

摘要

试验一用六头荷斯坦奶牛研究了添加预混料和复合缓冲剂对奶牛产奶量和乳脂构成的影响。试验采用 3 x 3 重复拉丁方设计, 分三组处理: (I) 基础日粮+1% 市售商品预混料(对照组); (II) 基础日粮+1% 新型预混料(预混料组); (III) 基础日粮+1% 新型预混料+复合缓冲剂(复合添加剂组)。复合添加剂组可以明显增加瘤胃 pH 和瘤胃缓冲能力, 这有利于在饲喂高精料时防止瘤胃酸中毒。缓冲剂可以防止蛋白质在瘤胃中的过度降解, 提高饲料蛋白质的利用率。缓冲剂的使用增加了粗饲料和有机物质的消化率, 提高了瘤胃微生物的合成。从数据可以看出中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的表观消化率从 I 组至 III 组依次上升, 但差异不显著。对照组, 预混料组和复合添加剂组乳产量分别为 22.67, 23.13, 23.98 kg/d, 乳脂率分别为 3.08%, 3.16% 和 3.41%, 对照组产奶量和乳脂率最低, 复合添加剂组产奶量和乳脂率显著 ($p < 0.01$) 高于对照组和预混料组。三组乳蛋白含量分别为 2.85%, 2.83% 和 2.90%, 组间差异不显著。血糖含量三组依次为 74.33, 73.00 和 86.83 mg/dl; 尿素氮含量依次为 10.10, 8.87 和 9.12 mg/dl; 缓冲剂组提高了血浆中血糖含量, 降低了尿素氮含量。

试验二的目的是通过添加富含亚麻酸和亚油酸的油料籽实改变乳脂中共轭亚油酸 (CLA) 和其它不饱和脂肪酸含量, 探讨不饱和脂肪酸的代谢规律。十头荷斯坦奶牛采用 4 x 5 不完全拉丁方设计, 每阶段试验期为一个月。各组分别为 1) 基础日粮(对照组); 2) 基础日粮中部分粗饲料和精料由苜蓿和甲醛处理的整粒亚麻籽替代(甲醛亚麻组); 3) 基础日粮中部分粗饲料和精料由苜蓿和整粒亚麻籽替代(亚麻组); 4) 基础日粮中部分粗饲料和精料由苜蓿和破碎的甲醛处理的大豆替代(甲醛大豆组); 5) 基础日粮中部分粗饲料和精料由苜蓿和破碎大豆替代(大豆组)。各组日粮中的粗蛋白、粗脂肪、和纤维含量相似。各组产奶量相似, 对照组、甲醛亚麻组、亚麻组, 甲醛大豆组和大豆组产奶量分别为 7.7, 18.9, 19.2, 18.5 和 19.1 kg/d。乳脂率依次为 3.31%, 3.33%, 3.45%, 3.42% 和 3.39%, 对照组含量最低。乳蛋白依次为 2.92%, 3.09%, 3.04%, 3.01% 和 2.92%, 干物质采食量依次为 15.7, 16.3, 17.0, 15.9 和 16.5 kg/d。乳脂中 CLA 含量依次为 7.08, 10.04, 10.18, 12.71 和 12.01 mg/g 脂肪酸; C18:2 含量依次为 13.35, 17.54, 16.41, 26.49 和 24.62 mg/g 脂肪酸; C18:3 含量依次为 1.55, 4.09, 4.62, 5.31 和 4.52 mg/g 脂肪酸; CLA, C18:2 和 C18:3 含量甲醛大豆组最高, 对照组最低。乳脂中 C18:1, C18:2, CLA 和 C18:3 含量甲醛亚麻组、亚麻组, 甲醛大豆组和大豆组显著 ($p < 0.01$) 高于对照组。甲醛亚麻组、亚麻组, 甲醛大豆组和大豆组的中性洗涤纤维的消化率低于对照组。甲醛亚麻组, 亚麻组, 甲醛大豆组和大豆组的酸性洗涤纤维的消化率高于对照组。饲喂亚麻籽得到最低的乳脂 omega-6/omega-3 值, 这提高了乳的营养价值。

关键词: 预混料; 缓冲剂; 共轭亚油酸; 不饱和脂肪酸

Effect of Compound Buffers and Dietary Composition on Milk Performance and Milk Composition of Dairy Cows

Author: Suntao

Major: Animal Nutrition and Feed Science

Tutor: Professor Lijianguo

Abstract

Six Holstein cows were used to study the effect of premix and compound buffers on milk production and milk composition. The design was a 3 x 3 Latin square, in which the three treatments were: (I) basal diet + a kind of commercial premix(1%)(CPRX); (II) basal diet + a new type of premix(1%)(NPRX); (III) basal diet + the new type of premix(1%)+ compound buffers(PRXBUFF). PRXBUFF can significantly increase the rumen fluid pH and rumen buffering capacity, which is very beneficial to prevent ruminal acidosis of dairy cows fed high concentrate diets. It is also considered to be useful to prevent the overdigestion of proteins in rumen and increase amount of the by-pass nitrogen, which will improve the efficiency of utilization of the proteins in diets. It also can increase the digestibility of forage and organic matters, and improve the synthesis of microbial proteins. As the data has shown, the apparent digestibility of neutral detergent fiber and acid detergent fiber increase gradually from I to III, but the difference is not significant ($p < 0.05$). Milk production (22.67, 23.13, 23.98 kg/d) for diets I to III were lowest for CPRX. Milk fat percentages (3.08%, 3.16%, and 3.41%) for diets I to III were the lowest for CPRX. Compared with CPRX and NPRX, milk production and fat percentages of PRXBUFF increased significantly ($p < 0.01$). Milk protein percentages do not differ among treatments ($p > 0.05$), averaging 2.85%, 2.83%, 2.90% from I to III. Blood glucose concentrations (74.33, 73.00, 86.83 mg/dl) for diets I to III were the highest for PRXBUFF; BUN concentrations (10.10, 8.87, 9.12 mg/dl) for diets I to III were the lowest for PRXBUFF.

The objective of the experiment two is to examine the effect of feeding seeds riched in linoleic or linolenic acids in order to determine which would alter the content of conjugated linoleic acid (CLA), and unsaturated fatty acids in milk fat and study their metabolic mechanism. Ten Holstein cows were used in a 4 x 5 incomplete Latin square with 4-wk periods. Treatment diets were 1) basal diet (BASAL), 2) basal diet was replaced partially by clover and formaldehyde-treated whole flaxseeds (high linolenic; FFLA), 3) basal diet was replaced partially by clover and whole flaxseeds (high linolenic; FLA), 4) basal diet was replaced partially by clover and formaldehyde-treated cracked soy (high linoleic; FSOY), 5) basal diet was replaced partially by clover and cracked soy (high linoleic; SOY). Diets were designed to contain similar crude protein, crude fat and fibre.

Milk production (17.7, 18.9, 19.2, 18.5, and 19.1 kg/d for diets 1 to 5) was similar for all groups. Milk fat percentages (3.31%, 3.33%, 3.45%, 3.42% and 3.39%) for groups 1 to 5 were the lowest for BASAL. Milk protein percentages (2.92%, 3.09%, 3.04%, 3.01% and 2.92%) and dry matter intake (DMI) (15.7, 16.3, 17.0, 15.9 and 16.5 kg/d) for groups 1 to 5 were the lowest for BASAL. Milk CLA concentrations (7.08, 10.04, 10.18, 12.71 and 12.01 mg/g fatty acids) for groups 1 to 5, C_{18:2} concentrations (13.35, 17.54, 16.41, 26.49 and 24.62 mg/g fatty acids), and C_{18:3} concentrations (1.55, 4.09, 4.62, 5.31 and 4.52 mg/g fatty acids) for groups 1 to 5 were the greatest with FSOY and were the least with BASAL. Similar to milk CLA, milk C_{18:1} concentration (206.78, 261.24, 276.03, 302.01 and 268.86 mg/g fatty acids) for groups 1 to 5 were the greatest with FSOY and were the least with BASAL. Milk C_{18:1}, C_{18:2}, CLA and C_{18:3} concentrations were similar to cows fed the FFLA, FLA, FSOY and SOY diets, significantly ($p < 0.01$) increasing the contents respectively compared with BASAL. Digestibilities of neutral detergent fiber and crude fat were lower for cows fed FFLA, FLA, FSOY, and SOY than those fed BASAL; Dissimilar to that, acid detergent fiber and crude protein were higher for cows fed FFLA, FLA, FSOY and SOY than those fed BASAL. Feeding flaxseed resulted in the lowest omega-6-to-omega-3-fatty acids ratio, which would improve the nutritive value of milk from a human health point of view.

Key words: Holstein cows; premix; buffer; conjugated linoleic acid; unsaturated fatty acids

目录

┆┆┆ 文摘

┆┆┆ 英文文摘

┆┆┆ 独创性声明及学位论文版权使用授权书

┆┆┆ 1 引言

┆┆┆ 2 材料与amp;方法

┆┆┆┆┆ 2.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 2.1.1 试验动物及试验设计

┆┆┆┆┆┆┆ 2.1.2 试验日粮与添加剂原料

┆┆┆┆┆┆┆ 2.1.3 样品的收集、处理及分析测定

┆┆┆┆┆ 2.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 2.2.1 试验设计

┆┆┆┆┆┆┆ 2.2.2 样品的收集、处理及分析测试

┆┆┆┆┆┆┆ 2.2.3 计算

┆┆┆┆┆┆┆ 2.2.4 数据统计与处理

┆┆┆ 3 结果与分析

┆┆┆┆┆ 3.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能和血液指标的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.1.1 预混料与复合缓冲剂对产奶量及乳成分的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.1.2 预混料与复合缓冲剂对饲料消化率的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.1.3 预混料与复合缓冲剂对血液指标的影响

┆┆┆┆┆ 3.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.2.1 不同油料籽实对奶牛生产性能的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.2.2 不同油料籽实对奶牛日粮消化率的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.2.3 不同油料籽实对奶牛血液指标的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 3.2.4 不同油料籽实对奶牛乳脂构成的影响

┆┆┆ 4 讨论

┆┆┆┆┆ 4.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能和血液指标的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.1.1 预混料与复合缓冲剂对产奶量及乳成分的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.1.2 预混料与复合缓冲剂对饲料消化率的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.1.3 预混料与复合缓冲剂对血液指标的影响

┆┆┆┆┆ 4.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.2.1 不同油料籽实对奶牛生产性能的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.2.2 不同油料籽实对奶牛日粮消化率的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.2.3 不同油料籽实对奶牛血液指标的影响

┆┆┆┆┆┆┆ 4.2.4 不同油料籽实对奶牛脂肪代谢及乳脂构成的影响

┆┆┆ 5 有待解决的问题

┆┆┆ 6 结论

┆┆┆ 参考文献

┆┆┆ 附录

┆┆┆ 作者简历

□致谢

□附件

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 河北农业大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名： 孙清 签字日期： 2005 年 6 月 23 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 河北农业大学 有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权 河北农业大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名： 孙清 导师签名： 李世刚
签字日期： 2005 年 6 月 23 日 签字日期： 05 年 6 月 21 日

学位论文作者毕业后去向： 中国农业大学

工作单位：

电话：

通讯地址：

邮编：

1 引言

近年来,国内外学者对奶牛补饲微量元素、维生素及缓冲物质对其生产性能的影响进行了大量的研究。在奶牛日粮中补饲适量微量元素盐类、维生素及缓冲物质可以改善机体的物质代谢,提高饲料中营养物质的利用率,对产奶量及乳的品质有明显的提高,同时对防治奶牛营养代谢性疾病亦有良好的效果。

矿物质是构成畜禽机体不可缺少的重要物质,其中占体重 0.01%以下的称为微量元素,主要有铁、铜、锰、锌、钴、碘、硒等。它们具有构成机体组织,调节体液渗透压,作为体内多种酶的激活剂,参与机体能量、碳水化合物、蛋白质和脂肪代谢及调节体内酸碱平衡等作用。若机体缺乏某种微量元素会伴随有代谢性疾病、贫血症、皮肤病、消化道疾病等营养性疾病的相继产生。因此,在动物营养中补充微量元素对畜牧业生产尤为重要。

一般情况下,舍饲成年反刍家畜仅需外源添加维生素 A 和维生素 E (光照不足时,需补充维生素 D)。但在热应激和高产等条件下,添加 B 族维生素是有益的,尤其是维生素 B₁ 和烟酸。随着奶牛产奶量的提高,其遭受着越来越大的应激。如何从营养角度来缓解高产奶牛的应激是动物营养学家面临的重要课题。过去十儿年中,奶牛维生素推荐供给量提高幅度很大。目前,奶牛干奶期维生素 D 和维生素 E 的推荐添加量分别比 NRC (1989) 提高了 200% 和 567%,泌乳期的推荐添加量分别提高了 60% 和 33%。越来越多的试验研究和生产实践表明,维生素对奶牛健康状况和生产性能的提高起着非常重要的作用。

高产奶牛添加缓冲剂可使瘤胃 pH 维持在 6.5 左右。瘤胃在这种 pH 条件下,饲料的消化和细菌蛋白质的合成都处于最佳状态。业已证明缓冲剂可作用于瘤胃、肠道、体液和组织。缓冲剂可使瘤胃 pH 保持在 6.5 左右,有利于维持瘤胃运动,促进可溶性养分通过瘤胃,避免微生物过度降解;提高有机物质的消化率和增加微生物蛋白的合成;改变瘤胃挥发性脂肪酸中乙酸与丙酸的比例。缓冲剂对肠道的作用表现在通过产生易被肠道吸收的挥发性脂肪酸,促进淀粉的消化吸收;维持肠道适宜的 pH,促进酶对小肠中碳水化合物的分解。缓冲剂对乳腺和血液的作用体现在维持适宜的血浆 pH 和血浆 pH 缓冲能力,增加血浆中 β -羟丁酸盐和游离脂肪酸浓度,促进乳腺对葡萄糖和醋酸盐等乳汁前体物的吸收。某些缓冲剂如 NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 还有增加血浆中 [Na⁺] 浓度,缓解奶牛热应激的作用。

王国谨等 (1994) 对奶牛补饲微量元素提高了产奶量,经济效益也明显增加,并且由于足量的微量元素参加了机体新陈代谢,使产后子宫复归时间提前,繁殖机能也得以改善。王纯洁等 (1996) 在奶牛泌乳盛期添加缓冲剂碳酸氢钠和氧化镁,结果显著提高了产奶量和乳脂率,乳蛋白也有一定提高,并发现两种缓冲剂结合使用的效果好于一种单独使用^[1]。

试验一以 NRC^[2] 的奶牛饲养标准及近年来国内外的研究成果为依据确定微量元素、维生素及缓冲物质的适宜添加量,自制了奶牛 1% 预混料及复合缓冲添加剂,旨在研究一定剂量的微量元素、维生素及缓冲剂对奶牛生产性能的影响,希望通过本研究可以对生产实践起到一定的指导作用。

奶业是关系国计民生的重要产业,具有许多独特的优势。牛奶是最接近完美的食品,含有人类生存所需的多种营养物质,且各种养分均易于消化吸收。奶牛将饲料蛋白质转化为乳蛋白

的效率可达 40%，远高于其它畜产品的转化效率。奶牛生产的最大特点是可以充分利用各种牧草、粗饲料和农副产品，将许多人类无法直接利用的物质转化为优质动物食品，这符合可持续发展战略的要求。

近几年社会各界充分认识到奶业发展对经济、社会以及国民健康的重要意义，各地居民尤其是城镇居民逐渐认识到牛奶的营养价值，推动了奶业生产保持高速增长。与此同时，随着经济收入增加和健康饮食观念的盛行，我国的乳品消费者把具有营养、特色、风味等特点的优质乳品作为消费的首选，而原料奶的品质则直接影响着加工出的乳品的质量。因此，当前我国奶牛营养研究在致力于为增产提供关键技术的同时，还必须重视改善牛奶质量和提高牛奶营养价值的研究，确保我国奶业同时实现高产与优质两个目标。

牛乳脂是脂肪酸组成最复杂的脂肪，目前已经确认含有 400 多种脂肪酸，其中比较重要的有十多种。牛乳脂中饱和脂肪酸 (SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA) 的比例分别为 65%~75%、30%左右和 5%以内。与人乳相比，牛乳脂的不饱和脂肪酸含量较少，尤其是多不饱和脂肪酸的比例低，人乳中多不饱和脂肪酸的比例高达 15%。此外，牛乳脂中含有相当数量的短链脂肪酸，这是反刍动物乳脂的特色。

1953 年，联合国粮农组织 (FAO) 和世界卫生组织 (WHO) 对 6 个国家的调查显示，动物脂肪进食量与动脉粥样硬化 (CHD) 呈正相关 ($r=+0.84$)。牛乳脂由于饱和度高而受到了研究者和消费者的普遍关注。经过研究发现牛奶中大量高度饱和脂肪酸比不饱和脂肪酸增加人体血液中胆固醇的循环水平，增加了患心血管疾病的可能性。而最近的研究表明乳制品中存在的饱和脂肪酸尤其是共轭亚油酸具有抗癌并减少心血管疾病发生的功能。已有研究证实，共轭亚油酸能抑制多种类型肿瘤 (包括肺癌、前列腺癌、结肠癌与卵巢癌) 的生长。

