

不同牛场春季和夏季牛奶中 IgA、IgM 和乳铁蛋白的调查

杨晋辉 张军民 卜登攀 周凌云 杨永新 马露 张娟霞

中国农业科学院北京畜牧兽医研究所/动物营养学国家重点实验室, 北京 100193

摘要 分别在北京、滁州、哈尔滨、呼和浩特、乌鲁木齐、西安 6 个地区选取采样牛场进行春季和夏季采样, 测定乳中 IgA、IgM、乳铁蛋白和 SCC, 数据采用 SAS 8.0 进行描述统计和相关性分析, 并以牛场、季节为主效应进行方差分析, 研究牛奶中免疫球蛋白 IgA、IgM 和乳铁蛋白统计特征, 及其随体细胞计数(SCC)的变化趋势。结果显示: 乳中 IgA、IgM、乳铁蛋白浓度呈对数正态分布; 不同牛场牛奶中的 IgA、IgM、乳铁蛋白差异较大, 春季和夏季牛奶中 IgM 和乳铁蛋白含量变化显著, 但 IgA 和 SCC 无显著差异。乳中 IgA、IgM、乳铁蛋白(对数形式)以及体细胞评分(SCS)之间呈极显著的正相关, 并且随 SCS 的升高, IgA、IgM 和乳铁蛋白含量(对数形式)均呈现上升趋势。

关键词 牛奶; IgA; IgM; 乳铁蛋白; 季节; 体细胞计数

中图分类号 TS 252.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)03-0094-05

牛奶中的免疫球蛋白有非常重要的作用: 新生犊牛在出生 48 h 内会通过吸吮初乳来获得被动免疫; 其在人类肠道内可以有效抑制致病微生物, 并且消化后的免疫蛋白部分仍可以进入机体发挥免疫活性。不同于人类和其他哺乳动物, 牛乳中的 IgG 含量较高; 乳铁蛋白可以通过与细菌表面的特异性受体结合而阻断细菌对铁的吸收, 抑制细菌生长^[1]。虽然乳腺可以局部合成 IgG, 但大部分 IgG 是通过与乳腺细胞上的特异性转移受体结合, 由血液进入乳汁。其他免疫球蛋白, 如 IgA, 则主要由腺泡附近的 B 细胞接受免疫刺激后合成, 经多聚免疫球蛋白受体转运, 最终分泌至乳中^[2]。乳铁蛋白来源于乳腺上皮细胞的合成, 这种合成作用在泌乳过程中会减弱。体细胞数(somatic cell count, SCC)指单位体积牛奶中的细胞总数, 用于监测奶牛乳房感染和乳房炎的发生, 主要包括巨噬细胞、嗜中性粒细胞、上皮细胞和单核细胞, 正常情况下巨噬细胞的比例较高, 约为 66%~88%^[3]。SCC 的变化受病原微生物、挤奶频率、畜群和奶牛个体等多种因素的影响^[3-6]。乳中 SCC 的升高伴随着酪蛋白水解物和白

蛋白的增加, 患乳房炎的奶牛牛乳中酪蛋白几乎全部水解, 乳清蛋白表达量增加^[7]。乳中的急性期蛋白、乳酸和乳铁蛋白与乳中 SCC 有较显著的正相关关系, 可以作为原乳质量的重要检测指标^[8]。先前的研究已经对乳中的免疫球蛋白、SCC 有了深刻的认识, 但很少有研究将两者联系起来, 而关于乳中免疫球蛋白水平受季节和牛场变化影响的研究也较少。本研究通过分析不同牛场春季和夏季乳中的免疫球蛋白 IgA、IgM 和乳铁蛋白的统计特征及其与 SCC 相关关系, 研究季节和牛场对牛奶免疫球蛋白、乳铁蛋白和 SCC 变化的影响。

1 材料与方法

1.1 样品采集

从北京、滁州、哈尔滨、呼和浩特、西安、乌鲁木齐地区选取养殖规模在 500 头以上的奶牛场, 采集泌乳日龄为 50~90 d, 胎次为 1~4 胎无疫病记录的中国荷斯坦奶牛奶样, 采样时间为春季(3~4 月)和夏季(7~8 月), 采样数量分别为北京奶牛场春季 87 头牛、夏季 77 头牛; 滁州奶牛场春季 28 头牛、夏季

收稿日期: 2012-09-11

基金项目: “十二五”科技支撑计划(2012BAD12B02)、动物营养学国家重点实验室自主研究课题(2004DA125184G1003)和现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项资金(CARS-37)

