

不同酵母培养物对泌乳初期奶牛泌乳性能、表观消化率和血清生化指标的影响

摘要

试验目的

· 探究饲喂不同酵母培养物对泌乳初期奶牛泌乳性能、血清生化指标和表观消化率的影响。

试验方法

· 选取 45 头泌乳天数 20 ± 3 天，胎次 3.20 ± 0.84 的荷斯坦奶牛，分为三组，每组 15 个重复，每个重复 1 头牛。对照组饲粮中不添加酵母培养物，YC-1 组饲喂 1 号酵母培养物（某品牌）每头 30 g/d，YC-2 组饲喂 2 号酵母培养物（英惠尔百惠邦 4C）每头 30 g/d。

试验结果

· YC-1 组乳产量提高 0.95 kg/d ($P < 0.05$)，YC-2 组乳产量提高 1.25 kg/d ($P < 0.05$)，YC-2 组乳脂产量显著提高 ($P < 0.05$)。YC-2 组 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率均显著高于对照组 ($P < 0.05$)。YC-1 组和 YC-2 组的 BUN 浓度均显著提高 ($P < 0.05$)；YC-2 组 ALB 含量显著提高 ($P < 0.05$)。YC-1 组和 YC-2 组 GSH-Px 活性分别提高 0.67 umol/L ($P=0.09$) 和 0.73 umol/L ($P=0.07$)，均有升高的趋势 ($0.05 \leq P < 0.10$)。研究表明，饲喂 YC 可以提高泌乳初期奶牛乳产量，降低乳中 SCC，使血清中 BUN 含量上升，对提高奶牛抗氧化能力有积极作用。饲喂 YC-2 可以提高 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率，提高乳脂产量，使血清中 ALB 含量上升。



李胜利 教授 博士生导师
国家奶牛产业技术体系首席科学家
中国农业大学



泌乳初期奶牛饲喂 30 克酵母培养物（百惠邦 4C），提高了奶牛的日产奶量、乳脂产量、DM、CP、ADF、NDF 表观消化率。

1.25kg

日产奶量提高

随着人们健康意识的提高，相关法律法规的完善，抗生素逐渐退出了饲料添加剂的行列，人们对“无抗奶”的呼声愈发高涨。而酵母培养物（yeast culture, YC）作为一种新型微生态制剂，不产生抗性且饲喂后可提高动物的免疫力，是饲料添加剂研究的热点之一。研究表明，优质的YC可以增强动物抵抗负应激的能力，具有营养瘤胃微生物的作用，能提高其活性，促进增殖。奶牛泌乳初期干物质采食量（DMI）不能满足维持和泌乳的营养需要，机体能量负平衡。因此，采取营养手段增加泌乳早期奶牛的DMI对提高奶牛泌乳性能和维持机体健康具有重要意义。目前YC应用效果评价差异颇大，本文通过对泌乳初期奶牛饲喂不同YC，探究不同YC对泌乳初期奶牛泌乳性能，营养物质表观消化率和血清生化指标的影响，初步探讨YC的作用机理，为评估不同YC对泌乳初期奶牛的饲喂效果提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2020年6月~9月在北京顺义某牧场进行，预试期7天，正试期90天。试验牛饲养在同一圈舍，使用自动采食槽饲喂系统（roughage intake control system, RIC）进行饲喂。试验采用单因素方差设计，选取45头泌乳天数 20 ± 3 天，胎次 3.20 ± 0.84 ，体况相近的荷斯坦奶牛，按胎次、奶量平均分为三个处理组，每组15个重复，每个重复1头牛。对照组饲粮中不添加YC，YC-1组饲喂1号YC（简称YC-1）每头30 g/d，YC-2组饲喂2号YC（简称YC-2）每头30 g/d。

YC-1, YC-2二者均为酿酒酵母培养物，甘露聚糖含量分别为2.01%和2.03%。营养水平如表1所示。

表1 试验中所用YC的营养成分（DM基础）

项目	YC-1	YC-2
有机物 /%	88.20	89.50
粗脂肪 /%	1.51	2.80
粗蛋白 /%	16.82	16.26
中性洗涤纤维 /%	39.95	30.20
酸性洗涤纤维 /%	28.32	15.60
粗灰分 /%	11.80	10.50
钙 /%	0.53	0.30
磷 /%	0.54	0.76