Mensink (1994)^[3]发现，SFA、MUFA 和 PUFA 对血脂的影响不同。MUFA 降低血清胆固醇的作用可能和 PUFA 相当 (Blaxter 等, 1991)。反式脂肪酸可以降低血清 LDL-C 含量，提高 HDL-C 含量 (Zock 等, 1992; Berner 等, 1993)^{[4]-[5]}。

1988 年出席 Wisconsin 奶业委员会乳脂圆桌会议的科学家们推荐的理想乳脂组成为 10% 的 PUFA、8% 以内的 SFA 和 82% 的 MUFA。而目前的乳脂是包含大约 5% 的 PUFA、25% 的 MUFA 和 70% 的 SFA，两者相差很大，但已有研究证明可以通过日粮调控来逐渐缩小两者的差距。

由于乳脂中导致 LDL-C 升高，进而增加 CHD 危险性的脂肪酸主要是 C12:0、C14:0 和 C16:0 等短链和中链饱和脂肪酸，因此牛乳脂组成调控的目标是降低这些脂肪酸的比例。此外，提高了乳脂共轭亚油酸 (CLA) 等具有特殊防病保健功能的乳脂成分，可以赋予牛奶特殊的营养价值。

共轭亚油酸被认为是必需脂肪酸亚油酸衍生的共轭双烯键多种位置与几何异构体的总称。从理论上讲其主要位置异构有 4 种：8, 10-、9, 11-、10, 12-、11, 13-，而每种位置异构又有 4 种几何异构体。但目前证明具有生物活性的只有两种，Chin 首先提出 c9, t11-是具有生物活性的同分异构体，而 Park 提出 t10, c12-也具有同样的生物学活性。事实上这两种同分异构体也是共轭亚油酸混合物的主要成分。

CLA 的生物学功能是当前众多研究的热点，目前尚未对 CLA 的功能形成完整的知识体系，但已知它的功能涉及范围很广，包括抗癌、抗动脉粥样硬化、免疫调节、促生长、抑制脂肪沉积和抗糖尿病等作用。

调控牛乳脂组成的关键是饲料脂肪酸在瘤胃的代谢和乳腺合成乳脂的过程。试验二以提高牛乳脂中共轭亚油酸（CLA）和不饱和脂肪酸含量作为最终目标，探讨各种 18 碳不饱和脂肪酸在瘤胃的代谢规律。CLA 是一种具有抗癌、降低血清胆固醇含量和增强免疫机能等多种保健功能的物质，高 CLA 牛奶具有广阔的市场前景。

2 材料与方法

2.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能的影响

2.1.1 试验动物及试验设计

本试验于2004年3~5月份在石家庄栾城国富奶牛场进行。选择6头经产泌乳中期荷斯坦奶牛，产奶量、乳蛋白、乳脂率、体重相同或相近，遗传组成基本相似，健康无疾病，采用3×3重复拉丁方试验设计。三种处理分别为：A基础日粮+1%市售商品预混料(对照组)；B基础日粮+1%新型预混料(预混料组)；C基础日粮+1%新型预混料+复合缓冲剂(复合添加剂组)。三个试验阶段各为1个月，每个试验阶段的前10天为预饲期，预饲期内复合缓冲剂的添加量逐渐增加，后20天为试验期，每阶段最后一周为采样期。

表1 试验动物基本情况

Table1 Complexion of experimental animal

牛号	胎次	产犊日期	产奶量(kg)	乳脂率(%)	乳蛋白(%)
904	2	2004.2.1	23.075±0.22	3.06±0.041	2.87±0.048
16	3	2004.2.1	22.95±0.68	3.17±0.043	2.92±0.036
11	2	2003.12.29	23.31±0.53	3.14±0.057	2.96±0.034
19	2	2004.2.13	22.12±0.43	3.20±0.076	2.87±0.048
15	2	2004.2.1	23.12±0.73	3.11±0.069	2.84±0.051
4	4	2003.12.26	22.87±0.57	3.00±0.104	2.81±0.059

注：(a)产奶量为预饲期前连续4天平均产量(kg/d)。

(b)乳脂率、乳蛋白为预饲期前连续4天采样测定的平均值。

2.1.2 试验日粮与添加剂原料

(1) 试验日粮精料配比及主要营养成分

表2 供试混合精料配比(%)

Table2 Ingredient of experimental diets (%)

配方组成	玉米	豆饼	棉饼	麸皮	磷酸氢钙	小苏打	食盐	石粉	预混料
%	61	9	13	10	1.5	1	1.5	2	1

表3 试验日粮的营养成分

Table3 Major nutrient contents of experimental diets

饲料种类	混合精料	青贮玉米秸
干物质 (%)	86.4	25
粗蛋白 (%)	15.9	1.4
粗脂肪 (%)	3.8	0.3
产奶净能 (MJ/kg)	6.40	0.81
钙 (%)	1.08	0.1
总磷 (%)	0.66	0.02
粗纤维 (%)	3.1	8.9

(2) 添加剂原料

1%预混料：原料包括碘化钾、硫酸亚铁、硫酸铜、硫酸锰、硫酸锌、亚硒酸钠、氯化钴、VA、VD、VE，由河北省畜牧研究所提供原料。

复合缓冲剂：由氯化钾、碳酸氢钠、乙酸钠、氧化镁加载体混匀制成添加剂。

表4 微量元素盐类原料规格

Table4 Specification of trace elements

品名	分子式	元素含量%	系数	纯度%
碘化钾	KI	碘 76.5	1.308	98
硫酸亚铁	FeSO ₄ .H ₂ O	铁 32.9	3.04	98
硫酸铜	GuSO ₄ .5H ₂ O	铜 25.5	3.92	98
硫酸锰	MnSO ₄ .H ₂ O	锰 32.5	3.07	98
硫酸锌	ZnSO ₄ .H ₂ O	锌 36.5	2.74	98
亚硒酸钠	Na ₂ SeO ₃	硒 45.66	2.19	98
氯化钴	CoCL ₂ .6H ₂ O	钴 24.8	4.03	98

表5 预混料含量 (kg)

Table5 Content of premix (kg)

营养素	商品预混料	新型预混料
碘(mg)	100	82
铁(mg)	3000	7141
铜(mg)	2000	1530
锰(mg)	2500	6110
锌(mg)	8000	8165
硒(mg)	60	31
钴(mg)	20	31
VA(IU)	600000	1080000
VD(IU)	100000	188000
VE(IU)	4000	4300

2.1.3 样品的收集、处理及分析测定

(1) 样品收集与处理

产奶量测定及乳样的收集：每阶段采样期内连续记录三天的产奶量，每天收集 3 次奶样根据每次产奶量多少按比例混合均匀，放入带盖玻璃瓶中用于乳成分的测定。

血液样品的收集：每阶段采样期内最后两天晨饲前颈静脉无菌采血，每头牛采血 25ml，分装于 3 支 10ml 带盖玻璃试管中，转速为 2500rpm 制备血清，供血清指标的测定，所有血清样品均放于冰箱中-20℃冷冻保存。

饲料样品收集：采用四分法，分别收取粗饲料和精饲料原料样品，用于测定饲料原料中的各种营养物质的含量^[6]。

粪样的收集：每阶段采样期内收集两天的粪样，收集 2 天共 6 次粪样按比例混合，并加入 10% 硫酸用以保存氨氮，密封，在冰箱中冷冻保存备用。粪样分为三部分：①在 105℃ 烘干，用于测定水分；②取一部分鲜粪样，供测定粪 N；③取鲜粪样，在 70℃ 烘干，测定初水分后，磨碎、全部过 40 号网筛，贮存于磨口广口瓶中，供测定其它营养成分。

(2) 样品分析测定

(I) 精粗饲料样品和粪样的测定分析项目：干物质、粗蛋白质（采用微量凯氏定氮法测定）、粗脂肪（索氏提取法）、中性洗涤纤维（Van Soest 洗涤纤维法）、酸性洗涤纤维（Van Soest 洗涤纤维法）^{[7]~[8]}、酸不溶灰分按照杨胜（1993）的方法进行测定。

(II) 乳成分的测定：乳蛋白、乳脂率、乳糖、非脂固形物，采用三鹿集团 FT120 牛乳成分分析仪测定。

(III) 血液生化指标测定

① 血清尿素氮

采用保定长城临床试剂公司尿素氮测定试剂盒。

测定原理：37℃、OPA 法

在酸性环境中，尿素在催化剂的作用下，可与显色原在 37℃ 反应，生成蓝色化合物，其颜色深浅与尿素氮的含量成正比。在 600nm 比色可得出尿素氮含量。

步骤：依试剂盒说明书操作。

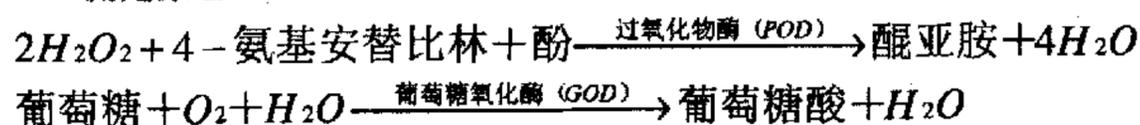
测定仪器：SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计（上海光谱仪器有限公司生产），电热恒温水浴锅。

② 血糖 (Glucose)

采用保定长城临床试剂公司葡萄糖测定试剂盒。

测定方法：用葡萄糖氧化酶—过氧化物酶法

测定原理：



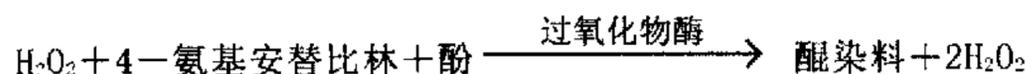
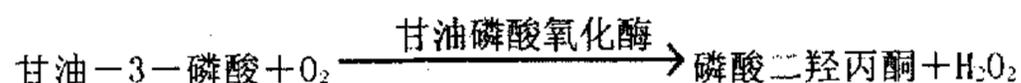
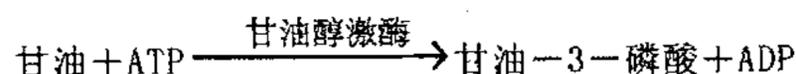
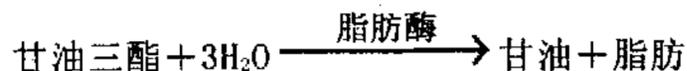
在 500nm 波长下比色, 可得出葡萄糖含量。

步骤: 依试剂盒说明书操作。

测定仪器: SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计 (上海光谱仪器有限公司生产), 电热恒温水浴锅。

③血清甘油三酯

测定原理: 醌染料在 520nm 有最大吸收峰, 所产生的颜色强度与血清甘油三酯含量成正比。其反应公式如下



步骤: 依试剂盒说明书操作

测定仪器: SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计 (上海光谱仪器有限公司生产), 电热恒温水浴锅。

2.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

2.2.1 试验设计

本试验于 2004 年 6~10 月份在石家庄栾城国富奶牛场进行。选择 10 头经产泌乳中期荷斯坦奶牛, 产奶量、乳蛋白、乳脂率、体重相同或相近, 遗传组成基本相似, 健康无疾病, 采用 4×5 不完全拉丁方试验设计。各个试验组日粮配制见表 6。四个试验阶段各为 1 个月, 每个试验阶段的前 5 天为预饲期, 后 25 天为试验期, 最后一周为采样期。

表 6 试验日粮组成及营养成分

Table 6 Ingredient and major nutrient contents of experimental diets					
	对照组	甲醛亚麻组	亚麻组	甲醛大豆组	大豆组
精料配方组成(%)					
玉米	51	49	49	53	53
亚麻籽	0	15	15	0	0
大豆	0	0	0	15	15
小麦麸	4	4	4	4	4
豆粕	5	5	5	0	0
花生饼	5	0	0	2	2
棉籽饼	12	9	9	3	3
亚麻饼	5	0	0	5	5
菜籽粕	4	4	4	4	4
麦芽根	2	2	2	2	2
DDGS	5	5	5	5	5
石粉	2	2	2	2	2
食盐	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
预混料	1	1	1	1	1
小苏打	1	1	1	1	1
磷酸氢钙	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
总计	100	100	100	100	100
精料成分分析(以干物质计%)					
粗蛋白(%)	19.09	17.75	17.77	17.46	17.45
产奶净能 (MJ/kg)	7.09	7.43	7.43	7.17	7.17
钙(%)	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
总磷(%)	0.69	0.68	0.68	0.65	0.65
粗纤维(%)	4.40	5.91	5.91	3.82	3.82
粗饲料组分(以干物质计%)					
青贮玉米	100	66.6	66.6	66.6	66.6
鲜苜蓿	0	33.4	33.4	33.4	33.4
饲料营养成分分析(以干物质计%)					
粗蛋白(%)	13.05	13.12	13.06	13.02	13.01
产奶净能 (MJ/kg)	5.18	5.65	5.65	5.45	5.45
钙(%)	0.85	0.97	0.97	0.97	0.97
总磷(%)	0.46	0.45	0.45	0.47	0.47
粗纤维(%)	16.10	18.08	18.08	15.71	15.71

注：对照组为基础日粮（精料+100%青贮玉米）；甲醛亚麻组为含用甲醛处理经烘炒的整粒亚麻籽精料+66.6%青贮玉米+33.4%鲜苜蓿；亚麻组为含用经烘炒的整粒亚麻籽精料+66.6%青贮玉米+33.4%鲜苜蓿；甲醛大豆组为含用经甲醛处理的烘炒破碎大豆精料+66.6%青贮玉米+33.4%鲜苜蓿；大豆组为含用经烘炒的破碎大豆精料+66.6%青贮玉米+33.4%鲜苜蓿。

2.2.2 样品的收集、处理及分析测试

(1) 样品收集与处理

产奶量测定及乳样的收集：每阶段采样期内连续记录三天的产奶量，每天收集 3 次奶样根据每次产奶量多少按比例混合均匀，放入带盖玻璃瓶中用于乳成分的测定。

血液样品的收集：每阶段采样期内最后两天晨饲前颈静脉无菌采血，每头牛采血 25ml，分装于 3 支 10ml 带盖玻璃试管中，转速为 2500rpm 制备血清，供血清指标的测定，所有血清样品均放于冰箱中-20℃冷冻保存^[9]。

饲料样品收集：采用四分法，分别收取粗饲料和精饲料原料样品，用于测定饲料原料中的各种营养物质的含量。

采食量测定：称量每日进食的精饲料和粗饲料数量，如有剩余饲料时，则每日须详细称出日粮的剩余量，测定其干物质的含量，以便计算牛每日的净食入量。

粪样的收集：每阶段采样期内收集两天的粪样，收集 2 天共 6 次粪样按比例混合，并加入 10% 硫酸用以保存氨氮，密封，在冰箱中冷冻保存备用。粪样分为三部分：①在 105℃ 烘干，用于测定水分；②取一部分鲜粪样，供测定粪 N；③取鲜粪样，在 70℃ 烘干，测定初水分后，磨碎、全部过 40 号网筛，贮存于磨口广口瓶中，供测定其它营养成分。

(2) 样品分析测试

(I) 精粗饲料样品、剩余饲料残渣和粪样的测定分析项目：干物质、粗蛋白质（采用微量凯氏定氮法测定）^[10]、粗脂肪（索氏提取法）、中性洗涤纤维（Van Soest 洗涤纤维法）^[11]、酸性洗涤纤维（Van Soest 洗涤纤维法）、酸不容灰分按照杨胜（1993）的方法进行测定^[12]。

(II) 乳成分的测定：乳蛋白、乳脂率、非脂固形物，采用三鹿集团 FT120 牛乳成分分析仪测定。

(III) 乳脂肪酸成分的测定：使用美国 Agilent GC 分析，色谱柱为 100m SP-2560 毛细管柱，采用恒压升温程序测定，检测器为 FID，样品经提取脂肪后进行甲酯化，进样 1ul，采用外标—内标联合法测定。

(IV) 血样生化指标

① 血清尿素氮

采用保定长城临床试剂公司尿素氮测定试剂盒。

测定原理：37℃、OPA 法

在酸性环境中，尿素在催化剂的作用下，可与显色原在 37℃ 反应，生成蓝色化合物，其颜色深浅与尿素氮的含量成正比。在 600nm 比色可得出尿素氮含量。

步骤：依试剂盒说明书操作。

测定仪器：SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计（上海光谱仪器有限公司生产），电热恒温水浴锅。

② 血清胆固醇

采用保定长城临床试剂公司胆固醇测定试剂盒。

测定原理：酯化的胆固醇经酶水解后，经过胆固醇氧化酶氧化，所产生 H₂O₂ 的与 4-氨基安替比林和 DHBS 反应生成醌亚胺。醌亚胺在 520nm 有特异吸收，反应产生的颜色与总胆固醇含量成正比。

步骤：依试剂盒说明书操作

测定仪器：SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计（上海光谱仪器有限公司生产），电热恒温水浴锅。

