

不同水平甘蔗糖蜜酵母发酵浓缩液对奶牛生产性能和血清生化指标的影响

邓波波¹ 宁丽丽¹ 王留香⁴ 张笑然⁴ 马晓宇¹ 姜茂成¹ 赵国琦^{1,2,3*}

(1. 扬州大学 动物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009;

2. 扬州大学 农业科技发展研究院, 江苏 扬州 225009;

3. 扬州大学 教育部农业与农产品安全国际合作联合实验室, 江苏 扬州 225009;

4. 广西丹宝利酵母有限公司, 广西 来宾 546100)

摘要 为研究不同水平甘蔗糖蜜酵母浓缩液(CMS)对奶牛生产性能和血清生化指标的影响,采用单因素试验设计,选用60头体况、胎次、泌乳天数和产奶量相近的健康荷斯坦奶牛随机分为4组,每组15头。对照组(CON)饲喂基础日粮,试验组在对照组日粮的干物质基础上分别添加1%、3%和5%的CMS,即CMS1组、CMS2组和CMS3组。预试期14 d,正试期54 d。每2周测定干物质采食量(DMI),每周测定产奶量和乳成分,每4周测定血清生化指标。结果表明:1)与对照组相比,奶牛日粮中添加CMS对DMI和饲料转化率没有显著性影响($P>0.05$)。CMS1组的产奶量和4%标准乳产量显著高于CON组和CMS3组($P<0.05$)。试验期间各组的乳脂率、乳糖率、乳总固形物、乳尿素氮含量及乳体细胞数差异均不显著($P>0.05$)。CMS2组的乳蛋白率显著高于对照组($P<0.05$);2)在奶牛日粮中添加CMS对NDF和ADF的表观消化率均无显著影响($P>0.05$)。CMS3组的OM消化率极显著低于CON组和其他组($P<0.01$)。CMS1组的CP消化率极显著高于CON组和CMS3组($P<0.05$),CMS2组的CP消化率也显著高于CMS3组($P<0.05$)。原奶价格按照4.30元/kg计算时,CMS1组和CMS2组产生的经济效益每天比对照组多盈利5.73和1.96元/头,即CMS1组产生的经济效益最高;3)第18天时,CMS3组的CREA和NEFA含量显著高于其他各组($P<0.05$)。本研究第36天时,CMS3组的WBC和BUN含量显著高于其他各组($P<0.05$)。第54天时,CMS3组的WBC数量显著高于CMS2组($P<0.05$);与对照组相比,饲料中添加CMS显著提高血清中NEFA的含量,CMS2组和CMS3组显著提高SOD的含量($P<0.05$)。其他指标无显著差异。综上所述,饲料中添加CMS可以提高奶牛生产性能和经济效益,并且提高机体抗氧化能力。从生产性能和经济效益角度看,添加1%和3% CMS效果最好。建议在奶牛日粮中CMS适宜的添加范围为1%~3%。

关键词 奶牛; 甘蔗糖蜜酵母发酵浓缩液; 生产性能; 血清生化指标

中图分类号 S815.4

文章编号 1007-4333(2022)03-0083-13

文献标志码 A

Effects of different levels of cane molasses saccharomyces cerevisiae on the performance and serum biochemical profile of dairy cows

DENG Bobo¹, NING Lili¹, WANG Liuxiang⁴, ZHANG Xiaoran⁴, MA Xiaoyu¹,

JIANG Maocheng¹, ZHAO Guoqi^{1,2,3*}

(1. College of Animal Science and Technology, Yangzhou 225009, China;

2. Institutes of Agricultural Science and Technology Development, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

3. China Joint International Research Laboratory of Agriculture and Agri-Product Safety of Ministry of Education,

Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

4. Guangxi Danbaoli Yeast Corporation, Guangxi, Guests 546100, China)

收稿日期: 2021-05-31

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-36)

第一作者: 邓波波, 博士研究生, E-mail: 18168960899@163.com

通讯作者: 赵国琦, 教授, 主要从事动物营养与饲料研究, E-mail: gqzhao@yzu.edu.cn

Abstract The aim of this study was to investigate the effects of different levels of cane molasses saccharomyces cerevisiae (CMS) on productive performance and serum profile of dairy cows. One factor experimental design was used. A total of sixty Healthy Holstein cows were randomly divided into four groups with fifteen cows in each group with similar body condition, parity, lactation age and milk yield. The control group (CON) was fed with basal diet, and the experimental group was fed with 1%, 3% and 5% CMS on the basis of dry matter of the control group, and was designated by the name of Group 1 (CMS1), Group 2 (CMS2), and Group 3 (CMS3), respectively. These 4 diets were formulated with isocaloric and isonitrogenic basis. The pre-feeding period lasted for 14 days, and the experimental period lasted for 54 days. Dry matter intake(DMI) was measured every 2 weeks, milk yield and milk composition were measured 4 weekly, and serum profile were measured every 4 weeks. The results showed that: 1) Dietary supplementation with CMS had no significant effect on DMI and feed conversion ($P>0.05$). The milk yield and 4% fat corrected milk of CMS1 group were significantly higher than CON and CMS3 group ($P<0.05$). There were no significant differences in milk fat percentage, lactose percentage, total milk solids, MUN content and SCC ($P>0.05$). The milk protein percentage of CMS2 group was significantly higher than CON group ($P<0.05$). 2) The apparent digestibility of NDF and ADF were not significantly affected by adding CMS in diet ($P>0.05$). The digestibility of OM in CMS3 group was significantly lower than CON group and other groups ($P<0.01$). The digestibility of CP in CMS1 group was significantly higher than CON group and CMS3 group ($P<0.01$), and that of CMS2 group was significantly higher than CMS3 group ($P<0.05$). When the price of raw milk was 4.30 yuan/kg, the economic benefit of CMS1 and CMS2 group was 5.73 and 1.96 yuan/head more than CON group. In a word, CMS1 group had the highest economic benefit. 3) At the 18th day, the levels of serum GREA and NEFA in CMS3 group was higher than other groups ($P<0.05$). At the 36th day of experiment, CMS3 group significantly increased the content of WBC ($P<0.05$), compared with other groups; dietary supplementation with CMS enhanced the content of NEFA and CMS2 and CMS3 treatment increased the levels of SOD ($P<0.05$), relative to control group. Dietary supplementation with CMS had significant effect on other serum profile. In conclusion, the diet supplemented with CMS improve the production performance, economic benefit and anti-oxidant capability. Therefore, it is suggested that 1%-3% is suitable for adding CMS to the diet of lactating cows.

