

# 江苏某奶牛场荷斯坦牛泌乳初期乳成分分析

孙鹏翔<sup>1</sup>, 陆小男<sup>1</sup>, 王伟<sup>2</sup>, 葛小男<sup>3</sup>, 顾建鸣<sup>1</sup>, 毛永江<sup>4\*</sup> (1. 苏州市吴中区角直动物防疫站, 江苏苏州 215127; 2. 苏州吴中区动物卫生监督所, 江苏苏州 215104; 3. 苏州市吴中区角直沪淞奶牛场, 江苏苏州 215127; 4. 扬州大学动物科学与技术学院, 江苏扬州 225009)

**摘要** [目的] 为泌乳奶牛牛群的管理、营养调控、保证生鲜乳质量等方面提供理论依据。[方法] 对江苏某奶牛场荷斯坦泌乳初期奶牛产奶量及乳成分含量进行测定, 分析中国荷斯坦奶牛群在不同泌乳月、胎次和产奶量等条件下乳成分及各成分间相关性。[结果] 该农场中国荷斯坦牛在泌乳初期泌乳月份对乳中常规乳成分及酸度具有显著影响。产奶量对泌乳初期乳成分含量有明显影响。泌乳早期乳中常规营养成分及滴定酸度间存在一定的相关性, 乳脂肪与密度呈显著负相关, 非脂乳固体与密度、冰点以及乳蛋白存在显著正相关。[结论] 该研究为奶牛生产实践提供一定参考依据。

**关键词** 荷斯坦奶牛; 乳成分; 产奶量; 泌乳初期

**中图分类号** S823.9<sup>+</sup>1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)11-03284-03

## Analysis of Milk Composition Changes in Holstein Dairy Cows during Early Lactation

SUN Peng-xiang, MAO Yong-jiang et al (Luzhi Animal Epidemic Prevention Station of Wuzhong District in Suzhou City of Jiangsu Province, Suzhou, Jiangsu 215127; College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

**Abstract** [Objective] The research aimed to provide theoretical basis for the management of dairy cow herd and nutritional regulation, ensuring the quality of raw milk. [Method] The milk yield and component content of Holstein dairy cows in a dairy farm of Jiangsu Province were determined, and the correlations between milk component content and other components of Holstein dairy cows under the conditions of lactation months, fetal parity and milk yield were analyzed. [Result] The lactation months in early lactation period of Holstein dairy cows in this dairy farm had significant effects on the routine milk composition and acidity of milk. Milk yield had significant effects on the content of milk components in early lactation period. There was a correlation between routine nutritional components and acidity in early lactation period. There was a significantly negative correlation between milk fat and milk concentration. There was a significantly positive correlation between the non-fat solids content and concentration, freezing point and milk protein. [Conclusion] The research provided some reference basis for the production practice of dairy cows.

**Key words** Holstein dairy cows; Milk component; Milk yield; Early lactation period

乳是人类的理想天然食品之一, 被营养学家称为“接近完善的食品”。乳中的成分十分复杂, 主要包括水分、脂肪、蛋白质、乳糖、无机盐类、磷脂、酶、维生素、免疫相关因子、色素以及其他的微量成分。正常牛奶的成分大致是稳定的, 水分占 86%~89%, 干物质占 11%~14%, 脂肪占 3%~5%, 蛋白质占 2.7%~3.7%, 乳糖占 4.5%~5.0%, 无机盐类占 0.6%~0.75%, 各组成成分含量在一定范围内变动, 其中脂肪变动量大, 蛋白质次之, 乳糖的含量则很少有变化。乳中各成分之间存在着一定程度的相关性。高树新等<sup>[1]</sup>研究表明奶牛产奶量与乳蛋白率、乳脂率呈极显著负相关( $P < 0.01$ ), 乳蛋白率与乳脂率呈极显著的正相关( $P < 0.01$ ), 牛奶的蛋白质含量随体细胞数的升高而增加, 二者呈显著正相关<sup>[2]</sup>。邱才英等<sup>[3]</sup>报道牛奶体细胞数增加将引起奶牛产奶量下降, 二者呈负相关, 并且相关性达到极显著水平。

影响奶牛产奶量和乳成分的因素很多, 主要包括遗传和环境因素。据测定, 乳成分的遗传力很低, 乳脂和乳蛋白质的遗传力分别为 0.117 和 0.121<sup>[4]</sup>, 因此品种和个体差异是造成牛奶中各成分含量变化的主要因素, 其次外界环境因素对牛乳成分的影响也很大, 如季节、奶牛饲料、日粮组成、挤