③ 高密度脂蛋白

采用保定长城临床试剂公司高密度脂蛋白测定试剂盒。

测定原理：在血清中加入一定量沉淀剂，使血清和沉淀剂的混合物分成上清液和沉淀两部分，上清液中含有高密度脂蛋白胆固醇，然后用酶法测定上清液中胆固醇的含量即为高密度脂蛋白胆固醇的含量。

步骤：依试剂盒说明书操作。

测定仪器：SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计（上海光谱仪器有限公司生产），电热恒温水浴锅。

④低密度脂蛋白

测定原理：用聚乙烯硫酸盐选择性沉淀血清中低密度脂蛋白，上清液中只含有极低密度与高密度脂蛋白。用总胆固醇减去上清液中胆固醇，即得低密度脂蛋白胆固醇的含量。胆固醇测定用酶法，同总胆固醇试剂盒。

步骤：依试剂盒说明书操作

测定仪器：SP-2102UV (756) 型紫外可见分光光度计（上海光谱仪器有限公司生产），电热恒温水浴锅。

2.3 计算

内源指示剂法消化率测定（4N-HCl 不溶灰分），计算公式如下：

$$\text{某养分消化率 (\%)} = [100 - 100 (b \times c) / (a \times d)] \times 100\%$$

a—饲料中某养分含量； c—饲料中酸不溶灰分含量；

b—粪样中某养分含量； d—粪样中酸不溶灰分含量。

2.4 数据统计与处理

对试验所得数据应用 SAS 统计处理软件和 Excel2000 进行比较分析，差异显著时用 LSD 检验法进行各组间的多重比较，数据用平均值±标准差表示。试验数据用平均值±标准差表示。

3 结果与分析

3.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能和血液指标的影响

3.1.1 预混料与复合缓冲剂对产奶量及乳成分的影响

各组产奶量及乳样测定结果见表 7。复合添加剂组产奶量为 23.98kg/d，比预混料组和对照组分别提高了 0.85kg/d 和 1.31kg/d，与这两组差异极显著 ($p < 0.01$)。预混料组比对照组产奶量提高 0.46kg/d，差异不显著 ($p > 0.05$)，但有提高产奶量的趋势。乳脂率复合添加剂组为 3.41%，比预混料组和对照组分别提高 8% 和 10.7%，与这两组差异都达到了极显著水平 ($p < 0.01$)。预混料组和对照组乳脂率分别为 3.16% 和 3.08%，两组间差异不显著，但预混料组比对照组有提高的趋势。乳蛋白和非脂固形物含量三组间差异不显著 ($p > 0.05$)。乳糖含量复合添加剂组与预混料组和对照组差异显著 ($p < 0.05$)，含量显著增加。

表 7 产奶量及乳样测定结果

Table 7 Milk production and determination result of the milk index

组别	产奶量 (kg)	乳脂率 (%)	乳蛋白 (%)	乳糖 (%)	非脂固形物 (%)
对照组	22.67±0.66 ^A	3.08±0.11 ^A	2.85±0.083 ^a	4.86±0.23 ^a	8.73±0.14 ^a
预混料组	23.13±0.41 ^A	3.16±0.13 ^A	2.83±0.095 ^a	4.91±0.20 ^a	8.68±0.27 ^a
复合添加剂组	23.98±0.66 ^B	3.41±0.12 ^B	2.90±0.098 ^a	5.07±0.15 ^b	8.67±0.27 ^a

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同字母表示显著不差异 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

对照组 = 基础日粮 + 1% 市售商品预混料。

预混料组 = 基础日粮 + 1% 新型预混料

复合添加剂组 = 基础日粮 + 1% 新型预混料 + 复合缓冲剂

3.1.2 预混料与复合缓冲剂对饲料消化率的影响

添加预混料与复合缓冲剂后各组养分表观消化率见表 8。复合添加剂组与对照组和预混料组相比，粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维表观消化率有一定程度的提高，但各组间差异均不显著 ($p > 0.05$)。预混料组中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维消化率为 40.04% 和 39.51，比对照组 (38.89% 和 39.18%) 有所提高，但差异也不显著 ($p > 0.05$)。复合添加剂组各种养分表观消化率均高于对照组和预混料组，效果最好。

表 8 不同日粮各种养分表现消化率 (%)

Table8 Apparent digestibility of different nutrients in diets (%)

组别	粗蛋白	粗脂肪	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维
对照组	61.45±2.90 ^a	59.33±1.89 ^a	38.89±4.91 ^a	39.18±2.06 ^a
预混料组	59.46±7.59 ^a	57.68±9.09 ^a	40.04±3.41 ^a	39.51±5.16 ^a
复合添加剂组	61.77±4.72 ^a	60.75±5.13 ^a	41.36±3.86 ^a	41.98±4.13 ^a

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同小写英文字母表示差异不显著 ($p > 0.05$)。

3.1.3 预混料与复合缓冲剂对血液指标的影响

预混料与复合缓冲剂对奶牛血液指标的影响见表 9。血糖含量三组分别为 74.33、73.00 和 86.83 mg/dl，复合添加剂组比对照组和预混料组显著 ($p < 0.01$) 增加了血糖含量。尿素氮含量三组分别为 10.10、8.87 和 9.12 mg/dl，预混料组和复合添加剂组比对照组降低了尿素氮含量，但差异不显著 ($p > 0.05$)。

表 9 血液指标测定结果

Table9 Determination results of the blood biochemistry index

组别	血糖 (mg/dl)	尿素氮 (mg/dl)
对照组	74.33±5.89 ^A	10.10±2.46 ^a
预混料组	73.00±9.57 ^A	8.87±2.27 ^a
复合添加剂组	86.83±7.41 ^B	9.12±1.05 ^a

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同小写字母表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

3.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

3.2.1 不同油料籽实对奶牛生产性能的影响

各组采食量及乳样测定结果见表 10。各组干物质采食量分别为 15.70、16.31、17.00、15.91 和 16.46 kg/d。各试验组采食量比对照组均有不同程度的提高，但差异不显著 ($p > 0.05$)，甲醛组比相应未处理组的采食量略有降低。产奶量各组间差异不显著，但试验组产奶量比对照组均有所提高，亚麻组产奶量最高，比对照组提高了 1.5kg/d。乳脂率含量亚麻组与对照组差异显著 ($p < 0.05$)，其他各组间差异不显著 ($p > 0.05$)。乳蛋白含量甲醛亚麻组与对照组和大豆组差异显著 ($p < 0.05$)，其它各组间差异不显著 ($p > 0.05$)，各试验组均一定程度提高了乳蛋白的含量。

表 10 日采食量及乳样测定结果

Table 10 DMI and milk composition

组别	干物质采食量 (kg/d)	产奶量 (kg/d)	乳脂率 (%)	乳蛋白 (%)
对照组	15.70±0.61	17.73±1.53	3.31±0.18 ^a	2.92±0.07 ^a
甲醛亚麻组	16.31±0.72	18.89±1.99	3.33±0.11	3.09±0.11 ^b
亚麻组	17.00±0.74	19.19±3.47	3.45±0.26 ^b	3.04±0.08
甲醛大豆组	15.91±0.64	18.48±2.27	3.42±0.15	3.01±0.13
大豆组	16.46±0.45	19.05±2.41	3.39±0.18	2.92±0.14 ^a

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，未标注表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

3.2.2 不同油料籽实对奶牛日粮消化率的影响

饲喂油料籽实后各组养分表观消化率见表 11。各组蛋白质表观消化率分别为 60.71%、61.59%、63.77%、63.10%和 63.85%，各试验组均高于对照组，大豆组的消化率高于亚麻组。粗脂肪消化率分别为 60.67%、56.07%、54.11%、59.87%和 55.84%，各试验组脂肪消化率均低于对照组，亚麻组消化率最低。试验组中性洗涤纤维消化率比对照组略有降低，差异不显著 ($p > 0.05$)。酸性洗涤纤维各组消化率依次为 32.18%、31.0%、42.39%、36.41%和 34.50%，试验组比对照组消化率提高，其中亚麻组与对照组差异极显著 ($p < 0.01$)。

表 11 不同日粮各种养分表观消化率

Table 11 Apparent digestibility of different nutrients in diets

组别	蛋白质 (%)	脂肪 (%)	中性洗涤纤维 (%)	酸性洗涤纤维 (%)
对照组	60.71±5.44 ^a	60.67±4.83 ^a	39.39±3.17 ^a	32.18±5.15 ^{Aa}
甲醛亚麻组	61.59±2.21 ^a	56.07±2.64 ^b	41.59±3.71 ^a	31.01±3.25 ^{Aa}
亚麻组	63.77±3.97 ^a	54.11±6.03 ^b	38.30±4.48 ^a	42.39±3.99 ^B
甲醛大豆组	63.10±2.82 ^a	59.87±5.19 ^a	35.79±5.89 ^b	36.41±6.95 ^{Ab}
大豆组	63.85±4.35 ^a	55.84±5.45 ^b	34.49±5.47 ^b	34.50±5.38 ^{Ab}

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同小写字母表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

3.2.3 不同油料籽实对奶牛血液指标的影响

由表 12 可见，尿素氮含量各试验组比对照组显著降低 ($p < 0.05$)。胆固醇含量各组依次为 187.51、166.06、167.21、174.44 和 176.91 mg/dl，血清中胆固醇含量对照组最高，各试验组比对照组均显著降低 ($p < 0.05$) 了胆固醇含量，添加亚麻籽降低胆固醇的效果好于大豆。从表 12 中可以看出各组间高密度脂蛋白含量相近，高密度脂蛋白含量各试验组比对照组略有提高，差异不显著 ($p > 0.05$)。各试验组均降低了低密度脂蛋白的含量，低密度脂蛋白含量各组依次为 133.70、118.11、123.50、126.41 和 127.92 mg/dl，甲醛亚麻组与对照组差异极显著 ($p < 0.01$)。这与 Petit(1998)的研究结果一致，这与亚麻籽中含量丰富的 C18:3 在体内的代谢有关。

表 12 血液生化指标测定结果

Table 12 Determination result of the blood biochemistry index

	尿素氮 (mg/dl)	胆固醇 (mg/dl)	高密度脂蛋白 (mg/dl)	低密度脂蛋白 (mg/dl)
对照组	9.61±0.62 ^a	187.51±16.88 ^a	103.01±14.72 ^a	133.70±8.97 ^a
甲醛亚麻组	8.93±0.66 ^b	166.06±13.92 ^b	102.11±16.03 ^a	118.11±3.43 ^{ab}
亚麻组	9.01±0.93 ^b	167.21±12.57 ^b	105.15±16.86 ^a	123.50±6.65 ^c
甲醛大豆组	8.90±0.66 ^b	174.44±17.55 ^c	106.95±23.11 ^a	126.41±10.46 ^c
大豆组	8.48±0.49 ^{ab}	176.91±11.84 ^c	108.99±13.51 ^a	127.92±11.84 ^c

注：同列肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同小写字母表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

3.2.4 不同油料籽实对奶牛乳脂构成的影响

表 13 乳脂肪酸构成 (mg/gTFA)

Table 13 Fatty acid composition of milk from feeding different fat sources (mg/gTFA)

	对照组	甲醛亚麻组	亚麻组	甲醛大豆组	大豆组
C4:0	26.3000 ^a	27.7600 ^a	28.5800 ^a	23.6625 ^a	26.8350 ^a
C6:0	14.6880 ^a	14.9675 ^a	14.3325 ^a	12.1575 ^a	13.5400 ^a
C8:0	10.1000 ^a	10.0825 ^a	9.0600 ^a	7.8650 ^a	8.9300 ^a
C10:0	20.8350 ^a	20.8575 ^a	18.1750 ^a	15.8300 ^a	18.2475 ^a
C12:0	22.3650 ^a	22.2225 ^a	18.7225 ^a	17.3050 ^a	19.5075 ^a
C14:0	77.9250 ^a	81.9625 ^a	77.8650 ^a	70.7225 ^a	75.8750 ^a
C14:1	6.5050 ^a	7.4250 ^a	6.7625 ^a	7.1100 ^a	7.0725 ^a
C16:0	197.3675 ^a	190.1925 ^a	189.8400 ^a	196.5425 ^a	194.9425 ^a
C16:1	7.2775 ^a	7.8575 ^a	7.8475 ^a	10.1975 ^a	9.3875 ^a
C18:0	89.5425 ^a	104.7175 ^a	114.5950 ^a	105.6625 ^a	106.1175 ^a
C18:1	206.7800 ^a	261.2400 ^b	276.0301 ^b	302.0103 ^b	268.8604 ^b
t11C18:1	14.0725 ^a	19.3200 ^b	19.0600 ^b	22.0625 ^b	20.8500 ^b
t12C18:1	1.5625 ^a	2.5225 ^b	2.4300 ^b	2.4525 ^b	2.5400 ^b
c9C18:1	189.3800 ^{aa}	236.4650 ^b	251.6125 ^{bb}	274.5400 ^{bb}	242.4500 ^b
c12C18:1	1.7600 ^a	2.9300 ^b	2.9250 ^b	2.9500 ^b	3.0200 ^b
C18:2	13.3450 ^a	17.5375 ^a	16.4125 ^a	26.4900 ^b	24.6175 ^b
C18:3	1.5450 ^a	4.0850 ^b	4.6200 ^b	5.3100 ^b	4.5225 ^b
CLA	7.0825 ^a	10.6350 ^b	10.1800 ^b	12.7125 ^c	12.0125 ^{bc}
c9t11CLA	5.2225 ^a	8.4425 ^b	8.2250 ^b	10.5150 ^c	9.3775 ^{bc}
t10c12CLA	0.3925 ^a	0.4725 ^a	0.3425 ^a	0.4700 ^a	0.5400 ^a
c9c11CLA	0.6800 ^a	0.8475 ^a	0.6025 ^a	0.5750 ^a	0.6850 ^a
t9t11CLA	0.6975 ^a	0.8725 ^b	1.0100 ^c	1.1525 ^c	1.4100 ^d
C20:3	1.3975 ^{ab}	1.2400 ^{ab}	1.1225 ^b	1.4975 ^{bc}	1.5325 ^{bc}
C20:5	0.4075 ^a	0.3850 ^a	0.4250 ^a	0.4125 ^a	0.5350 ^b
C22:4	0.5875 ^a	0.6267 ^a	0.4633 ^a	0.5500 ^a	0.6800 ^a
Omega-6	13.3450 ^a	17.5375 ^a	16.4125 ^a	26.4900 ^b	24.6175 ^b
Omega-3	3.9391 ^a	6.3372 ^b	6.6310 ^b	7.7710 ^b	7.2711 ^b
Omega-6/ Omega-3	3.39 ^a	2.77 ^b	2.48 ^b	3.41 ^a	3.39 ^a

注：同行肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，相同小写字母表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

由表 13 可见，各组乳脂中 CLA 含量依次为 7.08, 10.64, 10.18, 12.71 和 12.01 mg/g 脂肪酸，各试验组乳脂中 CLA 比对照组提高了 42%~80%；C18:2 含量依次为 13.35, 17.54, 16.41,

26.49 和 24.62mg/g 脂肪酸，各试验组比对照组提高了 32%~99%；C18:3 含量依次为 1.55, 4.09, 4.62, 5.31 和 4.52 mg/g 脂肪酸，各试验组比对照组提高了 166%~245%；CLA, C18:2 和 C18:3 含量甲醛大豆组最高，对照组最低。乳脂中 C18:1, C18:2, CLA 和 C18:3 含量甲醛亚麻组、亚麻组、甲醛大豆组和大豆组显著 ($p < 0.01$) 高于对照组。

乳脂中 t11C18:1 (TVA)、C18:2、c9t11CLA、CLA 总量和 Omega-6 脂肪酸含量甲醛处理组比相应的未处理组有所提高，Omega-3、C18:3 含量甲醛大豆组比大豆组高，但差异均不显著 ($p > 0.05$)，这表明甲醛处理对不饱和脂肪酸在瘤胃中的氢化具有有限的影响作用，甲醛不能保护不饱和脂肪酸在瘤胃中的氢化，这与先前的报道一致，其机理还有待进一步研究。

表 14 乳脂中不同链长脂肪酸含量 (mg/gTFA)

Table14 The content of fatty acid in milk (mg/gTFA)

	对照组	甲醛亚麻组	亚麻组	甲醛大豆组	大豆组
短链脂肪酸 (<C14)	94.29	95.89	88.87	76.82	87.06
中链脂肪酸 (C14~C16)	289.08	287.44	282.32	284.57	287.28
长链脂肪酸 (>C16)	524.46 ^A	661.55 ^B	699.76 ^B	756.65 ^B	687.57 ^B

注：同行肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，未标注表示差异不显著 ($p > 0.05$)，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

由表 14 可见添加油料籽实后各试验组乳脂中短链脂肪酸和中链脂肪酸含量比对照组降低，但差异不显著 ($p > 0.05$)。长链脂肪酸含量各组依次为 524.46、661.55、699.76、756.65 和 687.57 mg/gTFA，试验组比对照组有极显著 ($p < 0.01$) 的增加。

表 15 乳脂中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量 (mg/gTFA)