Keywords dairy cows; cane molasses saccharomyces cerevisiae; production performance; serum biochemical indexes

近年来,由于对环境的担忧和饲料成本的提高,人们越来越关注食品工业副产品作为反刍动物替代饲料的使用^[1-2]。用工业副产品饲喂动物可减少食品工业对环境的影响并提高了工业副产品的盈利能力。有些副产品可以通过发酵来提高质量,同时提高对动物的积极影响^[3]。在我国,随着饲料成本的提高,充分利用副产品已成为不可阻挡的趋势,利用高粗蛋白质(CP)浓度和产量的非常规饲料资源作为奶牛的饲料越来越受到关注。

糖蜜是一种常用的饲料添加剂,可以提高生产性能^[4]。而甘蔗糖蜜酵母发酵浓缩液(CMS)是以甘蔗糖蜜为原料,经微生物发酵浓缩而成的产品,其中富含蛋白质、氨基酸、有机酸、维生素、矿物质以及在发酵过程中合成的未知生长因子^[5]。CMS是具有较高营养价值和经济效益的有效饲料资源。CMS可以作为饲料的补充原料,也可以替代部分高蛋白精补料,并且可以降低粉尘粘合饲料,进而促进

动物生长,改善生产性能^[6]。因此,CMS作为一种新型的液体饲料,对缓解环境污染和资源紧张等问题上起着重要的作用。

有研究表明,在仔猪饲料中添加浓缩糖蜜发酵液可以刺激肠道微生物发酵活性,从而提高营养物质消化率^[7];并且能够提高采食量,增加日增重,降低饲料成本^[8]。酵母糖蜜替代奶牛日粮中部分精料能够降低乳体细胞数,提高氮利用率,并且增加瘤胃MCP含量^[9],但是生产性能无显著影响^[10]。奶牛饲料中添加不同比例的浓缩糖蜜发酵液可以提高生产性能和粗蛋白质表观消化率^[11],但是Ma等^[5]研究发现浓缩糖蜜发酵液的添加量超过3%会降低奶牛的生产性能。Zali等^[12]研究发现,在荷斯坦公犊牛饲料中添加5% CMS时对氮的供应、胴体组成的改善均有积极影响。但是,目前CMS在动物生产中没有明确的剂量要求,需要进一步研究,为CMS在动物生产中的应用提供理论依据。因此,本研究

旨在研究不同水平的 CMS 对奶牛生产性能和血清指标的影响, 以为奶牛生产中选择合理 CMS 水平提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本研究所用的 CMS 由广西丹宝利酵母有限公司提供。产品为红褐色粘稠液体, 其营养成分见表 1 和 2。

表 1 CMS 营养成分(干物质基础)

Table 1 The composition and nutrient level of CMS (DM basis) %

| 项目 Item | 含量 Content |
|------------|---------------|
| 干物质 DM | 51.23 |
| 粗蛋白 CP | 20.34 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 14.43 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 8.24 |
| 盐 Salt | 18.31 |
| 粗脂肪 EE | 0.11 |
| 粗灰分 Ash | 38.55 |
| 钙 Ca | 0.66 |
| 磷 P | 0.50 |

表 2 CMS 的氨基酸组成

Table 2 The amino acid composition of CMS %

| 项目 Item | 含量 Content |
|------------|---------------|
| 天冬氨 Asn | 4.36 |
| 苏氨酸 Thr | 0.12 |
| 丝氨酸 Ser | 0.12 |
| 谷氨酸 Glu | 1.22 |
| 甘氨酸 Gly | 0.12 |
| 丙氨酸 Ala | 0.24 |
| 胱氨酸 Cys | 0.16 |
| 缬氨酸 Val | 0.13 |
| 赖氨酸 Lys | 0.36 |

1.2 试验动物和设计

动物试验在扬州大学动物营养与饲料工程研究中心试验农牧场进行。选取胎次(2~3胎)、泌乳天数(116±25)d、产奶量(29.1±2.2)kg 和体况等情况相类似的健康荷斯坦奶牛 60 头, 随机将其分为 4 组, 每组 15 头牛。对照组饲喂基础日粮(CON 组), 试验组在基础日粮的干物质基础上分别添加 1% (CMS1 组)、3% (CMS2 组) 和 5% (CMS3 组) 的 CMS, 基本上保持能氮一致。本研究预饲期 14 d, 正试期 54 d。

1.3 试验日粮及饲养管理

本研究牛只采用拴系式饲养, 每两头牛食槽之间用石块隔开, 保证其可以自由采食 TMR 并且槽内有 3%~8% 的剩料量, 每日分 3 次与 TMR 日粮混匀后饲喂(6:00、13:00 和 20:00), 自由饮水, 并保持舍内环境卫生。基础日粮参照 NRC(2001) 奶牛营养需要配制, 基础日粮具体组成和营养水平见表 3。

1.4 样品采集与指标测定

1.4.1 采食量测定

每日单头测定各组牛的饲料供给量和剩余量, 同时每周连续两天早、中、晚采集饲料原料与剩料以测定常规营养成分, 计算奶牛的日均干物质采食量(DMI), $DMI = (\text{投料量} - \text{剩料量}) \times DM\%$ 。

1.4.2 产奶量及乳成分测定

本研究牛只采用管道式挤奶方式, 每日测定奶牛日产奶量, 计算平均日产奶量。每周采集 1 次奶样, 每天在早 6:00、中 13:00 和晚 20:00 采 3 次奶样。早中晚采集的奶样都保存在 4℃ 冰箱中, 待当天奶样采集结束后按照 4:3:3 的比例混合, 转移至装有重铬酸钾防腐剂的 50 mL 奶样管中, 充分摇匀。采样结束后将奶样邮寄至上海光明牧业有限公司 DHI 测试中心使用红外线测奶仪(MILKO SCAN 605, 丹麦福斯公司, 丹麦); 体细胞数使用体细胞计数仪(FOSSOMATIC 360, 丹麦福斯公司, 丹麦)测定相关指标。

1.4.3 饲料及粪样的采集与测定

从第 52 天凌晨 2:00 开始, 连续 3 天通过刺激直肠排便获得粪便样本(每头牛约 300 g)。一天分 4 个时间点采集, 连续 3 天, 每天比前一天提前 2 h, 以确保每 2 h 抽取一次样本。消化试验结束之后, 将采集的粪样混合、缩样之后置于烘箱中 65℃ 烘至恒重, 使用粉碎机粉碎后, 后过 40 目筛, 将其储存于