乳次数、泌乳时期、内分泌以及奶牛的健康状况等<sup>[5]</sup>。产奶量、乳成分等指标等在不同季节、不同奶牛胎次的变化规律, 长期以来主要通过 DHI 测定获得, 并将分析结果用于奶牛育种及指导生产<sup>[6]</sup>。其中, 生乳中的主要乳成分指标(如干物质率、乳脂率、乳蛋白率及乳糖率)的高低及其变化, 不仅反映了奶牛自身的泌乳特性、营养状态, 而且反映了季节的变化, 并最终影响到牛乳的售出价格, 加工奶粉需要的原料乳数量<sup>[7]</sup>。只有从奶牛饲养技术本身出发, 了解乳成分的形成、变异和与相关指标的关系, 通过精细饲养管理及精准营养的调控, 尽可能提高原料乳的品质和数量, 保证奶业养殖企业及奶农的自身利益, 进而保证加工企业的利益, 才能维护奶业生产链的良性发展。因此, 深入调查我国奶牛养殖环节的生产现状, 分析不同胎次、不同季节牛乳中包括干物质在内的乳指标的变化规律, 为实施饲养管理及营养调控提供理论依据具有战略意义。笔者选择南方地区典型奶牛良种场, 以相同饲养背景和相同方法获得样本的 DHI 测定数据为基础, 分析中国荷斯坦奶牛群在泌乳月、胎次和产奶量水平等条件下乳成分及各成分间相关性, 以为泌乳奶牛牛群的管理、营养调控、保证生鲜乳质量等方面提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 以江苏省某奶牛场中国荷斯坦牛为研究对象, 选择体况相近、健康的成年泌乳牛 100 头, 胎次为 2~3 胎, 且这些牛都于 2013 年 9 月产犊, 因此 2013 年 10 月、11 月、12 月分别为该群牛的第 1 个泌乳月、第 2 个泌乳月和第 3 个泌乳月。

**基金项目** 苏州市吴中区科技计划(WN201217); 江苏省苏北专项(BN2013038); 徐州市科技计划资助项目。

**作者简介** 孙鹏翔(1981-), 男, 江苏丹阳县人, 硕士研究生, 研究方向: 畜牧兽医技术推广。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事牛生产学与动物遗传资源评价、保护与利用。

**收稿日期** 2014-03-03

**1.2 奶牛的饲养管理** 奶牛为散放式管理,泌乳奶牛采用全混合日粮(Total mixed ration, TMR)饲喂。不同泌乳期的奶牛使用相同的 TMR 配方,但通过自由采食满足对营养需求量的差异。制作 TMR 日粮分为 2 部分,其中精料补充料的配方为:玉米 52%、小麦麸 8%、次粉 10%、豆粕 13%、棉籽粕 5%、菜籽粕 5%、骨粉 1%、食盐 1% 和预混料 5% (含微量元素、维生素、酵母培养物等);随后精料补充料与青贮玉米、干草、糟渣类饲料通过饲料搅拌机制成 TMR。按照不同饲喂状态计算 TMR 配方:精料补充料 19%、玉米青贮 50%、干草 10%、酒糟 DDGS 21%。每头奶牛提供 45 kg TMR 投料,并保证奶牛每天至少有 20 h 能采食到饲料。采用管道式挤奶,每天 6:00、14:00 和 20:00 各挤奶 1 次,人工清粪。

**1.3 样品采集** 分别于 2013 年 10 月 10 日、11 月 10 日和 12 月 10 日早、中、晚挤奶时使用流量计取样,每次取样共 150 ml,每头奶牛分别按 4:3:3 的比例分别取早上、中午、晚上采集的样品各 40、30、30 ml,均匀混合共 100 ml 以代表全天样。其余的样品用于测定酸度以及用于乳房炎的判定。

**1.4 性能测定** 在取奶样当天,使用浙江大学生产研发的 MILKWAY-II 型乳成分自动分析仪测定样品中的各种常规乳成分含量,主要包括脂肪、非脂乳固体、密度、冰点、蛋白质。滴定酸度以酚酞为指示剂,用 0.1 mol/L NaOH 进行滴定。同时,使用 BMT(北京亚临床乳房炎快速诊断液)进行了乳房炎测定。

**1.5 数据统计与分析** 利用 SPSS 软件中的 GLM 过程分析泌乳月、胎次、产奶量对乳成分的影响,同时采用 Duncan 法进行多重比较。另外,利用相关分析子程序分析不同乳成分之间的相关性。

## 2 结果与分析

**2.1 不同泌乳月乳成分的变化** 对不同泌乳月乳成分及酸度进行最小二乘法分析,结果表明泌乳初期泌乳月对脂肪及酸度具有显著影响。多重比较表明,第 3 个泌乳月脂肪含量显著高于第 2 个泌乳月( $P < 0.05$ ),同时第 1 个泌乳月的酸度值显著低于第 2 和第 3 泌乳月( $P < 0.05$ ),其余指标(如非脂乳固体、密度、冰点以及蛋白质)间显著不差异( $P > 0.05$ )。