注：营养成分均为实测值。

1.2 试验动物的饲养管理

RIC系统可自动记录每头牛每次的采食量，每天饲喂三次，自由饮水，每日机械化挤奶四次。因泌乳初期奶牛采食量变化较大，当每日剩料量不足5%时，增加适当的投料量，保证奶牛有较为充足的饲料供给。

1.3 试验日粮

试验牛全混合日粮（TMR）主要以苜蓿干草、玉米青贮、玉米、压片玉米、豆粕为原料，其中不含任何YC产品，三个处理组日粮除YC添加量不同外，其余全部相同。奶牛的日粮组成及营养水平见表2。

表2 日粮组成及营养水平（DM基础）

原料	配比 %	营养水平	数值
苜蓿干草	9.34	有机物 /%	88.35
苜蓿青贮	2.12	粗蛋白质 /%	15.18
玉米青贮	25.21	粗脂肪 /%	5.03
压片玉米	17.82	中性洗涤纤维 /%	23.85
玉米	12.73	酸性洗涤纤维 /%	16.16
脂肪粉	1.27	粗灰分 /%	11.65
3% 预混料	1.38	钙 /%	0.81
碳酸氢钙	0.64	磷 /%	0.42
豆粕	15.28	产奶净能 /(MJ/kg)	6.70
大豆皮	4.24		
玉米蛋白粉	2.55		
棉粕	6.37		
糖蜜	1.05		
合计	100		

注：1) 每干克预混料含有VA 370 000 IU, VD3 130 000 IU, VE 750 IU, Ca 110 g, Cu 550 mg, Zn 3400 mg, Mn 1800 mg, I 56 mg, Se 19 mg, Co 64 mg。

2) 产奶净能为计算值，其余营养成分均为实测值。

1.4 样品采集与指标测定

1.4.1 乳产量记录和乳成分

正试期通过牧场的挤奶系统记录每头牛每班次的乳产量。每15天采集奶样进行DHI分析，将早、中、下午三班采集的奶样按照4:3:3的比例混匀成50 mL，加入0.05 g重铬酸钾防腐剂送往北京奶牛中心，通过多功能乳成分分析仪进行DHI测定，检测指标包括体细胞数（SCC）、乳中尿素氮含量、乳脂率、乳糖率、乳蛋白率。

1.4.2 饲粮营养成分与表观消化率

试验期间每天通过RIC系统自动记录每头牛的DMI；每周采集一次各组的TMR，根据杨胜[3]的方法，测定样品中的干物质（DM）、粗蛋白（CP）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、粗脂肪（EE）、

酵母培养物反刍动物试验报告

粗灰分 (ASH)、酸不溶灰分 (AIA) 的含量。

试验最后三天，每组随机选取 5 头牛，采用直肠取粪法连续采集粪样 12 次，制备风干粪样以备分析。其中不添加酒石酸的粪样用于测定样品中 DM、NDF、ADF 以及 AIA 的含量，添加酒石酸的试剂用于测定粪中的 CP 含量。测定方法同样根据杨胜 [3] 饲料常规分析方法。用粪和饲料中的 AIA 作指示剂，计算营养物质的表观消化率，计算公式参照 Zhong 等 [4]，具体如下：

$$\text{表观消化率} = [1 - (\text{Ad} \times \text{Nf}) / (\text{Af} \times \text{Nd})] \times 100 \\ (1)$$

其中 Ad (g/kg) 为日粮中的 AIA 含量，Af (g/kg) 为粪中的 AIA 含量；Nd (g/kg) 为日粮中的某营养成分含量，Nf (g/kg) 为粪中对应的营养成分含量。

1.4.3 血清生化指标

在试验期间每隔 15 天，每组随机选取 5 头奶牛，晨饲后 2 小时使用红色采血管（无添加剂）尾静脉采血 10 mL，离心机 4℃ 离心（3 000 r/min, 20 min），分离血清，-20℃ 保存送往北京莱博泰瑞科技发展有限公司进行血清生化指标的测定。

