

发酵小麦酒精糟对泌乳奶牛产奶量和乳品质的影响

代张超¹ 闫一博¹ 陈美琪¹ 盛环宇¹ 丁小玲¹ 郝胜平² 吴相民² 李吕木^{1*}

(1.安徽农业大学动物科技学院,合肥 230036;2.安徽滁州南谯奶牛场,滁州 239063)

摘要: 本试验旨在研究发酵小麦酒精糟对泌乳奶牛产奶量和乳品质的影响。试验选用 1~3 胎、泌乳 180 d 左右、平均泌乳量(33.58±7.44) kg 相近、体重相近的荷斯坦黑白花奶牛 180 头,随机分为对照组、试验 1 组和试验 2 组,对照组饲喂原场全混合日粮,试验 1 组和试验 2 组每头牛每天分别用 1 和 2 kg 发酵小麦酒精糟等能等氮替代原场基础精料,预试期 4 d,正试期 24 d。正试期每天记录奶牛的采食量,每 6 天测定 1 次产奶量,每 8 天采集 1 次乳样,测定乳品质。结果表明:试验各个阶段及全期,各组间采食量和产奶量差异均不显著($P>0.05$),但试验 1 组各个阶段及全期的产奶量较高。第 8、16 天,各组间乳成分含量差异不显著($P>0.05$)。第 24 天,试验 2 组乳尿素氮含量显著高于对照组和试验 1 组($P<0.05$)。结果提示,在泌乳奶牛饲粮中用发酵小麦酒精糟等能等氮替代 1 kg 原场基础精料较为可行,可在一定程度上提高产奶量和改善乳品质。

关键词: 发酵小麦酒精糟;泌乳奶牛;产奶量;乳品质

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)01-0259-08

小麦酒精糟富含蛋白质^[1],但含水量较高,不耐储存^[2],传统的处理办法是烘干生产干酒糟(DDG),但烘干不仅增加生产成本^[3],造成部分营养成分流失^[4-6],而且其烘干的气味也污染大气环境^[7]。有研究表明,以小麦酒精糟为原料,辅以麸皮,以乳酸菌与枯草芽孢杆菌混菌进行厌氧固态发酵后,平均酸溶蛋白含量可达到 4% 以上,水分含量在 35% 左右^[8],但其饲喂奶牛的效果如何,尚不得而知。虽然发酵玉米酒精糟(WDGS)的研究表明,奶牛饲喂一定量的 WDGS 能提高产奶量,改善乳品质^[9-13],肉牛饲喂 WDGS 也可提高其平均日增重,进而提高屠宰率^[14],但不同原料生产酒精的糟渣养分含量差别较大,如河北承德的 WDGS 的粗蛋白质含量为 24.57%^[15],而安徽亳州的小麦酒精糟的粗蛋白质含量为 38.11%^[8],且不同研究

者的发酵基料配比迥异,因而发酵后的酒精糟营养价值不尽相同。为此,本研究探讨饲喂不同量的发酵小麦酒精糟对泌乳奶牛产奶量和乳品质的影响,以期为其在泌乳奶牛饲粮中的合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

发酵小麦酒精糟制作:38% 小麦酒精糟和 62% 麸皮,经乳酸菌 R-02(*Lactobacillus* R-02)和枯草芽孢杆菌 KG109(*Bacillus subtilis* KG109)混菌在室温(平均温度 22 °C)条件下固态厌氧袋装发酵 7 d 即得发酵小麦酒精糟。其湿样成分的实测值为:干物质 65.20%,粗蛋白质 15.05%,粗脂肪 2.68%,粗纤维 6.49%,粗灰分 4.06%,中性洗涤纤

收稿日期:2019-07-12

基金项目:安徽省科技攻关项目(1704a07020064)

作者简介:代张超(1989—),男,河南驻马店人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: 2213684338@qq.com