表 1 不同泌乳月乳成分的变化

泌乳月	乳脂肪含量//%	非脂乳固体//%	密度//g/ml	冰点//°C	蛋白质含量//%	酸度//°T
第 1 个泌乳月	4.0 ± 1.21ab	8.95 ± 0.37	1.029 6 ± 0.32	-0.058 1 ± 0.011	3.20 ± 0.15	20.4 ± 0.34a
第 2 个泌乳月	3.93 ± 1.16a	8.85 ± 0.29	1.029 4 ± 0.67	-0.057 9 ± 0.012	3.21 ± 0.11	18.4 ± 0.20b
第 3 个泌乳月	4.52 ± 1.08b	8.90 ± 0.35	1.029 0 ± 0.90	-0.058 0 ± 0.010	3.20 ± 0.13	18.7 ± 0.22b

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

**2.2 胎次对乳成分的影响** 由于样本量不大以及处于泌乳初期,选取的试验对象中国荷斯坦奶牛只有 2、3 胎次。不同

胎次与各乳成分进行最小二乘法分析表明,第 2 胎和第 3 胎所有乳成分指标间差异均不显著( $P > 0.05$ )(表 2)。

表 2 不同胎次乳成分的变化

胎次	乳脂肪含量//%	非脂乳固体//%	乳密度//g/ml	冰点//°C	蛋白质含量//%
2	4.11 ± 1.14	8.90 ± 0.36	1.029 4 ± 0.080	-(0.058 1 ± 0.011)	3.22 ± 0.13
3	4.35 ± 1.23	8.90 ± 0.27	1.029 2 ± 0.070	-(0.057 9 ± 0.013)	3.24 ± 1.12

**2.3 产奶量对乳成分含量的影响** 根据本研究实际数据,将产奶量分成 3 组(10 ~ 25 kg、25 ~ 40 kg、> 40 kg),并对 3 组产奶量范围与不同乳成分进行最小二乘法分析,结果表明

产奶量大于 40 kg 的奶牛乳中非脂乳固体、密度、冰点以及蛋白质含量显著低于其他 2 个组,而产奶量为 10 ~ 25 kg 的奶牛乳中脂肪含量显著高于其他组(表 3)。

表 3 产奶量对乳成分含量的影响

产奶量//kg	乳脂肪含量//%	非脂乳固体//%	密度//g/ml	冰点//°C	蛋白质含量//%
10 ~ 25	4.73 ± 1.24a	9.02 ± 0.44b	1.029 3 ± 0.017	-0.058 5 ± 0.016 b	3.27 ± 0.16 b
25 ~ 40	3.99 ± 1.05b	8.87 ± 0.28 b	1.029 4 ± 0.015	-0.058 0 ± 0.012 b	3.22 ± 0.11 b
> 40	3.64 ± 1.10b	8.68 ± 0.21a	1.028 9 ± 0.013	-0.056 9 ± 0.014 a	3.13 ± 0.08 a

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 4 各乳成分间的相关系数

乳成分	非脂乳固体	乳密度	冰点	蛋白质
脂肪	0.092	-0.560**	-0.170	0.142
非脂乳固体		0.773**	0.959**	0.973**
乳密度			0.906**	0.718**
冰点				0.917**

注:\*\*表示相关性达到极显著水平( $P < 0.01$ )。

**2.4 泌乳初期乳成分之间的相关性** 从表 4 可以看出,脂肪与密度呈显著负相关,非脂乳固体与密度、冰点以及蛋白质都存在显著正相关,密度与冰点 FP、蛋白质也存在显著正相关,冰点与蛋白质存在显著正相关。

## 3 讨论与结论

乳牛分娩后,从开始泌乳至泌乳结束,称为 1 个泌乳期。一般 1 个泌乳期为 305 d,即约 10 个泌乳月,泌乳月不同,乳成分含量不同。乳成分在整个泌乳期处于持续的变动中,最大的变动在分娩前后的几个小时内。在妊娠期,原初乳在乳腺中不断积累,至分娩时形成初乳。初乳富含钙、镁、磷和氯等无机离子,但钾离子含量低。结果表明,牛初乳中铁含量是其常乳的 1 017 倍,高水平的铁有利于初生犊牛红细胞中血红蛋白的快速增加<sup>[8]</sup>,不同泌乳时期乳中乳蛋白、乳糖、乳脂、无机物和维生素的含量不同,而乳脂的组成也存在一定