1.5 统计分析

试验数据先通过 Excel2013 初步整理，然后导入 SPSS19.0 软件选择单因素方差分析，并选择 Duncan 氏方法进行多重比较，将显著性水平定为 P < 0.05，SPSS 分析数据结果表示为平均数 ± 标准差 (X ± SD)。

2 结果与分析

2.1 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛 DMI、乳产量和乳成分的影响

表 3 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛 DMI、乳产量和乳成分的影响¹⁾

项目	对照组	YC-1 组	YC-2 组
干物质采食量 /(kg/d)	21.70 ± 1.38	22.25 ± 2.22	22.52 ± 2.35
乳脂率 /%	3.73 ± 0.45	3.79 ± 0.52	3.81 ± 0.49
乳蛋白率 /%	3.22 ± 0.29	3.15 ± 0.24	3.16 ± 0.24
乳糖率 /%	5.27 ± 0.14	5.20 ± 0.27	5.19 ± 0.25
乳脂产量 /(kg/d)	1.43 ± 0.10b	1.47 ± 0.11 ^{ab}	1.49 ± 0.12 ^a
乳蛋白产量 /(kg/d)	1.27 ± 0.09	1.23 ± 0.11	1.25 ± 0.10
乳产量 /(kg/d)	38.01 ± 1.93 ^b	38.96 ± 2.17 ^a	39.26 ± 2.27 ^a
4% 乳脂校正乳 ²⁾ /(kg/d)	36.79 ± 2.16	37.58 ± 2.49	38.05 ± 2.68
能量校正乳 ³⁾ /(kg/d)	40.23 ± 2.34	40.53 ± 2.88	41.15 ± 2.84
饲料效率 ⁴⁾	1.69 ± 0.11	1.67 ± 0.18	1.68 ± 0.17
氮利用效率 ⁵⁾	0.38 ± 0.03 ^a	0.35 ± 0.04 ^b	0.36 ± 0.03 ^b
乳中尿素氮 /(mg/dL)	13.71 ± 4.03	13.05 ± 4.32	13.58 ± 4.12

注：1).a-b 表示组间差异显著或极显著 (Duncan's 检验, P < 0.05)，下表同。

2).4% 乳脂校正乳 (FCM)，4% FCM (kg) = (0.4 + 15 × 乳脂率) × 乳产量。

3). 能量校正乳 (ECM)，ECM (kg/d) = (0.327 × 乳产量) + (12.95 × 乳脂产量) + (7.2 × 乳蛋白产量)。

4). 饲料效率 = 4% FCM/DMI。

5). 氮利用效率 = (乳蛋白产量 ÷ 6.38) / (粗蛋白采食量 ÷ 6.25)。

由表 3 可知，YC-1 组与对照组相比，DMI 提高了 0.55 kg/d，YC-2 组与对照组相比，DMI 提高了 0.82 kg/d，但差异均不显著 (P > 0.05)；YC-2 组乳脂产量显著高于对照组 (P < 0.05)；YC-1 组乳产量提

高了 0.95 kg/d (P < 0.05)，YC-2 组乳产量提高了 1.25 kg/d (P < 0.05)；对照组氮利用效率显著高于 YC-1 组和 YC-2 组 (P < 0.05)。

2.2 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛表观消化率的影响

表 4 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛表观消化率的影响 (DM 基础, %)

项目	对照组	YC-1 组	YC-2 组
DM 表观消化率 /%	84.62 ± 1.01 ^b	84.83 ± 1.13 ^b	87.89 ± 2.35 ^a
CP 表观消化率 /%	65.7 ± 1.98 ^b	69.89 ± 2.39 ^{ab}	75.41 ± 5.33 ^a
NDF 表观消化率 /%	37.35 ± 4.23 ^b	43.18 ± 7.46 ^{ab}	53.18 ± 10.04 ^a
ADF 表观消化率 /%	38.69 ± 3.15 ^b	44.41 ± 9.96 ^{ab}	52.54 ± 9.93 ^a