杨晋辉, 硕士研究生, 研究方向: 反刍动物营养. E-mail: 710593491@163.com

通讯作者: 卜登攀, 副研究员, 研究方向: 反刍动物营养. E-mail: burdenpan@gmail.com

25 头牛,哈尔滨奶牛场春季 27 头牛、夏季 32 头牛,呼和浩特牛场春季 17 头牛、夏季 30 头牛,西安奶牛场春季 22 头牛、夏季 29 头牛,乌鲁木齐奶牛场春季 30 头牛、夏季 29 头牛。北京、滁州、哈尔滨、呼和浩特、西安和乌鲁木齐牛场奶样按早中晚 4 : 3 : 3 混合,而哈尔滨奶牛场奶样按早晚 5 : 5 混合,混合后的奶样分为 2 份,1 份加入防腐剂后 4 °C 冷藏,用于体细胞数的测定,另 1 份冻存至 -20 °C 条件下用于免疫球蛋白 IgA、IgM 和乳铁蛋白的测定。

1.2 样品的测定

冷藏奶样在 40 °C 水浴约 20 min 后,利用瑞典 FOSS 公司生产的 Fossomatic 5000 体细胞测定仪测定牛奶中体细胞数,根据公式($SCS = \log_2(SCC/100\ 000) + 3$)转换为相应的体细胞评分(somatic cell score, SCS)^[9]。

将冷冻的奶样在常温下解冻后,3 000 r/min 离心 15 min 分离乳清和乳脂,将乳清稀释 500 倍和 1 000 倍,分别用于测定 IgM 和 IgA、乳铁蛋白,利用夹心 ELISA 定量试剂盒(Bethyl, Bovine IgA ELISA Quantitation Kit, Catalog NO. E10-121; Bovine IgM ELISA Quantitation Kit, Catalog NO. E10-101; Bovine Lactoferrin ELISA Quantitation Kit, Catalog NO. E10-126)测定牛奶中免疫球蛋白

IgA、IgM 和乳铁蛋白的绝对含量。

1.3 数据处理

原始数据经过 Excel 2007 整理后,导入 SAS 8.0 中,进行指标的描述统计分析;利用 GLM 模块分析季节和牛场的效应,采用 Duncan's 多重比较进行差异显著性检验;将乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白浓度经对数转化后,计算各指标之间的相关系数,并以 SCS 为依变量分别对各指标用 Nlin 程序拟合分段回归,将乳房可能出现感染状态(SCS=4)作为分段点 a 的初始值^[3], b1、b2 分别为分段点前后的变化速率,c 为截距。

2 结果与分析

2.1 牛奶中 IgA、IgM 和乳铁蛋白描述统计特征

原乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白的基本统计特征如表 1 所示。奶样中 IgA、IgM 和乳铁蛋白在原乳中的浓度变异范围较大,变异系数均大于 50%。3 个指标的偏度大于零,并且中位数小于平均值,这表明其分布呈正偏态;乳铁蛋白的峰度大于 3(峰度为 3 表示与正态分布相同),分布较为平缓;IgA、IgM 的分布则较为陡峭(峰度小于 3)。相应的 Kolmogorov-Smirnov 检验 P 值表明,原乳中的 IgA、IgM 和乳铁蛋白浓度均服从对数正态分布($P > 0.05$)。

表 1 原乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白统计特征

Table 1 Statistic feature of IgA, IgM and lactoferrin in raw milk

指标 Items	平均数/(mg/mL) Mean	标准差 S _d	范围/(mg/mL) Range	变异系数/% C. V.	中位数/ (mg/mL) Median	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	P 值 ¹⁾ P-value
IgA Immunoglobulin A	0.236	0.122	0.027~0.715	51.645	0.219	0.808	0.858	>0.15
IgM Immunoglobulin M	0.059	0.034	0.010~0.182	58.638	0.053	1.109	0.974	0.058
乳铁蛋白 Lactoferrin	0.058	0.044	0.007~0.274	75.716	0.046	1.873	4.538	0.073

1)表中 P 值为对数正态检验中 Kolmogorov-Smirnov 统计量的 P 值。P-values in table came from Kolmogorov-Smirnov statistics in Logarithmic normal distribution test.