表3 日粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 3 Diet composition and nutrient level (DM basis)

| 项目 Item | CMS添加量 Supplementation levels of CMS | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1% | 3% | 5% |
| 原料 | | | | |
| 玉米/% Corn | 22.21 | 22.21 | 22.21 | 22.21 |
| 大豆皮/% Soybean hull | 1.72 | 1.72 | 1.72 | 1.72 |
| 膨化大豆/% Extruded soybean | 3.87 | 3.87 | 3.87 | 3.87 |
| 豆粕/% Soybean meal | 9.34 | 9.04 | 8.54 | 8.19 |
| 菜籽粕/% Rapeseed meal | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 |
| 甜菜粕/% Beet pulp | 3.50 | 3.10 | 2.05 | 1.05 |
| 棉籽/% Cotton seed | 2.80 | 2.80 | 2.80 | 2.80 |
| 糖蜜/% Molasses | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.62 |
| 干酒糟及其可溶物/% DDGS | 3.97 | 3.67 | 3.22 | 2.57 |
| CMS | 0.00 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| 苜蓿干草/% Alfalfa hay | 14.04 | 14.04 | 14.04 | 14.04 |
| 燕麦草/% Oat hay | 1.95 | 1.95 | 1.95 | 1.95 |
| 小麦青贮/% Wheat silage | 9.29 | 9.29 | 9.29 | 9.29 |
| 玉米青贮/% Corn silage | 18.93 | 18.93 | 18.93 | 18.93 |
| 磷酸氢钙/% CaHPO_4 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| 石粉/% Stone powder | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |
| 食盐/% NaCl | 0.64 | 0.64 | 0.64 | 0.64 |
| 小苏打/% NaHCO_3 | 1.21 | 1.21 | 1.21 | 1.21 |
| 氧化镁/% MgO | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| 预混料 ^① /% | 1.14 | 1.14 | 1.14 | 1.14 |
| 合计/% | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 营养水平 ^② | | | | |
| 产奶净能 NEL(MJ/kg) | 6.56 | 6.56 | 6.52 | 6.48 |
| 粗蛋白质/% CP | 16.71 | 16.70 | 16.67 | 16.65 |
| 中性洗涤纤维/% NDF | 36.35 | 36.03 | 35.36 | 34.65 |
| 酸性洗涤纤维/% ADF | 19.95 | 19.89 | 19.75 | 19.61 |
| 粗灰分/% Ash | 7.32 | 7.67 | 8.66 | 8.90 |
| 钙/% Ca | 0.87 | 0.87 | 0.88 | 0.88 |
| 磷/% P | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |

注:①每千克预混料含有:维生素A 1 100 000 IU,维生素D₃ 270 000 IU,维生素E 6 000 mg,烟酸 1 800 mg, Mn 2 700 mg, Cu 2 700 mg, Zn 12 080 mg, Se 70 mg, I 160 mg, Co 36 mg。②产奶净能为计算值,其余均为实测值。

Note: ① Each kilogram of premix contains: Vitamin A 1 100 000 IU, Vitamin D₃ 270 000 IU, Vitamin E 6 000 mg, nicotinic acid 1 800 mg, Mn 2 700 mg, Cu 2 700 mg, Zn 12 080 mg, Se 70 mg, I 160 mg, Co 36 mg.

② Net energy for lactation is a calculated value, while the others are measured values.

-20℃冰箱。采用内源指示剂法,又称作4 N 盐酸不溶灰分法(GB/T 23742—2009)测定有机物(OM)、粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)。各营养物质表观消化率的计算公式如下:

某养分消化率 =

$$1 - (A1/A2 \times F2/F1) \times 100\% \quad (1)$$

式中:A1为饲料中AIA的含量,%;A2为粪中AIA的含量,%;F1为饲料营养物质的含量,%;F2为粪中营养物质的含量,%。

粗蛋白质(CP)按GB/T 6432—1994的方法测定;钙(Ca)按GB/T 64366—2002中乙二胺四乙酸二钠络合滴定法测定;磷(P)按GB/T 6437—2002钼黄分光光度法测定;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)根据Van soest(1991)的方法,用ANKOM-2000I纤维分析仪(美国ANKOM公司,美国)进行测定。

1.4.4 经济效益分析

记录本研究期间奶牛的采食量,产奶量和TMR中的饲料价格,计算出每日的饲料成本,产奶量收入和利润,进行饲料经济效益分析。

1.4.5 血液样品采集与测定

正试期第18、36、54天于晨饲后2~3 h,在奶牛尾静脉采用真空采血管进行静脉采血,采大约20 mL的静脉血。取约2 mL血样放入EDTA-Na2采血管中,送至疾控中心测定白细胞(WBC)、红细胞(RBC)、血红蛋白(HGB)、血小板计数(PLT)和红细胞压积(HCT)等指标。在不加抗凝剂的采血管中加入大约5 mL的血样,静置30 min后,在3 000 r/min 4℃条件下离心15 min,将离心后的血清样品保存在-80℃冰箱中。一份使用全自动生化分析仪测定血清中的谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)、谷氨酰氨基转移酶(GGT)和乳酸脱氢酶(LDH)的酶含量;总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)、肌酐(CREA)、尿素氮(BUN)、尿酸(UA)、葡萄糖(GLU)、总胆固醇(CHO)、甘油三酯(TG)代谢物含量;一份用酶标仪ELASI试剂盒(购自南京建成)测定血清中超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和非酰化脂肪酸(NEFA)含量。

1.5 数据处理与统计分析

利用EXCEL 2016整理数据,然后使用SPSS 23.0的ONEWAY-ANOVA进行单因素方差分析,使用

DUNCAN法进行多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性的判断标准, $0.05 < P < 0.10$ 表示有趋势。

2 结果与分析

2.1 不同水平的CMS对奶牛生产性能的影响

由表4可知,奶牛日粮中添加CMS对DMI及饲料转化率无显著影响($P > 0.05$)。饲喂第1~18天,各组DMI范围在19.57~20.96 kg/d,产奶量范围在29.08~33.15 kg/d;CMS1组的产奶量和4%标准乳产量显著高于CON组和CMS3组($P < 0.05$)。第18~36天,各组DMI范围在19.48~21.03 kg/d,产奶量范围在28.65~31.27 kg/d;CMS1组的DMI比CON组提高6.75%($P > 0.05$)。第36~54天,各组DMI范围在19.08~20.60 kg/d,产奶量范围在27.97~30.44 kg/d;CMS1组的DMI和产奶量比CON分别提高7.97%和8.21%($P > 0.05$)。

2.2 不同水平CMS对奶牛乳成分的影响

由表5可知,在试验期间各组的乳脂率、乳糖率、乳总固形物、乳尿素氮含量及乳体细胞数差异均不显著($P > 0.05$)。各组乳蛋白率的范围在3.33%~3.58%,CMS2组的乳蛋白率显著高于对照组($P < 0.05$)。

2.3 不同水平CMS对奶牛各养分表观消化率的影响

由表6可知,在奶牛日粮中添加CMS对NDF和ADF的表观消化率均无显著影响($P > 0.05$)。各组之间OM消化率范围在66.84%~70.39%;其中CMS3组的OM消化率极显著低于CON组和其他组($P < 0.01$)。各组之间CP消化率范围在65.02%~73.41%;其中CMS1组的CP消化率极显著高于CON组和CMS3组($P < 0.01$),CMS2组的CP消化率也显著高于CMS3组($P < 0.05$)。