Table15 Fatty acid content (mg/gTFA) of SFA, MUFA and PUFA in milk fat

	对照组	甲醛亚麻组	亚麻组	甲醛大豆组	大豆组
饱和脂肪酸	459.13	472.76	471.17	449.75	463.99
单不饱和脂肪酸	220.56 ^A	276.52 ^B	290.64 ^B	319.31 ^B	285.32 ^B
多不饱和脂肪酸	31.45 ^A	44.99 ^B	43.28 ^B	59.69 ^B	55.74 ^B

注：同行肩注不同小写英文字母表示差异显著 ($p < 0.05$)，未标注表示差异不显著，不同大写英文字母表示差异极显著 ($p < 0.01$)。

由表 15 可见添加油料籽实后各组单不饱和脂肪酸含量依次为 220.56、276.52、290.64、319.31 和 285.32 mg/gTFA，多不饱和脂肪酸含量依次为 31.45、44.99、43.28、59.69 和 55.74 mg/gTFA。各试验组比对照组均有极显著的增加 ($p < 0.01$)，甲醛大豆组含量最高，大豆组次之。添加大豆提高乳脂中不饱和脂肪酸含量的效果好于亚麻籽。

表 16 去饱和指数

Table 16 Desaturated index

	对照组	甲醛亚麻组	亚麻组	甲醛大豆组	大豆组
C14:1/C14:0	0.081	0.088	0.089	0.101	0.091
C16:1/C16:0	0.037	0.041	0.042	0.051	0.048
C18:1/C18:0	2.29	2.54	2.44	2.94	2.55
C ₉ , t ₁₁ CLA/t ₁₁ C18:1	0.37	0.45	0.43	0.49	0.45

由表 16 可知, 添加油料籽实后各试验组去饱和指数均高于对照组, 不饱和脂肪酸在瘤胃的氢化收到了抑制。

4 讨论

4.1 维生素、微量元素预混料及复合缓冲剂对奶牛生产性能和血液指标的影响

4.1.1 预混料与复合缓冲剂对产奶量及乳成分的影响

本试验奶牛采食的粗料全部为青贮玉米秸, 奶牛采食精料和青贮玉米秸后, 产生大量的酸性产物, 瘤胃 pH 降低, 添加复合缓冲剂后可使其瘤胃内容物的酸度维持在适宜瘤胃微生物活动的范围之内, 且几种缓冲剂共用增加了缓冲区间^[13]。预混料组与对照组相比提高了部分微量元素和维生素的添加水平, 随着奶牛产奶量的提高和精料用量的加大, 以辅酶和催化剂形式广泛参与体内多种代谢的微量元素和维生素的需要量也相应增加, 所以提高微量元素和维生素的供应量有可能提高产奶量。试验结果表明提高微量元素和维生素的供应量有提高奶牛产奶量和乳脂率的潜力。

乳脂率复合添加剂组为 3.41%, 比预混料组和对照组分别提高 8%和 10.7%, 与这两组差异都达到了极显著水平 ($p < 0.01$)。预混料组和对照组间差异不显著, 但预混料组比对照组有提高的趋势。乙酸钠是本缓冲剂的重要成份之一, 它可以提高奶牛瘤胃中乙酸的含量, 乙酸是合成乳脂的前体物质, 可以通过瘤胃壁直接进入血液, 为乳腺细胞提供合成乳脂的原料; 氧化镁可以提高奶牛外周血液中镁离子的含量, 镁离子有促进乳腺细胞合成和分泌乳汁的功能, 并且可以提高乳腺组织对乙酸的吸收率, 从而达到提高奶牛产奶量和乳脂率的作用。微量元素和维生素的增加促进了乳腺对葡萄糖和醋酸盐等乳汁前体物的吸收, 从而提高乳脂率和产奶量。

多种缓冲剂共用可增加瘤胃缓冲容量, 防止瘤胃发酵导致的瘤胃液 pH 下降, 并抑制瘤胃内乳酸的生成。王纯洁等 (1996) 在奶牛泌乳盛期添加缓冲剂碳酸氢钠和氧化镁, 结果显著提高了产奶量和乳脂率, 乳蛋白也有一定提高。黄志秋等^[14]试验表明添加占精料量 1.5%的碳酸氢钠后增加了瘤胃挥发性脂肪酸总量及乙酸的比例, 提高了产奶量。在奶牛混合精料中分别添加 1.5%碳酸氢钠和 0.8%氧化镁进行的试验表明用碳酸氢钠、氧化镁作为瘤胃缓冲剂比单纯使用碳酸氢钠作为瘤胃缓冲剂增奶效果明显, 并能显著提高牛奶品质, 每头奶牛平均日增产奶 2.30kg, 乳脂率提高 0.41%^[15]。

乳蛋白和非脂固形物含量三组间差异不显著 ($p > 0.05$), 表明缓冲剂、维生素和微量元素对蛋白质的利用效率影响不大, 与非脂固形物可能关系不大。

乳糖含量复合添加剂组与预混料组和对照组差异显著 ($p < 0.05$), 含量显著增加。预混料组和对照组间差异不显著。这可能是由于添加缓冲剂后与乳糖合成酶活性提高有关。

4.1.2 预混料与复合缓冲剂对饲料消化率的影响

复合添加剂组与对照组和预混料组相比, 粗蛋白、粗脂肪、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维表现消化率有一定程度的提高, 但各组间差异均不显著 ($p > 0.05$)。预混料组中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维消化率比对照组有所提高, 但差异也不显著 ($p > 0.05$)。

微量元素和维生素影响营养物质的消化率主要是通过影响瘤胃微生物的活动^[16]。多种微量元素和维生素对于瘤胃微生物的活动是必需的,微量元素和维生素大多以辅酶和催化剂的形式广泛参与体内的多种代谢,用以维持酶分子的立体结构及活性,从而保证组织器官的细胞结构与功能的正常。微量元素和维生素缺乏引起酶活性的降低,从而使微生物的代谢受到影响,肠道菌群数量减少,菌群构成发生改变,进而影响营养物质的消化吸收^[17]。刘明祥等(1998)研究表明,给微量元素供应量低于饲养标准的泌乳奶牛单因子饲喂微量元素铜、锌、硒、碘,结果补硒、补铜、补锌组分别使产奶量提高了8.3%、2.6%、和8.0%。微量元素和维生素提高产奶量主要是提高了饲料转化率和增强了乳腺细胞的代谢强度^[18]。

研究证明纤毛虫与纤维分解菌具有协同作用,当两者同时存在时对纤维素的分解作用增强。当微量元素和维生素不足时,生长速度快的细菌对微量元素利用迅速,剥夺了生长速度较慢的纤维分解菌对这些营养成分的利用,使它的生长受到影响,并降低了繁殖速度和合成的数量,从而使粗纤维饲料的分解速度和降解程度降低^[19]。

饲喂大量精料后往往引起瘤胃发酵类型改变,导致乳脂含量降低^[20],甚至引起瘤胃酸中毒等疾病^[21]。任何微生物群落的生存都取决于它能忍受的最低 pH 而不是平均值。纤维分解菌对瘤胃 pH 值很敏感,其生长繁殖的适合 pH 为 6.2~7.0,当瘤胃 pH 低于 6.2 时将严重抑制其生长。纤维分解菌数量的变化直接影响到对可发酵底物的实际利用量,从而影响总挥发性脂肪酸的产量和能量代谢。

高产奶牛饲喂缓冲剂可使瘤胃 pH 维持在 6.5 左右。瘤胃在这种 pH 条件下,饲料的消化和细菌蛋白质的合成都处于最佳状态^[22]。缓冲剂可通过以下方式促进饲料的消化吸收 ①缓冲剂使瘤胃 pH 保持在 6.5 左右,这有益于纤维分解菌的生长。②维持瘤胃运动,提高代谢率,促进可溶性养分通过瘤胃,避免微生物的过度降解和 pH 改变。③提高有机物质的消化率和最大限度地增进微生物蛋白质的合成。④改变瘤胃中挥发性脂肪酸乙酸与丙酸比例。⑤维持肠道适宜的 pH,促进酶对小肠中碳水化合物的分解利用。

缓冲剂的使用不能明显改变瘤胃内氨态氮和总挥发性脂肪酸浓度,但能增加瘤胃内乙酸比例,降低丙、丁酸比例,还能增加瘤胃液体稀释率和流量,预防泌乳奶牛在饲喂高能精料时可能发生的瘤胃酸中毒等病症和饲料蛋白质在瘤胃内的过度降解,增加过瘤胃蛋白量,提高饲料蛋白质的利用效率^[23]。将几种缓冲剂同时添加于日粮中,可增加瘤胃稀释率和外流速度,这可能是瘤胃内的离子浓度发生了较大的改变,引起瘤胃内渗透压的增加,加快了瘤胃的稀释率和外流速度。稀释率的提高能够增加瘤胃微生物蛋白质的合成效率及其产量^{[24]-[25]}。稀释率的提高使瘤胃内容物进入真胃及十二指肠的速度加快,饲料蛋白质在瘤胃内降解减少,使过瘤胃蛋白质增加,因而进入小肠的总蛋白质增多。由此推断,添加复合缓冲剂后,瘤胃稀释率的增加对饲料蛋白质的保护和微生物蛋白质的合成是十分有益的。

4.1.3 预混料与复合缓冲剂对血液指标的影响

血清尿素氮含量是动物机体蛋白质代谢状况的反应。有研究表明,血清尿素氮含量与饲料氮利用率呈反比^[26]。测定血清中尿素氮含量可以反应机体对饲料蛋白质的利用情况^[27]。

动物血液中的含氮物主要是非蛋白氮 (Non-protein nitrogen, NPN), NPN 是哺乳动物体内未被利用的蛋白质、氨基酸等含氮物质代谢的终产物, 而尿素氮 (Blood urea nitrogen, BUN) 又是非蛋白氮的主要部分, 主要由肾脏排出, BUN 高低在一定程度上反映了含氮物质的利用效率。Scott 等 (1982) 认为血液中尿素氮水平直接反映机体内蛋白质分解代谢状况, 蛋白质代谢良好时, 血清尿素氮浓度降低。血清尿素氮和其他非蛋白氮 (主要是氨基酸) 以及血清蛋白质含量的变化均会影响血清总氮的含量。当日粮中的各种含氮物质在瘤胃内降解、氨的释放速度与瘤胃微生物利用氨合成菌体蛋白的速度相匹配时, 瘤胃内的氨氮浓度会保持一个相对稳定的值, 进而会降低血液中的氨浓度和血清尿素氮的含量; 而氨释放速度与合成菌体蛋白的速度相匹配又会提高瘤胃微生物利用氨合成菌体蛋白的利用率, 增加进入肠道的菌体蛋白的总量, 进而会提高血液中氨基酸与蛋白质的量^[28]。预混料组和复合添加剂组尿素氮含量与对照组差异不显著 ($p>0.05$), 但都不同程度的降低了血清尿素氮含量, 这可能是由于两组中充足的微量元素和维生素促进瘤胃微生物的合成, 缓冲剂保持了适宜的瘤胃 pH 并且乙酸钠增加了乙酸的供应, 增强了瘤胃微生物对含氮物质的利用效率, 提高瘤胃菌体蛋白的合成, 促进了蛋白质的吸收、代谢和沉积。

血液中的糖主要是葡萄糖, 它是糖在体内的运输方式, 血清中糖的浓度反应机体的生理状况。有研究表明, 泌乳奶牛血清中的血糖浓度与奶牛的产奶量呈正相关^{[29]-[30]}。血糖 (GLU) 水平的稳定对确保细胞执行其正常功能具有重要意义^{[31]-[32]}。

本试验中缓冲剂可以促进肠道组织对葡萄糖的吸收, 复合添加剂组比预混料组和对照组显著 ($p<0.01$) 提高了血糖含量, 加速机体糖代谢。复合添加剂组中充足的微量元素及维生素, 有利于肠道粘膜上皮细胞葡萄糖载体的形成, 促进奶牛消化吸收功能的加强; 缓冲剂促进乳腺对葡萄糖和醋酸盐等乳汁前体物的吸收, 维持适宜的血浆 pH 和血浆 pH 缓冲能力。

4.2 不同油料籽实对奶牛生产性能及乳脂成分的影响

4.2.1 不同油料籽实对奶牛生产性能的影响

亚麻籽体积小、表面光滑, 与破碎大豆相比不易被微生物降解, 具有天然保护作用, 因而油脂释放速度减缓, 对纤维降解的影响小, 更容易避开瘤胃发酵进入小肠消化吸收。新鲜苜蓿柔软鲜嫩适口性好, 反刍动物容易采食咀嚼, 采食速度快, 此外苜蓿中维生素和微量元素含量高, 促进了瘤胃微生物的合成, 增强了对纤维的分解利用, 促进了采食量的增加。大豆和亚麻籽经热处理后适口性好, 奶牛乐于采食, 促进了采食量的增加。各试验组采食量比对照组均有不同程度的提高。采食量各组间差异不显著 ($p>0.05$), 甲醛组比相应未处理组降低了采食量。

产奶量各组间差异不显著, 但试验组产奶量比对照组均有所提高, 甲醛亚麻组产奶量最高, 比对照组提高了 1.7kg/d。乳脂率含量亚麻组与对照组差异显著 ($p<0.05$), 其他各组间差异不显著 ($p>0.05$)。乳蛋白含量甲醛亚麻组、亚麻组、大豆组与对照组和甲醛大豆组差异显著 ($p<0.05$), 其它各组间差异不显著, 各试验组均一定程度提高了乳蛋白的含量。

许多试验表明添加油脂或籽实后, 由于油脂对瘤胃微生物的毒害作用使纤维素分解减少, 从而抑制了乳脂合成, 乳脂率有下降的趋势。直接添加油脂抑制乳脂合成的机制可能是由于短

时间内大量油脂进入瘤胃,在瘤胃微生物的作用下发酵产生大量乙酸、丙酸和丁酸等挥发性脂肪酸,丁酸降解为乙酸。部分乙酸用于氧化供能,另一部分经血液循环进入乳腺用于乳脂的合成。丙酸用于合成糖原或转化为脂肪用于体脂的合成。大量挥发性脂肪酸超出了机体的利用能力,导致胰岛素分泌增加,胰岛素浓度上升刺激大多数类型的细胞直接从血液中摄取营养,从而使乳腺没有足够的可利用养分因而引起乳脂率的下降^[33]。也有学者认为高精料低饲草日粮条件下牛乳中反式脂肪酸(trans fatty acid, TFA)含量升高, TFA 对脂肪酸合成有抑制作用。许多试验结果证明,只有 t10C18:1 异构体显著增加的情况下,乳脂率才下降,而正常情况下 C18:1 中 t11C18:1 最丰富。饲喂加入植物油的高精料日粮导致乳脂率下降,且 t10C18:1 含量提高,而饲喂加植物油的高饲草日粮导致 t11C18:1 含量提高,并没有使乳脂率下降(Griinari 等,1998)^[34]。

Dhiman (2002) 认为通过油料籽实添加脂肪可以保持乳脂含量不变或提高乳脂含量^[35]。本试验中各试验组乳脂含量均没有下降,苜蓿的添加、亚麻籽壳的保护作用及加热处理使油脂的释放速度降低,缓冲了不饱和脂肪酸对瘤胃微生物发酵作用的影响,避免了挥发性脂肪酸尤其是丙酸的大量累积,这样就缓解了对乳脂合成的抑制。

亚麻籽壳的天然保护作用使它在瘤胃中降解速度减慢,一定程度上避开了瘤胃发酵,增加了过瘤胃蛋白的数量。由于苜蓿提供了优质的蛋白质资源以及饲料的过瘤胃保护,增加了进入小肠的氨基酸数量和质量,从而使各试验组中乳蛋白含量有了不同程度的提高。

4.2.2 不同油料籽实对奶牛日粮消化率的影响

脂肪在瘤胃内分解为甘油和游离脂肪酸,部分甘油发酵产生挥发性脂肪酸,大部分游离脂肪酸在瘤胃厌氧条件下不能降解,它包裹在纤维表面使纤维分解菌不能有效附着,降低了对纤维的降解^[36]。

脂肪酸以游离状态存在是抑制纤维降解的必要前提,游离脂肪酸对瘤胃微生物的毒性效应是影响纤维降解的主要原因。在受抑制程度达到最大以前,不饱和度更高的脂肪酸对纤维降解的抑制作用更强^{[37]-[38]}。

添加脂肪对纤维消化率影响的报道不一致。对 NDF 有不变的报道 (Schauff, 1992; Pantoja, 1994)^{[39]-[40]}, 增加 (Chouinard, 1998; Bernard, 1997)^{[41]-[42]} 和降低 (Moore, 1986) 的报道,这与脂肪酸的不饱和度和添加形式有关。亚麻油和豆油中含有较高含量的高不饱和脂肪酸,抑制了纤维的消化吸收,从试验结果可以看出各试验组中性洗涤纤维消化率有不同程度的下降。相对于青贮玉米秸,新鲜苜蓿提供了优质的蛋白质资源,此外维生素、微量元素含量高,鲜嫩多汁,粗纤维的消化率高,能氮释放同步,这些都促进了瘤胃微生物的合成,增强了对纤维的分解利用^[43]。柔软鲜嫩适口性好的苜蓿,反刍动物容易采食咀嚼,采食速度快,用于咀嚼和反刍的能量消耗减少,并且唾液分泌减少,使小颗粒食糜的外流速度降低,增加了食糜在瘤胃的滞留时间,同时优质的纤维使饲料中非溶性可降解部分的降解速度提高,因而试验组中酸性洗涤纤维消化率有一定程度的提高。众多国外研究也得到了相似的结果,笔者认为这可能是由于游离脂肪酸对纤维中可溶性部分有较强的抑制作用,而对非溶性可降解部分的抑制作用相对较弱。