由表 4 可知, YC-2 组 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率均显著高于对照组 ($P < 0.05$) , YC-1 组的 CP、NDF 和 ADF 表观消化率均高于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$) 。

2.3 饲喂不同 YC 对泌乳早期奶牛血清生化指标的影响
2.3.1 饲喂不同 YC 对泌乳早期奶牛能量代谢的影响
由表 5 可知, YC-1 组和 YC-2 组的血中尿素氮 (BUN) 浓度均显著高于对照组 ($P < 0.05$) ; YC-2

表 5 饲喂不同 YC 对泌乳早期奶牛能量代谢的影响

项目	对照组	YC-1 组	YC-2 组
催乳素 /(μ IU/mL)	148.27 ± 49.99	159.95 ± 51.19	135.58 ± 38.26
胰岛素 /(mIU/mL)	30.64 ± 8.96	31.22 ± 11.26	34.82 ± 9.38
血中尿素氮 /(mmol/L)	6.36 ± 0.97 ^b	7.77 ± 1.43 ^a	8.25 ± 1.78 ^a
白蛋白 /(g/L)	29.84 ± 1.95 ^b	30.52 ± 2.35 ^{ab}	31.4 ± 1.35 ^a
β -羟基丁酸 /(mmol/L)	0.32 ± 0.03	0.32 ± 0.04	0.33 ± 0.03
低密度脂蛋白 /(mmol/L)	2.94 ± 0.84 ^{ab}	2.69 ± 0.70 ^b	3.17 ± 0.50 ^a
甘油三酯 /(mmol/L)	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.05 ± 0.03
非酯化脂肪酸 /(umol/L)	32.58 ± 7.11	31.29 ± 5.46	31.82 ± 4.13
总胆固醇 /(mmol/L)	4.57 ± 1.27 ^{ab}	4.2 ± 1.15 ^b	4.95 ± 0.81 ^a

组白蛋白 (ALB) 含量显著高于对照组 ($P < 0.05$) ; YC-2 组总胆固醇 (TC) 和低密度脂蛋白 (LDL) 含量高于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$) , YC-2 组 TC 和 LDL 含量显著高于 YC-1 组 ($P < 0.05$) 。

2.3.2 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛肝功能指标的影响
由表 6 可知, YC-1 组和 YC-2 组在谷丙转氨酶、谷草转氨酶、碱性磷酸酶活性和总胆红素含量上与对照组相比没有显著性差异 ($P > 0.05$) 。

表 6 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛肝功能指标的影响

项目	对照组	YC-1 组	YC-2 组
谷丙转氨酶 /(U/L)	19.89 ± 6.05	19.83 ± 5.69	18.72 ± 4.79
谷草转氨酶 /(g/L)	57.15 ± 14.66	51.4 ± 11.76	55.16 ± 14.89
碱性磷酸酶 /(g/L)	39.2 ± 11.79	46.21 ± 24.43	38.17 ± 11.61
总胆红素 /(μ mol/L)	11.73 ± 3.48	10.69 ± 2.69	11.52 ± 3.66

2.3.3 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛免疫指标的影响

由表 7 可知, 与对照组相比, YC-1 组和 YC-2 组谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性分别提高了 0.67 umol/L ($P=0.09$) 和 0.73 umol/L ($P=0.07$) ,

均有升高的趋势 ($0.05 \leq P < 0.10$) ; YC-1 组和 YC-2 组免疫球蛋白 G (IgG) 含量分别提高了 0.14 mg/mL 和 0.24 mg/mL, 但差异均不显著 ($P > 0.05$) 。