* 通信作者:李吕木,研究员,博士生导师,E-mail: llm56@ahau.edu.cn

维 29.48%, 酸性洗涤纤维 8.73%, 钙 0.09%, 磷 0.64%, 其产奶净能推算为 5.07 MJ/kg^[16]。

1.2 试验方法

选用安徽滁州南谯奶牛场 1~3 胎、泌乳 180 d 左右、平均泌乳量相近 (33.58±7.44) kg、体重相近的荷斯坦黑白花奶牛 180 头, 随机分为对照组、试验 1 组和试验 2 组, 每组 60 头牛。对照组饲喂原场全混合日粮, 试验 1 组每头牛从对照组饲粮中减去 1 kg (即 0.68 kg 玉米和 0.32 kg 豆粕) 替换为鲜发酵酒精糟 1.33 kg (干物质 0.96 kg)+0.04 kg

脂肪粉 (合计干物质 1.0 kg), 试验 2 组替代量为试验 1 组的 1 倍, 即每头牛每天 2 kg。各组饲粮的产奶净能和粗蛋白质含量相同。预试期 4 d, 正试期 24 d。原场全混合日粮参考《奶牛饲养标准》(NY/T 34—2004) 设计, 日饲喂量 (风干基础) 为 28.63 kg, 精粗比为 3:7。粗料为玉米青贮、啤酒糟、燕麦草、苜蓿干草。饲粮组成及营养水平见表 1。试验牛按照牛场的规定统一管理, 自由饮水, 自由采食, 每天在 06:00、14:00 和 19:00 进行机械挤奶。

表 1 饲粮组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)

%

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Trial group 1	试验 2 组 Trial group 2
原料 Ingredients			
玉米 Corn	10.50	9.00	7.53
脂肪粉 Fat power	0.21	0.29	0.37
豆粕 Soybean meal	5.67	4.96	4.26
发酵小麦酒精糟 Fermented wheat distiller's grains		2.13	4.22
全棉籽 Whole cottonseed	3.15	3.15	3.15
芝麻粕 Sesame meal	1.49	1.49	1.49
小苏打 NaHCO ₃	0.27	0.27	0.27
石粉 Limestone	0.27	0.27	0.27
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.19	0.19	0.19
食盐 NaCl	0.19	0.19	0.19
益康 XP <i>Yikang</i> XP ¹⁾	0.17	0.17	0.17
预混料 Premix ²⁾	0.21	0.21	0.21
啤酒糟 Brewer's grains	14.59	14.59	14.59
玉米青贮 Corn silage	52.61	52.61	52.61
燕麦草 Oat grass	2.14	2.14	2.14
苜蓿干草 Alfalfa hay	8.34	8.34	8.34
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ³⁾			
干物质 DM	52.75	52.72	52.71
粗蛋白质 CP	11.77	11.76	11.75
产奶净能 NE _L /(MJ/kg)	6.09	6.08	6.08
中性洗涤纤维 NDF	36.43	37.03	37.64
酸性洗涤纤维 ADF	22.67	22.80	22.94
总钙 Total Ca	0.62	0.62	0.62
总磷 Total P	0.31	0.32	0.32

1) 益康 XP 主要成分是酵母代谢产物, 可促进养分的消化吸收, 增加瘤胃微生物蛋白的合成。Main ingredient of *Yikang* XP were metabolism outcomes of yeast. They could promote absorption and digestion of nutrients and synthesis of rumen microorganism protein.