反刍动物与单胃动物不同，它对饱和脂肪酸尤其是硬脂酸的吸收率高于不饱和脂肪酸^[37]，试验组中不饱和脂肪酸含量高，因而引起了消化率的下降。

饲料蛋白质消化率各试验组均高于对照组，这可能是由于相对于青贮玉米秸，新鲜苜蓿提供了优质的蛋白质资源，并且大豆和亚麻籽经过加热处理后抑制了抗营养因子如胰蛋白酶抑制因子的活性，增加了小肠蛋白的数量和消化吸收^[44]。甲醛亚麻组和甲醛大豆组用 0.6g 甲醛/100g 蛋白质^{[45]-[46]}的比例处理整粒亚麻籽和破碎大豆，相对于未处理组提高了蛋白质消化率，但甲醛亚麻组和亚麻组、甲醛大豆组和大豆组差异均不显著，这可能是由于亚麻籽光滑的外壳及较大颗粒的大豆影响了甲醛的有效渗入，未能与籽实内部蛋白质充分反应。

4.2.3 不同油料籽实对奶牛血液指标的影响

血清尿素氮含量是动物机体蛋白质代谢状况的反应。研究表明血清尿素氮含量与饲料蛋白质利用率呈反比。各试验组与对照组相比均降低了血清中尿素氮含量，这可能是由于新鲜苜蓿提供了优质的蛋白质和纤维资源，能氮释放同步增加了氮的利用效率，此外大豆和亚麻籽经过加热处理后抑制了抗营养因子如胰蛋白酶抑制因子，增加了到达小肠的蛋白质数量，提高了饲料蛋白质的消化吸收率。

血清中胆固醇含量对照组最高，各试验组均有不同程度的降低，甲醛亚麻组和亚麻组与对照组相比显著 ($p < 0.05$) 降低了血清胆固醇含量，甲醛大豆组和大豆组与对照组相比也显著 ($p < 0.05$) 降低了血清胆固醇含量。本试验结果表明添加亚麻籽降低胆固醇的效果好于大豆。

表 17 豆油和亚麻油的脂肪酸组成 (g/100gTFA)

Table 17 Fatty acid composition of soybean oil and flax oil (g/100gTFA)

	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2n-6	C18:3n-3	双键数*
豆油	11.28	0.76	15.22	64.99	7.76	1.68
亚麻油	4.99	0.57	15.60	7.61	71.23	2.45

*根据脂肪酸组成加权平均计算得出

大量研究表明，通过日粮调控确实可提高乳脂肪中不饱和脂肪酸比例，降低消费者血浆中总胆固醇和低密度脂蛋白浓度 (Noakes1996)。Gavin 等 (2000) 发现日粮中添加 CLA 降低了老鼠血浆总胆固醇和低密度胆固醇的含量。Steq1 等 (2000) 添加 3% 的 CLA 使老鼠肝脏胆固醇浓度下降 41%，血清低密度胆固醇减少。Yang 等 (2000) 发现 CLA 抑制肠酰基辅酶 A 胆固醇酰基转移酶的活性，这种酶可能与胆固醇的吸收有关。胆固醇 7 α -羟化酶 (CYP7 α 1) 是胆固醇转化为胆汁酸的关键酶，其在胆固醇的代谢过程中起到重要作用。

进食脂肪酸可通过 CYP7 α 1 调节机体胆固醇，单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸可诱导胆固醇转化为胆汁酸进而维持机体胆固醇在较低水平，而此过程中产生的大量胆汁酸又可反馈抑制 CYP7 α 1 的表达防止胆固醇含量过低；相反，饱和脂肪酸可能通过直接抑制或不改变 CYP7 α 1 的表达，导致进食的胆固醇在体内的堆积。研究表明，胆固醇和胆汁酸分别对 CYP7 α 1 有诱

导和反馈抑制作用。膳食中的脂肪酸影响着胆固醇的诱导作用。实验证明添加不同类型不饱和脂肪酸均降低 CYP7a1 mRNA 和蛋白质的表达,同时 PUFA 和 MUFA 可进一步增加动物机体总胆汁酸含量,相反 SFA 则会明显降低机体总胆汁酸的含量。脂肪酸对胆固醇代谢的影响与 CYP7a1 的表达有关,并且胆固醇(脂肪酸)诱导 CYP7a1 表达存在一个有效范围,在此范围内, CYP7a1 的表达随着胆固醇(脂肪酸)的增加而增加,同时机体胆汁酸水平不断增加,胆汁酸对 CYP7a1 施以反馈抑制,当胆汁酸的反馈抑制作用超过胆固醇(脂肪酸)的诱导作用,则表现为 CYP7a1 的表达降低。PUFA 和 MUFA 可能是通过增加胆固醇转化为胆汁酸排出体外以维持机体胆固醇的稳定,机体的低 CYP7a1 mRNA 和蛋白质表达源于肠肝循环的胆汁酸对 CYP7a1 的反馈抑制表达。而 SFA 则可能抑制了 CYP7a1 的表达,因而摄入的胆固醇堆积在体内。

血清胆固醇分为低密度胆固醇 (LDL-C) 和高密度胆固醇 (HDL-C),前者增加、后者降低动脉粥样硬化 (CHD) 的危险 (Rudel 等, 1998), 所以 HDL-C/LDL-C 可以作为 CHD 危险性的指标。

从表 12 中可以看出各组间高密度脂蛋白含量相近,差异不显著 ($p < 0.05$),各试验组高密度脂蛋白含量略高于对照组,甲醛大豆组和大豆组含量稍高于甲醛亚麻组和亚麻组。各试验组均降低了低密度脂蛋白的含量,其中低密度脂蛋白含量对照组与甲醛亚麻组差异显著 ($p < 0.01$),而与甲醛大豆组和大豆组差异不显著 ($p < 0.05$),亚麻籽降低低密度脂蛋白的效果好于大豆,这与 Petit 的研究结果一致,这与亚麻籽中含量丰富的 C18:3 在体内的代谢有关。

富含多不饱和脂肪酸的食物如亚麻油可显著降低血浆脂质水平,尤其是 LDL 水平,对动脉粥样硬化有预防和治疗作用;而富含饱和脂肪酸的食物如猪油则可使血脂升高,诱发动脉粥样硬化和冠心病^{[47]-[48]}。多不饱和脂肪酸抗动脉粥样硬化是通过调整血脂,如使低密度脂蛋白 (LDL) 合成减少,使动脉粥样硬化的起始阶段受阻,EPA 和 DHA 使肝脏合成高密度脂蛋白 (HDL) 增多,大量 HDL 进入血液,使动脉壁多余胆固醇运抵肝脏降解,这可进一步限制动脉粥样硬化的形成^[49]。

LDL 代谢与 LDL 受体 (LDLR) 直接相关。血浆脂质水平尤其是 LDL 水平与细胞表面特别是肝细胞表面 LDLR 活性直接相关。资料表明多不饱和脂肪酸提高 LDLR 活性,使血脂水平下降,而饱和脂肪酸使 LDLR 活性显著降低。多不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸影响 LDLR 活性是因为它们可以改变 LDL 与受体的亲和力,因为进食脂肪酸可改变 LDL 的组成,使其中的胆固醇发生变化;进食脂肪酸还可以改变膜磷脂的饱和度,而膜磷脂饱和度的变化可进一步影响到结合酶类和膜蛋白的流动性,这些变化均会影响 LDL 与膜内受体的亲和^[50]。

4.2.4 不同油料籽实对奶牛脂肪代谢及乳脂构成的影响

(1) 瘤胃脂肪酸代谢

反刍动物体脂和乳脂的脂肪酸构成与日粮中添加脂肪的脂肪酸构成差别很大,这主要是日粮中的脂肪在瘤胃中被微生物水解,然后再重新合成各种脂肪酸的缘故。脂肪在瘤胃中的代谢包括日粮脂肪的水解、甘油的发酵、日粮不饱和脂肪酸的氢化和共轭脂肪酸的形成等过程。

反刍家畜唾液中的消化酶对日粮中的脂肪几乎毫无消化作用,脂肪在瘤胃中代谢的第一步是被水解。饲料脂肪进入瘤胃后很快被微生物脂肪酶水解,脂肪水解的终产物主要为游离脂肪酸和甘油,甘油被迅速发酵生成挥发性脂肪酸。反刍动物日粮中的脂肪被微生物脂酶水解,释放出的不饱和脂肪酸被瘤胃内某些微生物氢化, Lennarz 认为瘤胃内脂肪的氢化主要是为了降低不饱和脂肪酸的活性。日粮不饱和脂肪酸只有氢化后成为饱和脂肪酸才能被细菌充分利用。不饱和脂肪酸对瘤胃微生物有毒性,氢化可以降低不饱和脂肪酸的毒性^{[51]·[52]}。

大多数研究认为瘤胃细菌的氢化活性很高,在氢化过程中起决定作用;其次是原虫,但是氢化范围与脂肪酸的不饱和程度及构型、微生物类型等因素有关。亚麻酸常被氢化为硬脂酸,氢化率为 85%~100%;亚油酸的氢化不完全,氢化率平均为 80%。细菌只对游离脂肪酸进行氢化。由于微生物异构酶只有在自由羧基存在的条件下才具有活性,因此没有由自羧基的不饱和脂肪酸(如脂肪酸钙盐)能避免瘤胃的氢化作用。

(2) 共轭亚油酸的合成

起初人们认为瘤胃合成的共轭亚油酸是亚油酸瘤胃生物加氢的中间体,但后来发现组织也有内源合成的共轭亚油酸,并且牛乳脂中的大部分共轭亚油酸可能来自于组织合成。

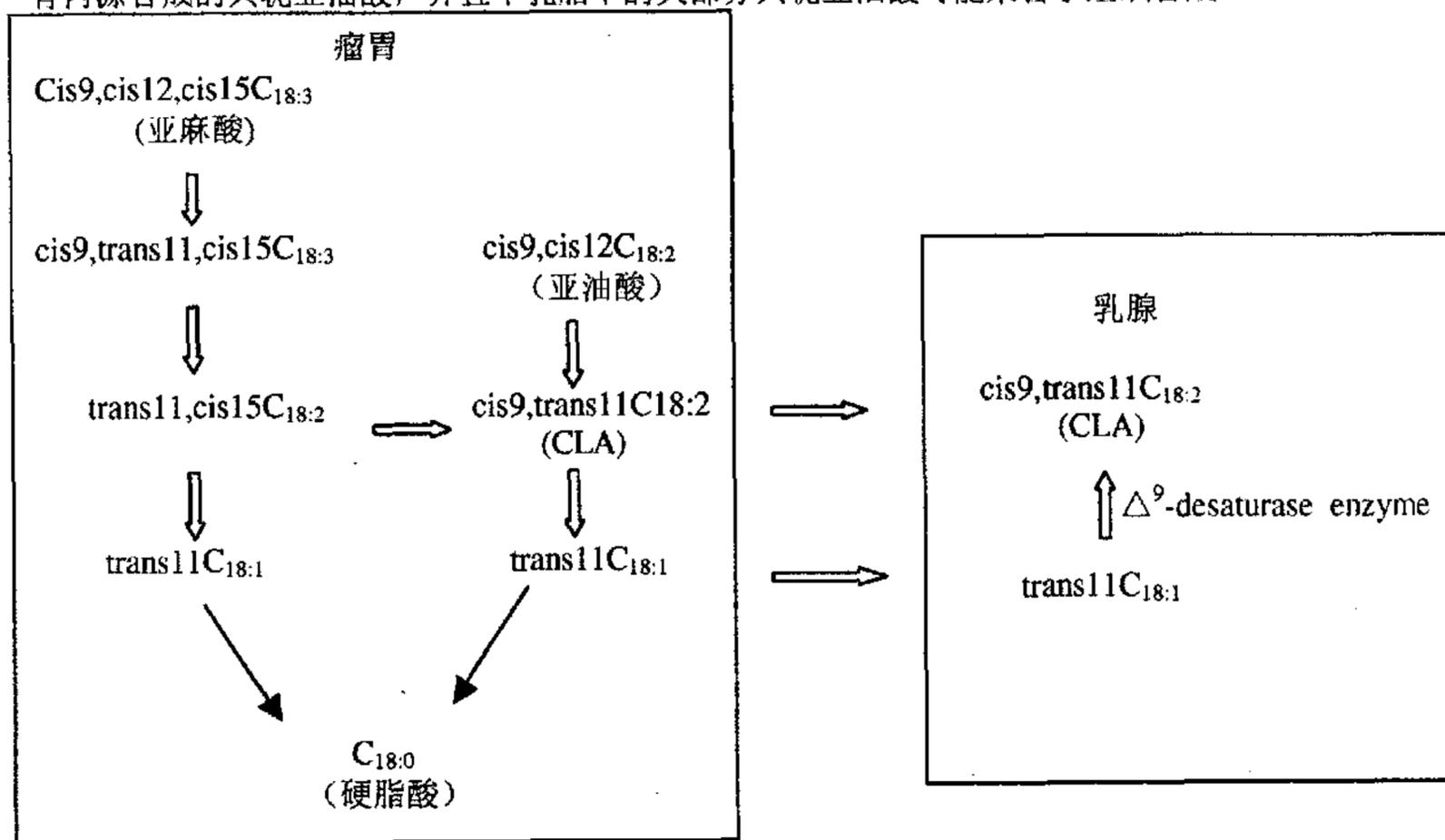


图 1 亚油酸和亚麻酸的代谢及共轭亚油酸的合成

Fig. 1 Metabolizability of linoleic and linolenic acids and synthesization of CLA

Kepler(1988)等描述了亚油酸生物加氢的经典途径。起初人们认为动物组织中的共轭亚油酸均是来自瘤胃逃脱生物加氢的中间体。大部分的共轭亚油酸经过了生物加氢过程,先变成 t11C_{18:1},最终变成硬脂酸。Gulati(1992)给绵羊饲喂过瘤胃保护的 CLA 使乳脂中 CLA 的含量提高了 10 倍。在特定条件下,尤其是亚油酸浓度高时,抑制了 C_{18:1} 经生物加氢变成硬脂酸的过程,从而造成 C_{18:1} 的积累。

人们在放牧奶牛的乳脂中发现了大量的共轭亚油酸^[53]。新鲜牧草的主要脂肪酸是亚麻酸，共轭亚油酸并非亚麻酸生物加氢的中间体，但 t11C18:1 是亚麻酸生物加氢的中间体，显然共轭亚油酸是经 t11C18:1 内源合成的。Mahfouz 从大鼠的肝脏微粒体中分离到一种脂类代谢中常见的组织酶，这种酶是硬脂酰-CoA 去饱和酶，它能将单烯的 3~15 位的顺式双键去饱和。Parodi (1999) 认为硬脂酰-CoA 去饱和酶是利用乳脂中的 t11C18:1 内源合成共轭亚油酸的重要机制^{[54]-[58]}。

综合各方面的研究，现在对牛乳脂 CLA 来源比较明确的认识是 CLA 一部分来自过瘤胃的氢化中间产物 c9, t11CLA，另一部分通过乳腺 Δ^9 去饱和酶的作用内源产生，而作为底物的 t11C18:1 同样起源于瘤胃，是亚油酸、亚麻酸共同的中间产物。牛乳脂中的大部分共轭亚油酸可能来自于组织合成^{[59]-[63]}。

(3) 不同油料籽实对奶牛脂肪代谢及乳脂构成的影响

各试验组乳脂中 CLA 比对照组提高了 42%~80%；C18:2 含量各试验组比对照组提高了 32%~99%；C18:3 含量各试验组比对照组提高了 166%~245%；CLA, C18:2 和 C18:3 含量甲醛大豆组最高，对照组最低。乳脂中 C18:1, C18:2, CLA 和 C18:3 含量甲醛亚麻组、亚麻组、甲醛大豆组和大豆组显著 ($p < 0.01$) 高于对照组。

乳脂中 t11C18:1 (TVA)、C18:2、c9t11CLA、CLA 总量和 Omega-6 脂肪酸含量甲醛处理组比相应的未处理组有所提高，Omega-3、C18:3 含量甲醛大豆组比大豆组高，但差异均不显著 ($p > 0.05$)，这表明甲醛处理对不饱和脂肪酸在瘤胃中的氢化具有有限的影响作用，甲醛不能保护不饱和脂肪酸在瘤胃中的氢化，这与先前的报道一致，其机理还有待进一步研究。