酵母培养物反刍动物试验报告

表 7 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛免疫指标的影响

项目	对照组	YC-1 组	YC-2 组
超氧化物歧化酶 /(U/mL)	50.89 ± 3.55	50.34 ± 2.46	50.47 ± 4.19
谷胱甘肽过氧化物酶 /(umol/L)	5.70 ± 0.96	6.37 ± 2.12	6.43 ± 1.84
总抗氧化能力 /(U/mL)	10.02 ± 2.27	10.01 ± 2.39	10.32 ± 2.23
丙二醛 /(nmol/mL)	1.34 ± 0.18	1.27 ± 0.19	1.35 ± 0.17
免疫球蛋白 A/(ug/mL)	72.47 ± 7.48	71.98 ± 7.08	73.59 ± 9.66
免疫球蛋白 G/(mg/mL)	8.07 ± 1.33	8.21 ± 0.98	8.31 ± 1.18
免疫球蛋白 M/(mg/mL)	0.56 ± 0.06	0.55 ± 0.06	0.56 ± 0.06
γ-干扰素 /(pg/mL)	31.72 ± 3.06	32.85 ± 4.24	32.05 ± 3.98
白介素 -2/(pg/mL)	109.28 ± 12.55	108.89 ± 9.65	107.51 ± 11.3
白介素 -6/(ng/mL)	315.88 ± 60.51	316.94 ± 41.76	312.91 ± 46.83

3 讨论

3.1 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛 DMI 和表观消化率的影响

本试验结果表明，与对照组相比，YC-1 组和 YC-2 组奶牛的 DMI 分别提高了 0.55 kg/d 和 0.82 kg/d。YC-2 组的 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率均显著高于对照组。

Olagaray 等研究发现，饲喂 YC 可以减少产前奶牛两次进食之间的时间间隔，显著提高进食次数，且产后进食的时间间隔同样缩短，头胎牛的 DMI 提高了 1.2 kg 与对照组相比差异极显著，“少食多餐”也有助于 DMI 的增加，YC 所具有的发酵气味，能刺激奶牛的食欲，改善了饲料的适口性。闫碧川等 [7] 报道，在泌乳中后期奶牛饲粮中添加 500g YC，与对照组相比 DMI 提高了 0.82 kg/d，产奶量提高了 1.18 kg/d，DM 表观消化率提高了 5.47%，NDF 表观消化率提高了 3.05%。

本试验 DMI 和表观消化率研究结果与前人基本一致，DMI 的增加与 YC 中的核苷酸、氨基酸和肽等增味物质，以及脂类、醇类和有机酸等芳香物质有关，添加 YC 提高了饲料适口性；YC 本身含有一定量的消化酶和未知生长因子，并且能改善瘤胃内环境，提高瘤胃微生物的活性，提高纤维素酶和蛋白酶的活性，使纤维素、半纤维素和蛋白质的消化速度与利用效率提高。纤维素和半纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，且一些氨基酸以肽聚糖的形式存在于细胞壁中，微生物利用率较低，因此细胞壁的高效分解也可以间接提高瘤胃微生物植物细胞中的 CP 与碳水化合物的利用 [8]。所以饲喂 YC 后 NDF、ADF、CP 表观消化率提高，进而导致 DM 表观消化率的提高。YC-1 组和 YC-2 组表观消化率上的差异，可能是由于菌株或培养基成分不同，导致其发酵代谢产物和培养基中营养物质的差异，饲喂后对奶牛相关营养物质表观消化率的提升幅度有所不同。

3.2 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛乳产量与乳成分的影响

本试验中饲喂 YC-1 和 YC-2 显著提高了乳产量，饲喂 YC-2 显著提高了乳脂产量；与对照组相比，试验组氮利用效率降低；试验组奶牛的体细胞数 (SCC) 维持在相对较低的水平。

王卫正等报道，在奶牛饲粮中添加 3% 的 YC 可以提高奶牛乳产量、乳蛋白含量和乳脂率，降低 SCC，饲喂 YC 使纤维素和半纤维素消化率提高，为奶牛提供了更多乙酸用于合成乳脂，微生物蛋白含量升高，提供了更多蛋白质供奶牛合成乳蛋白。王典等 [10] 报道，在泌乳中后期奶牛饲粮中分别添加 6 种 YC，结果表明不同 YC 在提高乳产量、乳脂产量、乳蛋白产量和降低 SCC 上，均有一种或多种效果，但某两种 YC 在不同方面效果可能有很大差异，酵母细胞壁中的甘露寡糖有一定的抗原性，可以增强非特异性免疫，提高了奶牛的免疫力，使 SCC 降低并维持在较低水平。