2) 每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix: VA ≥ 1 300 000 IU, VD₃ ≥ 300 000 IU, VE ≥ 5 500 IU, 烟酸 nicotinic acid ≥ 2 000 mg, Cu ≥ 3 000 mg, Fe ≥ 3 600 mg, Mn ≥ 3 400 mg, Zn ≥ 14 280 mg, Co ≥ 40 mg, I ≥ 180 mg, Se ≥ 100 mg。

3) 产奶净能为计算值, 其他营养水平为实测值。NE_L was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 采食量

每天早上投料前,将前 1 天每组牛剩余饲料分别装袋用电子磅秤称重,并记录。通过记录每天总投料量和剩料量,计算平均每头牛每天的全混合日粮采食量,根据日粮中干物质含量计算干物质采食量。再根据各组连续 6 d 的采食量,计算当期平均采食量。

1.3.2 产奶量

试验第 6、12、18 和 24 天在挤奶机计量器上读取的每头牛的当天 3 次产奶量之和即为该牛当天的产奶量。

1.3.3 乳品质

于试验第 8、16 和 24 天,在每组中随机选取 15 头奶牛,记录其耳号,每头收集 50 mL 乳样装入离心管中,然后按照早、中、晚 3 个时间为 4:3:3 的比例混合 50 mL,置于 4 °C 的冰箱中进行冷冻保存,用于乳成分测定。用乳成份分析仪(LACTO-SCAN MCC 型,杭州麦力斯科技有限公司)测定乳蛋白、乳脂肪、乳糖和全乳固体含量,用尿素氮测定仪(Chemspec150 型,美国本特利仪器公司)测定乳尿素氮含量,用牛奶体细胞数计数仪(LACTOSCAN 102 型,杭州麦力斯科技有限公司)测定体细胞数。

1.3.4 饲料营养成分

试验结束当天,采用四分法分别采集各组 1 kg 饲料样品用于营养成分含量测定。用电热鼓风干燥箱(DGT-G82A 型,上海第二五金厂)测定干物质含量^[17]、凯氏定氮仪(SKD-200 型,上海沛欧分析仪器有限公司)测定粗蛋白质含量^[18]、粗纤维测定仪(FBS6 型,波通瑞华科学仪器(北京)有限公司)测定酸性洗涤纤维^[19]和中性洗涤纤维含量^[20]。钙和磷含量的测定分别采用高锰酸钾法^[21]和分光光度法^[22]。

1.4 数据处理与分析

试验数据以“平均值±标准差”表示,采用 SPSS 20.0 软件进行单因素重复测量方差分析(one-way repeated measures ANOVA),以 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 表示差异不显著。差异显著的指标用 Duncan 氏法进行多重比较。

2 结果

2.1 发酵小麦酒精糟对采食量及产奶量的影响

由表 2 可知,在泌乳奶牛饲料中加入发酵小麦酒精糟,试验各个阶段及全期,试验组与对照组相比,泌乳奶牛采食量差异均不显著($P > 0.05$)。

由表 3 可知,饲喂发酵小麦酒精糟对泌乳奶牛产奶量无显著影响($P > 0.05$)。

表 2 发酵小麦酒精糟对采食量的影响(干物质基础)

Table 2 Effects of fermented wheat distiller's grains on feed intake (DM basis) kg/(头·d)

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Trial group 1	试验 2 组 Trial group 2
第 1~6 天 Days 1 to 6	24.49±2.77	24.73±1.55	25.19±1.99
第 7~12 天 Days 7 to 12	25.74±1.57	25.15±1.23	25.99±1.28
第 13~18 天 Days 13 to 18	25.82±1.23	25.30±1.05	25.96±1.64
第 19~24 天 Days 19 to 24	26.02±1.11	25.52±0.58	25.47±0.41
全期 Whole period	25.56±1.74	25.19±1.10	25.67±1.39

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 3 同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as Table 3.