乳脂中 C18:1、t11C18:1 (TVA)、C18:2、c9t11CLA、CLA 总量、C18:3、Omega-3 和 Omega-6 脂肪酸含量甲醛大豆组和大豆组均高于甲醛亚麻组和亚麻组，这表明添加相同比例的籽实提高乳脂中 CLA 和各种高不饱和脂肪酸的效果大豆好于亚麻籽。亚麻组具有最低的 Omega-6/Omega-3 值，甲醛亚麻组次之，食品中 Omega-6/Omega-3 值可能比 Omega-6、Omega-3 含量对人类健康具有更为重要的意义，这提高了乳的营养价值。Sim (1998) 报道进食较低 omega-6/omega-3 的脂肪减少了心脏病发生的机率。给奶牛饲喂亚麻籽和大豆等油料籽实可以通过食用富含 CLA 和多不饱和脂肪酸的乳产品提高人类健康^[64]。

亚麻酸的氢化率大于亚油酸，而亚油酸的氢化率又大于油酸，不饱和度更高的脂肪酸消失率也显著大于不饱和度相对较低的脂肪酸。瘤胃微生物存在优先氢化不饱和度更高的脂肪酸的机制，这符合尽快消除不饱和脂肪酸对微生物毒性的目标。

由图 1 可见亚麻酸和亚油酸均经过异构化和加氢两步反应完成第一次氢化。这两种不饱和脂肪酸都是经过异构酶催化后消失的，异构酶可能对亚麻酸更敏感。亚麻酸的氢化中间产物 t11C18:1 和 C18:2n-3 共同存在，在瘤胃发酵受抑制程度较低的情况下，t11C18:1 的量大于 C18:2n-3，随着添加量的增加两者的差异逐渐出现转换。亚油酸氢化的限速步骤是 t11C18:1 转化为 C18:0，而亚麻酸氢化过程中 C18:2n-3 转化为 t11C18:1 和 t11C18:1 转化为 C18:0 都是限速步骤^[65]。

采食青绿牧草有利于提高乳脂的 CLA 含量。Keily 等 (1998) 发现全部营养来自优质牧草的奶牛乳脂中 CLA 含量是配合饲料组奶牛的两倍 (10.9: 4.6mg/g 乳脂肪酸)^[66]。Dhiman (1999) 的研究显示, 对照组 (以玉米和玉米青贮料为饲料)、1/3、2/3 或全部饲料为新鲜牧草的试验组奶牛的乳脂 CLA 含量分别为 3.8、8.9、14.3 和 22.1mg / gTFA。

以干物质为基础, 青绿牧草的脂肪酸含量在 1%~3% 之间, 其中 90% 以上为 UFA (MmPhy 等, 1995)。本试验中用苜蓿代替部分青贮玉米秸, 增加了多种不饱和脂肪酸的含量。牧草中所含 C18:2 的双键分别在第 7 和第 9 位, 不具有通过瘤胃氢化产生乳脂 CLA 前体的功能, 因此新鲜牧草对乳脂 CLA 含量的促进作用可能主要来自于 C18:4 和 C18:3。从 UFA 组成看, 干草的 C18:4 和 C18:3 含量也很丰富, 但与青绿饲料相比, 饲喂干草时乳脂 CLA 含量明显较低 (Dhiman 等, 1996, 1999), 这可能是由于干草的总脂肪酸含量较低造成的, 许多干草的粗脂肪含量不足 1%^[67]。

随着纤维消失率的提高, 氢化完全的程度也不断提高。添加脂肪与纤维消化之间存在交互, 在影响纤维消化的同时也会影响自身氢化完全的程度。随着纤维消失率的降低, C18:1 的氢化率呈线性趋势下降。Harfoot 认为体外培养液中亚油酸大量存在时会导致 18 碳不饱和脂肪酸在瘤胃的大量聚集。多不饱和脂肪酸的大量存在可能是各限速步骤反应受到抑制的原因。

高肖军 (2003) 用人工瘤胃添加 10%、15%、20% 全脂大豆发现总挥发性脂肪酸含量、乙酸丙酸比例与对照组差异均不显著, 添加这三种水平的油籽对瘤胃发酵没有显著影响, pH 有升高的趋势。各处理组 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均有高于对照组的趋势。随添加水平的增加, 硬脂酸和亚麻酸在长链脂肪酸中的比例逐渐下降, t11C18:1 比例逐渐升高, 这种现象说明添加脂肪可能影响了细菌对外源脂肪的利用, 抑制了对 t11C18:1 的氢化作用^[68]。

Jenkins 指出, 为了提高多不饱和脂肪酸转移至乳中的效率, 应对油籽做进一步加工 (如加热或用甲醛处理蛋白保护) 处理, Goodridge 给奶牛日粮分别添加用甲醛保护 (过瘤胃) 的亚麻籽或 Linola 均可明显提高乳脂中 C18:3 或 C18:2 脂肪酸的比例。饲喂热处理的破碎大豆与未处理的破碎大豆相比增加了乳中 t9C18:1 的含量^{[69]-[70]}。Dhiman 报道饲喂大豆与直接添加豆油相比, 乳脂中富集了更多的 C18:2, 因为油在大豆中释放缓慢。热处理大豆使更多的不饱和脂肪酸在小肠被有效吸收, 提高了从日粮到乳脂的转移效率 (Dhiman, 1995)^[71]。

亚麻籽壳的保护作用使油脂释放缓慢, 对瘤胃发酵的影响小。整粒亚麻籽的天然保护和大豆的加热处理可减缓油的释放和长链脂肪酸的氢化作用。Chouinard (2001) 喂豆油和亚麻油钙皂时, 乳脂中 CLA 含量增加了 3~5 倍^[72]。

不饱和脂肪酸转移效率低一是由于生物氢化, 二是由于重分配到其它组织中。Kitessa (2001) 报道 C18 大多被结合形成血浆中胆固醇和磷脂, 被乳腺组织吸收的数量很少。对脂肪进行过瘤胃保护可明显增加不饱和脂肪酸转移至乳中的效率。

乳脂的质量与组成受日粮影响很大。本试验乳脂肪中脂肪酸的构成由于添加了油料籽实而发生了改变, 导致了短链和中链脂肪酸的减少和长链脂肪酸的显著增加 ($p < 0.01$)。Grummer (1991) 报道日粮中长链不饱和脂肪酸能抑制乳腺合成短链脂肪酸^[73]。Mayne (1990) 给奶牛日粮添加 0.41kg/d 的大豆油, 明显较未添加组降低了乳脂中 C14:0、C16:0 与 C12:0~C16:0 脂肪酸比例 ($P < 0.01$), 提高了乳脂中 C18:1、C18:2 与 C18:1~C18:3 脂肪酸比例 ($P < 0.01$)。本试验结果与先前的研究结果一致。Ashes 等在奶牛日粮中添加 6.5% 的甲醛保护油菜籽实, 相当于每天每头

牛添加油脂 520 g, 乳脂肪中脂肪酸成分的测定结果表明, 由于添加甲醛保护的油菜籽实, $C_{16:0}$ 、 $C_{14:0}$ 和 $C_{12:0}$ 饱和脂肪酸含量明显下降, 而 $C_{18:0}$ 、 $C_{18:1}$ 、 $C_{18:2}$ 、 $C_{18:2}$ 和 $C_{18:3}$ 脂肪酸比例增高。Solomon 等(1991)给羔羊饲喂油菜籽实, 表明能降低其组织中饱和脂肪酸的含量^[74]。

表 16 中四组脂肪酸的比值可作为乳腺中去饱和酶的活性指数 (Bauman et al, 2001)^[75]。这四对脂肪酸的比值称为去饱和指数。各试验组中 18 碳不饱和脂肪酸在瘤胃的大量聚集一定程度上抑制了不饱和脂肪酸的氢化, 从表 16 中可以看出各试验组的去饱和指数均高于对照组, 表明不饱和脂肪酸的氢化受到了抑制。由于氢化率的降低及日粮中不饱和脂肪酸总量的增加导致了乳中不饱和脂肪酸含量的增加, 从表 15 可以看出中添加油料籽实后乳脂中单不饱和脂肪酸含量和多不饱和脂肪酸含量都显著增加 ($p < 0.01$), 且使用大豆提高乳脂中不饱和脂肪酸的效果好于使用亚麻籽。由于 $C_{18:1}$ 、 $C_{18:2}$ 和 $C_{18:3}$ 在瘤胃中的累积使乳脂中内源及外源合成的共轭亚油酸含量也显著增加 ($p < 0.01$)。

5 有待解决的问题

1. 各种微量元素、维生素和缓冲剂的适宜添加剂量有待于进一步研究。
2. 应进一步进行梯度试验确定提高乳脂中共轭亚油酸和不饱和脂肪酸含量的适宜油料籽实添加量，使乳脂中共轭亚油酸和不饱和脂肪酸含量提高到理想水平。
3. 共轭亚油酸和不饱和脂肪酸代谢的机理有待于进一步研究。

6 结论

1. 预混料组与对照组相比增加了 Fe, Cu, Mn, Zn, Co, V_A , V_D 和 V_E 的供应量, 相应产奶量和乳脂率有了一定程度的增加, 但差异不显著 ($p>0.05$)。适量增加微量元素和维生素的供应量有提高奶牛生产性能的潜力。

2. 奶牛添加复合缓冲剂显著提高产奶量和乳脂率 ($p<0.01$), 饲料消化率略有提高但差异不显著 ($p>0.05$)。

3. 奶牛精料中添加 15% 亚麻籽或大豆增加了饲料中不饱和脂肪酸的数量, 18 碳不饱和脂肪酸在瘤胃的大量聚集一定程度上抑制了不饱和脂肪酸的氢化, 更多的 CLA 和不饱和脂肪酸结合到乳脂中。各试验组乳脂中 CLA 比对照组提高了 42%~80%; 不饱和脂肪酸提高了 28%~50%。

4. 以油料籽实的形式添加不饱和脂肪酸显著增加了乳脂中长链脂肪酸的含量, 各试验组乳脂中长链脂肪酸比对照组提高了 26%~44%。

5. 日粮中添加大豆用以提高乳脂中共轭亚油酸和不饱和脂肪酸的效果好于亚麻籽, 但添加亚麻籽得到最低的 Omega-6/ Omega-3 值。

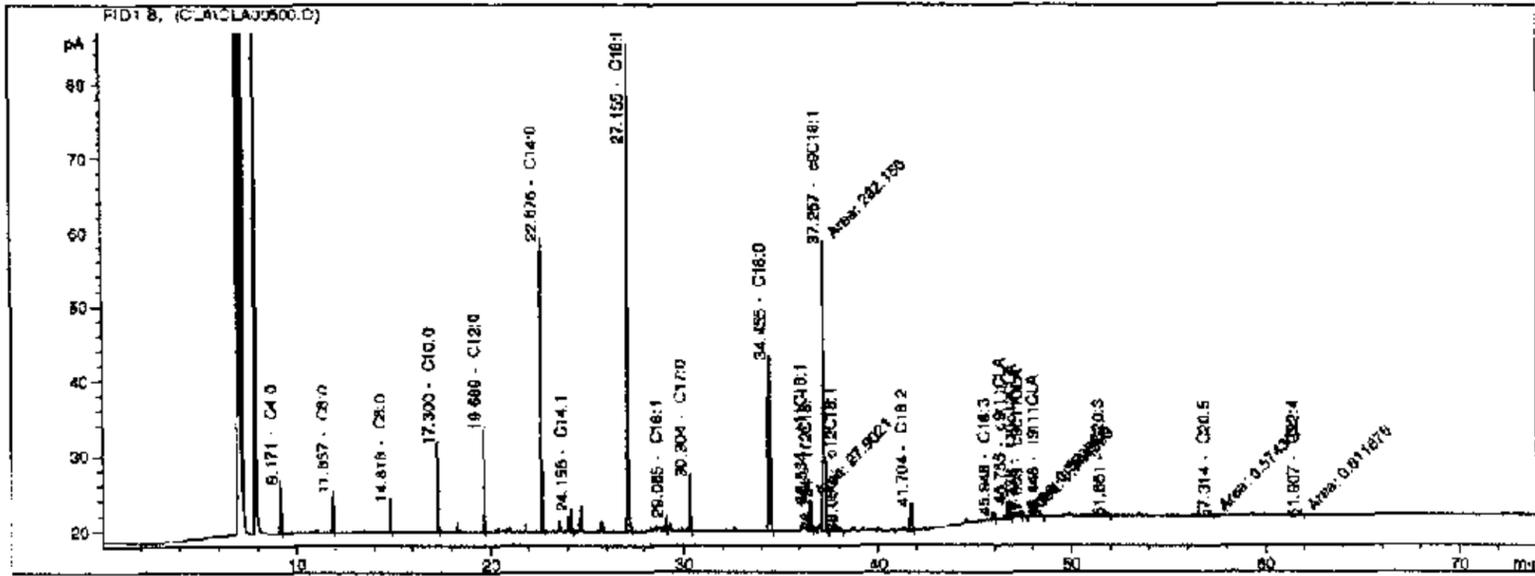
参考文献

- [1]敖日格乐,王纯洁.缓冲剂在奶牛泌乳前期添加效果的试验[J].中国奶牛,1996,(6):16~19
- [2]周建民,张晓明,张志文等译.[M](美)奶牛营养需要.国家研究委员会著,科学技术文献出版社,1992.
- [3]Mensink.R.P.,1994.Effects of monounsaturated fatty acids on serum lipoproteins.in:Serrano Rios.[M].(Ed.),proc.1st World Congr.Dairy products in human health & Nutr.pp.337~3342
- [4]Zock.P.J.,et al.Hydrogenation alternatives:effect of trans fatty acid and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans[J].Lipid Res.,1992,33,399~410.
- [5]Berner.L.A.,Roundtable discussion on milk fat ,dairy foods and coronary heart disease risk[J].Nutr.,1993,123,1175~1184.
- [6]北京农业大学主编.家畜饲养实验指导[M],北京,农业出版社.1979
- [7]杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M],北京,北京农业大学出版社,1993
- [8]杨诗兴.饲料营养价值的评定方法[M].兰州:甘肃人民出版社,1982,38~62
- [9]卢德勋,谢崇文.现代反刍动物营养研究方法和技术[M].北京:农业出版社,1981,68~77
- [10]GB/T 6432~1994,饲料中粗蛋白测定方法.
- [11]Van Soest D J, R W McQueen. The chemistry and estimation of fibre[J].Pro Nutr Soc, 1973, 32: 123~130.
- [12]杨胜.饲料分析及饲料质量检验技术[M].北京:北京农业出版社,1993.
- [13]敖日格乐,王纯洁.奶牛泌乳前期饲喂缓冲剂对消化率的影响[J].中国奶牛,1994,(1):17~19
- [14]黄志秋,刘芳.日粮中添加碳酸氢钠对奶牛生产性能的影响[J].中国奶牛,2001,3:16~17
- [15]胡昌军,张为鹏,沈美清.瘤胃缓冲剂在奶牛生产中的应用[J].畜牧生产,2002,10:9~10.
- [16]杨顺江.动物微量元素营养[M].上海:上海科技出版社,1978:68~78
- [17]王中华.反刍动物营养特点及其生产应用[J].中国畜牧报.2003.8.17 第10版.
- [18]刘明祥.黄应祥.微量元素铜、锌、硒、碘单因子饲喂荷斯坦泌乳牛的试验[J].中国奶牛,1998,6:16~19
- [19]周建民,张晓明,王加启译.反刍动物营养学[M].中国农业出版社
- [20]伍一军.用缓冲剂调控奶牛瘤胃消化代谢及其泌乳性能的研究[J].南京农业大学学报,1990,13(4增):88.
- [21]Slyter L L.Influence of acidosis on rumen function [J]. Anim Sci,1976,43:910
- [22]耿世祥,刘光兴.添加碳酸氢钠对奶牛生产性能的影响的探讨[J].上海农学院学报,1987,5(4):319~324.

