛋白中的植物过敏源和抗营养因子,另一方面,酶解大豆蛋白的大分子为小分子的寡肽和小肽,从而提高大豆蛋白的品质。功能大豆寡肽(Functional Soy Oligopeptide, FSO)是大豆蛋白经蛋白酶水解后产生的由2~10个氨基酸残基组成的低肽混合物,分子量为1000左右。功能大豆寡肽与具有相同氨基酸组成的大豆蛋白质相比,具有许多独特的理化特性与生物学活性。由于功能大豆寡肽除了具有优于大豆蛋白的加工特性(保湿性、发泡性、非酸沉性等)外,还具有易消化、吸收快(肽通过肠道几乎全被吸收利用,进入血液中,然后运送到各个部位,发挥出肽的生物学功能)、抗原性低,并具有提高动物血液中胰岛素水平,促进淋巴细胞增生、促进矿物质吸收、抗氧化、促进双歧杆菌和乳酸菌增殖、增强免疫力等许多独特的生理功能。FSOPF是源于大豆蛋白而营养品质优于豆粕,是绿色、环保并具调控功能的优质蛋白质原料,较之鱼粉等动物蛋白饲料,不受供货限制,杂质含量少,质量更稳定,保质期长,易储存。因此,FSOPF在养殖业中具有广阔的应用前景,在畜禽饲料中应用FSOPF代替动物蛋白原料,有利于实现高效养殖,这对蛋白质资源相对不足条件下使我国养殖业保持可持续发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲养管理

选择健康无病,体质量(600 kg左右)、泌乳日龄(154.4 ± 15.8) d、产奶量(19.08 ± 2.97) kg/d、体况(3.17 ± 0.09)相近的经产中国荷斯坦2胎母牛16头进行本试验。于2011年12月4日至24日在江西萍乡某乳业集团中心牛场进行。采用双列尾队尾栓系饲养,每天分别在07:00、19:00饲喂,自由饮水,早晚各一次(06:00、18:00)机器挤奶。

1.2 试验日粮

1.2.1 基础精饲料组成与营养水平 基础精饲料配方:玉米50%、豆粕20%、麸皮12%、玉米蛋白粉10%、鱼粉5%、磷酸氢钙1.6%、碳酸钙0.4%、食盐0.5%、预混料0.5%。

该基础精饲料的营养水平:干物质(Dry Matter, DM)为90.7% 粗蛋白(Crude Protein, CP)为23.78% DM 粗脂肪(Ether Extract, EE)为4.31% DM,粗纤维为3.83% DM,粗灰分为3.76%,钙(Ca)0.89% DM,磷(P)0.68% DM。

1.2.2 日粮组成 精饲料: 每头奶牛日采食精饲料 10 kg。粗饲料: 玉米青贮 18 kg、稻草 2 kg、玉米秸秆 2 kg、苜蓿干草 2 kg、鲜啤酒糟与豆腐渣各 4 kg。试验所用粗饲料的营养成分及饲料相对值(Relative Feed Value ,RFV) 与分级指数(Grading Index ,GI) 对试验用饲料品质的综合评定见表 1。

表 1 试验用饲料营养成分及其品质评定

Tab.1 Nutrients of experimental feeds and their quality comprehensive evaluation

	DM/%	CP/% (DM)	FAT/% (DM)	ASH/% (DM)	NDF/% (DM)	ADF/% (DM)	RFV	GI /Mcal
稻草 RS	92.93	4.56	3.97	13.61	70.95	49.56	65.94	0.66
紫花苜蓿 MSL	92.64	20.88	2.93	8.19	51.17	37.27	108.83	7.66
玉米秸秆 CS	91.63	5.79	1.13	6.04	70.86	39.47	76.34	1.06
豆腐渣 SBCR	27.14	23.84	4.59	3.97	38.74	26.97	163.02	18.38
啤酒糟 BG	55.83	26.17	9.87	3.82	65.14	21.73	102.78	7.75

RS 稻草; MSL 紫花苜蓿; CS 玉米秸秆; SBCR 豆腐渣; BG 啤酒糟; DM 干物质; CP 粗蛋白; FAT 粗脂肪; ASH 粗灰分; NDF 中性洗涤纤维; ADF 酸性洗涤纤维。RFV 饲料相对值。GI 分级指数。

RS ,Rice Straw; MSL ,Medicago Sativa L; CS ,Corn Stover; SBCR ,Soybean Curb Residues; BG ,Brewer's Grains; DM , Dry Matter; CP ,Crude Protein; NDF ,Neutral Detergent Fiber; ADF ,Acid Detergent Fiber. RFV ,Relative Feed Value. GI , Grading Index.