2.2 不同牛场春季和夏季牛奶中 IgA、IgM、乳铁蛋白与 SCC 的变化

各牛场乳中的免疫球蛋白 IgA、IgM、乳铁蛋白随季节变化如表 2 所示,IgA、SCC 受季节变化影响不显著($P > 0.05$),但 IgM 和乳铁蛋白在春季和夏季的牛乳中的含量差异极显著($P < 0.01$);不同牛场乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白浓度差异极显著($P < 0.01$),但 SCC 差异不显著($P > 0.05$)。西安采样牛场乳中的 IgA 在夏天的水平低于春天,而乌鲁木齐采样牛场牛奶中的 IgA 在夏天会升高;北京、滁州、哈尔滨、呼和浩特采样牛场夏天牛奶中的 IgM 含量高于春天;乳铁蛋白在哈尔滨和乌鲁木齐采样

牛场夏天牛奶中的浓度高于春天,而呼和浩特采样牛奶变化相反;乳体细胞数在除呼和浩特外的多数牛场牛奶中并未出现显著变化。

2.3 乳中 IgA、IgM、乳铁蛋白和 SCS 相关分析

IgA、IgM、乳铁蛋白和 SCS 之间的相关系数如表 3 所示。表中所有变量之间均呈现极显著的正相关($P < 0.01$),相关系数均大于 0.2,而 IgA 与乳铁蛋白、SCS 与乳铁蛋白之间有中等的相关关系($r > 0.4$)。IgA、IgM、乳铁蛋白与 SCS 的关系及 IgA、IgM、乳铁蛋白与 SCS 的拟合分段回归的曲线参数如表 4、表 5 所示,IgA、IgM 和乳铁蛋白都会随 SCS 增加而增加。分段回归结果表明,IgA 随 SCS

表 2 不同牛场牛奶中乳铁蛋白、IgA 和 IgM 质量浓度在春季和夏季的比较¹⁾

Table 2 Comparison of lactoferrin, IgA and IgM concentration in raw milk from different farms between spring and summer

项目 Items	IgA/(mg/mL) Immunoglobulin A	IgM/(mg/mL) Immunoglobulin M	乳铁蛋白/(mg/mL) Lactoferrin	SCC/(10 ³ cell/mL) Somatic cell count	
春季 Spring	北京 Beijing	0.276 ab	0.050 cde	0.057 bc	550.3 ab
	滁州 Chuzhou	0.244 ab	0.049 cde	0.046 cd	311.8 b
	哈尔滨 Harbin	0.235 abc	0.038 e	0.060 bc	466.3 b
	呼和浩特 Hohhot	0.270 ab	0.058 c	0.086 a	932.6 a
	乌鲁木齐 Urumqi	0.157 d	0.045 cde	0.032 d	424.9 b
	西安 Xi'an	0.178 cd	0.045 cde	0.032 d	496.7 ab
夏季 Summer	北京 Beijing	0.295 a	0.097 a	0.074 ab	634.1 ab
	滁州 Chuzhou	0.220 bc	0.078 b	0.038 cd	663.5 ab
	哈尔滨 Harbin	0.181 cd	0.062 c	0.085 a	292.2 b
	呼和浩特 Hohhot	0.229 bc	0.097 a	0.043 cd	233.8 b
	乌鲁木齐 Urumqi	0.279 ab	0.041 de	0.077 ab	657.1 ab
	西安 Xi'an	0.092 e	0.057 cd	0.043 cd	513.1 ab
标准误 SEM	0.006	0.002	0.002	37.83	
P 值 P-value	季节 Season	0.97	<0.01	<0.01	0.94
	牛场 Farm	<0.01	<0.01	<0.01	0.60

1) 相同字母表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。No significant difference existed among values with same letters in the same row ($P>0.05$). The same as below.

表 3 IgA、IgM、乳铁蛋白以及 SCS 之间的相关系数¹⁾

Table 3 Correlation coefficient among IgA, IgM, lactoferrin and SCS

指标 Items	IgA(对数形式) Immunoglobulin A(log)	IgM(对数形式) Immunoglobulin M(log)	乳铁蛋白(对数形式) Lactoferrin(log)
SCS Somatic cell score	0.238	0.244	0.414
乳铁蛋白(对数形式) Lactoferrin(log)	0.419	0.241	
IgM(对数形式) Immunoglobulin M(log)	0.208		

1) 表中所有相关系数均为极显著($P<0.01$)。All of correlation coefficients in the table were highly significant ($P<0.01$).