差异。马占峰等<sup>[9]</sup>对哈尔滨市周边地区奶牛场奶牛产奶周期进行研究表明,在泌乳期头1~2个月乳脂率含量较低,此后随着泌乳期的进展,乳脂率呈上升趋势,这与产奶量的变化趋势刚好相反<sup>[10]</sup>。笔者主要从前3个泌乳月出发,测定泌乳早期的各种常规乳成分含量,并进一步分析这3个不同泌乳月对常规乳成分含量的影响,结果发现乳脂肪发生显著变化,第3个泌乳月的乳中脂肪含量显著较高,由此可见该荷斯坦牛泌乳前期3个月的乳成分具有明显的变化。

胎次对乳成分变异的影响,在奶牛上未见相关报道。Michiru等<sup>[11]</sup>研究了荷斯坦奶牛的泌乳阶段、胎次对牛奶中皮质醇浓度的影响,但不涉及乳成分。Sevi等<sup>[12]</sup>研究了不同胎次对科米萨尼亚母羊的乳产量、乳成分及体细胞数等指标的影响,结果发现胎次对乳产量影响不显著,但第3胎的乳蛋白、酪蛋白及乳脂肪显著高于第1和2胎。熊本海等<sup>[13]</sup>研究发现乳蛋白率最高出现在第2胎,其后随着胎次的增加显著下降,可能是因为饲养管理及健康问题从而导致乳品质的下降,甚至达不到生鲜乳收购标准。该研究发现第2胎和第3胎之间的乳成分含量没有显著差异,这可能是由于样本量较小,而进一步确定需要在大量分析其他养殖场的的数据后进行证实。

研究发现不同乳成分之间存在一定的相关性。高树新等<sup>[1]</sup>研究表明乳蛋白率与乳脂率呈极显著的正相关。吴蓬春等<sup>[14]</sup>认为在对乳脂率的影响因素中,乳蛋白作用程度最大且为正作用。张丽萍等<sup>[15]</sup>研究表明乳脂率与干物质含量间存在较强的正相关,相关系数为0.77。笔者对中国荷斯坦牛泌乳早期乳中常规营养成分与滴定酸度间的相关性分析表明乳脂肪与密度呈显著的负相关,非脂乳固体与密度、冰点以及乳蛋白都存在显著的正相关,密度与冰点、乳蛋白也存在显著的正相关,冰点与乳蛋白存在显著的正相关。毛永江等<sup>[16]</sup>研究发现泌乳初期的乳中蛋白质含量与固形物含量和密度,固形物含量与乳脂率和密度间呈极显著相关( $P < 0.01$ ),乳脂率与乳中蛋白质含量及密度呈显著相关( $P < 0.05$ ),这说明乳中各成分间都存在密切关系,但变化趋势

不完全一致。这可能与3个月的季节及温度不同有关。

该牛场中国荷斯坦牛在泌乳初期泌乳月对乳中常规乳成分及酸度具有显著影响;产奶量高低对泌乳初期乳成分含量具有明显的影响。泌乳早期乳中常规营养成分及滴定酸度间存在一定的相关性,乳脂肪与密度呈显著的负相关,非脂乳固体与密度、冰点以及乳蛋白存在显著正相关。