2.4 经济效益分析

由表7可知,原奶价格按照4.30元/kg计算时,CMS1组和CMS2组产生的经济效益每天比对照组多盈利5.73和1.96元/头,即CMS1组产生的经济效益最高。

2.5 不同水平CMS对奶牛血常规指标的影响

由表8可见,日粮中添加CMS对奶牛血液中的HGB、PLT和HCT均无显著影响($P > 0.05$)。试验第36~54天,CMS3组的WBC显著高于CMS2组($P < 0.05$),并且含量最高;添加CMS有降低RBC的趋势($P = 0.05$)。

表4 不同水平CMS对奶牛生产性能的影响

Table 4 Effects of different levels of CMS on performance of dairy cows

| 项目 Item | 试验天数/d Test days | CMS添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|----------------------------|---------------------|--|---------|----------|---------|------|
| | | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 干物质采食量/(kg/d) DMI | 1~18 | 19.77 | 20.96 | 19.98 | 19.57 | 0.59 |
| | 18~36 | 19.70 | 21.03 | 20.51 | 19.48 | 0.61 |
| | 36~54 | 19.08 | 20.60 | 19.90 | 19.31 | 0.63 |
| 产奶量/(kg/d) Milk yielded | 1~18 | 29.08 b | 33.15 a | 30.60 ab | 29.79 b | 0.89 |
| | 18~36 | 30.85 | 31.27 | 30.59 | 28.65 | 0.92 |
| | 36~54 | 28.13 | 30.44 | 28.83 | 27.97 | 0.97 |
| 4%标准乳/(kg/d) 4% FCM | 1~18 | 31.21 b | 35.05 a | 31.18 b | 30.96 b | 1.06 |
| | 18~36 | 30.59 | 31.44 | 30.92 | 29.02 | 1.22 |
| | 36~54 | 29.73 | 32.29 | 29.49 | 29.44 | 1.32 |
| 饲料转化率 FCR | 1~18 | 1.58 | 1.68 | 1.57 | 1.58 | 0.03 |
| | 18~36 | 1.56 | 1.50 | 1.52 | 1.49 | 0.04 |
| | 36~54 | 1.56 | 1.57 | 1.49 | 1.52 | 0.03 |

注:饲料转化率=4%标准乳/干物质采食量。同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: FCR=4% FCM/DMI. Values with different lower case letters within the same row mean significant difference ($P<0.05$). The same below.

表5 不同水平CMS对奶牛乳成分的影响

Table 5 Effects of different levels of CMS on milk composition of dairy cows

| 项目 Item | CMS添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|--|--|---------|--------|---------|-------|
| | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 乳脂率/% Milk fat rate | 4.28 | 4.31 | 4.16 | 4.24 | 0.07 |
| 乳蛋白率/% Milk protein rate | 3.33 b | 3.48 ab | 3.58 a | 3.43 ab | 0.03 |
| 乳糖率/% Milk lactose rate | 5.21 | 5.11 | 5.15 | 5.18 | 0.02 |
| 乳总固形物/% Milk total solids rate | 13.32 | 13.38 | 13.34 | 13.35 | 0.09 |
| 乳尿素氮/(mg/dL) Milk urea nitrogen concentration | 13.88 | 13.72 | 13.48 | 14.56 | 0.18 |
| 体细胞数/(10^3 /mL) Somatic cell count | 146.13 | 143.46 | 129.46 | 148.98 | 24.54 |

表 6 不同水平 CMS 对奶牛各养分表观消化率的影响

Table 6 Effects of different levels of CMS on nutrient apparent digestibility of dairy cows

| 项目 Item | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|------------|---|---------|----------|---------|------|
| | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 有机物 OM | 69.84 a | 69.74 a | 70.39 a | 66.84 b | 0.40 |
| 粗蛋白质 CP | 67.69 bc | 73.41 a | 70.96 ab | 65.02 c | 1.09 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 50.92 | 50.61 | 52.28 | 51.65 | 0.96 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 45.25 | 46.42 | 44.48 | 42.52 | 1.11 |

表 7 不同水平 CMS 对奶牛经济效益的影响

Table 7 Effects of different levels of CMS on economic benefit of dairy cows

| 项目 Item | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | |
|-------------|---|--------|--------|--------|
| | 0 | 1% | 3% | 5% |
| 饲料成本/(元/头) | 67.58 | 71.62 | 68.46 | 65.61 |
| 原奶单价/(元/kg) | 4.30 | 4.30 | 4.30 | 4.30 |
| 日产奶量(kg/d) | 29.35 | 31.62 | 30.01 | 28.80 |
| 牛奶收入合计 | 126.21 | 135.97 | 129.04 | 123.84 |
| 利润/(元/d·头) | 58.62 | 64.35 | 60.58 | 58.23 |

表 8 不同水平 CMS 对奶牛血常规指标的影响

Table 8 Effects of different levels of CMS on blood routine indexes of dairy cows

| 项目 Item | 试验天数 Test days | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|-----------------------------|-------------------|---|---------|--------|---------|------|
| | | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 白细胞数/(10^9 /L) WBC | 18 | 8.87 | 9.13 | 7.94 | 9.24 | 0.21 |
| | 36 | 10.22 ab | 9.80 ab | 8.44 b | 11.43 a | 0.34 |
| | 54 | 8.64 ab | 9.05 a | 7.27 b | 10.05 a | 0.31 |
| 红细胞数/(10^{12} /L) RBC | 18 | 6.76 | 6.33 | 6.43 | 6.66 | 0.06 |
| | 36 | 6.49 | 6.21 | 6.29 | 6.31 | 0.06 |
| | 54 | 6.14 | 6.03 | 6.02 | 6.00 | 0.07 |
| 血红蛋白数/(g/L) HGB | 18 | 110.61 | 107.71 | 107.67 | 108.61 | 1.07 |
| | 36 | 108.53 | 104.87 | 106.00 | 104.57 | 1.09 |
| | 54 | 110.13 | 109.05 | 108.61 | 106.37 | 1.16 |
| 血小板计数/(10^9 /L) PLT | 18 | 324.87 | 328.73 | 333.00 | 311.20 | 7.13 |
| | 36 | 293.13 | 269.60 | 305.47 | 285.33 | 7.45 |
| | 54 | 240.67 | 251.27 | 240.73 | 264.07 | 7.40 |
| 红细胞压积 HCT | 18 | 32.35 | 31.17 | 31.07 | 31.69 | 0.29 |
| | 36 | 31.68 | 30.38 | 30.55 | 30.85 | 0.30 |
| | 54 | 30.36 | 29.87 | 29.43 | 29.55 | 0.32 |

2.6 不同水平 CMS 对奶牛血清酶的影响

由表 9 可见,日粮中添加 CMS 对奶牛血清中的酶含量变化无显著影响($P>0.05$)。本研究第 18 天时,CMS1 组和 CMS2 组血清中的 ALP 含量有低于其他组的趋势($P=0.07$)。