1.2.3 功能大豆寡肽蛋白饲料 功能大豆寡肽蛋白饲料为江西省农业科学院畜牧兽医研究所与江西新天地药业有限公司联合研制 ,其主要营养成分为: 1、寡肽含量 $\geq 70\%$,其中小肽 $\geq 12\%$; 2、粗蛋白质含量 $\geq 52.0\%$,总氨基酸含量 $\geq 48.0\%$; 3、体外消化率 $\geq 95.3\%$ 碱溶解蛋白 $\geq 84.7\%$ 水溶解度 $\geq 21.8\%$; 4、乳酸 $\geq 3\%$; 5、富含多种生物活性因子、低抗原^[1]。

1.3 试验设计

采用单因子随机分组试验设计 ,16 头牛随机分为 4 组 ,每组 4 头 ,进行为期 21 d 的饲养试验 ,其中预试期 14 d 正试期 7 d。对照组的精饲料为基础精饲料 ,试验 I 组为用 5% 的 FSOPF 取代基础精饲料中 5% 的鱼粉 ,试验 II 组为用 10% 的 FSOPF 分别取代基础精饲料中 5% 的鱼粉与 5% 的豆粕 ,试验 III 组为用 15% 的 FSOPF 分别取代基础精饲料中 5% 的鱼粉与 10% 的豆粕 3 个试验组的其它精饲料组分同基础精饲料。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 饲料样品指标的测定与方法 水分采用 GB 6435 - 86 法测定 粗蛋白质采用 GB/T 6432 - 94 法测定 粗脂肪采用 GB/T 6433 - 94 法测定 粗纤维采用 GB/T 6434 - 94 法测定 粗灰分采用 GB/T 6438 - 92 法测定; 中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维根据范氏(Van Soest) 洗涤纤维分析法测定; 钙和磷采用原子吸收法测定。具体测定方法详见《饲料分析与检验》^[2]。RFV 与 GI 的计算参见张吉鸱^[3]介绍的方法进行。

1.4.2 牛奶样品指标的测定与方法 对照组和试验组均在预试期的前 3 d 与正试期的后 3 d 测定泌乳量、乳蛋白、乳脂肪、乳糖、干物质含量以及鲜奶中的体细胞数。泌乳量在挤出牛奶后直接称重 ,乳蛋白采用凯氏定氮法、乳脂肪采用毛氏抽脂瓶法、乳糖采用还原滴定法、全脂乳固体与非脂乳固体采用直接干燥法、体细胞数采用显微镜法 ,具体操作严格按《反刍动物营养学研究方法》^[4]中所描述的相应方法进行。奶牛体况评分参照《农户科学养奶牛》^[5]中所描述的方法进行。

1.5 数据处理

试验中测得的基础数据用 Excel 进行整理 ,通过 SAS 9. 0 软件 ,采用有重复观测值的 SAS 混合模型对数据进行最小二乘法方差分析 ,显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 对产奶量的影响

不同比例 FSOPF 等比例取代鱼粉与豆粕对产奶量的影响见表 2。从表 2 可以看出 较之试验前 3 d

表2 试验前后各组牛的产奶量及其比较
 Tab.2 The milk yields and comparisons of various groups pre and post-trial kg/d

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	19.18 ^a	20.44 ^a	18.82 ^a	17.88 ^a	1.575 1
正试期 Post-trial	18.42 ^a	19.66 ^a	18.39 ^a	17.50 ^a	1.574 7
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	-0.76 ^a	-0.78 ^a	-0.43 ^b	-0.38 ^b	0.040 7

CG, 对照组; TG I, 试验 I 组; TG II, 试验 II 组; TG III, 试验 III 组; SEM, 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。

CG, Control Group; TG I, Trial Group I; TG II, Trial Group II; TG III, Trial Group III; SEM, Standard Error of Mean. In the same row, Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$), with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$).