2.2 发酵小麦酒精糟对乳成分的影响

由表 4 可知,第 8、16 天各组间乳成分差异不显著($P > 0.05$)。第 24 天,试验 2 组乳尿素氮含量与对照组和试验 1 组相比分别升高 18.14% 和 10.17% ($P < 0.05$),其他指标各组间差异不显著($P > 0.05$)。

由表 5 可知,对照组,第 24 天乳糖含量与第 8、16 天相比分别降低 2.92% ($P < 0.05$) 和 2.35% ($P > 0.05$),第 24 天全乳固体和乳尿素氮含量与第 8、16 天相比分别升高 17.39% ($P < 0.05$)、15.07% ($P < 0.05$) 和 20.51% ($P < 0.05$)、27.63% ($P < 0.05$)。试验 1 组,第 24 天全乳固体和乳尿素氮含

量与第8、16天相比分别升高15.03% ($P<0.05$)、15.93% ($P<0.05$)和29.40% ($P<0.05$)、35.03% ($P<0.05$)，第24天体细胞数与第8天相比降低55.94% ($P<0.05$)。试验2组，第24天全乳固体和乳尿素氮含量与第8、16天相比分别升高

16.29% ($P<0.05$)、15.83% ($P<0.05$)和29.81% ($P<0.05$)、51.30% ($P<0.05$)，第16天乳尿素氮含量与第8天相比下降13.73% ($P<0.05$)。其他指标各组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表3 发酵小麦酒精糟对产奶量的影响

Table 3 Effects of fermented wheat distiller's grains on milk yield

kg/(头·d)

项目 Items	对照组 Control group	试验1组 Trial group 1	试验2组 Trial group 2
第1~6天 Days 1 to 6	34.32±8.11	35.18±8.44	33.79±6.14
第7~12天 Days 7 to 12	35.29±8.51	36.05±8.23	35.17±6.73
第13~18天 Days 13 to 18	34.58±8.97	35.75±8.73	34.13±6.61
第19~24天 Days 19 to 24	33.54±8.04	35.07±8.04	33.82±6.81
全期 Whole period	34.44±8.38	35.50±8.32	34.23±6.55

表4 发酵小麦酒精糟不同饲喂量对乳成分的影响

Table 4 Effects of different fermented wheat distiller's grains feeding levels on milk composition

项目 Items	乳脂肪 Milk fat/%	乳蛋白 Milk protein/%	乳糖 Lactose/%	全乳固体 Whole milk solids/%	体细胞数 SCC/ (10 ⁴ 个/mL)	乳尿素氮 MUN/ (mg/dL)
第8天 Day 8						
对照组 Control group	4.10±0.33	2.97±0.38	5.14±0.15	12.65±0.56	16.02±15.42	15.60±2.50
试验1组 Trial group 1	4.20±0.64	3.20±0.38	5.11±0.13	12.91±0.83	15.73±10.19	15.58±2.44
试验2组 Trial group 2	4.14±0.50	3.12±0.27	5.09±0.24	12.77±0.51	11.27±9.36	17.04±2.98
P值 P-value	0.883	0.233	0.708	0.583	0.578	0.314
第16天 Day 16						
对照组 Control group	3.80±0.65	3.24±0.44	5.11±0.19	12.67±1.02	8.60±8.50	14.73±1.36
试验1组 Trial group 1	3.82±0.65	3.29±0.39	5.16±0.16	12.81±0.99	7.24±5.67	14.93±1.51
试验2组 Trial group 2	3.78±0.37	3.38±0.26	5.11±0.17	12.82±0.60	7.75±5.28	14.62±1.62
P值 P-value	0.986	0.626	0.793	0.885	0.872	0.869
第24天 Day 24						
对照组 Control group	4.04±0.81	3.01±0.42	4.99±0.15	14.85±1.61	8.03±7.79	18.80±1.89 ^b
试验1组 Trial group 1	4.12±0.62	3.09±0.45	5.06±0.16	14.85±1.32	6.93±5.25	20.16±2.05 ^b
试验2组 Trial group 2	4.01±0.37	3.20±0.26	5.07±0.17	14.82±0.83	7.95±4.67	22.21±2.28 ^a
P值 P-value	0.936	0.371	0.483	1.000	0.902	0.001

同一天的同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

In the same day, values in the same column with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 发酵小麦酒精糟对产奶量及采食量的影响