## 参考文献

- [1] 高树新,王国富,邵志文,等.泌乳月份及部分乳成分与牛乳中体细胞数关系的相关性研究[J].中国乳品工业,2007,35(12):10-12.
- [2] 王芳,胡松华.体细胞含量与牛奶质量的关系[J].中国奶牛,2005(4):51-52.
- [3] 邱才英,范兰春.荷斯坦牛产后20d内牛奶的检测分析[J].乳业科学与技术,2003(1):26-28.
- [4] MARKS ASELTINE.通过管理改善牛奶的干物质含量(刁其玉译)[J].国外畜牧学—草食家畜,1990(3):38.
- [5] ISAACS A, LINDENMANN J. Virus interference. I. The interferon [J]. Proc R Soc Lond B Biol Sci, 1957, 147(927): 258-267.
- [6] 马云,邹建波,王恒. DHI 体系及其在奶牛饲养管理中的应用[J]. 黄牛杂志, 2002, 28(6): 22-27.
- [7] PULINA G, UDDA A, BATTACONE G, et al. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk [J]. Anim Feed Sci Technol, 2006, 131: 255-291.
- [8] 肖培卫,蔡永华,汪海云.奶牛无公害阶段饲养技术的研究[J].黑龙江畜牧兽医(综合指导版),2011(10):65-67.
- [9] 马占峰,刘洪芳.影响牛奶成分的因素[J].中国奶牛,2012(1):44-46.
- [10] 张兰威.无公害乳制品加工综合技术[M].北京:中国农业出版社,2003:60-61.
- [11] MICHIRU F, HIDEHARU T, TAKAMI K, et al. Effect of lactation stage, season and parity on milk cortisol concentration in Holstein cows [J]. Livestock Science, 2008, 113(2/3): 280-284.
- [12] SVEI A, TAIBI L, ALBENZIO M, et al. Effect of parity on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of Comisana ewes [J]. Small Ruminant Research, 2000, 37(1/2): 99-107.
- [13] 熊本海,马毅,庞之洪,等.天津市中国荷斯坦牛奶乳成分变化规律及模型[J].中国农业科学,2012,45(23):4891-4897.
- [14] 吴蓬春,田可川,孙燕飞,等.牛奶主要经济性性状相关性研究[J].新疆畜牧业,1989(4):15-19.
- [15] 张丽萍,金俊浩.牛乳中脂肪、密度、干物质之间的相关关系测算[J].中国乳品工业,1999(2):15-17.
- [16] 毛永江,杨章平,王杏龙,等.中国荷斯坦牛泌乳早期乳常规成分变化规律的研究[J].中国奶牛,2005(1):55-57.

(上接第3283页)

## 参考文献

- [1] CUNA R H D, VAZQUEZ G R, PIOL M N, et al. Assessment of the acute toxicity of the organochlorine pesticide endosulfan in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes) [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2011, 74: 1065-1073.
- [2] 顾宝根,王慧敏,陈隆智,等.高效氯氟氰菊酯在稻田使用后对水生生物的安全性研究[J].农药学报,2006,8(1):56-60.
- [3] 张林霞,夏晓华.高效氯氟氰菊酯对大鳞副泥鳅急性毒性和生理毒性的影响[J].四川动物,2013,32(4):560-562.
- [4] 李翠萍,吴民耀,王宏元.3种半致死浓度计算方法之比较[J].动物医学进展,2012,33(9):89-92.
- [5] 雷衍之.养殖水环境化学[M].北京:中国农业出版社,2003:194.
- [6] SIANG H Y, YEE L M, SENG C T. Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behavior and some hematological parameters of Asian swamp eel (*Monopterus albus*, Zuiew) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2007, 89: 46-53.
- [7] FERRANDA M D, SANCHE E, ANDREU - MOLINER E. Comparative acute toxicities of selected pesticides to *Anguilla Anguilla* [J]. Journal Environmental Science and Health B, 1991, 26: 491-498.
- [8] KEGLEY S E, HILL B R, ORME S, et al. PAN Pesticide Database. Pesticide Action Network, North America (San Francisco, CA) [DB/OL]. http://www.pesticideinfo.org.
- [9] 胡国成,甘炼,吴天送,等.硫丹对斑马鱼的毒性效应[J].动物学杂志,2008,43(4):1-6.
- [10] 武焕阳,靳涛,丁诗华.硫丹对草鱼鱼种的急性毒性效应[J].水产科学,2012,31(1):37-40.
- [11] CAPKIN E, ALTINOK I, KARAHAN S. Water quality and fish size affect toxicity of Endosulfan, an organochlorine pesticide, to rainbow trout [J]. Chemosphere, 2006, 64: 1793-1800.
- [12] PANDEY S, NAGPURE N S, KUMAR R, et al. Genotoxicity evaluation of acute doses of endosulfan to freshwater teleost *Channa punctatus* (Bloch) by alkaline single cell gel electrophoresis [J]. Ecotoxicol Environment Safety, 2006, 65: 56-61.
- [13] 王彦美,付荣恕.高效氯氟氰菊酯对黄鳝的急性毒性作用[J].安徽农业科学,2008,36(12):4999-5000.
- [14] 夏晓华,张林霞,赵炫超,等.高效氯氟氰菊酯对泥鳅的急性毒性及遗传毒性[J].贵州农业科学,2013,41(3):105-107.
- [15] EDWARDS R, MILLBURN P, HUTSON D H. The toxicity and metabolism of the pyrethroids cis- and trans-cypermethrin in rainbow trout, *Salmo gairdneri* [J]. Xenobiotica, 1987, 17(10): 1175-1193.
- [16] 张征,李今,梁斌,等.拟除虫菊酯杀虫剂对水生系统的毒性作用[J].长江流域资源与环境,2006,15(1):125-129.