表 4 乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白随 SCS 变化的情况(平均数±标准差)

Table 4 Variance of IgA, IgM and lactoferrin combined with SCS increase(expressed as mean±S_a)

SCS Somatic cell score	SCS≤2	2<SCS≤4	4<SCS≤6	6<SCS≤8	8<SCS
样品比例/% Ratio of samples	6.24	39.49	37.18	15.70	1.39
IgA(对数形式) Immunoglobulin A(log)	2.131±0.224 c	2.294±0.236 b	2.305±0.270 b	2.389±0.292 ab	2.515±0.193 a
IgM(对数形式) Immunoglobulin M(log)	1.595±0.181 c	1.644±0.267 bc	1.728±0.273 abc	1.778±0.257 ab	1.829±0.256 a
乳铁蛋白(对数形式) Lactoferrin(log)	1.449±0.318 c	1.576±0.262 bc	1.669±0.289 b	1.884±0.303 a	1.946±0.306 a

表 5 乳中 IgA、IgM 和乳铁蛋白随 SCS 变化的参数(平均数±标准差)

Table 5 Concentration variation parameters(mean±S_a) of IgA, IgM and lactoferrin combined with SCS increase

项目 Items	a	b1	b2	c
IgA * SCS	3.202±1.102	0.071±0.031	0.029±0.010	1.959±0.072
IgM * SCS	6.450±1.621	0.036±0.011	0.104±0.165	0.860±1.219
乳铁蛋白 * SCS Lactoferrin * Somatic cell score	7.091±2.909	0.079±0.010	0.052±0.095	0.945±0.583

增加的变化拐点 a 要小于 IgM 和乳铁蛋白, IgA 和乳铁蛋白随 SCS 变化增速放缓($b1>b2$), 而 IgM 的变化速率则会增加($b1<b2$)。

3 讨论

3.1 牛奶中 IgA、IgM 和乳铁蛋白含量

人类乳中免疫球蛋白含量约为 1.15 mg/mL, 以 IgA 为主, 反刍动物乳中的免疫球蛋白以 IgG 为主, 牛奶中 IgG1 和 IgG2 分别约占总免疫球蛋白的 73.0% 和 2.5%^[10], 其中 IgG1 在乳中的质量浓度为 0.322 mg/mL^[11]。山羊乳和骆驼乳中乳铁蛋白

含量分别为 0.120、0.229 mg/mL^[12-13], 本研究中, 牛奶中 IgA、IgM、乳铁蛋白的平均质量浓度分别为 0.233±0.122、0.059±0.034、0.058±0.044 mg/mL, IgA 和 IgM 的质量浓度与先前的报道一致, 但乳铁蛋白浓度稍低^[1-2]。由数据分布可知, IgA、IgM 和乳铁蛋白在牛奶中呈正偏态分布, 乳中的 IgG 也服从类似分布^[14]。牛奶中 IgA、IgM、乳铁蛋白含量的对数值经卡方检验后, 均服从正态分布^[1, 15-16], 这与本研究的结果一致。

3.2 影响乳中免疫球蛋白和乳铁蛋白含量的因素

乳中的免疫球蛋白和乳铁蛋白受到多种因素的

影响;Liu 等^[11]讨论了影响乳中 IgG1 转移因素。西班牙各地区牛奶中 IgG 含量并不一致,春天乳中 IgG 浓度要高于夏天^[14]。除了乳中的 SCC 与 IgA、IgM 浓度有较高的关联外,泌乳阶段也会显著影响乳中 IgM 的浓度,乳产量会对 IgA 起到一定的稀释作用^[16]。IgA 在年龄较大的奶牛乳中浓度较高,而 IgM 会随着胎次的增加呈现二次型变化,3 胎奶牛乳中浓度最高^[2]。山羊乳中的 IgM 和 IgA 浓度会随着每天挤奶次数的增加而降低^[17]。乳铁蛋白浓度与泌乳阶段、产奶量和乳蛋白之间有极显著的相关关系,乳铁蛋白会随着泌乳期的延长而升高,且产奶量越低,乳中乳铁蛋白含量越高^[1]。春夏季产犊牛奶中乳铁蛋白含量要明显高于秋冬季产犊的牛奶^[18]。我国规模牛场牛奶 SCS 在 7—8 月份要高于 3—4 月份,而夏季也要高于春季;除城郊牛场牛奶 SCS 较低外,地域分布对乳中 SCS 并无显著影响^[19]。本研究中,不同牛场牛奶中 IgA、IgM、乳铁蛋白差异较大,这可能与牛场的养殖水平、饲料、饲养环境有关。多数牛场牛奶中 SCS 受季节变化并无显著影响,这与前人研究结果一致^[19]。IgM 和乳铁蛋白在春季和夏季乳中含量差异显著,3 个牛场牛奶中 IgM 含量在夏季上升,而 IgA 和乳铁蛋白在各牛场牛奶中随季节变化的趋势并不一致,这可能与各牛场环境春夏季变化、奶牛机体免疫状况差异有关。