奶牛的产奶量直接关系到整个奶牛养殖场的经济效益，因此提高奶牛的产奶量是奶牛养殖业一直努力的目标。影响奶牛泌乳量的因素较多且

复杂，如奶牛的品种、饲料组成、日常管理、温度等都会对产奶量造成严重的影响^[23]。影响奶牛干物质采食量的因素也有很多种，主要包括饲料口感、温度和日常管理技术等。其中，饲料的适口性将直接影响着奶牛采食量^[24]。梅宁安等^[25]发现在奶牛饲料中添加微生物发酵蛋白质饲料，可使奶

牛头均日产奶量提高 2.25%, 头均产奶总增加量提高 43.51%, 料奶比降低 9.20%, 均毛利润提高 40.34 元, 经济效益提高 3.53%。

表 5 发酵小麦酒精糟对不同试验期乳成分的影响

Table 5 Effects of fermented wheat distiller's grains on milk composition in different trial periods

项目 Items	乳脂肪 Milk fat/%	乳蛋白 Milk protein/%	乳糖 Lactose/%	全乳固体 Whole milk solids/%	体细胞数 SCC/ (10^4 个/mL)	乳尿素氮 MUN/ (mg/dL)
对照组 Control group						
第 8 天 Day 8	4.10±0.33	2.97±0.38	5.14±0.15 ^a	12.65±0.56 ^b	16.02±15.42	15.60±2.50 ^b
第 16 天 Day 16	3.80±0.65	3.24±0.44	5.11±0.19 ^{ab}	12.67±1.02 ^b	8.60±8.50	14.73±1.36 ^b
第 24 天 Day 24	4.04±0.81	3.01±0.42	4.99±0.15 ^b	14.85±1.61 ^a	8.03±7.79	18.80±1.89 ^a
P 值 P-value	0.376	0.170	0.039	<0.001	0.102	<0.001
试验 1 组 Trial group 1						
第 8 天 Day 8	4.20±0.64	3.20±0.38	5.11±0.13	12.91±0.83 ^b	15.73±10.19 ^a	15.58±2.44 ^b
第 16 天 Day 16	3.82±0.65	3.29±0.39	5.16±0.16	12.81±0.99 ^b	7.24±5.67 ^b	14.93±1.51 ^b
第 24 天 Day 24	4.12±0.62	3.09±0.45	5.06±0.16	14.85±1.32 ^a	6.93±5.25 ^b	20.16±2.05 ^a
P 值 P-value	0.325	0.545	0.323	<0.001	0.010	<0.001
试验 2 组 Trial group 2						
第 8 天 Day 8	4.14±0.55	3.12±0.27	5.09±0.24	12.77±0.51 ^b	11.27±9.36	17.04±2.98 ^b
第 16 天 Day 16	3.78±0.37	3.38±0.26	5.11±0.17	12.82±0.60 ^b	7.75±5.28	14.62±1.62 ^c
第 24 天 Day 24	4.02±0.39	3.23±0.26	5.06±0.17	14.85±0.86 ^a	7.95±4.67	22.12±2.37 ^a
P 值 P-value	0.160	0.069	0.815	<0.001	0.391	<0.001

同一组的同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ($P>0.05$), 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

In the same group, values in the same column with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$).

本试验的结果表明, 饲喂发酵小麦酒精糟不影响采食量, 这可能是由于发酵饲料添加量比较少, 玉米青贮添加量为 52.61%, 比较大。玉米青贮发酵完成后自身所带有的酸香味掩盖了添加的发酵饲料的味道。本试验的结果还表明当日饲喂 1 kg 发酵小麦酒精糟时, 可提高产奶量, 而提高至日饲喂 2 kg 时则产奶量降低。这可能是由于在奶牛消化道中有乳酸菌的存在, 当乳酸菌伴随饲料进入奶牛肠道后, 可与奶牛肠道中原有菌群共同作用, 降低肠道 pH, 抑制杂菌生长, 使肠道处于动态平衡之中, 从而有利于机体对养分的消化吸收, 提高产奶量。而奶牛日产奶量与乳尿素氮含量呈二次曲线相关, 日产奶量在 33.3 kg/d 时, 乳尿素氮含量最高; 在低于 33.3 kg/d 时, 乳尿素氮含量随日产奶量的增加而增加; 在高于 33.3 kg/d 时, 乳尿素氮含量随日产奶量的增加逐渐降低。由于本次试验各组奶牛平均产奶量均高于 33.3 kg/d, 随着发酵小麦酒精糟添加量增加, 乳尿素氮含量逐渐增加, 因此产奶量逐渐降低^[26]。