的平均产奶量, 各组正试期最后 3 d 每头牛的平均产奶量均有降低, 这符合奶牛在泌乳中期产奶量逐渐下降的生理规律^[5]。尽管正试期各组的产奶量差异不显著 ($P > 0.05$), 但每头牛正试期最后 3 d 平均产奶量较试验前 3 d 的平均产奶量的下降幅度不同, 正试期各组最后 3 d 平均产奶量的减量(见括弧中的数据, 单位为%) 自高到低的排序依次为试验 I 组(0.78)、对照组(0.76)、试验 II 组(0.43) > 试验 III 组(0.38)。其中, 试验 I 组与对照组、试验 II 组与试验 III 组差异不显著 ($P > 0.05$), 其余组间差异显著 ($P < 0.05$), 说明 FSOPF 对减缓泌乳中期奶牛产奶量的下降有明显效果。

2.2 对乳常规指标的影响

不同比例 FSOPF 等比例取代鱼粉与豆粕对乳常规指标的影响见表 3 至表 7。由表 3 至表 7 可见, FSOPF 能显著提高原奶中的乳蛋白、乳脂肪、乳糖、全脂乳固体与非脂乳固体等乳常规指标。

2.2.1 乳蛋白 乳蛋白是原奶的主要营养成分之一, 通常含量为 2.8% ~ 3.8%。乳蛋白主要由酪蛋白、乳清蛋白组成, 含有 8 种人体必需的氨基酸, 是补充人体蛋白质的较好来源。因此, 原奶中蛋白质含量的高低是衡量原奶品质好坏的重要指标。本研究中, 试验前与正试期的乳蛋白含量均在正常范围之内。正试期各组的乳蛋白差异不显著 ($P > 0.05$), 但较试验前均有增加。乳蛋白的增量(见括弧中的数据, 单位为%) 自高到低的排序为: 试验 III 组(0.10)、试验 II 组(0.08)、对照组(0.07)、试验 I 组(0.05) 除试验 III 组与试验 I 组的差异显著 ($P < 0.05$) 外, 其余组间差异不显著 ($P > 0.05$), 详见表 3。

表3 试验前后各组原奶的乳蛋白含量及其比较

Tab.3 The protein content of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial %

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	3.20 ^a	3.20 ^a	3.20 ^a	3.20 ^a	0.012 6
正试期 Post-trial	3.27 ^a	3.25 ^a	3.28 ^a	3.30 ^a	0.017 1
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.07 ^{ab}	0.05 ^b	0.08 ^{ab}	0.10 ^a	0.012 5

CG, 对照组; TG I, 试验 I 组; TG II, 试验 II 组; TG III, 试验 III 组; SEM, 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。

CG, Control Group; TG I, Trial Group I; TG II, Trial Group II; TG III, Trial Group III; SEM, Standard Error of Mean. In the same row, Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$), with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$).

2.2.2 乳脂肪 乳脂肪是原奶的主要营养成分之一, 含量一般为 3% ~ 5%, 对原奶风味发挥着重要作用。乳脂肪以脂肪球的形式分散于乳中, 主要由甘油三酯、少量的磷脂、微量的甾醇和游离脂肪酸等组成。由于原奶中的脂肪对人体非常重要, 所以乳脂肪含量越高的原奶, 其品质也越好。本研究中各组的乳脂肪含量均在正常范围之内, 正试期各组的乳脂肪含量差异不显著 ($P > 0.05$), 但各组乳脂肪增加的幅度不同。乳脂肪增量以试验 III 组的最高, 为 0.15%; 其次为试验 II 组, 为 0.14%; 对照组与试验 I 组的最低, 均为 0.10%。其中, 试验 III 组与试验 II 组、对照组与试验 I 组差异不显著 ($P > 0.05$), 其余组间

差异显著 ($P < 0.05$) , 详见表 4。

表 4 试验前后各组原奶的乳脂肪含量及其比较

Tab. 4 The fat content of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial %

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	3.47 ^a	3.44 ^a	3.47 ^a	3.49 ^a	0.063 7
正试期 Post-trial	3.57 ^a	3.54 ^a	3.61 ^a	3.64 ^a	0.066 5
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.10 ^b	0.10 ^b	0.14 ^a	0.15 ^a	0.010 2

CG 对照组; TG I 试验 I 组; TG II 试验 II 组; TG III 试验 III 组; SEM 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$) , 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$) 。

CG , Control Group; TG I , Trial Group I ; TG II , Trial Group II ; TG III , Trial Group III ; SEM , Standard Error of Mean. In the same row , Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$) , with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$) .