3.3 牛奶中 IgA、IgM、乳铁蛋白和 SCS 的相关性

奶牛乳房受到病原感染时,伴随着乳中体细胞数的上升,乳池、乳腺池、腺泡先后启动免疫因子的基因转录,并在 24 h 内出现了局部和系统免疫反应^[20],乳铁蛋白浓度在内毒素注射后 24~48 h 内迅速上升,并维持 3~5 d^[21],乳腺组织的特异分泌免疫球蛋白的浆细胞在感染后 1 周内数量上升,相应的 IgA、IgM 和 IgG 抗体效价上升^[22]。乳中的 IgG、IgA、IgM 与 SCS 都有显著的相关性,并且随 SCC 增加都有增加的趋势,但这种变化并不明显^[2,15],本研究中 IgM、IgA 与 SCS 的相关系数与上述研究一致,乳铁蛋白和 IgM、IgA 也有显著相关性,这可能与乳铁蛋白的特性有关,其较高的等电点使得其能够与分泌性 IgA、酪蛋白、乳清蛋白等大分子发生作用^[23]。受到趋化因子的作用,浆细胞从血液渗透至乳腺组织,其所分泌的 IgA 和 IgM 通过多聚免疫球蛋白受体(pIgR)转运至乳中^[2,10,24]。正常情况下,嗜中性粒细胞只占乳体细胞的 1%~11%,

但当有炎症发生时,这个比例会上升至 90%^[3],而中性粒细胞可以分泌乳铁蛋白,这也增强了乳腺内的杀菌作用。

牛奶中的体细胞数小于 100 000 个/mL(SCS=3)时,乳中无细菌生长,但当体细胞数高于 200 000 个/mL(SCS=4)时,乳房就存在被感染的可能性^[3]。由拟合分段回归结果可知,IgA 作为局部免疫的主体,其对 SCS 变化感应较为灵敏($a=3.20$),而 IgM 和乳铁蛋白在 SCS 为 6~7 时,才发生变化;IgM 在分段点后变化速率加快,而 IgA 和乳铁蛋白则变化相反,这可能与各免疫因子的分泌机制不同有关。

参 考 文 献

- [1] 程金波. 牛奶中乳铁蛋白含量变化及其影响因素的研究[D]. 北京:中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,2008.
- [2] 张春刚. 乳中 IgA 和 IgM 含量的变化及其影响因素的机理研究[D]. 扬州:扬州大学动物科技学院,2008.
- [3] PYÖRÄLÄ S. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis[J]. *Veterinary Research*, 2003, 34(5):565-578.
- [4] DE HAAS Y, BARKEMA H W, VEERKAMP R F, et al. The effect of pathogen-specific clinical mastitis on the lactation curve for somatic cell count[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(5):1314-1323.
- [5] 毛永江, 陈莹, 陈仁金, 等. 乳房炎对中国荷斯坦牛测定日泌乳性能及体细胞数变化的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2011, 42(12):1787-1794.
- [6] SCHEPERS A J, LAM T J, SCHUKKEN Y H, et al. Estimation of variance components for somatic cell counts to determine thresholds for uninfected quarters[J]. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80(8):1833-1840.
- [7] 杨永新, 王加启, 卜登攀, 等. 不同体细胞数牛乳中乳蛋白的比较蛋白质组学研究[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(12):2545-2552.
- [8] LINDMARK-MÄNSSON H, BRÄNNING C, ALDÉN G, et al. Relationship between somatic cell count, individual leukocyte populations and milk components in bovine under quarter milk[J]. *International Dairy Journal*, 2006, 16(6):717-727.
- [9] HARMON R J. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts[J]. *Journal of Dairy Science*, 1994, 77(7):2103-2112.
- [10] STELWAGEN K, CARPENTER E, HAIGH B, et al. Immune components of bovine colostrum and milk[J]. *Journal of Dairy Science*, 2009, 87(13):3-9.
- [11] LIU G L, WANG J Q, BU D P, et al. Factors affecting the transfer of immunoglobulin G1 into the milk of Holstein cows[J]. *The Veterinary Journal*, 2009, 182(1):79-85.
- [12] DRACKOVÁ M, BORKOVCOVÁ I, JANSTOVÁ B, et al. Determination of lactoferrin in goat milk by HPLC method[J]. *Czech Journal of Food Sciences*, 2009, 27(S):102-104.