3.2 发酵小麦酒精糟对乳成分的影响

乳尿素氮含量可直接反映血液中尿素含量, 提示奶牛饲料蛋白质水平、能氮比、降解率以及瘤胃能氮平衡等情况^[27]。影响尿素氮含量变化的因素可分为营养性因素(能量水平、蛋白质水平、蛋白质降解率和能氮平衡等)和非营养性因素(奶牛品种、泌乳天数、胎次、季节和饲养管理水平等)^[28]。很多研究都表明, 发酵饲料可以改善乳品质。用酵母发酵木薯片替代部分豆粕, 可提高产奶量和改善乳成分^[29]。Wang 等^[30]发现复合微生物制剂发酵甜高粱秸秆饲喂奶牛能提高乳蛋白和乳脂率含量, 降低体细胞数。这可能由于微生物发酵饲料可提高泌乳奶牛对饲料中的干物质、粗蛋白质以及半纤维素的消化率, 从而提高泌乳奶牛产奶量和乳蛋白含量^[31]。

本试验结果表明, 试验 2 组乳尿素氮含量与对照组和试验 1 组相比显著升高, 其他指标(乳脂肪、乳蛋白、乳糖、全乳固体含量和体细胞数)各組间差异不显著。这些结果和产奶量结果是一致

的,也表明发酵小麦酒精糟的使用并非越多越好,需要有一个合适的比例。因此,添加适量的发酵小麦酒精糟可改善乳品质。不同组乳成分随着时间发生改变的原因可能受到环境、应激、管理方式等影响。

乳中体细胞数可以反映出奶牛乳房的健康程度和乳房炎的发生率,在本次试验中,试验组奶牛的乳体细胞数都有一定程度的下降,表明发酵小麦酒精糟可以提高奶牛乳腺健康。这是由于发酵饲料中的有益菌可以抑制有害菌在奶牛肠道内的繁殖,同时自身可以产生多种抑菌物质,抑制或杀死病原微生物,从而提高奶牛免疫力,减少乳房炎的发病率,保证乳腺的正常生理状态,使牛乳中体细胞数保持在正常水平^[32]。张进红等^[33]也研究发现,奶牛基础饲料中添加 1.0 g/kg 复合微生物制剂,可以使试验组日产奶量显著提高,料奶比显著降低,乳脂率、乳蛋白率均显著提高,体细胞数显著降低。

3.3 发酵小麦酒精糟对饲料成本的影响

小麦酒精糟的含水量是比较高的,因此不耐储存,通过发酵能降低含水量,且湿料直接喂,减少了烘干这一环节,降低了生产成本,根据当时的电价,生产 1 t 发酵酒精糟较生产 1 t 玉米纤维降低成本约 500 元。此外,饲喂奶牛时,等能等氮替代豆粕和玉米也能一定程度降低饲料配方成本,特别是当添加量为每头牛每天饲喂 1 kg 时,奶牛的产奶量也有一定程度的提高,这说明此添加量是比较合适的,既降低了饲料成本,又提高了产奶量,显著增加了酒精生产厂副产物酒精糟的收益,提高了经济效益。

4 结论

发酵小麦酒精糟可用于泌乳奶牛的饲料,但比例不宜过大,以每头牛每天饲喂相当于 1 kg 干物质的发酵酒精糟(即干物质 65%,粗蛋白质 15%的鲜发酵酒精糟 1.33 kg 和 0.04 kg 脂肪粉)较妥,这样可提高泌乳奶牛的产奶量,对改善乳品质有促进作用,同时能有效降低小麦酒精糟的饲用成本,提高经济效益。

参考文献:

[1] LI C, LI J Q, YANG W Z, et al. Ruminant and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with

grain source and milling process[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2012, 175(3/4): 121-130.