2.2.3 乳糖 乳糖是哺乳动物的乳腺产生的特有物质。牛奶中乳糖的含量一般在 4.7% 左右 , 是乳中最稳定的一种成分。但乳糖对人体健康的作用不大 , 所以 , 乳糖含量的高低 , 并未引起重视 , 对评价牛奶品质的影响也不大。本研究试验前乳糖的含量在 4.56% ~ 4.57% , 正试期在 4.72% ~ 4.77% , 组间差异不显著 ($P > 0.05$) , 但各组正试期乳糖的增量不同 , 乳糖增量 (见括弧中的数据 , 单位为%) 自高到低的排序为: 试验 III 组 (0.21) 、试验 II 组 (0.20) 、对照组 (0.18) 、试验 I 组 (0.16) 。其中 , 试验 III 组与试验 II 组、对照组与试验 I 组、对照组与试验 II 组差异不显著 ($P > 0.05$) , 其余组间差异显著 ($P < 0.05$) , 详见表 5。

表 5 试验前后各组原奶的乳糖含量及其比较

Tab. 5 The sugar content of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial %

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	4.56 ^a	4.56 ^a	4.57 ^a	4.56 ^a	0.063 5
正试期 Post-trial	4.74 ^a	4.72 ^a	4.77 ^a	4.77 ^a	0.067 2
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.18 ^{bc}	0.16 ^c	0.20 ^{ab}	0.21 ^a	0.009 7

CG 对照组; TG I 试验 I 组; TG II 试验 II 组; TG III 试验 III 组; SEM 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$) , 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$) 。

CG , Control Group; TG I , Trial Group I ; TG II , Trial Group II ; TG III , Trial Group III ; SEM , Standard Error of Mean. In the same row , Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$) , with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$) .

2.2.4 全脂乳固体 原奶除去水分后 , 剩下的组分就是全脂乳固体 (又称干物质或总固体) , 含量一般

表 6 试验前后各组原奶的全脂乳固体含量及其比较

Tab. 6 The complete fat solid content of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial %

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	12.07 ^a	12.02 ^a	11.97 ^a	12.09 ^a	0.331 0
正试期 Post-trial	12.30 ^a	12.22 ^a	12.34 ^a	12.47 ^a	0.317 6
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.23 ^b	0.20 ^b	0.37 ^a	0.38 ^a	0.027 0

CG 对照组; TG I 试验 I 组; TG II 试验 II 组; TG III 试验 III 组; SEM 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$) , 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$) 。

CG , Control Group; TG I , Trial Group I ; TG II , Trial Group II ; TG III , Trial Group III ; SEM , Standard Error of Mean. In the same row , Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$) , with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$) .

在 11.3% ~ 14.5%。本研究各组试验前与正试期的全脂乳固体均在正常范围之内, 各组的全脂乳固体含量差异不显著 ($P > 0.05$) , 但试验期间全脂乳固体的增量不同, 以试验 III 组的最高, 为 0.38%; 其次为试验 II 组的, 为 0.37%; 最低的为试验 I 组, 为 0.20%。其中, 试验 III 组与试验 II 组、对照组与试验 I 组的差异不显著 ($P > 0.05$) , 其余组间差异显著 ($P < 0.05$) , 详见表 6。

2.2.5 非脂乳固体 非脂乳固体或非脂干物质, 即全脂乳固体扣除脂肪后剩余组成部分, 含量一般在 8.1% ~ 10.0% , 试验前与正试期各组的非脂乳固体含量均在正常范围之内, 组间差异不显著 ($P > 0.05$) 。正试期以试验 III 组的最高, 为 8.87%; 其次为试验 II 组, 为 8.83%; 最低的为试验 I 组, 为 8.70%; 其中, 试验 III 组、试验 II 组与对照组的差异不显著 ($P > 0.05$) , 试验 II 组、对照组与试验 I 组的差异亦不显著 ($P > 0.05$) , 其余组间差异显著 ($P < 0.05$) 。试验期间非脂乳固体的增量(括弧中的数据, 单位为%) 自高到低的排序为: 试验 III 组(0.28) 、试验 II 组(0.27) 、对照组(0.16) 、试验 I 组(0.15) 。其中, 试验 III 组与试验 II 组、对照组与试验 I 组差异不显著 ($P > 0.05$) , 其余组间差异显著 ($P < 0.05$) , 详见表 7。