本试验乳脂产量、乳产量结果与前人基本一致，饲喂 YC 在一定程度上提高了泌乳初期奶牛的 DMI 和纤维消化率，使奶牛从瘤胃中获取了更多的乙酸用于合成乳脂，一定程度上缓解了泌乳初期奶牛能量负平衡。而试验组氮利用效率降低，但 CP 表观消化率增加，可能是奶牛将摄入的氮用于沉积的部分增加，具体机制有待进一步研究。饲喂 YC 对降低奶牛 SCC 有促进作用，这与前人研究结果基本一致，YC 中的甘露寡糖增强了非特异性免疫，提高了奶牛的免疫力，降低了乳房被病原菌感染的几率。

3.3 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛氮代谢和脂代谢的影响

本试验中试验组 BUN 显著增高。Dolezal 等研究发现，饲喂 YC 对奶牛血中 Ca、P、Mg、Zn、Mn 和 Se 含量并无明显变化，而 BUN 浓度增高，其认为可能是瘤胃可降解蛋白质增多导致的。本试验研究结果与前人一致，BUN 的增加可能是由于瘤胃中微生物分解 CP 速率提高，氨的浓度上升，经瘤胃壁吸收后运送至肝脏，合成更多尿

素，导致 BUN 浓度上升。本试验中试验组 ALB 含量的升高可能是由于奶牛摄入的蛋白质增加所致。

本试验中，与对照组相比，YC-2 组 LDL 和 TC 含量升高。Masek 等报道，饲喂奶山羊 YC，其血中非酯化脂肪酸和 β -羟基丁酸含量下降，TC、LDL、甘油三酯、极低密度脂蛋白和高密度脂蛋白含量无明显变化。本试验与前人研究结果不尽相同，可能是 YC 类型、奶牛泌乳时期和试验环境差异造成的。LDL 含量的增加与胆固醇合成量增加呈正相关关系，LDL 可以与胆固醇结合形成低密度脂蛋白胆固醇，通过这种方式将胆固醇从肝脏运往外周组织。奶牛获取胆固醇的方式主要依赖于内源胆固醇合成，而内源胆固醇合成需要经过 30 余步酶促反应，是高耗能过程，饥饿状态将会限制奶牛胆固醇的合成。因此，奶牛饲料表观消化率的显著提高，奶牛可以从饲粮中

获取充足的能量，是 YC-2 组 TC 升高的原因，进而导致 LDL 升高。

3.4 饲喂不同 YC 对泌乳初期奶牛免疫力的影响

GSH-Px 可维持与保护细胞膜的完整性，使其免受过氧化物的侵害。IgG 在抗感染中发挥重要作用，参与再次免疫应答。本试验中，YC-1 组和 YC-2 组 GSH-Px 活性与对照组相比有升高的趋势，IgG 含量分别提高了 0.14 mg/mL 和 0.24 mg/mL。

YC 中除了含有维生素 B2，还含有一定量的 GSH，为 GSH-Px 催化还原型 GSH 氧化，生成氧化型 GSH 提供了底物，饲喂 YC 对增强奶牛抗氧化能力有积极作用。单强等报道，饲喂 YC 后奶牛血清中 IgG 含量提高，饲喂 YC 有利于提高奶牛免疫力。

结 论

饲喂 YC 可以提高乳产量，降低乳中 SCC。饲喂 YC-2 可以提高泌乳初期奶牛 DM、CP、NDF 和 ADF 表观消化率，提高乳脂产量。饲喂 YC 使奶牛从饲料中获得了更多能量，在一定程度上缓解了奶牛在泌乳初期的能量负平衡。饲喂 YC 可以使泌乳初期奶牛血清中 BUN 含量上升，饲喂 YC-2 可以使 ALB 含量上升。饲喂 YC 有增强奶牛血清中 GSH-Px 活性的趋势，对提高奶牛抗氧化性能有积极作用。