- [2] LEHMAN R M, ROSENTRATER K A. Aerobic stability of distillers wet grains as influenced by temperature[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, 93(3): 498-503.
- [3] MURPHY J D, POWER N M. How can we improve the energy balance of ethanol production from wheat[J]. *Fuel*, 2008, 87(10/11): 1799-1806.
- [4] KIM Y, MOSIER N S, HENDRICKSON R, et al. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99(12): 5165-5176.
- [5] AYOADE D I, KIARIE E, SLOMINSKI B A, et al. Growth and physiological responses of growing pigs to wheat-corn distillers dried grains with solubles[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2014, 98(3): 569-577.
- [6] 张光勤, 职承平, 王玉琴, 等. 湿态玉米酒精糟(WDGS)利用的前景[J]. *畜牧与饲料科学*, 2012, 33(10): 46-48.
- [7] 陈如水, 付瑞珍, 黄元林. 发酵蛋白饲料对生长育肥猪生产性能和猪肉品质的影响[J]. *现代畜牧兽医*, 2014(3): 25-28.
- [8] 李姗, 郭文杰, 李吕木, 等. 小麦酒精糟饲用发酵菌种筛选及其发酵条件优化[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(2): 105-112.
- [9] THACKER P A. Effects of supplementary threonine, canola oil or enzyme on nutrient digestibility, performance and carcass traits of growing-finishing pigs fed diets containing wheat distillers grains with solubles[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2009, 22(12): 1676-1685.
- [10] 马霞, 董炎炎, 于海燕. 酒糟浸出液发酵产细菌纤维素工艺优化[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(8): 302-307.
- [11] GEHMAN A M, KONONOFF P J. Utilization of nitrogen in cows consuming wet distillers grains with solubles in alfalfa and corn silage-based dairy rations[J]. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93(7): 3166-3175.
- [12] BUTTREY E K, JENKINS K H, LEWIS J B, et al. Effects of 35% corn wet distillers grains plus solubles in steam-flaked and dry-rolled corn-based finishing diets on animal performance, carcass characteristics, beef fatty acid composition, and sensory attributes 1[J]. *Journal of Animal Science*, 2013, 91(4): 1850-1865.
- [13] 许艳利, 张光勤, 赵淑娟, 等. 湿态玉米酒精糟