表 7 试验前后各组原奶的非脂乳固体含量及其比较

Tab.7 The non-fat solids content of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial %

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	8.57 ^a	8.55 ^a	8.56 ^a	8.59 ^a	0.050 2
正试期 Post-trial	8.73 ^{ab}	8.70 ^b	8.83 ^{ab}	8.87 ^a	0.046 4
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.16 ^b	0.15 ^b	0.27 ^a	0.28 ^a	0.011 9

CG, 对照组; TG I, 试验 I 组; TG II, 试验 II 组; TG III, 试验 III 组; SEM, 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$) , 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$) 。

CG, Control Group; TG I, Trial Group I; TG II, Trial Group II; TG III, Trial Group III; SEM, Standard Error of Mean. In the same row, Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$) , with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$) .

2.3 对乳中体细胞数的影响

体细胞是指原奶中混杂的上皮细胞和白细胞。牛奶中所含体细胞数(Somatic Cell Count, SCC) 通常以每毫升牛奶中的细胞个数来表示。近年来, 几乎所有国家均将牛奶中体细胞数作为牛奶收购标准之一。牛奶中体细胞数是评价牛奶质量的重要指标, 也是奶牛群体改良(Dairy Herd Improvement, DHI) 中的一个重要测定项目。测定牛奶中体细胞数的变化可及早发现乳房损伤或感染, 预防乳房炎。本研究, 试验前各组的体细胞数均超过 50 万/mL, 位于 51.00 ~ 53.64 万/mL, 以对照组的最高, 试验 II 组的最低, 组间差异不显著 ($P > 0.05$) 。经 21 d 的饲养试验, 正试期以对照组的最高, 为 54.06 万/mL, 较试验前的 53.64 万/mL 略增加; 其次为试验 I 组, 为 39.05 万/mL, 较试验前降低 14.86 万/mL; 试验 III 组的最低, 仅为 26.74 万/mL, 较试验前降低 25.22 万/mL; 试验 II 组的体细胞数及其较试验前的降低数分别为 28.29 万/mL 与 22.71 万/mL, 均与试验 III 组的相近。正试期原奶中的体细胞数及其较试验前体细胞的降低数除试验 III 组与试验 II 组的差异不显著 ($P > 0.05$) 外, 其余组间差异显著 ($P < 0.05$) 。表明, FSOPF 能够降低原奶中的体细胞数, 且降低的体细胞数随其在日粮中的比例的升高而增加, 但提高的幅度趋缓, 详见表 8。

2.4 成本变动分析

试验各组除以不同比例 FSOPF 等比例取代鱼粉与豆粕外, 其余精饲料的组分完全相同。因此, 完全可以以对照组基础精饲料中被取代的组分的价格为参照, 分析各试验组精料变动的成本。进口鱼粉按 10 000 元/t、豆粕按 3 600 元/t、功能大豆寡肽蛋白饲料按 5 000 元/t 计, 以对照组的精饲料为参照, 则试验组每 t 精饲料成本的变动为: 试验 I 组的较对照组的降低 250 元; 试验 II 组较对照组的降低 180 元, 较试验 I 组增加 70 元; 试验 III 组较对照组的降低 110 元, 较试验 I 组增加 140 元, 较试验 II 组增加 70 元。试验期各组成本自高到底的排序为: 对照组、试验 III 组、试验 II 组、试验 I 组。

表 8 试验前后各组原奶的体细胞及其比较

Tab. 8 The somatic cell count of raw milk and comparisons of various groups pre and post-trial

	对照组 CG	试验 I 组 TG I	试验 II 组 TG II	试验 III 组 TG III	SEM
试验前 Pre-trial	53.64 ^a	53.91 ^a	51.00 ^a	51.96 ^a	1.990 2
正试期 Post-trial	54.06 ^a	39.05 ^b	28.29 ^c	26.74 ^c	1.823 8
试验前后比较 Pre and post-trial comparisons	0.43 ^c	-14.86 ^b	-22.71 ^a	-25.22 ^a	2.303 3