2.7 不同水平 CMS 对奶牛血清含氮物的影响

由表 10 可见,日粮中添加 CMS 对奶牛血清中的 TP、ALB、GLO 和 UA 含量无显著影响($P>0.05$)。本研究第 18 天时,CMS3 组的 CREA 含量显著高于其他各组($P<0.05$);CMS1 组的 BUN 含量有低于其他各组的趋势($P=0.07$)。本研究第 36 天时,CMS3 组的 BUN 含量显著高于其他各组($P<0.05$)。

2.8 不同水平 CMS 对奶牛血清其他生化指标的影响

由表 11 可见,日粮中添加 CMS 对奶牛血清中的 T-BIL、CHO 和 TG 含量无显著影响($P>0.05$)。本研究第 18 天时,添加 CMS 有降低 CHO 含量的趋势($P=0.07$);CMS3 组的 NEFA 含量显著高于 CON 组和其他试验组($P<0.05$)。第 36 天时,添加 CMS 有提高 SOD 含量的趋势($P=0.09$);CMS2 组和 CMS3 组的 NEFA 含量显著高于 CON 组($P<0.05$)。第 54 天时,添加 CMS 有提高 TG 的趋势($P=0.06$);CMS2 组和 CMS3 组的 SOD 含量显著高于 CON 组($P<0.05$);添加 CMS 可以显著降低 NEFA 含量($P<0.05$)。

表 9 不同水平 CMS 对奶牛血清酶的影响

Table 9 Effects of different levels of CMS on serum enzymes of dairy cows

| 项目 Item | 试验天数 Test days | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|--------------|-------------------|---|----------|----------|----------|-------|
| | | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 谷丙转氨酶 ALT | 18 | 38.33 | 34.87 | 37.13 | 37.33 | 0.69 |
| | 36 | 36.07 | 38.13 | 36.67 | 38.13 | 0.71 |
| | 54 | 37.00 | 38.73 | 34.80 | 38.07 | 0.75 |
| 谷草转氨酶 AST | 18 | 89.60 | 91.40 | 101.60 | 104.47 | 3.72 |
| | 36 | 85.87 | 95.00 | 96.47 | 109.87 | 3.75 |
| | 54 | 89.67 | 108.80 | 96.27 | 106.00 | 4.93 |
| 碱性磷酸酶 ALP | 18 | 70.47 | 58.07 | 59.80 | 69.33 | 2.12 |
| | 36 | 62.07 | 59.33 | 56.53 | 60.27 | 1.99 |
| | 54 | 56.00 | 55.00 | 50.60 | 53.87 | 1.74 |
| 谷氨酰氨基转移酶 GGT | 18 | 29.07 | 26.33 | 29.80 | 34.13 | 1.48 |
| | 36 | 28.33 | 31.13 | 33.20 | 35.40 | 2.32 |
| | 54 | 29.13 | 30.13 | 29.73 | 34.67 | 2.21 |
| 乳酸脱氢酶 LDH | 18 | 1 269.67 | 1 235.53 | 1 325.13 | 1 377.33 | 23.10 |
| | 36 | 1 145.47 | 1 128.33 | 1 141.27 | 1 267.20 | 29.37 |
| | 54 | 1246.73 | 1215.33 | 1250.27 | 1311.33 | 27.65 |

3 讨论

3.1 不同水平 CMS 对奶牛生产性能的影响

干物质采食量(Dry matter intake,DMI)在动物营养学的理论和实践中发挥着重要的作用。本研究发现,日粮中添加 CMS 对采食量无显著性差异,

但是添加 1%和 3% CMS 组的 DMI 均高于 CON 组;并且在饲喂中期和后期,添加 1% CMS 组的 DMI 比 CON 组分别提高 6.75%和 7.97%。这可能是因为 CMS 中保留了甘蔗糖蜜中的芳香气味,一定程度上增加了日粮的适口性,使得奶牛更喜欢采食。添加 1% CMS 组的产奶量和 4%标准乳产量

表 10 不同水平 CMS 对奶牛血清含氮物的影响

Table 10 Effects of different levels of CMS on nitrogen content in serum of dairy cows

| 项目 Item | 试验天数 Test Day | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|------------------------|------------------|---|---------|---------|---------|------|
| | | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 总蛋白/(g/L) TP | 18 | 69.24 | 70.50 | 72.41 | 70.62 | 0.67 |
| | 36 | 82.43 | 81.42 | 82.92 | 81.71 | 0.98 |
| | 54 | 75.05 | 74.37 | 75.27 | 75.67 | 0.50 |
| 白蛋白/(g/L) ALB | 18 | 29.65 | 28.73 | 28.76 | 29.18 | 0.23 |
| | 36 | 28.38 | 27.58 | 28.39 | 28.55 | 0.26 |
| | 54 | 28.87 | 28.09 | 28.29 | 27.95 | 0.31 |
| 球蛋白/(g/L) GLO | 18 | 39.63 | 41.41 | 43.65 | 41.43 | 0.70 |
| | 36 | 54.05 | 53.84 | 54.53 | 53.16 | 1.13 |
| | 54 | 46.19 | 46.28 | 46.98 | 47.72 | 0.48 |
| 白/球 A/G | 18 | 0.58 | 0.58 | 0.56 | 0.61 | 0.01 |
| | 36 | 0.55 | 0.52 | 0.53 | 0.55 | 0.01 |
| | 54 | 0.63 | 0.61 | 0.61 | 0.59 | 0.01 |
| 肌酐/(μ mol/L) CREA | 18 | 57.53 ab | 53.60 b | 54.40 b | 60.00 a | 0.92 |
| | 36 | 56.47 | 54.80 | 55.80 | 58.13 | 1.04 |
| | 54 | 78.53 | 76.13 | 75.33 | 78.00 | 0.86 |
| 尿素氮/(mmol/L) BUN | 18 | 7.65 | 6.91 | 8.09 | 8.43 | 0.21 |
| | 36 | 5.77 b | 5.91 ab | 5.68 b | 6.53 a | 0.12 |
| | 54 | 6.39 | 6.49 | 6.15 | 6.36 | 0.10 |
| 尿酸/(μ mol/L) UA | 18 | 37.06 | 30.87 | 29.07 | 28.87 | 2.03 |
| | 36 | 34.00 | 26.47 | 32.33 | 28.07 | 1.51 |
| | 54 | 38.60 | 29.93 | 34.87 | 31.40 | 1.87 |

在饲喂 18 天之前显著高于 CON 组,可能是由于 DMI 不同引起的,并且每组添加 CMS 量不同,丰富了饲料的种类。除此之外,本研究还发现过度使用 CMS 会降低其采食量和产奶量。因此,奶牛日粮中适量添加 CMS 能够提高奶牛的生产性能,这与之前在奶牛日粮中是用糖蜜替代粗饲料的研究一致^[13]。