- [13] KONUSPAYEVA G, FAYE B, LOISEAU G, et al. Lactoferrin and immunoglobulin contents in camel's milk (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*, and hybrids) from Kazakhstan [J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90(1): 38-46.
- [14] CONESA C, LAVILLA M, SANCHEZ L, et al. Determination of IgG levels in bovine bulk milk samples from different regions of Spain [J]. *European Food Research and Technology*, 2005, 220(2): 222-225.
- [15] 刘光磊. 奶牛乳腺 IgG 转运机理及免疫乳生产技术 [D]. 北京: 中国农业科学院北京畜牧兽研究所, 2008.
- [16] ZHAO S G, ZHANG C G, WANG J Q, et al. Association of production factors with milk IgA and IgM concentrations in normal lactating cows [J]. *Journal of Dairy Research*, 2010, 77(4): 481-486.
- [17] HERNÁNDEZ-CASTELLANO L E, TORRESA A, ALAVO-INE A, et al. Effect of milking frequency on milk immunoglobulin concentration (IgG, IgM and IgA) and chitotriosidase activity in Majorera goats [J]. *Small Ruminant Research*, 2011, 98(1/2/3): 70-72.
- [18] BRODZIAK A, BAR Ț OWSKA J, KRÓL J, et al. Effect of breed and feeding system on content of selected whey proteins in cow's milk in spring-summer and autumn-winter seasons [J]. *Annals of Animal Science*, 2012, 12(2): 261-269.
- [19] 周振峰, 王加启, 陈绍祜, 等. 我国规模牛场奶牛个体生鲜乳体细胞数水平及影响因素探析 [J]. *中国奶牛*, 2011(12): 21-27.
- [20] RINALDI M, LI R W, BANNERMAN D D, et al. A sentinel function for teat tissues in dairy cows: dominant innate immune response elements define early response to *E. coli* mastitis [J]. *Functional & Integrative Genomics*, 2010, 10(1): 21-38.
- [21] HUANG Y Q, MORIMOTO K, HOSODA K, et al. Differential immunolocalization between lingual antimicrobial peptide and lactoferrin in mammary gland of dairy cows [J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2012, 145(1/2): 499-504.
- [22] HODGKINSON A J, CARPENTER E A, SMITH C S, et al. Effects on adhesion molecule expression and lymphocytes in the bovine mammary gland following intra-mammary immunization [J]. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 2009, 131(1/2): 110-116.
- [23] 唐义国, 刘世清, 王胜祥. 乳铁蛋白的理化性质及其生物学功能 [J]. *畜牧兽医科技信息*, 2005(10): 64-65.
- [24] 杨光, 王加启, 哈斯额尔敦, 等. 牛乳中分泌型 IgA 的合成机理及提高技术 [J]. *中国畜牧兽医*, 2009, 36(8): 103-107.

Investigation of IgA, IgM and lactoferrin in milk from different farms in spring and summer

YANG Jin-hui ZHANG Jun-min BU Deng-pan ZHOU Ling-yun
YANG Yong-xin MA Lu ZHANG Juan-xia

*State Key Laboratory of Animal Nutrition/Institute of Animal Sciences,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China*

Abstract The aim of this study was to investigate the content of IgA, IgM and lactoferrin, and their variation affected by somatic cell count (SCC) in milk. Milk from dairy farms in Beijing, Chuzhou, Harbin, Hohhot, Urumqi, Xi'an was collected in spring and summer. The content of IgA, IgM and lactoferrin and SCC in milk were determined. Data was processed by SAS 8.0 and descriptive statistics, correlation analysis, and variance analysis (effects of season and dairy farm on IgA, IgM and lactoferrin) were carried out. The results showed that the content of IgA, IgM and lactoferrin in milk obeyed lognormal distribution. Significant differences of IgA, IgM and lactoferrin content and SCC in milk from different farms were found. The IgM and lactoferrin content from samples collected in spring and summer differed remarkably, but the IgA and SCC data was similar. Correlation coefficients between IgA, IgM, lactoferrin content and somatic cell score (SCS) were significantly positive. Content (log) of IgA, IgM, lactoferrin in milk raised with the increasing of SCS. It can be concluded that significant positive correlation existed between IgA, IgM, lactoferrin content and SCC, and content of IgM and lactoferrin in milk were affected by season.

Key words milk; IgA; IgM; lactoferrin; season; somatic cell count

(责任编辑:边书京)