CG 对照组; TG I 试验 I 组; TG II 试验 II 组; TG III 试验 III 组; SEM 标准误。同行肩标相同小写字母者表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。

CG, Control Group; TG I, Trial Group I; TG II, Trial Group II; TG III, Trial Group III; SEM, Standard Error of Mean. In the same row, Values with the same small letter superscripts meant no significant difference ($P > 0.05$), with different small letter superscripts meant significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论与结论

3.1 FSOPF 提高奶牛生产奶性能的机理

FSOPF 是多菌种组合在特定工艺条件下固态发酵豆粕,使产品中的部分大豆蛋白质降解为大豆寡肽,并有效降解大豆中的 2 种主要的抗原蛋白 glycinin(大豆球蛋白)和 β -conglycinin(大豆聚球蛋白)而成,寡肽含量超过 70%,其中小肽含量超过 12%。产品中不仅含有降解大豆蛋白的多种小肽、氨基酸与维生素,还含有生物发酵产生的多种生物活性因子及蛋白酶等多种酶,并兼具益生菌的功效。如:益生菌数高达 1×10^7 cfu/g^[11]。已有的研究表明,黑曲霉、米曲霉等有益菌在发酵过程中产生的如小肽、酶类、多种维生素及未知营养因子等,具有调节瘤胃微生态的功能^[6-8]。它们与奶牛瘤胃中的固有微生物发生协同作用,调控瘤胃微生态平衡,增加瘤胃纤维分解菌数目以及瘤胃细菌总数,从而促进瘤胃发酵,提高瘤胃微生物对粗饲料的利用率与瘤胃微生物蛋白的产量,最终提高奶牛的生产性能^[9-11]。其他学者亦得出了类似结论,证明添加小肽或保护性小肽可提高奶牛产奶量 4.12% ~ 24.02%,同时还可提高原奶中的乳蛋白和乳脂肪^[12-14]。程茂基等^[15]的研究发现,瘤胃细菌生长需要肽营养,指出肽是瘤胃细菌生长的限制性因素之一。本研究中,随着 FSOPF 在奶牛精料中比例的提高,奶牛产奶量下降的幅度减少,奶常规指标提高的幅度增加,可能与其中的小肽含量增加有关,这与有关报道^[16]一致。

3.2 FSOPF 改善牛奶品质的“度”

由于原奶的全脂固体中含有多种对人体有益的物质,例如蛋白质、脂肪、乳糖、矿物质(钙、铁、磷等)和维生素 B1、维生素 B2 等,目前,国际上越来越多的国家采用干物质的总量来表示奶牛产奶量,而不用产出牛奶的总体积。在不掺假的前提下,原奶中全脂乳固体或非脂乳固体的含量越高,其品质越好。本研究中,随着 FSOPF 在奶牛精料中比例的提高,原奶中全脂乳固体或非脂乳固体的含量亦随之增加,增加的幅度趋缓,甚至接近,表明 FSOPF 在改善牛奶品质上有个度,并不是越多越好。

3.3 FSOPF 对奶牛乳房炎的预防作用

影响牛奶体细胞数的因素很多,包括乳房感染状态、遗传、泌乳阶段、奶牛年龄、季节因素、疾病影响等,其中最主要的原因是奶牛感染传染性乳房炎。患牛乳中体细胞数升高的程度取决于诱发感染的特定微生物病原菌种类与炎症的严重程度。一般高质量牛乳中所含体细胞不超过 50 万/mL,一旦超过这个值就会导致产奶量和牛奶质量的下降。因此,体细胞数的检测可以用来判断奶牛乳房的健康状况及其泌乳性能和评价原奶的质量^[4,17]。体细胞数的变化与乳房的感染和产奶量有直接的关系,如果牛奶中的体细胞数在 20 万个/mL 以内,那么对乳房的感染率影响非常小;如果牛奶中的体细胞数达到 50 万个/mL,那么乳房的感染率就达到 16%,产奶量的损失会达到 6%;如果牛奶中的体细胞数超过 150 万个/mL,那么乳房的感染率就要达到 48%,产奶量的损失会达到 29%^[18]。本研究试验前体细胞数 51.00 ~ 54.06 万个/mL,表明供试牛比较健康,牛奶质量较好。FSOPF 占精料比例 15% 的试验 III 组与占 10% 的