3.2 不同水平 CMS 对奶牛乳成分的影响

乳成分包括乳脂、乳蛋白、乳糖、总固形物和乳尿素氮等,它们的含量是判断乳品质的重要指标,其主要受到品种、生理阶段、日粮营养、饲养管理以及疫病等因素的影响^[14]。研究较多的是通过对日粮进行调控,进而改变乳中营养成分的含量。本研究发现,奶牛日粮中添加 CMS 对乳糖率、乳总固形物和体细胞数均无显著影响。说明日粮中添加 CMS

不会引起奶牛乳房炎,对奶牛健康无不良影响。在奶牛生产中,一般乳尿素氮的质量浓度范围为 10~16 mg/dL^[15]。乳尿素氮浓度反映了奶牛日粮的能氮平衡,影响乳尿素氮的因素包括粗蛋白摄入量、瘤胃中可降解蛋白质和不可降解蛋白质的比例以及饲料蛋白质的能量比^[16]。饲喂第 36 天时,日粮中添加 5% CMS 显著提高了乳尿素氮含量。这可能是由于添加 CMS 过多引起的。体细胞数能够影响乳中的蛋白质,其数量多少能够直接反映奶牛的健康状况,并且可以作为奶牛是否患有乳房炎的判定依据^[17],因此在生产中应当时刻注意。CMS 中含有生化腐殖酸。锡效旺等^[18]研究表明,奶牛饲喂生化黄腐酸之后可以提高生产性能,减少乳体细胞数,增强机体免疫力。

表 11 不同水平 CMS 对奶牛血清其他生化指标的影响

Table 11 Effects of different levels of CMS on other serum biochemical indexes of dairy cows

| 项目 Item | 天数 Day | CMS 添加质量分数 Supplementation level of CMS | | | | SEM |
|----------------------------|-----------|---|-----------|----------|----------|-------|
| | | 0 | 1% | 3% | 5% | |
| 总胆红素/(mg/dL) T-BIL | 18 | 1.17 | 1.13 | 1.12 | 1.15 | 0.03 |
| | 36 | 0.54 | 0.52 | 0.62 | 0.51 | 0.03 |
| | 54 | 0.71 | 0.56 | 0.67 | 0.67 | 0.03 |
| 葡萄糖/(mmol/L) GLU | 18 | 3.15 | 3.19 | 3.06 | 3.01 | 0.04 |
| | 36 | 3.13 | 3.13 | 3.12 | 2.92 | 0.04 |
| | 54 | 2.74 ab | 2.65b | 2.93a | 2.78 ab | 0.04 |
| 非酰化脂肪酸/(μ mol/L) NEFA | 18 | 428.39 b | 415.58 b | 437.09 b | 509.03 a | 10.71 |
| | 36 | 464.21 b | 416.58 c | 515.05 a | 305.53 d | 14.54 |
| | 54 | 615.69 a | 528.51 b | 555.01 b | 538.28 b | 9.63 |
| 总胆固醇/(mmol/L) CHO | 18 | 8.84 | 7.57 | 7.78 | 7.60 | 0.20 |
| | 36 | 7.69 | 7.23 | 6.83 | 6.96 | 0.24 |
| | 54 | 7.67 | 7.27 | 6.87 | 6.89 | 0.23 |
| 甘油三酯/(mmol/L) TG | 18 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.00 |
| | 36 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.00 |
| | 54 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.00 |
| 高密度脂蛋白/(mmol/L) HDL | 18 | 4.27 | 3.83 | 4.10 | 4.19 | 0.07 |
| | 36 | 3.71 | 3.61 | 3.36 | 3.65 | 0.09 |
| | 54 | 3.81 | 3.66 | 3.53 | 3.67 | 0.08 |
| 低密度脂蛋白/(mmol/L) LDL | 18 | 3.92 | 3.27 | 3.52 | 3.44 | 0.12 |
| | 36 | 3.56 | 3.35 | 3.05 | 3.16 | 0.15 |
| | 54 | 3.90 | 3.66 | 3.39 | 3.17 | 0.15 |
| 超氧化物歧化酶/(U/mL) SOD | 18 | 187.04 | 173.14 | 190.71 | 182.93 | 3.26 |
| | 36 | 169.33 | 181.43 | 176.51 | 188.98 | 2.81 |
| | 54 | 185.04 c | 196.52 bc | 213.51ab | 220.46 a | 3.85 |
| 谷胱甘肽过氧化物酶/(U/mL) GSH-Px | 18 | 92.27 | 94.84 | 88.83 | 85.76 | 2.67 |
| | 36 | 100.12 | 107.60 | 106.59 | 110.07 | 2.60 |
| | 54 | 77.18 | 82.22 | 75.08 | 88.66 | 2.85 |

3.3 不同水平 CMS 对奶牛各养分表观消化率的影响

反刍动物对各养分的消化率取决于瘤胃微生物对各养分的消化程度。本研究发现,日粮中添加 CMS 对 NDF 和 ADF 消化率无显著影响;但是添加 1% 和 3% CMS 均显著提高了 CP 消化率。CMS 中含有 40%~50% 的菌体蛋白质,很容易被吸收和利用,因此 CP 消化率高。在混合精料中添加微生物发酵饲料可显著提高饲料的养分消化率^[19]。此外, Meller 等^[20]发现酵母饲料提高了奶牛粗蛋白质和干物质的消化率,与本研究结果一致。这些影响可能与 CMS 是发酵液的浓缩物有关,它含有许多潜在的对瘤胃微生物有促进作用的因子。但添加 5% CMS 组的 OM 和 CP 消化率低于其他各组。目前的研究结果表明,过量使用 CMS 可能会对营养物质消化率产生不利影响。这些不良影响可能是由于 CMS 中的高硫含量引起的^[21]。Johnson 等^[22]在羔羊日粮中添加 0.5% 的硫酸钙和硫酸钠,从而导致了饲料利用率显著降低。另外,Stemme 等^[23]认为,CMS 中的高钾水平会导致腹泻,也会影响机体对饲料中营养物质的利用。本研究中,粗灰分随 CMS 含量增加而增加,CMS 中的粗灰分也可能是引起营养消化率不利的重要原因。因此,应当注意饲料中 CMS 的添加量,过度使用 CMS 可能导致养分消化率降低。未来如何利用 CMS 提高养分消化率有待进一步研究。

3.4 不同水平 CMS 对血清指标的影响

血清生化指标可以反映动物机体或组织健康状况和营养代谢等生理状态^[24]。白细胞(WBC)对机体免疫非常重要,它不仅具有吞噬异物产生抗体的作用,同时还具有机体损伤的治愈能力、抵御病原体入侵的能力以及对疾病的免疫抵抗力等。而在本研究第 36 天和 54 天时,添加 5% CMS 组血液中的 WBC 显著高于其他组,说明过度添加 CMS 有增加奶牛炎症反应的风险。CREA 是肾功能检测的指标之一^[25-26]。CREA 主要由肾小球滤过后排出体外,其含量变化与肾小球滤过有关^[27]。当肾功能出现障碍时,肾小球滤过能力下降,则 CREA 等内源性化学成分的排泄受到阻碍,导致其浓度升高^[28]。血清中葡萄糖(GLU)的含量变化可以反映机体内的能量平衡以及营养状况,低水平的 GLU 含量说明体内能量缺乏^[29];GLU 还可以合成乳糖,是乳腺上皮细胞合成乳蛋白和乳脂的底物^[30]。奶牛血清中 GLU 正常的范围为 2.30~4.10 mmol/L^[31]。杨