- (WDGS)饲喂奶牛效果研究[J].湖北农业科学,2013,52(12):2866-2868.
- [14] 许艳利,张光勤,赵淑娟,等.湿态玉米酒精糟(WDGS)育肥肉牛效果研究[J].湖北农业科学,2013,52(15):3598-3600.
- [15] 李玉鹏,钟荣珍,杨鸿雁,等.玉米酒精糟(DDGS)在猪和牛生产上的应用[J].中国饲料,2018(1):72-76.
- [16] 中华人民共和国农业部.NY/T 34—2004 奶牛饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6435—2014 饲料中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [18] 国家技术监督局.GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定方法[S].北京:中国标准出版社,1994.
- [19] 中华人民共和国农业部.NY-T 1459—2007 饲料中酸性洗涤纤维的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 20806—2006 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [21] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6436—2018 饲料中钙的测定[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [22] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6437—2018 饲料中总磷的测定 分光光度法[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [23] 刘术明.奶牛泌乳量低的原因分析和提高产奶量的技术措施[J].现代畜牧科技,2019(2):16-17.
- [24] 袁文焕,张天琦,张振强.饲喂小麦秸秆和小麦青贮对泌乳奶牛采食量、产奶性能和消化率的影响[J].中国饲料,2018(6):61-64.
- [25] 梅宁安,刘自新,方海田,等.微生物发酵蛋白饲料的研制及对荷斯坦奶牛生产性能的影响[J].畜牧与饲料科学,2015,36(3):34-36.
- [26] 黄文明,王之盛,王恬,等.牛奶尿素氮含量与奶牛胎次、泌乳天数、产奶量和乳成分的关系[J].中国奶牛,2009(12):10-14.
- [27] 苏华维,杨再俊,曹志军,等.利用瘤胃能氮平衡原理评价奶牛全混合日粮的能氮平衡[J].中国畜牧杂志,2011,47(9):45-49.
- [28] 杨海昱,吕湾,薛洁,等.影响奶牛乳尿素氮的主要因素研究进展[J].畜牧与饲料科学,2019,40(4):79-83.
- [29] WANAPAT M, POLYORACH S, CHANTHAKHOUN V, et al. Yeast-fermented cassava chip protein (YEFECAP) concentrate for lactating dairy cows fed on urea-lime treated rice straw[J]. Livestock Science, 2011, 139(3):258-263.
- [30] WANG S Y, ZHANG X Y, SU H, et al. The influence on the milk yield and milk composition of the cows after feeding with the sweet sorghum straw fermented by the compound microbial agent in bags[J]. Advanced Materials Research, 2013, 690/691/692/693:1410-1413.
- [31] 卢慧.微生物发酵饲料对奶牛生产性能和饲粮养分表观消化率的影响[J].工程技术研究,2017(9):254,256.
- [32] 刘艳新,刘占英,倪慧娟,朱明达,胡建华.微生物发酵饲料的研究进展与前景展望[J].饲料博览,2017(2):15-22.
- [33] 张进红,王桂柱,王洁.复合微生态制剂对奶牛泌乳性能和乳品质的影响[J].畜牧与兽医,2017,49(3):39-42.

Effects of Fermented Wheat Distiller's Grains on Milk Yield and Milk Quality of Lactating Cows

DAI Zhangchao¹ YAN Yibo¹ CHEN Meiqi¹ SHENG Huanyu¹ DING Xiaoling¹
HAO Shengping² WU Xiangmin² LI Lyumu^{1*}

(1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Nanqiao Cow Farm, Chuzhou 239063, China)

Abstract: The present study was conducted to investigate the effects of fermented wheat distiller's grains on milk yield and milk quality of lactating cows. A total of 180 Holstein dairy cows with parity 1 to 3, 180 days of lactation, similar average milk yield of (33.58 ± 7.44) kg and body weight were randomly divided into control group, trial group 1 and trial group 2. The control group was fed an original total mixed ration, each cow in trial group 1 and trial group 2 was fed a diet with 1 and 2 kg fermented wheat distiller's grains to replace the basic concentrate, respectively. The diets were calculated to be isonitrogenous and isoenergetic. The pre-test period was 4 days and the trial period was 24 days. During the trial period, the feed intakes of cows were recorded every day, the milk yields were measured every 6 days, and milk samples were collected every 8 days to determine the milk quality. The results showed that there was no significant difference in feed intake and milk yield among groups at all stages and throughout the experiment ($P > 0.05$), but milk yield in the trial group 1 was higher at all stages and throughout the experiment. There was no significant difference in milk composition between groups on days 8 and 16 ($P > 0.05$). On day 24, the milk urea nitrogen content in trial group 2 was significantly higher than that in control group and trial group 1 ($P < 0.05$). The results show that it is feasible to replace 1 kg of basic concentrate with isonitrogenous and isoenergetic fermented wheat distiller's grains in dairy cow diets, which can improve milk yield and milk quality to a certain extent. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(1):259-266]

Key words: fermented wheat distiller's grains; lactating cows; milk yield; milk quality