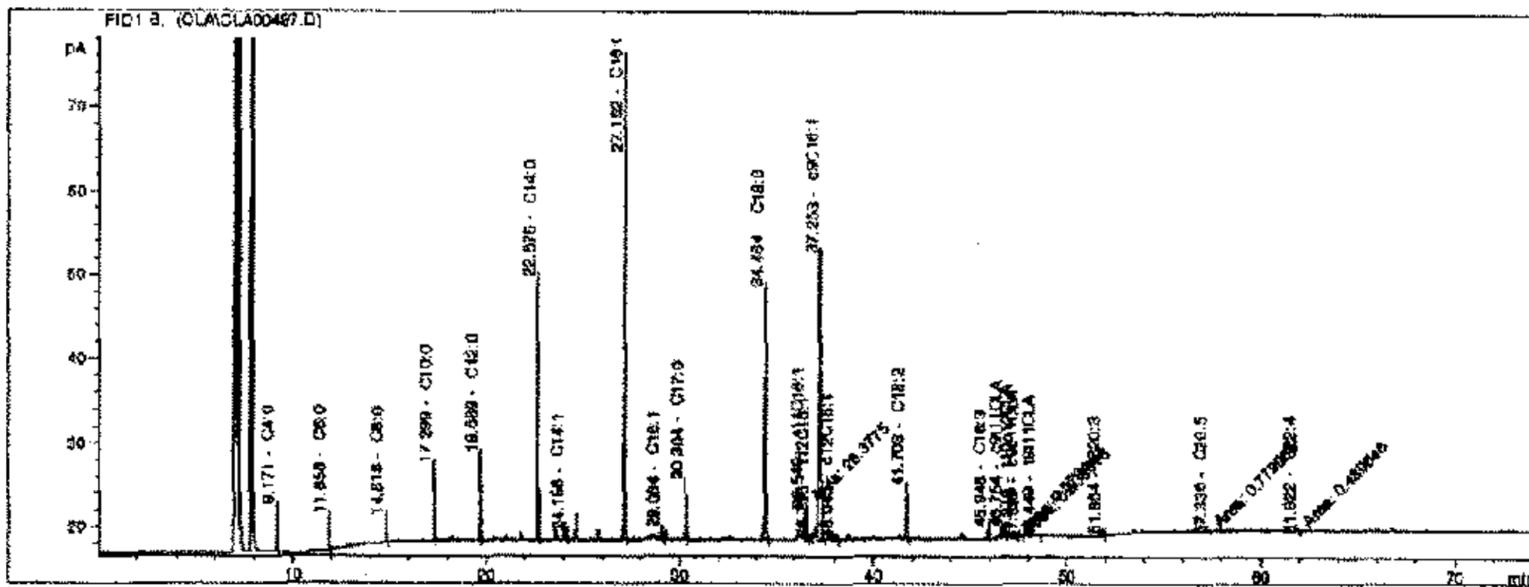
- [23] 伍一军. 3 种缓冲剂共用对泌乳奶牛瘤胃消化代谢调控的研究[J]. 西南农业大学学报, 1995, 4(17): 160~165.
- [24] Slyter L L et al. Effect of pH on population and fermentation in a continuously cultured rumen ecosystem[J]. Appl Microbiol, 1966, 14:573
- [25] Cole N A et al. Influence of roughage level and corn processing method on microbial protein synthesis by beef steer[J]. Anim Sci, 1976, 43:497
- [26] Wilson A D. Effect of age on absorption and immune responses to weaning or introduction of novel dietary antigens in pigs[J]. Res. Vet. Sci, 1989, 46:180~186.
- [27] 梁成, 郁枫. 奶牛血液及乳几项生化指标与泌乳性能的关系[J]. 西北农业大学学报, 1999, 23(1): 64~67
- [28] 李建国, 李英, 曹玉凤. 蛋白质补充料替代日粮中棉籽饼对肉牛生产性能和血液生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2001, 13(4): 50~53.
- [29] Annick M Delaquis, Elliot Block. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows[J]. Dairy sci, 1995, 78:2259~2284.
- [30] Moore J S, et al. Effect of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows[J]. Dairy sci, 2000, 83:2095~2104
- [31] 沈同, 王镜岩. 生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [32] 卢宗藩. 家畜及试验动物生理生化参数[M]. 农业出版社, 1983.
- [33] 孟庆翔. 奶牛营养需要[M], 2001
- [34] J. M. Grinari, D. A. Dwyer, M. A. McGuire, D. E. Bauman, D. L. Palmquist, and K. V. V. Nurmela. Trans-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows[J]. Dairy Sci. 1998 81: 1251-1261.
- [35] T. R. Dhiman, M. S. Zaman, I. S. MacQueen, and R. L. Boman. Influence of Corn Processing and Frequency of Feeding on Cow Performance[J]. Dairy Sci. 2002 85: 217-226.
- [36] 邱怀主编, 现代乳牛学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [37] 姜淑贞. 瘤胃脂肪酸代谢研究进展[J]. 黄牛杂志, 2001, 27(4): 40~42.
- [38] 郑晓中, 冯仰廉. 反刍家畜脂肪补充饲料的研究与应用. 中国畜牧医学会第十届会员代表大会暨学术年会论文集, 北京: 中国农业大学出版社, 1996. 67~70
- [39] D. J. Schauff, J. H. Clark, and J. K. Drackley. Effects of Feeding Lactating Dairy Cows Diets Containing Extruded Soybeans and Calcium Salts of Long-chain Fatty Acids[J]. Dairy Sci. 1992 75: 3003-3019.
- [40] J. Pantoja, J. L. Firkins, M. L. Eastridge, and B. L. Hull. Effects of Fat Saturation and Source of Fiber on Site of Nutrient Digestion and Milk Production by Lactating Dairy Cows[J]. Dairy Sci. 1994 77: 2341-2356.
- [41] P. Y. Chouinard, V. Girard, and G. J. Brisson. Fatty Acid Profile and Physical Properties of Milk Fat from Cows fed Calcium Salts of Fatty Acids with Varying Unsaturation[J]. Dairy Sci. 1998 81: 471-481.

- [42] J. K. Bernard and M. C. Calhoun Response of Lactating Dairy Cows to Mechanically Processed Whole Cottonseed[J]. Dairy Sci. 1997 80: 2062-2068.
- [43] 王加启, 冯仰廉. 不同来源可发酵碳水化合物和可降解氮合成瘤胃微生物蛋白质效率的研究[J]. 畜牧兽医学报, 1996, 27(2): 97~104.
- [44] 王吉峰, 王加启. 奶牛营养代谢对乳脂合成调控机制的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2003, 30(2): 6~10.
- [45] 莫放, 冯仰廉, 杨雅芳, 张晓明. 饼粕类饲料蛋白质降解率的研究. 畜牧兽医学报[J]. 1994, 25(5): 385~389.
- [46] 王加启, 冯仰廉. 蛋白质过瘤胃饱和技术的研究[J]. 黄牛杂志, 1995, 76: 173~181
- [47] Grundy SM, et al. Dietary influence on serum lipids and lipoprotein[J]. Lip Res 1990, 31: 1149
- [48] 刘传聚. 饱和及多不饱和脂肪酸对金黄地鼠肝 LDL 受体影响的研究[J]. 中国病理生理杂志, 1994, 10(4): 383~387.
- [49] 于文清. 营养与动脉粥样硬化的关系. [J]. 宁夏医学院学报. 2004, 10(5) 386~387
- [50] Jaakkola O, et al. Receptor-mediated binding and degraded of subfractions of LDL by cultured fibroblast[J]. Biochim Biophys Acta 1989, 1005: 118
- [51] Garton G.A., et al. Glyceride hydrolysis glycerol fermentation by sheep rumen contents [J]. Gen. Microbiol., 1961, 25, 215~223.
- [52] Harfoot C.G, et al, 1998. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson P.N. (Ed.), the rumen microbial ecosystem, Elsevier, New York, pp. 285~322.
- [53] J. R. Ashes, P. St. Vincent Welch, S. K. Gulati, T. W. Scott, G. H. Brown, and S. Blakeley Manipulation of the Fatty Acid Composition of Milk by Feeding Protected Canola Seeds[J]. Dairy Sci. 1992 75: 1090-1096.
- [54] 武书庚译. 奶牛瘤胃及内源合成共轭亚油酸[J]. 国外畜牧学, 2002, 29(1): 10~11.
- [55] 邹晓庭. 共轭亚油酸在畜禽中的应用[J]. 中国饲料, 2002, 8(29): 29~31.
- [56] 伍喜林, 杨凤. 共轭亚油酸(CLA)对动物营养效应研究进展[J]. 动物营养学报, 2003, 15(1): 7~10.
- [57] 华伟, 盛漪, 张灏. 牛乳中共轭亚油酸的研究[J]. 中国乳品工业, 2001, 29(3): 46~49.
- [58] 安清聪. 共轭亚油酸的生理作用及其在养殖业的应用前景[J]. 饲料工业, 2002, 23(10): 24~26.
- [59] Bell. Postprandial infusion of Conjugated linoleic acid negatively impacts milk synthesis in Holstein cows[J]. Dairy Sci. 2003(86): 1321~1324.
- [60] J.J. Looor. Reduced fatty acid synthesis and desaturation due to exogenous trans10,cis12-CLA in cows fed oleic or linoleic oil[J]. Dairy Sci. 2003(86): 1354~1369.
- [61] P.Y. Chouinard. Effect of dietary lipid source on Conjugated linoleic acid concentrations in milk fat[J]. Dairy Sci. 2001(84): 680~690.
- [62] Miriam L Kelly, J M Griinari, et al. Dietary Fatty Acid Sources Affect Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk from Lactating Dairy Cows[J]. The journal of nutrition 1998(128): 881~885.

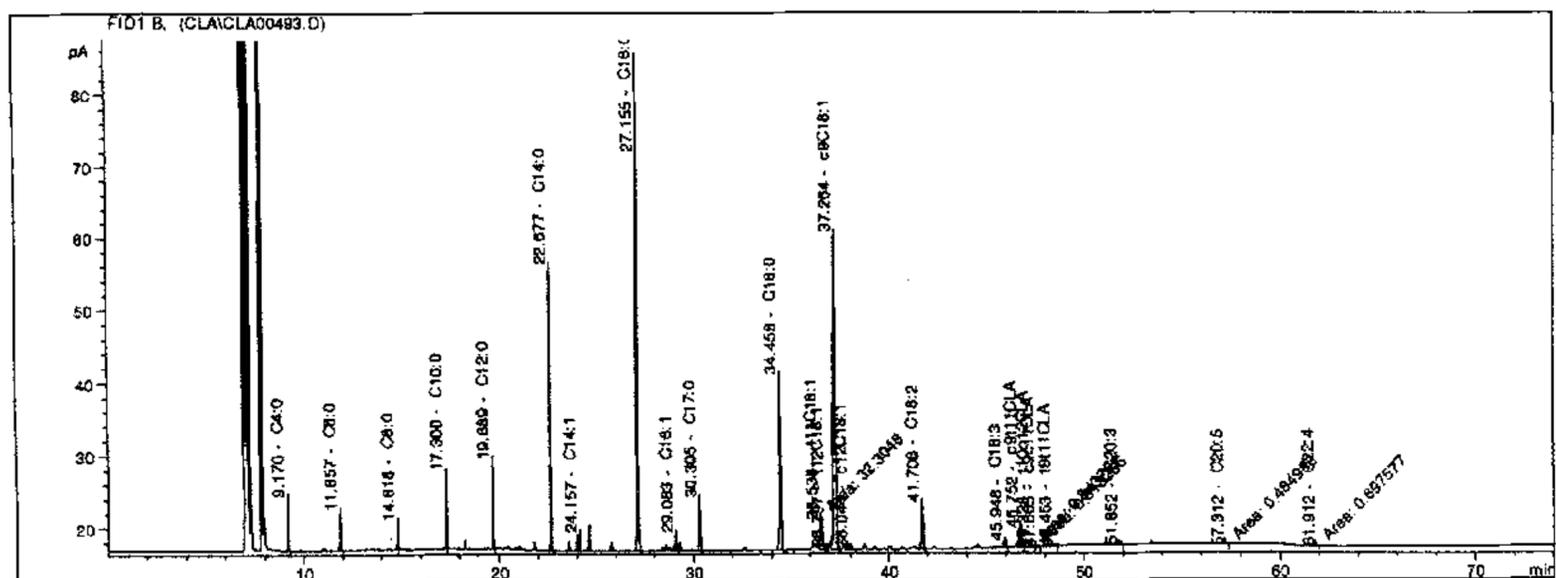
- [63]汪玉松[M]乳生物化学, 吉林大学出版社.
- [64]Wohlt,J.E.,S.L.Chmiel,P.K.Zajac,L.Backer,D.B.Blethen,and J.L.Evans.Dry matter intake,milk yield and composition,and nitrogen use in Holstein cows fed soybean,fish,or corn gluten meals[J].Dairy Sci.1991,74:1609.
- [65]魏宏阳.18 碳不饱和脂肪酸的氢化及共轭亚油酸前体累积规律研究[D]中国农业科学院博士学位论文,2003.
- [66]Keily.M.L, et al.Dietary fatty acid source affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating cows[J].Nutr.,1998,128,881~885.
- [67]T. R. Dhiman and L. D. Satter Yield Response of Dairy Cows Fed Different Proportions of Alfalfa Silage and Corn Silage[J]. Dairy Sci. 1997 80: 2069-2082.
- [68]高肖军. 植物油(籽)对牛奶共轭亚油酸前体物累积规律的研究[D]中国农业科学院硕士学位论文,2004.
- [69] Faldet , M.A. , and L.D.Satter.Feeding heattreated full fat soybeans to cows in early lactation[J].Dairy Sci.1991,74:3047.
- [70] Kari Ljøkjel,Odd Magne.et al.Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in mink and dairy cows[J].Anim.Feed Sci.and Tech.2000,84:83~95
- [71]T. R. Dhiman, A. C. Korevaar, and L. D. Satter Particle Size of Roasted Soybeans and the Effect on Milk Production of Dairy Cows[J].Dairy Sci. 1997 80: 1722-1727.
- [72]P. Y. Chouinard, L. Corneau, W. R. Butler, D. E. Bauman, Y. Chilliard, and J. K. Drackley Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat[J].Dairy Sci. 2001 84: 680-690.
- [73]T. A. Scott, D. K. Combs, and R. R. Grummer Effects of Roasting, Extrusion, and Particle Size on the Feeding Value of Soybeans for Dairy Cows[J].Dairy Sci. 1991 74: 2555-2562.
- [74]郑晓中, 冯仰廉. 日粮油脂对反刍动物营养调控的研究进展[J]. 中国粮油学报, 2000, 15 (1) : 54~58
- [75]P. Y. Chouinard, L. Corneau, W. R. Butler, D. E. Bauman, Y. Chilliard, and J. K. Drackley Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat[J]. Dairy Sci. 2001 84: 680-690.



亚麻组



甲醛大豆组



大豆组

作者简介

孙涛，男，1980年3月19日出生，河北省保定市人。2002年毕业于河北农业大学动物科技学院，获农学学士学位，同年考取河北农业大学动物营养与饲料科学专业硕士研究生，研究方向为反刍动物营养与饲料科学，2005年6月将从河北农业大学毕业，取得农学硕士学位。在学期间参加的研究项目：国家十五攻关课题：“十五”国家重大科技专项课题——“华北农区奶业现代化生产技术集成与产业化示范”，项目编号2002BA518A10。

在河北农业大学学习的七年间，于2000年3月通过了全国高等学校非计算机专业计算机水平一级考试。在硕士学习的两年多时间里，经过不懈的努力，按照培养方按的要求已顺利完成研究生课程，并在2003年1月通过大学英语六级考试。

迄今为止发表论文一篇，参编专业著作一本，如下：

- [1] 李建国，李运起.《肉牛养殖手册》[M].北京:中国农业大学出版社.
- [2] 孙涛，李建国. 反刍动物蛋白质的营养调控，饲料研究[J], 2004（9）:21~23

致谢

本论文是在导师李建国教授的悉心指导下完成的。在整个试验过程中，导师不论是从选题上，还是在工作中都对我倾注了无私的关怀和热情的帮助，为试验的顺利进行提供了良好的环境和条件。在三年的硕士生学习期间，无论在生活上还是学习方面，导师和师母曹玉凤研究员都给了我无微不至的关怀。他们是良师，师者之风令我肃然起敬；是诤友，给我的建议使我终生受益。在此谨向导师和师母致以崇高的敬意和表示忠心地感谢！导师渊博的知识、执着的敬业精神都是学生在今后工作和学习上的动力和楷模。

感谢本校山区研究所的谷子林研究员给予的关心和悉心指导；感谢动物科技学院甄二英老师、赵国先老师、李秋凤老师，以及中国农业科学院畜牧研究所王加启研究员、于建国老师、高艳霞博士的悉心指导和帮助。在试验过程中，得到了石家庄市栾城县国富盛邦有限公司杨云乐总经理、胡子龙经理等的大力支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

此外，感谢同学葛剑、申海玉、陈龙宾、崔文典、刘瑞娜，赵晓静的关心和帮助，师妹钟荣珍、李娜，师弟吴志广、贾文斌、韩醒、武雅楠等几年来在学习和生活上给予了我极大的关心与帮助，在感动之余向他（她）们表示由衷的感谢。

最后，感谢我的家人对我多年来求学道路的支持与理解，使我能够全身心的投入到学习和科研工作中去，坚持不懈地完成我自己的学业。

衷心地感谢所有关心与支持我的亲人与朋友！

孙涛

二零零五年六月

饲料研究



2004.9

国家三类新兽药



Feed Research

北京市营养源研究所主办 全国中文核心期刊



诺农

诺农[®]

NONON

[那西肽预混剂]

浙药添字 [2002] 014501



杭州汇能生物技术有限公司
HANGZHOU HE BIO-TECHNOLOGY CO.,LTD.