小兵等^[32]研究发现,日粮中添加液态发酵饲料后,血清中 GLU 含量增加,并且奶牛血液中的营养物质代谢得到明显改善。血液中的非酰化脂肪酸(NEFA)主要是机体在能量负平衡的状态下,经过脂肪组织中甘油三酯(TG)的动员和脂解得到的,其含量的高低反映了奶牛的能量平衡状态^[33]。本研究中,各处理组和对照组的 GLU 含量都在正常范围内。饲喂第 18 天时,添加 5% CMS 显著升高血清中的 NEFA 含量;饲喂第 54 天时,添加 CMS 显著降低血清中的 NEFA 含量,添加 3% CMS 显著增加血清中的 GLU 含量。可能是因为添加 CMS 后可以增强机体的糖异生作用,进而缓解了奶牛能量负平衡的现象。超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)都是动物机体内重要的抗氧化分子,它们含量的变化反映了动物机体清除自由基的能力^[34]。日粮中添加 CMS 对奶牛血清中的 SOD 的含量随着添加量的增加而增加,并且在饲喂第 54 天时,各处理组显著高于 CON 组,说明日粮中添加 CMS 可以提高奶牛的抗氧化能力,可能是因为发酵过程中酵母细胞壁释放许多内容物,如葡聚糖、细胞壁多糖、小肽以及未知的生长因子等,在奶牛机体内可能调节各种代谢途径,从而提高了机体的抗氧化损伤能力。

4 结 论

本研究中发现,日粮中添加甘蔗糖蜜酵母发酵浓缩液(CMS)对奶牛生产性能、血清生化指标的影响,研究结论如下:

1) 1% 添加组能够短期显著提高奶牛的生产性能,3% 添加组可以改善奶牛乳中的乳蛋白率,1% 和 3% 组均能提高饲料中 OM 和 CP 消化率。但是,超过 3% 添加量会降低机体的生产性能和饲料消化率。从经济效益角度出发,日粮中添加 1% 和 3% CMS 产生的经济效益每天比对照组多盈利 5.73 和 1.96 元/头。

2) 日粮中添加 CMS 对奶牛的肝脏及肾脏健康没有影响,可以提高机体的抗氧化能力。

因此,建议在泌乳奶牛日粮中 CMS 适宜的范围为 1%~3%。

综上,本研究建议在泌乳奶牛日粮中 CMS 适宜的添加范围为 1%~3%,在该范围内可以提高奶牛生产性能,降低饲料成本,提高经济效益,并且对机体健康无不利影响。

参考文献 References

- [1] Ferreira A C, Vieira J F, Barbosa A M, Silva T M, Bezerra L R, Nascimento N G jr, de Freitas J E jr, Jaeger S M P L jr, Oliveira P A jr, Oliveira R L jr. Effect of replacing ground corn and soybean meal with licuri cake on the performance, digestibility, nitrogen metabolism and ingestive behavior in lactating dairy cows[J]. *Animal*, 2017, 11(11): 1957-1965
- [2] Zali A, Eftekhari M, Fatehi F, Ganjkanlou M. Effect of vinasse (condensed molasses solubles) on performance and meat chemical composition of Holstein male calves[J]. *Italian Journal of Animal Science-medsci*, 2017, 16: 515-520
- [3] Xiao J X, Alugongo G M, Chung R, Dong S Z, Li S L, Yoon I, Wu Z H, Cao Z J. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on dairy calves: Ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community[J]. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(7): 5401-5412
- [4] Trivedi S, Shah S. The effect of cane molasses on cow milk productivity[J]. *International Journal Current Engineering Technology*, 2014, 4: 4157-5161
- [5] Ma J, Ma C, Fan X, Shah A M, Mao J. Use of condensed molasses fermentation solubles as an alternative source of concentrates in dairy cows[J]. *Animal Bioscience*, 2021, 34(2): 205-212
- [6] 吴铭兴, 吴春峰. 新型液态饲料原料—浓缩糖蜜发酵液(CMS)的应用[J]. 现代畜牧科技, 2005(12): 16-17
- Wu M X, Wu C F. Application of concentrated molasses fermentation liquor (CMS), a new liquid feed material[J]. *Modern Animal Husbandry Science and Technology*, 2005, 12: 16-17 (in Chinese)
- [7] Eklund M, Mosenthin R, Tafaj M, Wamatu J. Effects of betaine and condensed molasses solubles on nitrogen balance and nutrient digestibility in piglets fed diets deficient in methionine and low in compatible osmolytes[J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2006, 60(4): 289-300
- [8] 武书庚, 刁其玉, 朱文志, 吴春峰. 浓缩糖蜜发酵液对仔猪生产性能的影响[J]. 饲料研究, 2004(11): 4-7
- Wu S G, Diao Q Y, Zhu W Z, Wu C F. Effects of concentrated molasses fermentation broth on performance of piglets[J]. *Feed Research*, 2004(11): 4-7 (in Chinese)
- [9] 吴宗进, 吕超, 李胜利, 张永根. 酵母糖蜜对奶牛生产性能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2013(1): 70-73, 76
- Wu Z J, Lv C, Li S L, Zhang Y G. Effects of yeast molasses on performance of dairy cows [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2013(1): 70-73, 76 (in Chinese)
- [10] 许袖, 郭健, 曹杰, 逯春香, 闫婧姣, 郝飞, 阮慧杰, 王茂森, 李林. 酵母糖蜜替代部分精料对奶牛生产性能的影响[J]. 草食家畜, 2018(6): 27-31
- Xu X, Guo J, Cao J, Lu C X. Yan J J, Hao F, Ruan H J, Wang M S, Li L. Effect of substitution of concentrate with years molasses on dairy performance of lactating cows[J]. *Grass-Feeding livestock*, 2018(6): 27-31 (in Chinese)
- [11] 毛江, 姚琨, 史仁煌, 杜云, 王雅晶, 崔永汉, 李胜利, 余雄. 浓缩糖蜜发酵液对泌乳牛生产性能、瘤胃发酵和血清指标的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(10): 3198-3206
- Mao J, Yao K, Shi R H, Du Y, Wang Y J, Cui Y H, Li S L, Yu X. Effects of concentrated molasses fermentation solubles on production performance, rumen fermentation and serum indexes of dairy cows [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(10): 3198-3206 (in Chinese)
- [12] Zali A, Eftekhari M, Fatehi F, Ganjkanlou M. Effect of vinasse (condensed molasses solubles) on performance and meat chemical composition of Holstein male calves[J]. *Italian Journal of Animal Science*, 2017, 16(3): 515-520
- [13] Cohen-Zinder M, Leibovich H, Vaknin Y, Sagi G, Shabtay A, Ben-Meir Y, Nikbachat M, Portnik Y, Yishay M, Miron J. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2016, 211: 75-83
- [14] 刘应进, 游文奇, 郭同军, 赵卫东, 王锡波. 牛奶品质调控技术研究进展[J]. 草食家畜, 2020(5): 1-6
- Liu Y J, You W Q, Gou T J, Zhao W D, Wang X B. Research progress of milk quality control technology [J]. *Grass-Feeding livestock*, 2020(5): 1-6 (in Chinese)
- [15] Jonker J S, Kohn R A, Erdman R A. Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations[J]. *Journal of Dairy Science*, 1999, 82(6): 1261-1273
- [16] Nousiainen J, Shingfield K J, Huhtanen P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding[J]. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87(2): 386-398
- [17] 佟晓林. 生乳中体细胞数对乳品质量安全的影响研究进展[J]. 现代食品, 2019, 5: 13-15.
- Tong X L. Research progress on the effect of somatic cell number in raw milk on milk quality and safety[J]. *Modern food*, 2019, 5: 13-15 (in Chinese)
- [18] 锡效旺, 孙少华, 韩立霞. 生化黄腐酸对奶牛乳体细胞数及生产性能影响的研究[J]. 中国奶牛, 2010(5): 32-35
- Xi X W, Sun S H, Han L X. Study on the effect of biochemical fulvic acid on somatic cell count and production performance of dairy milk[J]. *Chinese dairy cows*, 2010(5): 32-35 (in Chinese)
- [19] 张政. 活性酵母及其发酵饲料对瘤胃发酵及营养物质消化率的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017
- Zhang Z. Effect of active yeast and fermented feed on rumen fermentation and nutrient digestibility [D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [20] Meller R A, Wenner B A, Ashworth J, Gehman A M, Lakritz J, Firkins J L. Potential roles of nitrate and live yeast