试验 II 组,原奶中的体细胞数较试验前分别降低 25.22 万个/mL 与 22.71 万个/mL ($P > 0.05$),远高于占 5% 试验 I 组的 14.86 万个/mL ($P < 0.05$),而不含 FSOPF 的对照组,较试验前增加 0.43 万个/mL,这可能与 FSOPF 中所含的小肽等生物活性物质,提高奶牛的非特异性免疫功能,增强其抗病力有关^[1,48]。同时说明,精饲料中 5% 的 FSOPF 即可发挥降低原奶中体细胞数的功效,但也存在着“度”,综合考虑成本因素,本研究以占精饲料的 10% 为适度水平。

用 FSOPF 等比例取代泌乳中期中国荷斯坦奶牛精饲料中的进口鱼粉可显著降低成本,还能显著降低原奶中的体细胞数,防治乳房炎,而对牛奶产量、乳常规指标的影响较小。在不使用鱼粉的情况下,FSOPF 在泌乳中期中国荷斯坦奶牛精饲料中的适宜比例为 10%。

参考文献:

- [1]张吉鹏,李龙瑞,邹庆华. 功能大豆寡肽蛋白饲料的研制及其固态发酵工艺参数的优化研究[J]. 中国奶牛, 2010 (10): 8-14.
- [2]王加启,于建国. 饲料分析与检验[M]. 北京: 中国计量出版社, 2004: 34-65.
- [3]张吉鹏. 粗饲料品质评定指数研究进展[J]. 中国饲料, 2003(16): 9-11.
- [4]王加启. 反刍动物营养学研究方法[M]. 北京: 现代教育出版社, 2011: 311-465.
- [5]王加启. 农户科学养奶牛[M]. 北京: 金盾出版社, 2007: 215-223.
- [6]赛红,孙建义,李卫芬. 黑曲霉固体发酵对棉籽粕营养价值的影响[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(1): 70-73.
- [7]吴石金,郑丽琴,夏一峰. 黑曲霉液体发酵产纤维素酶系均衡性研究[J]. 浙江工业大学学报, 2003, 31(4): 439-443.
- [8]王文娟,宋俊梅,曲静然. 黑曲霉发酵豆粕产蛋白酶活性的研究[J]. 中国酿造, 2007(5): 23-25.
- [9]孙安权,沙海锋,王光文. 米曲霉提取物对瘤胃生态及奶牛生产性能的影响[J]. 中国奶牛, 2006(11): 11-12.
- [10]王恬,贝水荣,傅永明,等. 小肽营养素对奶牛泌乳性能的影响[J]. 中国奶牛, 2004(2): 12-14.
- [11]姜宁,张爱忠,陆明海,等. RPAA 和保护性小肽对奶牛生产性能与消化率的影响[J]. 四川畜牧兽医, 2005(6): 27-28.
- [12]曹志军,李胜利,丁志民. 日粮中添加小肽对奶牛产奶性能影响的研究[J]. 饲料工业, 2004, 25(4): 35-37.
- [13]张永根,曲晨,欧建辉. 乐能小肽在奶牛饲养中的应用研究[J]. 中国乳业, 2005(2): 8-30.
- [14]黄国清,易虹. 小肽营养素对奶牛泌乳性能和乳品质的影响[J]. 当代畜牧, 2006(9): 33-34.
- [15]程茂基,卢德勋,王洪荣,等. 不同来源肽对培养液中瘤胃细菌蛋白产量的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2004, 35(1): 1-5.
- [16]郭春华,魏荣禄,陶文清,等. 微生物发酵蛋白饲料在奶牛饲养中的应用研究[J]. 西南民族大学学报: 自然科学版, 2009, 35(4): 759-763.
- [17]黄亚东,王仁雷. 牛乳体细胞检测在奶牛泌乳性能及乳质监控中的应用[J]. 研究食品工业科技, 2006, 27(5): 179-181.
- [18]韩博. 牛奶中体细胞的控制和乳房炎的治疗[J]. 中国奶牛, 2009(9): 33.