汇能

ISSN 1002-2813



地址: 杭州市天目山路 376 号龙都大厦 电话: 0571-85025401
传真: 0571-85025474 邮编: 310013 E-mail: huiheng@mail.hz.zj.cn



饲料研究

SILIAO YANJIU

1978年创刊 月刊
2004年9月7日出版

- ★全国中文核心期刊
- ★北京市优秀科技期刊
- ★中国期刊方阵双效期刊
- ★全国畜牧兽医优秀期刊
- ★国家级火炬计划项目——中国学术期刊综合评价数据库来源期刊
- ★国家级火炬计划项目国家重点新产品——《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊

主办单位 北京市营养源研究所
 协办单位 北京桑普生物化学技术有限公司
 编辑出版 饲料研究杂志社
 地址 北京市右安门外东滨河路甲2号
 邮编 100054
 电话 办公室(010)63538760
 编辑部(010)83556078
 (010)83528034 83528035
 传真 (010)63538760 83528034
 E-mail: feed.R@263.net.cn(编辑部)
 ad-slyj@163.com(广告部)
 http://www.Feedresearch.com.cn

广告联系电话
 传真

主编 顾 鹏
 副主编 满 虹 李寰旭
 社长 李寰旭
 副社长 满 虹
 顾问 冯仰廉 刘同占
 刘少伯 刘建新
 朱相远 冯定远
 张子仪 张忠诚
 李德发 张 沅
 汪 明 李伟民
 冯于明 孟庆翔

ISSN 1002-2813
 刊号 CN 11-2114/S

国内发行 北京市报刊发行局
 订 阅 全国各地邮局
 邮发代号 2-216
 国外发行 中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱)
 国外代号 4710M
 广告代理 北京百林天地广告公司
 印 刷 北京中铁建印刷厂
 发行范围 国内外公开发售
 广告经营许可证 京宣工商广字第 0006 号
 定 价 6.00 元

目次

科学试验与研究 (北京菲迪饲料科技有限责任公司协办)

产酶微生物制剂对肥育猪生产性能的影响
 徐建雄 叶陈梁 程丽红 1

钙磷水平对五龙鹅胫骨生长及矿物质含量的影响
 李文立 王宝维 林英庭等 3

饲料安全

安全畜产品生产存在的问题及对策
 魏凤仙 胡晓飞 李绍钰 6

综述

罗非鱼营养研究进展
 迟淑艳 周岐存 杨奇慧等 9

饲料添加剂

茶多酚——一种新型饲料添加剂 李香鑫 张 彬 15

资源开发利用

茶渣用作饲料的研究 刘红云 梁慧玲 19

反刍动物营养

 (北京东方天合生物技术有限公司协办)

反刍动物蛋白质的营养调控
 孙 涛 李建固 刘海燕等 21

管理法规

饲料工业相关的国际标准化组织简介
 李俊玲 施文娟 门晓东等 24

环保与治理

丝兰属提取物降低动物体内外有害气体浓度作用机制
 屈 健 26

饲料机械

饲料机械故障咨询系统的总体设计 张 琴 29



反刍动物

蛋白质的营养调控

孙涛 李建国 刘海燕 李秋凤 赵晓静

河北农业动物科技学院

中图分类号: S823 文献标识码: B 文章编号: 1002-2813(2004)09-0021-03

1 瘤胃微生物蛋白质

小肠氨基酸多数来自瘤胃微生物,少量来自瘤胃非降解饲料蛋白质及内源性氨基酸。瘤胃微生物的氨基酸平衡较好,比较理想;瘤胃非降解饲料蛋白质氨基酸平衡较差。如何调节小肠氨基酸的平衡,使其成为理想氨基酸,是当前国内外反刍家畜氨基酸研究的热点问题。

瘤胃微生物氨基酸是小肠氨基酸的主要部分,就多数日粮而言,瘤胃中合成的微生物蛋白的氨基酸约占进入小肠总氨基酸量的60%~85%(Buttery和Foulds,1988),且进入十二指肠中微生物部分的总氨基酸组成受日粮的影响并不明显(Harrison,1973)。在生产中应尽量使瘤胃微生物蛋白质产量增加,这对奶牛有着十分积极的影响:1.增加了进入小肠的可消化蛋白质;2.微生物蛋白质的消化率可达80%;3.这种蛋白质的氨基酸组成十分平衡,几乎接近于乳蛋白,可提高奶蛋白的合成效率;4.饲养实践表明,使微生物蛋白的合成量增加,会促进奶牛对干物质的采食,提高产奶量,有利于奶牛健康。为了最大限度地提高日粮中用于生长和产奶的蛋白质利用率,需要平衡碳源以提供合成微生物蛋白质所必需的能量和碳链。瘤胃微生物也需要蛋白质,饲喂瘤胃降解蛋白质(如大豆粉)可提高瘤胃微生物蛋白质的合成效率。补充瘤胃降解蛋白质的量,应以满足瘤胃微生物对氮和氨基酸的需要为宜,而不宜过剩。

1.1 瘤胃微生物蛋白质产量调控途径及效果

1.1.1 维生素

反刍动物自身可以合成B族维生素,能够

满足代谢与生产的需要。但高产奶牛却是例外(杨赵军,1997)。随着产奶量的提高,日粮中精粗比例增加及饲料加工过程对烟酸和体内可以合成烟酸的色氨酸的破坏,奶牛会缺乏烟酸。Rid-jell等人进行的体内与体外试验发现,烟酸可以促进瘤胃微生物合成蛋白质。在以玉米、棉籽饼和粗料为日粮条件下,向牛的瘤胃液中分别添加维生素A、维生素D、维生素K,在各自适宜浓度下能促进瘤胃微生物的生长(林海,1998)。

1.1.2 硫化物

硫是反刍动物所必需的矿物质之一。瘤胃微生物合成某些氨基酸、维生素、酶时需要硫。硫化物是合成菌体蛋白硫的主要来源(Pittman,1964;Whanger,1972)。日粮中适宜的硫水平可促进瘤胃内细菌蛋白质的合成(Qietc,1993)。

1.1.3 肽与氨基酸

肽是瘤胃微生物合成蛋白质的重要底物(Armsteadetc,1993);Russell等(1983)和Hino等(1987)的研究结果均表明,肽的摄取是瘤胃蛋白质降解的限速因素,它能够刺激瘤胃微生物的生长。Argyle等(1989)证明,用肽或肽和氨基酸的混合物作氮源比单独以氨作为氮源更能促进微生物的生长。

1.1.4 酵母培养物

通过酵母活细胞或酵母中的某些微生物生长促进因子对瘤胃微生物的作用,可促进瘤胃中纤维分解菌、乳酸菌等有益微生物的生长繁殖。日粮中添加酵母培养物,能促进纤维素分解菌生长,使瘤胃厌氧菌增加5倍(Dawson,1987,1993);补饲酵母培养物能显著地增加进入真胃的微生物蛋白量。

2 过瘤胃蛋白质

收稿日期:2004-04-26



尽管高产奶牛合成瘤胃微生物蛋白质的量很大,但进入小肠的蛋白质仍不足以充分发挥高产奶牛的泌乳潜力。因此营养学家就用瘤胃非降解蛋白来弥补微生物蛋白的不足。

迄今为止,过瘤胃蛋白质(氨基酸)营养调控的主要策略是:选择那些氨基酸含量全面且比例合适、抗瘤胃降解力强的饲料作为蛋白质补充料,或进食前对常规蛋白质饲料进行理化处理,减少蛋白质在瘤胃中的降解。

2.1 过瘤胃蛋白调控途径及效果

2.1.1 化学保护

目前使用最多的是甲醛,其他包括丹宁、乙醇、氢氧化钠,最近又发现锌盐与饼粕蛋白作用后可免受瘤胃微生物降解。

Siddous 等(1979)在青贮饲料中添加甲醛(4 g/100 g 粗蛋白),结果绵羊瘤胃中饲料蛋白质降解量减少,进入十二指肠的食糜中非氮氮增加。由此可见,添加甲醛可改变饲料蛋白质的消化部位。根据锌盐可使可溶性蛋白质沉淀和抑制瘤胃中某些细菌蛋白水解酶活性的特点,Britw 证实,用占豆饼干物质 1%~2%的锌盐(硫酸锌)处理豆饼可减少蛋白质降解,促进犊牛生长,提高奶牛产奶量。

2.1.2 物理包被

富含白蛋白的物质都能对蛋白质起保护作用,抵抗瘤胃的降解。Mir 等用全血处理豆饼时发现,全血的最佳用量为 1.5 L/kg 干物质,且牛的氮沉积增加。李爱科和冯仰廉(1991)试验证明,用占豆饼重 30%的全血(猪)包被处理,瘤胃降解率下降,提高了阉牛的能量沉积。

Erasmus 等(1994)报道,当奶牛饲喂抗瘤胃微生物降解蛋白质补充料时,进入真胃或十二指肠的氨基酸模式发生变化;也就是说,瘤胃非降解蛋白的氨基酸组成对真胃或十二指肠食糜的氨基酸组成影响很大。通过仔细选择反刍动物日粮的蛋白质补充料,可以改善进入十二指肠氨基酸的数量和品质。

但同时过瘤胃蛋白质也存在一定的局限性:①在日粮中用非降解蛋白质代替降解蛋白质,会影响微生物蛋白质的合成,导致进入小肠的微生物蛋白质数量下降;②可代谢蛋白质的氨基酸组成不平衡会影响牛奶的产量;③过瘤胃蛋白质在小肠内也可能不容易消化;④不同来源的过瘤胃蛋白质的消化产物相互作用,降低了自身的营养价值;⑤瘤胃内环

境的改变、微生物合成效率的降低、食糜通过率的加快都会影响过瘤胃蛋白质的功效。由于过瘤胃蛋白质存在一定的局限性,因此人们把研究重点转移到过瘤胃氨基酸上。

3 过瘤胃氨基酸

通过给小肠提供单个的氨基酸,就可减少非降解蛋白质的供应量。这样就可以在日粮中补充更多的组分,来促进微生物蛋白质的合成。

Merchen 等(1992)认为,当微生物蛋白质的合成受到限制或动物的氨基酸需要量很高时,仅靠微生物蛋白质不能满足反刍动物维持和生产(如生长、泌乳等)的需要。吸收氨基酸之间的平衡是影响蛋白质利用效率(合成肌肉和其他产品)的最重要的因素。

过瘤胃氨基酸的类型及保护原理:过瘤胃氨基酸大致分为 2 大类。第 1 类包括氨基酸类似物、衍生物、聚合物、金属螯合物等,其中应用较多的是蛋氨酸羟基类似物(MHA),其保护原理是,在瘤胃内分解羟基,使其变为氨基,完成从类似物到氨基酸的转化,从而达到过瘤胃保护的效果;第 2 类为包被氨基酸,其保护原理是,选择对 pH 敏感的材料(如脂肪、纤维素及其衍生物或由苯乙烯和 2-甲基-5-乙烯基吡啶组成的共聚物)包埋氨基酸,使其在瘤胃内(pH=5.4)稳定,在真胃(pH=2.4)内被分解,使氨基酸游离出来,被小肠吸收,以达到保护的目的。

过瘤胃氨基酸对奶牛生产性能的影响:许多研究表明,在奶牛日粮中添加过瘤胃氨基酸不仅可以使奶牛达到最高产奶量,而且可以降低日粮中粗蛋白质供应量,提高饲料利用率,降低成本,避免蛋白质过剩给奶牛造成的负担。由于蛋氨酸和赖氨酸被认为是合成乳和乳蛋白的主要限制性氨基酸,实际上所有添加氨基酸的试验研究都主要集中于这两种氨基酸。蛋氨酸羟基类似物(MHA)在低粗纤维饲料中,能提高乙酸与丙酸比例。易治雄(1987)报道,饲喂 MHA 的奶牛,奶、血和肝、肾组织中蛋氨酸含量可提高 2~3 倍。补充 MHA 的奶牛的产奶量可提高 12%~18%。补充 MHA 的犊牛的增重提高 11%。在缺乏蛋氨酸的日粮中,添加蛋氨酸羟基类似物一游离酸(MHA-FA),即 α -羟基-4-甲基丁酸(HMB),约 12 周的试验期内,母牛产奶量显著增加,其中从第 6 周到第 9 周增加量最明显(张倩摘译,1998)。

过瘤胃氨基酸的添加量不仅由日粮中蛋氨酸或

其他氨基酸缺乏量决定,而且由成本和其他蛋白源的可利用性决定。Romoser等(1985)认为,奶牛饲料中添加MHA的最佳水平为20~35 g/d。一般来说,泌乳期奶牛日粮添加过瘤胃蛋氨酸3~15 g/d,对于物质的吸收没有不利影响,但高水平添加会降低饲料适口性,从而影响采食,也会造成氨基酸的浪费。

在奶牛生产中使用过瘤胃氨基酸,可以降低日粮成本和奶牛对过瘤胃蛋白质的需要量,能直接满足第一限制性氨基酸需要量,从而消除蛋白质过剩造成的生理应激和对环境的不良影响。

4 肽

近年来,对蛋白质吸收利用的认识已进入一个新的阶段。研究发现,肽吸收的特点与氨基酸混合物的吸收特点有很大的不同,小肠黏膜对以肽形式存在的氨基酸的吸收速度比以混合游离氨基酸形式存在的氨基酸吸收速度更快。肽的吸收与氨基酸的吸收之间不存在竞争,而存在两种相互独立的转运机制。此外对反刍动物而言,瘤胃和瓣胃是其肽吸收的主要位点。

4.1 肽的营养作用

4.1.1 促进蛋白质的合成 试验证明,循环中的小肽能直接参与组织蛋白质的合成。

4.1.2 避免氨基酸之间的吸收竞争 Rubio(1971)发现,小肽与游离氨基酸彼此的吸收不互相影响。Pharagyn和Barley(1987)报道,当赖氨酸与精氨酸以游离形式存在时,两者相互竞争吸收位点,游离精氨酸有降低肝门静脉赖氨酸的倾向;当后者以肽形式存在时,前者对其吸收无影响,完整蛋白质的赖氨酸与精氨酸在水解过程中以游离氨基酸和小肽形式释放出来。

4.1.3 提高生产性能 Pocius等(1981)发现,黑白花奶牛吸收的谷胱甘肽在乳腺GTP酶的作用下降解为甘氨酸与胱氨酸,可作为乳蛋白合成的原料,促进乳蛋白合成。

研究表明,小肽和游离氨基酸的释放量及比例与蛋白质的品质有关。乐国伟等(1996)对几种不同动、植物性蛋白质饲料中胃蛋白酶-胰蛋白酶水解产物的反相液相色谱分析表明,寡肽的释放量由大到小依次为:酪蛋白、鱼粉、蚕蛹、豆粕、豆饼、草籽饼、玉米蛋白粉。饲料蛋白质的寡肽释放量与有效赖氨酸呈正相关。从这些试验可以看出,必需氨基酸

含量高且平衡的优质蛋白质在消化过程中容易水解生成分子量小而数量多的寡肽,而必需氨基酸缺乏、不平衡的饲料蛋白质则产生数量少、分子量大的肽(Meister, 1987)。

4.2 肽对瘤胃微生物生长的作用

尽管大多数瘤胃微生物能利用氨和氨基酸作为氮源生长,但是肽合成微生物蛋白质的效率高于氨基酸的效率。肽对瘤胃微生物生长的主要作用,是加快微生物的繁殖速度、缩短细胞分裂周期。Cruzoto等(1994)证明瘤胃细菌的生长速度在有肽时比有氨基酸时快70%。近年来研究发现,肽是瘤胃微生物合成蛋白质的重要底物。Chen等(1987)也都证明肽的摄取是瘤胃蛋白质降解的限速步骤。虽然目前还不清楚瘤胃微生物对肽转运和利用的机制,但是已经明确肽是瘤胃微生物达到最大生长效率的关键因子,对瘤胃微生物蛋白质合成量、小肠内氨基酸组成和微生物对粗饲料的降解都有着重要影响。

4.3 已建立的瘤胃微生物肽营养体系

尽管已经确定肽能促进瘤胃微生物的生长和合成,但是却不知道肽究竟对哪一类微生物有促进作用,以及对瘤胃微生物生态体系的影响。美国康乃尔大学经过近10年的研究(Chen等,1987)建立了“康乃尔净碳水化合物和蛋白质体系(CNCPS)”。CNCPS的核心是把瘤胃微生物分为两大类,一类是发酵非结构性碳水化合物(NSC)的微生物;另一类是发酵结构性碳水化合物(SC)的微生物。SC微生物只发酵细胞壁碳水化合物,仅能利用氨作为氮源,其生长不受肽的影响;NSC微生物发酵非结构性碳水化合物(淀粉、果胶、糖等),可以利用氨和氨基酸作为氮源,肽对这类微生物的生长有较强的促进作用。

Cruzoto等(1994)的瘤胃微生物纯培养研究结果表明,以可溶性糖如葡萄糖和纤维二糖作能源时,肽促进可溶性糖分解菌的生长速度比氨基酸的促进作用高70%,而纤维素分解菌在氯化铵、混合氨基酸和肽三种氮源条件下的生长速度相同。由此推论:肽能否对微生物生长起促进作用,主要取决于碳水化合物的发酵速度。对发酵速度快的可溶性糖,肽能够促进微生物生长;而对发酵速度慢的纤维素类物质,肽不能促进微生物的生长;这是目前已建立的瘤胃微生物肽营养体系的核心。

通讯地址:河北省保定 071001