- culture in suppressing methane emission and influencing ruminal fermentation, digestibility, and milk production in lactating Jersey cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2019, 102(7): 6144-6156
- [21] Hannon K, Trenkle A. Evaluation of condensed molasses fermentation solubles as a nonprotein nitrogen source for ruminants[J]. *Journal of Animal Science*, 1990, 68(9): 2634-2641
- [22] Johnson W H, Meiske I C, Goodrich R D. Influence of high levels of two forms of sulfate on lambs[J]. *Journal of Animal Science*, 1968, 27: 1166
- [23] Stemme K, Gerdes B, Harms A, Kamphues J. Beet-vinasse (condensed molasses solubles) as an ingredient in diets for cattle and pigs-nutritive value and limitations[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2005, 89: 179-183
- [24] Ran M L, Cha C, Xu Y T, Zhang H L, Yang Z C, Li Z C, Wang S L. Traditional Chinese herbal medicine complex supplementation improves reproductive performance, serum biochemical parameters, and anti-oxidative capacity in periparturient dairy cows[J]. *Animal Biotechnology*, 2020: 1-10
- [25] 谢梦月. 生化检查与免疫检查在肾脏疾病临床诊治中的应用[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2019, 19(9): 154-156
- Xie M Y. Application of biochemical examination and immune examination in clinical diagnosis and treatment of renal diseases [J]. *The world's latest medical information digest*, 2019, 19(9): 154-156 (in Chinese)
- [26] 何宝祥, 马径军, 张宇, 苏文伟, 胡晶, 张朝胜, 杨丰利, 李恭贺, 黄少云, 张诗新. 围产期奶牛肾功能的动态变化[J]. *中国兽医杂志*, 2009, 45(8): 45-46
- He B X, Ma J J, Zhang Y, Su W W, Hu J, Zhang C S, Yang F L, Li G H, Huang S Y, Zhang S X. Dynamic changes of renal function in perinatal dairy cows[J]. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 2009, 45(8): 45-46 (in Chinese)
- [27] 郭仕辉, 余永涛, 赵清梅, 许立华, 何生虎, 万佳宏, 李柯, 杨奇. 围产期奶牛主要血液生化指标的监测[J]. *畜牧与兽医*, 2020, 52(11): 128-133
- Guo S H, Yu Y T, Zhao Q M, Xu L H, He S H, Wan J H, Li K, Yang Q. Monitoring of main blood biochemical indexes in perinatal dairy cows[J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2020, 52(11): 128-133 (in Chinese)
- [28] Yakubu M T, Bilbis L S, Lawal M, Akanji M A. Evaluation of selected parameters of rat liver and kidney function following repeated administration of yohimbine [J]. *Biokemistri*, 2003, 15(2): 50-56
- [29] Yun J Z, Xue H L I, Yang Z, Jun Y W, Jin Y W. Effects of tomato pomace fermentation feed on anti-oxidation and immunity of serum and milk for Xinjiang brown cows[J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2011, 38(12): 9-12
- [30] Olsen H G, Knutsen T M, Kohler A, Svendsen M, Gidskehaug L, Grove H, Nome T, Sodeland M, Sundsaasen K K, Kent M P, Martens H, Lien S. Genome-wide association mapping for milk fat composition and fine mapping of a QTL for de novo synthesis of milk fatty acids on bovine chromosome13[J]. *Genetics Selection Evolution*, 2017, 49(1): 1-13
- [31] 王俊东, 刘宗平. 兽医临床诊断学[M]. 第2版. 北京: 中国农业出版社, 2010
- Wang J D, Liu Z P. *Veterinary Clinical Diagnostics*[M]. 2nd ed. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2010 (in Chinese)
- [32] 杨小兵, 赵超, 田雨. 液态发酵饲料对奶牛产奶性能、血清抗氧化能力及血液生化指标的影响[J]. *中国奶牛*, 2020(4): 9-12
- Yang X B, Zhao C, Tian Y. Effects of liquid fermented feed on milk performance, serum antioxidant capacity and blood biochemical parameters of dairy cows [J]. *Chinese dairy cattle*, 2020(4): 9-12 (in Chinese)
- [33] 张子霄, 张舒, 卢娜, 张连国, 刘琼, 王雅晶, 李胜利, 余雄. 饲用甜菜对泌乳奶牛生产性能、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(10): 4784-4792
- Zhang Z X, Zhang S, Lu N, Zhang L G, Liu Q, Wang Y J, Li S L, Yu X. Effects of feed beet on performance, serum biochemical indices and nutrient apparent digestibility of lactating dairy cows [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(10): 4784-4792 (in Chinese)
- [34] Huang C, Qiao S, Li D F, Piao X S, Ren J P. Effects of *Lactobacilli* on the performance, diarrhea incidence, VFA concentration and gastrointestinal microbial flora of weaning pigs[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2004, 17(3): 401-409

责任编辑: 秦梅